



IDENTIFICATION DES LACS PROBLEMATIQUES - 2011

- Phase 1 -

Municipalités de :
Saint-Alexis-des-Monts
Saint-Élie-de-Caxton

Novembre 2011



ÉQUIPE DE RÉALISATION

Coordination

Yann Boissonneault, biologiste, *M.Sc.*¹

Rédaction

Yann Boissonneault, biologiste, *M.Sc.*¹

Cartographie

Marie-Ève Lemoine, géographe, *B.Sc.*²

Équipe terrain

Yann Boissonneault, biologiste, *M.Sc.*¹
Pierre-Marc Constantin, assistant terrain¹

Révision

Nathalie Sarault, directrice, *B.Sc.*²

¹ Consultant : *Boissonneault, sciences, eaux et environnement*, www.boissonneault.ca

² Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY)

CETTE ÉTUDE A ÉTÉ RÉALISÉE POUR L'ORGANISME DE BASSINS VERSANTS DES RIVIÈRES DU LOUP
ET DES YAMACHICHE (OBVRLY)



Pour nous joindre

Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY)

143, rue Notre-Dame
Yamachiche, Québec
G0X 3L0

Tél. : (819) 296-2330

Fax : (819) 296-2331

Adresse de courrier électronique : info@obvrly.ca

Adresse Web : www.obvrly.ca

Référence à citer

BOISSONNEAULT, Y., 2011. *Identification des lacs problématiques - 2011 (phase 1), municipalités de Saint-Alexis-des-Monts et de Saint-Élie-de-Caxton*, rapport réalisé pour l'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY), Yamachiche, 23 pages et 4 annexes.

© OBVRLY, 2011

Ce document est disponible sur le site Web de l'Organisme.

Autorisation de reproduction

La reproduction de ce document, en partie ou en totalité, est autorisée à la condition que la source et les auteurs soient mentionnés comme indiqué dans **Référence à citer**.



Présentation de l'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY)

Qu'est-ce qu'un bassin versant?

Un bassin versant constitue un territoire où l'eau reçue par précipitation s'écoule et s'infiltre pour former un réseau hydrographique alimentant un exutoire commun, le cours d'eau principal.



Source: MDDEP

Qu'est-ce que l'OBVRLY?

L'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY) est une table de concertation où siègent tous les acteurs et usagers de l'eau qui oeuvrent à l'intérieur de mêmes bassins versants. L'OBVRLY n'est pas un groupe environnemental, mais plutôt un organisme de planification et de coordination des actions en matière de gestion intégrée de l'eau par bassin versant (GIEBV). C'est donc par la documentation de l'état de la situation sur son territoire d'intervention que l'organisme peut recommander des solutions aux acteurs et usagers afin de maintenir ou d'améliorer la qualité de l'eau et des écosystèmes associés.

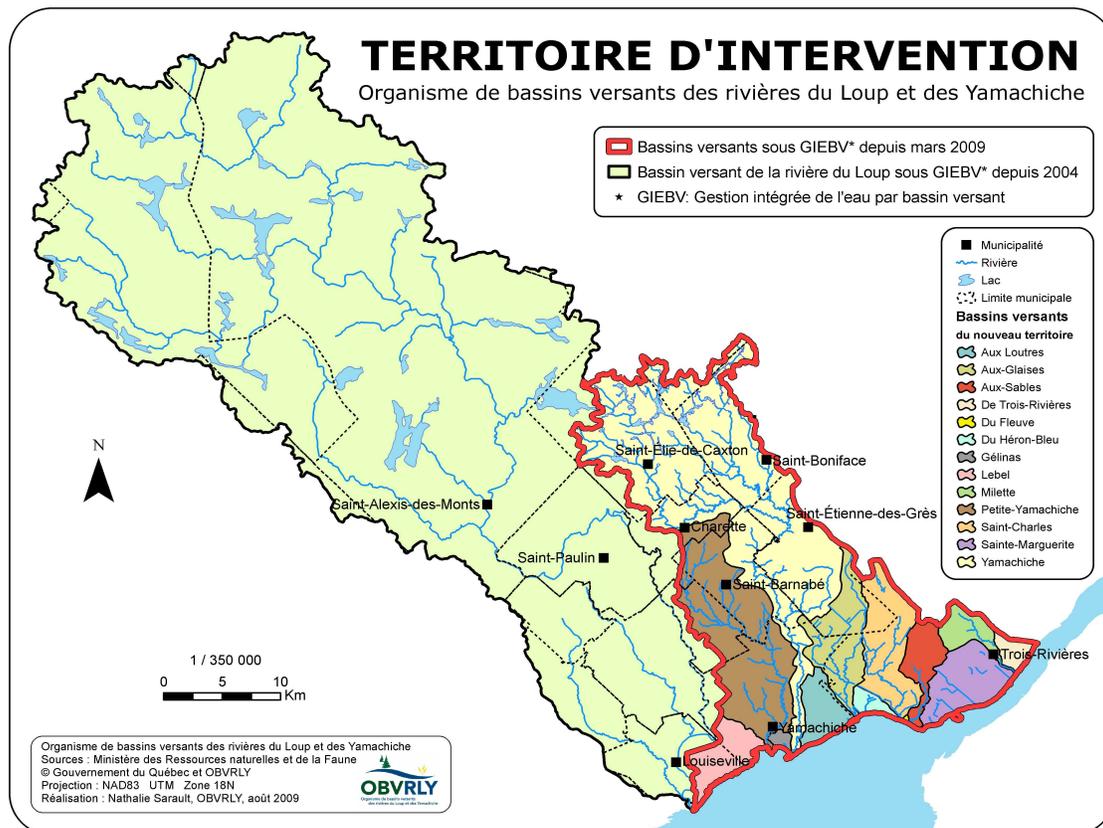


TABLE DES MATIÈRES

Équipe de réalisation	3
Présentation de l'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY)	5
Table des matières	7
Introduction	9
Matériel et méthode	10
1^{er} diagnostic des symptômes d'eutrophisation d'un lac	11
La stratification thermique.....	11
Qu'est-ce que l'eutrophisation?	12
Description des paramètres physico-chimiques.....	13
Résultats	15
Municipalité de Saint-Alexis-des-Monts - 6 lacs suivis en 2011	15
Municipalité de Saint-Élie-de-Caxton – 9 lacs suivis en 2011	18
Conclusion	21
Recommandations	22
Références	23
Annexe 1 : Phases dans la caractérisation d'un plan d'eau	25
Annexe 2 : Les facteurs expliquant la distribution de l'oxygène	29
Annexe 3 : Cartes de localisation des lacs à l'étude	31
Annexe 4 : Fiches descriptives des lacs à l'étude	41



INTRODUCTION

Les lacs sont très nombreux au Québec et représentent une richesse collective non négligeable. Depuis des dizaines d'années, ils représentent un moteur économique d'importance puisque le tourisme dépend souvent de la proximité des plans d'eau. Depuis l'avènement de floraisons de cyanobactéries (algues bleu-vert) au Québec il y a quelques années, la population riveraine s'inquiète des répercussions de la dégradation de l'état de santé de leurs lacs. L'examen de l'état de santé des lacs du territoire d'intervention de l'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY) s'imposait donc.

C'est en 2010 qu'a débuté le suivi de trente-trois lacs situés sur le territoire des municipalités de Saint-Alexis-des-Monts, Saint-Boniface, Saint-Élie-de-Caxton, Saint-Mathieu-du-Parc et Saint-Paulin. Cette étude consistait en une première phase de caractérisation des premiers symptômes d'eutrophisation* afin d'identifier les lacs qui nécessiteront une attention particulière. Afin de poursuivre cette première phase de caractérisation des symptômes d'eutrophisation des lacs situés sur son territoire d'intervention, l'Organisme a visité quinze lacs supplémentaires en 2011. Ces derniers sont situés dans la municipalité de Saint-Alexis-des-Monts et de Saint-Élie-de-Caxton.

Le programme de caractérisation des plans d'eau de l'OBVRLY comprend trois phases : 1) l'identification des lacs problématiques, 2) l'évaluation des symptômes des lacs identifiés et 3) la détermination des causes des perturbations (voir annexe 1 pour plus de détails). Nous présentons donc les résultats de la première phase de caractérisation pour les lacs visités en 2010 et 2011. Ainsi, il sera possible de constater les signes de vieillissement prématuré (eutrophisation) de ces lacs et de déterminer ceux pour lesquels la phase 2 est requise. Soulignons qu'à moyen et long terme, tous les lacs habités ou subissant des pressions humaines devront passer à la phase 2. Cette approche de caractérisation des lacs en trois phases permet aux instances régionales (municipalités, OBV, etc.) d'adopter une gestion de leurs plans d'eau qui soit ciblée. Conséquemment, cette approche permet d'éviter d'investir des efforts trop importants pour des lacs qui n'en auraient pas besoin.

Ce rapport présente donc les résultats regroupés de la caractérisation de l'ensemble de ces lacs. Il devrait permettre aux instances concernées d'établir les priorités du point de vue de la gestion des plans d'eau. Pour les riverains concernés par un lac donné, des fiches vulgarisées des résultats de cette étude sont annexées à ce rapport, et ce, pour chacun des quinze lacs visités en 2011. Les fiches vulgarisées des résultats des lacs visités en 2010 sont présentées dans le document suivant :

BOISSONNEAULT, Y. et L. LÉVESQUE, 2011. *Identification des lacs problématiques - 2010 (phase 1), municipalités de Saint-Alexis-des-Monts, Saint-Boniface, Saint-Élie-de-Caxton, Saint-Mathieu-du-Parc et Saint-Paulin*. Rapport réalisé pour l'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY), Yamachiche, 27 pages et 4 annexes.

Ce document est disponible sur le site Web de l'Organisme : www.obvrly.ca

* Enrichissement des eaux par des nutriments, tels l'azote et le phosphore, se traduisant par une prolifération des végétaux aquatiques ou des cyanobactéries et par une diminution de la teneur en oxygène des eaux profondes (Office québécois de la langue française, 2007).



MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les travaux de l'étude se montrent comme étant sommaires puisque, différemment d'une étude complète, aucun relevé n'a été effectué concernant l'ensemble des symptômes d'eutrophisation, les caractéristiques des bassins versants, la faune ichthyologique, pour ne nommer que ces quelques exemples. De ce fait, seulement quatre paramètres physico-chimiques de l'eau ont été étudiés lors des sorties sur le terrain, soit :

- la température (°C) ;
- l'oxygène dissous (mg/L et % de saturation) ;
- le pH ;
- la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ;

Les quatre relevés mentionnés ci-dessus ont été analysés à l'aide d'un appareil multisonde de type YSI Pro plus. Cette sonde multiparamètres a permis d'évaluer les paramètres physico-chimiques à chaque mètre de la colonne d'eau pour les douze premiers mètres de profondeur, pour ensuite enregistrer les données aux deux mètres, et ce jusqu'au fond du lac, ou à un maximum de 30 mètres de profondeur, longueur maximale du câble. Lors du suivi des lacs effectués en 2010, une mesure de la transparence de l'eau était prise à l'aide d'un disque de Secchi (voir Boissonneault et Lévesque, 2011). Cependant, la transparence a été abandonnée en 2011 pour cette première phase de caractérisation des plans d'eau. La fréquence de prise de ces mesures était insuffisante (une seule mesure) pour tenir compte de la variation de ce paramètre au cours de la saison estivale. Il est plutôt recommandé de prendre des mesures de transparence une fois toutes les deux semaines pendant la saison estivale, fréquence nécessaire à une bonne estimation de la transparence moyenne d'un lac (MDDEP et CRE Laurentides, 2009). Notons que cinq à dix mesures de la transparence sont prévues dans la deuxième phase de caractérisation des plans d'eau de l'OBVRLY (voir annexe 1).

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur un total de trente trois lacs en 2010 et quinze lacs en 2011 répartis dans les bassins versants des rivières du Loup et Yamachiche. La mesure des paramètres physico-chimiques a été réalisée *in situ* pour chaque lac à partir de la fin du mois d'août jusqu'à la fin septembre 2010, période pendant laquelle le processus de stratification thermique est complété. Chaque lac possédait une station d'échantillonnage située au-dessus de la fosse la plus profonde, de façon à considérer la stratification thermique la plus complète. Une seule mesure des paramètres physico-chimiques a été prise pour chacun des plans d'eau.

La zone d'étude pour l'identification des lacs problématiques en 2010 et 2011 est distribuée à travers cinq municipalités de la Mauricie, soit Saint-Alexis-des-Monts, Saint-Paulin, Saint-Élie-de-Caxton, Saint-Mathieu-du-Parc et Saint-Boniface (annexe 3 dans Boissonneault et Lévesque, 2011 pour les lacs visités en 2010 et annexe 3 du présent rapport pour les lacs visités en 2011). Notons que des quinze lacs suivis en 2011, six sont situés sur le territoire de la municipalité de Saint-Alexis-des-Monts et neuf sur le territoire de la municipalité de Saint-Élie-de-Caxton.



1^{ER} DIAGNOSTIC DES SYMPTÔMES D'EUTROPHISATION D'UN LAC

Afin de bien comprendre les résultats des mesures réalisées dans le cadre de cette étude, des explications sont d'abord présentées sur les relations entre les profils physico-chimiques et la stratification thermique des lacs ainsi que l'effet de l'eutrophisation sur ces relations.

La stratification thermique

Tiré et adapté de Hade, 2003 et Lapalme, 2006

Pour les lacs ayant une profondeur suffisante, la stratification thermique correspond à une différence de température entre les masses d'eau en surface et au fond du lac. En été, la couche d'eau supérieure appelée **épilimnion** présente une température plus élevée, car mise en contact avec l'air. À cette période, cette couche subit un brassage continu qui renouvelle l'oxygène de l'eau grâce au vent et à la photosynthèse des plantes présentes dans l'eau. Cette couche de faible densité se situe au-dessus de l'**hypolimnion**, une couche d'eau profonde, plus froide, plus dense et peu agitée, car elle est à l'abri du vent. Ces deux couches d'eau sont séparées par une troisième couche intermédiaire appelée **métalimnion**. À l'intérieur du métalimnion se trouve la thermocline.

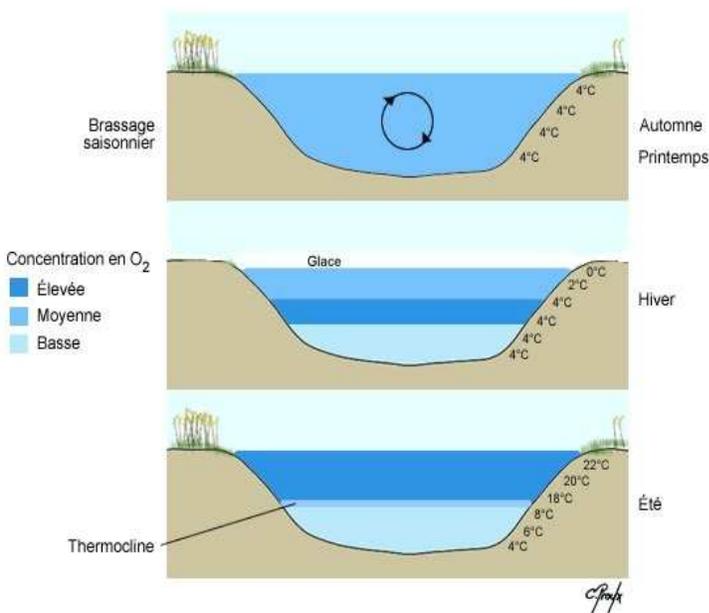


Figure 1 : Stratification thermique d'un lac dimictique[†]
Source : Proulx, 2009

[†] Lac dont les eaux de surface et de profondeur se mélangent deux fois par an.



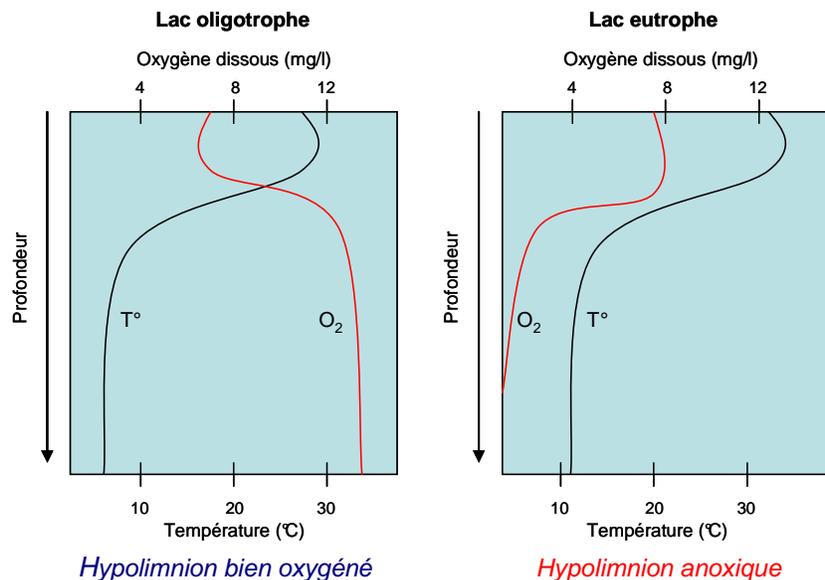
Qu'est-ce que l'eutrophisation?

Processus naturel

L'eutrophisation est un processus de vieillissement naturel des lacs caractérisé par une augmentation de la productivité biologique d'un lac, c'est-à-dire notamment par un accroissement des plantes aquatiques et des algues. C'est un phénomène naturel à l'échelle géologique qui s'étale sur des dizaines de milliers d'années (RAPPEL, 2008).

Processus accéléré par les activités humaines

L'eutrophisation peut être accélérée par une augmentation de la charge en éléments nutritifs (particulièrement de l'azote et du phosphore dissous) de la masse d'eau provenant des activités humaines. Cet enrichissement des eaux conduit alors à une croissance en surabondance des algues et de toute autre flore microscopique. Lorsque cette masse floristique meurt, elle est dégradée par les bactéries conduisant alors à un déficit en oxygène des eaux profondes néfaste à la faune aquatique.



Dans un **lac oligotrophe**, après que la stratification thermique se soit établie en été, l'hypolimnion (eaux profondes) est très riche en oxygène dissous. Au cours de la saison estivale, les eaux de l'hypolimnion ne peuvent pas recevoir de nouveaux apports en oxygène provenant de la photosynthèse des algues (zone trop obscure) et du contact avec les eaux de surface et l'atmosphère (Hade, 2003). Les eaux fraîches et le confinement des eaux permettent de maintenir des concentrations élevées en oxygène dans l'hypolimnion.

Dans un **lac eutrophe**, la forte production des algues et des plantes aquatiques entraînera une baisse de la concentration en oxygène dans l'hypolimnion (eaux profondes). C'est la respiration des bactéries qui décomposent la matière organique issue des organismes végétaux aquatiques morts qui s'accumulent au fond du lac qui est responsable de cette baisse en oxygène. Pour certains lacs, ce phénomène peut prendre une telle ampleur que les eaux de l'hypolimnion deviennent complètement anoxiques, 0 % de saturation en oxygène, au fil de la saison estivale.

La mesure de l'oxygène dans l'hypolimnion, combinée avec d'autres mesures, est donc un bon indicateur du vieillissement prématuré des lacs (eutrophisation).



Description des paramètres physico-chimiques

Les mesures de **température** permettent d'identifier la profondeur des limites des deux principales masses d'eau soit l'épilimnion et l'hypolimnion.

L'**oxygène** est un élément indispensable à la vie aquatique. Sa concentration dans les eaux est déterminée par plusieurs processus physiques et biologiques très variables dans le temps. Les végétaux et les algues produisent de l'oxygène par la photosynthèse le jour et en consomment la nuit. De plus, les échanges avec l'atmosphère influencent fortement la teneur en oxygène des eaux de surface (épilimnion) soumises au brassage. En contrepartie, les organismes biologiques, tels les poissons, et la respiration des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique consomment l'oxygène. La concentration d'oxygène dissous dans la partie profonde du lac (l'hypolimnion) est un indicateur du métabolisme du lac. Une faible concentration en oxygène dissous est souvent liée à une forte décomposition de la matière organique provenant d'une biomasse élevée d'algues et de plantes aquatiques. Les lacs eutrophes sont souvent en manque d'oxygène dans l'hypolimnion (MDDEP, 2005). Puisque la concentration en oxygène est reliée à la température, il est de coutume d'exprimer ce paramètre en fonction du taux de saturation (%).

Dans cette étude, l'hypolimnion est considéré comme hypoxique lorsque le taux de saturation en oxygène est inférieur à 50 %. Cette mesure prise à différentes profondeurs permet donc de vérifier si les eaux de l'hypolimnion présentent un déficit en oxygène (hypoxie), révélant un signe d'eutrophisation du lac.

Le **pH**, ou potentiel hydrogène indique le caractère acide ou basique de l'eau. Le pH des eaux de surface est déterminé en partie par la nature géologique du bassin versant, par les précipitations acides et par l'activité biologique (Painchaud, 1997). Le pH varie entre 0 (acide) et 14 (basique) et un pH de 7 indique une eau à pH neutre. La vie aquatique a besoin de valeurs de pH se situant entre 6 et 9, et un lac affichant une valeur de pH sous 5,5 sera considéré comme acide, seuil sous lequel les organismes aquatiques seront affectés (Binesse, 1983). Comme les valeurs de pH ne renseignent pas directement sur l'eutrophisation des lacs à l'étude, nous les présentons seulement dans les fiches vulgarisées rédigées pour chaque lac (annexe 4).

La **conductivité** est un indice de l'abondance des ions dans les eaux de surface qui donne une bonne appréciation des matières en solution (sels, acides et bases) dans les eaux (Painchaud, 1997). Elle traduit donc la minéralisation de l'eau qui participe à la productivité biologique d'un plan d'eau, et par conséquent à l'eutrophisation. En général, une conductivité élevée traduit un apport important en minéraux provenant de son bassin versant. À titre informatif, les valeurs de conductivité observées dans les eaux des lacs suivis par l'OBVRLY se situent entre 11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 166 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Tableau 1 : Description des trois principaux niveaux trophiques des lacs à l'égard de certains paramètres physico-chimiques et biologiques, adaptée de MDDEP, 2005

Niveau trophique	Âge	Description générale
Oligotrophe	Jeune	<p>Éléments nutritifs : faible concentration Conductivité : faible Phosphore [0 à 10 µg/l]</p> <p>Flore : biomasse réduite Chlorophylle a [0 à 3 µg/l]</p> <p>Transparence de l'eau : élevée Profondeur disque de Secchi : 5 mètres et +</p> <p>Oxygène dissous : élevée dans toute la colonne d'eau</p>
Mésotrophe	Moyen	<p>Éléments nutritifs : concentration moyenne Conductivité : moyenne Phosphore [10 à 30 µg/l]</p> <p>Flore : biomasse moyenne Chlorophylle a [3 à 8 µg/l]</p> <p>Transparence de l'eau : moyenne Profondeur disque de Secchi : entre 2,5 et 5 mètres</p> <p>Oxygène dissous : en déficit près du fond à la fin de l'été</p>
Eutrophe	Vieux	<p>Éléments nutritifs : concentration élevée Conductivité : élevée Phosphore [> 30 µg/l]</p> <p>Flore : biomasse élevée Chlorophylle a [> 8 µg/l] Périphyton, algues microscopiques et filamenteuses abondants. Prolifération des plantes aquatiques.</p> <p>Transparence de l'eau : faible Profondeur disque de Secchi : < 2,5 mètres</p> <p>Oxygène dissous : déficits sévères dans la partie profonde du lac (hypolimnion) à la fin de l'été</p>



RÉSULTATS

Nous présentons dans cette section les résultats des profils physico-chimiques des lacs des municipalités de Saint-Alexis-des-Monts et de Saint-Élie-de-Caxton suivis en 2010 et 2011. Rappelons que ce suivi a permis d'identifier les lacs les plus problématiques qui devront faire l'objet d'une évaluation complète des symptômes d'eutrophisation (voir phase 2 à l'annexe 1). Notons que les explications détaillées concernant les résultats des profils physico-chimiques des lacs suivis en 2010 sont présentées dans le rapport intitulé *Identification des lacs problématiques - 2010* (Boissonneault et Lévesque, 2011)[‡].

Municipalité de Saint-Alexis-des-Monts - 6 lacs suivis en 2011

Lacs Gauthier, en Dentelle et Pic Élevé

Pour ces trois lacs, nous avons observé des déficits en oxygène, soit des concentrations inférieures à 50 % de saturation, et ce, pour plus de la moitié de la masse d'eau située dans l'hypolimnion (tableau 2). En effet, les graphiques sur l'oxygène dissous nous dévoilent des courbes typiques de lacs eutrophes, soit des courbes de type clinograde (voir annexe 2 et fiches associées à ces lacs, annexe 4). Parmi ces trois lacs, le lac Gauthier affiche les déficits en oxygène les plus élevés. Des concentrations en oxygène inférieures à 50 % de saturation ont été mesurées dans plus de 90 % de la masse d'eau de l'hypolimnion. De plus, le lac Gauthier affiche des valeurs de conductivité parmi les plus élevées dans cette étude. Notons que cette mesure est un indicateur de l'enrichissement d'un lac en minéraux. Ces plans d'eau sont donc considérés prioritaires (code orange, tableau 2) et ils devront être suivis afin de réaliser une évaluation plus complète des symptômes d'eutrophisation (phase 2).

Lac Lambert (secteur du Loup)

Situé dans le bassin versant de la rivière du Loup, le lac Lambert annoté d'un code vert au tableau 2 montre une proportion non négligeable de ses eaux en déficit d'oxygène, soit 45 % des eaux de l'hypolimnion. Cependant, comme ce lac est non habité, la morphologie du lac et les caractéristiques de son bassin versant, telle la présence de milieux humides récents pourraient expliquer ces déficits en oxygène. D'autre part, les faibles valeurs de conductivité observées pour les eaux de ce lac traduisent de faibles apports en minéraux provenant de son bassin versant. Comme il n'y a pas d'occupation sur son pourtour, ce plan d'eau n'est pas considéré comme prioritaire, mais une analyse complémentaire pourrait être envisageable afin de mieux saisir les différents processus affectant les faibles concentrations en oxygène observées.

[‡] Les résultats d'autres lacs suivis en 2010 (phase 1) dans les municipalités de Saint-Paulin, Saint-Mathieu-du-Parc et Saint-Boniface qui ne sont pas présentés dans ce rapport sont aussi disponibles dans Boissonneault et Lévesque, 2011.



Lac Canitchez

Le lac Canitchez est désigné par un code bleu dans le tableau 2. Les eaux de ce lac sont bien oxygénées et les valeurs de conductivité sont faibles, ce qui représente des conditions de référence à l'égard des ces deux paramètres. Ce dernier n'affiche donc pas de déficits en oxygène, ni de signes d'enrichissement en nutriments. Rappelons que les lacs désignés par un code bleu au tableau 2 possèdent tous un profil en oxygène typique des lacs oligotrophes, soit orthograde ou hétérograde positif (voir annexe 2).

Étangs et lacs de faibles profondeurs non stratifiés (lac Mon Loisir)

Le lac Mon Loisir devrait plutôt être considéré comme un étang en raison de sa faible profondeur. Au besoin, ce dernier devra faire l'objet d'analyses supplémentaires, car les signes d'eutrophisation identifiés à l'aide des mesures de l'oxygène dissous sont difficiles à déceler compte tenu de sa faible profondeur. En effet, ce type de plans d'eau ne possède pas de stratification thermique en saison estivale et les échanges gazeux entre l'atmosphère et l'eau ne sont pas limités par ce processus. Dans l'ensemble, il peut y avoir des quantités d'oxygène suffisantes en tout temps et ainsi paraître en bonne santé à cet égard. Retenons que ce type de lac (ou étang) est plus vulnérable aux apports sédimentaires et en nutriments provenant des activités qui ont lieu dans le bassin versant. Le lac Mon Loisir est un lac créé artificiellement par l'érection d'un barrage, ce qui favorise la rétention des sédiments qui participe à l'enrichissement en nutriments de celui-ci. Lors de notre visite, nous avons observé des symptômes reliés aux problèmes d'envasement et une forte abondance de macrophytes (algues et plantes aquatiques) typique des milieux eutrophes.

Lacs identifiés comme étant potentiellement problématiques dans la municipalité de Saint-Alexis-des-Monts en 2010 et 2011

En conclusion, dans la municipalité de Saint-Alexis-des-Monts, les lacs Saint-Alexis, à la Perchaude et Lambert (secteur rivière aux Écorces) ont déjà fait l'objet d'une phase 2 en 2010 et 2011. Nous recommandons ainsi de passer à cette deuxième phase d'étude pour les lacs Caché et Gauthier afin d'effectuer une évaluation complète des symptômes d'eutrophisation.



Tableau 2 : Synthèse des profils physico-chimiques réalisés en 2010 et 2011 pour 21 lacs situés sur le territoire de la municipalité de Saint-Alexis-des-Monts

Lac	Hypolimnion hypoxique (%)	Conductivité (µS/cm)		Occupation	Année de réalisation du suivi phase 1	Code de priorités
		Moyenne	Maximum			
Sacacomie	0	13	13	habité	2010	5
à l'Eau Claire	0	16	16	habité	2010	5
Rouge	0	16	17	naturel	2010	5
<u>Canitchez</u>	0	14	18	naturel	<u>2011</u>	5
Larose (à l'Île)	0	20	20	habité	2010	5
à la Coureuse	0	21	22	habité	2010	5
<u>Lambert (du Loup)*</u>	45	15	31	naturel	<u>2011</u>	4
de l'Aqueduc	82	12	17	naturel	2010	4
des Pins Rouges	27	23	26	habité	2010	3
Carolus	44	21	68	habité	2010	3
<u>Pic Élevé</u>	60	26	30	habité	<u>2011</u>	2
Bélangier	67	24	48	habité	2010	2
d'en Bas	71	24	55	habité	2010	2
<u>en Dentelle</u>	77	18	32	habité	<u>2011</u>	2
du Milieu	83	25	45	habité	2010	2
<u>Gauthier</u>	93	40	91	habité	<u>2011</u>	2
Caché	100	33	90	habité	2010	1
Saint-Alexis	100	43	45	habité	2010	1
à la Perchaude	100	57	110	habité	2010	1
Lambert (Écorces)**	100	64	166	habité	2010	1
Lacs et étangs sans hypolimnion, car peu profond :						
<u>Mon Loisir</u>	N/D	44	46	habité	<u>2011</u>	N/D

* Lac Lambert situé dans le bassin versant de la rivière du Loup

** Lac Lambert situé dans le bassin versant de la rivière aux Écorces

Note₁ : Les noms des lacs qui sont soulignés correspondent aux lacs qui ont fait l'objet d'un suivi en 2011

Note₂ : Les explications détaillées concernant les résultats des profils physico-chimiques des lacs suivis en 2010 sont présentées dans le rapport intitulé *Identification des lacs problématiques - 2010* (Boissonneault et Lévesque, 2011)



Municipalité de Saint-Élie-de-Caxton – 9 lacs suivis en 2011

Lacs Raquette, à la Roche, à la Truite et Grenier

Pour ces quatre lacs annotés d'un code orange dans le tableau 3, nous avons observé des déficits en oxygène, soit des concentrations inférieures à 50 % de saturation, et ce, pour l'ensemble de la masse d'eau comprise dans l'hypolimnion (tableau 3). En effet, les graphiques sur l'oxygène dissous présentés dans les fiches associées à ces lacs (annexe 4) nous démontrent une courbe typique d'un lac eutrophe, soit un profil de type clinograde (voir annexe 2). Parmi ces quatre lacs, notons que le lac Raquette est celui qui affiche les valeurs de conductivité les plus élevées, ce qui nous laisse croire que des apports en minéraux proviendraient de son bassin versant. D'après les informations que nous détenons, le bassin versant de ce lac est principalement naturel, seulement un chalet est présent aux abords du lac. Pour le lac Raquette comme pour les lacs à la Roche, à la Truite et Grenier aussi situés en milieu naturel, une analyse détaillée du bassin versant et du lac permettrait d'identifier les facteurs qui pourraient expliquer ces déficits en oxygène observés qu'ils soient d'origine naturelle (ex. : présence de milieux humides récents) ou causés par les activités humaines (ex. : présence de chalets, de chemins). Nous avons aussi observé une forte abondance de macrophytes (algues et plantes aquatiques) dans certains de ces lacs correspondant à un signe supplémentaire d'eutrophisation.

Étangs et lacs de faibles profondeurs non stratifiés

Le Premier lac du cordon, le Deuxième lac du Cordon, le Troisième lac du Cordon, le lac des Bouleaux et le lac Philibert devraient plutôt être considérés comme des étangs en raison de leur faible profondeur. Au besoin, ces derniers devront faire l'objet d'analyses supplémentaires, car les signes d'eutrophisation identifiés à l'aide des mesures de l'oxygène dissous sont difficiles à déceler compte tenu de leur faible profondeur. En effet, ces plans d'eau ne possèdent pas de stratification thermique en saison estivale et les échanges gazeux entre l'atmosphère et l'eau ne sont pas limités par ce processus. Dans l'ensemble, il peut y avoir des quantités d'oxygène suffisantes en tout temps et ainsi paraître en bonne santé. Les valeurs de conductivité peuvent être élevées pour ces lacs, conditions normales pour certains lacs de faibles profondeurs qui ont généralement tendance à être plus productifs (eutrophes). Retenons que ces lacs (ou étangs) sont plus vulnérables aux apports en sédiments et en nutriments provenant des activités qui ont lieu sur leur bassin versant.

Lacs identifiés comme étant potentiellement problématiques dans la municipalité de Saint-Élie-de-Caxton en 2010 et 2011

En conclusion, le Grand lac Long, le Petit lac Long et le lac Bell, situés dans la municipalité de Saint-Élie-de-Caxton, ont déjà fait l'objet d'une phase 2 en 2010 et 2011 à la demande de la municipalité. Nous recommandons ainsi de passer à cette deuxième phase d'étude pour les lacs du Barrage et Garand afin d'effectuer une évaluation complète des symptômes d'eutrophisation.



Tableau 3 : Synthèse des profils physico-chimiques réalisés en 2010 et 2011 pour 21 lacs situés sur le territoire de la municipalité de Saint-Élie-de-Caxton

Lac	Hypolimnion hypoxique (%)	Conductivité (µS/cm)		Occupation	Année de réalisation du suivi phase 1	Code de priorités
		Moyenne	Maximum			
à l'Eau Claire	0	16	16	pourvoirie	2010	5
Bell	0	26	27	habité	2010	5
Paterson	40	35	145	habité	2010	4
Long (station A)	27	48	78	habité	2010	3
Long (station B)	21	44	50	habité	2010	3
Long (station C)	70	56	96	habité	2010	3
Petit lac Long	50	40	47	habité	2010	3
Baribeau	77	17	18	naturel	2010	2
<u>Grenier</u>	100	21	36	pourvoirie	<u>2011</u>	2
<u>à la Truite</u>	100	23	51	pourvoirie	<u>2011</u>	2
<u>à la Roche</u>	100	31	52	habité	<u>2011</u>	2
<u>Raquette</u>	100	46	133	habité	<u>2011</u>	2
Garand	100	50	138	habité	2010	1
du Barrage	N/D	32	41	habité	2010	1
Lacs et étangs sans hypolimnion, car peu profond :						
<u>Premier lac du Cordon</u>	N/D	12	12	habité	<u>2011</u>	N/D
<u>Deuxième lac du Cordon</u>	N/D	12	13	habité	<u>2011</u>	N/D
<u>Troisième lac du Cordon des Bouleaux</u>	N/D	13	15	habité	<u>2011</u>	N/D
<u>à la Perchaude</u>	N/D	18	21	pourvoirie	<u>2011</u>	N/D
Muise	N/D	26	28	pourvoirie	2010	N/D
Petit lac Rose	N/D	30	31	habité	2010	N/D
Phillibert	N/D	32	32	habité	2010	N/D
Ouellet	N/D	44	53	habité	<u>2011</u>	N/D
	N/D	60	60	habité	2010	N/D

Note : Les noms de lacs qui sont soulignés correspondent aux lacs qui ont fait l'objet d'un suivi en 2011

Note₂ : Les explications détaillées concernant les résultats des profils physico-chimiques des lacs suivis en 2010 sont présentées dans le rapport intitulé *Identification des lacs problématiques - 2010* (Boissonneault et Lévesque, 2011)



CONCLUSION

Ce rapport a pour but d'informer la population ainsi que les instances des régions responsables de la gestion des lacs. Il permet l'identification des lacs problématiques afin que les priorités d'intervention soient ciblées. La cote de priorité est attribuée aux lacs ayant des signes de vieillissement prématuré les plus élevés. Globalement, les résultats démontrent que les plans d'eau sont différents au point de vue de leurs conditions physico-chimiques. Pour l'instant, nous pouvons seulement confirmer que certains lacs qui ont été suivis en 2010 et 2011 présentent des signes d'eutrophisation, et que ceux-ci devront être priorités en ce qui a trait à la poursuite de l'évaluation des symptômes d'eutrophisation (phase 2). Rappelons qu'à moyen ou long terme, tous les lacs devraient passer à la phase 2 afin de déterminer avec plus de certitude leur vulnérabilité aux pressions humaines. Il est important de souligner que les mesures effectuées dans cette étude qui ont permis d'observer des signes d'eutrophisation pour certains lacs ne permettent pas d'identifier les sources de perturbations, qu'elles soient d'origine naturelle ou humaine. C'est seulement lors de la détermination des causes des perturbations – phase 3 (voir annexe 1), pour les lacs qui en auront besoin, qu'il sera possible de déterminer la nature des perturbations.

L'eutrophisation des plans d'eau est un processus qui n'est pas facilement réversible. Pour les plans d'eau présentant un stade avancé de vieillissement, une meilleure gestion des eaux de l'ensemble de leur bassin versant doit être amorcée afin de diminuer les apports en nutriments et par conséquent de préserver leur intégrité écologique. Soulignons que la santé de nos lacs commence par la santé de nos petits cours d'eau qui s'écoule sur leur bassin versant. Somme toute, la sensibilisation demeure un outil de premier plan; alors en transmettant les connaissances acquises lors de ces études aux acteurs du milieu, il sera possible de sensibiliser les usagers à la protection de ces joyaux que sont nos lacs.



RECOMMANDATIONS

Comme cette première phase vise l'identification des lacs problématiques, la principale recommandation que nous pouvons émettre à cette étape est le démarrage de l'évaluation plus complète des symptômes d'eutrophisation - phase 2 (voir annexe 1) pour les lacs prioritaires présentés ici-bas (en gras) :

Saint-Alexis-des-Monts : **lac Caché** et **lac Gauthier**

- Les lacs en Dentelle et du Pic Élevé mériteraient aussi de faire l'objet d'une évaluation complète des symptômes d'eutrophisation - phase 2. Quant au lac Mon Loisir, qui s'apparente davantage à un étang et qui semble présenter des problèmes d'envasement, une évaluation des apports sédimentaires du bassin versant du lac devrait être envisagée.
- Rappelons qu'à la demande de la municipalité de Saint-Alexis-des-Monts, les lacs Saint-Alexis, à la Perchaude et Lambert (secteur aux Écorces) ont fait l'objet d'une évaluation complète des symptômes d'eutrophisation (phase 2) en 2010 et 2011. Les rapports de ces études sont disponibles sur le site Web de l'Organisme : www.obvrly.ca

Saint-Élie-de-Caxton : **lac Garand** et **lac du Barrage**

- Comme les lacs Raquette, à la Roche, à la Truite et Grenier sont situés en milieu majoritairement naturel, nous recommandons d'effectuer une analyse détaillée du territoire de leurs bassins versants. Cette approche permettrait dans un premier temps d'identifier des facteurs qui pourraient expliquer ces déficits en oxygène et la forte abondance de macrophytes (algues et plantes aquatiques) observés. Il serait ainsi possible d'évaluer si le vieillissement de ces lacs est naturel ou pas.
- À la demande de la municipalité de Saint-Élie-de-Caxton, les lacs Bell, Grand lac Long et Petit lac Long ont fait l'objet d'une évaluation complète des symptômes d'eutrophisation (phase 2) en 2010 et 2011. Les rapports de ces études sont disponibles sur le site Web de l'Organisme : www.obvrly.ca



RÉFÉRENCES

- BINESSE, M., 1983. *Protection et amélioration des cours d'eau : objectif faune aquatique*, MLCP. Dir. Gén. de la faune, 153 pages.
- BOISSONNEAULT, Y. et L. LÉVESQUE, 2011. *Identification des lacs problématiques - 2010 (phase 1), municipalités de Saint-Alexis-des-Monts, Saint-Boniface, Saint-Élie-de-Caxton, Saint-Mathieu-du-Parc et Saint-Paulin*. Rapport réalisé pour l'Organisme de bassins versants des rivières du Loup et des Yamachiche (OBVRLY), Yamachiche, 27 pages et 4 annexes.
- HADÉ, A., 2003. *Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger*, réimprimé au Canada en avril 2007, Les éditions Fides, 359 pages.
- LAPALME, R., 2006. *Protéger et restaurer les lacs*, Bertrand Dumont éditeur inc., 192 pages.
- MDDEP, 2005. *Réseau de surveillance volontaire des lacs : Les méthodes*, document d'interprétation des paramètres de qualité de l'eau utilisé dans le cadre du RSVL, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 5 pages.
<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsv-lacs/methodes.htm>
- MRC des Laurentides, 2009. *Diagnose écologique sommaire du lac à l'île*, 29 pages.
- PAINCHAUD, J. 1997. *La qualité de l'eau des rivières au Québec : État et tendances*, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, 58 pages.
- PROULX, C., 2009. *Le portail des ressources virtuelles du collège Bois-de-Boulogne*,
http://www.colvir.net/prof/chantal.proulx/701/Chap6_contenu.htm



ANNEXE 1 : PHASES DANS LA CARACTÉRISATION D'UN PLAN D'EAU

OBVRLY – novembre 2010

Par Yann Boissonneault avec la collaboration de Pierre Deshaies

Rappelons que les municipalités et les organismes de bassin versant (OBV) ont le mandat de procéder au suivi de l'eau et des écosystèmes aquatiques et de produire un plan directeur de leurs plans d'eau. Pour en savoir plus sur ce sujet :

- *Prendre son lac en main, Guide d'élaboration d'un plan directeur de bassin versant de lac et adoption de bonnes pratiques*, MDDEP, 2007
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/cyanobacteries/guide_elaboration.pdf
- *Guide synthèse: élaboration d'un plan directeur de bassin de lac et adoption de bonnes pratiques*, MDDEP, 2007
http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/algues-bv/guide_synthese.pdf

La caractérisation des lacs s'effectue en trois phases : 1) l'identification des lacs problématiques, 2) l'évaluation des symptômes des lacs identifiés et 3) la détermination des causes des perturbations. Cette façon de faire évite la réalisation d'études trop poussées pour des lacs qui n'en auraient pas besoin.

PHASE 1 : IDENTIFICATION DE LACS PROBLÉMATIQUES (1^{ÈRE} ANNÉE)

La première phase consiste à caractériser les premiers symptômes d'eutrophisation des lacs à partir des mesures suivantes :

a) **Profils physico-chimiques** de l'eau du lac. Mesure de la concentration en oxygène, de la température, du pH et de la conductivité des lacs :

- Ces mesures sont prises au-dessus de la fosse du lac à tous les mètres jusqu'au fond ;
- Ces mesures sont prises à l'automne, moment où la stratification thermique est maximale ;
- Une concentration en oxygène inférieure à 50 % dans l'hypolimnion[§] représente un signe d'eutrophisation (vieillesse prématuré du lac). De plus, en dessous de ces concentrations en oxygène, la majorité des espèces de poissons ne peuvent survivre.

b) **La transparence de l'eau** mesurée à l'aide d'un disque de Secchi :

- Cette mesure est prise à l'automne, moment où la productivité biologique est maximale ;
- La transparence diminue avec l'augmentation de la quantité d'algues phytoplanctoniques dans le lac ;
- Cette mesure permet donc d'évaluer les premiers signes de l'eutrophisation d'un lac. Les lacs eutrophes sont caractérisés par une faible transparence de leur eau.

Ainsi, il est possible de constater les signes de vieillissement prématuré (eutrophisation) des lacs et de déterminer ceux pour lesquels la phase 2 est requise. Notons qu'il n'est pas possible à cette étape de déterminer si l'eutrophisation est d'origine naturelle ou anthropique.

[§] Un lac nordique comprend 3 strates de masses d'eau distinctes : l'épilimnion (la partie à la surface du lac), le métalimnion (la couche médiane / thermocline) et l'hypolimnion (la partie profonde du lac). Ce concept réfère à la stratification thermique d'un lac dimictique (dont les eaux de surface et de profondeur se mélangent deux fois par an, soit le printemps et l'automne).



PHASE 2 : ÉVALUATION DES SYMPTÔMES D'EUTROPHISATION DES LACS IDENTIFIÉS (2^E ANNÉE)

Pour les lacs identifiés comme étant potentiellement problématiques.

a) Analyse des résultats des lacs inscrits** au Réseau de surveillance volontaire des lacs (RSVL^{††}) à partir des paramètres suivants :

- Le **phosphore total**, un élément nutritif dont la teneur limite ou favorise habituellement la croissance des algues et des plantes aquatiques ;
- La **chlorophylle a**, un indicateur de la biomasse (quantité) d'algues microscopiques présentes dans le lac ;
- Le **carbone organique dissous** a une incidence sur la couleur de l'eau et permet de nuancer les résultats de la transparence ;
- 5 à 10 mesures de la **transparence** ;
- Ces prélèvements sont réalisés par des riverains bénévoles sous supervision scientifique selon les protocoles du RSVL ;
- Ces analyses permettent d'estimer le niveau trophique, c'est-à-dire le degré d'eutrophisation du lac.

b) Caractérisation du littoral des lacs par l'analyse des plantes aquatiques, la sédimentation et l'abondance du périphyton^{‡‡} :

- Caractérisation réalisée dans la zone littorale du lac, soit dans la zone peu profonde du pourtour du lac ;
- Les mesures de la sédimentation permettent de cibler les secteurs de la zone littorale du lac soumis aux accumulations sédimentaires et par conséquent aux apports en nutriments ;
- L'abondance des plantes aquatiques et du périphyton permet d'évaluer l'historique des apports sédimentaires et en nutriments dans un secteur donné du lac ;
- De plus, la forte abondance des plantes aquatiques et du périphyton constitue une conséquence de l'eutrophisation et par conséquent un signe supplémentaire du vieillissement prématuré du lac.

c) Caractérisation des rives à partir de l'Indice de qualité des bandes riveraines (IQBR) :

- Développé par le MDDEP, l'IQBR permet une évaluation de la condition écologique de l'habitat riverain et de son impact sur l'intégrité du lac^{§§} ;
- L'IQBR, dont la valeur se situe entre 0 (très faible) et 100 (excellent), est donc un outil qui permet de quantifier et de comparer l'état des bandes riveraines ;
- Il est ainsi possible de cibler les secteurs du lac nécessitant des améliorations à cet égard.

Suite aux résultats obtenus, il est possible de mesurer avec plus de précision les différents symptômes d'eutrophisation des lacs et, pour un lac, de cibler les secteurs contribuant le plus au vieillissement prématuré de ce dernier. À partir de ces résultats, il est ensuite possible d'évaluer la pertinence d'entreprendre la troisième phase de l'étude qui consiste à identifier les causes spécifiques et explicatives des perturbations que les lacs peuvent subir.

** Généralement l'inscription au programme RSVL du MDDEP (coût de 500 \$) est aux frais des associations de lacs. Elle permet aux riverains de contribuer à l'étude et de s'impliquer. Pour les lacs qui ne possèdent pas d'associations de lac, les frais peuvent être ajoutés aux coûts de réalisation de cette 2^e phase.

^{††} <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/rsv-lacs/index.asp>

^{‡‡} Algues microscopiques de couleur brunâtre fixées à un substrat solide (roches, embarcations...).

^{§§} http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/IQBR/index.htm



PHASE 3 : DÉTERMINATION DES CAUSES DE PERTURBATION (3^E ANNÉE)

Pour les lacs identifiés comme étant véritablement problématiques.

a) **Analyse** du territoire naturel et occupé **du bassin versant** du lac :

- Analyse réalisée à l'aide de la géomatique : quantification des territoires occupés par les milieux urbains, la villégiature, les infrastructures (chemins), les milieux humides, les forêts, etc. ;
- L'analyse du territoire du bassin versant permet d'estimer la contribution des territoires naturels et occupés à l'aide de modèles basés sur les coefficients d'exportation en phosphore ;

b) Mesure de la **qualité de l'eau des tributaires**^{***} du lac :

- Mesure des concentrations en phosphore, en carbone organique dissous (COD) et en matières en suspension ;
- Permet d'évaluer la contribution des cours d'eau en sédiments et en éléments nutritifs, éléments contribuant à l'eutrophisation des lacs.

c) **Identification des causes des perturbations** que les lacs subissent sur le terrain et par secteur du bassin versant :

- Localisation des foyers d'érosion sur le terrain ;
- Identification de sources ponctuelles et diffuses d'activités susceptibles de contribuer aux causes des perturbations ;

Cette dernière phase de l'étude intègre à la fois l'analyse du bassin versant du lac et de ses tributaires. Elle porte un diagnostic global (systémique) sur l'état de santé du lac. À l'aide des résultats des deux phases précédentes, elle émet des recommandations globales pour maintenir ou améliorer l'état de santé du lac.

« En résumé, cette approche de caractérisation des lacs en trois phases permet aux instances régionales (municipalités, OBV, etc.) d'identifier les lacs prioritaires à l'égard des perturbations qu'ils peuvent subir (phase 1), de mesurer les perturbations qu'ils subissent (phase 2) et d'identifier les causes de ces perturbations (phase 3). Cette approche est nécessaire à l'élaboration de plans de restauration ou de conservation de lacs; de plus, basée sur le principe de parcimonie, elle permet d'éviter d'investir des efforts importants pour des lacs qui n'en auraient pas besoin. »

*** Tributaires : cours d'eau qui se jettent dans le lac et qui drainent le bassin versant de celui-ci.



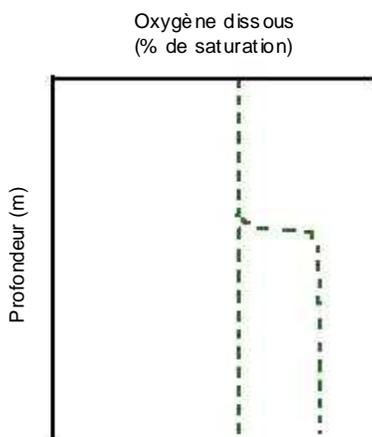
ANNEXE 2 : LES FACTEURS EXPLIQUANT LA DISTRIBUTION DE L'OXYGÈNE

Texte et figures adaptés de : Wetzel, G., R. 2001. *Limnology : Lake and river ecosystems, 3e édition*. Academic press. ISBN 0-12-744760-1. 1006 p.

Les différents patrons d'oxygène dissous

Le patron vertical de la concentration en oxygène dissous dépend de l'équilibre entre la production et la consommation en oxygène. Les courbes les plus souvent observées dans les lacs dimictiques^{†††} que l'on retrouve sous nos latitudes sont les suivantes :

a. Courbe d'oxygène de type orthograde

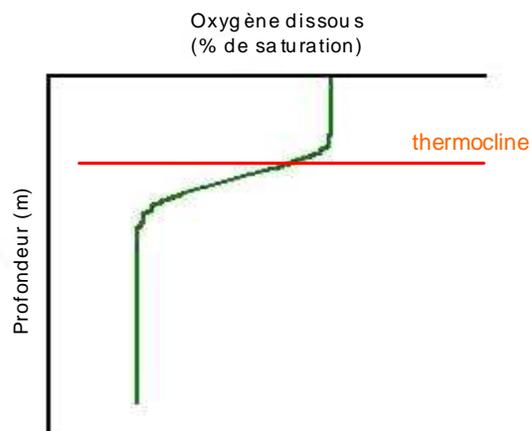


Dans un lac peu productif (**oligotrophe**), le patron orthograde est représenté par une oxygénation des eaux, de la surface jusqu'au fond. La courbe rectiligne présente des concentrations en oxygène distribuées à l'ensemble de la colonne d'eau suite au brassage printanier de l'eau (ligne pointillée rectiligne).

La courbe incurvée caractérisée par de plus fortes concentrations dans l'hypolimnion est le résultat d'une meilleure solubilité de l'oxygène à de plus faibles températures. Dans un lac oligotrophe, ce processus est souvent observé après la stratification thermique, soit lorsque l'eau de l'hypolimnion est bien confinée (ligne pointillée courbée vers la droite).

b. Courbe d'oxygène de type clinograde

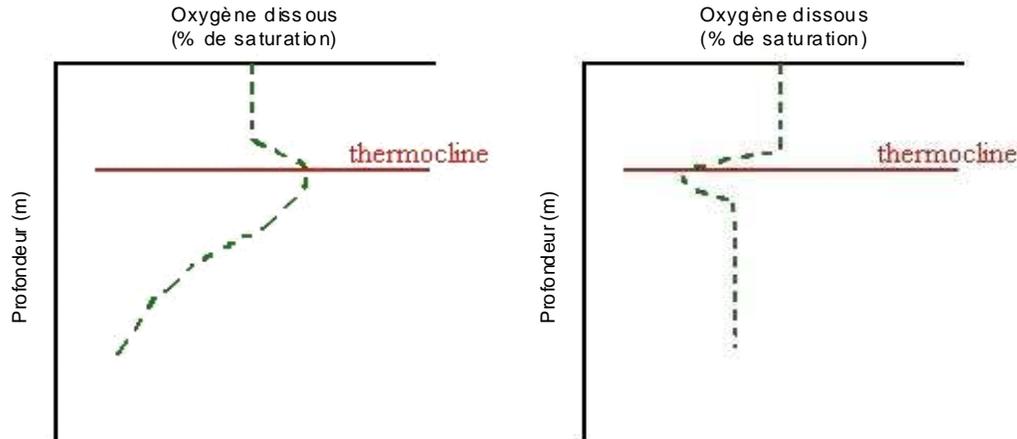
Dans un lac productif (**eutrophe**), le patron de type clinograde est le résultat d'une consommation excessive de l'oxygène dans les eaux profondes du lac. Comme l'eau de l'épilimnion est continuellement en contact avec l'atmosphère, la concentration en oxygène y est équivalente avec l'air ambiant. Au contraire, l'hypolimnion qui n'est pas en contact avec l'atmosphère lorsque le lac est stratifié perd graduellement de son oxygène. Cette diminution des concentrations en oxygène résulte de la dégradation de la matière organique provenant des végétaux morts qui sédimente vers le fond. Plus un lac reçoit d'apports nutritifs, plus les végétaux vont proliférer et ultimement sédimenter vers le fond, et plus forte sera la consommation en oxygène dans les eaux confinées de l'hypolimnion.



^{†††} Lac dont les eaux de surface et de profondeur se mélangent deux fois par an.



c. Courbes d'oxygène de type hétérograde (positive ou négative)



Le dernier type de patron est hétérograde. Pour la courbe hétérograde positive (figure de gauche), nous observons des concentrations élevées en oxygène dans la couche d'eau correspondant au métalimnion. Cette couche d'eau transitoire à l'égard de la température comprend la thermocline. Ce phénomène est possible lorsque l'eau est suffisamment transparente pour permettre la photosynthèse produite par le phytoplancton à cette profondeur. L'oxygène s'y accumule en raison du confinement des eaux comprises dans la couche du métalimnion. Soulignons que des masses d'eau de températures différentes auront des densités différentes, par conséquent ces masses d'eau différentes ne peuvent se mélanger.

Pour la courbe hétérograde négative (figure de droite), nous observons une diminution des concentrations en oxygène dans la couche d'eau correspondant au métalimnion. Ce phénomène s'explique par la consommation de l'oxygène à cette profondeur qui résulte de la décomposition de la matière organique par les bactéries aérobiques ou par la respiration d'une forte biomasse zooplanctonique. Les faibles concentrations en oxygène persistent en raison du confinement des eaux comprises dans la couche du métalimnion. La morphométrie d'un lac est une caractéristique qui peut favoriser ce phénomène. Par exemple, pour un lac dont la pente est douce, du littoral vers le fond, une superficie importante des sédiments de fond sera en contact avec les eaux du métalimnion. Par conséquent, les apports sédimentaires riches en éléments nutritifs et en matière organique vers cette couche d'eau favoriseront une forte productivité biologique à l'intérieur de cette masse d'eau, conduisant alors à des déficits en oxygène.



ANNEXE 3 : CARTES DE LOCALISATION DES LACS À L'ÉTUDE



ANNEXE 4 : FICHES DESCRIPTIVES DES LACS À L'ÉTUDE

