

AVIS AU LECTEUR

Ce texte se veut l'amorce d'une démarche de recherche plus approfondie sur la migration du phosphore dans les sols en bordure des lacs et des rivières. Il sera revu, mis à jour et complété au fur et à mesure de l'évolution du projet. Il est porté à l'attention des internautes qui fréquentent notre site pour faire avancer la réflexion sur cette importante problématique. On sait que la concentrations de phosphore dans les milieux aquatiques favorise la prolifération des cyanobactéries (algues bleues).

CARACTÉRISATION DES SOLS
DES CHAMPS DOMESTIQUES D'ÉPURATION
SITUÉS À PROXIMITÉ DE LA
BANDE RIVERAINE DES LACS

REVUE DE LITTÉRATURE

PAR
Nature Québec

Septembre 2007



TABLES DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	II
--------------------	----

AVANT-PROPOS	II
--------------------	----

RÉSUMÉ.....	III
-------------	-----

1. INTRODUCTION	1
------------------------------	----------

1.1 Mise en contexte et problématique.....	1
1.2 Objectifs de l'étude	2
1.3 Hypothèse de recherche	2

2. EAUX USÉES DOMESTIQUES	3
--	----------

2.1 Disposition des eaux usées et rétention de phosphore dans les sols.....	3
2.2 Mesure de teneur du sol en phosphore	4
2.3 Site de traitement des eaux usées.....	4

3. ÉTAT DE SATURATION DES SOLS	6
---	----------

3.1 Mesures de l'état de saturation des sols.....	6
3.2 Comportement des sols saturés et non saturés.....	7
3.3 Fissures du sol et état de saturation	8
3.4 Méthode d'analyse de sol et gestion de phosphore et d'azote	9

4. LE QUÉBEC EST AUX PRISES AVEC LES CYANOBACTÉRIES DANS LES LACS 12	
---	--

4.1 Cyanobactéries.....	12
4.2 Stratégies de lutte contre les cyanobactéries.....	12
4.3 Quels sont les moyens d'interventions les plus efficaces pour la protection de nos lacs contre les cyanobactéries ?.....	14
4.4 Adoption de loi et Révision des règlements.....	14
5. Recommandations : campagne québécoise « Sauvons nos lacs ».....	15

AVANT-PROJET : MONTAGE DU PROJET DE CARACTÉRISATION DES SOLS DES CHAMPS DOMESTIQUES D'ÉPURATION SITUÉS À PROXIMITÉ DE LA BANDE RIVERAINE DES LACS	18
--	-----------

BIBLIOGRAPHIE	21
----------------------------	-----------



REMERCIEMENTS

Nous remercions du fond du cœur Nature Québec, qui nous a ouvert ses portes toutes grandes. Nature Québec nous a permis d'effectuer notre stage à la commission Agriculture. Elle nous a offert l'opportunité d'acquérir nos premières expériences d'emploi au Québec. Nature Québec sera toujours notre premier employeur et nous serons son ambassadrice. Qu'elle daigne trouver à travers ces lignes toute notre gratitude.

Nous remercions de tout cœur M. Christian Simard, directeur général, Mme Brigitte Boulianne, directrice exécutive, et M. Denis Côté, responsable de la commission Agriculture, lesquels nous ont acceptée comme stagiaire chez Nature Québec. Une gratitude spéciale pour l'encadrement fourni.

Nous remercions également du fond du cœur SOIIT et Emploi-Québec, qui nous ont permis de réaliser un stage en vue d'acquérir des expériences d'emploi au Québec. Nous exprimons notre gratitude à M^{me} Xiao-Mian Xie, qui nous a référée et encadrée durant notre stage chez Nature Québec, à M^{me} Micheline Randolph, notre conseillère, et à M^{me} Andrée Bergeron, notre formatrice en recherche d'emploi. Un remerciement spécial à toute l'équipe de SOIIT.

Nous adressons également nos remerciements à toute l'équipe de Nature Québec pour son accueil chaleureux, pour les discussions passionnées, et pour avoir mis à notre disposition son expertise scientifique, administrative et logistique. Grâce à cette expertise, nous avons été intégrée à toutes les activités de Nature Québec et avons bénéficié d'excellentes conditions de stage.

AVANT-PROPOS

Nous avons effectué notre stage à la commission Agriculture de Nature Québec. Ce stage s'est déroulé du 10 septembre au 5 octobre 2007 et avait pour mandat :

- la réalisation d'une revue de la littérature et d'une analyse des règlements en matière environnementale;
- la réalisation d'entrevues d'opinion des spécialistes en sols et en hydrodynamique, afin de documenter l'état de saturation des sols de bordure des lacs;
- l'élaboration d'un protocole de recherche sur l'état de saturation des sols, à réaliser ultérieurement sur le terrain.

Mudzo Mwacan Maractho

RÉSUMÉ

La caractérisation des sols de la bande riveraine des lacs, une voie prometteuse et préalable à toute réglementation efficace pour contrôler les cyanobactéries

Le nombre de lacs québécois dont l'eau est dégradée par les cyanobactéries est en constante augmentation depuis les récentes années. Ceci laisse entendre que de plus en plus de phosphore est disponible chaque année pour soutenir la croissance des algues bleues dans ces plans d'eau. Il y a donc une certitude que le flux de phosphore vers ces plans d'eau excède leur capacité à l'éliminer ou à l'immobiliser.

En milieu environnant agricole, le flux de phosphore vers les plans d'eau est de mieux en mieux documenté et pris en compte par plusieurs actions dont le règlement sur les entreprises agricoles. Par contre, aucune réglementation spécifique au contrôle du flux de phosphore n'est en place lorsque les plans d'eau ne font pas partie d'un bassin hydrographique dans lequel se pratique l'agriculture, et ce, probablement en raison du manque de connaissance des autorités en regard de la magnitude des diverses composantes de ce flux, sur lesquelles il serait possible d'intervenir efficacement par réglementation. Le règlement Q2R8 actuel n'offre aucune approche spécifique au contrôle du flux de phosphore à moyen terme lorsqu'il préconise l'acheminement des eaux usées vers des milieux récepteurs.

C'est pourquoi Nature Québec, se basant sur l'expertise de ses membres, sur l'information tirée de la littérature pertinente et à la suite de consultations auprès de scientifiques possédant une connaissance approfondie des paramètres de contrôle du flux de phosphore vers les plans d'eau préconise une démarche scientifique très prometteuse avant que ne soit amendé le Q2R8. Cette démarche repose sur la caractérisation pédologique, sur base cartographique, des sols et sous-sols occupant la périphérie immédiate des lacs dont les pourtours sont habités. En priorité les portions de terrain occupées par les fosses septiques et leurs milieux récepteurs sont visées. Parmi les propriétés physiques et chimiques des sols et sous-sols en phase hydraulique saturée et non saturée, dont la connaissance est essentielle, se retrouvent la granulométrie et la perméabilité, et surtout la teneur en phosphore disponible et biodisponible, ainsi que le taux de saturation en phosphore actuel sur un profil-type de deux mètres de profondeur. Nature Québec développe actuellement un protocole de recherche pour valider cette approche sur un petit nombre de lacs. Nature Québec formule enfin l'hypothèse qu'une réglementation d'envergure provinciale tenant compte d'une telle caractérisation soit, avec une interdiction de l'usage des détergents phosphatés, la meilleure voie à prendre pour solutionner le problème d'enrichissement excessif des lacs en phosphore.

1. INTRODUCTION

Dans un bassin versant agricole, les sources potentielles d'enrichissement en phosphore des eaux, en lien avec la gestion du sol, des engrais, du parcellaire et des animaux d'élevage, sont de plus en plus connues, notamment par la chimie du phosphore dans le sol et par le bilan des pertes environnementales, et ce, en fonction des caractéristiques de plus de 500 séries de sols agricoles. La commission Agriculture de Nature Québec entend rassembler prochainement une documentation spécifique sur les pratiques à mettre en place pour réduire les exportations en phosphore d'origine agricole. Cette recherche documentaire est déjà amorcée dans le cadre de la commission Pronovost.

Qu'en est-il des exportations de phosphore dans un bassin versant lacustre non agricole ? Quelles sont les sources potentielles d'enrichissement en phosphore d'un plan d'eau ou d'un lac ? S'agit-il d'une gestion déficiente des eaux usées domestiques, de la fertilisation du sol, de l'érosion du sol constituant la bande riveraine et du sol provenant du terrain en amont de cette dernière, du transport de sédiments et de phosphore soluble dans le réseau hydrographique alimentant le lac (contribution du milieu naturel) et des infrastructures (routes, sentiers, drainage artificiel, animaux de compagnie), du ruissellement diffus de phosphore franchissant la bande riveraine, du drainage souterrain diffus de phosphore sous la bande riveraine ou de la diffusion de phosphore soluble en provenance du sol submergé lors de périodes d'inondation (hautes eaux du lac) ? La liste est longue et Nature Québec croit qu'il faut d'abord mettre en priorité la connaissance des sources de contamination en phosphore en lien avec les caractéristiques du sol. D'autant plus que les rejets ponctuels (tuyaux d'égout, de drainage, cours d'eau, dépôts solides contaminés utilisés comme remblayage) dans les plans d'eau et les lacs sont facilement repérables visuellement ou en suivant un simple protocole d'échantillonnage réalisé par un inspecteur mandaté pour le faire. Nature Québec croit que l'expertise scientifique nécessaire pour réaliser cette acquisition de connaissance est disponible au Québec.

1.1 MISE EN CONTEXTE ET PROBLÉMATIQUE

Les plans d'eau et les lacs du Québec sont aux prises avec les proliférations des cyanobactéries. Celles-ci découlent d'interactions complexes entre la température de l'eau, l'ensoleillement, le pH, la disponibilité des nutriments et les courants dans les plans d'eau. Ces proliférations émanent de la domination de la communauté phytoplanctonique par les cyanobactéries. Leur floraison est l'un des symptômes les plus dramatiques de l'eutrophisation des lacs. Étant fermés, les lacs n'ont pas de capacités auto-épuratoires.

Conscient de la gravité de cette situation, Nature Québec initie une recherche sur la problématique des cyanobactéries versus la disposition des eaux usées domestiques des résidences isolées et des chalets situés à proximité des lacs. Ces eaux usées peuvent être épurées par les sols situés en bordure des lacs. Ces sols constituant les champs d'épuration sont situés dans les zones de fluctuations des lacs. Comme la topographie des lacs est plus basse que celle du milieu

environnant, il pourrait y avoir des flux dans les lacs, lesquels deviendraient ainsi enrichis en phosphore.

Étant donné que la teneur et le taux d'épuration des sols en bordure des lacs ne sont pas connus, on est en droit de se poser des questions. Comment peut-on intervenir dans des sols dont on ignore l'état de saturation et aménager les bordures ou les bandes riveraines autour des lacs pour lutter contre les cyanobactéries ? C'est là toute la problématique d'une étude qui doit absolument être réalisée si l'on veut lutter efficacement contre les cyanobactéries et sauver nos plans d'eau et nos lacs. Ces plans d'eau et ces lacs sont des ressources reconnues par la Politique nationale de l'eau comme un patrimoine commun à toutes les Québécoises et tous les Québécois.

Par ailleurs, on sait que les composantes du sol qui interviennent dans la rétention du phosphore sont les oxydes d'aluminium et de fer. Il est important de les localiser et de savoir s'ils sont présents en bordures des lacs concernés. On doit donc documenter l'état des sols, car la connaissance de leur degré de saturation en phosphore permettrait de prédire la quantité de phosphore soluble, et potentiellement désorbée, susceptible d'enrichir les eaux des lacs.

On serait alors en mesure d'intervenir et d'appliquer des correctifs aux sols en bordures des lacs, en vue d'augmenter leur capacité à retenir les phosphores.

1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Objectif général

- Acquérir une connaissance des sols (phase non-saturée et saturée) situés à proximité de la bande riveraine des lacs (l'état de saturation du sol en P, sa granulométrie, la composition chimique de l'eau du sol (pH, teneur en N et P soluble et biodisponible)).
- Organiser la campagne « Sauvons nos lacs ».

Objectifs spécifiques

- Documenter la disposition des eaux usées des résidences et des chalets par rapport aux lacs (orientation, élévation, distance, étanchéité et types de fosses septiques).
- Étudier les types de sols et analyser leur état de saturation.
- Mettre sur pied la campagne « Sauvons nos lacs » pour sensibiliser les acteurs sociaux.
- Monter un projet de recherche sur l'état de saturation des sols.
- Rechercher du financement en vue de prélever des échantillonnages et d'analyser les sols.

1.3 HYPOTHÈSE DE RECHERCHE

L'abondance de sols à la fois riches en P, hautement saturés en P et dotés d'une granulométrie grossière au pourtour immédiat des lacs est un facteur important d'enrichissement des lacs en phosphore.

2. EAUX USÉES DOMESTIQUES

2.1 DISPOSITION DES EAUX USÉES ET RÉTENTION DE PHOSPHORE DANS LES SOLS

Dans les résidences isolées et dans les chalets, l'utilisation du sol comme milieu de traitement et d'évacuation des eaux usées se fait généralement au moyen d'une installation septique conventionnelle et d'un élément épurateur (MENV, 2003). La gestion des eaux usées est régie par le règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, r.8). De plus, le MDDEP a instauré un programme de suivi pour les installations. Ce règlement et le suivi des installations septiques devraient permettre d'améliorer le rendement et d'éviter des fuites dans les sols. Malheureusement, cela n'est pas le cas, car « aucune installation n'est à l'abri de pertes occasionnelles ou sporadiques de biomasse » (MENV, 2003). Aussi, selon ce même règlement (Q-2, r.8), il faudrait adopter une épaisseur minimale de 60 cm de sol non saturé entre la surface d'application des eaux usées et le sol. Cette épaisseur s'applique après la remontée dans la nappe.

Concernant le taux de charge hydraulique, seuls quelques essais ont été testés sur le terrain. Ces tests ne suffisent pas pour extrapoler des règles générales applicables. Présentement, en matière de charge hydraulique, « l'expertise à ce jour demeure limitée » (MENV, 2003). Il en est de même pour l'analyse théorique, car les hypothèses n'ont généralement pas été validées en conditions réelles.

En effet, les eaux usées subissent un traitement dans les fosses septiques, avant être traitées par infiltration directement dans les sols. Ainsi l'enlèvement du phosphore se fait par fixation dans le sol et, d'une manière générale, le sol offre donc une importante capacité de rétention de phosphore. Mais, « la proportion de phosphore retenue diminue en fonction de la saturation du sol par l'effluent » (MENV, 2003). Cette rétention du phosphore des eaux usées dans les sols est très complexe. « Elle dépend de plusieurs facteurs comme la chimie du sol, sa capacité d'absorption, la concentration et le taux de charge des eaux infiltrées, les conditions d'oxygénation, la végétation, les pentes ou autres » (MENV, 2003). De plus, la quantité de phosphore retenue, ainsi que l'étendue de la zone d'influence du phosphore, varient d'un site à l'autre. Il est « toutefois démontré que la zone d'augmentation de concentration en phosphore peut s'étendre avec les années »¹.

D'ailleurs, à plus ou moins long terme, le phosphore excédentaire risque d'entraîner une détérioration de la qualité des plans d'eau et des lacs. Néanmoins, le MENV (2003) admet que : « les installations septiques situées à plus de 300 mètres d'un lac ou de ses tributaires ne devraient pas avoir un effet significatif sur les apports en phosphore dans le lac ». Toutefois, il faut préciser qu'il est ici question des fosses septiques respectant les normes réglementaires.

¹ Ptacek *et al.*, 1997, Gerritse *et al.*, 1995, Direscher et Gelbrecht, 1993, cités par MENV, 2003.

2.2 MESURE DE TENEUR DU SOL EN PHOSPHORE

Au Québec, selon le MENV (1999), « on utilise l'extractif Mehlich III » pour mesurer la teneur du sol en phosphore et sa teneur en aluminium. Le pourcentage de saturation correspond alors au rapport de la teneur en phosphore sur la teneur en aluminium. C'est la teneur du sol agricole en phosphore qui est mesurée et documentée. Cette teneur du sol agricole en phosphore ne peut être extrapolée pour documenter celle des sols en provenance des fosses septiques des résidences isolées et des chalets. En effet, la situation de migration ou de lessivage du phosphore dans le sol agricole (couche superficielle) est différente, et n'est donc pas comparable à celle des sols en provenance des fosses septiques. Toutefois, « la capacité de rétention du sol en phosphore peut être déterminée au moyen d'essais d'adsorption »². Mais on devrait être très prudent avec cette affirmation, car les données disponibles ne permettent pas de « savoir si la capacité de rétention a été vérifiée après saturation du sol » (MENV, 2003).

Le MDDEP insiste sur la protection des ressources en eau. D'après le MENV (2003), « si l'on projette d'introduire un champ de polissage à moins de 300 mètres d'un lac ou de l'un de ses tributaires, on doit en évaluer l'impact à long terme ». On détermine donc la capacité de fixation du sol en phosphore, en s'assurant que « cette capacité sera suffisante pour fixer la charge en phosphore prévue sur une période d'au moins 20 ans » (MENV, 2003). De plus, « la zone de sol qui peut être considérée pour déterminer la capacité de fixation en phosphore est l'épaisseur de sol non saturé entre la surface d'application des eaux usées et le niveau de la nappe sur la superficie d'épandage des eaux usées » (MENV, 2003). Lorsqu'un champ de polissage est introduit, on aménage un puits d'échantillonnage des eaux souterraines en aval de la zone d'infiltration et on mesure « la concentration en phosphore une fois par trimestre, sauf l'hiver » (MENV, 2003). Cependant, si « la concentration atteint 150 % de sa valeur initiale, l'infiltration dans le sol doit être remplacée par une autre méthode de déphosphatation » (MENV, 2003).

2.3 SITE DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

La redistribution de l'eau arrivant au sol « est largement conditionnée par les propriétés hydriques (rétention hydrique et conductivité hydraulique) des sols. Ces propriétés sont contrôlées par la structure et la texture des milieux poreux, très variables tant verticalement (selon les horizons dans les profils de sol) que latéralement (suivant les conditions de dépôt et les formations superficielles) » (Melounou, 2004).

La première des relations d'hydrodynamique a été proposée par Darcy (1856), et étendue aux milieux non saturés.

$$Q = -K(\theta, z) \frac{dH}{dz}$$

Figure 1. Relation d'hydrodynamique

² EPA, 1981, Reed *et al.*, 1995, cités par MENV, 2003.

Q = Flux d'eau d'une section en une unité de temps donné (LT^{-1}); K = conductivité hydraulique (cm/h); q = teneur en eau volumique (cm^3/cm^3); Z = profondeur du sol (cm); H = charge hydraulique (cm); dH/dz = gradient de charge hydraulique (Melounou, 2004).

Pour les résidences isolées et chalets, on doit tenir compte, selon Dubé et Barabé (1991) et selon Dubé *et al.* (1996), « des diverses caractéristiques d'un site en regard de son aptitude pour le traitement des eaux usées par infiltration dans le sol, entre autres : la localisation du site, sa superficie, sa topographie, son drainage, la texture du sol, sa structure, sa densité relative, sa stratification, sa couleur, sa conductivité hydraulique, son débit spécifique, la profondeur de la nappe phréatique, son gradient et sa remontée, et la profondeur du roc ou d'une couche imperméable ». Le regroupement de normes ASTM (*Standards Related to On-site Septic Systems*) constitue également un bon outil de travail pour l'étude des sites en vue du traitement des eaux usées par infiltration dans le sol. Tandis que les essais de percolation, souvent utilisés dans l'étude des sols pour le traitement des eaux usées des résidences isolées et chalets, peuvent « être inadéquats ou insuffisants lorsqu'il s'agit de traiter des débits plus importants. Il est donc important de faire appel à de nouvelles approches et techniques d'évaluation des sites. L'utilisation des essais de percolation demeure tolérée pour les systèmes à plus faible débit lorsque le sol est très homogène, mais devrait être complétée par des données relatives à la nature du sol » (ASTM, 1997, cité par MDDEP (2007)).

Or, la nature du sol n'est généralement pas connue. Il est important de déterminer la perméabilité du sol, la profondeur de la nappe phréatique, et le gradient hydraulique. Étant donné que « les mesures de niveau dans les piézomètres ne donnent qu'un portrait instantané au moment des lectures, il est essentiel de compléter cette information en procédant à une estimation du **niveau haut de la nappe phréatique**, en tenant compte des facteurs suivants :

- les signes comme la végétation propre aux zones humides, les sols organiques, les marques laissées par l'eau;
- la connaissance de la région par des résidents ou autres permettant de localiser les surfaces potentielles d'inondation et les zones où le niveau de la nappe phréatique est généralement élevé;
- la topographie générale, les patrons de drainage de surface et le niveau d'eau dans les fossés, rivières ou lacs, en tenant compte des sols à capillarité élevée, le cas échéant;
- l'inspection du sol provenant des trous de forage ou de puits d'essais pour détecter les sols montrant des moirures de couleur brun rougeâtre ou brun jaunâtre, indiquant qu'ils sont probablement périodiquement saturés, ou les sols gris et humides indicatifs d'un sol généralement saturé et dont les pores sont dépourvus d'oxygène » (MDDEP, 2007).

3. ÉTAT DE SATURATION DES SOLS

3.1 MESURES DE L'ÉTAT DE SATURATION DES SOLS

Pour connaître les caractéristiques et la conductivité hydraulique du sol, il faut des sondages qui permettent « d'établir le profil stratigraphique du sol, incluant l'horizon de sol de la zone d'interface d'application des eaux usées au milieu récepteur naturel, celui du milieu de traitement proprement dit et celui caractéristique d'une limite de perméabilité apparente. Les sondages devraient avoir une profondeur d'au moins 3 mètres. Un minimum de 3 sondages est recommandé pour les plus petites installations. Un nombre suffisant d'échantillons représentatifs doit être prélevé pour effectuer des analyses granulo-sédimentométriques. Le nombre de sondages, d'analyses et d'essais de conductivité hydraulique recommandés est en fonction du débit d'eaux usées à traiter » (Dubé *et al.*, 1996, cité par MDDEP, 2007).

La norme ASTM D 5126-90³ présente une analyse de diverses méthodes disponibles pour déterminer la conductivité hydraulique d'un sol devant être utilisé pour le traitement des eaux usées par infiltration dans le sol. Un perméamètre à haute conductivité hydraulique (type Tresco) a été utilisé dans plusieurs applications au Québec, (ASTM, 1997, cité par MDDEP, 2007). Cependant, les essais au laboratoire permettent de vérifier l'ordre de grandeur des conductivités hydrauliques ou de détecter des anomalies dans les lectures faites sur place. Pour les ouvrages de capacité inférieure, la conductivité hydraulique peut être estimée à partir de la texture du sol (voir figure 2.). Une prudence particulière et l'avis d'un expert sont requis pour la plage de conductivité hydraulique allant de 4×10^{-4} à 6×10^{-5} cm/s et surtout en présence d'argile, susceptible de gonfler.

Hantzsche *et al.*, (1981, cités par MENV, 2003), recommandent d'ajuster le point correspondant à la granulométrie mesurée en fonction d'un équivalent d'une augmentation de 15 % de sa teneur en argile pour fins d'utilisation (figure 2) pour les sols très compacts (limon ou sol plus fin ayant une densité relative supérieure à 1,5 ou sable ayant une densité relative supérieure à 1,7).

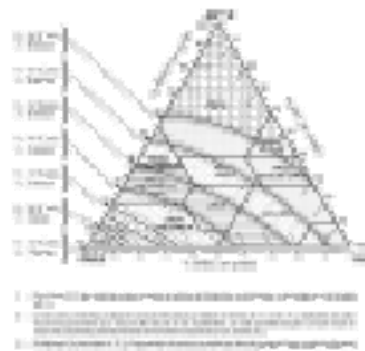
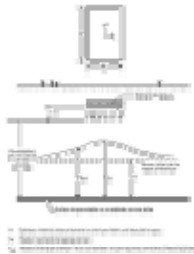


Figure 2. Corrélation entre la texture du sol et sa valeur probable de conductivité hydraulique

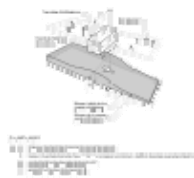
Source : MENV, 2003

³ ASTM, (1997 cité par MDDEP, 2007). Standard Guide for Comparison of Field Methods for Determining Hydraulic Conductivity in the Vadose Zone



Source : MENV, 2003

Figure 3. Remontée de la nappe phréatique sous un élément épurateur



Source : MENV, 2003

Figure 4. Évacuation de l'eau dans le sol selon la loi de Darcy

D'après, le MENV (2003), « pour s'assurer de maintenir en tout temps des conditions non saturées dans les 90 premiers centimètres sous l'interface d'application, on doit normalement procéder au calcul théorique de la remontée du niveau de la nappe (figure 3.). Le modèle de Hantush est le plus couramment utilisé à cette fin ». Pour les cas où le gradient hydraulique est trop élevé (plus de 1 %) pour permettre l'application du modèle de Hantush, une approche basée sur la loi de Darcy (figure 4.) peut être utilisée pour s'assurer que la capacité d'évacuation du site est suffisante et que la zone non saturée requise pourra être maintenue » (Dubé *et al.*, 1996 cités par MENV, 2003).

Lors de l'établissement de systèmes de traitement des eaux usées par infiltration dans le sol, il est primordial d'assurer la protection des eaux de surface (rivières et lacs) et des sources d'approvisionnement en eau potable. Or, actuellement, **les lacs souffrent de contamination par les cyanobactéries.** Ces contaminations proviennent entre autres des eaux usées des résidences isolées et chalets situés près des lacs. Il s'agit de l'enrichissement en phosphore. Mais, ce phosphore peut être retenu par les sols servant de champs d'épuration en bordure des lacs, comme nous l'avons dit plus haut.

3.2 COMPORTEMENT DES SOLS SATURÉS ET NON SATURÉS

La revue de la littérature ne fait aucunement mention des analyses de l'état de saturation des sols de champs d'épuration. Nature Québec constate donc l'absence de documentation, et ce constat est corroboré par Ghorbel, (2006), soulignant « un manque de données expérimentales pour trouver un concept général permettant de décrire le comportement des sols saturés ». Il en est de même pour Pouget, (1998) disant que « ces aspects ont souvent été négligés dans les études récentes sur l'écoulement à saturation variable » et « malheureusement, il existe dans la littérature peu de données permettant de modéliser les processus d'écoulement et de transport ». C'est pourquoi, Nature Québec pense qu'il est d'une importance majeure de déterminer la nature des sols et l'état de saturation de ces sols de bords des lacs du Québec.

Selon Ghorbel (2006), « les sols non saturés sont des matériaux constitués de trois phases : gaz, eau et phase solide. L'existence de la phase gazeuse provoque le développement de ménisques capillaires air-eau que le groupe de recherche de l'université de Saskatchewan considère comme une quatrième phase. Alors qu'un sol saturé a une pression interstitielle positive, un sol partiellement saturé a, lui, une pression d'eau négative si la pression de gaz est à la pression atmosphérique. Dans un sol granulaire, plus le sol se désature, plus les ménisques deviennent petits, avec un faible rayon de courbure, ce qui engendre des forces d'attraction (de la succion) plus importantes. Dans le cas des sols fins non saturés, l'interaction entre les particules n'est pas

seulement due à la capillarité mais également aux actions physico-chimiques d'absorption. Les actions d'attraction [...] définissent un nouveau terme du potentiel de l'eau dans le sol : pour les sols grenus non saturés, il s'agit du potentiel capillaire alors que, pour les sols fins non saturés, il s'agit de la somme des potentiels capillaires et d'absorption, qu'on appelle le potentiel matriciel. Il existe aussi un potentiel osmotique dû à la concentration de l'eau en sel et un potentiel gravitaire dû à la pesanteur, qui sont le plus souvent négligeables en géotechnique ».

En bref, le potentiel total de l'eau dans un sol non saturé est « la somme des potentiels matriciel, osmotique et gravitaire » (Delage, 1988, cité par Ghorbel, 2006). Mais, c'est la succion matricielle qui intervient principalement dans le comportement des sols non saturés. Aussi, pour Nature Québec, il est donc essentiel de déterminer la teneur en eau des sols ou le degré de saturation et de présenter sa variation en courbe de rétention d'eau. Toutefois, les différents modèles de courbe n'insistent pas sur « le fait que le comportement des sols non saturés dépend de la courbe de rétention d'eau, qui à son tour dépend de la nature du sol ainsi que des conditions de compactage ou de l'histoire géologique de ces sols » (Ghorbel, 2006).

3.3 FISSURES DU SOL ET ÉTAT DE SATURATION

De plus, il serait nécessaire de déterminer si on est en présence des fractures. Les cycles de gel et de dégel que connaît le Québec, peuvent produire des fissures dans le bassin versant non agricole concerné par cette étude. En présence des fissures, le phosphore et l'azote peuvent « passer rapidement au travers la matrice du sol si ce dernier possède des canaux d'écoulement préférentiel » (Chadwick et Chen, 2002, cités par MAPAQ, 2007). Dans ce cas, « l'eau ruisselée peut s'infiltrer à l'intérieur de ces craques et « court-circuiter » la matrice du sol » (Dexter, 1982, cité par MAPAQ, 2007). La présence des fissures, combinée au transport rapide, « peut favoriser la migration de contaminants en agissant comme des chemins d'écoulement préférentiel vers les aquifères sous-jacents » (Therrien et Sudicky, 1996, cités par Pouget, 1998). Et considérant le lien existant entre la nappe phréatique et les eaux de surface, les contaminants venant des eaux usées de fosses septiques peuvent se retrouver dans les lacs. Mais, cette capacité des fractures à contribuer à la migration des contaminants dépend des conditions de saturation du système. « En condition saturée, la majeure partie de l'écoulement a effectivement lieu dans les fractures et la matrice environnante ne contribue qu'à une part négligeable de l'écoulement total du système » (Pouget, 1998).

On pourrait illustrer ce cas de fissures par l'exemple des sols argileux. Ils sont sujets, « en gonflement et en rétrécissement, aux variations saisonnières qui déterminent les changements de la teneur en eau du sol. Les sols argileux changent de consistance selon leur teneur en eau (MAPAQ, 2007). « Tout dépendant de sa teneur en smectite, un sol argileux gonflera avec une teneur en eau élevée et se rétractera lors de son dessèchement » (MAPAQ, 2007). Mais, au Québec à cause des conditions climatiques, « les sols sont souvent près de leurs états de saturation, et leur potentiel de gonflement est alors limité » (MAPAQ, 2007). Dans ces sols argileux, les fentes « forment des chemins favorisant l'écoulement préférentiel de l'eau au travers du sol » (MAPAQ, 2007). La fissure permet l'infiltration et la percolation dans un sol argileux (Soil Survey Staff,

1996, cité par MAPAQ, 2007). Et Giroux (2007, cité par MAPAQ, 2007) précise que « l'infiltration plus importante serait due, en partie, à la présence de macropores ou de canaux préférentiels ».

La texture du sol intervient dans ce processus d'écoulement préférentiel. « Si la perméabilité du sol grossier est beaucoup plus élevée que le taux d'infiltration dans le sol fin, la pénétration dans le sol grossier surviendra en des points isolés, le long de l'interface plutôt que sur toute surface » (MAPAQ, 2007). Dans ce cas, l'eau se coule rapidement en minces doigts d'eau, aussi « l'eau et toutes les substances chimiques qu'elle contient, peuvent potentiellement se déplacer rapidement à de grandes profondeurs dans le sol à texture grossière » (MAPAQ, 2007). Si on étudie ces sols, les caractéristiques de rétrécissement et de gonflement sont souvent le lessivage des fertilisants et des produits chimiques. On peut préciser que les fentes se trouvent plus dans les classes de sols plus sensibles qui sont des sols argileux à 35 % et plus d'argile. Il s'agit d'un sol argileux très fin et argileux fin. On est en présence d'une probabilité élevée de fentes, c'est donc la zone rouge à surveiller.

Lorsqu'un sol est saturé en eau, il y a transport. Novàk *et al.* (2000, cités par MAPAQ, 2007) ont effectué une étude portant sur l'infiltration de l'eau dans un sol présentant des fentes. Cette étude « associe l'infiltration dans les fentes avec le transport accéléré des solutés, qui pénètrent plus profondément dans le sol et qui présentent alors des risques pour la pollution du sol et de la nappe phréatique ». Pour leur part, au nord de l'Italie, Montovi *et al.*, (2005), cités par MAPAQ, (2007) ont étudié « le lessivage des nitrates et ont constaté que, durant les premières périodes de précipitations, les nitrates ont été lessivés au travers des premiers mètres de la zone non saturée, à au moins quatre mètres de profondeur ». Néanmoins, on ne peut comparer les conditions qui prévalent en Italie dans le vertisol avec la situation de l'ensemble du Québec.

3.4 MÉTHODE D'ANALYSE DE SOL ET GESTION DE PHOSPHORE ET D'AZOTE

La problématique actuelle de la qualité de l'eau des lacs est liée à la mauvaise gestion du phosphore. Il faut donc gérer deux paramètres majeurs qui sont la teneur et le pourcentage de saturation du sol en phosphore. « Le pourcentage de saturation du sol en phosphore nous informe sur le niveau de la disponibilité du phosphore, mais également sur le niveau de risque environnemental que représente cet élément pour la qualité de l'eau. En plus d'engendrer une augmentation de la teneur du sol en phosphore, la surfertilisation a donc également pour effet d'élever le pourcentage de saturation du sol en phosphore. Ainsi, lorsqu'un sol contient 1128 mg Al/kg sol et 132 kg P/ha extraits avec la solution Mehlich III et qu'il est fertilisé de telle façon que sa teneur atteigne 262 kg P/ha, le pourcentage de saturation du sol qu'il présente augmente de 5,3 p. cent à 10,6 p. cent » (Michaud, 2004).

On doit impérativement effectuer l'analyse des sols pour connaître leur état de saturation. On devrait alors prendre séparément les échantillons de sols sableux, limoneux ou argileux et les analyser. Pour analyser les sols, il est préférable d'appliquer la méthode Mehlich-III. La méthode Mehlich-III (Mehlich *et al.*, 1984) a été validée pour les conditions édaphiques québécoises (Tran et Giroux, 1987, cités par Michaud *et al.*, 2006). Elle est utilisée comme méthode d'extraction

pour plusieurs éléments nutritifs du sol. La solution extractive Mehlich III se compose de CH_3COOH 0,2 M, de NH_4NO_3 0,25 M, de NH_4F 0,015 M, de HNO_3 0,013 M et de EDTA 0,001 M.

Au Québec, des travaux effectués par Giroux et Tran (1996) « montrent qu'il existe une très bonne relation entre la teneur en aluminium extrait avec la solution Mehlich III et la capacité de fixation du sol en phosphore. Ils démontrent également la valeur de deux indices de saturation du sol en phosphore : le rapport = $\frac{\text{P Mehlich III}}{\text{Al Mehlich III}}$ et celui du $\frac{\text{P Mehlich III}}{\text{capacité de fixation du phosphore}}$. Ils ont obtenu une forte relation entre ces deux indices ». Ainsi, la capacité de fixation permet de déterminer facilement le pourcentage de saturation. Le calcul de l'évolution du pourcentage de saturation d'un sol en phosphore s'effectue selon l'équation qui suit : $[\text{teneur en phosphore M-3}^2 \text{ (kg P/ha)} / \text{teneur en aluminium M-3 (mg Al/kg sol)} \times 2,2^4] \times 100$. Lorsque « le sol est classifié « bon », « riche » ou « excessivement riche », un enrichissement excessif nuit au maintien de la qualité des eaux de surface, notamment lorsque le niveau de saturation dépasse 10 p. cent » (Giroux et al., 1996). Sur la base des travaux de recherche réalisés au Québec, Giroux et al. (1996), « ont constaté qu'il faut ajouter de deux à cinq kg P/ha aux prélèvements des récoltes pour augmenter la teneur en phosphore Mehlich III d'un sol de 1 kg P/ha ».

D'après Michaud (2004), « les modèles AGNPS (Agricultural Nonpoint Pollution Model), (Bingner et al., 2001) et SWAT (Soil and Water Assessment Tool), (Arnold et al., 1998), sont aujourd'hui les outils parmi les mieux intégrés au plan agronomique et hydrologique pour prédire les exportations diffuses de P. Ils sont actuellement utilisés par quelques états américains pour comptabiliser les charges diffuses et ponctuelles de P dans le cadre de l'application de la politique environnementale nationale basée sur les charges quotidiennes maximales acceptables par bassin versant. Leur utilisation dans le contexte de projets d'intervention en bassins versants demeure cependant limitée par la complexité des processus biophysiques à simuler, et surtout, l'importance des banques de données pertinentes aux pratiques agricoles, aux sols, à la qualité de l'eau nécessaires pour alimenter, calibrer et valider les modèles ». Les paramètres SWAT ont été utilisés dans le bassin versant de la rivière aux Brochets pour les suivis de l'hydrométrie et de la qualité de l'eau. D'après Michaud et al. (2006), il y a « le calibrage et la validation de la modélisation journalière des cheminements de surface et souterrain des eaux, de l'érosion, du transport de sédiments, de même que de la mobilisation des formes solubles et particulaires de phosphore ».

La richesse des sols en phosphore a été identifiée comme étant un facteur déterminant des exportations solubles de P dans les eaux de surface dans bon nombre d'études (Sharpley et al., 1996, cités par Michaud, 2004). Au Québec, plusieurs études portant sur la disponibilité du P dans les sols ont démontré que la fixation du P est largement contrôlée par les oxydes d'aluminium et de fer (Laverdière et Karam, 1984; Giroux et Tran, 1985; Tran et Giroux, 1985; Tran et Giroux, 1987, cités par Michaud, 2004). Tran et al. (1988, cités par Michaud, 2004) « ont mis en relation les propriétés de 58 séries de sol du Québec avec les paramètres d'adsorption de Langmuir et le P isotopiquement échangeable. En classant les sols étudiés selon trois groupes de capacité maximale d'adsorption, les auteurs ont associé des taux élevés de Al amorphe (Oxl-Al: 2,7-26,8 g/kg) et de Fe (Oxl-Fe: 3,9-13,1 g/kg) aux sols les plus adsorbants ». Parallèlement, Tran et al., 1988, cités par Michaud, 2004) « ont corrélé le pH(NaF) des sols étudiés, un bon indicateur des teneurs en Al amorphe des sols, aux paramètres d'adsorption ».

Tran et Giroux (1990) cités par Michaud (2004), « ont par la suite mis en relation les propriétés des mêmes séries de sol avec les facteurs d'intensité (P en solution), de quantité (P disponible, facilement solubilisé par différents extractants) et de capacité (maxima d'adsorption). De façon générale, les podzols sablonneux acides et certains sols argileux contenant des quantités appréciables de sesquioxides ont été associés à des capacités élevées de P. La capacité maximale d'adsorption des sols a été significativement corrélée à la teneur en oxydes et hydroxydes de Al ($r=0,82^{**}$) et de Fe ($r=0,39^{**}$). Les teneurs en Al extractible au Mehlich-3 démontraient aussi une excellente corrélation avec la capacité maximale d'adsorption des sols ».

Les « études québécoises subséquentes des taux de saturation en phosphore des sols exploités en culture intensive ont démontré la validité du rapport Mehlich-3 P/Al comme indicateur du degré de saturation du sol » (Giroux et Tran, 1996). On peut dire que « l'état hydrique du bassin détermine la nature des écoulements, règle l'intensité des processus de transfert, sélectionne en relation avec les activités humaines, les émetteurs et les stocks actifs et donc les origines, la qualité et la quantité du P exporté. Deux circonstances peuvent être à l'origine du ruissellement de surface, 1) soit que l'intensité des précipitations excède la capacité d'infiltration du sol, 2) soit que le sol développe un état de saturation en raison de la montée de la nappe jusqu'à sa surface » (Michaud, 2004).

Au Québec, où l'intensité des précipitations demeure modérée (entre 15 et 25 mm h⁻¹, « le développement de l'état de saturation des sols, plutôt que l'intensité de la précipitation, contrôle le déclenchement du ruissellement de surface (Istok et Boersma, 1986; Dils et Heathwaite, 1996, cités par Michaud, 2004). Aussi, cette distribution de l'intensité des pluies fait en sorte que l'intervalle entre les précipitations et l'accumulation d'eau dans le profil du sol, plutôt que l'intensité de la précipitation, a un effet déterminant sur la capacité de transport d'un évènement de précipitation donné (Michaud, 2004). de plus, « les précipitations liquides sur le sol gelé et la fonte de la neige contribuent de façon importante au bilan des exportations de sédiments et de nutriments » (Michaud *et al.*, 2006). D'ailleurs, le sol gelé et la neige concourent à une portion importante, sinon dominante, du ruissellement de surface et des exportations de sédiments et de phosphore, tel que démontré par les suivis hydrométriques et la caractérisation de la qualité des eaux de bassins versants expérimentaux au Québec (CART *et al.*, 1998; Papineau et Enright, 1997 ; Duchemin et Bernard, 2001, cités par Michaud, 2004).

Les « investigations de la mobilité souterraine du P dans des sols sableux, surfertilisés et exploités en production d'agrumes en Floride, ont présenté les premières évidences de percolation de phosphore en Amérique du Nord » (Bryan, 1933; Neller, 1946; Humphreys et Pritchett, 1971, cités par Michaud, 2004). « La percolation du phosphore a aussi été décrite dans des sols organiques (Larsen *et al.*, 1958 : Cogger et Duxbury, 1984) ou dans des sables à haute teneur en matière organique (Fox et Kamprath, 1971) et associé à leur faible capacité de fixation en raison de teneurs réduites en sesquioxides, carbonates ou argile » (Michaud, 2004). Dans la revue de la littérature, les exportations significatives de phosphore ne refléteraient pas « l'enrichissement en P de la couche arable, mais plutôt les conditions d'écoulement dans le profil de sol » (Michaud, 2004). En conclusion, « le risque de migration souterraine est plutôt associé aux propriétés physiques du sol, notamment la conductivité hydraulique et les conditions propices aux écoulements préférentiels » (Rivest et Leduc., 1997, cités par Michaud, 2004). Nature Québec croit qu'il faut documenter les connaissances sur la chimie des sols sur lesquels on intervient.

4. LE QUÉBEC EST AUX PRISES AVEC LES CYANOBACTÉRIES DANS LES LACS

4.1 CYANOBACTÉRIES

Malgré les dispositions réglementaires et le programme de suivi des installations septiques, certains contaminants demeurent présents, « c'est le cas du phosphore et de l'azote, en plus d'une contamination bactériologique résiduelle » (MENV, 2003). Il y a, de ce fait, un impact sur l'environnement, notamment sur les lacs atteints par les cyanobactéries. S'agirait-il d'une déficience dans la gestion environnementale? Nature Québec croit qu'il faut agir face à la pollution des lacs.

Le MDDEP définit une fleur d'eau comme étant une densité très importante d'algues microscopiques ou de cyanobactéries qui résulte d'une prolifération excessive de ces micro-organismes (Blais, 2006 cité par Lavoie *et al.*, 2007a). La prolifération de cyanobactéries (algues bleu-vert) entraîne « une perturbation sévère des activités récréatives et touristiques, de même que des problèmes d'approvisionnement pour la station de traitement d'eau potable. En raison des toxines produites, les cyanobactéries demeurent une préoccupation de santé publique » (Michaud *et al.*, 2006). La revue de la littérature nous renseigne que, au Québec, les cyanobactéries « prolifèrent majoritairement dans les milieux aquatiques d'eau stagnante tels que les lacs et les mares [...] un tronçon de rivière, là où le courant est faible et surtout en aval de lacs où il y a prolifération de cyanobactéries » (Lavoie *et al.*, 2007b). Ainsi, on peut dire que « plus un plan d'eau est riche en nutriments, plus il est susceptible d'être touché par des fleurs d'eau de cyanobactéries » (Lavoie *et al.*, 2007b). De plus, « le degré d'eutrophisation est exacerbé par l'apport excessif en nutriments » (Lavoie *et al.*, 2007b). Conséquemment, le milieu isolé est interpellé par cette problématique des cyanobactéries. Car la présence des résidences isolées (y compris les chalets) « est un facteur déterminant dans le transport des nutriments vers le milieu aquatique parce qu'elles ne sont pas raccordées au système de traitement des eaux usées » (Lavoie *et al.*, 2007b). Si la présence des résidences isolées et chalets est combinée à la déforestation des berges des lacs, l'enrichissement des plans d'eau et des lacs devient excessif.

4.2 STRATÉGIES DE LUTTE CONTRE LES CYANOBACTÉRIES

Il est dès lors important d'étudier la problématique de protection des lacs contre les cyanobactéries. D'abord, il y a de plus en plus des résidences isolées et des chalets, et plus de gens qui y résident à l'année (densification des résidences). Ensuite, des changements sont intervenus dans ces milieux, notamment plus de résidents et donc plus de sels de déglçage, ainsi que plus d'infiltrations des fosses septiques qui enrichissent les sols, ces fosses ayant plus de vingt ans d'existence. De plus, aucune étude de l'état de saturation des sols n'a été réalisée. Enfin, il

faut ajouter des actions combinées sur les facteurs *Source* et *Transport* de la mobilité du phosphore.

Dans leur expérimentation du ruisseau Walbridge, Michaud *et al.* (2004, cités par Michaud *et al.*, 2006) ont observé des différences dans les régimes d'exportation de sédiments et de P dans les bassins jumeaux. Ces différences sont associées à la nature des sols et aux positions relatives des sous-bassins expérimentaux dans le paysage du bassin versant. Ainsi, « le relief plat, la dominance de sols présentant un mauvais drainage de même qu'une position relativement plus bas du bassin *témoin*, dont l'exutoire est localisé 13 m plus bas que le bassin *intervention*, favorisent le maintien de la nappe d'eau plus près de la surface du sol. Ces propriétés rendent le parcellaire du bassin *témoin* relativement plus sensible à la production de ruissellement et au transport de sédiments vers le ruisseau. Par contre, le relief ondulé du bassin *intervention*, en position surélevée dans le paysage, favorise le développement de concentrations de pointe en MES et de P relativement plus élevées lors d'événements hydrologiques comportant une forte composante de ruissellement » (Michaud *et al.*, 2006).

L'état hydrique des sols favorise la production de ruissellement sur le bassin versant. Les flux intenses de P, sont favorisés par la connectivité hydrologique qui s'établit entre les portions saturées du champ, les fossés, les berges et le cours d'eau. L'accumulation des précipitations développe un état de saturation des sols et active les processus d'exportation de P vers les lacs. Pour cibler des interventions sur le contrôle de l'eutrophisation des lacs, il faut réduire la concentration de P dans les bordures des lacs. « C'est toutefois la charge de P en provenance du bassin versant, en relation avec le seuil de tolérance du plan d'eau, qui constitue le critère de référence pour guider l'analyse et la planification de l'intervention. Il y a donc intérêt à appuyer le processus décisionnel d'interventions ciblées sur la prévention des exportations diffuses de P par des objectifs et des indicateurs exprimés sur une base de charges plutôt que de concentrations » (Michaud, 2004). Somme toute, « l'apport de phosphore vers les plans d'eau peut augmenter de façon périodique du à des processus naturels tels que le relargage par les milieux humides, les dépôts atmosphériques et les barrages des castors » (Lavoie *et al.*, 2007b).

Le suivi hydrométrique et le maintien de la qualité de l'eau nécessitent de surveiller les processus de rétention et de relargage qui participent à la dynamique de transfert du P. En matière de diagnostic de la problématique de disposition des eaux usées vs cyanobactéries, on devrait décrire le transfert de phosphore, quantifier les apports, les exportations et le stockage de P en bordure des lacs. Cette quantification de P constitue un travail de recherche. L'état de saturation des constituant les champs d'épuration de P doit être connu. Et établir dans quelle mesure cet état de saturation des sols en bordures des lacs pourrait compromettre, à plus long terme, la qualité des lacs.

4.3 QUELS SONT LES MOYENS D'INTERVENTIONS LES PLUS EFFICACES POUR LA PROTECTION DE NOS LACS CONTRE LES CYANOBACTÉRIES ?

Selon, Lavoie *et al.* (2007a), « l'approche la plus prudente de suivi des fleurs d'eau de cyanobactéries est de surveiller les cellules (taxonomie) en plus des toxines (HPLC) ». Cependant, ce suivi est très difficile et très coûteux, « il est possible de trouver, dans un milieu donné, des cyanobactéries à potentiel toxique qui n'ont pas exprimé leur toxicité (les facteurs de contrôle n'étant pas encore été clairement élucidés), et des toxines là où les cellules ont pourtant disparu (délai variable nécessaire pour la dégradation des toxines) » (Lavoie *et al.*, 2007a). Il est important de préciser que « selon Santé Canada, 30 à 50 % des fleurs d'eau ne sont pas toxiques. Toutefois, Shirai *et al.* (1991) indiquent que la proportion des souches toxiques dans un lac eutrophe peut varier de 6 à 86 % en fonction des facteurs environnementaux affectant la toxicité » (Lavoie *et al.*, 2007a).

La morphologie des lacs intervient, car le « pourtour irrégulier de certains lacs caractérisés par des baies prononcées présentant des conditions calmes peut favoriser l'accumulation de cellules d'écume » (Lavoie *et al.*, 2007a). Et il se pourrait qu'un lac soit contaminé par un lac, ce transfert des cyanobactéries se faisant par le vent et les animaux.

Pour une gestion durable des lacs et de la qualité de l'écosystème aquatique, « le contrôle à long terme de l'enrichissement des sols et une régulation des sols qui soustrait les eaux usées à l'action du ruissellement demeurent en définitive la première ligne de défense agroenvironnementale » (Michaud, 2004). Et, de plus, un « meilleur moyen d'obtenir une réduction notable des fleurs d'eau de cyanobactéries est de respecter la capacité de support des écosystèmes aquatiques. La capacité de support d'un lac est déterminée entre autres par l'évaluation de masse ou de la charge maximale en phosphore (apports naturels et anthropiques) pouvant être tolérée par l'écosystème » (Lavoie *et al.*, 2007b).

4.4 ADOPTION DE LOI ET RÉVISION DES RÈGLEMENTS

La gestion durable passe par la révision et/ou l'adoption d'outils réglementaires. Au Québec, « on estime que 25 % des résidences et chalets ne sont pas raccordés à un réseau d'égout (Lavoie *et al.*, 2007b). Et, pour la majorité des résidences isolées et chalets équipés d'une fosse septique et d'un champ d'épuration, « la conformité de ces installations n'est pas toujours vérifiée » (Lavoie *et al.*, 2007b). Le *Guide de réalisation d'un relevé sanitaire des dispositifs d'évaluation et de traitement des eaux usées des résidences isolées situées en bordure des lacs et des cours d'eaux* a été conçu par le MDDEP en 2007. Il s'adresse aux municipalités et aux propriétaires riverains de lacs ou de cours d'eau et vise à réduire l'impact des dispositifs d'évacuation et de traitement des eaux usées sur les écosystèmes aquatiques. Malheureusement, il existe un problème d'application des instructions, car on constate que les inspections visuelles ou les échantillonnages des pertes en phosphore (dans les lacs, des ruisseaux, rigoles, fossés) par les personnes mandatées (des municipalités ou du MDDEP) ne donnent pas de résultats escomptés sur les terrains. Aussi, « les

installations septiques inadéquates, désuètes, colmatées ou non-conformes contribuent aux apports de phosphore vers les cours d'eau et les lacs. Cependant, même une installation septique conforme libère normalement une certaine quantité de phosphore qui, selon les propriétés locales du sol, pourra être mobilisée vers les eaux de surface » (GRIL, 2007). Pour éviter les rejets dans les lacs, le MDDEP doit proposer au gouvernement la révision du Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (R.R.Q., 1981, c. Q-2, r. 8). Ce règlement devra obliger les propriétaires des résidences isolées et chalets dont les installations septiques ne sont pas conformes à installer « un système de lit filtrant artificiel développé en Norvège pour traiter les eaux usées des résidences privées isolées » (Lavoie *et al.*, 2007b). La performance du programme de suivi des installations de fosses septiques doit aussi être revue en ce qui concerne l'impact environnemental réel sur le terrain (inspection réelle et efficace).

De plus, les détergents à vaisselle « contribueraient aux apports de phosphore vers les lacs, représentant de 5 à 20 % de la portion du phosphore provenant des habitations » (GRIL, 2007). Le gouvernement, par le biais du MDDEP, doit aussi proposer un projet de loi pour réglementer les détergents à lave-vaisselle, lesquels ne font l'objet d'aucune loi, et intervenir pour réduire leur apport en P, à l'instar de l'Assemblée du Manitoba qui examine le projet de loi 203 en la matière.

Le gouvernement doit aussi arrimer le *Règlement sur la qualité de l'eau des piscines et autres bassins artificiels* en tenant compte de l'impératif de protection des lacs et plan d'eau (rejets des eaux enrichies en phosphore dans l'environnement).

Quant à la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (c.Q-2, r.17.3), il faudrait que le gouvernement, par le biais du MDDEP, puisse revoir cette politique et ajouter les analyses de types des sols et de leur état de saturation avant d'investir dans les gros ouvrages et travaux de protection. Il faut connaître pour restaurer et protéger.

5. RECOMMANDATIONS : CAMPAGNE QUÉBÉCOISE « SAUVONS NOS LACS »

- Prenant très au sérieux, le problème récurrent de prolifération des cyanobactéries dans les lacs.
- Compte tenu de variabilité de la morphologie et du parcellaire qui fait que « l'implantation des pratiques ou ouvrages de conservation des sols a des retombées tout aussi variables sur les hauteurs d'eau ruisselée, l'érosion et le les flux de P exportés » (Michaud *et al.*, 2006).
- Considérant qu'au Québec environ 25 % des résidences et chalets ne sont pas raccordés à un réseau d'égout. Et que, même pour les résidences isolées et chalets équipés d'une fosse septique et d'un champ d'épuration, la conformité de ces installations n'est pas toujours contrôlée. Considérant que ces installations contribuent aux apports significatifs de phosphore vers les cours d'eau et les lacs, et que même une installation septique conforme libère une certaine quantité de phosphore qui pourrait polluer les lacs.
- Attendu que les détergents à vaisselle contribueraient de manière significative aux apports de phosphore vers les lacs.

- Étant donné les conséquences de prolifération des cyanobactéries sur les activités récréotouristiques et sur les approvisionnements en eau potable de certaines municipalités.
- Prenant à cœur des cas graves de toxines produites par les cyanobactéries qui contaminent les sources d’approvisionnement en eau potable et les milieux de vie de la faune aquatique.
- Compte tenu de l’urgence de la situation et de l’importance primordiale de l’eau, car l’eau, c’est la vie, Nature Québec recommande :

1. Gouvernements fédéral, provincial et population québécoise

- D’agir à tous les niveaux. L’action doit être avant tout une priorité et un effort des gouvernements fédéral et provincial. La pollution de l’eau est un problème qui concerne tous les citoyens et résidents du Québec. C’est aussi une affaire qui touche tous les habitants des bassins versants des plans d’eau et lacs concernés. La solution doit venir des gestes quotidiens des résidents en bordure des lacs.

2. Gouvernement provincial

- De concevoir, d’élaborer, de planifier et de chercher le financement en vue d’organiser et de mettre sur pied une campagne provinciale ayant pour objectif de réduire les flux de phosphore. Cette réduction est très coûteuse et fastidieuse. C’est aussi un travail de longue haleine.
- De proposer à l’Assemblée nationale, la révision du Règlement sur l’évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (R.R.Q., 1981, c. Q-2, r. 8), les sections II (II.6 gestion des boues et autres résidus, II.7 cheminement des eaux et effluents) et V (V.12 étanchéité, V.13 vidange). Tout devrait être mis en œuvre pour que le rejet d’installation septique ne présente pas « de risque de contamination de l’environnement au sens du deuxième alinéa de l’article 20 de la *Loi sur la qualité de l’environnement* » (LQE). Ce règlement devra obliger les propriétaires des résidences isolées et chalets à installer des fosses septiques et de champs d’épuration conformes pour éviter des rejets dans les lacs. « Il existe un système de lit filtrant artificiel développé en Norvège pour traiter les eaux usées des résidences privées isolées » (Lavoie *et al.*, 2007b) et autres systèmes certifiés par le MDDEP.
- De proposer à l’Assemblée nationale, une loi sur pour réglementer les détergents à lave-vaisselle, lesquels ne font l’objet d’aucune loi, et intervenir pour réduire leur apport en P (à l’instar de l’Assemblée du Manitoba qui examine le projet de loi 203. et autres).
- De proposer la révision de la *Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables* (c.Q-2, r.17.3). Il faudrait ajouter les analyses de types des sols et leur état de saturation avant d’investir dans les gros ouvrages et travaux de protection. Il faut connaître pour restaurer et protéger.
- D’arrimer le *Règlement sur la qualité de l’eau des piscines et autres bassins artificiels* en tenant compte de la protection des lacs et plan d’eau.

- De rendre plus efficaces sur le terrain les inspections des rejets ponctuels dans les plans d'eau et les lacs (rejets des fosses septiques, tuyaux d'égout et de drainage, cours d'eau, dépôts solides contaminés utilisés comme remblayage) par les municipalités et du MDDEP.

3. Nature Québec

- De poursuivre l'organisation de la campagne « *Sauvons nos lacs* ». Cette campagne nécessite la recherche d'un financement pouvant provenir du MDDEP et des MRC et municipalités touchées par les cyanobactéries et l'organisation de la campagne d'analyses de l'état de saturation des sols.
- D'organiser une campagne d'*analyse de l'état de saturation des sols* (objectif de la présente étude). Ces analyses se feront par étapes en commençant par les régions (les Laurentides notamment) possédant les types de sols les plus vulnérables. De la sorte, on saurait sur quels types de sols on intervient. Quels types d'interventions sont les plus efficaces? À l'heure actuelle, on investit des fonds considérables pour protéger systématiquement les plaines inondables et les bandes riveraines. En méconnaissance de l'état de saturation des sols, les actions actuelles pourraient s'avérer vaines, s'il se révèle que les sols sont incapables de fixer les P et d'assumer ainsi leur rôle de champ d'épuration.

AVANT-PROJET : MONTAGE DU PROJET DE CARACTÉRISATION DES SOLS DES CHAMPS DOMESTIQUES D'ÉPURATION SITUÉS À PROXIMITÉ DE LA BANDE RIVERAINE DES LACS

Cet **avant-projet** est un document de travail devant servir de réflexion des membres de commission qui se pencheront sur la question.

N.B. – **Le matériel et la méthode** de recherche (**dispositif expérimental, durée du projet, rôle des partenaires**) seront développés prochainement par des membres des commissions Agriculture et Eau de Nature Québec.

La durée de la réalisation du projet sera de 18 mois.

Approche globale pertinente du problème par bassin versant

- Compréhension des démarches : approche participative des riverains des lacs, des propriétaires des terres et des municipalités, UPA, du MAPAQ, du MDDEP, des comités des bassins versants, des secteurs récréotouristiques (tous les acteurs sociaux).
- Détermination des superficies du territoire (bassin versant) les plus contributrices à la problématique des cyanobactéries autour des lacs :
 - fertilisations des pelouses et ou des champs ;
 - fosses septiques.

Les outils de suivi de pollution ont été développés, ce sont des indicateurs agro-environnementaux en lien avec la protection de la qualité de l'eau.

- Visite d'inspection sur les terrains : y a-t-il des points d'entrée des fosses septiques dans les lacs (tuyaux directs aux lacs, fuites accidentelles, etc.) ? Ces visites peuvent être réalisées par l'inspecteur municipal et/ou le MDDEP.
- Malgré que de nombreux facteurs (agriculture, types de cultures, méthodes culturales, fermes porcines, plans de fertilisation, épandage, érosion, transport, etc.) interviennent dans la problématique, on ne peut pas tout faire. L'étude devrait être focalisée sur la caractérisation des sols des champs domestiques d'épuration situés à proximité de la bande riveraine des lacs.

Approche sectorielle de l'état de saturation des sols en bordure des lacs

- Analyse des sols :
 - Pour contrer les pollutions ponctuelles par les fosses septiques (voir M. Denis Côté et le MDDEP)
 - Débordement des fosses septiques : état d'étanchéité, fuite
 - Sources de la pollution par les fosses septiques : phosphore, azote ?

- Couvert végétal : sols forestiers (acides et donc de faible contribution), sols nus (forte érosion et fortes contributions)
- Pour lutter contre les pollutions diffuses :
 - Connaissance des sols agricoles : on ne doit pas faire l'analyse des sols agricoles. Ces sols ont été analysés par les agriculteurs. Grâce à la collaboration de tous les acteurs du milieu et à la compréhension et à l'appropriation du problème, il devrait être possible d'obtenir des agriculteurs/fermiers les analyses des sols des bassins versants concernés.
 - Non documentation des sols en bordure des lacs
- Analyses des sols en bordure des lacs : chimie du sol
- Échantillonnages :
 - Période de l'année : au début de l'automne, lorsque les plantes ont fini d'utiliser les nitrates, il reste des résidus dans les sols. Aussi, on observe une remontée de phosphore et, avec les précipitations, le phosphore va réagir. On doit chercher à savoir si la chimie du sol permet de fixer le phosphore. Si le sol est trop saturé, il n'aura pas de fixation mais plutôt départ du phosphore des sols de bordure vers les lacs.
 - Quelle profondeur ? un mètre de sol doit être caroté
 - Carottage à proposer : plus ou moins 8 endroits à carotter
 - Critères de sélection d'un certains nombres de lacs concernés dont les bordures doivent être étudiées : lesquels ? Combien de lacs ? vérifier ?
 - Nombre de champs d'épuration ? Quarante, ou bien un tiers de champs d'épuration répertoriés et devant être analysés ? Nombre d'échantillons par lac selon la grandeur et la problématique des lacs.
- Analyses: laboratoires spécialisés INRS, IRDA pour analyser l'état des sols.
- Financement : coût
 - Salaires des échantillonneurs :
 - Qualité des échantillonneurs, qui sont-ils ?
 - Nombre d'échantillonneurs
 - Salaires : \$
 - Échantillonnages :
 - Frais de déplacement des échantillonneurs
 - Échantillonnages proprement dits
 - Transports d'échantillons :
 - Des lacs vers les laboratoires
 - Moyens de transport à utiliser et coût : \$
 - Analyses des échantillons : coût des laboratoires

Collaboration et partenariats à suggérer pour financer le projet de cueillette d'échantillons et d'analyses des sols:

- MDDEP
- MRC, municipalités

Collaboration scientifique

- Enquêtes d'opinions scientifiques : chimie du sol (distinction entre la nature du sol et la capacité d'épuration) à IRDA, INRS et à l'Université Laval.
 - IRDA : M. Marcel Giroux, téléphone (418) 643-2304 et Mme Isabelle Beaudin
 - INRS : M. Jean-François Blais qui a travaillé sur les boues rouges, Téléphone (418) - 654-2541, courriel : jf_blais@ete.inrs.ca ;
 - Université Laval : professeur Michel Pierre Cescas, chimie des sols (656-2131, poste 2993, pav. Comtois, local 2219), courriel : michel.cescas@sga.ulaval.ca.

À l'aide de questionnaire (sous forme de canevas de travail) : chimie du sol (distinction entre la nature du sol et la capacité d'épuration

BIBLIOGRAPHIE

- BLAIS, S. (2002).
La problématique des cyanobactéries (algues bleu-vert) à la baie Missisquoi en 2001. *Agrosol* 13(2) : 103-110.
- GIROUX, M. et T.S. TRAN (1996).
Critères agronomiques et environnementaux liés à la disponibilité, la solubilité et la saturation en phosphore des sols agricoles du Québec. *Agrosol* 9 (2) : 51-57.
- GHORBEL, S. (2006).
Modèle de comportement à l'état limite des sols saturés et non saturés, thèse de doctorat, Université Laval, 243 p. + 2 annexes.
- GRIL, Groupe de recherche interuniversitaire en limnologie et en environnement aquatique (2007).
Les cyanobactéries dans les lacs québécois : un portrait de la situation selon les chercheurs du GRIL, 10 p [http://www.unites.uqam.ca/gril/images/Gril_Cyanobactries.pdf], consulté le 01 octobre 2007.
- LAVOIE, I. LAURION, I. WARREN, A. et W. F. VINCENT (2007a).
Les fleurs d'eau de cyanobactéries, revue de la littérature, INRS rapport n° 916, 120p. [http://www.ete.inrs.ca/doc/Cyanobacteries_revue_litterature.pdf], consulté le 24 septembre 2007.
- LAVOIE, I. LAURION, I. WARREN, A. et W. F. VINCENT (2007b).
Les fleurs d'eau de cyanobactéries, document d'information vulgarisée, INRS rapport n° 917, 25 p. [http://www.ete.inrs.ca/doc/Cyanobacteries_revue_litterature.pdf], consulté le 24 septembre 2007.
- MAPAQ, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (2007).
Revue de littérature. Fentes de retrait du sol et amas de fumier. Gouvernement du Québec ISBN 978-2-550-49027-2, 2007, 33p. + 2 Annexes.
- MDDEP (2007a).
Guide technique sur le traitement des eaux usées des résidences isolées. En ligne, [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/guide_interpretation/index.htm], consulté, le 10 septembre 2007.
- MDDEP (2007b).
Règlement sur l'évacuation et le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, r. 8). En ligne [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/residences_isolees/reglement.htm], consulté, le 12 septembre 2007.
- MDDEP (2007c).
Le Guide de réalisation d'un relevé sanitaire des dispositifs d'évaluation et de traitement des eaux usées des résidences isolées situées en bordure des lacs et des cours d'eaux. En ligne [http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/cyanobacteries/guide_releve.pdf], consulté, le 04 octobre 2007.
- MELOUNOU, J (2004).
Instrumentation en géographie physique, Mémoire de maîtrise, UFR de géographie de Strasbourg. En ligne [<http://www.melounou.com/~memoire/index.html>], consulté, le 16 septembre 2007.
- MICHAUD, A. (2004).
Indicateurs agro-environnementaux adaptés à la gestion de projets ciblés sur la prévention de la pollution diffuse par le phosphore, thèse de doctorat, Université Laval, [<http://www.theses.ulaval.ca/2004/22180/22180.html>], consulté, le 10 septembre 2007.

- MICHAUD, A. DESCLANDES, I et I, BEAUDIN (2004).
Modélisation de l'hydrologie et des dynamiques de pollution diffuse dans le bassin versant de la rivière aux Brochets à l'aide du modèle SWAT. Rapport final, IRDA, février 2006, 99 p + 3 annexes.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (2003).
Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique, 243 p, en ligne [<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/domestique/index.htm>], consulté, le 11 septembre 2007.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT (1999).
Guide agro-environnemental de fertilisation. En ligne [http://www.mddep.gouv.qc.ca/milieu_agri/agricole/guide1.htm#methode], consulté, le 12 septembre 2007.
- Nature Québec (2007).
Atelier de formation sur l'hydrodynamique, la biodiversité et la mise en valeur des cours d'eau agricoles, Drummondville, Hôtel Le Dauphin, 21 et 22 février 2007, 11 p.
- Nature Québec (2007).
Pour une logique de protection des cours d'eau en milieu agricole : présentation du dossier pour le cas le cas de la municipalité de Richelieu. La Réglementation en matière agro-environnementale en date de mercredi le 18 octobre 2006, 5 p.
- POUGET, R. (1998).
Analyse de sensibilité de l'écoulement à saturation variable et du transport de contaminants en milieu poreux fracturé, Mémoire Fac. des études supérieures, Université Laval, 62 p. + 4 annexes.
- UNION QUÉBÉCOISE POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE (2005).
Recueil des outils d'aménagement du territoire pour le bassin versant de la rivière du cap Rouge. Rapport final présenté en avril 2005 au fonds d'action québécoise pour le développement durable (FAQDD), Québec, 2005, 72 p.



Fondée en 1981 comme organisme sans but lucratif, l'Union québécoise pour la conservation de la nature (UQCN) devient Nature Québec en 2005.

Nature Québec souscrit aux trois objectifs principaux de la Stratégie mondiale de conservation :

- maintenir les processus écologiques essentiels et les écosystèmes entretenant la vie;
- préserver la diversité génétique de toutes les espèces biologiques;
- favoriser le développement durable en veillant au respect des espèces et des écosystèmes.

Nature Québec réfléchit sur l'utilisation de la nature dans l'aménagement du territoire agricole et forestier, dans la gestion du Saint-Laurent et dans la réalisation de projets de développement urbain, routier, industriel, et énergétique. Les experts des commissions Agriculture, Aires protégées, Biodiversité, Eau, Énergie et Foresterie, au cœur du fonctionnement de Nature Québec, cherchent à établir les bases des conditions écologiques du développement durable.

Résolument engagé dans un processus qui vise à limiter l'empreinte écologique causée par les usages abusifs, Nature Québec participe aux consultations publiques et prend position publiquement pour protéger l'intégrité biologique et la diversité des espèces sur le territoire québécois lorsque des projets de développement fragilisent les écosystèmes et les espèces biologiques.