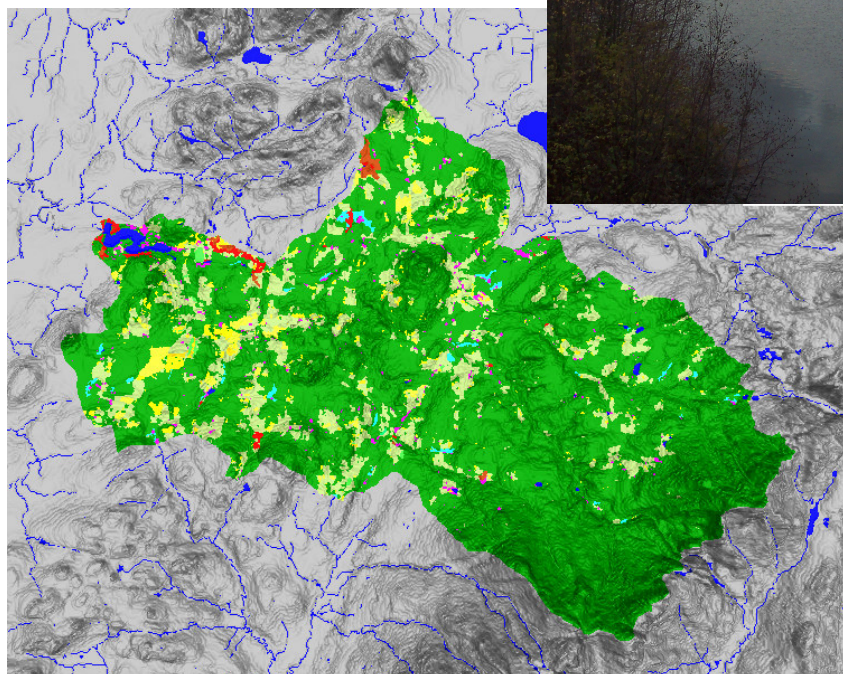


ÉVALUATION DU BILAN DE PHOSPHORE DU LAC DAVIGNON COWANSVILLE

Rapport technique



25 février 2008


HEMISPHERES
le groupe

ÉQUIPE DE PROJET

GROUPE HÉMISPHERES

Daniel Néron	M.Sc. géogr., chargé de projet
Christian Corbeil	Technologue professionnel (T.P.)
Marie-Ève Dion	Biologiste, M.Sc. env
Hugo T. Robitaille	Biologiste, M.Sc. env
Mireille Poulin	Biologiste, M.Sc. biol.

COGEBY

Catherine Plante	B.Sc. géogr., chargée de projet
Zoë Ipiña	M.Sc. biol., chargée de projet

Géomatique SIGISCO

Jean Daoust	M.Sc. géogr., géomaticien
Hugues Jean	M.Sc. géogr., géomaticien

Collaborateurs

Mario Lafrance	Directeur général, Ville de Cowansville
Francis Dorion	Directeur du Service de la gestion du territoire, MRC Brome-Missisquoi

(voir également la liste des communications personnelles dans les références)

Illustrations de la couverture :

Vue du lac Davignon

Bassin versant du lac Davignon et son relief, élaboré à partir des données numériques d'élévation par Sigisco



Recyclable et fait de papier recyclé à 55%

On peut citer le présent rapport de la façon suivante :

Groupe Hémisphères (2007) *Évaluation du bilan de phosphore du lac Davignon - Cowansville*. Rapport technique réalisé pour le COGEBY (Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska) et la ville de Cowansville, 42 p. et 2 annexes.

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE PROJET	I
TABLE DES MATIÈRES	II
LISTE DES TABLEAUX	III
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES ANNEXES	III
GLOSSAIRE	IV
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SYMBOLES	VII
1 INTRODUCTION	1
1.1 MISE EN CONTEXTE	1
1.2 MANDAT	1
2 APPROCHE PRÉCONISÉE	3
2.1 DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE SOMMAIRE	3
2.2 MODÈLE THÉORIQUE DE BILAN DU PHOSPHORE	3
3 MÉTHODOLOGIE	4
3.1 DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE SOMMAIRE	4
3.1.1 <i>Morphométrie et hydrologie</i>	4
3.1.2 <i>Diagnose écologique</i>	4
3.1.3 <i>Relevé des trois principaux tributaires en amont</i>	5
3.2 CARACTÉRISATION DU BASSIN VERSANT	5
3.3 UTILISATION DU SOL PAR TÉLÉDÉTECTION	6
3.4 BILAN DE PHOSPHORE	10
3.4.1 <i>Estimation des apports diffus</i>	10
3.4.2 <i>Estimation des apports ponctuels</i>	11
4 RÉSULTATS	12
4.1 DESCRIPTION DU BASSIN VERSANT ET DE SA RÉGION	12
4.2 CARACTÉRISTIQUES MORPHOMÉTRIQUES ET HYDROLOGIQUES	13
4.3 DIAGNOSE ÉCOLOGIQUE SOMMAIRE	14
4.3.1 <i>Stratification estivale</i>	14
4.3.2 <i>Analyse physico-chimique</i>	16
4.3.3 <i>Relevé bactériologique</i>	20
4.3.4 <i>Niveau trophique</i>	20
4.4 RELEVÉ DES TROIS PRINCIPAUX TRIBUTAIRES EN AMONT	22
4.5 CALCUL DU BILAN DE PHOSPHORE	24
4.5.1 <i>Charge annuelle observée</i>	24
4.5.2 <i>Utilisation du sol du bassin versant</i>	24
4.5.3 <i>Estimation des apports en phosphore selon l'utilisation du sol et les unités animales</i>	27
4.5.4 <i>Bilan de phosphore incluant la population</i>	27
4.6 ÉVOLUTION DE L'UTILISATION DU SOL AU COURS DES VINGT DERNIÈRES ANNÉES	28
4.7 ÉVOLUTION DE LA CHARGE EN PHOSPHORE AU COURS DES 15 DERNIÈRES ANNÉES	32
5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	33
5.1 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU RELEVÉ PHYSICO-CHIMIQUE	33
5.2 QUE DIT LE BILAN DE PHOSPHORE ?	33
5.3 L'UTILISATION DU SOL EXPLIQUE-T-ELLE LA VARIATION DES APPORTS ?	34
5.4 COMMENT EXPLIQUER LA DÉTÉRIORATION DU LAC DAVIGNON?	35
5.4.1 <i>Apport interne significatif :</i>	35
5.4.2 <i>Apport des activités humaines en aval du pont-route 139</i>	35
5.4.3 <i>Dégradation de la bande riveraine</i>	35
5.5 RECOMMANDATIONS	35
5.5.1 <i>Protection du lac Davignon</i>	36
5.5.2 <i>Évaluation des pratiques agricoles</i>	38
5.5.3 <i>Gestion par comités de sous-bassins versants</i>	39
6 RÉFÉRENCES	40
ANNEXES	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Coefficients d'exportation utilisés.....	10
Tableau 2. Superficies des sous-bassins du bassin versant du lac Davignon	12
Tableau 3. Données morphométriques et hydrologiques	14
Tableau 4. Résultats des profils de température et d'oxygène de 1979 et 1992	15
Tableau 5. Résultats des analyses physico-chimiques du lac.....	19
Tableau 6. Résultats des analyses bactériologiques.....	20
Tableau 7. Stades d'eutrophisation	21
Tableau 8. Échelle de Carlson concluant au stade trophique	21
Tableau 9. Évaluation du stade trophique	22
Tableau 10. Résultats des analyses physico-chimiques des principaux tributaires	23
Tableau 11. Charge mensuelle et annuelle en phosphore.....	24
Tableau 12. Utilisation du sol et population animale du bassin versant	25
Tableau 13. Apports en phosphore selon l'utilisation du sol et la population animale	27
Tableau 14. Évolution de l'utilisation du sol au cours des vingt dernières années.....	29

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Localisation du bassin versant du lac Davignon.....	2
Figure 2. Délimitation des sous-bassins du bassin versant du lac Davignon.....	6
Figure 3. Exemple de composé-coloré (été 2007) avec bassins versants superposés	7
Figure 4. Exemple de classification (été 2007)	8
Figure 5. Profils de température et d'oxygène	15
Figure 6. Stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau.....	18
Figure 7. Utilisation du sol du bassin versant du lac Davignon en 2007	26
Figure 8. Principales variations de l'utilisation du sol du bassin versant du lac Davignon	29
Figure 9. Utilisation du sol du bassin versant du lac Davignon en 1989	30
Figure 10. Utilisation du sol du bassin versant du lac Davignon en 1999	31

LISTE DES ANNEXES

Annexe I	Données de débit de la station hydrologique 030314 du CEHQ extraites de la banque HYDAT d'Environnement Canada
Annexe II	Certificats d'analyses chimiques

GLOSSAIRE

Terme français

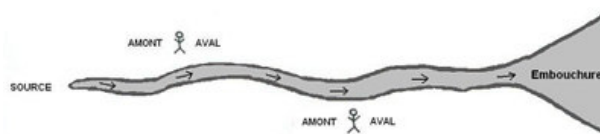
* un astérisque dans la définition signifie que le terme est décrit ailleurs dans ce glossaire

Algues

Végétaux aquatiques, généralement microscopiques, pourvus de chlorophylle, mais dépourvus de véritables tiges, racines, feuilles et vaisseaux. Cependant, quelques algues (les macros algues), telles les algues *Chara* et *Nitella* sont macroscopiques.

Amont/Aval

L'amont et l'aval d'un cours d'eau ne peuvent être traités séparément. Peu importe où vous vous trouvez sur le bord d'un cours d'eau, l'amont est le côté d'où vient le courant alors que l'aval est le côté vers lequel descend le courant.



Anoxie

Manque en oxygène qui caractérise l'interface entre les sédiments et les eaux les plus profondes de certains lacs.

Azote

Élément nutritif essentiel au développement des végétaux aquatiques. Le symbole chimique de l'azote est N.

Bassin versant

Le bassin versant d'un plan d'eau correspond au territoire sur lequel l'ensemble des eaux (tributaires, eaux de ruissellement) finit par rejoindre ce même plan d'eau. Le bassin versant est délimité par la ligne de partage des eaux qui passe par les points les plus élevés qui ceignent le bassin.

Chlorophylle α *abréviation* = Chl. a

Pigment vert présent dans les cellules des plantes et des algues qui joue un rôle essentiel dans la photosynthèse. Puisque la chlorophylle α est directement liée à la quantité d'algues en suspension dans l'eau, on mesure sa concentration pour déterminer le niveau trophique d'un lac.

Coliformes fécaux

Bactéries intestinales provenant des excréments produits par les animaux à sang chaud, incluant l'humain et les oiseaux. Leur présence dans l'eau est indicatrice d'une contamination fécale et de la présence potentielle de microorganismes pathogènes susceptibles d'affecter la santé animale et humaine.

Culture à grand interligne et culture à interligne étroit

En grande partie la culture du maïs grain mais aussi la pomme de terre et le soja par opposition à la culture du blé, de l'avoine ou autres céréales.

Cyanobactéries

Les cyanobactéries, aussi appelées algues bleues ou algues bleu-vert, ressemblent beaucoup aux algues aquatiques, mais s'apparentent aux bactéries. Elles possèdent des pigments qui leur confèrent une coloration généralement bleu-vert. Plusieurs cyanobactéries peuvent utiliser l'azote gazeux et sont donc grandement favorisées par des eaux riches en phosphore. De plus, certaines espèces produisent des toxines et peuvent ainsi rendre l'eau toxique.

Écosystème

Ensemble comprenant les organismes et le milieu naturel dans lequel ils vivent. Dans un écosystème, il y a des organismes vivants (végétaux, animaux, bactéries, etc.) et des éléments non vivants qui sont en relation et forment un système en équilibre.

Encadrement forestier

La bande de 300 mètres qui ceinture un lac. Un schéma d'aménagement devrait contenir des critères particuliers pour favoriser la protection des lacs à l'intérieur de cette zone.

Épilimnion

La couche superficielle d'eau d'un lac, couche plus chaude qui apparaît l'été dans les plans d'eau stratifiée* en température.

Eutrophe

En grec, bien nourri (eu = bien et trophe = nourriture). Se dit d'un plan d'eau riche en nutriments (azote et surtout phosphore) et en matière végétale. Il s'agit d'un stade avancé d'eutrophisation qui conduit entre autres à une modification des communautés animales, à un accroissement de la matière organique et à un déficit d'oxygène dans les eaux profondes.

Eutrophisation

L'eutrophisation, aussi appelée vieillissement d'un plan d'eau, est l'enrichissement en matières organiques et en éléments nutritifs qui conduit à la prolifération des végétaux aquatiques. La multiplication et la décomposition de ces végétaux entraînent des modifications de la qualité de l'eau dont l'appauvrissement de l'oxygène des eaux profondes ainsi que des changements biologiques telle la mortalité de certaines espèces de poissons. L'eutrophisation est un processus qui, de façon naturelle, s'étale sur des siècles ou des millénaires, mais qui peut être fortement accéléré par des apports extérieurs de nutriments provenant de diverses activités humaines.

Hypolimnion

La couche d'eau profonde d'un lac, couche plus froide qui apparaît l'été dans les plans d'eau stratifiée* en température.

Littoral

Le littoral s'étend depuis la ligne des hautes eaux* vers le centre du plan d'eau. Toutefois, sur le plan écologique, le littoral est défini comme étant la partie du lit du plan d'eau qui s'étend depuis la ligne des hautes eaux jusqu'à la limite inférieure des plantes submergées.

Marais

Dans un marais, le substrat est saturé ou recouvert d'eau durant la plus grande partie de la saison de croissance de la végétation. Le marais est caractérisé par une végétation herbacée émergente. Les marais s'observent surtout à l'intérieur du système marégraphique et du système riverain.

Marécage

Les marécages sont dominés par une végétation ligneuse, arborescente ou arbustive croissant sur un sol minéral ou organique soumis à des inondations saisonnières ou caractérisé par une nappe phréatique élevée et une circulation d'eau enrichie en minéraux dissous.

Matières en suspension (MES)

Particules solides de petite taille, qui ont la possibilité de se maintenir un certain temps entre deux eaux. Il s'agit de particules de sol, de matière organique en décomposition ou bien d'organismes microscopiques. Ces particules proviennent entre autres de l'érosion des sols.

Mésotrophe

En grec, bien nourri (mésos = moyennement et trophe = nourriture). État transitoire, stade intermédiaire d'un lac entre le stade oligotrophe et le stade eutrophe. Les lacs mésotrophes sont caractérisés par un enrichissement en matières organiques, une quantité de végétaux moyenne et un certain déficit en oxygène.

Milieu humide

Les milieux humides sont des sites saturés d'eau ou inondés durant une période suffisamment longue pour influencer les composantes du sol et de la végétation. Se rapprochant davantage du milieu aquatique lors des inondations, le milieu humide devient presque un milieu terrestre durant les sécheresses. Les milieux humides agissent comme une protection naturelle en tant que zone tampon. Leur structure sert à la filtration des polluants et des sédiments en suspension dans l'eau. Ils sont aussi des régulateurs naturels, en retenant les surplus d'eau, diminuant ainsi les risques d'inondation et d'érosion des rives. Les marais, marécage et étang sont des exemples de milieux humides.

Nitrites et Nitrates

Formes chimiques de l'azote* assimilables par les végétaux aquatiques et essentielles à leur croissance. Les nitrites et les nitrates proviennent des engrais chimiques ainsi que des déjections humaines et animales.

Nutriment

Substance directement assimilable et nécessaire en petite ou grande quantité à l'existence et au développement des plantes et des animaux. Le phosphore* et l'azote* sont des nutriments relativement peu disponibles dans les eaux

naturelles en comparaison aux besoins des végétaux. Ainsi, lorsque ces éléments nutritifs sont très abondants dans le milieu aquatique, ils créent une croissance excessive des végétaux et accélèrent l'eutrophisation du milieu.

Oligotrophe

En grec, peu nourri (oligo = peu et trophe = nourriture). Se dit d'un plan d'eau pauvre en nutriments (azote et surtout phosphore) dont la production de végétaux aquatiques est faible. Les eaux d'un lac oligotrophe sont transparentes et bien oxygénées.

Phosphate

Forme chimique du phosphore* assimilable par les végétaux aquatiques et essentielle à leur croissance. Les phosphates proviennent des engrais chimiques, de certains détergents, ainsi que des déjections humaines et animales.

Phosphore

Le phosphore est l'un des éléments nutritifs essentiels pour les végétaux. Au Québec, c'est généralement en limitant les quantités de phosphore rejetées dans les cours d'eau qu'on peut contrôler la croissance des algues et des plantes aquatiques.

Phosphore total *abréviation* = PT

Mesure de toutes les formes de phosphore* dans l'eau.

Phytoplancton

Algues* microscopiques flottant librement dans l'eau.

Plantes aquatiques

Végétaux aquatiques pourvus de chlorophylle ainsi que de véritables tiges, racines et feuilles.

Renaturalisation

Technique d'implantation de plantes herbacées et arbustives sur les rives qui est utilisée pour corriger des problèmes d'érosion ou pour redonner un cachet naturel.

Rive

Partie du milieu terrestre attenante à un lac ou à un cours d'eau. La rive assure la transition entre le milieu aquatique et le milieu strictement terrestre. Elle permet le maintien d'une bande de protection de 10 ou 15 mètres de largeur sur le périmètre des lacs et cours d'eau. La rive est mesurée en partant de la ligne des hautes eaux vers l'intérieur des terres. La largeur de la rive à protéger se mesure horizontalement à un minimum de 10 mètres si la pente est inférieure à 30% avec un talus de moins de 5 mètres et un minimum de 15 mètres si la pente est supérieure à 30% avec un talus de plus de 5 mètres.

Sédiment

Les sédiments sont un mélange de particules de sol de différentes grosseurs. Quand ils sont transportés par l'eau, les sédiments sont déplacés plus ou moins loin selon leur taille. Ils peuvent transporter avec différents nutriments dont le phosphore. En zone calme, ces particules ont la propriété de former un dépôt par décantation (sédimentation).

Sous-bassin

Une partie du bassin versant à l'étude qui peut s'apparenter à l'aire drainée par un cours d'eau.

Stratification thermique

Indépendamment d'une grande profondeur ou non, certains lacs possèdent trois zones distinctes l'été venu. La première zone, celle qui est sur le dessus, se nomme *épilimnion*. Cette zone est la couche d'eau la plus chaude (20°C±). La deuxième zone se nomme *métalimnion*. Dans cette couche d'eau, nous observons une baisse de température constante (de 18 à 6 °C) qui peut correspondre à la thermocline* si la baisse est assez rapide. La troisième couche se nomme *hypolimnion*. C'est la couche d'eau la plus profonde et la plus froide (4 °C). La température de l'eau cesse alors de varier même si on continue la descente. Cette stratification offre une grande diversité de température ainsi qu'une bonne réserve d'oxygène à moins que le caractère eutrophe* soit présent et alors que la décomposition a consommé la réserve.

Thermocline

La thermocline est le phénomène de chute de la température dans le métalimnion. Lorsque la chute est égale ou supérieure de 1 °C par mètre, on décrira le métalimnion comme une thermocline.

Transparence de l'eau

La transparence de l'eau s'évalue à l'aide d'un disque de Secchi. Il s'agit de la mesure de l'épaisseur d'eau jusqu'où la lumière pénètre. Cette mesure varie en fonction de la quantité de particules qui colorent ou troublent les eaux.

Sources :

GDT (le grand dictionnaire terminologique). Banque de données terminologiques de l'Office québécois de la langue française accessible au <http://www.oqlf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>

RAPPEL (Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et des cours d'eau de l'Estrie et du haut bassin St-François). Accessible au : <http://www.rappel.qc.ca/>

WIKIPEDIA. L'encyclopédie libre accessible au <http://fr.wikipedia.org/wiki/Accueil>

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES SYMBOLES

µg/L	Microgramme par litre
µS/cm	Micro-Siemens par centimètre (unité de mesure de la conductivité)
CO ₂	Dioxyde de carbone
COD	Carbone organique dissous
DBO ₅	Demande biochimique en oxygène après cinq jours
Kg PT/an	Kilogramme de phosphore total par an
Kg PT/km ² -an	Kilogramme de phosphore total par kilomètre carré par an
Kg/mois	Kilogramme par mois
Kg/personne	Kilogramme par personne
Km ²	Kilomètre carré
m	Mètre
m ³ /s	Mètre cube par seconde
MES	Matière organique en suspension
Mg N/L	Milligramme d'azote par litre
mg/L	Milligramme par litre
mgO ₂ /L	Milligramme d'oxygène par litre
N ₂	Diazote
NH ₄ ⁺	Ammonium
NO ₂ ⁻	Nitrate
NO ₃ ⁻	Nitrite
NTK	Azote total de Kjeldhal
PT	Phosphore total
Q _{2,7}	Débit spécifique d'étiage de récurrence normale (2 ans, 7 jours consécutifs)
Qs	Charge en eau
U.F.C./100 mL	Unité formant des colonies par 100 millilitres

1 INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Des fleurs d'eau de cyanobactéries ont été aperçues à trois endroits du lac Davignon au début du mois de juillet 2007 (MSSS, 2007). Puisque le réseau d'aqueduc de la municipalité de Cowansville est alimenté par les eaux du lac et que l'usine de filtration n'était pas équipée à cette époque d'un filtre au charbon actif pour traiter les algues bleues et les toxines qu'elles libèrent potentiellement, les résidents de Cowansville ont reçu un avis de ne plus consommer l'eau de leur robinet à ce moment (La Voix de l'Est, 2007a). La qualité bactériologique est cependant demeurée excellente et la plage du Centre de la Nature n'a pas été fermée pour autant, mais une mise en garde a prévenu les baigneurs d'éviter le contact avec l'eau si elle était verte ou trouble (La Voix de l'Est, 2007b).

Les cyanobactéries se développent principalement en été, dans des eaux riches en matières nutritives. Il est par contre difficile de prédire les conditions qui, réunies, sont propices à déclencher leur prolifération. C'est notamment le phosphore en trop grande quantité dans l'eau qui est responsable de la prolifération de ces organismes unicellulaires (Blais, 2007). Le phosphore est un élément rare dans la biosphère et est le facteur limitant de la croissance pour la plupart des plantes.

Il faut donc contrôler les apports de phosphore qui parviennent jusqu'au milieu aquatique. Les apports de phosphore vers le milieu aquatique peuvent provenir de différentes sources : fumier, compost ou engrais épandus sur les sols ou les pelouses, installations septiques, rejets d'eaux usées municipales ou industrielles non traitées ou insuffisamment traitées, etc. Les impacts sur l'écosystème lacustre sont importants, notamment l'accentuation des symptômes de l'eutrophisation, comme l'augmentation de la turbidité de l'eau et la perte d'oxygène dans l'hypolimnion (Martin Bouchard, 2004).

Puisqu'il est un intervenant majeur en matière de gestion intégrée de l'eau de la rivière Yamaska, le Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska (COGEBY) a eu l'initiative de cet appel d'offre et a eu le mandat de préparer un appel d'offres afin de statuer sur l'état de santé du lac Davignon et de préciser la provenance des apports en phosphore du bassin versant de ce plan d'eau. Ces travaux sont en accord avec plusieurs articles du *Plan d'intervention sur les algues bleu-vert* du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), découlant du *Rendez-vous stratégique sur les algues bleu-vert* tenu par le gouvernement Charest le 25 septembre 2007 (MDDEP, 2007a).

Mentionnons que le lac a fait l'objet d'une étude sur l'eutrophisation en 1992 par la firme d'ingénierie Lalonde, Girouard, Letendre et associés, laquelle concluait notamment sur son état avancé de vieillissement (LGL, 1993). La Direction du suivi de l'état de l'environnement du MDDEP possède également plusieurs séries de données historiques (Réseau rivières) dont une du lac Davignon en 1979 et plusieurs stations permanentes le long de la rivière Yamaska Sud-Est, dont une en amont du lac, en fonction depuis plus de deux décennies.

C'est dans ce contexte que le COGEBY a retenu, en septembre 2007, les services professionnels de Groupe Hémisphères, consultant en environnement et spécialiste des lacs et cours d'eau.

1.2 Mandat

Dans une situation où la pression anthropique s'est accentuée sur le territoire du bassin du lac Davignon, il importe de prendre des décisions éclairées en matière d'aménagement du territoire et de gestion de l'eau. Un premier objectif des travaux est donc de poser un diagnostic approprié sur l'état de santé du lac Davignon. Un second objectif de cette étude est de proposer aux intervenants dans le dossier les solutions les plus appropriées quant à la nature et à l'ampleur des apports en phosphore, et de façon à répondre aux exigences des différents ministères concernés.

Pour ce faire, la démarche qui a été utilisée est le bilan de phosphore, dont la force réside dans la comparaison de l'importance relative des différentes sources naturelles et anthropiques de phosphore et par l'interprétation de données cartographiques à l'échelle du bassin versant. Elle intègre également l'analyse de l'évolution de l'utilisation du sol à travers les années jusqu'à aujourd'hui. Cette approche permettra de définir les priorités d'action dans le cadre d'un plan global de redressement de la situation.

Le biogéographe Daniel Néron est chargé de ce projet pour Groupe Hémisphères. Le COGEBY finance l'étude par l'entreprise de son mandat obtenu par le ROBVO pour la lutte aux cyanobactéries et a contribué au projet, entre autres lors des travaux de terrain et pour la production géomatique. Enfin, la municipalité de Cowansville finance la moitié de cette étude.

L'essentiel des informations environnementales recueillies dans le cadre des travaux est colligé dans le présent rapport. Celui-ci comprend d'abord une description de l'approche générale retenue, la méthodologie des travaux, l'ensemble des résultats obtenus, puis les conclusions et les recommandations.

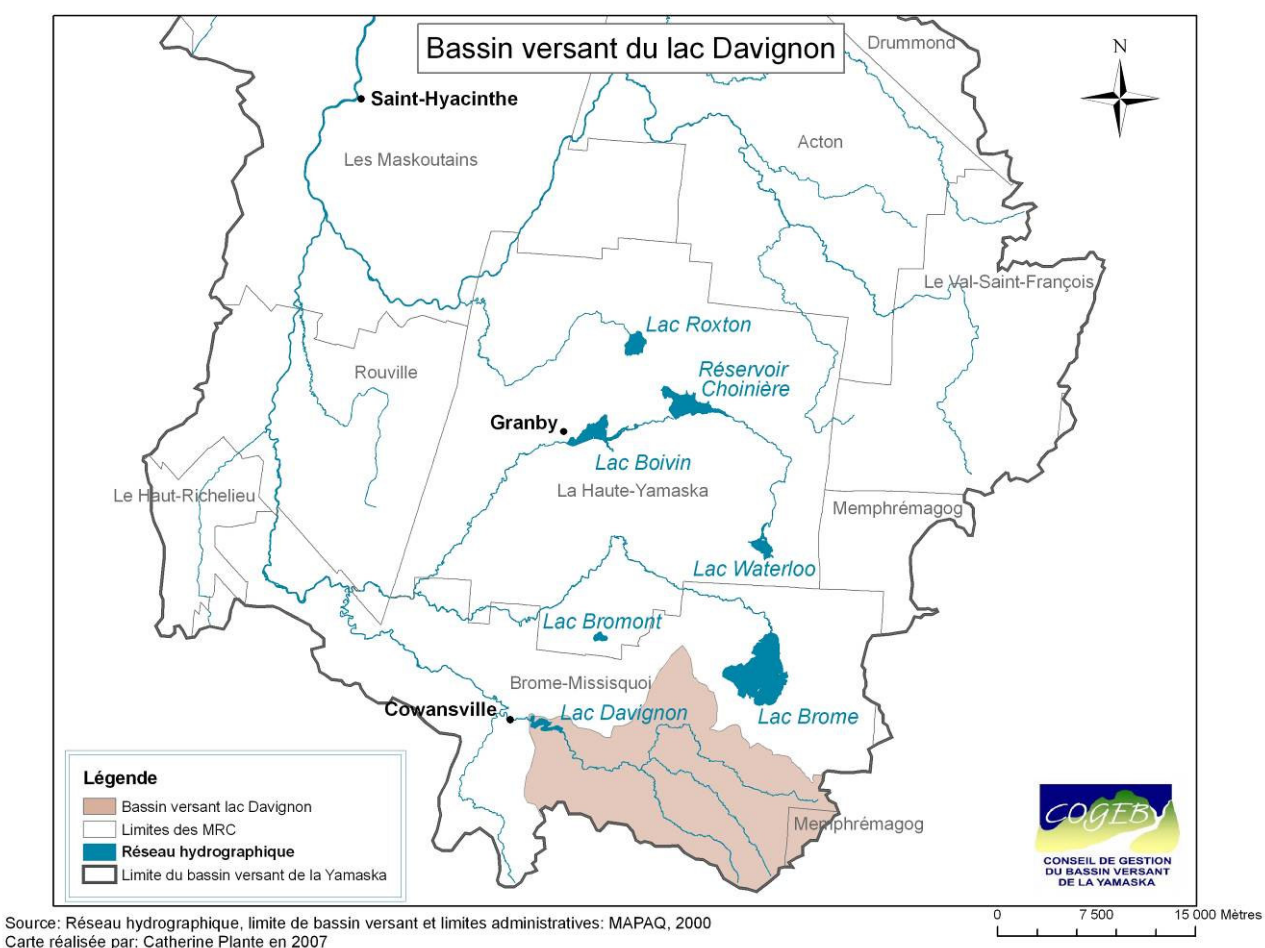


Figure 1. Localisation du bassin versant du lac Davignon

2 APPROCHE PRÉCONISÉE

2.1 Diagnose écologique sommaire

Il est opportun de retourner échantillonner les paramètres clefs de l'état de santé du lac Davignon aux stations dont des données historiques sont disponibles, permettant une réévaluation de son état trophique.

2.2 Modèle théorique de bilan du phosphore

L'avancée des sciences de l'environnement permet d'évaluer les apports de phosphore à un plan d'eau donné. L'indicateur retenu pour le fonctionnement des modèles mathématiques est le phosphore total (PT), considéré comme représentatif de la partie assimilable par les plantes et les cyanobactéries. Des apports de phosphore total dans un lac se traduisent par une augmentation de sa productivité, qui à son tour, contribue à l'eutrophisation du plan d'eau.

Chaque plan d'eau étant une entité unique, certains coefficients d'analyse sont souvent adaptés en intégrant les facteurs de correction propres au milieu étudié.

Les étapes de calcul peuvent être résumées ainsi :

- évaluer l'hydrologie du lac, dont le taux de renouvellement et le module annuel (débit moyen passant à la décharge en un an);
- cartographier l'utilisation du sol par l'analyse des images Landsat (télédétection) ;
- comptabiliser la charge en phosphore en regard des dernières données observées de la qualité de l'eau ;
- comptabiliser les apports actuels en phosphore du bassin en regard de l'utilisation du sol et des unités animales.

La force de ce modèle réside dans la comparaison de l'importance relative des différentes sources naturelles et anthropiques de phosphore, et non dans la précision absolue. Cet outil est néanmoins assez puissant pour pallier à la réalisation de longs suivis physicochimiques et permet d'orienter les actions sur le territoire au meilleur des connaissances actuelles.

3 MÉTHODOLOGIE

3.1 Diagnose écologique sommaire

Le Groupe Hémisphères, en collaboration avec le conseil de bassin, a mesuré un certain nombre de paramètres menant à l'évaluation du niveau trophique du lac Davignon en 2007. Des données additionnelles ont été acquises à la fin du parcours des trois principaux tributaires du lac afin de connaître la qualité de l'eau plus en amont et d'appuyer les calculs du bilan de phosphore.

3.1.1 Morphométrie et hydrologie

Cette étape a pour but d'évaluer la profondeur moyenne et le module annuel (débit moyen) associé au lac Davignon, lesquels permettront de quantifier sa charge en eau (Qs) et son temps de renouvellement. L'examen des documents cartographiques a permis de calculer les caractéristiques morphométriques et hydrologiques observées du lac (superficie, volume d'eau, indice de volume, profondeur maximale et moyenne). L'aire du lac et la limite du bassin versant ont été réévaluées à partir de la dernière cartographie (2002) de la Base de données topographique du Québec (BDTQ).

Les cartes bathymétriques existantes et les données récoltées lors de la précédente étude du lac Davignon (LGL, 1993) ont servi à compléter les informations. Les différentes mesures de débit utilisées à l'exutoire du lac Davignon proviennent des données disponibles de la base canadienne HYDAT (1968-2001) calculées à partir des données de la station 030314 tenue par le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) du MDDEP. Ces dernières permettent également de définir le débit spécifique du bassin versant. La mesure du débit d'étiage provient par contre des dernières statistiques d'écoulement $Q_{2,7}$ (débit spécifique d'étiage de récurrence normale ou dit '2 ans, 7 jours consécutifs') élaborées par le CEHQ (Larouche et Hoang, 2004).

La station 030314 est située un kilomètre en aval du barrage du lac Davignon, et ne correspond donc pas exactement au bassin versant à l'étude. Puisque sa position ajoute moins d'un kilomètre carré au bassin versant de la station, cette différence est considérée comme non significative et ne fera pas l'objet d'une correction par corrélation.

3.1.2 Diagnose écologique

Il a été jugé pertinent de mesurer un certain nombre de paramètres menant à l'évaluation du niveau trophique et de pouvoir comparer l'évolution du lac dans le temps. C'est pourquoi les données de la banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) du MDDEP, et datant de l'année 1979, ont été utilisées. Les données de LGL (1993) ont également servi au portrait de l'état de santé du lac. L'usine de filtration de Cowansville fait un suivi journalier de la qualité des eaux brutes qui sont collectées près du barrage à environ cinq mètres de profondeur. Ces paramètres ne seront pas utilisés parce que le phosphore n'y est pas analysé et que la conduite d'entrée se situe à une profondeur où la chimie diffère beaucoup des eaux de surface.

La période automnale (ou printanière) est généralement associée à l'isothermie (homogénéité) de la colonne d'eau, appelée communément la période de brassage, tandis qu'à l'été nous sommes en présence d'un gradient de température dans la colonne d'eau, qui est appelé stratification thermique s'il apparaît discontinu. La période de brassage correspond aux concentrations maximales en phosphore total, d'abord parce que les eaux profondes fortement concentrées en phosphore viennent se mélanger aux eaux de surface, puis que les plantes consomment davantage le phosphore en période estivale. Les bilans de phosphore sont fondés sur la valeur moyenne de la concentration en phosphore total, concentration dite *durant la période sans glace*.

L'échantillonnage au lac Davignon a été réalisé par Groupe Hémisphères, assisté du personnel du COGEBY, alors que le lac était toujours en période de stratification thermique estivale, soit le 25 septembre 2007. En limnologie, le point le plus profond du lac sert, de manière standard, de lieu d'échantillonnage des paramètres physicochimiques de l'eau parce que les résultats de la collecte y sont davantage représentatifs de l'ensemble du lac. Ce point correspondait avec la station utilisée par la BQMA et une station de l'étude de LGL.

Certaines mesures ont été réalisées *in situ* au cours des relevés. La mesure de l'oxygène dissous et de la température a été réalisée sur l'ensemble de la colonne d'eau en utilisant un oxymètre de marque YSI (modèle 51B). L'appareil a été calibré sur place et une lecture a été prise tous les mètres. Les paramètres du pH et de la conductivité ont pour leur part été mesurés à l'aide de sondes Hanna. Le disque de Secchi a servi à mesurer la transparence du lac, en mètre. Il s'agit d'un disque de 20 centimètres peint en noir et blanc que l'on immerge à partir de la surface jusqu'à sa disparition.

Pour le lac Davignon, qui est de forme irrégulière et allongée, le profil d'oxygène a été mesuré au même emplacement que les plus anciennes données historiques disponibles, soit la station 03030145 de la Banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) du MDDEP. Les échantillons pour la mesure du phosphore total (PT) ont été prélevés selon la méthode standard du triplicata (pour ce paramètre seulement) à un demi-mètre sous la surface.

Les échantillons d'eau pour l'évaluation des paramètres physicochimiques ont été recueillis à la même station utilisée dans la BQMA avec toutes les précautions nécessaires, conformément aux règles en usage dans le domaine de l'environnement, afin d'éviter toute contamination entre des prélèvements successifs. Les contenants appropriés fournis par le laboratoire furent conservés au frais dans une glacière durant l'envoi, puis ont été expédiés le jour même à un laboratoire accrédité (Laboratoires d'analyses SM inc. de Varennes). Le contrôle de qualité du laboratoire est discuté à même les certificats et la précision correspond au nombre de décimales des divers résultats.

3.1.3 Relevé des trois principaux tributaires en amont

Parce que cette étude vise à cerner la problématique de la provenance des nutriments à l'intérieur du bassin versant, les stations d'échantillonnage pour les tributaires ont été choisies en fonction de leur position stratégique et afin de comparer l'évolution des concentrations avec celles obtenues antérieurement par le MDDEP.

Les prélèvements pour les analyses physicochimiques de l'eau ont donc été réalisés ponctuellement le 25 septembre 2007, à la fin du parcours des trois principaux tributaires du bassin de la Yamaska Sud-Est (ruisseau North Branch, ruisseau de Jackson et Yamaska Sud-Est). Une courte visite a aussi été menée plus en aval de la Yamaska Sud-Est, après la jonction des trois tributaires énumérés ci-devant, au croisement de la route 139. À des fins de comparaison, des données sur l'indice de la qualité bactériologique et physicochimique (IQBP) sont disponibles entre 2001 et 2007 pour la station à la jonction des trois tributaires (station 03030041). Cet indice sert à évaluer la qualité générale de l'eau et est basé sur des descripteurs conventionnels de la qualité de l'eau.

3.2 Caractérisation du bassin versant

Une analyse préliminaire de l'utilisation du territoire du bassin versant du lac Davignon a d'abord été réalisée. Pour les besoins de l'étude et afin de permettre une meilleure interprétation des données, cinq sous-bassins ont été délimités. Les trois principaux tributaires du lac Davignon, soit les ruisseaux North Branch (NB) et Jackson (JA) et la source de la rivière Yamaska Sud-Est (YSE), correspondent chacun à un sous-bassin versant. Plus en aval, deux sous-bassins ont été délimités et ils correspondent avec la partie urbaine (YSE-aval) et suburbaine (YSE-139) de Cowansville. La figure 2 montre ces subdivisions.

Cette étape des travaux, réalisés en collaboration avec Géomatique SIGISCO, a consisté à échafauder un système d'information géographique (SIG). Une analyse des rapports disponibles de la base de connaissance E-sigeom du ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF) a servi à identifier le type de roche mère, qui est, dans ce cas, soit ignée (par exemple du granit), métamorphique, ou sédimentaire (par exemple du calcaire).

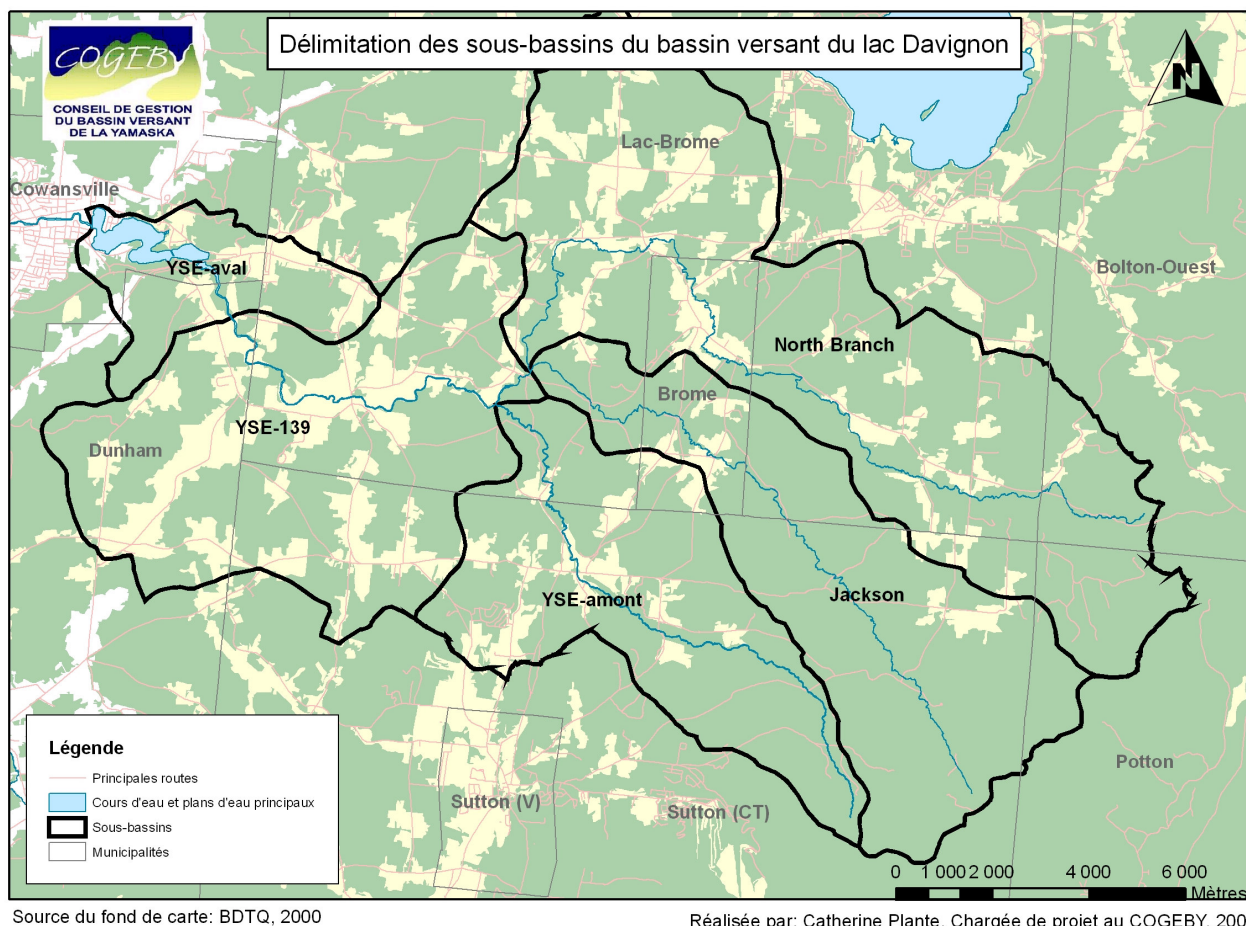


Figure 2. Délimitation des sous-bassins du bassin versant du lac Davignon

3.3 Utilisation du sol par télédétection

L'imagerie satellitaire Landsat TM (Thematic Mapper) a été choisie en raison de sa couverture du territoire, des bandes spectrales disponibles et de la disponibilité d'archives remontant à plus de 20 ans.

Des images acquises en 1989 (printemps et été), en 1999 (été), en 2001 (printemps) et en 2007 (printemps et été) ont été trouvées. Les images de 1999 et de 2001 ont été téléchargées gratuitement à partir du site internet www.geogratis.ca du gouvernement du Canada. Les autres images ont fait l'objet d'une commande auprès de la firme MDA.

Les bandes spectrales retenues pour les analyses sont :

- › TM3-Rouge
- › TM4-Proche infrarouge
- › TM5-Moyen infrarouge

La résolution spatiale de ces images (dimension du pixel) est de 30 m x 30 m. Il s'agit d'une combinaison de bandes particulièrement efficace pour différencier la végétation. Les images ont tout d'abord été corrigées géométriquement et géoréférencées à l'aide de points de contrôle et d'un modèle polynomial (erreur moyenne de positionnement inférieure à 8 mètres).

Des composés-colorés fausses-couleurs ont été d'abord produits pour chaque date d'acquisition. Ces composés accompagnés d'une grille d'interprétation ont servi de document de référence pour la préparation et la validation des classifications (figure 3).

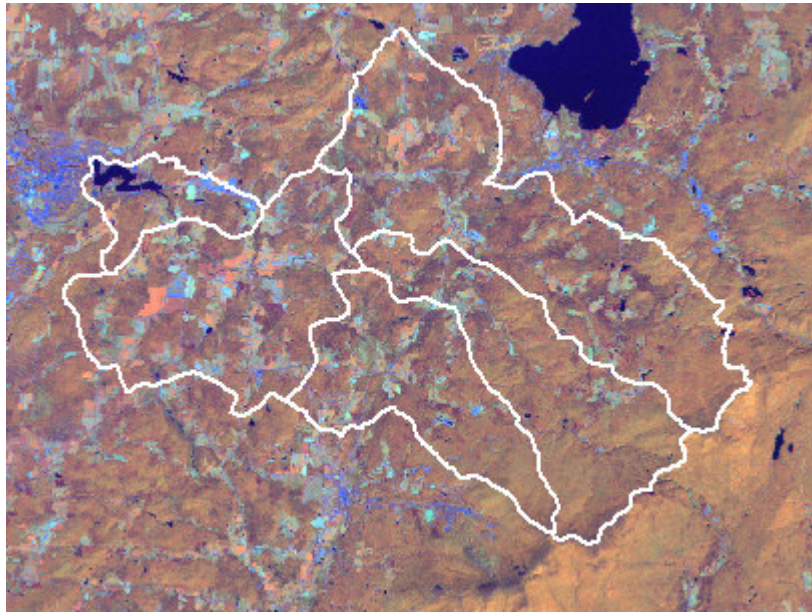


Figure 3. Exemple de composé-coloré (été 2007) avec bassins versants superposés

Des classifications non dirigées au moyen de l'algorithme des K-Means ont également été produites pour chaque date d'acquisition. Ces classifications ont permis, par comparaison avec les composés-colorés, d'évaluer les classes d'utilisation du sol qui se différenciaient sur les images, spectralement parlant (figure 4).

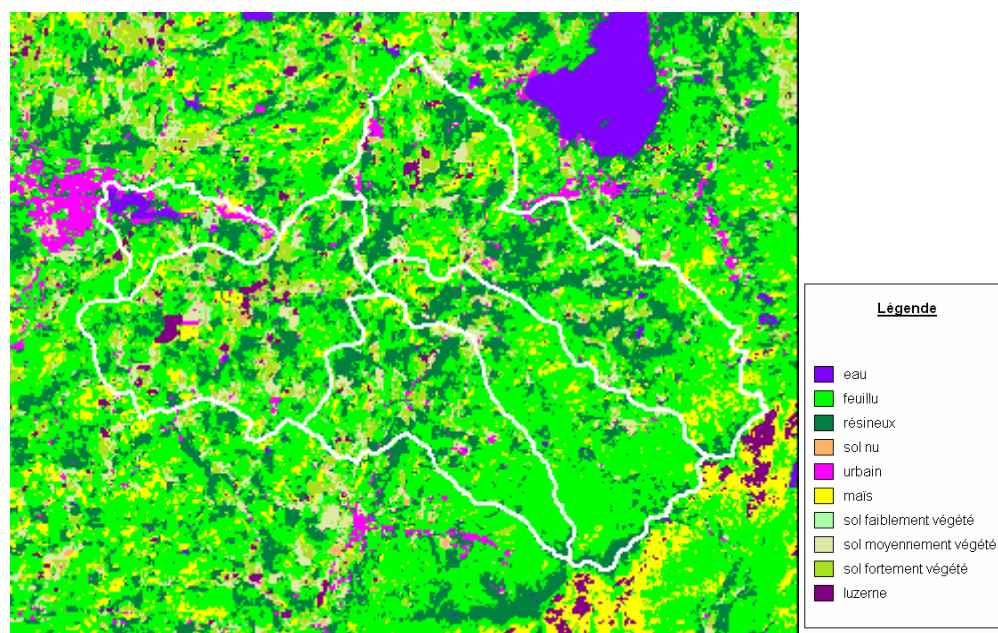


Figure 4. Exemple de classification (été 2007)

Une visite sur le terrain a été effectuée le 8 novembre dernier afin de valider certaines interprétations à maints endroits du bassin versant. Des classifications dirigées ont ensuite été réalisées sur les images d'été. Ces classifications ont utilisé des sites d'entraînement déterminés à l'aide des composés-colorés et des données de terrains colligées au moyen d'un récepteur GPS. Des sites ont été produits pour les classes suivantes :

- 1- eau
- 2- sol nu
- 3- urbain
- 4- feuillu
- 5- résineux
- 6- maïs
- 7- faiblement végété
- 8- moyennement végété
- 9- fortement végété
- 10- fourrage (luzerne)

L'algorithme de la distance minimale euclidienne a été utilisé pour produire les trois classifications, soit pour les années 1989, 1999 et 2007. Ces classifications ont subi un filtrage modal 3 x 3 puis ont ensuite été mises en relation avec les composés-colorés et les données terrains pour validation. Par la suite, une série d'opérations faisant appel aux images de printemps ainsi qu'à des données vectorielles de la BNDT (Banque nationale de données topographiques) et de la BDTQ (Banque de données topographiques du Québec) ont permis d'affiner les résultats des classifications.

Les images de printemps de concert avec les zones forestières de la BNDT ont été utilisées afin de différencier le maïs des feuillus en régénération. Celui-ci apparaît généralement comme un sol nu sur une image de printemps et comme un couvert feuillu sur une image d'été. Les zones de villégiature ont été différenciées des zones urbaines en utilisant un seuil d'agglomération des pixels de cette classe. Tous les ensembles de pixels contigus de plus de 100 pixels ont été classifiés comme urbains, tandis que tous ceux de 100 pixels et moins ont été classifiés comme villégiature. Les milieux humides, les bancs d'emprunt et les carrières proviennent de la BDTQ. Ils ont été mis à jour à l'aide des classifications et validés à l'aide des composés-colorés, puis fusionnés aux classifications. Les terrains de golf proviennent de la BNDT. Ils ont

été mis à jour à l'aide des classifications et validés à l'aide des composés-colorés, puis fusionnés aux classifications. Une coupe par bande importante a été repérée dans la partie est de l'image d'été de 1989. Aucun brûlis n'a été détecté. Un masque entourant la zone de coupe a été créé et une classification dirigée a été réalisée à l'intérieur de la zone de coupe de manière à ne retenir que les pixels correspondant aux arbres coupés. Ce résultat a ensuite été fusionné à la classification de 1989.

Les classifications finales comportent les classes suivantes :

- › Eau
- › Milieux humides
- › Forêt
- › Sol nu
- › Urbain
- › Villégiature
- › Pâturage ou aire gazonnée
- › Agricole : culture à grande interligne
- › Agricole : culture à interligne étroit
- › Friche
- › Zone minière
- › Coupe forestière
- › Golf

3.4 Bilan de phosphore

3.4.1 Estimation des apports diffus

Chaque parcelle du bassin versant exporte, de façon diffuse, plus ou moins de phosphore vers le lac. La description du territoire a permis de quantifier les éléments biophysiques du bassin. Les apports de PT sont obtenus en multipliant le coefficient d'exportation approprié d'un élément biophysique à sa superficie correspondante. Le tableau 1 rassemble les coefficients d'exportation proposés dans cette étude en fonction des dernières recherches dans le domaine, ainsi que la source bibliographique.

Tableau 1. Coefficients d'exportation utilisés

	Coefficient d'exportation kg PT/km²-an	Source	Commentaires
Utilisation du sol – apport naturel			
Forêt avec substrat métamorphique =	8,8	<i>Approximation</i>	Dillon et Rigler (1975) proposent 11,7 pour des roches sédimentaires et 5,5 pour des roches cristallines
Milieu humide	110	Crago (2005)	Calculé pour les Laurentides. Inclus les étangs à castor.
Surface d'eau =	38	Alain et Lerouzes (1979)	
Utilisation du sol – apport anthropique			
Milieu urbain =	80	Beaulac et Reckhow (2000)	Indique que cette valeur est souvent le double de l'agriculture
Villégiature et aire de récréation =	22,5	Nürnberg et Lazerte (2004)	Comprends la zone parsemée de chalets, les campings et parcs de récréation. Landon (1977) in Rechow <i>et coll.</i> (1980) utilisait la valeur de 25
Terrain de golf =	105	Néron et Corbeil (2002)	
Coupe ou brûlis =	12,9	Lamontagne <i>et coll.</i> (2000)	Augmenter de 50 % le coefficient de la forêt non perturbée pour ces parcelles
Culture à grande interligne	65	Simard (2005)	
Culture à interligne étroit	25	Winter et Duthie (2000)	
Pâturage et aire gazonnée	20	Carignan (2003)	
Friche =	20	Carignan (2003)	Région similaire de l'Outaouais
Zone minière =	25	Alain et Lerouzes (1979)	Comprends les gravières et carrières
Sol nu =	50	<i>Approximation</i>	Comprends les grandes cours des industries et autres sols dénudés
Apport naturel et anthropique			
Apport atmosphérique tombant sur le lac =	18,6	Lamontagne <i>et coll.</i> (2000)	Après conversion du tableau 4 de Lamontagne <i>et coll.</i>

Un des coefficients ayant un poids important dans le bilan massique de phosphore est souvent celui de la forêt parce qu'elle domine nos territoires. Dans le cas du bassin versant à l'étude, les roches en place sont de type métamorphique et le coefficient d'exportation n'est pas vraiment défini pour ceux-ci. Comme ce sont de vieilles roches sédimentaires transformées au fil du temps, un coefficient à mi-chemin entre les roches ignées et les sédimentaires leur est assigné.

Pour ce qui est des apports anthropiques du milieu agricole, bien que le coefficient d'exportation de Dillon et coll. (1996) de 66 kg PT/km²-an soit approprié à la réalité de la région qui compte peu de cultures à grande

interligne (p. ex. maïs), trois coefficients propres à trois grands types de culture ont été utilisés pour une plus grande précision du modèle. Des mesures récentes ont mené à raffiner la valeur de l'exportation du phosphore au Québec et en Ontario ; le tableau 1 rassemble ces valeurs.

Puisque le taux d'exportation du milieu forestier provient du suivi de forêts non perturbées, nous tenons compte du degré de l'activité forestière en bonifiant de 50 % le taux des superficies sous l'emprise de la coupe récente ou du passage d'un feu. Cette augmentation de l'apport est en accord avec les observations de Lamontagne *et coll.* (2000) réalisées autour du réservoir Gouin.

Une dernière charge diffuse est celle des apports atmosphériques. Les poussières et les précipitations tombant directement sur le lac ajoutent une certaine quantité de phosphore total. La valeur québécoise de 18,6 kg PT/km²-an (Lamontagne *et coll.*, 2000) est préconisée dans cette évaluation; elle dépasse quelque peu la moyenne nord-américaine de 15 kg PT/km²-an utilisée par la Direction de l'aménagement de la faune du MDDEP en Outaouais et est en accord avec les dernières recherches de la USGA (Smith, 2003) qui considère que cette valeur était sous-estimée.

3.4.2 Estimation des apports ponctuels

Puisque les municipalités présentes dans le bassin versant du lac sont actives d'un point de vue agricole et regroupent un certain nombre d'animaux d'élevage et d'hectares cultivés, le COGEBY a obtenu la collaboration de responsables du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ), afin de valider précisément les informations disponibles provenant de l'outil géomatique GIRMA (gestion intégrée des ressources en milieu agricole). Les têtes de bétail ont ainsi été précisées en utilisant les données à jour de 2006, et ce, par sous-bassin à l'étude. Ainsi, les unités animales fournies par le MAPAQ pour chaque groupe ou catégorie d'animaux ont été transformées en nombre d'animaux (MAPAQ, 2006). Les coefficients de production de phosphore total proviennent d'Alain et Lerouzes (1979).

Les données de la population proviennent de la compilation des aires de diffusion du recensement canadien de 2006 (Statistique Canada, 2007). Lorsque l'aire de diffusion n'est pas entièrement comprise dans le bassin versant et en chevauche la limite, le nombre de résidents est ajusté de façon proportionnelle à la superficie occupée dans le bassin. Aux données du nombre de résidents s'ajoute le nombre de logements occupés par des résidents permanents ou saisonniers. Ces dernières informations permettent d'évaluer le pourcentage de résidences secondaires du bassin versant et ainsi de calculer plus précisément l'apport en phosphore par la population. Un taux d'occupation annuel de 50 % est alors utilisé, une valeur quelque peu conservatrice, vu l'absence de données précises sur ce sujet.

Puisque la majorité des résidences utilisent des installations septiques pour l'épuration des eaux usées, l'évaluation des charges polluantes des résidents peut se résumer à appliquer la charge unitaire de deux grammes de PT par personne/jour (MENVIQ, 1989) au débit unitaire résidentiel médian. Cette charge correspond à un apport de 0,745 kilogramme/personne annuellement. Étant donné la qualité des sols du bassin, un facteur d'efficacité de 30 % sera appliqué, soit une proportion de phosphore retenu couramment utilisée au Québec (Carignan, 2003). Ainsi, l'apport annuel d'une personne équivaut ici à 0,447 Kg/personne de phosphore total.

4 RÉSULTATS

Cette section présente l'ensemble des résultats de la diagnose écologique ainsi que l'interprétation des données obtenues de la modélisation du phosphore et des différents relevés réalisés sur le lac à l'étude et dans son bassin versant.

4.1 Description du bassin versant et de sa région

Selon le répertoire toponymique du Québec, le réservoir Davignon s'appelle le lac Davignon. Nous préférons utiliser ce terme, lequel évoque un plan d'eau davantage naturel pour la population environnante.

Un barrage a été aménagé en 1967 par la ville de Cowansville afin de retenir une partie de l'eau de la rivière Yamaska (LGL, 1993). La prise d'eau pour l'alimentation en eau potable pour la ville de Cowansville est située à proximité du barrage.

Comme mentionné précédemment, une étude sur l'état du lac Davignon a été réalisée en 1993 par LGL. Cette étude concluait notamment que le lac Davignon était un lac eutrophe. Aussi, une concentration importante de cyanobactéries avait été constatée près du barrage, concluant même qu'il y avait un risque de voir apparaître une fleur d'eau. Le myriophylle à épi, une espèce envahissante des plans d'eau du Québec, a été vu en plusieurs endroits. Enfin, il était noté qu'un problème de turbidité avait été noté à l'usine de filtration.

Le bassin versant du lac Davignon, avec une superficie de 212 kilomètres carrés (lac inclus), se trouve à la tête de l'important réseau hydrographique de la rivière Yamaska. Le tableau 2 présente la superficie de chacun des sous-bassins versant. Bien que cette importante rivière présente un cours sinueux dans la plaine du Saint-Laurent, c'est plutôt dans les Appalaches que se situent les tributaires qui approvisionnent le lac Davignon, dont principalement le tributaire Yamaska Sud-est. .

Tableau 2. Superficies des sous-bassins du bassin versant du lac Davignon

Sous-bassins (et leur acronyme)	Superficie (km ²)	Proportion (%)
North branch (NB)	71,34	33,7
Jackson (JA)	42,38	20
Yamaska sud-est, partie amont (YSE)	35,41	16,7
Yamaska sud-est, partie suburbaine (YSE-139)	50,18	23,7
Yamaska sud-est, partie urbaine (YSE-aval)	12,60	5,9
Bassin versant du lac Davignon	211,9	100

Le bassin versant du lac Davignon se trouve dans l'unité de paysage de Sherbrooke (Robitaille et Saucier, 1998). Cette unité de paysage est de relief vallonné, mais plus accidenté au sud vers les monts Sutton, l'altitude passant de 120 mètres à Cowansville à plus de 800 mètres au sommet des monts à la limite du bassin. Le groupe de Oak Hill forme l'assise géologique, qui est constitué de formations marines et volcanites datant du Cambrien inférieur (Avramtchev et coll., 1984). Ce sont surtout des phyllades et des schistes quartzeux ou graphitique selon Rickard (1991). Des dépôts glaciolacustres et fluvioglaciaires sont caractéristiques de ce secteur, comme en fait foi la présence de l'agriculture et de gravières en aval du bassin. L'unité est comprise dans le domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul. Le climat est avant tout de type modéré subhumide, continental et les hauts sommets sont de type subpolaire subhumide (Robitaille et Saucier, 1998).

Le territoire du bassin du lac Davignon est principalement à vocation agro-forestière, quoique les vocations résidentielles, de villégiature, commerciale et industrielle sont aussi importantes. La tenure se caractérise en grande majorité de propriétés privées. En ordre d'importance, les principales municipalités recoupant le bassin sont celles de Lac-Brome, Sutton, Dunham, Brome, Potton, Bolton-Ouest et Cowansville. Pour la plupart, seulement une portion de leur territoire chevauche le bassin versant, sauf la municipalité de Brome, qui est entièrement incluse dans le bassin versant. La MRC Brome-Missisquoi englobe toutes ces municipalités, à l'exception de Potton, dont la portion de territoire à l'intérieur du bassin est entièrement couverte de forêt.

Le réseau hydrographique a une structure dendritique, sauf pour le ruisseau de Jackson, qui a une structure franchement angulaire.

Le bassin versant du lac Davignon se situe dans le sous-bassin de la Yamaska Sud-Est. Ce sous-bassin est le troisième plus grand du bassin versant de la rivière Yamaska, avec une superficie de 411 km² (MDDEP, 1998). C'est le sous-bassin qui présente la plus faible superficie de terre agricole, soit 22,5 %. Le cheptel est de taille relativement petite comparativement à d'autres sous-bassins et il compte pour 2,2 % du cheptel du bassin versant de la rivière Yamaska (Delisle et coll., 1998). Le cheptel animal se compose principalement de bovin laitier et de bovin de boucherie, tandis que dans les autres sous-bassins, le cheptel est majoritairement composé de porcs.

La visite effectuée au lac Davignon dans le cadre du présent mandat a permis de constater qu'environ 40 % des rives du lac étaient ornementales. Une rive ornementale est une rive où la végétation est entretenue, par exemple lorsqu'une pelouse ou un mur de soutènement est présent sur la rive.

4.2 Caractéristiques morphométriques et hydrologiques

Les données du périmètre ou de la profondeur moyenne sont des données morphométriques simples, qui renseignent grandement sur l'évolution passée et future d'un lac. Le tableau 3 rassemble les caractéristiques morphométriques et hydrologiques observées sur le lac Davignon.

Le lac Davignon est peu profond, avec une profondeur maximale de 7,6 mètres et une profondeur moyenne de 3,6 mètres. Ces données proviennent du relevé bathymétrique réalisé durant l'été 1969 par le ministère du Tourisme de la Chasse et de la Pêche. Lors de l'échantillonnage du lac en 2007, la recherche du point le plus profond du lac nous a mené à une fosse d'au plus 7,2 mètres. Il est possible que la profondeur moyenne ait diminué avec le temps si des sédiments sont apportés en grande quantité dans le lac.

La synthèse de toutes les données antérieures à l'année 2002, disponible à l'annexe 1, indique un débit moyen de 4,2 mètres cubes d'eau par seconde. Ce débit moyen est considéré comme valable puisqu'il provient de longues périodes de références. Cette estimation hydrologique implique un temps de renouvellement des eaux du lac de seulement 11 jours. Ce temps est très court, car un lac québécois connaît en moyenne un temps de renouvellement d'un an et demi. Par contre, l'été, cette situation est différente, car le débit baisse grandement (période d'étiage) et le temps de renouvellement s'allonge pour théoriquement atteindre dix mois (tableau 3). Le temps de renouvellement influence la qualité de l'eau d'un lac. Il aide à déterminer le temps pour un plan d'eau de retrouver son équilibre après avoir reçu une charge polluante ou la capacité de rétention face aux nutriments.

Tableau 3. Données morphométriques et hydrologiques

Lac	Aire du lac (km ²)	Volume d'eau (m ³)	Débit à la sortie du lac* (m ³ /s)	Module (m ³ /an)	Période du module	Renouvellement τ (jour)
Davignon	1,084	3 902 000	4,20	132 542 000	moyenne annuelle	11
			0,15	4 806 000	étiage normal (Q _{2,7})	297

* Selon les statistiques de la station 030314 fournies par HYDAT

4.3 Diagnose écologique sommaire

La diagnose écologique sommaire réalisée par Groupe Hémisphères en 2007 est d'abord en lien avec l'apport en nutriments, l'évaluation de son état trophique et les changements perceptibles ou non en rapport aux données historiques.

4.3.1 Stratification estivale

La stratification thermique est un phénomène physique naturel qui se produit dans la majorité des lacs du Québec, notamment ceux plus au sud. La stratification est plus prononcée durant la saison estivale. Lorsque la stratification est observée, le phénomène entraîne la formation de deux couches d'eau qui se mélangent difficilement. Cette brusque séparation s'appelle la thermocline. Ainsi, la couche du fond évolue quasiment en circuit fermé et souffre d'un déficit en oxygène, car les micro-organismes s'en servent pour la dégradation, alors que l'oxygène de la surface n'est pas disponible pour l'eau en profondeur.

La température et l'oxygène dissous ont fait l'objet d'un relevé sur l'ensemble de la colonne d'eau au point le plus profond du plan d'eau. La figure 5 résume les résultats obtenus et montre que le lac Davignon est stratifié au niveau de l'oxygène, mais plus légèrement au niveau de la température ; les deux distributions sont clinogrades, c'est-à-dire inégalement réparties au sein des couches du lac. Il y a un déficit d'oxygène dans la colonne d'eau à partir de 4,5 mètres de profondeur ; on parle alors de conditions d'anaérobiose pour les sédiments du plus profond du lac. Il est toutefois atypique qu'un lac si peu stratifié en température, soit autant stratifié en oxygène, la faible profondeur moyenne du lac favorisant plutôt une certaine homogénéisation de la masse d'eau.

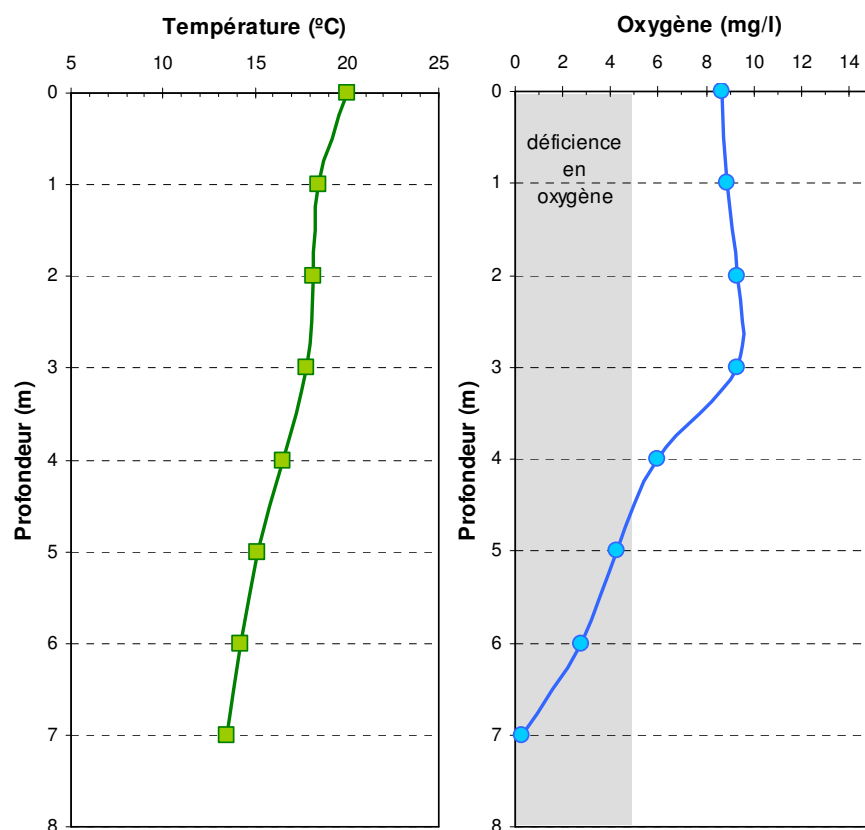


Figure 5. Profils de température et d'oxygène

Historiquement, la BQMA recèle des données de plusieurs profils pour l'année 1979 (tableau 4), tandis que l'étude effectuée par LGL en 1993 montre aussi que plusieurs relevés ont été effectués la même journée ; c'est celui le plus près de la station de référence qui a été retenu. Le relevé du 24 juillet 1979 indique une stratification similaire à aujourd'hui quoique le déficit en oxygène y fût plus important.

Tableau 4. Résultats des profils de température et d'oxygène de 1979 et 1992

Profondeur	27 juin 1979		24 juillet 1979		28 août 1979		25 sept. 1979		28 sept. 1992	
	T° (°C)	O ₂ (mg/L)	T° (°C)	O ₂ (mg/L)	T° (°C)	O ₂ (mg/L)	T° (°C)	O ₂ (mg/L)	T° (°C)	O ₂ (mg/L)
Surface									15,5	7,5
1 m	18,5	9,3	25,0	7,8	20,0	8,1	14,5	9,0	15,5	7,3
2 m	18,5	9,4			20,0	8,1			15,2	7,2
3 m			24,5	7,8	20,0	8,0	14,5	9,0	15,5	7,3
3,5 m	18,5	9,3								
4 m					19,5	7,9				
4,5 m			21,5	3,8¹			14,0	8,8		
5,3 m									15,0	7,4
7,0 m									15,0	7,0

¹Données en gras : anoxie

4.3.2 Analyse physico-chimique

Le tableau 5 présente les résultats obtenus pour les différents paramètres physico-chimiques échantillonnés en 2007 et lors des études antérieures de 1979 et 1992. Les normes canadienne et québécoise sont aussi citées, ainsi que la moyenne régionale. Les certificats d'analyses chimiques sont insérés à l'annexe II.

La **transparence** de l'eau mesurée à l'aide d'un disque de *Secchi* renseigne sur la turbidité et la couleur de l'eau, ainsi que la quantité d'organismes planctoniques en suspension. Le lac Davignon semble avoir amélioré sa transparence au cours des dernières années. Cette observation s'appuie sur un très faible nombre d'observations. La mesure indique un lac à la charnière du stade eutrophe et mésotrophe (voir plus loin le chapitre sur le stade trophique).

Le **pH** est une échelle logarithmique d'acidité qui s'étend de 1 à 14, où la valeur de 7 correspond à la neutralité. En général, le pH des eaux naturelles se situe entre 6 et 9. Le dioxyde de carbone (CO_2) de l'air et les acides humiques abaissent le pH d'un plan d'eau, de même que les pluies acides. Inversement, le phytoplancton du lac, composé des algues unicellulaires, contribuera à hausser le pH durant le jour (jusqu'à 9), car les plantes consomment le CO_2 pour la photosynthèse. La nuit, le lac retrouvera un équilibre.

Dans le cas du lac Davignon, la valeur a atteint un sommet et démontre une productivité biologique accrue.

La **conductivité** évalue l'abondance des sels minéraux dissous dans l'eau. L'eau pure en contient très peu et conduit donc très peu l'électricité. L'eau douce a une valeur inférieure à 200 $\mu\text{S/cm}$, alors qu'une eau minérale (dure) a une valeur de 1000 $\mu\text{S/cm}$. La valeur mesurée du lac se trouve dans la plage d'eau douce.

L'**azote** est un élément relativement peu abondant et une importante fraction est atmosphérique. Cet élément nutritif n'est pas aussi limitant pour la croissance des plantes que le phosphore, puisque les apports sont plus diversifiés (Hade, 2002). L'azote se retrouve sous différentes formes dans les lacs. Bien qu'il soit un élément essentiel à la vie, peu d'espèces vivantes ont la capacité d'utiliser le plus grand réservoir disponible, c'est-à-dire le diazote (N_2) de l'atmosphère. Les cyanobactéries sont le seul groupe du phytoplancton à pouvoir le fixer. L'azote semble donc jouer un rôle dans la dominance des cyanobactéries.

Les **nitrites** (NO_2^-) sont une forme oxygénée de l'azote, qui est peu stable. On peut en trouver dans les lacs lorsqu'il y a un manque d'oxygène dissous. La présence de nitrites d'origine naturelle est plutôt rare. De plus, il est toxique pour les poissons. Les **nitrates** (NO_3^-) sont la forme la plus oxygénée et cette forme est plus stable. Une concentration élevée de nitrates indique une pollution industrielle ou un lessivage important de terres agricoles (Nemerow, 1991). Les valeurs de nitrates et nitrites mesurées sont faibles.

L'**azote total Kjeldahl** ou NTK est la somme de l'azote organique et de l'ammonium (NH_4^+). L'azote organique constitue la moitié de l'azote dissous et se trouve, par exemple, dans les protéines (Pourriot et Meybeck, 1995). La dégradation de l'azote organique dégage de l'ammonium. La concentration en azote du lac Davignon semble en forte progression en regard des données antérieures et dépasse nettement la moyenne régionale. Ces concentrations sont typiques de bassins versants agricoles et pourraient résulter de l'apport d'engrais (Gangbazo et Le Page, 2005).

Le **phosphore** est un élément rare dans la biosphère et il est le facteur limitant dans la plupart des écosystèmes. En milieu naturel, le bassin versant fournit peu de phosphore. Une partie du phosphore qui se retrouve dans un lac est assimilé par les plantes aquatiques, alors que le reste se fixe dans les sédiments. La remise en circulation du phosphate des sédiments à la colonne d'eau fait partie du cycle du phosphore, surtout dans les lacs peu profonds, à cause de l'effet du vent. Ainsi, en période d'anoxie ou lorsque les apports externes sont faibles, le relargage du phosphore peut être la principale source du lac.

La valeur moyenne de 14,7 $\mu\text{g/L}$ de **phosphore total** (PT) obtenue en 2007 ne dépasse pas la valeur recommandée par le MDDEP de 20 $\mu\text{g/L}$ pour la protection de la vie aquatique dans les lacs. Elle est cependant plus élevée que la médiane de 11,5 $\mu\text{g/L}$ récemment calculée pour 85 lacs des Appalaches

(Berryman, 2006). En ne tenant compte que des lacs peu développés, c'est-à-dire des lacs dont le bassin versant comprend peu ou pas d'établissements humains ni de terres défrichées, la médiane baisse à 6,8 µg/L.

Si on remonte dans le temps, le lac Davignon a connu des concentrations beaucoup moins élevées de phosphore en 1979, selon les données de la BQMA. Les résultats de 1993 et 2007 sont somme toute similaires. On remarquera que ce paramètre est très variable à cause de son haut pouvoir de dilution et parce que l'échantillon d'eau n'est pas filtré. La moyenne des échantillons montre que la concentration demeure à près de 15 µg/L en moyenne aujourd'hui, ce qui est au-dessus de la médiane des Appalaches récemment calculée par le MDDEP (Berryman, 2006).

La plus grande partie du **carbone organique dissous** (COD) des eaux naturelles est composée de substances humiques et de matériaux végétaux et animaux partiellement dégradés, ainsi que de substances organiques provenant de divers effluents municipaux et industriels. Cette mesure permet notamment de suivre l'évolution d'une pollution organique dans les milieux aquatiques ou de comprendre un manque de transparence de l'eau dû à une concentration élevée en tannins (en provenance des milieux humides par exemple). Pour ce qui est du lac Davignon, la concentration en COD s'avère peu élevée en comparaison de la moyenne régionale, au moment du relevé à tout le moins.

La **chlorophylle a** est ce pigment qui donne une couleur verte aux plantes. Cette valeur permet de préciser la productivité du lac et de mieux discriminer la partie biologique influençant la transparence. La biomasse chlorophyllienne, composée du phytoplancton ou algue microscopique, est moyennement élevée pour le lac Davignon si on tient compte de la date tardive du relevé physicochimique de cette année. Qui plus est, les valeurs historiques relatent des valeurs beaucoup moins élevées, plus proches des lacs jeunes ou oligotrophes.

Le **calcium** est facilement dissous et extrait des sols par lessivage et il est responsable de la dureté de l'eau avec le **magnésium**. Les concentrations observées en magnésium sont semblables à la moyenne régionale, alors que celles du calcium sont historiquement près du double de cette moyenne lors du présent relevé et des relevés antérieurs.

Le **fer** intervient dans la précipitation du phosphore dans les lacs. Le phosphore est alors temporairement non disponible pour les plantes, mais il peut être remis en circulation lorsqu'il y a un manque d'oxygène dans la couche inférieure d'eau. Les taux de fer mesurés dans l'eau du lac sont constants et s'apparentent à la moyenne régionale; le plan d'eau ne souffre pas d'un déficit de ce côté.

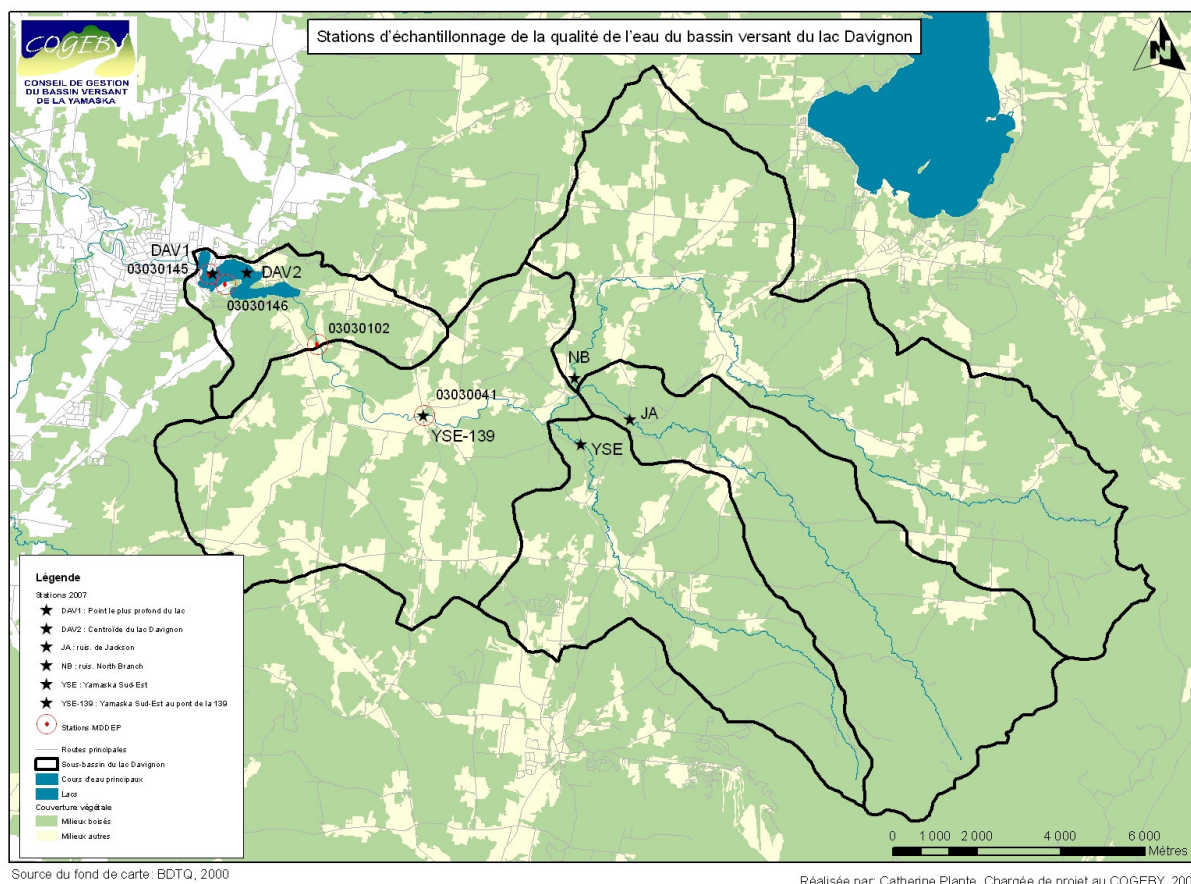


Figure 6. Stations d'échantillonnage de la qualité de l'eau

Tableau 5. Résultats des analyses physico-chimiques du lac

Paramètres	Méthode (2007)	Stations			Critères* et valeurs attendues		
		BQMA été 1979	LGL 1992	DAV1/DAV2 2007	 CCME	 MDDEP	Moyenne de la région [‡]
Température (°C)	Sonde Hanna	14 à 25	14	19	-	-	n/a
Transparence (m)	Disque de Secchi	1,5 1,5	1,45	2,1 1,9	-	1,2**	2,3
pH	Sonde Hanna	6,8 à 7,5	7,01	7,7	6,5 – 9,0	5,0 – 9,5	7,5
Conductivité (µS/cm)	Sonde Hanna	84 à 128	114	68	-	-	86
NTK (mg N/L)	Laboratoire	0,19 à 0,38	< 0,5 à 0,67	1,26	-	-	0,25
Nitrates et nitrites (mg N/L)	Laboratoire	0,01 à 0,13	< 0,05	0,10	-	10***	0,13
Azote total (mg/L)	Sommation***	-	-	1,36	-	-	0,38
Phosphore total – en surface l'été (µg/L)	Laboratoire	3 6 9 15	10 14 18 22	8 18 18	Pour les lacs, augmentation maximale de 50 % par rapport à la concentration naturelle du lac sans dépasser 20 µg/L		11,5 ^{‡‡}
Calcium (mg/L)	Laboratoire	11 à 16	11 à 12	15,4		Si > 8, le milieu sera considéré faiblement sensible à l'acidification	6,8
Magnésium (mg/L)	Laboratoire	1,8 à 2,4	1,9 à 2,1	2,62		-	3,06
Fer (mg/L)	Laboratoire	0,10 à 0,29	-	0,16		0,3*** 1,3	0,11
MES (mg/L)	Laboratoire	-	< 5	< 3		augmentation moyenne de 5 mg/L par rapport à la concentration naturelle	n/d
DBO ₅ (mg O ₂ /L)	Laboratoire	1 à 1,8	-	< 3		3,0	n/d
Carbone organique dissous (mg/L)	Laboratoire	-	-	4,1	-	-	11,1
Chlorophylle α (µg/L)	Laboratoire	1,2 à 4,8	2,8	5	-	8	8,6

* Legendre *et coll.* (1980)

^{‡‡} Valeur médiane pour les lacs des Appalaches (Berryman, 2006)

* À moins d'avis contraire, le critère est pour la protection de la vie aquatique (effet chronique), pour l'eau de surface

** Protection des activités récréatives et des aspects esthétiques

*** Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)

 Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement du CCME (CCME, 2003)

 Critères de qualité de l'eau de surface au Québec du MDDEP (MDDEP, 2007b)

4.3.3 Relevé bactériologique

Une quantité élevée de micro-organismes dans l'eau d'un lac signifie l'existence d'une contamination dont il faut trouver la source. Le niveau de la contamination est déterminé entre autres en dénombrant les *coliformes fécaux*. Dans les eaux brutes ou de surfaces, la quantité de coliformes constitue un indicateur de probabilité de la présence de bactéries pathogènes. Les résultats d'une analyse bactériologique doivent être interprétés de façon prudente, car ils peuvent varier selon les conditions ponctuelles de l'échantillonnage. Un mauvais résultat à un endroit et moment donné ne signifie pas nécessairement qu'un riverain à proximité soit fautif par exemple. De plus, il faut une proportion élevée de mauvais résultats pour que l'eau du lac soit considérée de mauvaise qualité.

Les relevés effectués récemment au lac Davignon indiquent tous une qualité bactériologique de l'eau généralement bonne ou excellente (tableau 6). Les analyses tiennent compte des résultats du programme Environnement-Plage dont la ville de Cowansville est participante (MDDEP, 2007c). Le nombre de coliformes fécaux classe le lac Davignon le plus souvent dans la catégorie A (0 à 20 u.c.f./100mL) ou B (entre 21 et 100 u.c.f./100mL) pour la baignade. Ces valeurs laissent supposer que les sources potentielles de contamination sont généralement contrôlées.

Tableau 6. Résultats des analyses bactériologiques

Station	Coliformes fécaux Dénombrement (u.c.f./100mL)		
	1979	2006	2007
DAV1 (plus profond du lac)	0 100	-	42 44
DAV2 (Centroïde du lac)	-	-	8 8
Plage du Centre de la nature	0 120	B - (entre 21 et 100)	A - (< 20)

4.3.4 Niveau trophique

Les lacs ont une durée de vie limitée et, comme les espèces vivantes, ils sont voués à plus ou moins brève échéance à cesser d'exister. Durant la vie d'un lac, sa flore et sa faune évoluent en parallèle avec la diminution de la profondeur moyenne. La raison d'un tel bouleversement s'explique du fait que la productivité biologique est de beaucoup supérieure en eau peu profonde et également en milieu aqueux riche en matières nutritives. Ainsi, après plusieurs milliers d'années, les lacs deviennent marécageux. Ce phénomène est irréversible. Il existe plusieurs stades de vieillissement et les principaux facteurs sont les conditions du bassin versant, le climat, la géologie et la biologie. Le processus entier s'appelle « eutrophisation » et comprend trois principaux stades. (tableau 7).

Malgré le fait que nos lacs sont nés de l'action des glaciers, il y a neuf à douze mille ans, beaucoup sont demeurés dans un état oligotrophe, c'est-à-dire relativement jeune. Aussi, il existe davantage de lacs anormalement vieillis près des communautés humaines, dû à l'apport excessif de substances nutritives (eaux usées, engrais, érosion) ou de l'artificialisation des rives et de l'encadrement forestier. De ces substances nutritives, les composés phosphorés et azotés sont généralement considérés comme tenant le rôle-chef dans l'eutrophisation dite « culturelle ».

Tableau 7. Stades d'eutrophisation

Niveau	Âge	Description
Oligotrophe	Jeune	Pauvre en éléments nutritifs. Flore réduite. Oxygène dissous dans toute la masse d'eau.
Mésotrophe	Moyen	Enrichissement en matière organique. Déficit relatif en oxygène. Transparence entre 4 et 1 mètre.
Eutrophe	Vieux	Non transparent (<1m). Riche en éléments nutritifs. Déficit fréquent en oxygène. Algues microscopiques et filamenteuses. Prolifération des plantes aquatiques.

L'échelle de Carlson (1977) est un modèle mathématique basé sur trois variables mesurées en surface dans le lac, soit la transparence, la biomasse phytoplanctonique (chlorophylle α) et la concentration du phosphore total. Chacune de ces variables fournit ses propres conclusions sur une même échelle trophique et sont donc de bons indicateurs du concept plus large du stade trophique. Le tableau 8 présente les valeurs des différentes variables mesurées par Carlson pour évaluer l'indice trophique ; par exemple, la valeur moyenne de transparence est de 2,0 mètres en 2007, un indice de 50 est donc attribué pour ce paramètre. Le tableau 9 présente pour sa part l'indice ainsi obtenu pour le lac à l'étude au cours des années où des données sont disponibles.

Tableau 8. Échelle de Carlson concluant au stade trophique

Stade trophique	Indice TSI	Transparence (m)	Phosphore total ($\mu\text{g/L}$)	Chlorophylle α ($\mu\text{g/L}$)
ultra- oligotrophe	0	64	0,75	0,04
ultra-oligotrophe	10	32	1,5	0,12
ultra-oligotrophe	20	16	3	0,34
oligotrophe	30	8	6	0,94
mésotrophe	40	4	12	2,6
mésotrophe	50	2	24	6,4
eutrophe	60	1	48	20
eutrophe	70	0,5	96	56
hyper-eutrophe	80	0,25	192	154
hyper-eutrophe	90	0,12	384	427
hyper-eutrophe	100	0,062	768	1183

Selon Carlson, les indices servent d'indicateurs d'un niveau trophique, mais les paramètres induisent une certaine variabilité selon la période mesurée. Ainsi, l'indice de la chlorophylle α donne un résultat plus près de la réalité pendant la période de productivité maximale (été), alors que le phosphore sera un meilleur indicateur si un grand nombre de mesures sont réalisées durant la période sans glace, notamment durant le printemps et à l'automne. La moyenne de trois indices en 2007 donne un indice TSI de 47, une position franchement mésotrophe (tableau 9). Cette position était moins élevée il y a une trentaine d'années. Le relevé de 1979 a couvert tous les mois de l'été et donc des périodes de réchauffement plus intenses (et non le mois de septembre comme 1992 et 2002), ce qui n'explique toutefois pas cette différence.

L'étude de LGL en 1993 concluait que le lac Davignon était à un stade trophique eutrophe, ce qui diffère de nos résultats aujourd'hui. Si l'on compare les mêmes critères (phosphore, chlorophylle et transparence), le lac aurait pu être considéré comme mésotrophe en 1993. Ce sont d'autres critères (conductivité, azote Kjeldahl et profondeur moyenne) qui ont fait que le lac a été classé comme eutrophe. La quantité importante de plantes aquatiques a aussi contribué à classer le lac comme eutrophe.

Tableau 9. Évaluation du stade trophique

Paramètre	1979	1992	2007
Transparence	54	55	50
Phosphore total	34	44	43
Chlorophylle α	42	41	47
Indice TSI moyen	43	47	47
<i>Interprétation selon l'échelle de Carlson</i>	mésotrophe	mésotrophe	mésotrophe

4.4 Relevé des trois principaux tributaires en amont

Le tableau 10 présente les résultats des paramètres d'analyse retenus aux trois principaux tributaires. Les normes canadienne et québécoise sont aussi citées, ainsi que la valeur médiane pour deux périodes statistiques de la station 03030041 de l'IQBP. Les certificats d'analyses chimiques sont insérés à l'annexe II.

Dans un cours d'eau en santé, les éléments nutritifs sont présents à de faibles concentrations et assurent une croissance modérée des plantes aquatiques (macrophytes) et des microalgues (phytoplancton). Lorsque les nutriments deviennent trop abondants, ils causent une croissance excessive. Les valeurs de phosphore mesurées dans les tributaires sont comparables aux valeurs médianes de l'IQBP depuis 2001 et bien en deçà du critère de 30 $\mu\text{g/L}$ dicté par le MDDEP pour la protection de la vie aquatique (effet chronique). Ce critère vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières.

L'azote total Kjeldahl et les nitrites/nitrates ne sont pas de bons indicateurs de l'eutrophisation des eaux, puisque l'azote n'est pas le facteur limitant la production primaire. Les nitrites/nitrates représentent les deux formes d'azote assimilables directement par les végétaux. Les concentrations mesurées en septembre 2007 dans les tributaires sont plus faibles que les médianes mesurées en aval de ceux-ci, mais suffisantes pour supporter une croissance algale.

L'azote total Kjeldahl peut être transformé (par les bactéries) en substances nutritives dans les eaux. Les valeurs retrouvées sont en deçà des limites analytiques de détection, sauf pour le tronçon de la Yamaska sud-est, où elles sont faibles. Les médianes obtenues depuis 2001 sont sensiblement plus élevées avec 0,44 mg N/L en moyenne.

Le territoire agricole est un milieu particulièrement propice à l'érosion et occasionne souvent une augmentation des matières en suspension et de la turbidité ainsi qu'un réchauffement de l'eau. Ce phénomène n'est pas observé lors du relevé des tributaires en septembre 2007, les matières en suspension et la demande biologique de l'oxygène (DBO_5) étant en deçà des limites analytiques de détection. La température de l'eau des cours d'eau demeure par contre élevée pour la période de l'année.

Les valeurs de conductivité observées sont semblables à la moyenne régionale (86 S/cm). Les valeurs de pH sont normales partout en regard des conditions géologiques locales, et aucune des mesures réalisées n'a atteint de valeurs critiques, sauf au ruisseau North Branch qui atteint un pH de 8,8 pour une raison qui semble inexplicable. Ce résultat ponctuel devrait être validé.

Les concentrations en calcium et en magnésium sont semblables à la moyenne régionale, sauf pour la station de la Yamaska Sud-Est qui est le triple de cette moyenne de 6,8 mg/L. Un mois de septembre particulièrement sec, qui occasionne des étiages prolongés, peut expliquer cette observation, car les minéraux auront tendance à être davantage concentrés dans le faible débit du cours d'eau.

Tableau 10. Résultats des analyses physico-chimiques des principaux tributaires

Paramètres	Méthode (2007)	Ruiss. North Branch (NB)	Ruiss. Jackson (JA)	Rivière Yamaska Sud-Est - amont (YSE)	Rivière Yamaska Sud-Est - route 139	Rivière Yamaska Sud-Est - route 139 MDDEP [‡]	Critères*	
							 CCME	 MDDEP
Température (°C)	Sonde Hanna	18,0	18,4	17,7	18,6	n/a	-	-
pH	Sonde Hanna	8,8	7,9	7,8	8,1	7,6 7,5	6,5 – 9,0	5,0 – 9,5
Conductivité (µS/cm)	Sonde Hanna	70	36	87	71	98 90	-	-
NTK (mg N/L)	Laboratoire	<0,10	<0,10	0,18	—	0,46 0,42	-	-
Nitrates et nitrites (mg N/L)	Laboratoire	0,20	0,15	0,13	—	0,35 0,26	-	10***
Phosphore total (µg/L)	Laboratoire	11 7 8	8 8 7	8 9 5	—	10 11	-	Pour les rivières, 30 µg/L
Calcium (mg/L)	Laboratoire	15,2	9,53	26,2	—	12,5 9,1	-	sensibilité à l'acidification faible si >8
Magnésium (mg/L)	Laboratoire	2,92	1,47	3,02	—	2,2 1,6	-	-
Fer (mg/L)	Laboratoire	0,17	0,23	0,29	—	n/d	0,3	0,3*** 1,3
MES (mg/L)	Laboratoire	< 3	< 3	< 3	—	1 2	-	Augmentation moyenne de 5 mg/L par rapport à la concentration naturelle
Carbone organique dissous (mg/L)	Laboratoire	2,8	1,5	1,7	—	3,4 3,4	-	-
DBO5 (mg O2/L)	Laboratoire	< 3	< 3	< 3	—	n/d	-	3,0
Coliformes fécaux (u.c.f./100mL)	Laboratoire	10 20	8 16	8 16	90	85 78	-	200**

[‡] Valeur médiane de la station 03030031 (2001 à 2003 et en gras de janvier 2004 à juin 2007)

* À moins d'avis contraire, le critère est pour la protection de la vie aquatique (effet chronique), pour l'eau de surface

** Protection des activités récréatives et des aspects esthétiques

*** Prévention de la contamination (eau et organismes aquatiques)

 Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement du CCME (CCME, 2003)

 Critères de qualité de l'eau de surface au Québec du MDDEP (MDDEP, 2007)

Les concentrations de coliformes fécaux sont faibles et respectent le critère du MDDEP de contact primaire comme la baignade dans les trois tributaires.

La partie de la rivière Yamaska Sud-Est en amont de Cowansville présente une qualité bactériologique et physico-chimique *bonne* en 2002, qui a été réévaluée à *satisfaisante* en 2005 par le MDDEP. C'est l'une des stations présentant la meilleure qualité dans tout le bassin. D'ailleurs, une tendance à la baisse a été observée au niveau du phosphore total et des coliformes fécaux depuis 1987. La dégradation de l'eau de la rivière Yamaska Sud-Est est plus importante en aval de la ville de Cowansville (Delisle et coll., 1998).

4.5 Calcul du bilan de phosphore

4.5.1 Charge annuelle observée

Les données disponibles permettent d'estimer la charge annuelle en phosphore en provenance des cours d'eau. Les concentrations en phosphore recueillies les quatre dernières années à la station de la qualité du milieu aquatique 03030041 servent à établir la quantité de phosphore acheminée au lac chaque mois. Le tableau 11 montre que la charge varie grandement de mois en mois avec un sommet important à la crue printanière. La charge annuelle équivaut à 4,3 tonnes de phosphore ces dernières années.

Tableau 11. Charge mensuelle et annuelle en phosphore

	Débit* (m ³ /s)	Concentration moyenne mensuelle** (mg/L)					Nb de jours	Phosphore (kg/mois)
		2004	2005	2006	2007	Moy.		
Janvier	3,22		0,013		0,02	0,017	31	142
Février	2,99			0,075		0,075	28	543
Mars	7,48	0,033	0,008	0,049	0,009	0,025	31	496
Avril	12,31		0,163	0,033	0,019	0,072	30	2 287
Mai	5,66	0,01	0,024	0,009	0,009	0,013	31	197
Juin	2,26	0,012	0,013	0,006	0,012	0,011	30	63
Juillet	1,92	0,012	0,009	0,018		0,013	31	67
Août	1,79	0,065	0,01	0,009		0,028	31	134
Septembre	1,76	0,008	0,009	0,009		0,009	30	40
Octobre	3,56	0,008	0,008	0,01		0,009	31	83
Novembre	5,09	0,015	0,0055	0,012		0,011	30	143
Décembre	4,02	0,009	0,009	0,012		0,010	31	108
Kg de phosphore par année								4 301

*Débit mensuel moyen en m³/s de la station hydrologique 030314 pour la période de janvier 1968 à décembre 2001

**Concentration provenant des données transposées de la station de la qualité du milieu aquatique 03030041

Cet exercice demeure une estimation, car la charge ne tient pas compte de l'apport atmosphérique sur le plan d'eau à l'étude, de la charge interne du lac ou de l'érosion à proximité du lac par exemple. Étant donné que la station de référence pour la qualité du milieu aquatique est positionnée sur la rivière Yamaska Sud-Est à 5,8 kilomètres en amont du lac, il est possible que d'autres usages ou tributaires moins importants apportent une quantité de phosphore, dont la concentration augmentera en atteignant le lac.

Le même exercice entrepris il y a 15 ans à l'aide des mêmes stations montrait que 7,8 tonnes de phosphore étaient acheminées au lac Davignon (LGL, 1993). Les débits n'ayant pas varié depuis cette époque, c'est la réduction des concentrations mesurées dans l'eau de la rivière qui peut expliquer cet important changement de charge aujourd'hui.

4.5.2 Utilisation du sol du bassin versant

La télédétection des images Landsat de 2007 et les bases cartographiques numériques de la BDTQ ont servi à schématiser l'utilisation du sol du bassin versant. La figure 7 montre donc l'utilisation du sol pour le bassin versant du lac Davignon aujourd'hui. Le tableau 12 détaille l'utilisation du sol en 2007 et la population animale en 2006, par sous-bassin.

Tableau 12. Utilisation du sol et population animale du bassin versant

	North Branch	Jackson	YSE- amont	YSE- 139	YSE- aval	TOTAL
Utilisation du sol - naturel (2007)	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>
Forêt avec substrat métamorphique	57,311	39,132	29,544	34,710	8,093	169,797
Milieux humides	0,635	0,167	0,146	0,437	0,020	1,405
Surface d'eau	0,221	0,037	0,026	0,041	-	0,324
Superficie du lac à l'étude	-	-	-	-	1,008	1,008
Utilisation du sol - anthropique (2007)	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>	<i>km2</i>
Urbaine	0,202	0,010	0,010	0,054	0,799	1,075
Villégiature ou aire de récréation	0,802	0,198	0,358	0,634	0,449	2,441
Terrain de golf	-	-	0,023	-	-	0,023
Culture à grande interligne (ex. maïs)	0,770	0,158	0,274	1,797	0,305	3,304
Culture à interligne étroit (ex. avoine)	0,917	0,071	0,207	1,823	0,124	3,143
Pâturage et aire gazonnée	0,635	0,167	0,146	0,437	0,020	1,405
Friche	9,315	2,431	4,528	10,087	1,368	27,729
Coupe ou brulis (récent)	-	-	-	-	-	-
Zone minière	0,527	-	0,063	-	0,246	0,836
Sol nu	0,009	0,010	0,092	0,163	0,172	0,446
Superficie totale	71,34	42,38	35,42	50,18	12,60	212,94
Population animale (2006)	<i>Nb</i>	<i>Nb</i>	<i>Nb</i>	<i>Nb</i>	<i>Nb</i>	<i>Nb</i>
Bovins	17	26	18	55	8	124
Laitier	24	-	9	39	-	72
Veaux	-	-	-	-	-	-
Porcs	250	-	-	135	40	425
Ovins	12	4	-	-	8	24
Volailles	-	-	-	-	-	-
Autres	2	1	1	-	1	5

Alors que la forêt domine largement le bassin versant, les friches occupent néanmoins une part importante de ce territoire avec près de 28 kilomètres carrés. Elles sont localisées en majorité dans les sous-bassins YSE-139 et North Branch. Dans celui de YSE-139, les friches sont réparties uniformément, alors que dans celui de North Branch, elles se trouvent surtout dans la partie nord.

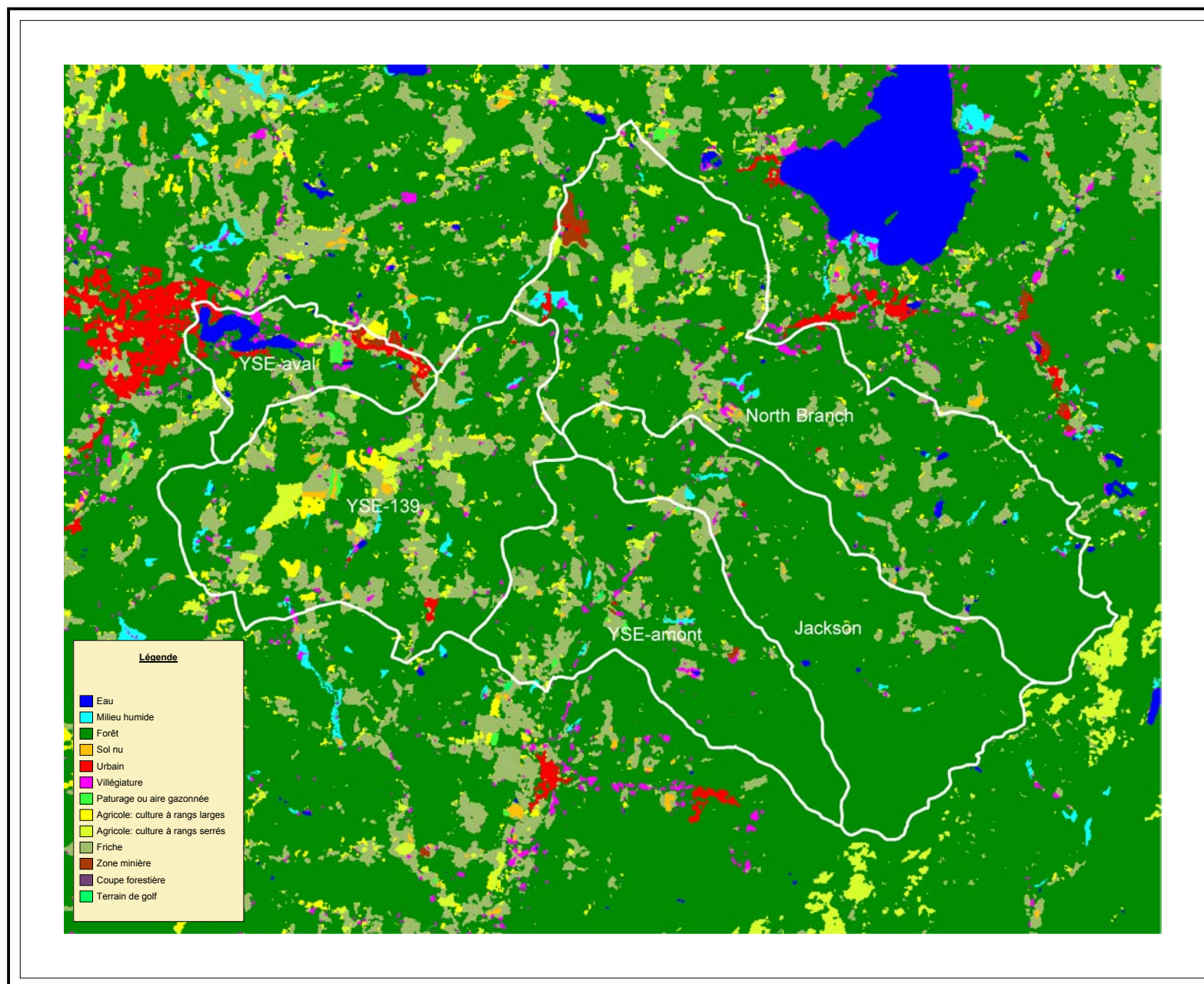
Les superficies utilisées par l'agriculture cumulent 7,8 kilomètres carrés, soit seulement 3 % du bassin. Ce pourcentage est réparti presque également entre les cultures à grande interligne et les cultures à interligne étroit. Plus de 50 % de l'agriculture est pratiquée dans le sous-bassin YSE-139. Les pâturages ou aires gazonnées sont peu importants, les principaux étant localisés dans les sous-bassins YSE-139 et YSE-aval.

La villégiature occupe 2,4 kilomètres carrés ou 1 % de l'utilisation du territoire. On la retrouve plus concentrée dans le sous-bassin de North Branch, notamment autour de la ville de Brome et à l'est de la ville de Gilman Corner. L'affectation urbaine représente moins de 1 % du bassin versant du lac Davignon. Près de 75 % de l'affectation urbaine est localisée dans le sous-bassin YSE-aval et correspond à une partie de la ville de Cowansville et à la ville de Sweetsburg.

Les milieux humides sont peu importants, les plus grandes superficies se trouvant dans le sous-bassin du ruisseau North Branch. Outre la partie aval de la rivière Yamaska Sud-Est, le principal plan d'eau est le lac Davignon. De larges gravières et sablières composent les zones minières localisées principalement dans le sous-bassin de la North Branch. Un golf se trouve dans le sous-bassin YSE-amont. Notons la présence inhabituelle de la catégorie « sol nu » avec près d'un demi-kilomètre carré réparti assez uniformément sur le territoire. Il s'agit entre autres de cours à bois ou de stationnements d'anciennes exploitations de gravières.

Bassins versants du lac Davignon

Utilisation du sol - Été 2007



Sources : Imagerie Landsat TM, BNDT du Canada, BDTO

Production : Géomatique SIGISCO Inc.

Date : décembre 2007



La population animale est en nombre relativement restreint dans le bassin versant à l'étude si on la compare avec le grand bassin versant de la rivière Yamaska. Ce dernier présente une densité de 1,5 unité animale par hectare en culture, comparativement à 0,4 unité animale pour le bassin à l'étude (COGEBY, 2002).

4.5.3 Estimation des apports en phosphore selon l'utilisation du sol et les unités animales

Connaître l'utilisation du sol permet de décortiquer les apports en phosphore par sous-bassin et par activité. Le tableau 13 présente cette estimation, en incluant la population animale du secteur agricole. Une charge totale de 2,9 tonnes est estimée être générée annuellement, dont 57 % provient des composantes naturelles du bassin versant. Du côté anthropique, les friches (19 %) et les cultures à grande interligne (8 %) comptent pour la grande majorité de la quantité de 1,2 tonne exportée vers le lac Davignon.

Tableau 13. Apports en phosphore selon l'utilisation du sol et la population animale

		Coefficient d'exportation kg PT/km ² -an	North Branch	Apport (kg PT/an) par sous-bassin					%
			Jackson	YSE- amont	YSE- 139	YSE- aval	TOTAL		
Utilisation du sol - naturel									
Forêt avec substrat métamorphique	8,6	492,9	336,5	254,1	298,5	69,6	1 460,3	50,7	
Milieus humides	110	69,9	18,3	16,0	48,1	2,2	154,6	5,4	
Surface d'eau	38	8,4	1,4	1,0	1,5	-	12,3	0,4	
Apport atmosphérique sur le lac	18,6	-	-	-	-	18,7	18,7	0,7	
Ss-total naturel =		571,1	356,3	271,1	348,2	90,5	1 645,9	57,1	
Utilisation du sol - anthropique									
Urbaine	80	16,1	0,8	0,8	4,3	63,9	86,0	3,0	
Villégiature ou aire de récréation	22,5	18,0	4,5	8,1	14,3	10,1	54,9	1,9	
Terrain de golf	105	-	-	2,5	-	-	2,4	0,1	
Culture à grande interligne (ex. maïs)	65	50,0	10,3	17,8	116,8	19,8	214,8	7,5	
Culture à interligne étroit (ex. avoine)	25	22,9	1,8	5,2	45,6	3,1	78,6	2,7	
Pâturage et aire gazonnée	28	17,8	4,7	4,1	12,2	0,6	39,3	1,4	
Friche	20	186,3	48,6	90,6	201,7	27,4	554,6	19,2	
Zone minière	25	13,2	-	1,6	-	6,1	20,9	0,7	
Sol nu	50	0,5	0,5	4,6	8,1	8,6	22,3	0,8	
Population animale									
	Kg PT /animal-an								
Bovins	0,35	6,0	9,1	6,3	19,3	2,8	43,4	1,5	
Laitier	0,61	14,6	-	5,5	23,8	-	43,9	1,5	
Veaux	0,20	-	-	-	-	-	-	-	
Porcs	0,17	42,5	-	-	23,0	6,8	72,3	2,5	
Ovins	0,08	1,0	0,3	-	-	0,6	1,9	0,1	
Volailles	0,01	-	-	-	-	-	-	-	
Autres	0,30	0,6	0,3	0,3	-	0,3	1,5	0,1	
Ss-total anthropique =		389,5	80,8	147,2	469,1	150,2	1 236,8	42,9	
TOTAL actuel =		960,6	437,1	418,3	817,3	240,7	2 882,6	100,0	

4.5.4 Bilan de phosphore incluant la population

Les données du dernier recensement de 2006 indiquent une population de 4 050 résidents permanents à l'intérieur des limites du bassin versant. De ce nombre, il faut soustraire 520 résidents de Cowansville qui sont raccordés au réseau d'égout, dont le rejet des eaux traitées est acheminé en aval du lac Davignon. Cette population, pour la plupart pourvue d'installations d'assainissement autonome, génère une quantité estimée à environ 1,80 tonne de phosphore annuellement. La croissance de cette population a été de 5,2 % depuis 2001, soit un point de plus que la croissance moyenne du Québec.

L'analyse du type de logement montre que 35 % sont des résidences secondaires et il faut donc ajouter une certaine population saisonnière au bilan de phosphore du bassin. Environ 1 200 villégiateurs doivent donc être présents, en considérant le même ratio de résident par logement. En utilisant un taux d'occupation annuel de 50 %, cette population de villégiateurs génère à son tour 0,31 tonne de phosphore annuellement.

En ajoutant la population résidentielle (permanente et saisonnière) du bassin versant, un apport total de 4,98 tonnes de phosphore (2,88 + 1,79 + 0,31 tonnes) devrait théoriquement parvenir au lac Davignon annuellement. Sans aucun ajustement des coefficients d'exportation utilisés, cette quantité est assez proche de la charge annuelle calculée dans le bilan de phosphore du lac Davignon. Ces résultats montrent que le calcul des apports par l'intermédiaire de l'utilisation du sol s'avère assez juste pour servir à cibler des objectifs de réduction par sous-bassin ou par activité.

4.6 Évolution de l'utilisation du sol au cours des vingt dernières années

La cartographie thématique effectuée par télédétection permet d'apprécier l'évolution de l'utilisation du sol au cours des vingt dernières années. Les figures 8 et 9 présentent respectivement l'utilisation du sol du bassin versant du lac Davignon en 1989 et 1999. L'utilisation du sol en 2007 a été présentée précédemment. Le tableau 14 et la figure 8 présentent la variation des superficies et des proportions de chacune des catégories d'utilisation du sol pour ces trois années.

En 1989, la forêt recouvrait la majeure partie du bassin versant du lac Davignon, dans une proportion de 66 %. Les friches occupaient 28 % de la superficie. Les zones de sol à nu représentaient 2 %. L'agriculture était peu importante, elle occupait environ 1 % du bassin versant. Des coupes forestières par bandes étaient présentes en 1989, localisées dans le sud-est du bassin versant. C'est la seule année qu'elles ont été détectées, elles sont redevenues des forêts par la suite.

En 1999, la proportion de friches est déjà moins importante, soit 22 %. La forêt couvre alors 68 % du bassin. L'agriculture occupe par contre une plus grande superficie et représente 3 % du bassin versant. Les pâturages ou aires gazonnées sont aussi plus importants (2 %).

En 2007, la forêt occupe 80 % du territoire, les friches 13 %, les terres agricoles 3 % et les zones de sol à nu 0,4 %. Une bonne proportion des friches sont devenues des forêts, alors qu'une partie a été transformée en culture agricole. Des pâturages ont aussi été transformés en culture agricole. Pour ce qui est des zones de sol à nu, la plus grande proportion est devenue la ville de Cowansville, dans le secteur de Sweetsburg.

Tableau 14. Évolution de l'utilisation du sol au cours des vingt dernières années

Utilisation du sol	1989 (km ² / %)	1999 (km ² / %)	2007 (km ² / %)
Coupe forestière	1,42 0,67%		
Culture à grande interligne	1,45 0,69%	5,30 2,51%	3,30 1,57%
Culture à interligne étroit	0,15 0,07%	1,83 0,87%	3,14 1,49%
Eau	0,22 0,10%	0,27 0,13%	0,32 0,15%
Forêt	138,86 65,79%	144,20 68,34%	169,48 80,32%
Friche	58,53 27,73%	46,56 22,07%	27,73 13,14%
Milieu humide	1,56 0,74%	1,50 0,71%	1,40 0,67%
Pâturage ou aire gazonnée	0,69 0,33%	5,19 2,46%	0,45 0,21%
Sol nu	4,86 2,30%	2,40 1,14%	0,81 0,38%
Terrain de golf	0,02 0,01%	0,02 0,01%	0,02 0,01%
Urbain	1,21 0,57%	0,94 0,44%	1,07 0,51%
Villégiature	1,17 0,55%	1,88 0,89%	2,44 1,16%
Zone minière	0,91 0,43%	0,91 0,43%	0,84 0,40%

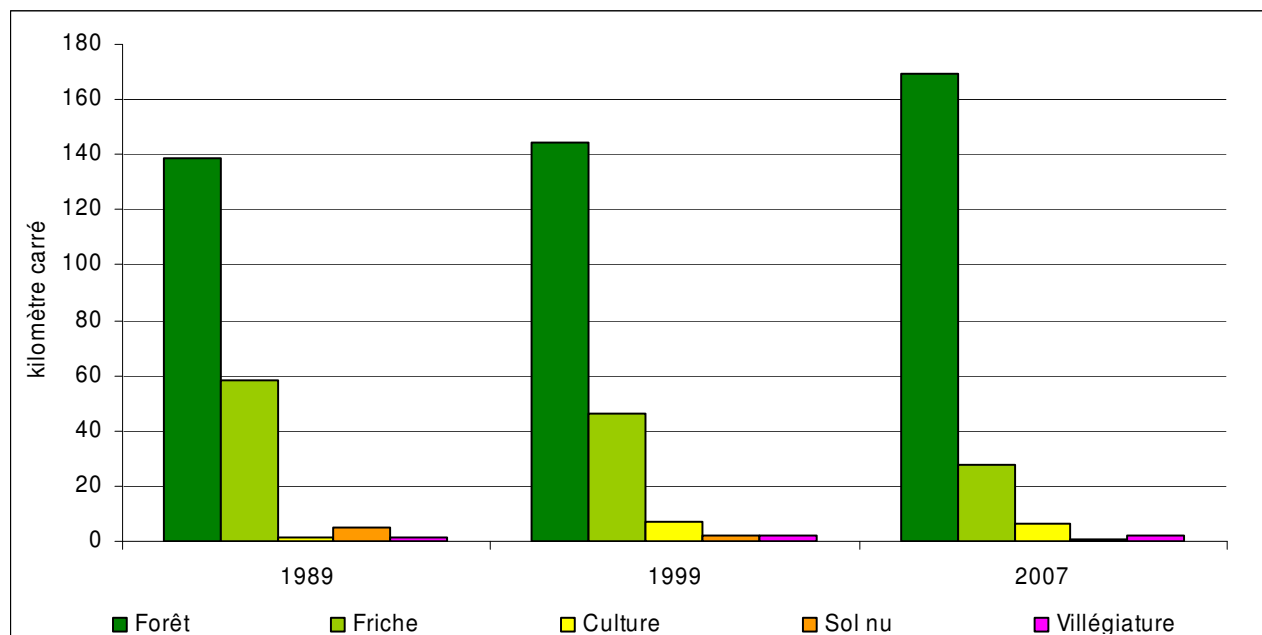
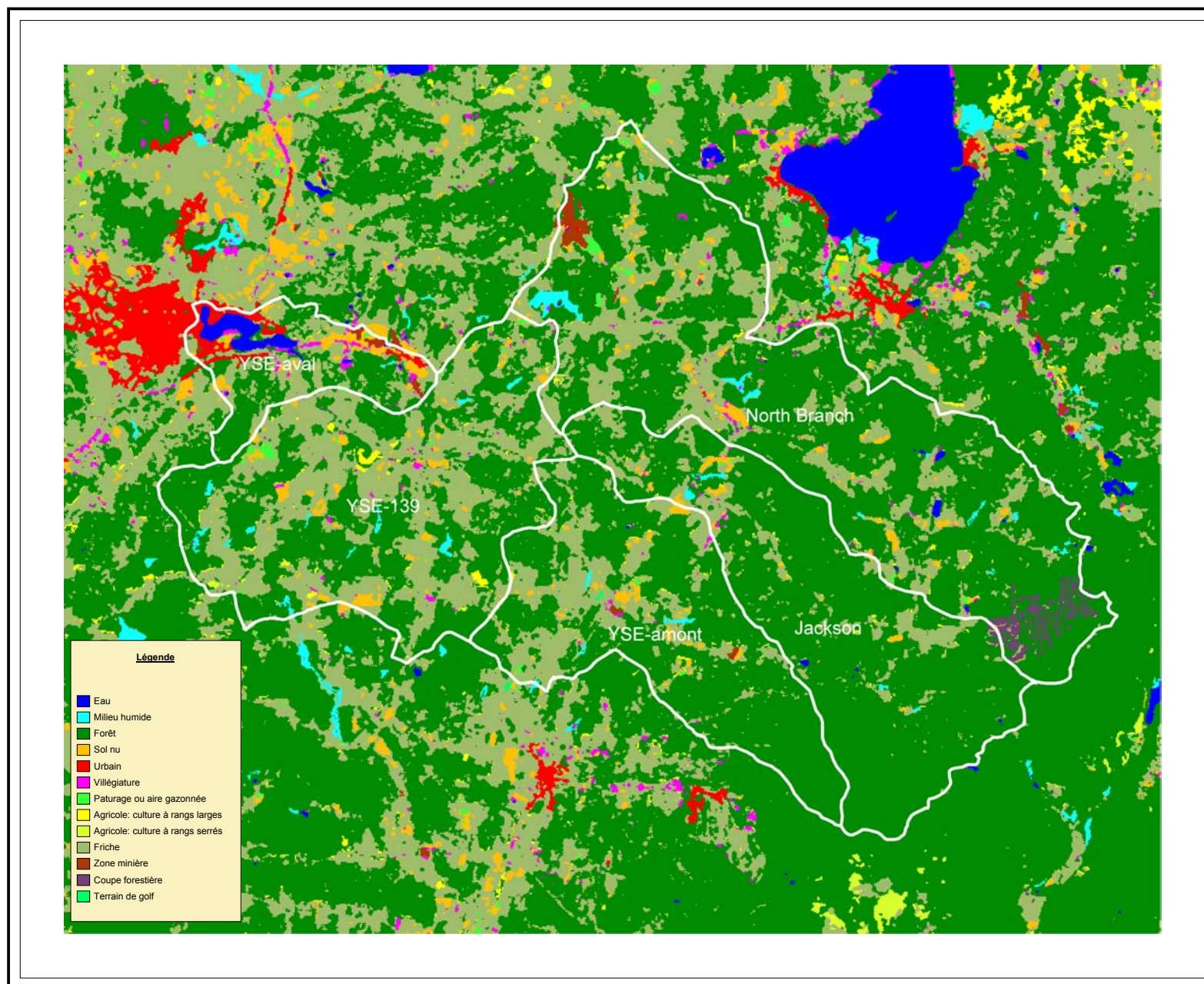


Figure 8. Principales variations de l'utilisation du sol du bassin versant du lac Davignon

Bassins versants du lac Davignon

Utilisation du sol - Été 1989



Sources : Imagerie Landsat TM, BNDT du Canada, BDTO

Production : Géomatique SIGISCO Inc.

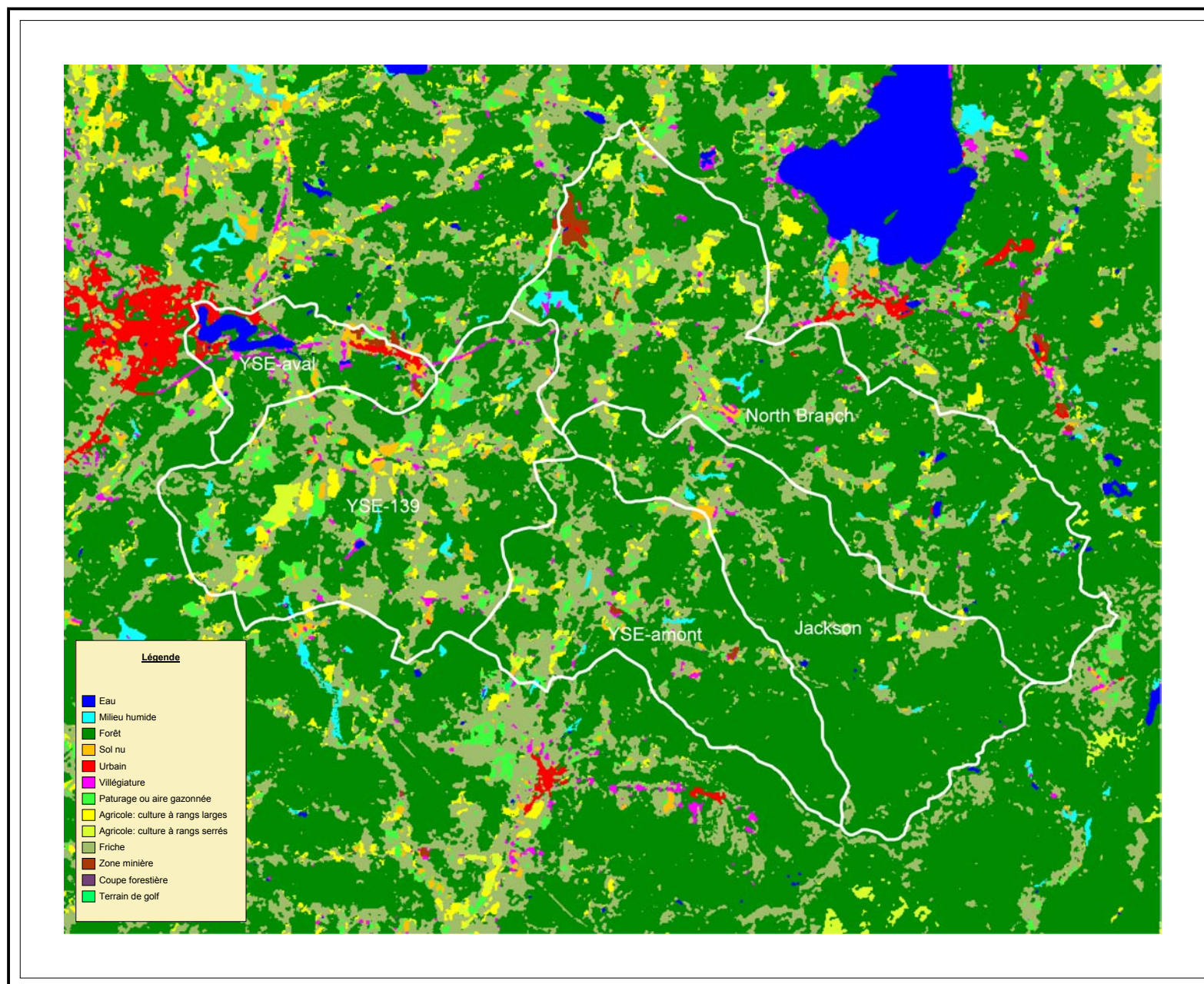
Date : décembre 2007



Projection : Mercator-Transverse-Universelle Ellipsoïde GRS-1980 Zone 19 Nord

Bassins versants du lac Davignon

Utilisation du sol - Été 1999



Sources : Imagerie Landsat TM, BNDT du Canada, BDTO

Production : Géomatique SIGISCO Inc.

Date : décembre 2007



3 0 3 6 9 Kilomètres

Projection : Mercator-Transverse-Universelle Ellipsoïde GRS-1980 Zone 19 Nord

4.7 Évolution de la charge en phosphore au cours des 15 dernières années

L'étude effectuée en 1993 présente également une évaluation de la charge en phosphore du lac. Cette évaluation a été réalisée à partir du débit et de la concentration mensuelle de phosphore de la rivière basée sur les données de quatre ans (de 1988 à 1992) (LGL, 1993). À partir d'une concentration moyenne de phosphore de 50 µg/L, la charge en phosphore dans le lac Davignon était alors de 7,8 tonnes.

Si l'on compare ce résultat avec celui obtenu dans la présente étude, il y aurait une diminution de près de la moitié de la charge en phosphore. Par contre, il est difficile de comparer ces deux résultats, car la méthode utilisée pour évaluer la charge en phosphore en 1993 ne tient compte que du taux de phosphore de la rivière et non de l'utilisation du sol.

Il est vrai que la concentration de phosphore dans la rivière Yamaska Sud-Est a diminué depuis 1993. La valeur médiane de phosphore pour 2004 à 2007 est de 10 µg/L. Il est évident que cette diminution du taux de phosphore de la rivière a contribué à diminuer la charge en phosphore du lac Davignon. De plus, les changements au niveau de l'utilisation du sol à l'échelle du bassin versant ont pu contribuer à améliorer le bilan. La superficie des friches a diminué, ce qui a comme effet de diminuer le taux d'exportation de phosphore.

5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

5.1 Principaux éléments du relevé physico-chimique

Un nouveau relevé physicochimique du lac Davignon mené en 2007 a permis de comparer l'état de santé actuel du lac par rapport aux données disponibles de 1979 et 1993. Les conclusions qui suivent tiennent compte du fait que ces trois relevés dans le temps représentent des images ponctuelles parce que la plupart des paramètres fluctuent d'une année à l'autre, sinon de mois en mois ; ils sont notamment influencés par les variations du climat.

La majorité des indicateurs de santé du lac se sont dégradés au fil du temps. La liste qui suit commente ces résultats :

- des floraisons de cyanobactéries ont été aperçues à trois endroits du lac Davignon au début du mois de juillet 2007 ;
- la valeur de l'azote total Kjeldahl ou NTK a dépassé toutes les données historiques, entre autres dans le sous-bassin Yamaska Sud-Est, et est maintes fois supérieure à la moyenne régionale ;
- la valeur de la chlorophylle α a dépassé toutes les données historiques, bien que demeurant dans une plage acceptable pour un plan d'eau du Québec méridional. La productivité biologique du lac augmente ;
- la valeur du pH a dépassé toutes les données historiques et reflète ainsi la productivité accrue du lac ;
- le profil de l'oxygène accuse un déficit dans les zones profondes du lac, une situation qui a été observée en 1979, mais pas en 1992;
- la valeur du phosphore total de l'eau du lac était deux fois moindre en 1979 et semble s'être stabilisée près de 15 $\mu\text{g/L}$ depuis 1992.

Une amélioration est notée :

- la mesure de la transparence s'est améliorée pour s'approcher des valeurs d'un lac plus jeune.

Les concentrations en calcium et en fer apparaissent assez élevées, ce qui devrait être bénéfique pour la rétention du phosphore d'un lac. L'exercice de calculer le niveau trophique au fil du temps indique que le lac a vieilli ou progressé vers une condition franchement mésotrophe depuis le premier relevé de la qualité du milieu aquatique. Ce constat traduit toutefois mal la dégradation de la qualité de l'eau, laquelle s'est aggravée depuis peu (e.g. cyanobactérie).

Notons ici que la concentration de phosphore du lac, établie à 15 $\mu\text{g/L}$ et située en dessous du critère de 20 $\mu\text{g/L}$ pour les lacs, n'est pas un gage de santé. Plusieurs plans d'eau aux prises avec des floraisons de cyanobactéries ont des concentrations aussi basses que 8 $\mu\text{g/L}$, selon ce que le professeur Carignan déclarait lors d'une présentation au *Forum national sur les lacs* en juin 2006 (non publié).

5.2 Que dit le bilan de phosphore ?

Un bilan de phosphore a été calculé, afin de répondre à la question à savoir si la charge en nutriments apparaissait encore excessive de nos jours par rapport à l'étude de LGL, qui s'est attardé sur ce sujet en 1993. Le calcul de la charge annuelle a donc été refait et montre que le tonnage de phosphore transporté aujourd'hui au lac Davignon par les cours d'eau a diminué de moitié, et équivaut aujourd'hui à 4,3 tonnes. Cette diminution de 4,5 tonnes est très importante et fait en sorte que la concentration médiane en phosphore de la rivière Yamaska Sud-Est en amont du lac respecte maintenant le critère de qualité pour la

protection de la vie aquatique en rivière (effet chronique). La valeur médiane en phosphore à la station de mesure 03030041 a baissé pour atteindre la moyenne régionale.

Une évaluation de la qualité de l'eau des tributaires a été effectuée en 2007. Un échantillon, pris plus en amont, soit à la fin du parcours des trois tributaires du bassin qui drainent 70 % de sa surface, affiche des concentrations en nutriments moins élevées que la station de référence et sous les moyennes régionales. Le sous-bassin de la partie amont de la rivière Yamaska Sud-Est montre des concentrations plus élevées que les deux sous-bassins voisins, et ce, notamment au niveau de l'azote et de la conductivité.

Il est toutefois possible qu'une détérioration survienne plus en aval de la station de mesure 03030041, sans qu'elle ne soit détectée chimiquement (aucun échantillonnage n'a été réalisé à l'embouchure de la rivière dans le lac). Une estimation des apports basée sur l'utilisation du sol a été entreprise pour pallier à ces données physico-chimiques discontinues et cibler les sous-bassins problématiques.

5.3 L'utilisation du sol explique-t-elle la variation des apports ?

L'apport en phosphore estimé à partir de l'utilisation du sol indique une charge de 4,98 tonnes en additionnant la population et les unités animales d'élevage. Cet apport est assez proche de celui estimé par la charge observée dans la rivière. Ce modèle est apte à aider à la compréhension géographique des sources de phosphore.

Du bilan de l'utilisation du sol, on peut départager qu'actuellement 42 % de la charge en phosphore provient des activités anthropiques. Ces dernières sont surtout localisées dans le sous-bassin suburbain (YSE-139), celui traversé par la route 139. Le deuxième sous-bassin exportateur de phosphore d'origine anthropique est celui du ruisseau North Branch, le plus grand en superficie, qui comprend autant de terres en friche, mais deux fois moins de terres en culture.

L'analyse des images Landsat dans le temps a démontré que les milieux naturels ont progressé de près de 21 kilomètres carrés depuis une vingtaine d'années, et ce sont surtout des forêts au détriment des friches. L'agriculture a également progressé par la transformation de friches, pour passer de 2,2 à 6,9 kilomètres carrés. Elle est aujourd'hui davantage présente dans le bassin suburbain (YSE-139), mais aussi dans celui du ruisseau North Branch. Les superficies en cause sont faibles en regard de la superficie totale du bassin versant. Puisque les coefficients d'exportation y sont parmi les plus élevés, une augmentation de 1 % des terres en cultures se traduit par une augmentation de 3,5 % des apports en phosphore. Notons finalement que les sols à nu ont beaucoup diminué en 2007, une note positive pour l'apport en phosphore.

Le changement de l'utilisation du sol explique une réduction de seulement 0,5 tonne de phosphore depuis une vingtaine d'années. La démographie n'explique aucune baisse, car la population augmente dans le bassin. Puisque certaines friches ont été remises en culture, la vocation agricole du bassin est également en croissance, mais tel que mentionné précédemment, l'augmentation des milieux naturels a compensé largement ce changement de vocation. Selon nous, la baisse de la charge en nutriments est possiblement imputable à un changement dans les pratiques agricoles et au resserrement de la réglementation sur le traitement des eaux usées depuis les années 1980 et la construction d'installations septiques davantage conformes pour les résidences isolées et les petites communautés.

Le bilan de 1993 reflétait un apport en phosphore de nombreuses installations septiques construites avant la mise en force du *Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées* (c. Q-2, r.8) au début des années quatre-vingt. Avant cette date, plusieurs installations étaient des puisards qui souvent ne permettent pas l'infiltration bien répartie des eaux chargées en nutriments à travers une épaisseur suffisante de sol sec et perméable, sous un élément épurateur notamment. Ces eaux usées non traitées entraînent une détérioration importante des eaux de surface en étant véhiculées plus facilement par

les eaux souterraines. Les installations désuètes étant souvent en contact direct avec la nappe phréatique, toute épuration des eaux usées est également freinée à leur contact.

En plus du fait qu'une fosse septique retient une proportion importante du phosphore des eaux brutes, le sol offre en effet une capacité initiale non négligeable à retenir le phosphore pour une assez longue période de temps, même si la proportion retenue diminue en fonction de la saturation du sol traversé par l'effluent (MDDEP, 2004). Même si du phosphore excédentaire rejoint les eaux souterraines à plus ou moins long terme, il reste que la mise aux normes des installations septiques est un atout à l'échelle d'un territoire.

5.4 Comment expliquer la détérioration du lac Davignon?

Puisque le temps de séjour de l'eau dans le lac Davignon est très court, la concentration de phosphore du lac devrait s'apparenter à celle de la rivière relevée un peu plus en amont. Nous croyons que principalement trois phénomènes peuvent expliquer une concentration plus élevée que la rivière en amont, ainsi que la détérioration de l'état de santé du lac Davignon :

5.4.1 Apport interne significatif :

Une concentration de phosphore plus élevée dans le lac que l'eau de son principal tributaire signale que l'apport interne joue un rôle significatif dans son bilan. Ce plan d'eau est assez récent, mais assez ancien pour avoir retenu une partie de l'importante charge annuelle reçue depuis sa création. Les plans d'eau présentant un temps de renouvellement rapide retiennent peu les nutriments parce que leur temps de séjour est trop court. Par contre, il a été noté que ce temps pouvait grandement s'allonger durant la période estivale pour le lac Davignon. La concentration particulièrement élevée en calcium de l'eau du lac accentuera ce phénomène de rétention (Nürnberg, 1998). Parce qu'aujourd'hui il y a un déficit d'oxygène dans les profondeurs du lac, l'activité des bactéries anaérobiques provoquera un relargage du phosphore sous une forme biodisponible durant l'été, même si cette molécule a été combinée avec le calcium ou le fer. Cet apport interne est souvent la principale charge des lacs eutrophes.

5.4.2 Apport des activités humaines en aval du pont-route 139

Tant le bilan de phosphore, fondé sur les charges, que le bilan de population résidentielle ne tient pas compte des activités commerciales possibles en aval du pont de la route 139. Le camping, un golf, une pépinière ou d'autres activités agricoles situées dans la zone suburbaine échappent peut-être aux charges en phosphore calculées. Le suivi des ouvrages de surverse montre que quelques événements vers lac sont enregistrés chaque année alors qu'une vieille conduite d'égout connaît des fuites et doit être réparé périodiquement.

5.4.3 Dégradation de la bande riveraine

Lors de visite du lac et du bassin, nous avons, sans avoir cartographié en détail chaque portion du périmètre, pris note que la proportion des rives dégradées ou ornementales, c'est-à-dire qui ne contribuent pas à la protection du littoral du lac, s'approche de 40 %, une valeur assez élevée en comparaison avec nos travaux sur le sujet. Une bande riveraine naturelle et bien végétalisée retiendra une partie des nutriments acheminée au lac par le ruissellement ou la nappe phréatique et contribuera également à abaisser la température de l'eau.

5.5 Recommandations

L'approche écosystémique se traduit par la mise en œuvre de mesures énergiques de conservation pour tenter de freiner la dégradation de l'état trophique actuel du lac. De récentes études montrent qu'il est très difficile d'améliorer la qualité d'un lac mésotrophe. On peut cependant freiner son vieillissement et tout

progrès d'assainissement et de conservation se verra récompensé à moyen terme, mais également pour les générations futures.

Différentes avenues de solution sont possibles dans le but de réduire les risques de prolifération algale. Il importe de mettre de l'avant le contrôle à la source des apports en nutriments avant de pratiquer l'approche interventionniste de restauration du plan d'eau par différentes méthodes mécaniques ou autres. Toutes les activités problématiques à l'intérieur du bassin versant du lac, qu'elles soient distantes ou limitrophes au lac, ont le même impact sur l'environnement de celui-ci; ce n'est qu'une question de temps. Les recommandations et l'évaluation du bénéfice encouru englobent donc l'ensemble du bassin versant du lac Davignon, sans discrimination entre les différents sous-bassins. Une série de recommandations visant à réduire à la source les apports en substances nutritives sont ainsi envisagées.

5.5.1 Protection du lac Davignon

Suivi physico-chimique

Il serait pertinent de poursuivre les relevés physico-chimiques de plusieurs paramètres, dont le phosphore, la température et l'oxygène pour connaître l'évolution de leurs concentrations. La participation au programme du *Réseau de surveillance des lacs* du MDDEP permettrait d'effectuer un suivi de l'évolution annuelle des paramètres permettant d'évaluer l'évolution trophique du lac. Des recherches en cours mettent en relation les nitrates et les fleurs d'eau de cyanobactéries (comm. pers. de G. Nürnberg); un suivi mensuel des nitrates pourrait démontrer que cette relation existe au lac Davignon. De cette façon, il serait possible de suivre à long terme l'évolution du lac et de pouvoir éventuellement évaluer l'impact de l'amélioration de certaines pratiques. Un suivi semblable à celui réalisé en 2007 sur les tributaires pourrait aussi être poursuivi, en ajoutant une station à l'entrée du lac.

Quantifier la charge interne du lac et voir la faisabilité d'une réhabilitation

Puisque le bilan de phosphore a démontré que la charge interne est responsable de la concentration élevée en phosphore aujourd'hui, nous proposons de prélever des échantillons de sédiments afin de quantifier cette charge et d'évaluer la position actuelle du relargage aujourd'hui et dans le futur, à savoir si le phénomène s'aggraverait ou diminuerait dans les années à venir (courbe de croissance de l'apport interne). Advenant une charge importante, des mesures correctrices appropriées pourraient être envisagées. Un changement de la gestion des débits de sortie au barrage, une réhabilitation chimique de même que l'oxygénation des profondeurs du lac sont des mesures qui demandent, *a priori*, une connaissance accrue de l'échange chimique dans le temps, selon un gradient de profondeur et à l'interface eau/sédiment.

Diminuer davantage les apports externes

Dans l'entourage immédiat du lac, certaines actions peuvent être entreprises. Il a été constaté que les rives sont fortement ornementales. Ce type de rive favorise le lessivage des nutriments dans le lac. Il serait important de renaturaliser les rives avec des arbustes. Ceux-ci capteront une bonne partie du phosphore. De plus, cette mesure doit s'accompagner d'une interdiction de l'utilisation d'engrais (chimique ou naturel) à proximité du lac. Outre la rive du lac, celle des tributaires devrait aussi bénéficier d'une renaturalisation. Les sous-bassins urbain et suburbain devraient être privilégiés (voir plus loin la section *Diminuer la température des tributaires*).

Il importe dès maintenant de s'assurer que les rives des cours d'eau disposent des mécanismes naturels de filtration, d'interception et de rétention des contaminants. La couverture végétale demeure le moyen reconnu le plus sûr et le plus efficace d'assurer ces fonctions. Elle contribue à la stabilisation des rives, à la diminution des apports de sédiments dans les cours d'eau et à la protection de la qualité de l'eau et de la vie aquatique. Les zones attenantes aux cours d'eau et utilisées à des fins agricoles doivent au minimum être

conformes à la norme des trois mètres, dont un mètre minimum sur le replat du talus en zone cultivée (MDDEP, 2007d).

L'érosion des terres agricoles peut amener une quantité importante de nutriments et de matière en suspension dans un cours d'eau, diminuant la qualité d'un cours d'eau et éventuellement, le plan d'eau dans lequel il se déverse. L'érosion se produit fréquemment sur les rives des ruisseaux où la végétation a été complètement enlevée. Il est d'abord nécessaire de réaliser une cartographie complète de l'état des rives des ruisseaux du bassin versant et d'évaluer le degré d'érosion. Ce travail permettra de cibler des tronçons prioritaires et d'évaluer l'ampleur des travaux correctifs à apporter.

D'après un relevé sommaire réalisé lors de notre visite de terrain, les bandes riveraines sont quasi inexistantes autour du lac Davignon de même que dans le dernier tronçon de la rivière Yamaska Sud-Est. Il est également à noter que le *Règlement sur les exploitations agricoles* limite désormais l'accès au ruisseau pour le bétail. Une clôture doit ainsi être installée à trois mètres de la ligne des hautes eaux. Puisqu'aucune activité ne doit avoir lieu dans cette bande, il devient intéressant de la renaturaliser. De cette façon, une partie du phosphore est retenue par les plantes.

Les techniques utilisées pour prévenir les apports de particules de sol et de substances chimiques dans les cours d'eau se divisent en deux catégories. La première est la renaturalisation des rives qui consiste à regarnir les berges d'un couvert végétal adéquat d'espèces herbacées et arbustives, afin de contrer certains problèmes peu sévères d'érosion. La seconde est le génie végétal (bio-ingénierie) qui consiste à combiner certains principes de l'écologie avec ceux du génie dans le but de réaliser des ouvrages de stabilisation de talus, de berges et de rives. On utilise ainsi les végétaux pour en faire des armatures propres à assurer la stabilisation du sol dans les talus.

Il faut également corriger et stabiliser tous les talus et fonds des cours d'eau et fossés de drainage, souvent instables et sensibles à l'érosion due à la nature des sols et aux caractéristiques locales en cause. Une stabilité adéquate peut être assurée par diverses mesures, comme l'ouverture plus grande des talus, l'empierrement et la renaturalisation du fond et des talus, la réduction de la vitesse d'écoulement par la mise en place de seuils dans le cours d'eau, ainsi de suite. Dans les parcelles cultivées, le ruissellement de surface et conséquemment l'érosion du sol peuvent être limités par l'aménagement de tranchées filtrantes.

Une des sources de phosphore d'un lac de villégiature provient généralement des installations septiques et donc du nombre de résidences réparties dans son bassin versant, et ce, indifféremment de la distance de chacune d'elle au plan d'eau. L'apport du phosphore anthropique est fonction de la population, du taux d'occupation et de l'efficacité de l'élimination de cet élément par les sols et l'installation septique même.

Comme des conditions optimales d'épuration des eaux usées sont à la base de la conservation des plans d'eau, il est recommandé de faire corriger progressivement les systèmes déficients (puisard ou systèmes désuets) et présentant un apport en phosphore dommageable pour l'eau du lac. Il est généralement admis, selon notre expérience et comme mentionné précédemment, qu'il y a un contact hydraulique entre les eaux contenues dans ces systèmes et les eaux de surface du lac, dû au déplacement des eaux souterraines vers le lac. La conformité au règlement Q-2 r.8 est donc essentielle puisqu'une fraction importante du phosphore est retenue dans la zone de sol non saturé, sous le champ d'épandage, selon que les conditions suivantes sont respectées :

- que soit conçue l'installation septique la plus appropriée en fonction du terrain naturel présent; le règlement Q-2 r.8 impose d'ailleurs depuis janvier 2005 que l'étude de caractérisation du site, pour toute nouvelle installation, soit réalisée par un professionnel qualifié;
- que la construction soit faite par un entrepreneur qualifié et reconnu qui respecte les exigences du devis;
- que les citoyens soient sensibilisés sur l'utilisation et l'entretien de leur installation septique afin d'en prolonger l'efficacité et la durée de vie

Diminuer la température des tributaires

Comme il a été constaté que la température de l'eau des rivières était élevée lors du relevé de septembre dernier, la renaturation des rives des rivières améliorera cet autre paramètre important de la qualité de l'eau. Ce constat peut nuire à la santé d'un lac mésotrophe pour les raisons suivantes : si l'eau d'une rivière est chaude, ses eaux auront tendance à demeurer dans l'épilimnion (la couche d'eau superficielle plus chaude) du lac à son arrivée. L'avantage d'un tributaire avec eaux plus froides que le lac est que ses eaux oxygénées auront tendance à rejoindre l'hypolimnion (la couche d'eau profonde) qui souffre d'un manque d'oxygène.

Le couvert végétal des bandes riveraines agit sur la température de l'eau en fournissant un écran aux rayons directs du soleil. Ceci a pour effet de ralentir les processus biochimiques qui ont des répercussions particulièrement marquées si les eaux sont polluées et chaudes. Ainsi, la distribution, la croissance et la présence d'organismes aquatiques, animaux et végétaux, sont limitées lorsque la température demeure basse (Goupil, 1995). La renaturation des rives des tributaires devra donc inclure la plantation d'arbres.

5.5.2 Évaluation des pratiques agricoles

Certaines pratiques agricoles peuvent entraîner un apport de phosphore plus important au cours d'eau. Certaines de ces pratiques sont maintenant réglementées, mais pas nécessairement mises en pratique par les agriculteurs. Il serait pertinent d'effectuer une évaluation de certaines pratiques agricoles pratiquées à l'intérieur du bassin versant du lac Davignon.

La gestion du lisier est, malgré la réglementation, peu optimale. Les fosses non étanches sont une source importante de charge supplémentaire de nutriments dans les cours d'eau. Il serait nécessaire d'effectuer une évaluation de l'étanchéité des fosses à l'échelle du bassin versant. Cela permettrait de cibler des secteurs précis pouvant être susceptibles d'augmenter la charge de phosphore.

Pour contrôler l'érosion, il faut absolument assurer le respect d'une bande riveraine adéquate et suffisante en tout temps sur les deux rives de tous les cours d'eau et fossés de drainage. Il faut également que tous les travaux de nettoyage des cours d'eau effectués par les M.R.C. incluent à leurs devis des prescriptions assurant que les travaux sont réalisés dans les meilleures conditions pour prévenir la mise en suspension des particules de sols (ex. : fosses à sédiments, travaux en période d'étiage, etc.) et assez tôt dans la saison pour permettre la reprise des semis dans les talus avant les précipitations d'automne.

Les parcelles en culture à proximité des fossés de drainage et des cours d'eau devraient également conserver ou avoir, après récolte, une couverture végétale suffisante prévenant l'érosion lors des grandes pluies d'automne et du printemps.

La couverture végétale peut être assurée par le fait de laisser en surface, après récolte, le maximum de résidus végétaux sans les enfouir par le labour. Par exemple, les tiges et feuilles de maïs, laissées en surface après récolte, assurent une protection efficace en limitant le ruissellement de surface, protégeant ainsi le sol contre l'érosion.

La couverture végétale peut aussi être assurée, lorsque la récolte est plus hâtive, comme dans la culture d'avoine, blé, orge, où la récolte se fait en août, par le semis à la suite d'une plante de couverture, protégeant le sol à l'automne contre l'érosion, incorporée au sol (engrais vert) avec le labour du printemps.

5.5.3 *Gestion par comités de sous-bassins versants*

La gestion globale d'un bassin versant passe par une action à portée locale (les sous-bassins), afin d'assurer la concertation et la coordination des diverses actions entreprises sur les cours d'eau. La naissance du Comité de sauvegarde du bassin versant du lac Davignon va dans ce sens. Les différents usages peuvent ainsi être évalués et leurs effets, sur l'ensemble du bassin versant, anticipés. Il en est de même pour les ouvrages de revitalisation et de restauration de sites. Les comités de sous-bassins agissent comme coordonnateurs, conseillers et appuis techniques à la réalisation de projets envisagés sur autant de petits secteurs dont ils ont la responsabilité. Ce sont ces subdivisions du territoire qui permettent d'intervenir localement.

6 RÉFÉRENCES

Communications personnelles

Béland, Marc. Inspecteur municipal à la ville de Lac-Brome.

Fournier, Francis. Technicien en assainissement des eaux de l'usine de filtration de Cowansville.

Pesant, Yvon. MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Est

Bases de données consultées

BQMA (Banque de données sur la qualité du milieu aquatique). Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec.

E-SIGEOM EXAMINE. Base de connaissance géologique du Québec administrée par le ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF).

HYDAT. Données hydrométriques archivées par Environnement Canada à <http://www.wsc.ec.gc.ca/hydat/H2O/>

Statistique Canada (2007) Profils des communautés de 2006, Recensement de 2006, produit n° 92-591-XWF au catalogue de Statistique Canada. Ottawa. Diffusé le 13 mars 2007 à <http://www12.statcan.ca/francais/census06/data/profiles/community/Index.cfm?Lang=F>

TOPOS SUR LE WEB (Répertoire toponymique du Québec) administré par la Commission de toponymie, gouvernement du Québec à <http://www.toponymie.gouv.qc.ca/index.htm>.

Trousse d'information de la Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs.

Cartes consultées

Avramtchev, L., Vallières, A., Skidmore, W.B., Biron, S. et Saint-Julien, P. (1984) *Carte minérale des Appalaches du Québec*. Ministère des Richesses naturelles, Direction générale des mines, rapports géologiques no MB-85-24, carte à l'échelle 1/500 000

Larouche, W. et V.D. Hoang (2004) *Débits spécifiques d'étiage annuels évalués aux stations hydrométriques du Québec – carte n° 1, région 03*. Carte couleur de format 11 x 17 po à l'échelle 1/750 000 produit par le CEHQ à <http://www.cehq.gouv.qc.ca/debit-etiage/>

Rickard, M. J. (1991) *Géologie, Cowansville-Sutton-Mansonville, Québec*. Commission géologique du Canada, cartes série "A", carte couleur à l'échelle 1/50 000

Bibliographie

Alain, J. et M. Lerouzes (1979) *Méthodologie pour le calcul des apports en phosphore et la détermination de la capacité de support d'un lac*. Min. des richesses naturelles, Service de la qualité des eaux, 166 p.

Beaulac M.N., Reckhow K.H. (1982) *An examination of land use-nutrient export relationships*. Water Resour. Bull. 18:1013-1024

Berryman, D. (2006) *Établir des critères de qualité de l'eau et des valeurs de référence pour le phosphore, selon les éco-régions : opportunité, faisabilité et premier exercice exploratoire*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Envirodoq no ENV/2005/0239, collection no QE/167, 32 p. et 2 ann.

Blais, S. (2007) *Guide d'identification des fleurs d'eau de cyanobactéries - comment les distinguer des végétaux observés dans nos lacs et nos rivières*. 2e édition, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 52 p.

- Carignan, R. (2003) *Suivi limnologique 2002-2003 du lac Heney et des lacs de son bassin versant et étude du bassin versant du lac Heney*. Rapport technique réalisé pour la Direction régionale de l'Outaouais du Ministère de l'Environnement du Québec, 155 p.
- Carlson R.E (1977) *A trophic state index for lakes*. Limnol. Oceanogr., 22(2): 361-369
- CCME (2003) *Recommandations canadienne pour la qualité de l'environnement*. Tableau sommaire. Gouvernement du Canada, Conseil canadien des ministres de l'environnement 17 p.
- COGEBY (2002) *Profil du bassin versant de la rivière Yamaska*. Document produit par le Conseil de gestion du bassin versant de la Yamaska, 159 p.
- Crago, C. (2005) *Coefficients d'exportation de phosphore, carbone organique dissous et matières en suspension associés à la forêt, aux résidences et aux milieux humides dans les Laurentides*. Mémoire de maîtrise en sciences déposé à l'Université de Montréal.
- Delisle, F., S. Gariépy et Y Bédard (1998) *Bassin versant de la rivière Yamaska : l'activité agricole et ses effets sur la qualité de l'eau*. Ministère de l'Environnement et de la Faune et Saint-Laurent Vision 2000, 124 p.
- Dillon, P.J. et F.H. Rigler (1975) *A simple method for predicting the capacity of a lake for development based on lake trophic status*. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32:1519-1531.
- Dillon, P.J. et L.A. Molot (1996) *Long-term phosphorus budgets and an examination of a steady-state mass balance model for central Ontario lakes*. Water Res., 30: 2273– 2280.
- Gangbazo, G. et A. Le Page (2005) *Détermination d'objectifs relatifs à la réduction des charges d'azote, de phosphore et de matières en suspension dans les bassins versants prioritaires*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Envirodoq no ENV/2005/0215, 40 p., site internet <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/reduction.pdf>
- Goupil, J.Y. (1995) *Considérations d'ordre environnemental sur la bande riveraine de protection en milieu agricole*. Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune, division des politiques du secteur municipal, 45 p.
- Hade, A. (2002) *Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger*. Fides, Québec, 359 p.
- La Voie de l'Est (2007a) *L'eau de Cowansville est contaminée*. Article paru dans l'édition du 12 juillet 2007.
- La Voie de l'Est (2007b) *Un lac, deux notes, un casse-tête*. Article paru dans l'édition du 19 juillet 2007.
- Lamontagne S., R. Carignan, P. D'Arcy, Y.T. Prairie et D. Paré (2000) *Element export in runoff from eastern Canadian Boreal Shield drainage basins following forest harvesting and wildfires*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 118-128
- Legendre, P. et coll. (1980) *Qualité des eaux : Interprétations des données lacustres (1971-1977)*. Ministère de l'Environnement, direction générale des inventaires et de la recherche, Service de la qualité des eaux en collaboration avec le CERSE de l'UQAM, 409 p.
- LGL (1993) *Étude de l'eutrophisation du lac Davignon*. Rapport final de la firme d'ingénierie Lalonde, Girouard, Letendre et associés remis à Ville de Cowansville, 108 p.
- MAPAQ (2006) *Fiche d'enregistrement des exploitations agricoles*.
- Martin Bouchard, V. (2004) *Floraisons de cyanobactéries au lac Saint-Augustin : dynamique à court terme et stratification*. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval dans le cadre du programme de maîtrise en biologie pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.). Faculté des Sciences et de Génie, Université Laval, Québec, 124 p.
- MDDEP (2007a) *Plan d'intervention sur les algues bleu-vert : prévenir, protéger et restaurer*. Document élaboré dans le cadre du Rendez-vous stratégique sur les algues bleu-vert. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs 7p.
- MDDEP (2007b) *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, site internet http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/criteres_eau/index.htm, dernière mise à jour : juillet 2007.

- MDDEP (2007c) *Liste des plages admissibles pour la région administrative de la Montérégie*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, site internet
http://www.mddep.gouv.qc.ca/regions/region_16/liste_plage16.asp
- MDDEP (2007d) *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables : guide d'interprétation*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction des politiques de l'eau. Les publications du Québec, 148 p.
- MDDEP (2004) Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique. Gouvernement du Québec, Ministère de l'environnement, site internet
<http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/domestique/index.htm>
- MDDEP (1998) *Bassin versant de la Yamaska – 1998*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, site internet
<http://www.menv.gouv.qc.ca/eau/bassinversant/bassins/yamaska/index.htm>
- MENVIQ (1989) *Guide technique sur la réalisation des études préliminaires*.
- MSSS (2007) *Liste des lacs et des rivières affectés en 2007*. Gouvernement du Québec, ministère des Services Sociaux, site internet : http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/santepub/environnement/index.php?algues_bleu-vert
- Nemerow, N.L. (1991) *Stream, lake, estuary and ocean pollution*. Van Nostrand Reinhold, Environmental engineering series, 2^e édition, 472 p.
- Néron, D. et C. Corbeil (2002) *Plan directeur du lac Sergent*. Rapport technique réalisé pour Ville de Lac-Sergent par Technisol Environnement, 28 p.
- Nürnberg, G.K. et B.D. LaZerte (2004) Modeling the effect of development on internal phosphorus load in nutrient poor lakes. Water Resour. Res., 40, W01105, doi:10.1029/2003WR002410.
- Nürnberg, G.K. (1998) Prediction of annual and seasonal phosphorus concentrations in stratified and polymictic lakes. Limnol. Oceanogr. 43: 1544-1552
- Pourriot, R. et Meybeck, M. (1995) *Limnologie générale*. Éditions Masson, 955p.
- Robitaille, A et J.-P. Saucier (1998) *Paysages régionaux de Québec méridional*. Les publications du Québec, 213 p.
- Simard, G. (2005) *Monitoring and Simulation of Nutrient Transport from Agricultural Fields*. Thèse de maîtrise déposée au département du Génie des bioressources de l'Université McGill, 97 p.
- Smith, R.A., R.B. Alexander et G.E. Schwarz (2003) Natural Background Concentrations of Nutrients in Streams and Rivers of the Conterminous United States. Environmental Science & Technology, 37 (14) : 3039-3047
- Statistique Canada (2007) *Population et démographie*. Gouvernement du Canada, Statistique Canada, site internet
http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&SP_Action=Theme&SP_ID=3867
- Winter J.G. et H.C. Duthie (2000) Export Coefficient Modeling to Assess Phosphorus Loading in an Urban Watershed. American Water Resources Association 36 (5): 1053-1061

ANNEXES

ANNEXE I

DONNÉES DE DÉBIT DE LA STATION HYDROLOGIQUE 030314 DU CEHQ
EXTRAITES DE LA BANQUE HYDAT DE ENVIRONNEMENT CANADA



Environnement
Canada

Environnement
Canada

YAMASKA SUD-EST (RIVIERE) A COWANSVILLE ROUTE NO. 202

Relevés hydrologiques du Canada
Longueuil, Québec

Station N° 02OG014
209 km²

Débits mensuels moyens en m³/s pour la période de janvier 1968 à décembre 2001

	JAN	FÉV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUI	AOÛ	SEP	OCT	NOV	DÉC	PÉRIODE	
1968	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0.510	0.801	1.90	-----	0.352	1968
1969	2.32	2.10	4.62	21.0	13.8	1.93	3.30	1.43	0.414	1.69	10.1	6.51	5.77	1969
1970	1.36	2.41	3.24	24.8	6.88	1.51	1.51	0.510	3.70	4.14	3.29	1.98	4.59	1970
1971	-----	-----	-----	-----	8.28	1.69	0.932	6.88	3.50	1.93	-----	-----	3.09	1971
1972	-----	-----	-----	15.1	11.2	3.56	6.36	2.36	0.334	1.76	-----	-----	3.82	1972
1973	-----	-----	-----	6.97	9.86	3.58	-----	-----	2.78	4.99	-----	-----	3.04	1973
1974	-----	-----	-----	-----	13.3	2.16	9.70	3.24	2.56	1.94	-----	-----	5.24	1974
1975	-----	-----	-----	16.1	4.59	2.20	2.35	0.926	4.19	6.43	-----	-----	3.71	1975
1976	-----	-----	-----	11.9	9.76	1.88	-----	5.24	-----	6.21	-----	-----	3.80	1976
1977	-----	-----	-----	-----	1.51	1.28	-----	-----	4.79	9.85	5.88	4.35	3.68	1977
1978	4.65	1.75	3.50	18.7	5.59	8.21	-----	-----	-----	3.52	1.78	1.72	4.20	1978
1979	5.65	1.64	15.0	8.22	3.00	1.35	0.305	1.96	3.75	2.30	4.63	4.40	4.37	1979
1980	1.17	0.285	3.78	7.24	3.04	0.859	0.460	0.532	2.20	2.80	5.70	4.07	2.68	1980
1981	0.510	13.0	4.11	8.06	3.94	4.13	0.458	4.56	2.20	6.53	6.54	3.14	4.69	1981
1982	2.49	1.35	7.98	17.7	1.75	1.35	0.399	1.59	1.22	1.24	3.60	5.08	3.81	1982
1983	2.29	3.44	8.36	12.0	11.5	2.21	0.404	0.820	0.328	1.15	10.2	11.6	5.36	1983
1984	1.14	8.65	3.99	7.45	6.93	1.29	1.92	2.09	1.21	1.88	4.07	4.45	3.73	1984
1985	1.08	2.10	7.41	10.6	3.61	1.44	2.90	1.27	1.21	3.95	5.65	1.93	3.60	1985
1986	3.92	1.38	12.5	5.94	3.35	1.57	1.40	2.45	3.62	5.45	4.72	3.58	4.18	1986
1987	1.23	0.674	8.21	5.62	1.73	4.28	0.598	0.161	1.03	3.21	4.25	3.86	2.91	1987
1988	0.812	2.36	7.13	8.02	2.23	0.366	0.571	1.02	0.954	1.81	7.32	1.72	2.85	1988
1989	1.04	1.74	9.76	10.6	6.51	1.78	0.192	0.442	0.697	1.85	3.93	0.959	3.30	1989
1990	5.94	5.31	10.7	9.73	3.23	2.59	1.75	3.02	0.668	9.66	9.00	9.26	5.91	1990
1991	2.70	3.64	9.55	10.1	-----	0.645	0.177	-----	0.813	3.13	1.85	3.26	3.22	1991
1992	2.42	1.65	7.76	13.9	2.58	1.00	1.34	2.92	2.74	4.52	6.57	2.21	4.13	1992
1993	5.03	1.10	4.27	19.4	3.52	5.75	1.58	1.05	2.91	5.75	4.91	3.03	4.85	1993
1994	1.05	3.19	3.57	21.7	4.71	3.29	1.69	0.952	0.632	0.605	3.10	2.72	3.91	1994
1995	5.94	0.779	10.1	3.28	3.19	4.76	0.206	1.21	0.359	6.93	7.68	1.27	3.83	1995
1996	10.2	3.54	3.64	16.2	8.76	1.94	5.06	0.643	0.347	1.93	4.19	11.2	5.65	1996
1997	2.98	4.02	7.00	12.4	8.49	1.18	4.82	2.77	1.19	1.95	5.69	1.49	4.50	1997
1998	9.66	2.35	16.9	5.68	1.23	1.39	1.80	0.484	0.661	1.16	2.05	2.59	3.85	1998
1999	4.12	1.98	5.08	6.96	1.30	0.253	1.66	0.576	4.00	5.79	6.33	4.49	3.55	1999
2000	2.71	4.27	15.0	14.7	9.31	1.53	0.778	0.607	0.392	0.673	2.56	3.65	4.68	2000
2001	1.20	3.08	1.53	19.5	2.56	1.69	1.18	0.094	0.518	-----	-----	-----	2.58	2001

Ce relevé a été produit le 04 décembre 2007 à l'aide de l'application de Statistiques sur les niveaux et débits d'eau située à l'URL suivante : http://www.wsc.ec.gc.ca/staflo/index_f.cfm?cname=main_f.cfm

ANNEXE II

CERTIFICATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

**SMi**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.1471, boul. Lionel-Boulet, suite 10
Varenes, Québec J3X 1P7
Tél. (514) 332-6001 Téléc. (514) 332-5066740, Galt Ouest, 2e étage
Sherbrooke, Québec J1H 1Z3
Tél. (819) 566-8855 Téléc. (819) 566-0224

Certificat d'analyse

No M085927, version 2

Émis le: 2007-10-17

Client: **HÉMISPHERES Consultants**
 M. Daniel Néron
 1453, rue Beaubien
 Montréal, Québec
 H2G 3C6

No client: 4007
 No projet: 11334
 Bon de commande:
 No dossier MDDEP:

Tél.: 514-384-6084
 Téléc.:

Copie conforme: M. Daniel Néron
 info@hemis.ca

Projet: HÉMISPHERES Consultants
 Sous-projet: Eau de Surface

Nature de l'échantillon: Eau de surface

No éch.	Description	Résultat	Unité	Norme	Analysé le
0257350 / Tributaires Davignon - DAV NB 1					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Carbone organique dissous	2.8	mg/L		2007-09-26
	Coliformes fécaux	20	UFC/100 mL		2007-09-26
	Matières en suspension	<3	mg/L		2007-09-27
	DBO5	<3	mg O2/L		2007-09-29
	Azote total Kjeldahl	<0.10	mg N/L		2007-10-13
	Nitrite	<0.10	mg N/L		2007-09-28
	Nitrate	0.20	mg N/L		2007-09-28
	Nitrite & nitrate	0.20	mg N/L		2007-09-28
	Phosphore total (en trace)	0.011	mg P/L		2007-10-09
	----- Métaux -----	-	-		2007-09-26
	Calcium (Ca)	15.2	mg/L		2007-10-02
	Fer (Fe)	0.17	mg/L		2007-10-02
	Magnésium (Mg)	2.92	mg/L		2007-10-02
0257351 / Tributaires Davignon - DAV NB 2					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Coliformes fécaux	10	UFC/100 mL		2007-09-26
	Phosphore total (en trace)	0.007	mg P/L		2007-10-12
0257352 / Tributaires Davignon - DAV NB 3					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Phosphore total (en trace)	0.008	mg P/L		2007-10-09

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne
	--	--	---
Anions	Chromatographie ionique	DIONEX	ILCE-060
Carbone organique dissous	Filtration et analyseur COT	Tekmar/Dohrmann	ILCE-059
DBO5	Incubation et électrométrie	APHA Std. Meth. 18e Ed.	ILCE-008
Métaux	Digestion et ICP	MA.203-Mét 3.0	ILCE-025
MES / MVES	Gravimétrie	SM 2540 D	ILCE-012
Azote total Kjeldahl	Digestion et colorimétrie par Technicon	Technicon	ILCE-005
Phosphore total (en trace)	Digestion persulfate /colo acide ascorbique	SM 4500-P-E	ILCE-057
Coliformes fécaux	Membrane filtrante	MA.700-Fec. Ec 1.0	ILME-002

Certificat d'analyse (suite)

No M085926, version 2

Émis le: 2007-10-26

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne
	--	--	---
Chlorophylle	Fluorescence	Sous-traitance	Externe
Anions	Chromatographie ionique	DIONEX	ILCE-060
Carbone organique dissous	Filtration et analyseur COT	Tekmar/Dohrmann	ILCE-059
DBO5	Incubation et électrométrie	APHA Std. Meth. 18e Ed.	ILCE-008
Métaux	Digestion et ICP	MA.203-Mét 3.0	ILCE-025
MES / MVES	Gravimétrie	SM 2540 D	ILCE-012
Azote total Kjeldahl	Digestion et colorimétrie par Technicon	Technicon	ILCE-005
Phosphore total (en trace)	Digestion persulfate /colo acide ascorbique	SM 4500-P-E	ILCE-057
Coliformes fécaux	Membrane filtrante	MA.700-Fec. Ec 1.0	ILME-002

Nader Daoud, Chimiste, superviseur

André Dor, B.Sc biologie, chargé de projets

Dominic Bibeau, Microbiologiste, superviseure

**SMⁱ**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.1471, boul. Lionel-Boulet, suite 10
Varenes, Québec J3X 1P7
Tél. (514) 332-6001 Téléc. (514) 332-5066740, Galt Ouest, 2e étage
Sherbrooke, Québec J1H 1Z3
Tél. (819) 566-8855 Téléc. (819) 566-0224

Certificat d'analyse

No M085926, version 2

Émis le: 2007-10-26

Client: **HÉMISPHERES Consultants**
M. Daniel Néron
1453, rue Beaubien
Montréal, Québec
H2G 3C6

No client: 4007
No projet: 11334
Bon de commande:
No dossier MDDEP:

Tél.: 514-384-6084
Téléc.:

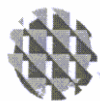
Copie conforme: M. Daniel Néron
info@hemis.ca

Projet: HÉMISPHERES Consultants
Sous-projet: Eau de Surface

Nature de l'échantillon: Eau de surface

No éch.	Description	Résultat	Unité	Norme	Analysé le
0257345 / Davignon Lac - DAV 1					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Carbone organique dissous	4.1	mg/L		2007-09-26
	Coliformes fécaux	8	UFC/100 mL		2007-09-26
	Matières en suspension	<3	mg/L		2007-09-27
	DBO5	<3	mg O2/L		2007-09-29
	Azote total Kjeldahl	1.26	mg N/L		2007-10-13
	Nitrite	<0.10	mg N/L		2007-09-28
	Nitrate	0.10	mg N/L		2007-09-28
	Nitrite & nitrate	0.10	mg N/L		2007-09-28
	Phosphore total (en trace)	0.018	mg P/L		2007-10-09
	* Chlorophylle	5	µg/L		2007-10-26
	----- Métaux -----	-	-		2007-09-26
	Calcium (Ca)	15.4	mg/L		2007-10-02
	Fer (Fe)	0.16	mg/L		2007-10-02
	Magnésium (Mg)	2.62	mg/L		2007-10-02
0257346 / Davignon Lac - DAV 2					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Coliformes fécaux	8	UFC/100 mL		2007-09-26
	Phosphore total (en trace)	0.018	mg P/L		2007-10-09
0257347 / Davignon Lac - DAV 3					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Coliformes fécaux	42	UFC/100 mL		2007-09-26
	Phosphore total (en trace)	0.008	mg P/L		2007-10-09
0257348 / Davignon Lac - DAV 4					
	Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron Reçu le: 2007-09-26				
	Coliformes fécaux	44	UFC/100 mL		2007-09-26

* Cette analyse a été effectuée en sous-traitance.

**SM'**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.

Annexe au certificat d'analyses (suite)

M085925 version 2

Émis le 2007-10-23

Description	Unités	Limite de détection	Blanc	Matériaux de référence		Récupération		Duplicata	
				% obtenu	limites (%)	% obtenu	limites (%)	% écart	limites (%)

Méthode d'analyse: Digestion et colorimétrie par Technicon / Technicon / ILCE-005

Date d'analyse: 2007-10-11

No séquence: CS046126

Azote total Kjeldahl	mg N/L	Blanc		96	80 - 120	-		-	
		0.1	<0.1			-	-	-	-

Méthode d'analyse: Digestion persulfate /colo acide ascorbique / SM 4500-P-E / ILCE-057

Date d'analyse: 2007-10-12

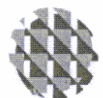
No séquence: CS046370

Phosphore total basse concentration	mg P/L	Blanc		102	80 - 120	-		Duplicata (0259627)	
		0.002	0.002			-	-	0	0 - 20

Phosphore total basse concentration	mg P/L	Blanc		100	80 - 120	-		Duplicata (0259637)	
		0.002	0.002			-	-	0	0 - 20

Phosphore total basse concentration	mg P/L	-		102	80 - 120	-		Duplicata (0261030)	
		-	-			-	-	9	0 - 20

Phosphore total basse concentration	mg P/L	-		87	80 - 120	-		Duplicata (0262252)	
		-	-			-	-	0	0 - 20

**SM**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.

Annexe au certificat d'analyses (suite)

M085925 version 2

Émis le 2007-10-23

Description	Unités	Limite de détection	Blanc	Matériaux de référence		Récupération		Duplicata	
				% obtenu	limites (%)	% obtenu	limites (%)	% écart	limites (%)

Méthode d'analyse: Incubation et électrométrie / APHA Std. Meth. 18e Ed. / ILCE-008								Date d'analyse: 2007-09-29	
								No séquence: CS044793	

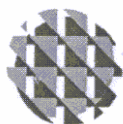
DBO5	mg O2/L	Blanc		89	70 - 130	-		Duplicata (0253791)	
		3	<3			-	-	11	0 - 30
DBO5	mg O2/L	Blanc		83	70 - 130	-		Duplicata (0256347)	
		3	<3			-	-	N/A	0 - 30

Méthode d'analyse: Digestion et ICP / MA.203-Mét 3.0 / ILCE-025								Date d'analyse: 2007-10-02	
								No séquence: CS045048	

Aluminium (Al)	mg/L	Blanc		89.5	80 - 120	-		Duplicata (0257353)	
		0.1	<0.10			-	-	-	-
Arsenic (As)	mg/L	0.1	<0.10	97.0	80 - 120	-	-	-	-
Bore (B)	mg/L	0.1	<0.10	100	80 - 120	-	-	-	-
Baryum (Ba)	mg/L	0.1	<0.10	91.7	80 - 120	-	-	-	-
Calcium (Ca)	mg/L	0.5	<0.50	87.6	80 - 120	-	-	1.56	0 - 20
Cadmium (Cd)	mg/L	0.05	<0.05	91.7	80 - 120	-	-	-	-
Cobalt (Co)	mg/L	0.1	<0.10	92.9	80 - 120	-	-	-	-
Chrome (Cr)	mg/L	0.1	<0.10	88.9	80 - 120	-	-	-	-
Cuivre (Cu)	mg/L	0.1	<0.10	88.2	80 - 120	-	-	-	-
Fer (Fe)	mg/L	0.1	<0.10	92.3	80 - 120	-	-	0.00	0 - 20
Potassium (K)	mg/L	5	<5.0	79.8	80 - 120	-	-	-	-
Magnésium (Mg)	mg/L	0.1	<0.10	90.7	80 - 120	-	-	0.68	0 - 20
Manganèse (Mn)	mg/L	0.1	<0.10	90.0	80 - 120	-	-	-	-
Molybdène (Mo)	mg/L	0.1	<0.10	90.6	80 - 120	-	-	-	-
Sodium (Na)	mg/L	5	<5.0	95.4	80 - 120	-	-	-	-
Nickel (Ni)	mg/L	0.1	<0.10	91.2	80 - 120	-	-	-	-
Plomb (Pb)	mg/L	0.05	<0.05	89.3	80 - 120	-	-	-	-
Étain (Sn)	mg/L	0.1	<0.10	96.0	80 - 120	-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/L	0.1	<0.10	90.2	80 - 120	-	-	-	-
Dureté totale	ng CaCO3/l	0.1	<0.1	89.0	80 - 120	-	-	-	-

Méthode d'analyse: Digestion persulfate /colo acide ascorbique / SM 4500-P-E / ILCE-057								Date d'analyse: 2007-10-09	
								No séquence: CS045787	

Phosphore total basse concentration	mg P/L	Blanc		96	80 - 120	-		Duplicata (0256873)	
		0.002	0.002			-	-	3	0 - 20
Phosphore total basse concentration	mg P/L	Blanc		87	80 - 120	-		Duplicata (0257345)	
		0.002	0.002			-	-	5	0 - 20
Phosphore total basse concentration	mg P/L	-		102	80 - 120	-		Duplicata (0257697)	
		-	-			-	-	29	0 - 20
Phosphore total basse concentration	mg P/L	-		87	80 - 120	-		Duplicata (0257955)	
		-	-			-	-	5	0 - 20

**SMⁱ**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.1471, boul. Lionel-Boulet, suite 10
Varenes, Québec J3X 1P7
Tél. (514) 332-6001 Téléc. (514) 332-5066740, Galt Ouest, 2e étage
Sherbrooke, Québec J1H 1Z3
Tél. (819) 566-8855 Téléc. (819) 566-0224

Annexe au certificat d'analyses

M085925 version 2

Émis le 2007-10-23

Description	Unités	Limite de détection	Blanc	Matériaux de référence		Récupération		Duplicata	
				% obtenu	limites (%)	% obtenu	limites (%)	% écart	limites (%)

Méthode d'analyse: Filtration et analyseur COT / Tekmar/Dohrmann / ILCE-059

Date d'analyse: 2007-09-26
No séquence: CS044480

Carbone organique dissous	mg/L	Blanc		-	-	-	-	Duplicata (0257350)	
		0.2	<0.2					13.3	- 30

Méthode d'analyse: Gravimétrie / SM 2540 D / ILCE-012

Date d'analyse: 2007-09-27
No séquence: CS044671

Matières en suspension	mg/L	Blanc		99	80 - 120	-	-	Duplicata (0256780)	
		3	<3					2	0 - 20

Matières en suspension	mg/L	Blanc		110	80 - 120	-	-	Duplicata (0257400)	
		3	<3					6	0 - 20

Matières en suspension	mg/L	-		-	-	-	-	Duplicata (0257527)	
		-	-					13	0 - 20

Méthode d'analyse: Chromatographie ionique / DIONEX / ILCE-060

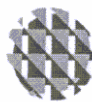
Date d'analyse: 2007-09-28
No séquence: CS044737

Bromure	mg/L	Blanc		97.1	80 - 120	-	-	Duplicata (0256877)	
		0.1	<0.1					-	-
Chlorure	mg/L	2	<2.0	97.0	80 - 120	-	-	-	-
Fluorure	mg/L	0.04	<0.04	102	80 - 120	-	-	-	-
Ortho-phosphate	mg/L	0.02	<0.02	116	80 - 120	-	-	-	-
Nitrate	mg/L	0.02	<0.10	96.9	80 - 120	-	-	0.91	0 - 20
Sulfate	mg/L	2	<2.0	96.5	80 - 120	-	-	-	-

Nitrite	mg/L	Blanc		104	80 - 120	-	-	Duplicata (0257459)	
		0.02	<0.10					-	-

Bromure	mg/L	-		93.0	80 - 120	-	-	Duplicata (0257954)	
		-	-					-	-
Chlorure	mg/L	-	-	94.7	80 - 120	-	-	-	-
Fluorure	mg/L	-	-	100	80 - 120	-	-	-	-
Ortho-phosphate	mg/L	-	-	111	80 - 120	-	-	-	-
Nitrate	mg/L	-	-	95.2	80 - 120	-	-	0.00	0 - 20
Sulfate	mg/L	-	-	95.1	80 - 120	-	-	-	-

Bromure	mg/L	-		94.4	80 - 120	-	-	-	
		-	-					-	-
Chlorure	mg/L	-	-	99.0	80 - 120	-	-	-	-
Fluorure	mg/L	-	-	101	80 - 120	-	-	-	-
Ortho-phosphate	mg/L	-	-	99.1	80 - 120	-	-	-	-
Nitrate	mg/L	-	-	95.4	80 - 120	-	-	-	-
Sulfate	mg/L	-	-	95.1	80 - 120	-	-	-	-

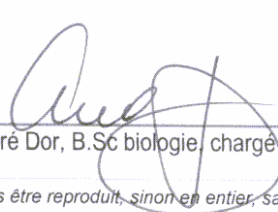
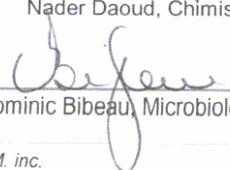
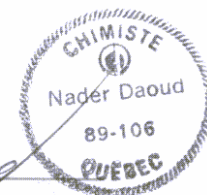
**SMⁱ**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.

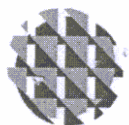
Certificat d'analyse (suite)

No M085925, version 2

Émis le: 2007-10-23

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne
Anions	Chromatographie ionique	DIONEX	ILCE-060
Carbone organique dissous	Filtration et analyseur COT	Tekmar/Dohrmann	ILCE-059
DBO5	Incubation et électrométrie	APHA Std. Meth. 18e Ed.	ILCE-008
Métaux	Digestion et ICP	MA.203-Mét 3.0	ILCE-025
MES / MVES	Gravimétrie	SM 2540 D	ILCE-012
Azote total Kjeldahl	Digestion et colorimétrie par Technicon	Technicon	ILCE-005
Phosphore total (en trace)	Digestion persulfate /colo acide ascorbique	SM 4500-P-E	ILCE-057
Coliformes fécaux	Membrane filtrante	MA.700-Fec. Ec 1.0	ILME-002


André Dor, B.Sc biologie, chargé de projets
Nader Daoud, Chimiste, superviseur
Dominic Bibeau, Microbiologiste, superviseure

**SMⁱ**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.1471, boul. Lionel-Boulet, suite 10
Varenes, Québec J3X 1P7
Tél. (514) 332-6001 Téléc. (514) 332-5066740, Galt Ouest, 2e étage
Sherbrooke, Québec J1H 1Z3
Tél. (819) 566-8855 Téléc. (819) 566-0224

Certificat d'analyse

No M085925, version 2

Émis le: 2007-10-23

Client: **HÉMISPHERES Consultants**
M. Daniel Néron
1453, rue Beaubien
Montréal, Québec
H2G 3C6No client: 4007
No projet: 11334
Bon de commande:
No dossier MDDEP:Tél.: 514-384-6084
Téléc.:Copie conforme: M. Daniel Néron
info@hemis.caProjet: HÉMISPHERES Consultants
Sous-projet: Eau de Surface

Nature de l'échantillon: Eau de surface

No éch.	Description	Résultat	Unité	Norme	Analysé le
0257336 / Tributaires Davignon (Yam. S-E) - DAV-YSE1					
Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26			
	Carbone organique dissous	1.7	mg/L		2007-09-26
	Coliformes fécaux	16	UFC/100 mL		2007-09-26
	Matières en suspension	<3	mg/L		2007-09-27
	DBO5	<3	mg O2/L		2007-09-29
	Azote total Kjeldahl	0.18	mg N/L		2007-10-11
	Nitrite	<0.10	mg N/L		2007-09-28
	Nitrate	0.13	mg N/L		2007-09-28
	Nitrite & nitrate	0.13	mg N/L		2007-09-28
	Phosphore total (en trace)	0.008	mg P/L		2007-10-09
	----- Métaux -----	-	-		2007-09-26
	Calcium (Ca)	26.2	mg/L		2007-10-02
	Fer (Fe)	0.29	mg/L		2007-10-02
	Magnésium (Mg)	3.02	mg/L		2007-10-02
0257337 / Tributaires Davignon (Yam. S-E) - DAV-YSE2					
Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26			
	Coliformes fécaux	8	UFC/100 mL		2007-09-26
	Phosphore total (en trace)	0.009	mg P/L		2007-10-09
0257339 / Tributaires Davignon (Yam. S-E) - DAV-YSE3					
Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26			
	Phosphore total (en trace)	0.005	mg P/L		2007-10-12
0257341 / Tributaires Davignon (Yam. S-E) - DAV-YSE139					
Prélevé le: 2007-09-25 Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26			
	Coliformes fécaux	90	UFC/100 mL		2007-09-26

**SMi**LABORATOIRES
D'ANALYSES
S.M. INC.1471, boul. Lionel-Boulet, suite 10
Varenes, Québec J3X 1P7
Tél. (514) 332-6001 Téléc. (514) 332-5066740, Galt Ouest, 2e étage
Sherbrooke, Québec J1H 1Z3
Tél. (819) 566-8855 Téléc. (819) 566-0224

Certificat d'analyse

No M085928, version 2

Émis le: 2007-10-17

Client: **HÉMISPHERES Consultants**
M. Daniel Néron
1453, rue Beaubien
Montréal, Québec
H2G 3C6No client: 4007
No projet: 11334
Bon de commande:
No dossier MDDEP:Tél.: 514-384-6084
Téléc.:Copie conforme: M. Daniel Néron
info@hemis.caProjet: HÉMISPHERES Consultants
Sous-projet: Eau de Surface

Nature de l'échantillon: Eau de surface

No éch.	Description	Résultat	Unité	Norme	Analysé le
0257353 / Tributaires Davignon Jackson - DAV JA1					
Prélevé le: 2007-09-25		Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26	
	Carbone organique dissous	1.5	mg/L		2007-09-26
	Coliformes fécaux	8	UFC/100 mL		2007-09-26
	Matières en suspension	<3	mg/L		2007-09-27
	DBO5	<3	mg O2/L		2007-09-29
	Azote total Kjeldahl	<0.10	mg N/L		2007-10-13
	Nitrite	<0.10	mg N/L		2007-09-28
	Nitrate	0.15	mg N/L		2007-09-28
	Nitrite & nitrate	0.15	mg N/L		2007-09-28
	Phosphore total (en trace)	0.008	mg P/L		2007-10-09
	----- Métaux -----	-	-		2007-09-26
	Calcium (Ca)	9.53	mg/L		2007-10-02
	Fer (Fe)	0.23	mg/L		2007-10-02
	Magnésium (Mg)	1.47	mg/L		2007-10-02
0257354 / Tributaires Davignon Jackson - DAV JA2					
Prélevé le: 2007-09-25		Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26	
	Coliformes fécaux	16	UFC/100 mL		2007-09-26
	Phosphore total (en trace)	0.008	mg P/L		2007-10-09
0257355 / Tributaires Davignon Jackson - DAV JA3					
Prélevé le: 2007-09-25		Par: D. Néron/C. Plante		Reçu le: 2007-09-26	
	Phosphore total (en trace)	0.007	mg P/L		2007-10-09

Méthode d'analyse	Description	Référence externe	Procédure interne
	--	--	---
Anions	Chromatographie ionique	DIONEX	ILCE-060
Carbone organique dissous	Filtration et analyseur COT	Tekmar/Dohrmann	ILCE-059
DBO5	Incubation et électrométrie	APHA Std. Meth. 18e Ed.	ILCE-008
Métaux	Digestion et ICP	MA.203-Mét 3.0	ILCE-025
MES / MVES	Gravimétrie	SM 2540 D	ILCE-012
Azote total Kjeldahl	Digestion et colorimétrie par Technicon	Technicon	ILCE-005
Phosphore total (en trace)	Digestion persulfate /colo acide ascorbique	SM 4500-P-E	ILCE-057
Coliformes fécaux	Membrane filtrante	MA.700-Fec. Ec 1.0	ILME-002