

**Suivi des impacts de la coupe  
forestière sur la physico-chimie des  
lacs alcalins de la réserve faunique  
des Chic-Chocs – 1<sup>ère</sup> année  
d'activités**

*Rapport de recherche R-978*

*Mars 2008*



**Suivi des impacts de la coupe forestière  
sur la physico-chimie des lacs alcalins  
de la réserve faunique des Chic-Chocs  
– 1<sup>ère</sup> année d'activités**

**Rapport annuel**

**PROJET VOLET 1 (PMV1-11-07-0702)  
Année financière 2007-2008**

**Par :  
Claude Fortin  
Sylvain Jutras  
Alain N. Rousseau**

**Université du Québec  
Institut national de la recherche scientifique  
Centre Eau, Terre et Environnement  
Québec, Canada**

**Rapport de recherche R-978  
ISBN 978-2-89146-567-0**

**Mars 2008**



# Table des matières

1. Introduction.....	1
1.1. Problématique .....	1
1.2. Objectif poursuivi .....	1
1.3. Hypothèse .....	2
2. Matériels et méthodes .....	3
2.1. Choix des sites .....	3
2.2. Méthode d'échantillonnage de l'eau des lacs .....	3
2.2.1. Sonde multiparamétrique .....	4
2.2.2. Description du protocole de prise d'échantillons d'eau.....	4
2.3. Instrumentation hydro-météorologique .....	5
2.3.1. Station météorologique .....	6
2.3.2. Station de jaugeage .....	7
3. Résultats.....	9
3.1. Sélection des lacs .....	9
3.1.1. Paire de lac #1 .....	10
3.1.2. Paire de lac #2.....	12
3.1.3. Paire de lac #3.....	13
3.2. Description des caractéristiques physiques des lacs .....	15
3.3. Description de la physico-chimie des lacs .....	15
3.4. Description des données hydrométéorologiques .....	19
4. Discussion.....	21
4.1. Calendrier des activités à venir .....	21
5. Conclusion et perspectives.....	23
6. Bibliographie.....	25
7. Annexe 1 .....	27
Présentation des résultats préliminaires au conseil d'administration de la réserve faunique des Chic-Chocs (7 novembre 2007).....	27

## Liste des figures

Figure 1 : Station météorologique installée à proximité des chalets du Lac Mont-Louis ..	6
Figure 2 : Système d’ancrage du capteur de pression submersible .....	7
Figure 3 : Localisation géographique des lacs sélectionnés .....	9
Figure 4 : Carte topographique du bassin versant du lac Ébron .....	10
Figure 5 : Carte topographique du bassin versant du lac des Pics .....	11
Figure 6 : Carte topographique du bassin versant du lac X (gauche) et du lac Z (droite)	12
Figure 7 : Carte topographique du bassin versant du lac au Foin .....	13
Figure 8 : Carte topographique du bassin versant du 2e Lac de Manche-d’Épée.....	14
Figure 9 : Profils verticaux de quatre paramètres mesurés par sonde submersible dans chaque paire de lacs entre les 17 et 19 juillet 2007 .....	16
Figure 10 : Précipitations journalières et cumulées à la station du Lac Mont-Louis pour la période du 12 octobre au 28 novembre 2007. ....	19

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des caractéristiques physiques des lacs sélectionnés.....	15
Tableau 2 : Principaux paramètres physiques, chimiques et biologiques déterminés dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007).....	17
Tableau 3 : Concentrations dissoutes mesurées en anions majeurs dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007). ....	18
Tableau 4 : Concentrations dissoutes mesurées en cations majeurs dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007). ....	18
Tableau 5 : Concentrations dissoutes mesurées en éléments traces dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007). ....	18

# 1. Introduction

Ce rapport constitue une description des activités de recherche et de développement tenues lors de l'année financière 2007-2008 dans le cadre du Suivi des impacts de la coupe forestière sur la physico-chimie des lacs alcalins de la réserve faunique des Chic-Chocs : projet financé par le programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (PMVRMF - Volet 1) du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Ce suivi s'étendra sur quatre ans et ce rapport fait état des activités liées à la toute première année du projet.

## 1.1. Problématique

La réserve faunique des Chic-Chocs renferme des lacs dont le pH élevé se situe près de la limite supérieure de tolérance de la faune aquatique. Cet état naturel est relié à la présence de sols riches en calcaire sur les bassins versants. La réserve faunique des Chic-Chocs, tout comme l'ensemble des réserves fauniques du réseau de la Société des établissements de plein air du Québec (Sépaq), doit voir à la préservation des habitats fauniques et des paysages naturels dans une perspective de gestion intégrée des ressources. Les gestionnaires de la réserve faunique des Chic-Chocs et le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) se questionnent à savoir si des modifications de conditions de drainage par la récolte forestière ne pourraient pas entraîner une augmentation du pH, qui serait néfaste à la faune piscicole. L'étude préliminaire réalisée par Faune-Experts (Guitard et Fleury, 2002) suggère que la récolte forestière pourrait être responsable de la baisse récente du succès de pêche de l'omble de fontaine du lac Joffre (réserve faunique de Matane). Suite à l'examen critique du rapport de Faune-Experts, Côté et Fortin (2003) ainsi que Langevin et Turcotte (2004) posent l'hypothèse que la récolte forestière dans la région des Chic-Chocs pourrait avoir un effet sur la physico-bio-chimie de l'eau des lacs par : (i) une augmentation des apports en eaux souterraines sursaturées en gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) et en carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) suite à l'augmentation de l'écoulement après la coupe - le dégazage du  $\text{CO}_2$  à la surface du lac entraînerait une production élevée de marne ( $\text{CaCO}_3$  colloïdal, maarl) accompagnée d'une hausse du pH ; et (ii) une augmentation des apports en phosphore pourrait stimuler la photosynthèse, ce qui augmenterait le pH et la formation de marne - un tel mécanisme est attendu dans les sols calcaireux, car le phosphore y est plus mobile que dans les podzols. Toutefois, aucune étude n'a pu valider ces postulats jusqu'à présent.

## 1.2. Objectif poursuivi

Mettre en évidence les impacts, qu'ils soient mineurs ou majeurs, de la récolte forestière sur la physico-chimie des lacs alcalins de la réserve faunique des Chic-Chocs.

### **1.3. Hypothèse**

La récolte forestière diminue l'évapotranspiration et augmente les apports en eau souterraine vers les lacs marneux de la réserve faunique des Chic-Chocs par rapport aux écoulements de surface. Ces eaux étant riches en carbonates et sursaturées en CO<sub>2</sub>, elles contribuent à l'augmentation du pH du lac et de la turbidité par la formation de marne.

## **2. Matériels et méthodes**

La méthode préconisée en est une de comparaison jumelée. Cette méthode consiste à évaluer la physico-chimie de l'eau de lacs avant et après la récolte forestière et d'en comparer les résultats à des lacs témoins où il n'y a pas eu de récoltes (Duhaim et Pinel-Alloul 2005). Une étude de ce type s'échelonne sur une période de quatre ans et nécessite une préparation logistique importante. Les caractéristiques physico-chimiques des lacs sélectionnés sont alors étudiées au cours de deux années de calibrage (pré-récolte) et deux années de traitement (post-récolte). Six lacs comparables ont été choisis et ils seront soumis, pour la moitié d'entre eux, à la récolte forestière sur une proportion importante de leur bassin versant. La sélection de ces trois paires de lacs permettra d'atteindre un niveau de précision minimal et de respecter les postulats de base requis pour l'analyse statistique.

### **2.1. Choix des sites**

Au tout départ, il a été nécessaire de dresser une liste des lacs potentiels pour cette étude. Une révision du territoire sous aménagement de la compagnie GDS, soit l'aire commune 112-22, a permis d'identifier plusieurs lacs. Cette première étape a été effectuée principalement du début juin au début juillet 2007. Une confirmation de leur accessibilité, et de l'état de récolte de leur bassin versant a été faite par Luc Gagnon de GDS et Bermans Drouin de la réserve faunique des Chic-Chocs. Une visite sur le terrain a ensuite été faite afin de confirmer l'exactitude de ces choix préliminaires et afin d'effectuer un premier échantillonnage sur les lacs sélectionnés. Cette première visite a eu lieu du 16 au 20 juillet 2007.

### **2.2. Méthode d'échantillonnage de l'eau des lacs**

Les paramètres physico-chimiques suivants ont été mesurés dans les lacs sélectionnés :

- le pH (sonde Idronaut Ocean Seven 316 ; pH-mètre UP10 Denver Instruments avec électrode combinée Accumet 13-620-299)
- la turbidité (absorbance à 600 nm entre un échantillon filtrée et non-filtrée ; spectrophotomètre UV-visible Varian Cary 100 Bio)
- la conductivité (sonde Idronaut Ocean Seven 316)
- l'oxygène dissous et la température (sonde Idronaut Ocean Seven 316 ; sonde YSI 50B)
- les anions majeurs dissous ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  ; chromatographie ionique ; Dionex ICS-2000)
- les cations majeurs ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) et les éléments traces (Fe, Al, Mn, Ba, Cu, Zn, P) dissous et particulaires (ICP-AES ; Varian Vista AX)
- Chlorophylle a (extraction à l'acétone et mesure de fluorescence avec fluorimètre ; Turner Designs 10-005R)

- Carbone inorganique dissous ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_2$ ) ; chromatographie en phase gazeuse ; Varian Chrompak CP-3800)
- Carbone organique dissous ; analyseur de carbone total ; Shimadzu TOC-V<sub>CPH</sub>)

Tous les lacs ont été échantillonnés en leur point le plus profond à l'aide d'embarcations légères (chaloupe, zodiac ou canot).

### 2.2.1. Sonde multiparamétrique

Lors du premier échantillonnage, effectué en juillet 2007, le pH, la turbidité, l'oxygène dissous et la température ont été obtenus de façon efficace et précise sur le terrain à l'aide d'une sonde multiparamétrique submersible Idronaut (Ocean Seven 316). Celle-ci permet l'acquisition de données en temps réel ce qui a l'avantage de rendre possible l'intégration de toutes les données en un très court laps de temps et de les acquérir sur toute la hauteur de la colonne d'eau (profil vertical). La sonde, reliée à un système d'alimentation et à un ordinateur portable, a été descendue graduellement dans l'eau en effectuant des plateaux de 50 ou 100 cm afin de permettre la stabilisation des lectures d'oxygène dissous lorsque nécessaire. La concordance des données de descente et de remontée a aussi été utilisée pour valider l'exactitude des données acquises tout au long de la colonne d'eau.

Lors du deuxième échantillonnage, effectué en août 2007, le pH, l'oxygène dissous et la température de l'eau à la surface des lacs ont été obtenus à l'aide de deux sondes : Un pH-mètre (non-submersible) et un oxymètre (submersible). L'utilisation de la sonde multiparamétrique Idronaut a été jugée non nécessaire pour ce deuxième échantillonnage dû aux faibles variations des paramètres mesurés sur les lacs peu profonds (< 2 m). Pour les deux lacs plus profonds (4 et 7 m), une pompe submersible a été utilisée afin d'emmener l'eau de différentes profondeurs jusqu'à la surface et d'en mesurer le pH à l'aide du pH-mètre, tandis que l'oxymètre a été descendu manuellement dans la colonne d'eau.

L'étalonnage des différents capteurs de pH et d'oxygène dissous a été systématiquement effectuée au début et à la fin de chaque jour d'échantillonnage. Aucun écart notable n'a été noté au cours de ces étalonnages, démontrant la régularité de l'exactitude des capteurs utilisés.

### 2.2.2. Description du protocole de prise d'échantillons d'eau

Les éléments traces, les anions et les cations majeurs dissous, de même que la chlorophylle a, sont des paramètres devant être mesurés en laboratoire à l'aide d'équipements spécialisés. Pour se faire, différents volumes d'eau ont été collectés d'après un protocole spécifique afin d'être ensuite transportés jusqu'à nos laboratoires pour être analysés.

Sur cinq des six lacs à l'étude, l'échantillonnage de l'eau a été fait à la surface uniquement tandis que le lac le plus profond (7 m) a été échantillonné à la surface et sous la thermocline, soit à environ 6 m de la surface.

Lors de l'échantillonnage, les récipients que voici ont été remplis :

- trois flacons stériles de 50 ml d'eau brute pour l'analyse de la chlorophylle a
- trois flacons (préalablement lavés à l'acide) de 15 ml d'eau brute pour l'analyse des cations totaux
- trois flacons (préalablement lavés à l'acide) de 15 ml d'eau filtrée à 0,45  $\mu\text{m}$  (filtre en polycarbonate préalablement rincés) pour l'analyse des cations dissous
- trois flacons de 15 ml d'eau filtrée à 0,45  $\mu\text{m}$  pour l'analyse des anions dissous
- trois tubes avec septum acidifiés, pesés et purgés préalablement à l'hélium et auxquels 1 ml d'eau filtrée à 0,45  $\mu\text{m}$  est ajouté à l'aide d'une aiguille et d'une seringue pour l'analyse du contenu en carbonates (carbone inorganique dissous)
- une bouteille de 500 ml d'eau brute à titre préventif (en cas de perte d'un échantillon mentionné plus haut).

Trois « blancs de terrain » ont aussi été effectués à chaque mission d'échantillonnage. Cette étape consiste à effectuer le protocole d'échantillonnage complet en utilisant de l'eau ultra-pure. L'analyse en laboratoire de ces échantillons permet d'identifier les contaminations possibles dues à l'approche méthodologique et de détecter des faux-positifs ou de corriger les valeurs des échantillons d'eau de lac au besoin. Dans le cas de cette étude, les blancs de terrain se sont avérés sans faute et n'ont pas nécessités de correction des données.

Puisque certains composés chimiques sont susceptibles d'être affectés par la chaleur et la lumière, une fois remplis, les bouteilles, flacons et tubes étaient immédiatement déposés dans une glacière contenant de la glace. Les échantillons récoltés pour le dosage des cations et des éléments traces étant acidifiés dans les heures qui suivent à 0,2% v/v à l'aide d'acide nitrique concentré.

### ***2.3. Instrumentation hydro-météorologique***

Afin de documenter les impacts de la coupe sur le bilan hydrologique, il a été jugé nécessaire d'effectuer le bilan hydrologique des lacs à l'étude. Ainsi, un protocole d'instrumentation hydro-météorologique a été développé en fonction des ressources financières octroyées dans le cadre de cette étude. Il a donc été décidé de mesurer la quantité d'eau transitant par les lacs à l'étude et de lier cette information à des données météorologiques représentatives.

### 2.3.1. Station météorologique

La station météorologique a été installée le 11 octobre 2007 à proximité des chalets du Lac Mont-Louis. Il s'agit d'une station météorologique autonome équipée d'un précipitomètre à auget basculant muni d'un adaptateur non-chauffant pour les précipitations solide, d'un paravent de type Alter, d'un thermomètre, d'un hygromètre, d'un anémomètre, d'un baromètre et de deux pyranomètres (Fig. 1).



**Figure 1 : Station météorologique installée à proximité des chalets du Lac Mont-Louis**

La station a été achetée chez Intermountain Environmentals au Utah. Cette compagnie distribue les équipements scientifiques d'Onset Computers, les fabricants de la station choisie. Deux trépieds de 3 m ont été achetés, soit un pour l'acquisiteur de données et les appareils électroniques et un autre trépied pour le précipitomètre et le paravent. Une adaptation a dû être nécessaire pour l'installation de ces instruments. Des tuyaux et manchons en acier galvanisés ont été employés à cet effet et ils ont assurés une installation rapide ainsi qu'une très grande stabilité des appareils.

D'après la fiche d'entretien du précipitomètre hivernal, le mélange d'antigel non-toxique et biodégradable, composé d'un mélange 50/50 de propylène glycol et d'éthanol dénaturé, doit être changé après 250 mm de précipitation car la dilution du mélange le rend graduellement de moins en moins tolérant au gel. En utilisant à titre de référence la sommation des précipitations accumulées dans la région (Stations d'Environnement Canada de Cap-Chat et Cap-Madeleine), il a été décidé à la mi-novembre de se rendre sur le site afin d'effectuer une vidange du mélange d'antigel. Cette visite a eu lieu le 27 novembre 2007. C'est Victor Ouellet, un employé saisonnier de la réserve faunique des Chic-Chocs, résident de Mont-St-Pierre et titulaire du permis de trappe sur le territoire où la station est installée qui a transporté un membre de notre équipe sur le site en motoneige. Il était d'ailleurs responsable d'une deuxième vidange du précipitomètre qui a eu lieu le 24 février 2008.

### **2.3.2. Station de jaugeage**

Deux capteurs de pression submersibles ont été installés sur une paire de lac le 11 octobre 2007. Les capteurs Solinst Gold M5 sont parfaitement autonomes et étanches ce qui permet de les installer sous l'eau pour une longue période de temps. Ils ont été ancrés à environ 1 m sous la surface de l'eau dans les deux lacs sélectionnés. L'ancrage était constitué d'un tube de PVC noir qui a été enfoncé directement dans les épais sédiments (Fig. 2). Ils ne devraient pas directement subir de gel au cours de l'hiver et ainsi permettre la mesure du niveau du lac en continu même lors de la période de dégel. La bathymétrie des lacs étudiée et de leur exutoire sera effectuée au cours de l'été 2008.



**Figure 2 : Système d'ancrage du capteur de pression submersible**



### 3. Résultats

#### 3.1. Sélection des lacs

Parmi les neuf sites préliminairement identifiés, seulement six ont offert les conditions nécessaires à l'établissement d'un dispositif expérimental valable. Quatre d'entre eux se situent à l'intérieur de la réserve faunique des Chic-Chocs, tandis que les deux autres se situent à proximité de la municipalité de Manche-d'Épée (Fig. 3).

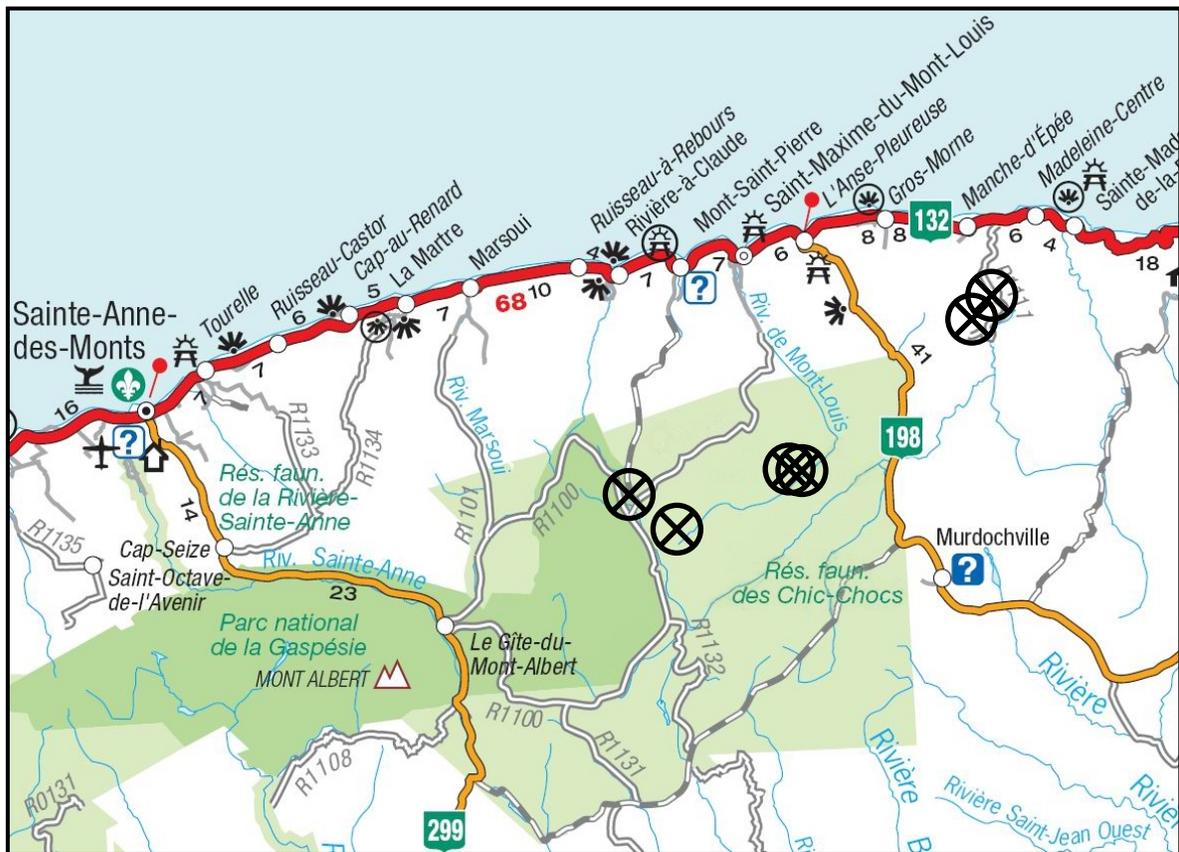


Figure 3 : Localisation géographique des lacs sélectionnés

### 3.1.1. Paire de lac #1

#### Lac Ébron :

Localisation : 49°02'33''N, 65°53'06''O.

Lac situé à la marge du Parc de la Gaspésie et de la réserve faunique des Chic-Chocs. Accès facile par la route du Mont-St-Pierre (route 2) et de l'accès routier du Lac à Pierre. Un court portage d'environ 100 m est nécessaire afin d'atteindre le Lac Ébron. Le sentier à emprunter est situé à gauche du stationnement du Lac à Pierre. Une chaloupe peut être réservée auprès des autorités du Parc de la Gaspésie. Lac peu profond (~1,5 m) avec bassin versant escarpé. L'exutoire se jette dans le Lac à Pierre. Nous avons noté un passage possiblement fréquent de chaloupes dans l'exutoire.

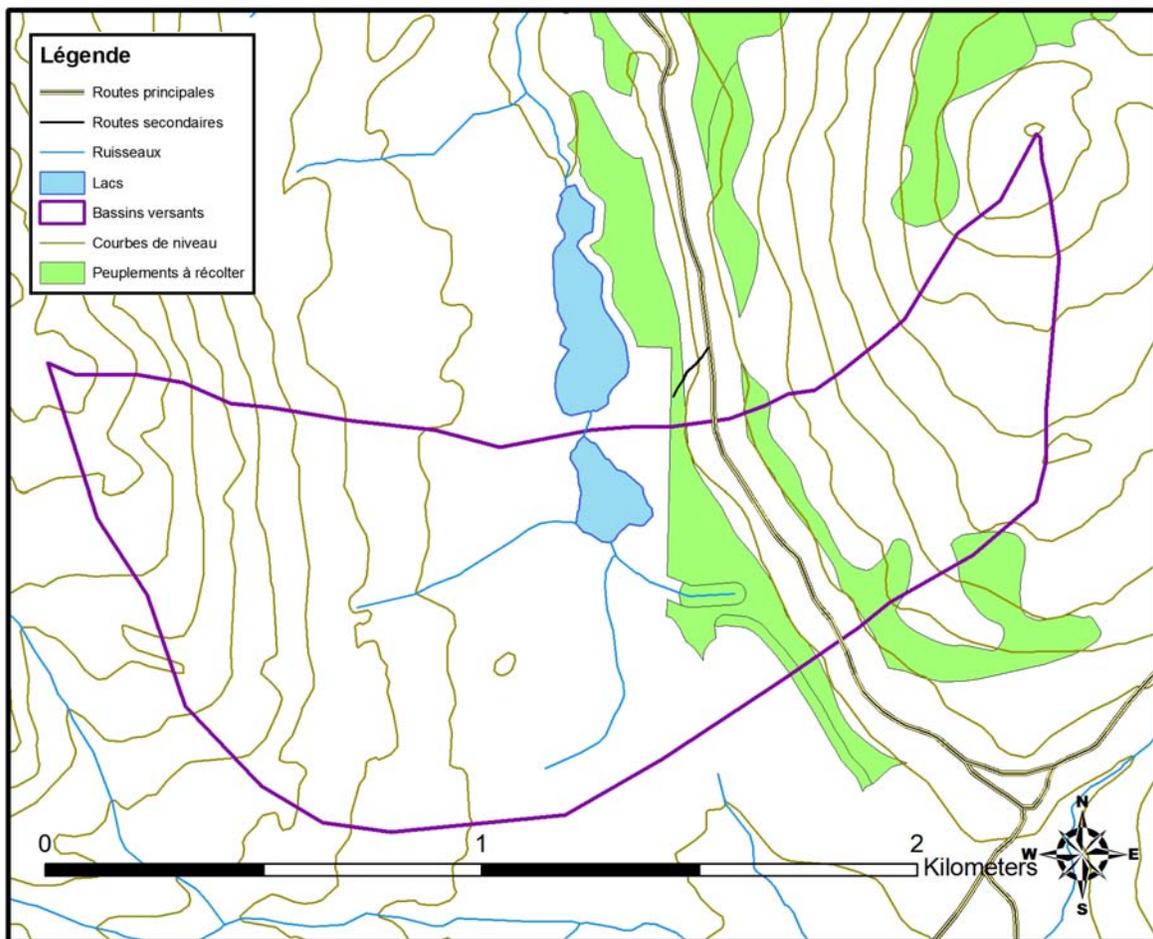
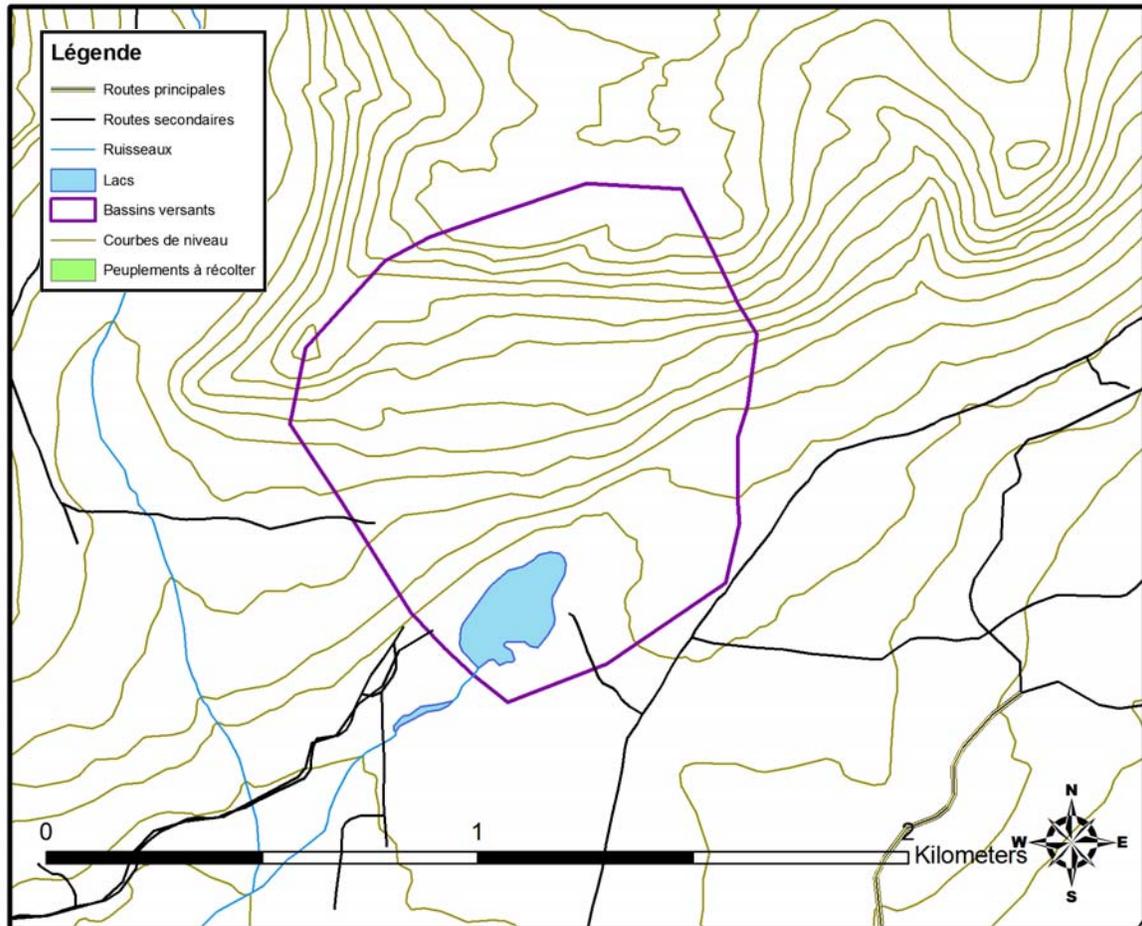


Figure 4 : Carte topographique du bassin versant du lac Ébron

Lac des Pics :

Localisation : 49°01'03''N, 65°50'00''O.

Accès facile jusqu'au bord du lac. Chaloupe non verrouillé, accessible, à réserver auprès des gens de la Sépaq (Chic-Chocs). Lac peu profond (~1,5 m) dont le bassin versant est escarpé. Exutoire à seuil naturel formé de branches et de boue. Présence de la roche-mère en surface.



**Figure 5 : Carte topographique du bassin versant du lac des Pics**

### 3.1.2. Paire de lac #2

#### Lac X :

Localisation : 49°03'59''N, 65°40'10''O.

Accès routier parfois boueux et enlisant. Portage de 560 m avec section finale de 50 m dans une tourbière. Lac profond nécessitant la pompe. Seuil naturel fait d'amas de branches; 60 cm de haut; possibilité de fuites. Par la suite, écoulement dans une cédrière avec ruisseau mal défini.

#### Lac Z :

Localisation : 49°03'59''N, 65°39'13''O.

Accès routier parfois boueux et enlisant. Portage de 525 m avec section finale de 50 m dans une tourbière. Lac profond nécessitant la pompe. Exutoire très diffus dans une zone tourbeuse large (cédrière). Vestige de la présence d'un barrage de castor. Fond de sable fin au début de l'exutoire à 80 cm sous l'eau.

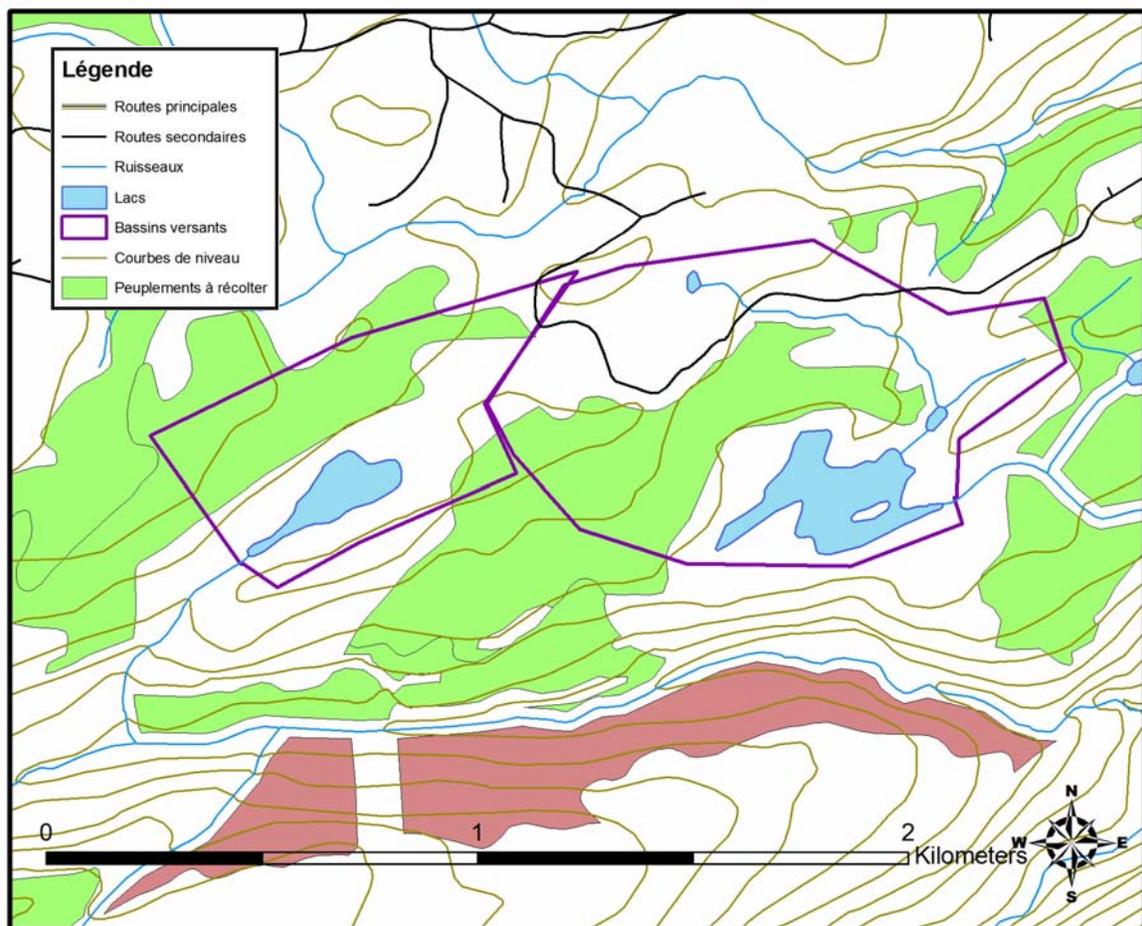


Figure 6 : Carte topographique du bassin versant du lac X (gauche) et du lac Z (droite)

### 3.1.3. Paire de lac #3

Lac au Foin :

Localisation : 49°12'15''N, 65°24'52''O.

Accès par une route passante, stationnement accessible. Petit portage de 50 m pour accéder au lac. Exutoire avec petit seuil de 30 cm, fuite possible. Petit ruisseau de 2,5 m de large par 20 cm d'eau; possiblement jaugeable. Deviens rapidement diffus ensuite.

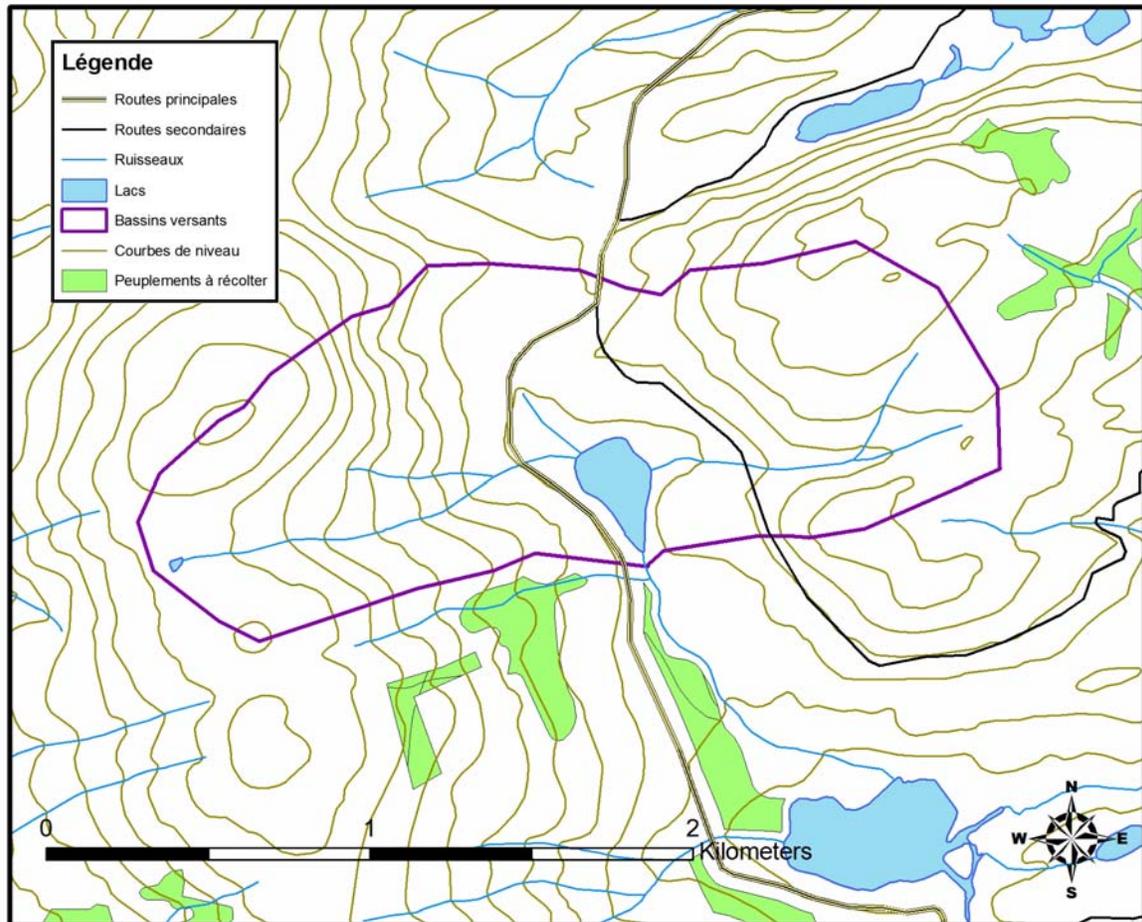
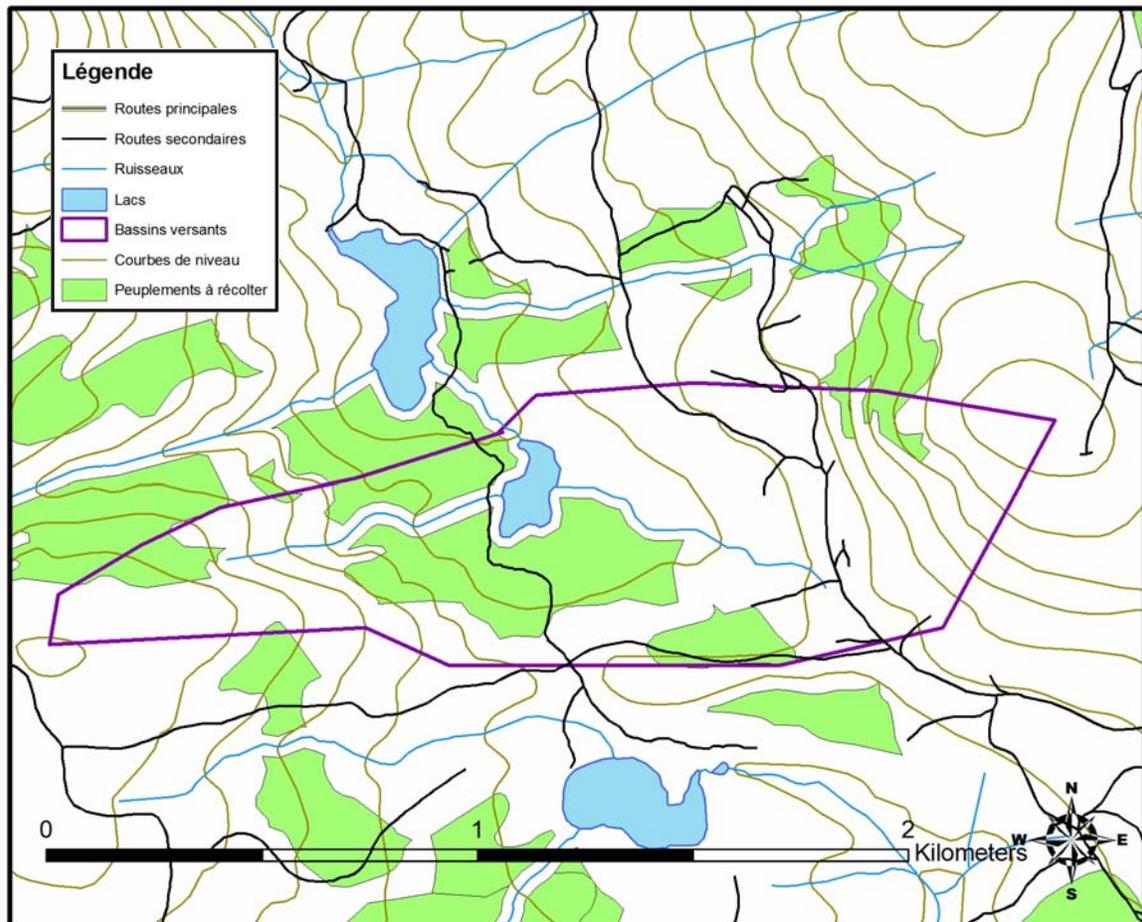


Figure 7 : Carte topographique du bassin versant du lac au Foin

2<sup>e</sup> Lac de Manche-d'Épée :

Localisation : 49°11'12''N, 65°26'34''O.

Accès routier hasardeux avec sol très en pente et souvent miné par les pluies. Place de stationnement très restreinte. Petit portage de 50 m pour accéder au lac. Fond du lac très vaseux avec sources d'eau visibles (1,2 m). Exutoire avec seuil naturel en pierre. Vestiges de la présence de castors il y a longtemps.



**Figure 8 : Carte topographique du bassin versant du 2e Lac de Manche-d'Épée**

### 3.2. Description des caractéristiques physiques des lacs

La superficie du bassin versant de chacun des lacs a été déterminée à partir des données topographiques les plus précises de la région (BDTQ; 1:20 000) à l'aide du logiciel PHYSITEL développé à l'INRS-ETE. La superficie de chacun de ces bassins versants, qui seront soumis à la récolte forestière, a été fixée d'après les coupes prévues au plan quinquennal d'aménagement forestier (Tableau 1). Le pourcentage des bassins versants à l'étude allant être affectés par la récolte se situe entre 7 et 30 % d'après le plan d'intervention actuel. Même si des travaux d'envergure affectant plus de 50 % d'un bassin versant sont préférables afin de générer des modifications significatives du comportement hydrologique des lacs et rivières, il est possible que des récoltes de plus petites envergures provoquent tout de même des changements physico-chimiques mesurables.

**Tableau 1 : Description des caractéristiques physiques des lacs sélectionnés**

Lac	Profondeur (m)	Bassin versant (ha)	Lac (ha)	BV:Lac	Déjà récolté <sup>#</sup> (%)	À récolter (%)
Ébron	1,5	168	2,6	65:1	0	7
Pics	1,2	92	3,8	24:1	5 (1998)	0
X	4,0	34	2,8	12:1	1 (1995)	0*
Z	7,2	71	6,3	11:1	16 (1995)	30
Foin	1,2	210	4,7	45:1	23 (1994)	0
2e ME	1,2	104	1,9	55:1	26 (1994)	24

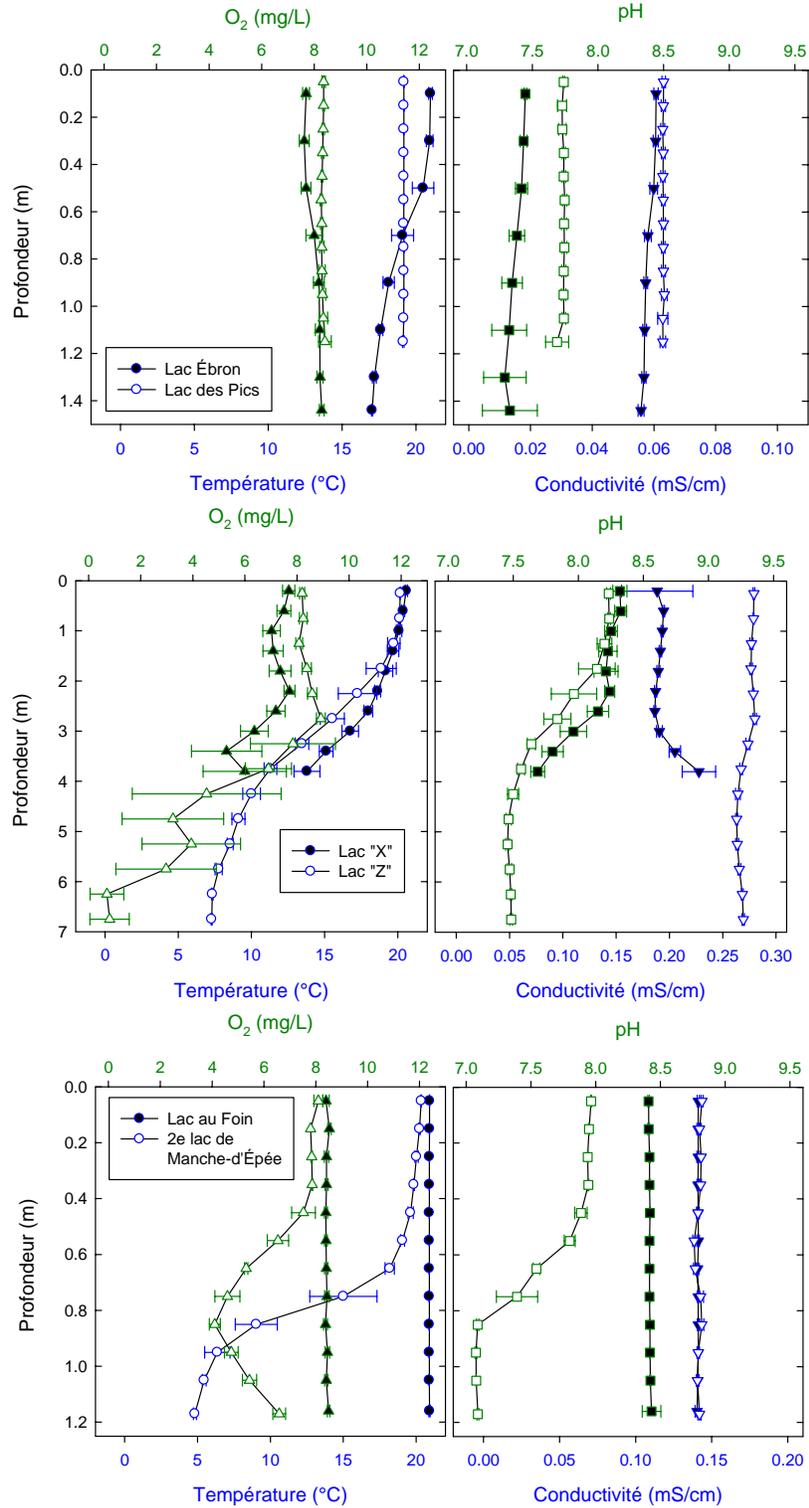
<sup>#</sup> L'année de récolte principale apparaît entre parenthèse

\* Une récolte forestière est prévue sur le bassin versant de ce lac mais il a été convenu avec l'exploitant de la retarder jusqu'à la fin de l'étude.

### 3.3. Description de la physico-chimie des lacs

Afin de donner un aperçu du profil vertical de température, de conductivité, d'oxygène dissous et de pH de chaque paire de lacs, nous avons présenté les données obtenues à l'aide de la sonde Idronaut dans la figure 9 lors des visites de terrain du 17 au 19 juillet 2007. Nous avons effectué plusieurs passages de la sonde dans la colonne d'eau avec acquisition des données en temps réel (~4 lectures/sec). Afin de présenter les données de façon claire et concise, nous les avons compilées et regroupées par tranche selon la profondeur de chaque lac. Ainsi, les barres d'erreurs représentent les écart-types des valeurs moyennes pour chaque segment de profondeur. On notera une augmentation de l'incertitude dans les segments où des changements notables se dessinent dans les profils verticaux. Ceci est dû au regroupement des données ainsi qu'au délai de réponse de certains capteurs de la sonde qui sont sensibles à la vitesse de déplacement de la sonde.

Nous avons aussi prélevé des échantillons de surface pour analyse. Une partie des données pour les échantillons de surface récoltés en août (ainsi que les témoins, lorsque applicable) sont présentées dans les tableaux 2 à 5 (moyenne ± écart-type ; N = 3 à l'exception des mesures *in situ* d'oxygène dissous et de pH où N = 1).



**Figure 9 : Profils verticaux de quatre paramètres mesurés par sonde submersible dans chaque paire de lacs entre les 17 et 19 juillet 2007 (●○ : Température ; ▲△ : O<sub>2</sub> dissous ; ■□ : pH ; ▼▽ : Conductivité)**

**Tableau 2 : Principaux paramètres physiques, chimiques et biologiques déterminés dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007).**

Lac	pH	O <sub>2</sub> dissous (mg/L)	Chl a (µg/L)	Turbidité (unités arbitraires)
Ébron	7,45	9,85	0,78 ± 0,12	0,0014 ± 0,0001
Pics	7,65	9,65	0,81 ± 0,06	0,0011 ± 0,0006
X	7,97	8,95	1,39 ± 0,02	0,0018 ± 0,0004
Z	8,10	9,75	0,77 ± 0,03	0,0006 ± 0,0002
Foin	7,97	10,3	0,34 ± 0,04	0,0017 ± 0,0002
2e ME	7,54	10,0	0,33 ± 0,02	0,0009 ± 0,0005

Chaque paire de lacs présente des caractéristiques très similaires au niveau de la profondeur (Tableau 1), du pH, de la conductivité et de la productivité (Chl a ; Tableau 2). Les lacs sont peu profonds (< 2 m) à l'exception des lacs « X » et « Z » qui ont respectivement 4 et 7 m de profondeur. Ils ont tous des eaux très transparentes, comme en font foi les données de turbidité (Tableau 2). L'utilisation d'un spectrophotomètre pour déterminer la turbidité s'est avérée nécessaire ici puisque dans quatre des six lacs le fond était visible ce qui rendait l'utilisation d'un disque de Secchi inutile. On notera que tous les lacs sont oligotrophes (Chl a < 4,5 µg/L ; Wetzel, 2001).

Les profils verticaux illustrés à la figure 9 confirment la similarité des caractéristiques physico-chimiques à l'intérieur de chaque paire de lacs. Les lacs « X » et « Z » sont les plus minéralisés (conductivité entre 0,19 et 0,28 mS/cm) et les lacs les moins minéralisés sont les lacs Ébron et des Pics (conductivité entre 0,056 et 0,063 mS/cm ; notez que les échelles de conductivité sont différentes pour chaque paire de lacs). En ce qui concerne l'oxygène dissous, les eaux de surface sont proches de la saturation. Par ailleurs, les lacs « X » et « Z » montrent une stratification partielle au cours de l'été avec la formation d'une thermocline sous les 2 m. Nous avons aussi noté une « anomalie » dans le 2<sup>e</sup> lac de Manche-d'Épée où l'on a observé des changements dans le pH, l'oxygène dissous et la température près des sédiments. Ces variations sont spécifiques à l'endroit où le profil a été réalisé. En effet, nous avons constaté à cet endroit une résurgence d'eau souterraine (eau plus froide et moins oxygénée). Malgré la présence de cette source d'eau souterraine, le profil indique que l'échantillonnage de l'eau de surface est représentatif de la composition de l'eau du lac car la couche de surface (0-50 cm) semble bien mélangé alors que plus en profondeur on observe un mélange graduel des eaux souterraines avec celle du lac.

La composition en anions et cations (Tableaux 3 et 4) reflètent les mesures de conductivité, c'est-à-dire que les concentrations les plus élevées sont observées dans les lacs « X » et « Z » alors que les plus faibles sont dans les lacs Ébron et des Pics. Dans tous les cas, les concentrations de nitrates n'étaient pas significativement différentes de nos échantillons témoins (eau ultrapure du laboratoire filtrée sur le terrain ;  $0,07 \pm 0,02$  mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou étaient inférieures à la limite de détection de l'appareil (0,03 mg/L).

**Tableau 3 : Concentrations dissoutes mesurées en anions majeurs dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007). Les valeurs indiquées après le symbole « < » signifient que la concentration mesurée est inférieure à la limite de détection.**

Lac	Carbone inorg. dissous (mM)	Carbone org. dissous (mg/L)	F <sup>-</sup> (mg/L)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)
Ébron	0,62 ± 0,05	4,61 ± 0,11	0,016 ± 0,002	1,15 ± 0,01	5,13 ± 0,04
Pics	0,63 ± 0,02	7,95 ± 0,09	0,013 ± 0,001	0,77 ± 0,01	2,13 ± 0,01
X	2,30 ± 0,20	5,78 ± 0,15	0,028 ± 0,001	1,93 ± 0,01	5,64 ± 0,03
Z	3,76 ± 0,08	6,42 ± 0,02	0,059 ± 0,001	2,02 ± 0,01	4,45 ± 0,05
Foin	1,12 ± 0,04	6,40 ± 0,26	0,016 ± 0,003	2,94 ± 0,04	7,25 ± 0,04
2e ME	1,38 ± 0,05	3,06 ± 0,05	0,017 ± 0,005	3,58 ± 0,02	7,77 ± 0,07
Témoin	< 0,01	0,07 ± 0,03	< 0,003	0,013 ± 0,002	< 0,02

**Tableau 4 : Concentrations dissoutes mesurées en cations majeurs dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007). Les valeurs indiquées après le symbole « < » signifient que la concentration mesurée est inférieure à la limite de détection.**

Lac	Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)
Ébron	11,0 ± 0,2	1,33 ± 0,01	1,34 ± 0,02	0,40 ± 0,01
Pics	10,7 ± 0,1	1,70 ± 0,01	1,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01
X	35,5 ± 0,1	6,90 ± 0,02	2,07 ± 0,02	0,25 ± 0,01
Z	50,0 ± 0,1	8,63 ± 0,01	2,23 ± 0,01	0,25 ± 0,01
Foin	17,9 ± 0,1	4,34 ± 0,01	2,68 ± 0,01	0,33 ± 0,01
2e ME	19,9 ± 0,1	5,03 ± 0,02	3,11 ± 0,01	0,35 ± 0,01
Témoin	0,008 ± 0,002	< 0,001	< 0,02	0,04 ± 0,01

**Tableau 5 : Concentrations dissoutes mesurées en éléments traces dans les lacs sélectionnés (21 et 22 août 2007). Les valeurs indiquées après le symbole « < » signifient que la concentration mesurée est inférieure à la limite de détection.**

Lac	Al <sup>3+</sup> (µg/L)	Fe <sup>3+</sup> (µg/L)	Mn <sup>2+</sup> (µg/L)	Ba <sup>2+</sup> (µg/L)
Ébron	21,7 ± 0,4	49,3 ± 0,2	3,81 ± 0,05	9,8 ± 0,1
Pics	70,4 ± 2,8	30,9 ± 2,8	1,18 ± 0,05	55,8 ± 0,4
X	9,8 ± 0,6	11,7 ± 0,3	1,97 ± 0,02	51,9 ± 0,1
Z	6,3 ± 0,3	8,0 ± 1,1	1,04 ± 0,03	98,5 ± 0,2
Foin	28,8 ± 1,9	27,2 ± 0,6	2,17 ± 0,01	16,2 ± 0,1
2e ME	11,0 ± 0,4	9,2 ± 0,1	0,93 ± 0,02	25,0 ± 0,1
Témoin	< 2	< 2	< 0,1	< 0,2

Certains éléments traces étaient présents en concentrations suffisamment élevées pour être quantifiés. C'est le cas pour le fer, l'aluminium, le manganèse et le barium (Tableau 5). En revanche, les concentrations de cuivre et de zinc étaient très rarement détectables (limites de détection respectives de 0,5 et 1 µg/L). De plus, les concentrations de phosphore étaient toujours inférieures à la limite de détection (7 µg/L), quoique la méthode utilisée soit peu sensible. Nous avons aussi déterminé les concentrations totales

en cations majeurs et traces (échantillons non-filtrés), ce qui nous a permis de déduire les concentrations particulières (résultats non présentés). Globalement, les concentrations en Al, Fe et Mn particulières étaient inférieures aux concentrations dissoutes alors que la présence sous forme particulière des autres éléments était négligeable.

### 3.4. Description des données hydrométéorologiques

Seulement une courte séquence de données météorologiques est disponible en ce moment (Fig. 10). Toutefois, cette courte période a été caractérisée par une très abondante quantité de précipitations et il semble que nos instruments aient mesuré celle-ci avec grande précision. Les écarts entre nos données observés et celles de la station d'Environnement Canada de Cap-Chat sont tout à fait raisonnables, compte tenu de la distance et des différences géographiques entre les deux localisations.

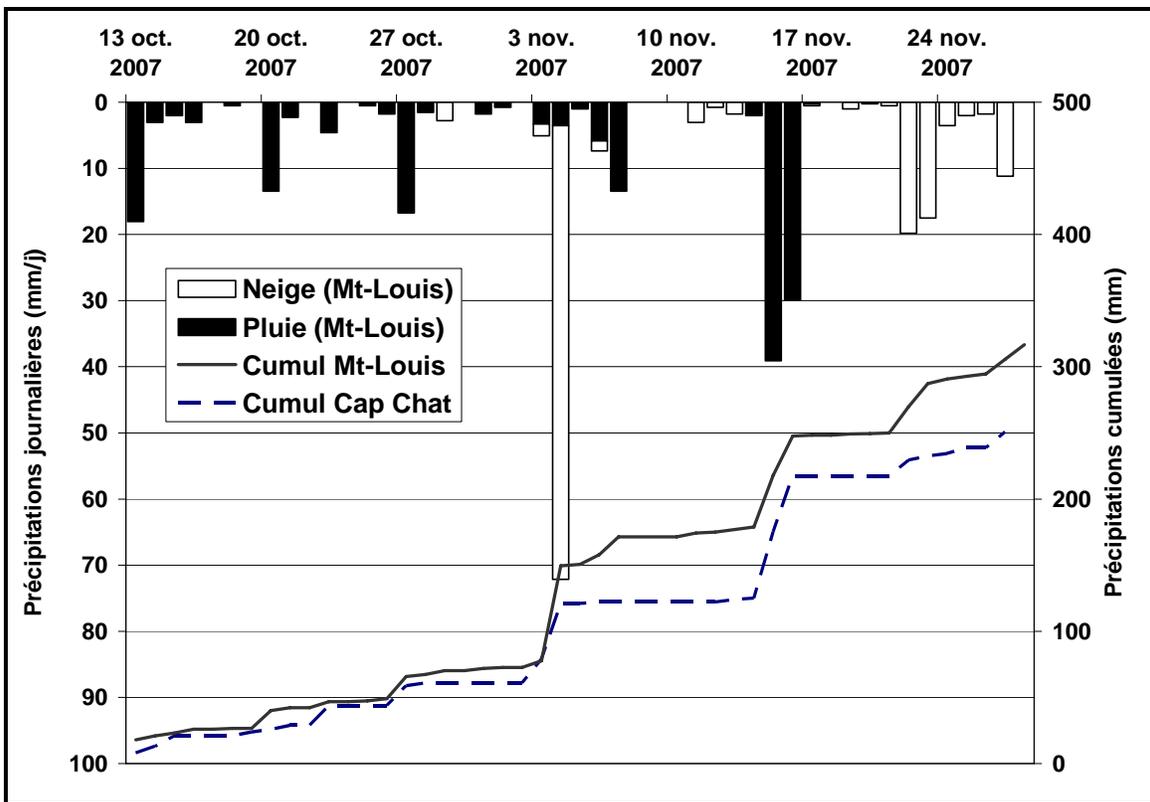


Figure 10 : Précipitations journalières et cumulées à la station du Lac Mont-Louis pour la période du 12 octobre au 28 novembre 2007.

Les capteurs de pression submersibles ont été installés le 11 octobre 2007 dans les lacs Ébron et des Pics. Ces deux lacs ont été choisis puisqu'ils permettront la détermination rapide de leur bathymétrie et de la forme de leur seuil à l'exutoire. D'autres capteurs de pression seront achetés et installés dans les quatre autres lacs au début de l'été 2008.



## 4. Discussion

L'ensemble des objectifs poursuivis pour la première année de ce projet de quatre ans ont été atteints sans encombre. La sélection des lacs a été complétée rapidement grâce aux excellents conseils que les intervenants du milieu nous ont fournis. Les six lacs choisis répondent à nos nombreux critères de sélection quoiqu'il aurait été préférable d'avoir une proportion de superficie récoltée plus élevée pour maximiser les probabilités d'observer un effet de la récolte, ces conditions demeurent néanmoins représentatives des opérations forestières typiquement réalisés sur les bassins versants.

Les paramètres limnologiques déterminés nous indiquent que le choix de nos paires de lacs était judicieux. En effet, les lacs à l'intérieur de chaque paire sont très similaires en termes de profondeur, de pH, de conductivité et de productivité (Chl a). Les lacs sont peu profonds, peu turbides et oligotrophes. De plus, les concentrations de calcium et de carbonates (carbone inorganique dissous) sont très proches pour chaque paire de lacs, deux paramètres que nous suivrons attentivement dans les prochaines années. Notons en terminant que nous n'avons pas détecté de présence de marne en suspension.

### 4.1. Calendrier des activités à venir

- Printemps et été 2008 :
  - o Recrutement d'un étudiant à la maîtrise (Marc-André Robin)
  - o Installation des capteurs de pression submersibles
  - o Entretien de la station météo
  - o Exécution d'un inventaire forestier des bassins versants
  - o Détermination de la bathymétrie des lacs
  - o Échantillonnage de l'eau des lacs (fin juin + début septembre)
- Automne 2008 :
  - o Analyse des échantillons
  - o Récolte forestière
  - o Début de la formation académique en sciences de l'eau de l'étudiant à la maîtrise
- Hiver 2009 :
  - o Poursuite de la revue de littérature amorcée par les chercheurs
- Été et automne 2009 :
  - o Récolte d'échantillons sur le terrain (fin juin + début septembre) et analyse
- Hiver 2010 :
  - o Début de rédaction du mémoire de maîtrise
- Été et automne 2010 :
  - o Récolte d'échantillons sur le terrain (fin juin + début septembre) et analyse
  - o Analyses statistiques
- Hiver 2011 :
  - o Rapport final
  - o Publication des résultats



## **5. Conclusion et perspectives**

Nos perspectives sont optimistes pour la suite du projet. Nous n'anticipons pas de complications pour le moment. Toutefois, comme nous avons échantillonné un nombre limité de lacs, il est nécessaire de minutieusement poursuivre leur aménagement forestier selon le plan établi en collaboration avec le MRNF et l'exploitant forestier au cours des prochaines années.

Nous avons présenté ces résultats préliminaires au conseil d'administration de la réserve faunique des Chic-Chocs le 7 novembre 2007. Les principaux partenaires y étaient présents, soit Langis Fournier et René Lafond du MRNF ainsi que Pierre Pitre et Bermans Drouin de la Sépaq. Une copie de la présentation est en annexe. Nous prévoyons poursuivre ces rencontres annuelles jusqu'à la fin du projet.



## 6. Bibliographie

- Côté, M. et Fortin, S. 2003. Avis émis en regard de la problématique des pH basiques et de l'exploitation forestière en Gaspésie. Consortium pour le développement durable de la forêt gaspésienne. 4 p.
- Duhaime, L. et Pinel-Alloul, B. 2005. Méthode de sélection de lacs de référence dans le cadre d'une étude Before-After Control-Impact (BACI) évaluant les effets des coupes forestières sur le zooplancton des lacs de la forêt boréale. *Revue des Sciences de l'Eau*. 18 (hors-série) : 199-220.
- Guitard, A. et Fleury, M. 2002. Diagnose écologique du lac Joffre situé dans la réserve faunique de Matane. Faune-Expert inc. pour la Société des établissements de plein air du Québec. Bic. 23 p. + annexes.
- Langevin, R. et Turcotte, C. 2004. Avis sur l'impact de la récolte forestière sur le pH de lacs présentant un niveau critique d'alcalinité. Présenté au Ministère des Ressources naturelles, de la faune et des parcs et à la Société de la faune et des parcs du Québec. 5p.
- Wetzel, R.G. 2001. *Limnology – Lake and River Ecosystems*. 3<sup>e</sup> édition. Academic Press. New York. 1006p.



## **7. Annexe 1**

***Présentation des résultats préliminaires au conseil  
d'administration de la réserve faunique des Chic-Chocs (7  
novembre 2007)***

# Suivi des impacts de la coupe forestière sur la physicochimie des lacs alcalins de la réserve faunique des Chic-Chocs

Claude Fortin, Ph.D.

Alain Rousseau, ing., Ph.D.

Sylvain Jutras, ing.f., Ph.D.



Université du Québec

**Institut national de la recherche scientifique**

Eau, Terre et Environnement

## L'équipe de recherche

- Claude Fortin
  - Professeur-chercheur en biogéochimie
  - Spécialiste de la physico-chimie des lacs
  - Expertise en échantillonnage de l'eau
- Alain Rousseau
  - Professeur-chercheur en hydrologie
  - Spécialiste des processus hydrologiques et de la modélisation
  - Expertise en évapotranspiration
- Sylvain Jutras
  - Ingénieur forestier, stagiaire postdoctoral en hydrologie
  - Spécialiste en instrumentation hydrométéorologique
  - Expertise en design de dispositifs expérimentaux en milieu forestier
- Un étudiant à la maîtrise à recruter
  - Sera co-supervisé par les trois membres de l'équipe

## Collaborateurs

- MRNF - Sainte-Anne-des-Monts
  - Secteur Faune (Caroline Turcotte, ...)
  - Secteur Forêt (Langis Fournier)
- SEPAQ
  - Réserve faunique des Chic-Chocs (Bermans Drouin);
- Groupe G.D.S. (Luc Gagnon)

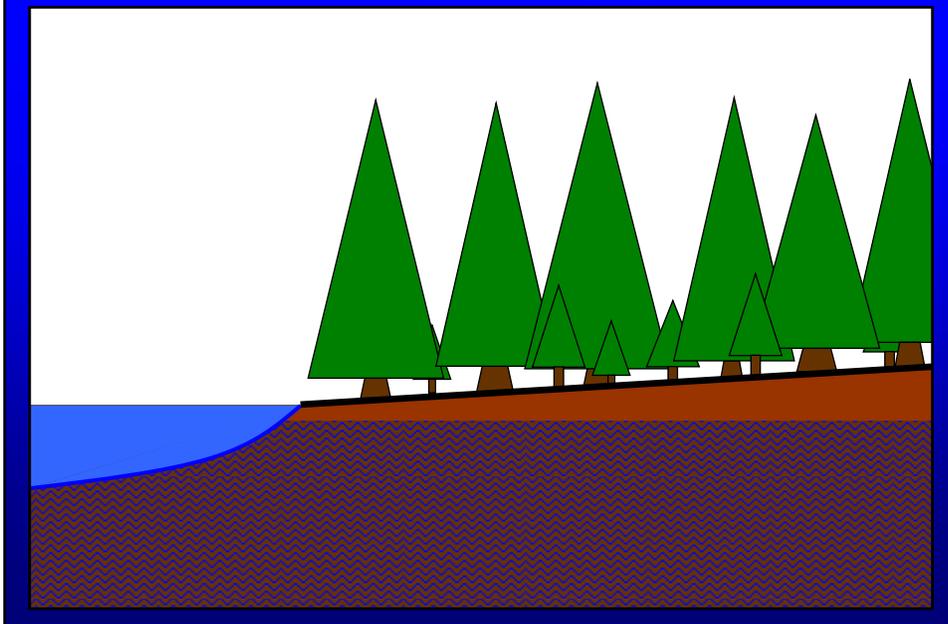
## Introduction

- Réserve faunique des Chic-Chocs
  - Sols riches en calcaire
  - Lacs au pH élevé (>7; alcalins)
  - Limite de tolérance de la faune aquatique
- Gestion intégrée des ressources
  - Habitats fauniques
  - Récolte forestière
    - Modification des conditions de drainage
    - Effets possibles sur la physicochimie des lacs
    - Impact sur la faune aquatique

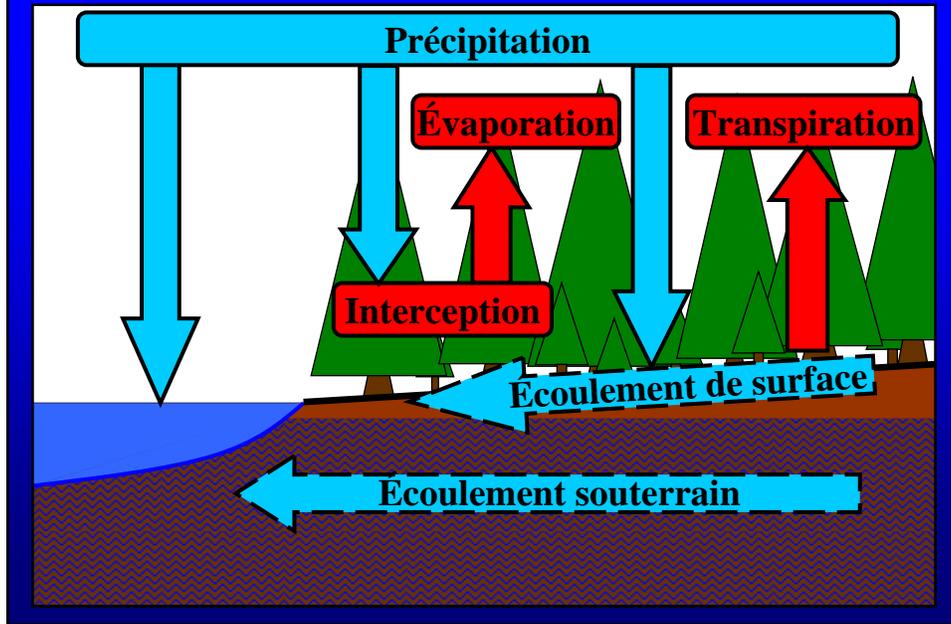
## Introduction

- Le cas du lac Joffre
  - Après la récolte (Faune-expert 2002) :
    - Plus d'apports en eaux souterraines
      - Plus d'eau sursaturées en  $\text{CO}_2$  et  $\text{CaCO}_3$
      - Dégazage du  $\text{CO}_2$  à la surface du lac
      - Hausse du pH
      - Production de marne (calcite)
    - Augmentation des apports en phosphore
      - Stimulation de la production primaire
      - Augmentation du pH (microenvironnement)
      - Évènement déclencheur de la formation de marne
  - Hypothèses non vérifiées

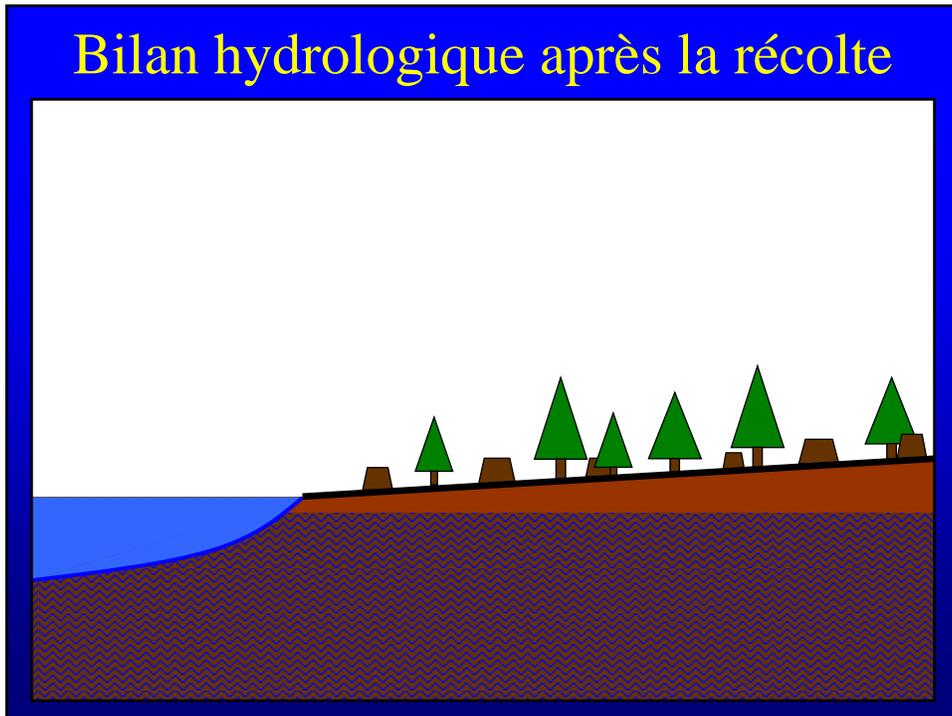
## Bilan hydrologique



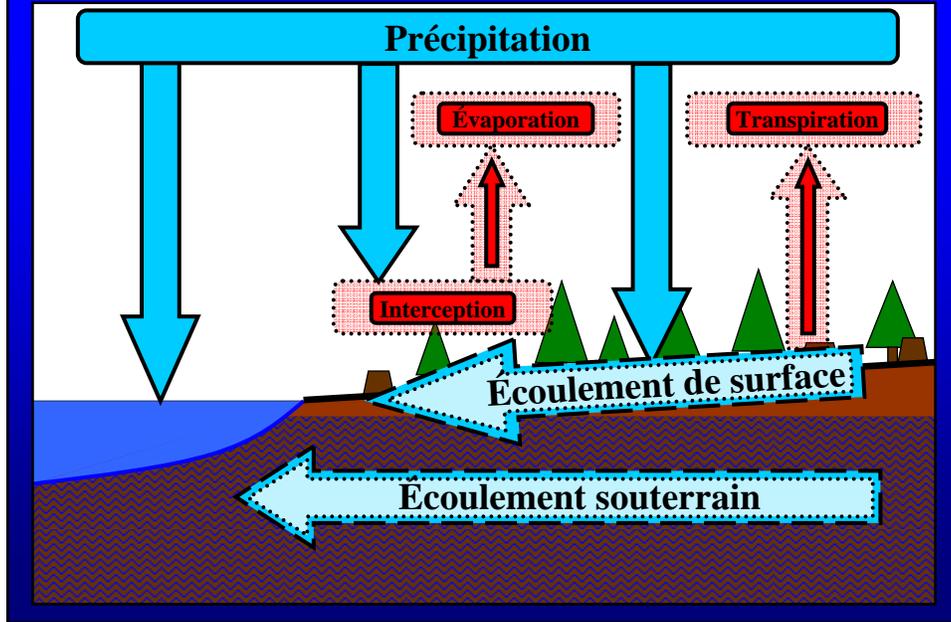
## Bilan hydrologique



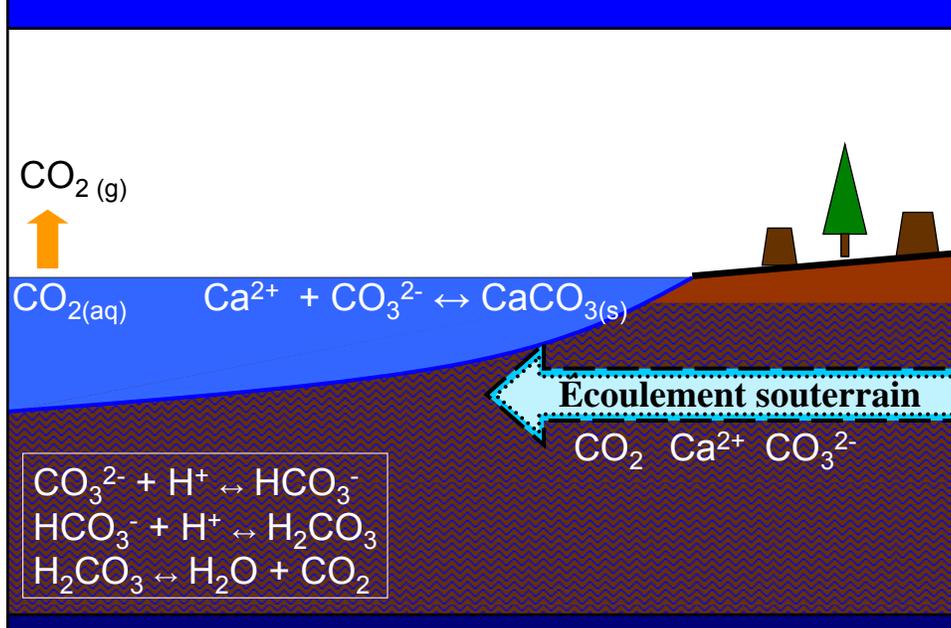
## Bilan hydrologique après la récolte



## Bilan hydrologique après la récolte



## Bilan physico-chimique après la récolte

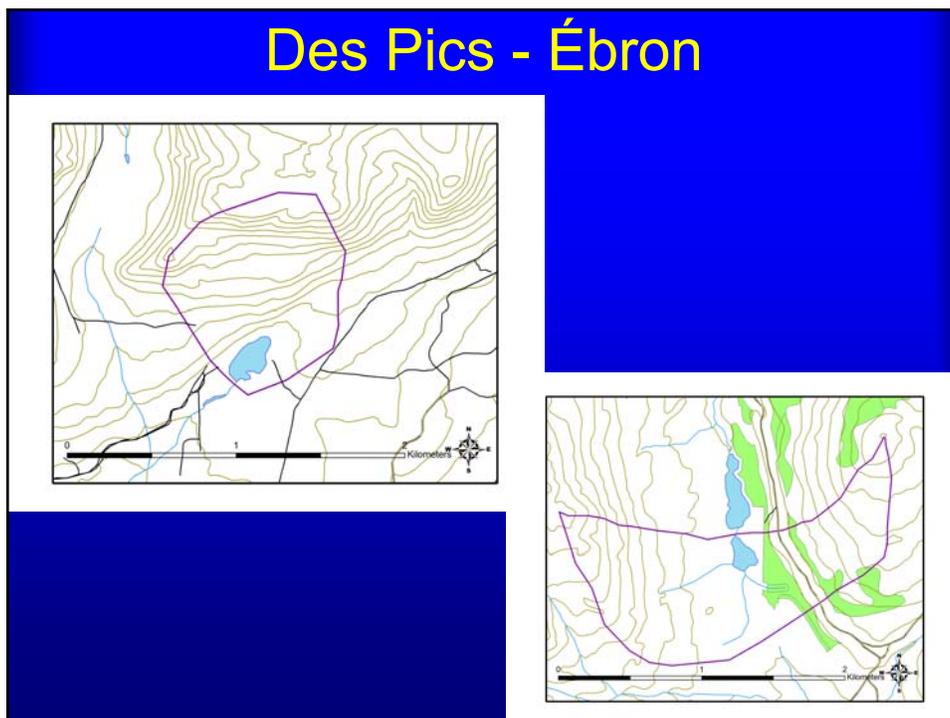
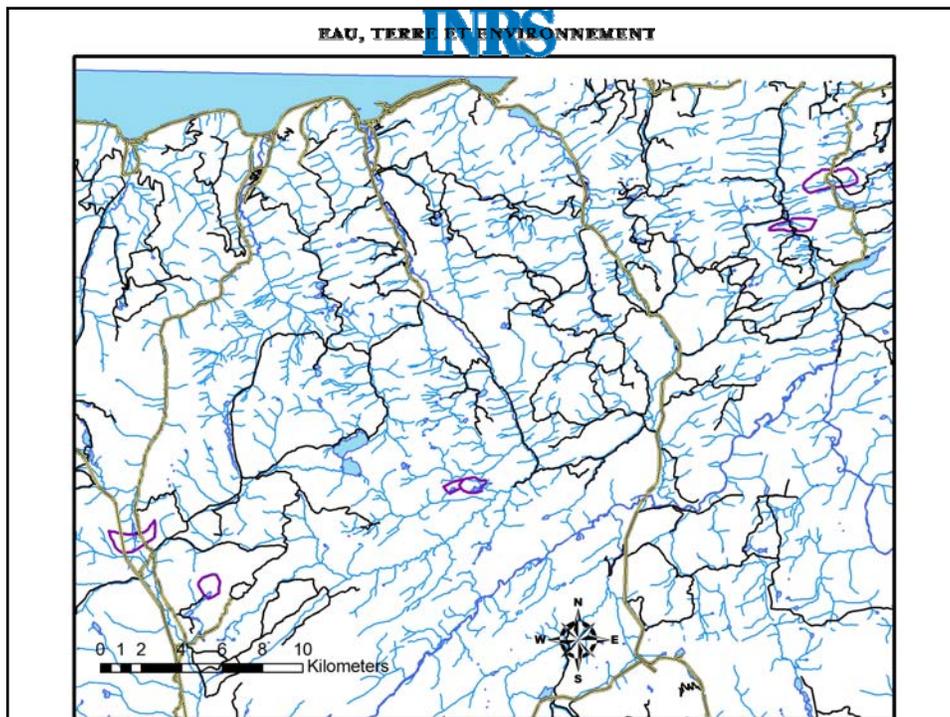


## Objectifs poursuivis

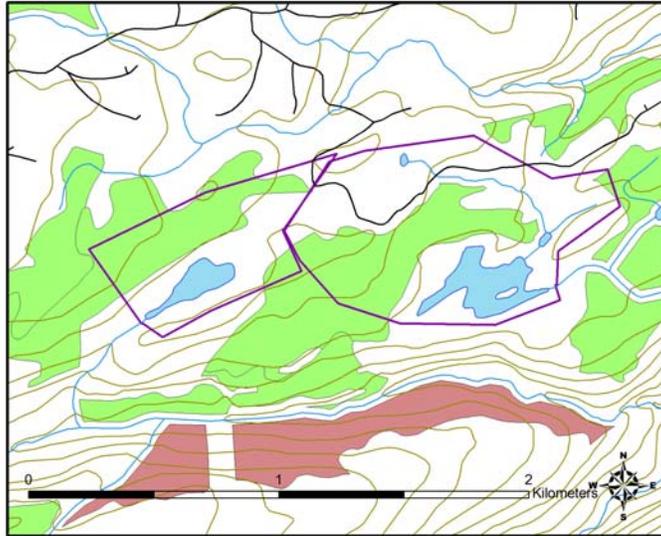
- Objectif principal:
  - Évaluer les répercussions de la récolte forestière sur la physico-chimie des lacs
- Hypothèses :
  - La récolte forestière :
    - Diminue l'évapotranspiration réelle
    - Augmente les apports en eau souterraine
  - Ces eaux contribuent à l'augmentation :
    - Du pH
    - De la dureté
    - De la turbidité par la formation de marne

## Approche méthodologique

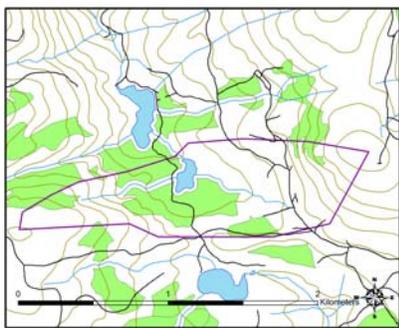
- Étude *Multiple BACI* :
  - *Before-After Control-Impact (bassins jumelés)*
  - Trois paires de lacs sélectionnées :
    - Par paire : un témoin et un à traiter
  - Échantillonnage :
    - Deux années avant la coupe
    - Deux années après la coupe
- Permettra de détecter des changements dans la physico-chimie de l'eau



## X et Z



## 2<sup>e</sup> de Manche d'Épée – au Foin



## Données descriptives (1/2)

Lac	BV (ha)	Lac (ha)	BV:Lac	Déjà récolté (%)	À récolter (%)
Ébron	168	2,6	65:1	0	7
Pics	92	3,8	24:1	5	0
Z	71	6,3	11:1	16	30
X	34	2,8	12:1	1	0
2 <sup>e</sup> ME	104	1,9	55:1	26	24
Foin	210	4,7	45:1	23	0

## Données descriptives (2/2)

Lac	pH	Cond	Prof. (m.)	O <sub>2</sub> (mg/L)	Chl a (µg/L)
Ébron	7,5	61	1,5	9,9	0,8
Pics	7,7	63	1,2	9,7	0,8
Z	8,1	280	7,2	9,8	0,8
X	8,0	200	4,0	9,0	1,4
2 <sup>e</sup> ME	7,5	140	1,2	10	0,3
Foin	8,0	140	1,2	10	0,3

## Échantillonnage d'eau

- Analyses :
  - Cations majeurs dissous et total (Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Mn ; ICP-AES)
  - Anions majeurs dissous (Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> ; Chromatographie ionique)
  - Chlorophylle a (extraction dans l'acétone et détection par fluorescence)
  - Turbidité (absorbance à 600 nm avec correction pour la couleur)
  - Carbone organique et inorganique
  - Oxygène dissous et température (profil vertical)
  - pH

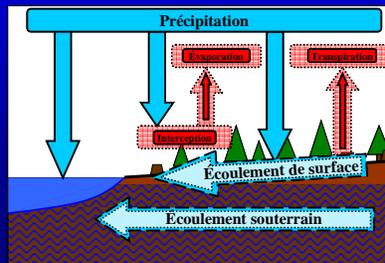
## Échantillonnage d'eau

- Description sommaire du protocole :
  - Récolte d'eau de surface au point le plus profond du lac
  - Filtration sur membrane PC 0,45 µm (anions + COD + CID) et ajout de HNO<sub>3</sub> (cations)
  - Eau brute et ajout de HNO<sub>3</sub> (cations totaux)
  - Eau brute (filtration subséquente pour Chl a et turbidité)
  - Profil vertical d'oxygène dans la colonne d'eau
  - Conservation à 4°C dans l'obscurité

## Bilan hydrologique d'un lac

$$\Delta S/\Delta t = A + P - Q_{av} - ET + \varepsilon$$

- Mesure des précipitations (station météo)
- Estimation du stockage (Levelogger)
- Estimation de l'ET (station météo)



## Étalonnage

Pour une paire de lacs données

*Avant*

$$(\Delta S/\Delta t)_I = f_1(\Delta S/\Delta t)_T$$

*Après*

$$(\Delta S/\Delta t)_I = f_2(\Delta S/\Delta t)_T$$

## Instrumentation hydrométéorologique



## Instrumentation hydrométéorologique



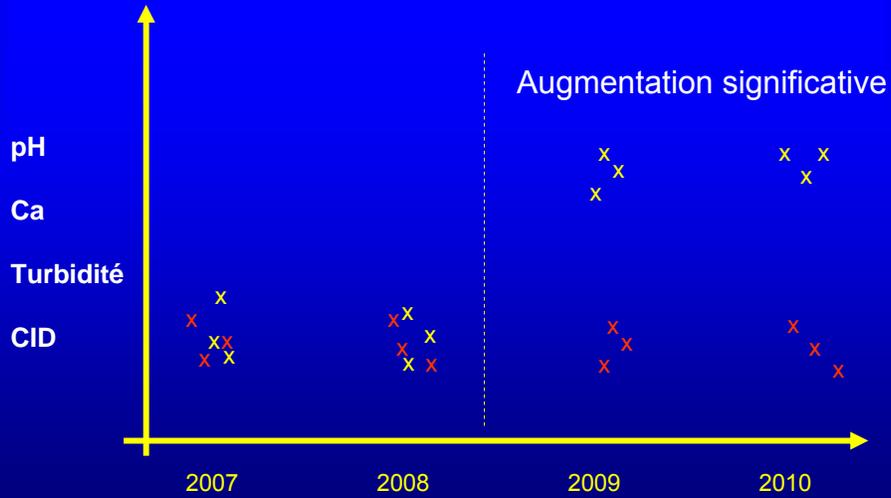
## Instrumentation hydrométéorologique



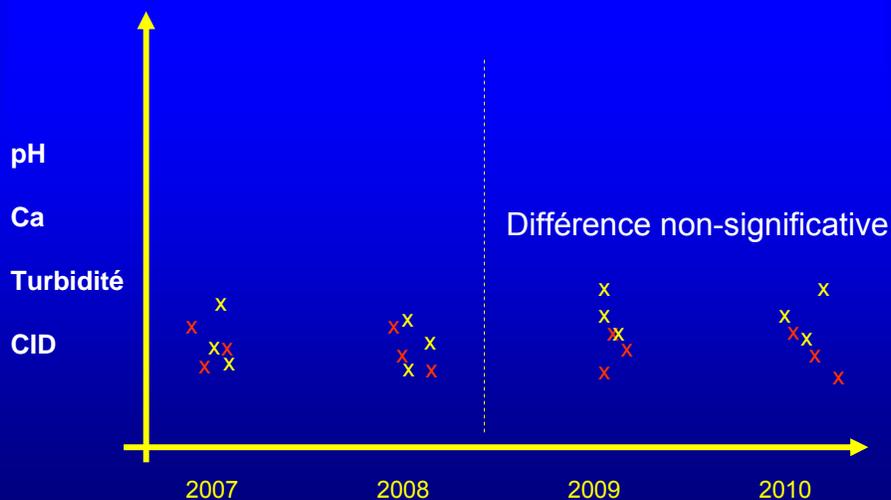
## Instrumentation hydrométéorologique



## Résultats anticipés



## Résultats anticipés



## Échéancier

- Étapes :
  - Financement du projet (mars à juin 2007)
  - Recherche de sites (juin 2007)
  - Visite des sites et premier échantillonnage (juillet 2007)
  - Deuxième prise d'échantillons (août 2007)
  - Instrumentation hydrométéorologique (octobre 2007)
  - Poursuite de l'échantillonnage (été 2008)
  - Récolte (automne 2008 ou hiver 2009)
  - Revue de la littérature (automne 2008 ou hiver 2009)
  - Poursuite de l'échantillonnage (étés 2009 et 2010)
  - Analyse, rédaction et diffusion

## Remerciements

- Ludovic Paul
- Séverine Le Faucheur
- Jessika Pickford
- Sébastien Duval
- Michelle Goeffroy-Bordeleau

