

Annexes disponibles au secrétariat de la commission.

**ANALYSE STATISTIQUE DE L'ÉVOLUTION DES POPULATIONS DE
TROIS ESPÈCES DE POISSON (OUANANICHE, DORÉ JAUNE ET
GRAND BROCHET) DANS LE LAC DUHAMEL AVANT ET APRÈS LA
CONSTRUCTION DU BARRAGE DE DÉRIVATION EN 2003 SUR LA
RIVIÈRE MANOUANE**

RAPPORT FINAL

PAR

Dr. ALI A. ASSANI
Professeur Titulaire

Avril 2015

Table des matières

I.	INTRODUCTION.....	3
II.	MÉTHODES.....	4
	II.1. Méthodes d'échantillonnage des espèces de poissons et données analysées.....	4
	II.2. Analyse de la tendance à long terme du nombre d'individus de chacune des trois espèces de poisson.....	7
	II.3. Comparaison des moyennes des individus de chacune des trois espèces de poisson avant et après la construction du barrage de dérivation en 2003.....	8
	II.4. Analyse du lien entre la fréquence de la sécheresse écohydrologique et le nombre d'individus de populations de trois espèces de poissons.....	8
III.	RÉSULTATS.....	9
	III.1. Analyse de la tendance à long terme des individus de populations de trois espèces de poissons dans le Lac Duhamel.....	9
	III.2. Comparaison des moyennes des individus de chacune des trois espèces de poisson avant et après la construction du barrage de dérivation en 2003.....	10
	III.3. Analyse du lien entre la fréquence de la sécheresse écohydrologique et le nombre d'individus de populations de trois espèces de poissons.....	13
IV.	CONCLUSION.....	15
	RÉFÉRENCES SÉLECTIVES.....	16
	ANNEXES.....	17
	Ouananiche données «observé».....	18
	Doré jaune données «observé».....	19
	Grand brochet données «observé».....	20
I.	OUANANICHE.....	21
	A. Test T-STUDENT.....	21
	B. Test non paramétrique de KW.....	22
II.	DORÉ.....	23
	A. Test T-STUDENT.....	23
	B. Test non paramétrique de KW.....	24
III.	BROCHET.....	25
	A. Test t-Student.....	25
	B. Test non paramétrique de KW.....	26

I. INTRODUCTION

Ce rapport a pour but de présenter de manière détaillée les premiers résultats de l'analyse statistique sur l'évolution des populations de trois espèces de poisson (ouananiche, doré jaune et grand brochet) dans le Lac Duhamel après la construction du barrage de dérivation sur la rivière Manouane en 2003. Les données analysées sont celles qui ont été transmises par la direction de la gestion de la faune du Saguenay-Lac-Saint-Jean du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs de la Province de Québec aux actionnaires de Pourvoirie Lac Duhamel. Elles ont été transmises à Monsieur Gilles Shooner, un des actionnaires de Pourvoirie Lac Duhamel, par le biologiste du Ministère, Monsieur Simon Larouche. Il faut cependant noter que le document transmis contenait très peu de détails méthodologiques. De plus, les données relatives à l'année 2004, c'est-à-dire la première année après la mise en service du barrage de dérivation, sont manquantes. Il manquait aussi les données de capture du grand brochet de 1996.

Rappelons que dans le premier rapport, on a démontré que les débits réservés écologiques pour protéger les habitats du poisson, en l'occurrence l'espèce ouananiche, ne sont plus respectés après la construction du barrage de dérivation par Hydro-Québec en 2003 (Assani, 2014). Ce constat a soulevé la question sur les impacts de ce non-respect de ces débits écologiques sur la population de cette espèce qui est l'espèce cible de la rivière Manouane et exploitée par Pourvoirie Lac Duhamel. Outre l'espèce ouananiche, deux autres espèces de poisson sont aussi pêchées dans le Lac Duhamel. Il s'agit du doré jaune et du grand brochet.

En se fondant sur les données de pêche couvrant la période 1988 à 2014, le présent rapport vise à répondre aux trois questions suivantes :

1. La population de ces trois espèces de poissons a-t-elle variée dans le temps pendant la période 1988-2014 ?
2. La population de ces trois espèces de poissons a-t-elle variée significativement après la construction du barrage de dérivation en 2003 ?
3. Existe-t-il un lien statistiquement significatif entre la fréquence de la sécheresse écohydrologique (nombre des jours avec des débits inférieurs aux débits réservés écologiques) et le nombre d'individus de ces trois espèces de poisson dans la rivière Manouane et le Lac Duhamel pendant la période 1988-2011 ?

II. MÉTHODES

II.1. Méthodes d'échantillonnage des espèces de poisson et données analysées

Comme nous l'avons déjà mentionné, les données transmises par Simon Larouche ne sont pas accompagnées par des méthodes de pêche détaillées pendant la période 1988-2014. Néanmoins, selon les informations fournies par les actionnaires de Pourvoirie Lac Duhamel, l'échantillonnage a été effectué principalement par la méthode de pêche à la traîne. Chaque année, la pêche a été réalisée pendant la période de juin à

début septembre durant au moins 50 jours. Quoi qu'il en soit, les informations sur cette méthode de pêche seront complétées ultérieurement. Cependant, le manque de certains détails sur cet échantillonnage ne remet nullement en cause la qualité de données qui sont analysées dans ce rapport. Il importe de souligner que cet échantillonnage a été réalisé en respectant le protocole d'échantillonnage en vigueur du Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs de la Province de Québec. Sur le plan scientifique, les données analysées dans ce rapport peuvent donc être considérées fiables et valides.

Dans son document, Monsieur Simon Larouche a analysé trois types de données de populations de chacune des trois espèces. Chaque type de données correspond en fait à un type de récolte (pêche).

- Le premier type de données a été désigné sous le vocable « Effort » ou récolte effort. Selon l'auteur du document (Monsieur Larouche), ce type de données concerne le nombre total d'espèces (sans distinction) de poissons capturés lors de la pêche réalisée de début juin à début septembre chaque année. Il s'agit en fait d'un effort global de pêche qui ne permet pas de distinguer l'effort par espèce. Ces données sont exactement les mêmes pour les trois espèces. Elles ne permettent pas de comparer l'évolution de ces trois espèces. Par conséquent, elles ne seront pas analysées dans le cadre de ce rapport.
- Le deuxième type de données a été désigné sous le nom « observé » ou récolte observée. Il s'agit en fait du nombre total d'individus

(poissons) de chacune des trois espèces capturées lors des pêches réalisées de début juin à début septembre chaque année. Ce type de données permet de comparer concrètement l'évolution du nombre d'individus par espèce dans la Pourvoirie Lac Duhamel pendant la période 1988-2014. C'est la donnée la plus précieuse pour démontrer les impacts du barrage de dérivation sur la population de chacune des trois espèces. Ainsi, ce présent rapport se limite exclusivement à l'analyse de ce type de données.

- Enfin, le dernier type de données a été appelé « attendue » ou récolte attendue. Selon les termes mêmes de Monsieur Larouche : « la récolte attendue correspond à la récolte que l'on devrait obtenir en fonction de l'effort qui est déployé. Par exemple, si on capture 20 poissons en 50 jours-pêche, on peut s'attendre à capturer 40 poissons en 100 jours-pêche ou 10 poissons en 25 jours-pêche. C'est donc une mesure de succès. La récolte attendue pour une année correspond donc au succès de pêche (récolte totale / effort total) x effort déployé pour l'année en question. » Il s'agit d'une estimation du nombre d'individus de chacune des trois espèces de poisson à l'échelle annuelle à partir des récoltes réalisées pendant la période de début juin à début septembre chaque année. Dans son document, Monsieur Larouche a appliqué le test de Khi-Carré pour tester la différence entre les données observées (récolte observée) et les données estimées (récolte attendue) pour chacune de ces trois espèces de poisson. Il conclut qu'« à la lumière de l'analyse, nous pouvons constater qu'en général, la récolte observée de ouananiche

dans la pourvoirie a suivi la récolte attendue de 1988 à 2008. À partir de 2008, soit cinq (5) ans suivant la dérivation de la rivière Manouane par Hydro-Québec, les récoltes observées sont consécutivement égales ou sous la récolte attendue, et ce jusqu'à aujourd'hui. Au niveau du doré jaune, à partir de la dérivation de 2003, on observe six résultats statistiques positifs sur dix (10) années. La seule saison où la récolte observée est moindre que la récolte attendue est en 2009. Pour le brochet, la récolte observée est plus élevée quatre (4) fois sur les dix années suivant la dérivation alors que le reste du temps, elle correspond à la récolte attendue. ». Cette conclusion nous a donc incités à analyser seulement les données obtenues par les méthodes de récolte « observée » qui sont en fait des données réellement observées pour mieux caractériser statistiquement l'évolution de la population de chacune des trois espèces.

II.2. Analyse de la tendance à long terme du nombre d'individus de chacune des trois espèces de poisson

Pour répondre à la première question posée dans l'introduction, à savoir si la population de chacune de ces trois espèces de poisson a varié dans le temps, nous avons appliqué deux méthodes statistiques. La première méthode est celle du coefficient de corrélation de rang de Spearman (e.g., Sneyers, 1975). La seconde méthode est celle de la régression linéaire (e.g., Dagnélie, 1983). La première méthode est un test non paramétrique, c'est-à-dire qu'elle ne tient pas compte du type de distribution (loi de répartition) des individus qui composent l'échantillon

analysé. En revanche, la seconde méthode, qui est un test paramétrique, en tient compte. Elle est donc plus puissante que la première.

II.3. Comparaison des moyennes des individus de chacune des trois espèces de poisson avant et après la construction du barrage de dérivation en 2003

Pour répondre à la seconde question posée dans l'introduction, nous avons comparé les moyennes arithmétiques du nombre d'individus avant (1988-2002) et après (2005-2014) la construction du barrage de dérivation en 2003 au moyen des tests non paramétrique de Krustal-Wallis et paramétrique de t de Student. Dans le cas de ce dernier test, nous avons tenu compte de deux cas : égalité et inégalité des variances des séries statistiques comparées.

II.4. Analyse du lien entre la fréquence de la sécheresse écohydrologique et le nombre d'individus de population de trois espèces de poisson

Pour répondre au troisième objectif décliné dans l'introduction, nous avons corrélié les fréquences de la sécheresse écohydrologique (nombre total de jours avec des débits inférieurs aux débits réservés écologiques) au moyen de la méthode de corrélation simple de Pearson aux échelles annuelle et saisonnière. Il importe de mentionner que cette analyse a été effectuée sur des données mesurées entre 1988 et 2011.

III. RÉSULTATS

III.1. Analyse de la tendance à long terme des individus de population de trois espèces de poisson dans le Lac Duhamel

Les résultats obtenus au moyen des méthodes de Spearman (test non paramétrique) et de régression linéaire (test paramétrique) sont consignés respectivement dans les tableaux 1 et 2. Les coefficients de corrélation de rang (r) de Spearman sont statistiquement significatifs au seuil de 5% pour les trois espèces en ce qui concerne les données « Récolte observée ». Quant à la régression linéaire (tableau 2), les résultats sont identiques à ceux obtenus par la méthode de Spearman. Il s'ensuit que les deux méthodes conduisent aux mêmes résultats, à savoir, une baisse significative du nombre d'individus de l'espèce ouananiche, mais, en revanche, une hausse significative du nombre d'individus de deux autres espèces (doré jaune et grand brochet) pendant la période 1988-2014. Les droites de régression ajustées aux données sont présentées aux figures 1, 2 et 3.

Tableau 1. Les valeurs des coefficients de corrélation de rang (r) de Spearman pendant la période 1980-2014.

Espèces	r	t
Ouananiche	-0.6979	4.7744
Doré jaune	0.5219	2.9972
Grand Brochet	0.4502	2.4179

Les valeurs de t statistiquement significatives au seuil de 5% apparaissent en gras.

Tableau 2. Synthèse des résultats de l'analyse de la régression linéaire (méthode de l'analyse de variance) pendant la période 1980-2014.

Espèces	F-ratio	p-values
Ouananiche	14.113	0.001
Doré jaune	5.273	0.031
Grand Brochet	3.476	0.075

Les valeurs de F statistiquement significatives au seuil de 5% apparaissent en gras.

Voir en annexe les graphiques montrant les résultats « observé » pour la ouananiche, le doré et le grand brochet de 1988 à 2002 (avant la dérivation), de 2005 à 2014 (après la dérivation) et de 1988 à 2014.

III.2. Comparaison des moyennes des individus de chacune des trois espèces de poisson avant et après la construction du barrage de dérivation en 2003

Dans une première étape, nous avons comparé les moyennes et les coefficients de variation du nombre d'individus de ces trois espèces de poisson pour toute la période de 1988 à 2014. Les valeurs de ces paramètres sont consignées dans le tableau 3. Il ressort de ce tableau que la population moyenne de la ouananiche est respectivement 6 et 4 fois inférieure à celle du doré jaune et du grand brochet en ce qui concerne les données du type récolte observée. Cette faible proportion de l'espèce ouananiche s'explique par deux faits suivants : (1) la capture de cette espèce est plus difficile que celle des deux autres même dans les meilleures conditions et (2) la population de cette espèce a diminué significativement dans le temps après la construction du barrage comme nous le démontrons plus loin. Quant aux valeurs de coefficients de variation, le coefficient de

variation de la population de ouananiche est plus élevé que celui des deux autres espèces, traduisant ainsi une fluctuation interannuelle relativement importante du nombre d'individus de la ouananiche par rapport à celui des deux autres espèces.

Tableau 3. Comparaison des paramètres de distribution des espèces de poisson pendant la période 1988-2014 au moyen de l'analyse de variance

	Ouananiche	Doré jaune	Grand Brochet
Moyenne	28	157	98
Écart type	20,56	71,51	42,39
CV (%)	73,6	45,6	43,27

CV = coefficient de variation

À la deuxième étape, on a comparé les moyennes du nombre des individus de ces trois espèces au moyen de l'analyse de variance pendant la même période. Les résultats présentés au tableau 4 confirment la différence significative qui existe entre les trois moyennes confirmant ainsi la faible densité de la population de la ouananiche dans le Lac Duhamel en raison de sa diminution dans le temps pendant la période 1988-2014.

Tableau 4. Comparaison des moyennes de trois espèces de poisson (ouananiche, doré jaune et grand brochet) dans le Lac Duhamel pendant la période 1988-2014 au moyen de l'analyse de variance.

Variables	Récolte Observée	
	Espèces	Erreurs
Nombre de degrés de liberté	2	74
Somme des carrés	108171,06	2533,14
F-ratio	42,702	
p-values	0,000	

À la dernière étape, on a comparé les moyennes arithmétiques de ces trois espèces avant (1988-2002) et après (2005-2014) la construction du barrage de dérivation en 2003. Les résultats de cette comparaison au moyen des tests non paramétrique de Krustal-Wallis et paramétrique de t de Student sont consignés dans le tableau 5. Les deux tests conduisent aux mêmes résultats identiques suivants :

- La moyenne des individus de la ouananiche a significativement diminuée après la construction du barrage de dérivation en 2003. Cette diminution est d'environ 70%.
- La moyenne des individus du doré jaune a significativement augmentée après la construction du barrage de dérivation. Cette moyenne a plus que doublée (hausse de plus 130%).
- La moyenne des individus du grand brochet n'a pas changée significativement après la construction du barrage de dérivation.

Tableau 5. Comparaison des moyennes de la population de trois espèces de poisson avant (1988-2002) et après (2005-2014) la construction du barrage de dérivation au moyen des tests non paramétriques de Kristal-Wallis et paramétriques de t de Student pendant la période 1988-2014.

Espèces	1988-2002	2005-2014	p-values (KW)	p-values (t)	R (%)
	Moyenne	Moyenne			
Ouananiche	39,1 (19,76)	11,9 (8,44)	0,000	0,000	-69,6
Doré jaune	145,1 (81,77)	342,5 (148,13)	0,003	0,002	+136
Grand Brochet	86,6 (37,15)	110,6 (54,43)	0,160	0,247	+27,7

KW = test de Kristal-Wallis; t = test t de Student; R = taux de variation (+ = hausse; - = baisse) pour le cas de « récolte observée ». Les valeurs de p-values statiquement significatives au seuil de 5% apparaissent en gras.

Les détails de calcul de ces différentes méthodes statistiques sont présentés en annexe.

III.3. Analyse du lien entre la fréquence de la sécheresse échohydrologique et le nombre d'individus de population de trois espèces de poisson

Les coefficients de corrélation calculés entre le nombre d'individus de chacune des trois espèces et les fréquences de la sécheresse échohydrologique associées à chacun des indices des débits réservés écologiques sont présentés au tableau 6. Rappelons que le calcul de ces indices a été présenté de manière détaillée dans notre premier rapport (Assani, 2014). Nous demandons au lecteur de s'y référer pour de plus amples informations. Le tableau 6 démontre hors de tout doute l'existence d'un lien statistiquement significatif entre les fréquences de cette sécheresse échohydrologique et le nombre d'individus de la ouananiche pendant la période 1988-2014. Il ressort de ce tableau que le nombre

d'individus de la ouananiche est négativement corrélé aux fréquences de la sécheresse écohydrologique. En d'autres termes, lorsque le nombre des jours inférieurs aux débits réservés écologiques augmente au cours d'une année, le nombre d'individus de la ouananiche diminue. Ce lien est plus élevé avec les indices des débits réservés estivaux et automnaux qu'avec celui des indices des débits annuels, hivernaux et printaniers. Quant aux deux autres espèces, il n'existe aucun lien statistiquement significatif entre le nombre de leurs individus et les fréquences de cette sécheresse écohydrologique, à l'exception toutefois du grand brochet dont le nombre d'individus est significativement corrélé positivement à l'indice du débit réservé hivernal.

Tableau 6. Coefficients de corrélation calculés entre le nombre d'individus des trois espèces de poisson (ouananiche, doré jaune et grand brochet) et les fréquences de la sécheresse écohydrologique dans le Lac Duhamel pendant la période 1988-2011 (n= 22).

Indice des débits réservés écologiques	Ouananiche	Doré jaune	Grand Brochet
0,5QAM (indice annuel)	-0,464	-0,045	0,111
0,5QMP (indice printanier)	-0,472	0,099	0,097
0,25QMA (indice hivernal)	-0,454	0,190	0,430
Q50A (indice estival)	-0,519	0,017	0,007
Q50S (indice automnal)	-0,510	0,099	0,034

Les valeurs des coefficients de corrélation statistiquement significatives au seuil de 5% apparaissent en gras.

IV. CONCLUSION

L'analyse statistique de l'évolution des populations de trois espèces de poisson pêchées dans le Lac Duhamel pendant la période 1988-2014 a mis en évidence les faits significatifs suivants :

1. La population de l'espèce ouananiche a diminuée pendant la période 1988-2014.
2. La diminution de la population de cette espèce est survenue significativement après la construction du barrage de dérivation en 2003.
3. Il existe une corrélation statistiquement significative entre les fréquences de la sécheresse écohydrologique et la population de l'espèce ouananiche. Ainsi, l'augmentation des fréquences (nombre de jours avec des débits inférieurs aux débits réservés annuels et saisonniers) de la sécheresse écohydrologique observée après la construction du barrage de dérivation est associée au déclin de la population de l'espèce ouananiche dans le Lac Duhamel.
4. La population de l'espèce doré jaune a significativement augmentée pendant la période 1988-2014. Cette augmentation est survenue après la construction du barrage de dérivation.
5. La population de l'espèce grand brochet n'a pas significativement changée pendant la période 1988-2014.

En conclusion, la construction du barrage de dérivation en 2003 a significativement provoqué une hausse de la fréquence de la sécheresse écohydrologique qui serait la principale cause du déclin de la population de l'espèce ouananiche dans le Lac Duhamel.

RÉFÉRENCES SÉLECTIVES

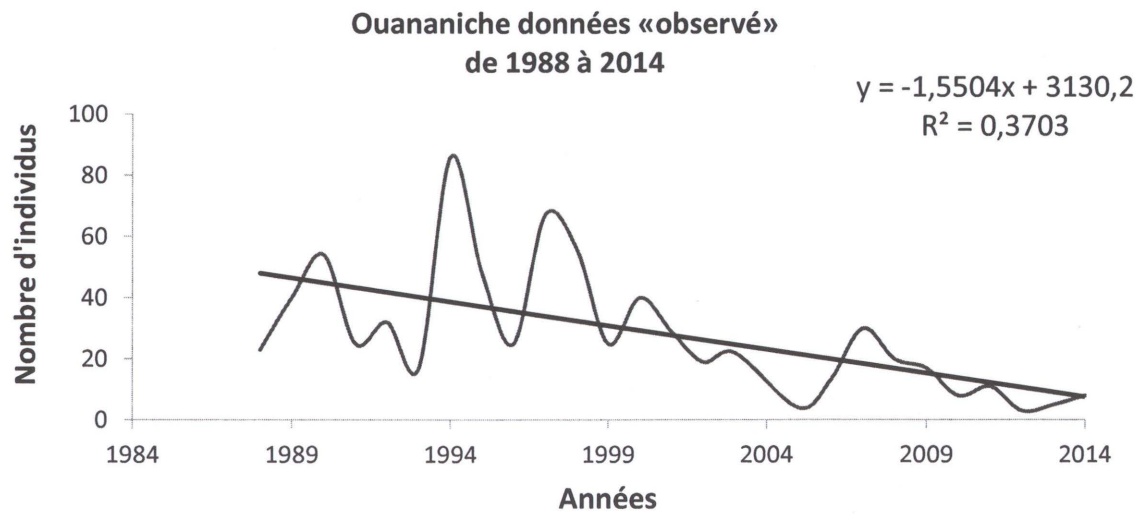
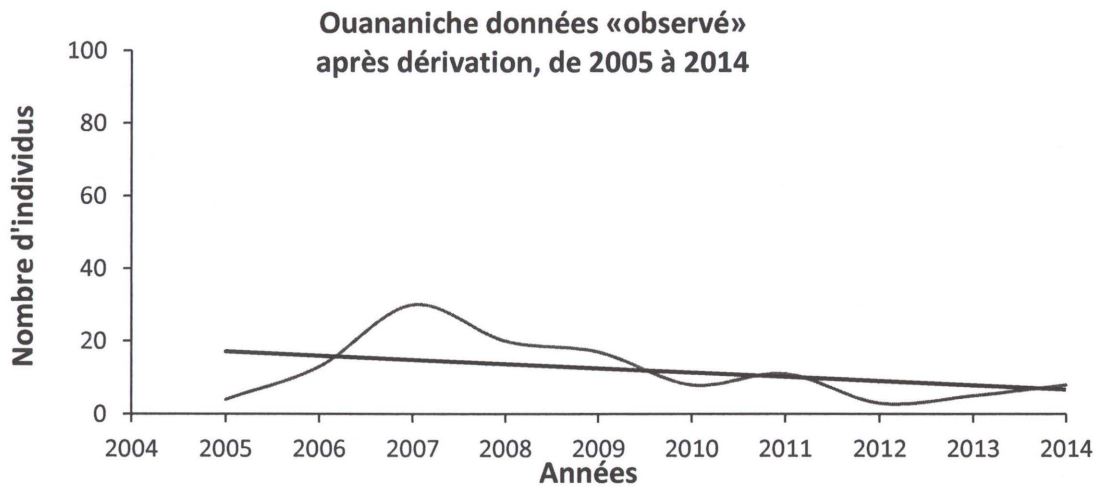
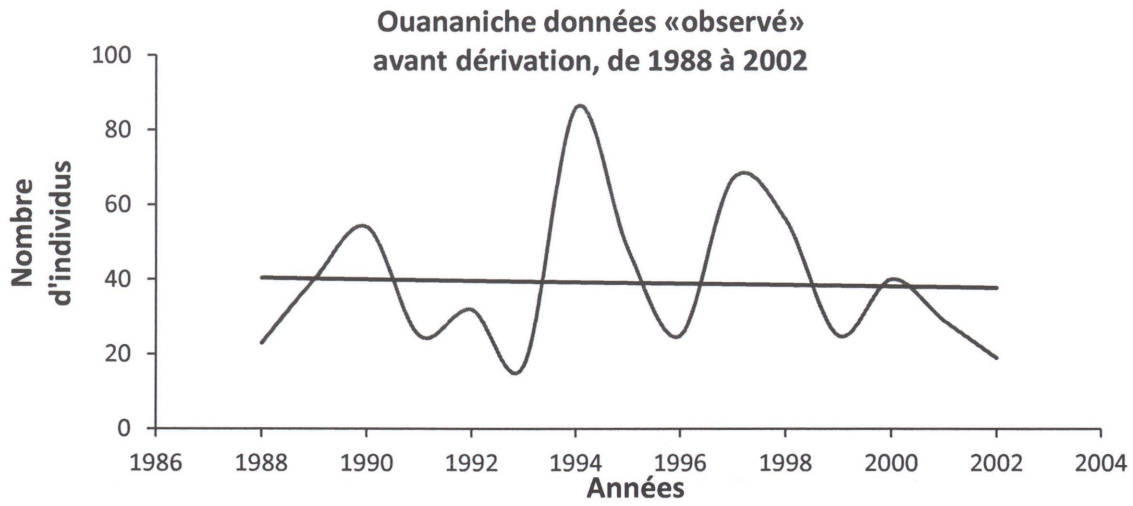
Assani A.A. 2014. Étude d'impacts hydrologiques induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane (Saguenay-Lac-Saint-Jean) effectuée par Hydro-Québec en 2003. Rapport d'expertise commandé par Pourvoirie Lac Duhamel. 44 p.

Dagnélie P. 1983. Statistique théorique et appliquée. Tomes 1, 2 et 3. Les Presses Agronomiques de Gembloux (Belgique).

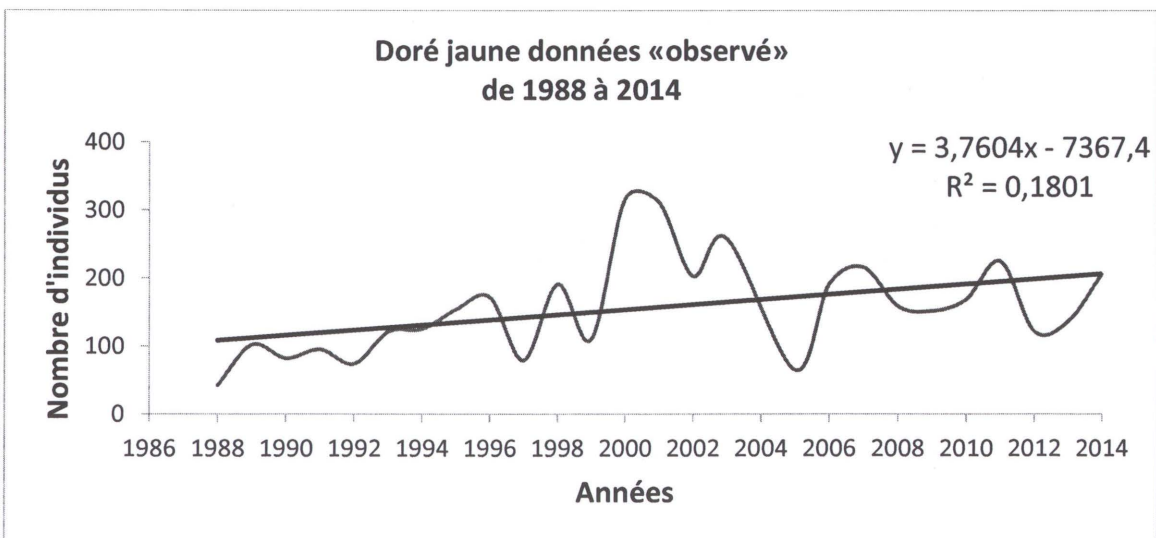
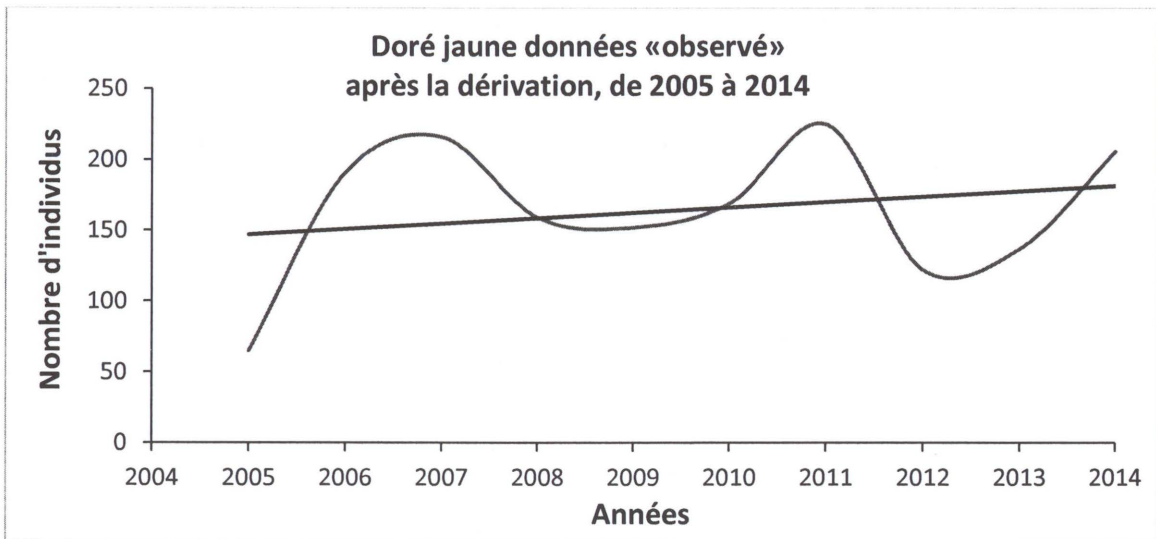
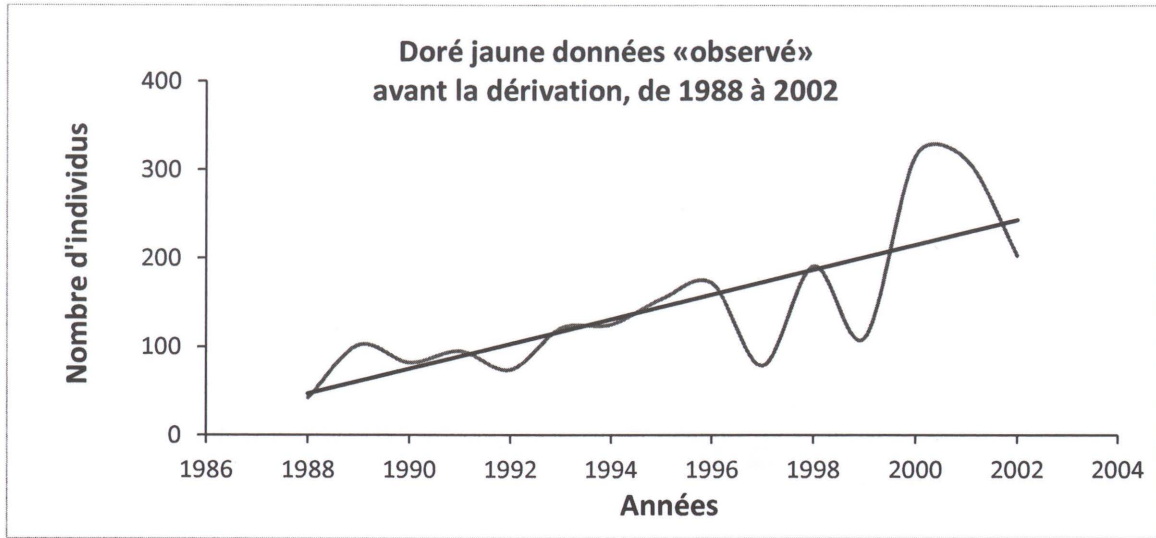
Sneyers R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. OMM, Note Technique, N°143, Genève, 1975. 192p.

ANNEXES

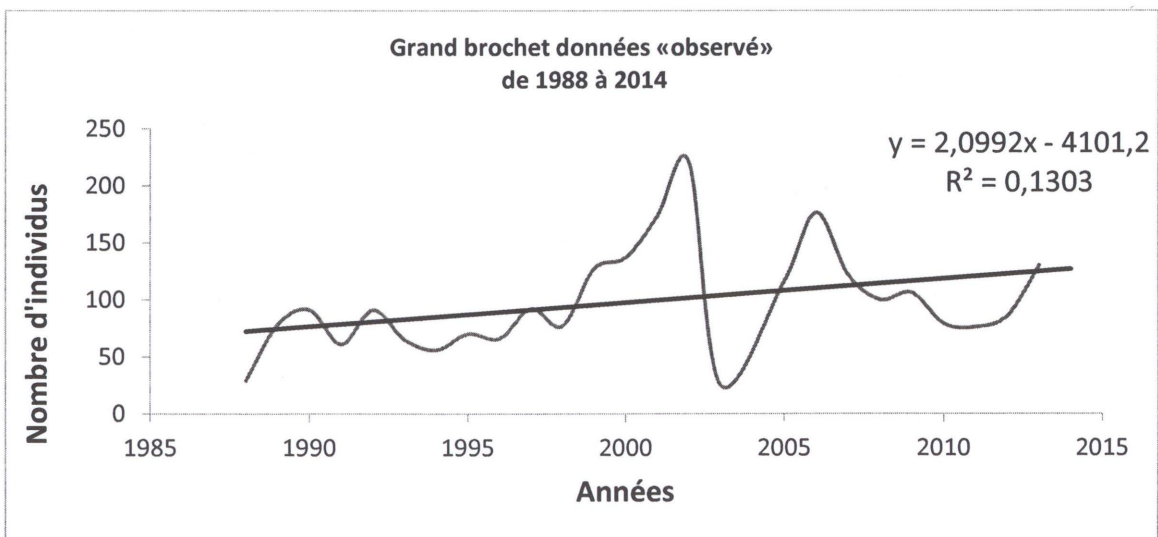
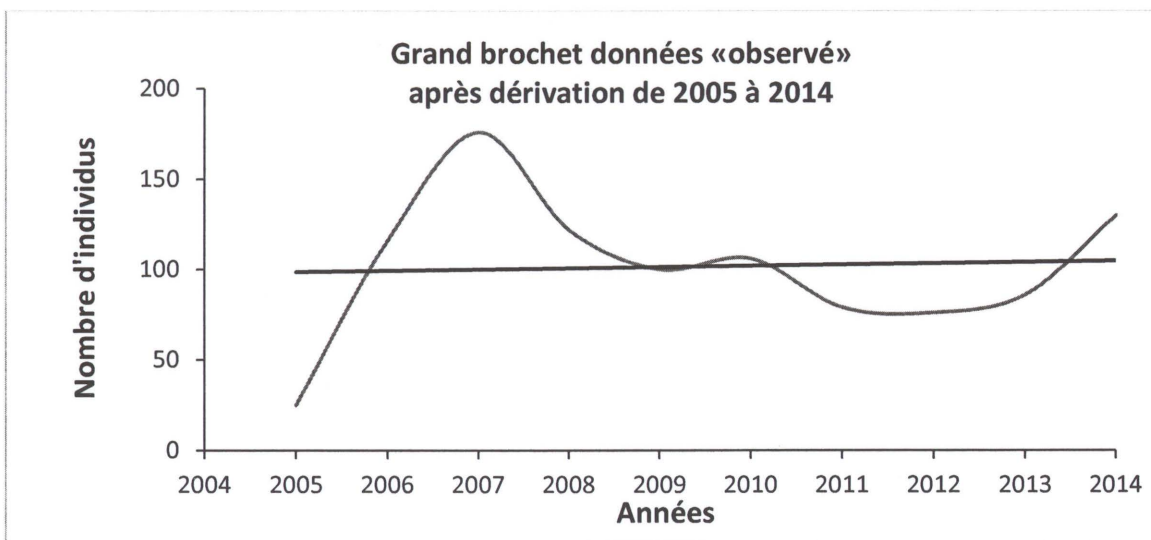
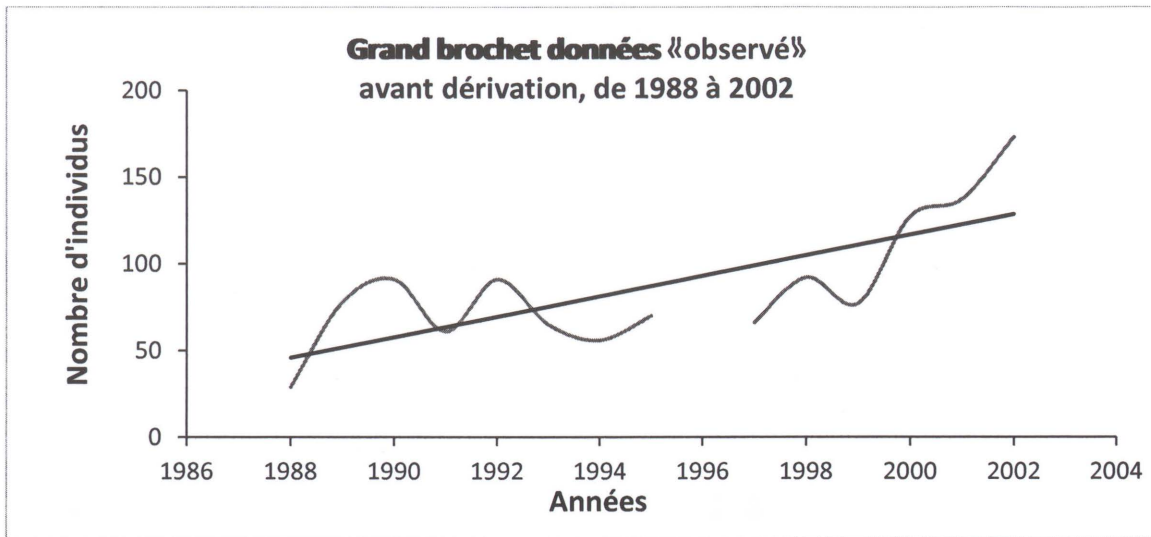
Ouananiche données «observé»



Doré jaune données "observé"



Grand brochet données «observé»



I. OUANANICHE

A. Test non paramétrique

I.1. Données « observées »

A. Test T-STUDENT

Two-sample t-test on VAR_2 Grouped by VAR_1\$ vs Alternative = 'not equal'

GROUP	N	Mean	Standard Deviation
A	15	39.067	19.761
B	10	11.900	8.439

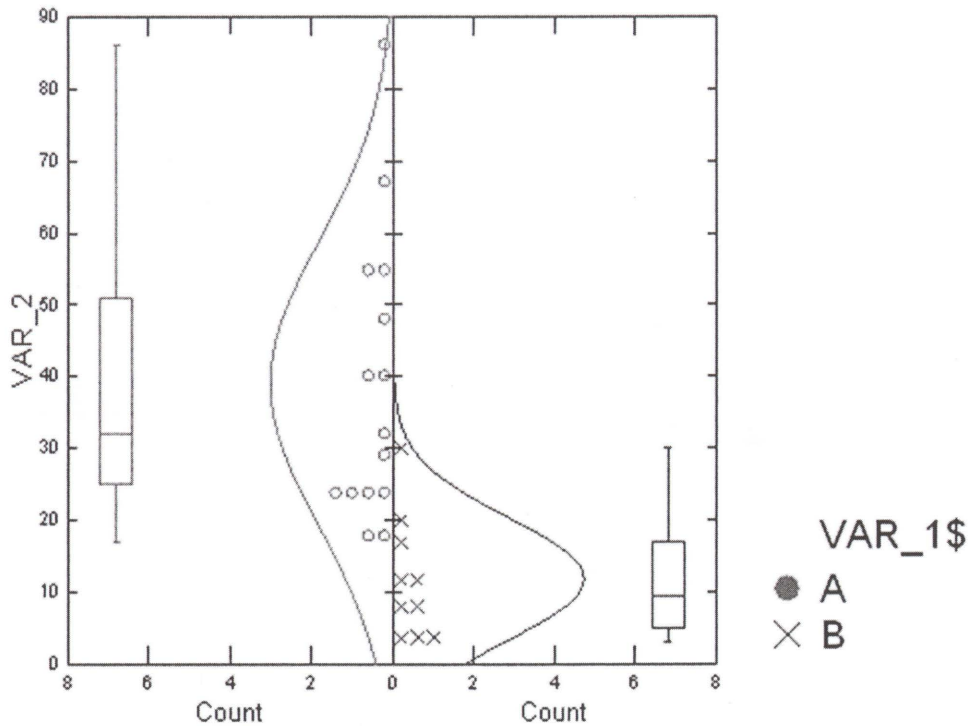
Separate Variance

Difference in Means : 27.167
95.00% Confidence Interval : 15.169 to 39.165
t : 4.718
df : 20.339
p-value : 0.000

Pooled Variance

Difference in Means : 27.167
95.00% Confidence Interval : 13.404 to 40.929
t : 4.083
df : 23.000
p-value : 0.000

Two-sample t-test



A. Test non paramétrique

B. **Test non paramétrique de KW**

C. Kruskal-Wallis One-way Analysis of Variance for 25 Cases

D. The categorical values encountered during processing are

E.

F. Variables | Levels

G. -----+-----

H. VAR_1\$ (2 levels) | A B

I.

J. Dependent variable | VAR_2

K. Grouping variable | VAR_1\$

L.

M. Group Count Rank Sum

N. -----

O. A 15 260.500

P. B 10 64.500

Q.

R. Mann-Whitney U Test Statistic : 140.500

S. p-value : 0.000

T. Chi-square Approximation : 13.236

U. df : 1

II. DORÉ

II.2. Données « observées »

A. Test T-STUDENT

Two-sample t-test on VAR_2 Grouped by VAR_1\$ vs Alternative = 'not equal'

GROUP	N	Mean	Standard Deviation
A	15	145.133	81.771
B	10	342.500	148.129

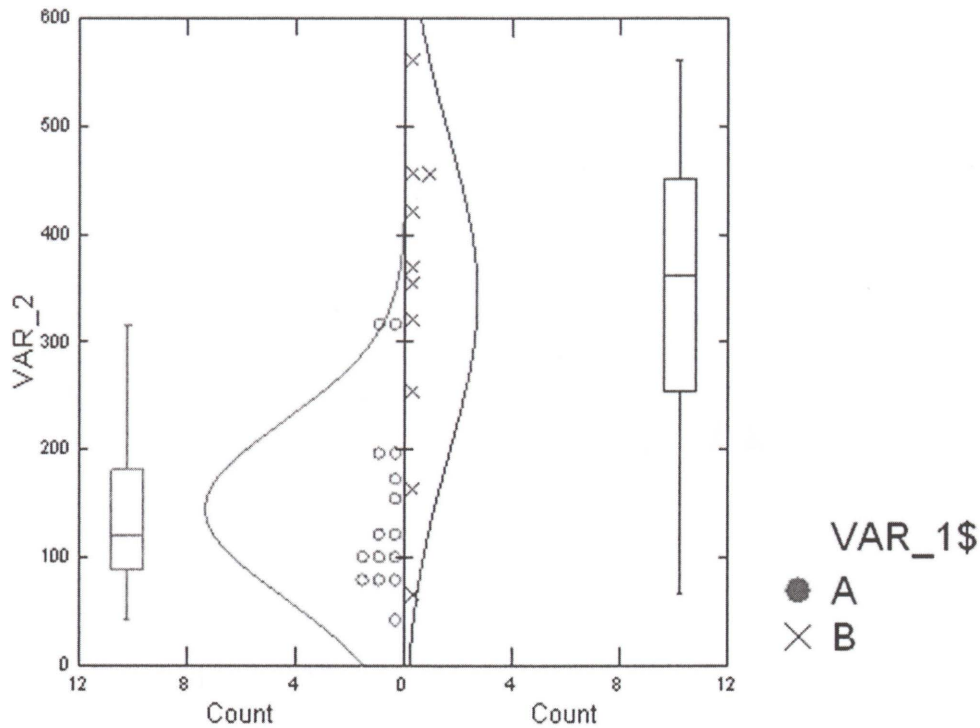
Separate Variance

Difference in Means : -197.367
95.00% Confidence Interval : -308.643 to -86.091
t : -3.841
df : 12.692
p-value : 0.002

Pooled Variance

Difference in Means : -197.367
95.00% Confidence Interval : -292.375 to -102.358
t : -4.297
df : 23.000
p-value : 0.000

Two-sample t-test



> REM -- End of commands from the TOHT2 dialog

B. Test non paramétrique de KW

▼ Nonparametric : Kruskal-Wallis test

Kruskal-Wallis One-way Analysis of Variance for 25 Cases

The categorical values encountered during processing are

Variables	Levels
VAR_1\$ (2 levels)	A B

Dependent variable	VAR_2
Grouping variable	VAR_1\$

Group	Count	Rank Sum
A	15	141.000
B	10	184.000

Mann-Whitney U Test Statistic	: 21.000
p-value	: 0.003
Chi-square Approximation	: 8.972
df	: 1

III. BROCHET

III.2. Données Observées

A. Test t-Student

Two-sample t-test on VAR_2 Grouped by VAR_1\$ vs Alternative = 'not equal'

GROUP	N	Mean	Standard Deviation
A	14	86.643	37.156
B	10	110.600	54.433

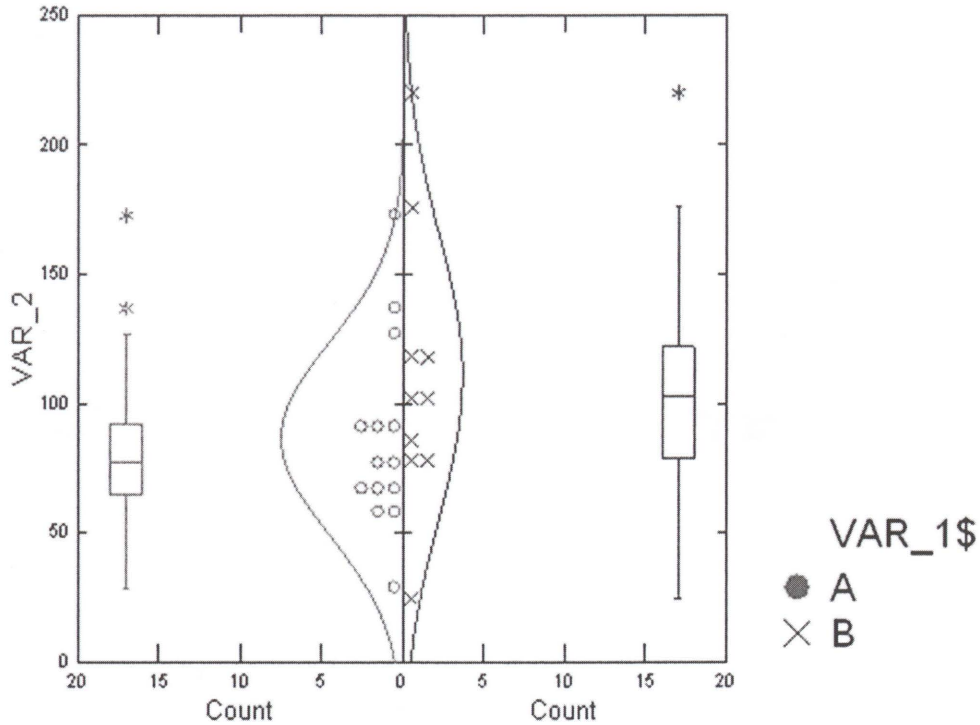
Separate Variance

Difference in Means : -23.957
95.00% Confidence Interval : -66.351 to 18.437
t : -1.206
df : 14.849
p-value : 0.247

Pooled Variance

Difference in Means : -23.957
95.00% Confidence Interval : -62.625 to 14.710
t : -1.285
df : 22.000
p-value : 0.212

Two-sample t-test



B. Test non paramétrique de KW

▼ Nonparametric : Kruskal-Wallis test

Kruskal-Wallis One-way Analysis of Variance for 24 Cases
The categorical values encountered during processing are

```
Variables          | Levels
-----+-----
VAR_1$ (2 levels) | A      B
```

```
Dependent variable | VAR_2
Grouping variable  | VAR_1$
```

Group	Count	Rank Sum
A	14	151.000
B	10	149.000

```
Mann-Whitney U Test Statistic : 46.000
p-value                        : 0.160
Chi-square Approximation      : 1.976
df                             : 1
```

> REM -- End of commands from the KRUSKAL dialog

ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DES ACTIVITÉS MINIÈRES D'ARIANNE PHOSPHATE DANS LE SECTEUR DE POURVOIRIE LAC DUHAMEL

Rapport Final présenté aux Audiences Publiques sur l'Environnement (BAPE)

PAR

Dr. ALI A. ASSANI
Professeur Titulaire

Mai 2015

Table des matières

INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE I	5
I.1. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS MINIMUMS JOURNALIERS DE LA RIVIÈRE MANOUANE.....	5
I.2. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS MAXIMUMS JOURNALIERS DE LA RIVIÈRE MANOUANE.....	8
I.3. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS MOYENS ANNUELS ET SAISONNIERS DE LA RIVIÈRE MANOUANE.....	11
I.4. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS RÉSERVÉS DE LA RIVIÈRE MANOUANE	13
I.5. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES BERGES DE LA RIVIÈRE MANOUANE ..	15
I.6. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LE RÉCHAUFFEMENT DES EAUX	15
CHAPITRE II	17
II.1. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LA QUALITÉ D’EAU DE SURFACE.....	17
II.2. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES EAUX SOUTERRAINES.....	18
II.3. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LA QUALITÉ DE L’AIR.....	20
CHAPITRE III	22
III.1. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LA FAUNE AQUATIQUE ET SES HABITATS.....	22
III.2. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES MAMMIFÈRES ET LEURS HABITATS..	24
III.3. IMPACTS POTENTIELS RÉSIDUELS POUR LES POURVOIRIES RÉGIONALES AUTRES QUE LA POURVOIRIE DU LAC-PAUL	25
III.4. IMPACTS RÉSIDUELS SUR LES ACTIVITÉS DE QUAD, DE MOTONEIGE ET DE VÉLO ET AUTRES ACTIVITÉS RÉCRÉOTOURISTIQUES POUR LES POURVOIRIES RÉGIONALES, AUTRES QUE LA POURVOIRIE DU LAC-PAUL	25
IV. CONCLUSIONS GÉNÉRALES.....	27
Références sélectives.....	29

INTRODUCTION

En 2013, la compagnie minière Ariane Phosphate avait déposé auprès du Ministre du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques son rapport portant sur l'étude d'impact sur l'environnement liée au projet de la future mine d'apatite du Lac à Paul dans le bassin versant de la rivière Manouane, affluent de la Péribonka dans la région de Saguenay-Lac-Saint-Jean au Québec.

L'exploitation minière sera réalisée sur le territoire de Pourvoirie du Lac-Paul. Celle-ci se situe juste à l'abord de la rivière Manouane, en amont de celle du Lac Duhamel. En fait, les deux pourvoires sont géographiquement contigües. Cette proximité géographique expose Pourvoirie Lac Duhamel directement et indirectement à tous les impacts environnementaux qui seront induits par les activités minières directes et connexes.

Il convient de rappeler que la principale activité de Pourvoirie Lac Duhamel est l'exploitation de l'espèce ouananiche dans la rivière Manouane et le Lac Duhamel qui est une excroissance de la rivière Manouane en aval de sa confluence avec son affluent, la Petite Manouane. Depuis 2003, après la construction du barrage de dérivation par Hydro-Québec en amont de la Pourvoirie, celle-ci est confrontée à un déclin de ses activités en raison de la diminution de la population de la ouananiche. Dans deux études récentes, on a pu démontrer qu'après la construction du barrage de dérivation, les débits minimums lâchés en aval du barrage sont devenus systématiquement inférieurs aux débits réservés écologiques destinés à protéger les habitats du poisson durant toutes les saisons (Assani, 2014). Ainsi, une corrélation significative a été mise en évidence entre le déclin de la population de l'ouananiche et la fréquence des jours durant lesquels les débits journaliers lâchés en aval du barrage de dérivation sont inférieurs aux débits réservés écologiques dans la rivière Manouane et le Lac Duhamel (Assani, 2015).

Ainsi, avant même la réalisation du projet d'exploitation minière, la situation de l'exploitation de l'ouananiche par Pourvoirie Lac Duhamel s'est détériorée au fil des années. C'est avec beaucoup d'appréhension que les gestionnaires de cette Pourvoirie redoutent l'ouverture d'une mine juste en amont de la Pourvoirie avec tous ses impacts

environnementaux que ce type d'activités génère. Sans minimiser les impacts environnementaux sur d'autres activités secondaires de la Pourvoirie, les gestionnaires craignent fortement que la présence d'une activité minière juste en amont de la Pourvoirie vienne empirer davantage les conditions précaires de la population de l'ouananiche dans le Lac Duhamel avec le risque de la disparition totale de la Pourvoirie en raison du déclin de l'espèce.

En se fondant sur le rapport relatif à l'étude d'impact sur l'environnement élaboré dans le cadre du projet minier, le présent mémoire cherche à répondre à plusieurs préoccupations suivantes :

1. Le projet minier est-il au courant de la problématique des débits auxquels la Pourvoirie est confrontée depuis la construction du barrage de dérivation (État de référence)?
2. Le projet minier a-t-il tenu compte de cette problématique dans son étude d'impacts?
3. Le projet minier a-t-il analysé et tenu compte d'autres types d'impacts susceptibles de nuire à la population de l'ouananiche dans la rivière Manouane (Lac Duhamel)?
4. Le projet minier a-t-il analysé et tenu compte des impacts qui peuvent nuire aux autres activités secondaires de Pourvoirie Lac Duhamel?
5. Pourvoirie Lac Duhamel peut-elle survivre (maintenir normalement ses activités) à l'exploitation de la mine d'apatite dans la pourvoirie voisine du Lac-à-Paul?

CHAPITRE I

ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS DES ACTIVITÉS MINIÈRES SUR LE RÉGIME HYDROLOGIQUE, LES HABITATS DU POISSON, L'ÉVOLUTION DES BERGES DE LA RIVIÈRE MANOUANE ET LE RÉGIME THERMIQUE DES EAUX DANS POURVOIRIE LAC DUHAMEL

I.1. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS MINIMUMS JOURNALIERS DE LA RIVIÈRE MANOUANE

Dans le contexte de la problématique de la population de l'ouananiche dans Pourvoirie Lac Duhamel, les débits minimums constituent le problème hydrologique le plus important en raison de leur influence sur les débits réservés écologiques pour la protection des habitats de cette espèce.

I.1.1. État de référence des débits minimums journaliers

L'état de référence définit la situation actuelle des débits minimums de la rivière Manouane en aval du barrage de dérivation. Rappelons que les débits de la rivière Manouane sont mesurés de manière continue depuis 1980, c'est-à-dire avant même la construction du barrage de dérivation en 2003. Ils ont été mesurés à la station n° 062209 appartenant au Centre d'expertise hydrique du Québec jusqu'en 2013 et maintenant exploité par la compagnie Rio Tinto Alcan. Cet état de référence vise à démontrer les changements induits par ce barrage sur ces débits. Les résultats de cette comparaison au moyen du test non paramétrique de Krustal-Wallis (KW) sont résumés au tableau 1.

Tableau I.1. Comparaison des débits (m³/s) minimums journaliers annuels et saisonniers avant (1980-2002) et après (2004-2014) la construction du barrage de dérivation.

Échelle temporelle	1980-2002	2004-2014	p-values (test KW)
Annuelle (O-S)	17 (2,81)	10,8 (1,52)	0,000
Hivernale (J-M)	17,2 (2,88)	11,1 (1,93)	0,000
Printanière (A-J)	20 (6,82)	13,1 (5,21)	0,000
Estivale (J-S)	38,6 (11,27)	20,2 (5,50)	0,000
Automnale (O-D)	26,5 (3,31)	9,9 (2,80)	0,000

(O-S) : Premier et derniers mois de l'échelle considérée; KW = test de Krustal-Wallis; les valeurs de p-values statistiquement significatives apparaissent en gras.

La conclusion qui ressort de ce tableau est le fait que les débits minimums journaliers ont significativement diminués après la construction du barrage de dérivation en 2003. Cette diminution, comme nous le démontrerons par la suite, a eu un impact significatif sur la population de l'ouananiche dans le Lac Duhamel.

I.1.2. Impacts potentiels sur les débits minimums journaliers de la rivière Manouane évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du lac-à-Paul.

Dans le rapport final présenté au BAPE, des chiffres des débits d'étiage de différentes récurrences ont été présentés pour évaluer les impacts potentiels du projet de mine sur les débits minimums journaliers de la rivière Manouane et de ses affluents et sous-affluents. Leur méthode a consisté seulement au calcul des impacts dans 24 sous-bassins tous situés dans la future zone d'exploitation de la mine située juste en amont de Pourvoirie Lac Duhamel. Selon les rédacteurs du rapport, les impacts des activités minières sur les débits minimums journaliers seront relativement faibles.

I.1.3. Impacts potentiels sur les débits minimums journaliers de la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

Aucune étude n'a été réalisée sur les impacts des activités minières sur les débits minimums journaliers dans la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière. Par conséquent, on ignore totalement les impacts potentiels qui affecteraient les débits minimums journaliers de la rivière Manouane dans Pourvoirie Lac Duhamel et dans tout le tronçon de la rivière Manouane situé en aval de la zone d'exploitation minière.

I.1.4. Critiques sur les méthodes de l'évaluation des impacts des activités minières sur les débits d'étiage de la rivière Manouane par le projet minier

On peut formuler plusieurs critiques dans le processus d'évaluation des impacts sur les débits d'étiage effectués par le projet minier.

1. L'évaluation des impacts s'est limitée seulement dans la future zone d'exploitation minière. Ainsi, on n'a pas tenu compte des impacts qui surviendront en aval de cette zone, en particulier dans Pourvoirie Lac Duhamel.
2. L'estimation des débits d'étiage des différentes récurrences s'est limitée seulement aux bassins versants qui seront affectés par l'exploitation minière. Il s'ensuit que cette estimation n'a pas tenu compte de l'effet cumulatif de ces impacts à l'échelle du bassin versant de la Manouane au droit et en aval de la zone d'exploitation.
3. Les valeurs de superficies qui ont été utilisées pour estimer les débits d'étiage ne concernent que des sous-bassins versants situés dans la future zone d'exploitation minière. Ceci pourrait entraîner une sous-estimation de ces débits, et par conséquent, celle de l'ampleur des impacts sur ces débits. Dans le cas de la rivière Manouane, ces superficies devraient être intégrées à l'échelle de tout le bassin versant au droit de la future zone d'exploitation minière.
4. L'estimation des débits d'étiages a été fondée seulement sur la superficie des bassins versants sans tenir compte du barrage de dérivation qui affecte de

manière significative les débits de la rivière Manouane depuis 2003 (voir tableau 1). La méthode d'estimation des débits à partir de la superficie pour un cours d'eau en présence d'un barrage est erronée.

5. Aucune mesure de restauration ou de compensation n'est prévue si les impacts provoqués par les activités minières affectent réellement les débits minimums journaliers de la rivière Manouane en aval de la zone minière.
6. Tous les facteurs susceptibles de provoquer la diminution des débits minimums journaliers en aval de la zone minière n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation des impacts.

1.1.5. Facteurs qui contribueront à la diminution des débits minimums journaliers en aval de la zone minière

Comme nous l'avons déjà mentionné, le problème hydrologique le plus important dans Pourvoirie Lac Duhamel est la diminution significative des débits minimums journaliers depuis la construction du barrage de dérivation. Cette diminution sera encore aggravée par les facteurs suivants provoqués par les activités minières.

1. L'imperméabilisation des sols dans la zone d'exploitation minière.
2. La disparition de certains milieux humides.
3. Le prélèvement direct et indirect des eaux des nappes aquifères prévu.
4. La modification du réseau de drainage dans la zone minière.
5. Le déboisement.

Tous ces facteurs entraîneront une baisse de l'infiltration au profit du ruissellement et de l'évaporation contribuant ainsi à la diminution des débits minimums journaliers.

I.2. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS MAXIMUMS JOURNALIERS DE LA RIVIÈRE MANOUANE

Outre les débits minimums journaliers, Pourvoirie Lac Duhamel est aussi confrontée au problème de l'ensablement qui réduit de plus en plus la qualité des habitats de l'ouananiche dans le Lac Duhamel. Cet ensablement résulterait de la diminution de la

compétence de la rivière à évacuer les matériaux provenant de l'érosion des berges d'une part, et l'augmentation de la charge sédimentaire en raison de la hausse de l'érosion des berges, d'autre part.

I.2.1. État de référence des crues (débits maximums) de la rivière Manouane

Le tableau 2 compare les débits maximums journaliers annuels et saisonniers avant et après la construction du barrage de dérivation.

Tableau 2. Comparaison des débits (m³/s) maximums journaliers annuels et saisonniers avant et après la construction du barrage de dérivation.

Échelle temporelle	1980-2002	2004-2014	p-values (Test KW)
Annuelle (O-S)	547,2 (141, 59)	403,7 (189,84)	0,011
Hivernale (J-M)	31,6 (16,61)	36 (44,46)	0,022
Printanière (A-J)	514,4 (142,49)	395,3 (201,06)	0,014
Estivale (J-S)	224,4 (93,72)	158,1 (51,99)	0,101
Automnale (O-D)	206,1 (107,98)	138,9 (60,7)	0,021

(O-S) : Premier et derniers mois de l'échelle considérée; KW = test de Krustal-Wallis; les valeurs de p-values statistiquement significatives apparaissent en gras.

Il ressort du tableau 2 que les débits maximums ont significativement diminué après la construction du barrage, à l'exception des débits maximums estivaux. Par conséquent, cette diminution de la magnitude des débits de crues entraîne une diminution de la capacité de la rivière Manouane à évacuer la charge sédimentaire provenant de l'érosion des berges. Cette charge sédimentaire s'accumule ainsi au niveau des bancs et dans le Lac Duhamel affectant la qualité des habitats du poisson.

I.2.2. Impacts potentiels sur les débits maximums journaliers de la rivière Manouane évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul.

Comme nous l'avons mentionné pour les débits minimums journaliers, les rédacteurs du rapport d'Arianne Phosphate ont présenté des chiffres pour évaluer les impacts potentiels du projet de mine sur les débits maximums journaliers de la rivière

Manouane et de ses affluents et sous-affluents. Leur méthode a consisté seulement au calcul des impacts dans 24 sous-bassins situés tous dans la future zone d'exploitation de la mine située juste en amont de Pourvoirie Lac Duhamel. Selon les rédacteurs du rapport, les impacts des activités minières sur les débits maximums journaliers seront relativement faibles.

I.2.3. Impacts potentiels sur les débits maximums journaliers de la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

Aucune étude n'a été réalisée sur les impacts des activités minières sur les débits maximums journaliers dans la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur exploité par Pourvoirie Lac Duhamel.

I.2.4. Critiques sur l'évaluation des impacts des activités minières sur les débits maximums journaliers de la rivière Manouane par le projet minier.

Il s'agit des mêmes critiques formulées sur les débits minimums journaliers.

1. L'évaluation des impacts s'est limitée seulement à la future zone d'exploitation minière. On n'a pas ainsi tenu compte des impacts qui surviendront en aval de cette zone, en particulier dans Pourvoirie Lac Duhamel.
2. L'estimation des débits maximums journaliers s'est limitée seulement aux bassins versants qui seront affectés par l'exploitation minière. Il s'ensuit que cette estimation n'a pas tenu compte de l'effet cumulatif de ces impacts à l'échelle du bassin versant de la Manouane au droit et en aval de la zone d'exploitation.
3. Les valeurs de superficies qui ont été utilisées pour estimer les débits maximums ne concernent que des sous-bassins versants situés dans la future zone d'exploitation minière. Ceci pourrait entraîner une sous-estimation de ces débits, et par conséquent, celle de l'ampleur des impacts sur ces débits. Dans le cas de la rivière Manouane, ces superficies devraient être intégrées à l'échelle de tout le bassin versant.

4. L'estimation des débits maximums journaliers a été fondée seulement sur la superficie des bassins versants sans tenir compte du barrage de dérivation.
5. Aucune mesure de restauration ou de compensation n'est prévue si les impacts provoqués par les activités minières affectent réellement les débits maximums journaliers de la rivière Manouane en aval de la zone minière.
6. Tous les facteurs qui peuvent provoquer l'augmentation des débits maximums journaliers en aval de la zone minière n'ont pas été pris en compte dans l'évaluation des impacts.

I.2.5. Facteurs qui peuvent contribuer à l'augmentation des débits maximums journaliers en aval de la zone minière

Contrairement aux débits minimums journaliers, en ce qui concerne les crues, les impacts des activités minières se traduiront par la hausse de leur magnitude en raison de l'augmentation du ruissellement consécutive aux facteurs suivants :

1. L'imperméabilisation des sols dans la zone minière.
2. La disparition de certains milieux humides.
3. Le prélèvement direct et indirect des eaux des nappes aquifères prévu.
4. La modification du réseau de drainage dans la zone minière.
5. Le déboisement.

Tous ces facteurs entraîneront une hausse de ruissellement qui provoquera une hausse de la magnitude des crues. Il s'ensuivra une érosion accrue des berges et un transport accru du sable dont l'accumulation sur les bancs et dans le Lac Duhamel affecteront la qualité des habitats de l'ouananiche.

I.3. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS MOYENS ANNUELS ET SAISONNIERS DE LA RIVIÈRE MANOUANE

I.3.1. État de référence des débits moyens annuels et saisonniers

La comparaison des débits moyens annuels et saisonniers avant et après la construction du barrage de dérivation (tableau 3) démontre de manière claire que ces débits ont significativement diminué après la construction du barrage. Cette diminution n'a pas été prise en compte dans l'évaluation des impacts potentiels des activités minières sur le régime hydrologique de la rivière Manouane. À l'instar des débits minimums et maximums journaliers, l'état de référence des débits moyens annuels et saisonniers n'a pas été intégré dans cette évaluation.

Tableau 3. Comparaison des débits moyens annuels (m³/s) de la rivière Manouane avant et après la construction du barrage de dérivation.

Échelle temporelle	1980-2002	2004-2014	p-values (test KW)
Annuelle (O-S)	83 (9,1)	50,4 (8,4)	0,000
Hivernale (J-M)	21 (3.83)	15,6 (3,48)	0,000
Printanière (A-J)	156,9 (28.93)	96,4 (30,96)	0,000
Estivale (J-S)	86 (22.68)	45,7 (14,96)	0,000
Automnale (O-D)	67,4 (12.70)	43,6 (9,90)	0,000

(O-S) : Premier et derniers mois de l'échelle considérée; (9,1) = écart type. ; KW = test de Krustal-Wallis; les valeurs de p-values statistiquement significatives apparaissent en gras.

I.3.2. Impacts potentiels sur les débits moyens annuels et saisonniers de la rivière Manouane évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul

Dans le rapport final au BAPE, les rédacteurs ont présenté des chiffres pour évaluer les impacts potentiels du projet de mine sur les débits moyens annuels de la rivière Manouane et de ses affluents et sous-affluents. Comme dans le cas des débits minimums et maximums journaliers, leur méthode a consisté seulement au calcul des impacts dans 24 sous-bassins situés tous dans la future zone d'exploitation de la mine située juste en amont de Pourvoirie Lac-Duhamel. Selon les rédacteurs du rapport, les impacts des activités minières sur les débits moyens annuels journaliers seront relativement faibles.

I.3.3. Impacts potentiels sur les débits moyens annuels et saisonniers de la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de la Pourvoirie Lac-Duhamel

Aucune étude n'a été réalisée sur les impacts des activités minières sur les débits moyens annuels et saisonniers dans la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière. Par conséquent, on ignore totalement les impacts potentiels qui affecteraient les débits moyens annuels de la rivière Manouane dans Pourvoirie Lac Duhamel et dans tout le tronçon de la rivière Manouane situé en aval de la zone d'exploitation minière.

I.4. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES DÉBITS RÉSERVÉS DE LA RIVIÈRE MANOUANE

I.4.1. État de référence

Lors de la construction du barrage de dérivation, Hydro-Québec a décidé de maintenir en aval de cet ouvrage un débit réservé écologique de 3 m³/s, malgré l'opposition du BAPE. Cette décision a entraîné une très forte hausse de la fréquence des jours avec des débits inférieurs aux débits réservés écologiques saisonniers et annuels qui devraient être respectés en aval de ce barrage pour protéger les habitats du poisson (tableau 4), en particulier l'espèce ouananiche. Rappelons que cette espèce est la principale

ressource d'exploitation de Pourvoirie Lac Duhamel. Ce tableau révèle sans le moindre doute que les conditions hydrologiques de protection des habitats du poisson sont devenues très dramatiques dans la rivière Manouane après la construction du barrage en aval de cet ouvrage.

Tableau 4. Comparaison avant et après la construction du barrage de dérivation du nombre des jours avec des débits inférieurs aux débits réservés selon les règles du MDDELCC qui devraient être respectés pour protéger les habitats du poisson.

Débits réservés	Période 1980-2002	Période 2004-2014	p-values (test -W)
0,5QMA (Année)	138	216	0,000
0.5QMP (Printemps)	7	30	0,000
Q50août (Été)	21	75	0,000
Q50Sept (Automne)	4	30	0,000
0,25QMA (Hiver)	38	82	0,000

KW = test de Krustal-Wallis; les valeurs de p-values statistiquement significatives apparaissent en gras.

I.4.2. Impacts potentiels sur les habitats du poisson dans la rivière Manouane évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul.

Dans leur rapport, les promoteurs du projet se sont limités seulement à analyser les impacts sur les superficies des habitats du poisson dans les affluents et sous-affluents de la rivière Manouane dans la future zone d'exploitation minière. Aucune étude sur les impacts potentiels des activités minières sur les débits réservés écologiques pour protéger les habitats du poisson dans la rivière Manouane et ses affluents n'a été réalisée dans le cadre de ce projet. Cette absence de toute étude relative aux impacts du projet sur les débits réservés est étonnante car, selon la FAPAQ (Faune et Parcs Québec, 1999), tout projet qui touche les milieux hydriques doit inclure

les impacts sur les débits réservés écologiques. Cette recommandation n'a pas été respectée dans le cadre de ce projet minier en ce qui concerne la rivière Manouane.

I.5. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES BERGES DE LA RIVIÈRE MANOUANE

I.5.1. Impacts potentiels sur l'évolution des berges de la rivière Manouane évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul.

Cette problématique n'a pas été étudiée par les promoteurs du projet de mine. De fait, le rapport ne contient aucun passage sur les impacts des activités minières sur l'érosion des berges de la rivière Manouane et ses affluents ni dans la future zone d'exploitation minière ni en aval de cette zone.

II.5.2. Impacts potentiels sur l'érosion des berges de la rivière Manouane en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

Il y a raison de craindre que les activités minières font accélérer l'érosion des berges de la rivière Manouane dans la future zone d'exploitation minière. En effet, de nombreuses activités liées à l'exploitation minière seront réalisées à proximité de la rivière Manouane (déboisement, dynamitage, construction des réseaux de drainage, construction des campements, activités récréatives des travailleurs, etc.). Elles fragiliseront sans nul doute la stabilité des berges. De plus, cette stabilité sera aussi menacée par les explosions qui seront pratiquées dans l'exploration et l'exploitation des mines.

I.6. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LE RÉCHAUFFEMENT DES EAUX

Ce type d'impacts n'a pas été analysé par les promoteurs du projet minier. Pourtant, dans la zone d'exploitation minière, le déboisement affectera au moins 70% de la superficie forestière. Ce déboisement exposera les eaux de cours d'eau et des lacs aux rayons solaires avec comme conséquence un réchauffement anormal de leurs eaux. Ce

réchauffement affectera aussi les eaux de la rivière Manouane. Il sera amplifié par les apports des eaux de ruissellement, des mines et des eaux usées provenant des camps de travailleurs qui seront directement déversées dans la rivière Manouane d'une part, et, des très faibles débits réservés lâchés en aval du barrage de dérivation, d'autre part. Cette rivière est peuplée par des espèces de poisson d'eau froide. La hausse de la température escomptée en été et en automne peut perturber significativement le cycle de ces espèces tout en diminuant la quantité de l'oxygène dissous dans les eaux de la rivière. Cette situation risque de devenir particulièrement dramatique en été pendant la période des fortes températures et contribuera au déclin de la population de l'ouananiche dans Pourvoirie Lac Duhamel.

CHAPITRE II

ANALYSE DES IMPACTS POTENTIELS SUR LES AUTRES MILIEUX PHYSIQUES

Il s'agit des impacts dont on ne dispose pas des données quantitatives ou qualitatives mesurées sur une période relativement longue afin de pouvoir caractériser leurs états de référence. Ceux-ci permettent de juger de la pertinence et de la justesse des impacts potentiels d'un projet.

II.1. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LA QUALITÉ D'EAU DE SURFACE

II.1.1. Impacts potentiels du projet minier sur la qualité de l'eau de surface évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul

Selon le rapport d'Arianne Phosphate (Génivar, 2013), les sources d'impacts sur la qualité des eaux de surface sont les suivantes :

- Organisation et fermeture des chantiers, déboisement, décapage et élimination des débris ligneux, préparation des surfaces, installation des réseaux de service, ouverture de nouveaux bancs d'emprunt, utilisation de la machinerie/transport des matériaux, modification de cours d'eau, aménagement des installations permanentes.
- Émission des particules fines et des débris ligneux dans le milieu aquatique.
- Gestion des matières dangereuses.
- Risque de contamination du milieu aquatique lors de déversements accidentels de produits pétroliers, de solvants ou d'autres liquides dangereux.
- Risque de contamination du milieu par l'usage d'abats-poussières et par l'épandage de fondants en hiver.

II.1.2. Impacts potentiels du projet minier sur la qualité des eaux de surface en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac-Duhamel

Les eaux de surface provenant de la zone minière seront déversées directement, avec ou sans traitement préalable, dans la rivière Manouane. Ce déversement expose

directement Pourvoirie Lac Duhamel à toute pollution des eaux de surface provenant de la future zone d'exploitation minière. Le risque de pollution doit être considéré comme élevé en raison de nombreuses sources potentielles de pollution des eaux de surface. Or, les prometteurs du projet n'ont prévu aucune mesure d'atténuation ni de compensation (notamment financière) pour dédommager les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel en cas de pollution des eaux de la rivière Manouane.

Par ailleurs, pour atténuer éventuellement les effets des polluants sur la qualité des eaux de la rivière Manouane, les promoteurs du projet misent sur le pouvoir de dilution de la rivière. Or, depuis la construction du barrage de dérivation, ce pouvoir de dilution a été sérieusement affecté par la diminution significative des débits comme nous l'avons démontré dans le premier chapitre. Il s'ensuit que la rivière ne peut pas atténuer les effets des polluants qui se seront déversés dans la zone d'exploitation minière exposant ainsi Pourvoirie Lac Duhamel à un risque relativement élevé à la pollution des eaux de surface.

II.2. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES EAUX SOUTERRAINES

II.2.1. Impacts potentiels du projet minier sur la qualité des eaux souterraines évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul

Selon le rapport déposé par Ariane Phosphate (Génivar, 2013) en ce qui concerne l'écoulement des nappes aquifères, les sources d'impacts inventoriées pendant les phases de construction et d'exploitation sont :

- L'aménagement des digues, des bassins (sédimentation, polissage), de la halde à stériles, du parc à résidus et des sites d'entreposage de dépôts meubles. Ces activités provoqueront l'augmentation du niveau d'eau localement et de ce fait l'augmentation du taux d'infiltration.

- Le déboisement, le décapage et la préparation du terrain. Ces activités entraîneront l'augmentation du taux de ruissellement et de ce fait la réduction du taux d'infiltration.
- La fosse et l'eau d'exhaure qui modifieront le patron d'écoulement de l'eau souterraine à proximité de la fosse et réduction de la disponibilité de l'eau souterraine.

Le principal impact appréhendé associé à ces différentes sources a été identifié comme la modification du régime d'écoulement local.

Quant à la qualité des eaux souterraines, les sources d'impacts sont :

- La circulation de la machinerie qui risque de contaminer l'eau souterraine par l'utilisation d'abats-poussières et par l'épandage de fondants en hiver.
- Le ravitaillement, l'entretien de la machinerie, le forage, le dynamitage (120 000 kilo/j) et l'entreposage des matières résiduelles et dangereuses qui seront à l'origine de la contamination de l'eau souterraine par déversement accidentel d'huiles, d'hydrocarbures, de solvants ou tout autres liquides dangereux.
- Les infrastructures de traitement et d'entreposage du minerai, ainsi que la halde à stériles qui peuvent contaminer l'eau souterraine par lessivage de métaux.
- Le parc à résidus miniers (et bassin de polissage), les bassins versants de sédimentation ou de traitement, les dépôts à neige qui peuvent aussi contaminer l'eau souterraine par infiltration de contaminants sous les ouvrages.

II.2.2. Impacts potentiels du projet minier sur la qualité des eaux souterraines en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

Il convient de rappeler que les deux types des aquifères (terrains meubles de surface et les formations rocheuses) situés dans la future zone d'exploitation minière se prolongent vers l'aval dans le secteur de la Pourvoirie Lac Duhamel formant un milieu continu et homogène. De ce fait, tous les impacts qui affecteront les aquifères dans la zone d'exploitation minière se répercuteront aussi dans le secteur de la Pourvoirie Lac Duhamel. Cependant, en cas de pollution des eaux souterraines de ces deux types de nappes dans la zone d'exploitation minière, les eaux des nappes dans la zone de Pourvoirie Lac Duhamel seront aussi touchées par cette pollution. Or, aucune mesure d'atténuation ou de compensation n'est prévue pour réparer ces dégâts ou dédommager les propriétaires de Pourvoirie du Lac Duhamel.

II.3. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LA QUALITÉ DE L'AIR

II.3.1. Impacts potentiels du projet minier sur la qualité de l'air évalués et identifiés dans le cadre du projet de la mine d'apatite du Lac-à-Paul

D'après le rapport déposé par Ariane Phosphate (Génivar, 2013) les sources d'impacts qui peuvent affecter la qualité de l'air dans la future zone d'exploitation minière sont :

- L'organisation du chantier, le déboisement et la disposition des débris ligneux, la préparation des surfaces (excavation/remblayage/pavage), la mise en place des bâtiments (complexe industriel), l'aménagement des installations permanentes connexes (système d'alimentation en eau, bassin de recyclage, halde à stériles, transport routier, circulation et opération de la machinerie lourde. Ces facteurs provoqueront une augmentation des teneurs de poussières dans l'air et du taux d'émission de contaminants liés aux moteurs des véhicules (GES).

II.3.2. Impacts potentiels du projet minier sur la qualité de l'air en aval de la future zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

En raison de la proximité géographique de Pourvoirie Lac Duhamel à la future zone d'exploitation minière, on peut affirmer avec certitude que toutes ces sources d'impacts affecteront à des degrés divers la qualité de l'air dans cette pourvoirie. Cependant, aucune mesure d'atténuation ou de compensation n'est prévue pour dédommager les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel.

CHAPITRE III

AUTRES IMPACTS POTENTIELS

III.1. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LA FAUNE AQUATIQUE ET SES HABITATS

III.1.1. Impacts potentiels du projet minier sur la faune aquatique et habitat dans la zone d'exploitation minière

Selon le rapport d'Arianne Phosphate (Génivar, 2013) en phases de construction et d'exploitation, les sources d'impacts sur la faune aquatique et ses habitats seront :

- L'aménagement des installations permanentes qui provoqueront une perte de superficie d'habitat du poisson.
- Le déboisement et la disposition des débris ligneux, la préparation des surfaces et des chemins, les modifications de cours d'eau, l'aménagement des installations permanentes, l'utilisation de la machinerie/transport des matériaux, la gestion des matières résiduelles non dangereuses et dangereuses (neiges usées) qui peuvent provoquer la perturbation et la modification des habitats aquatiques.
- L'utilisation et la gestion de l'eau, les émissions atmosphériques, la circulation de la machinerie, la gestion des matières résiduelles non dangereuses (neiges usées), la gestion des matières dangereuses qui peuvent modifier la qualité des habitats aquatiques.
- La main-d'œuvre qui augmentera la pression sur la pêche sportive.

III.1.2. Impacts potentiels du projet minier sur la faune aquatique et habitat dans la zone située en aval de la zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

La plus grande lacune de ce chapitre est l'absence de toute étude d'impacts sur la faune aquatique et ses habitats dans tout le tronçon de la rivière Manouane situé en aval de la zone d'exploitation minière incluant le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel. De fait, les études d'impacts réalisées par Arianne Phosphate dans ce cadre se sont limitées exclusivement aux cours d'eau et aux lacs situés dans la future zone d'exploitation minière excluant totalement la rivière Manouane. Rappelons que la principale activité de Pourvoirie Lac Duhamel est l'exploitation de l'espèce ouananiche dans la rivière Manouane. Pourtant, aucune étude d'impact n'a été réalisée dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel pour évaluer les conséquences de toutes les activités minières sur cette espèce dans la mesure où la rivière Manouane servirait « d'égout à ciel ouvert » dans lequel seront rejetées les différentes eaux provenant des mines et des campements de travailleurs. De plus, comme nous l'avons déjà mentionné, les promoteurs du projet n'ont pas tenu compte des débits réservés écologiques pour protéger les habitats du poisson aussi bien dans la zone d'exploitation minière qu'en aval de celle-ci dans la rivière Manouane. Il s'ensuit que l'évaluation des impacts potentiels réalisée par Arianne Phosphate n'a pas tenu compte de toutes les espèces de poisson présentes dans la rivière Manouane, notamment l'ouananiche, pour protéger leurs habitats. Enfin, en cas de la détérioration des habitats de ces poissons à la suite des activités minières, aucune mesure d'atténuation d'impacts ni de compensation n'est prévue par Arianne Phosphate pour dédommager les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel.

III.2. IMPACTS POTENTIELS DU PROJET MINIER SUR LES MAMMIFÈRES ET LEURS HABITATS

III.2.1. Impacts potentiels du projet minier sur les mammifères et habitat dans la zone d'exploitation minière

Selon le rapport d'Arianne Phosphate (Génivar, 2013) en phases de construction et d'exploitation, les sources d'impacts sur les mammifères et leurs habitats seront :

- La mobilisation, l'organisation et la fermeture du chantier, le déboisement et la disposition des débris ligneux, la préparation des surfaces et des chemins, le forage et le sautage (120 000 kilo/jr), l'utilisation de la machinerie et le transport des matériaux. Tous ces facteurs provoqueront la perte temporaire d'habitat; la mortalité d'individus peu mobiles, le dérangement des mammifères en raison de la perturbation de l'ambiance sonore.
- Le déboisement ainsi que la préparation des surfaces et des chemins qui provoqueront la perte et la fragmentation de l'habitat, le phénomène « d'enfeuillage » et la modification des relations interspécifiques favorisant la prédation.

III.2.2. Impacts potentiels du projet minier sur les mammifères et leur habitat dans la zone située en aval de la zone d'exploitation minière et dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel

L'impact le plus probable qui affectera le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel est sans nul doute le dérangement des mammifères (mentionné dans les études d'impacts) en raison de la perturbation de l'ambiance sonore. Cet impact affectera l'activité de chasse dans le secteur de la Pourvoirie, une activité qui constitue une ressource financière importante pour les gestionnaires. Cependant, aucune mesure d'atténuation de cet impact ni aucun dédommagement ne sont prévus par Arianne Phosphate pour compenser les pertes financières et de jouissance qui résulteront de cette pollution sonore dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel.

III.3. IMPACTS POTENTIELS RÉSIDUELS POUR LES POURVOIRIES RÉGIONALES AUTRES QUE LA POURVOIRIE DU LAC-PAUL

Selon le rapport d'Arianne Phosphate (Génivar, 2013) « les travaux liés à l'aménagement de la mine sur Pourvoirie du Lac-Paul entraîneront potentiellement une augmentation de la clientèle dans les pourvoiries régionales ou hors région, plus spécifiquement les plus proches géographiquement, telles les pourvoiries avec droits exclusifs du Lac Duhamel, à l'ouest, sans droits exclusifs du Réservoir Pipmuacan, au sud, sans droits exclusifs Domaine Pipmuacan, à l'est, et sans droits exclusifs Évasion (2009), au nord. De fait, les inconvénients liés aux travaux de construction pourront faire en sorte de diriger la clientèle vers d'autres infrastructures de la région offrant des services semblables, mais dont le séjour sera de meilleure qualité. »

Critique de cette allégation

Pourvoirie Lac Duhamel est très voisine de celle du Lac-Paul. Il s'ensuit que tous les inconvénients qui seront engendrés à différentes phases des activités de l'exploitation minières dans Pourvoirie Lac-Paul affecteront sans nul doute, certes à des degrés divers, Pourvoirie Lac Duhamel. Par conséquent, si ces activités vont éloigner la clientèle de Pourvoirie Lac-Paul, elles le feront de même pour Pourvoirie Lac Duhamel en raison de leur proximité géographique. Il n'y aura donc aucune retombée positive pour Pourvoirie Lac Duhamel. Bien au contraire, ces activités entraîneront aussi la perte de la clientèle pour cette Pourvoirie.

III.4. IMPACTS RÉSIDUELS SUR LES ACTIVITÉS DE QUAD, DE MOTONEIGE ET DE VÉLO et AUTRES ACTIVITÉS RÉCRÉOTOURISTIQUES POUR LES POURVOIRIES RÉGIONALES, AUTRES QUE LA POURVOIRIE DU LAC-PAUL

Selon le rapport d'Arianne Phosphate, « cet impact sera de nature positive. Les pourvoiries ont une grande valeur socio-économique. L'exploitation de la mine à Pourvoirie du Lac-Paul entraînera potentiellement une augmentation de la clientèle dans les pourvoiries régionales ou hors région, plus spécifiquement la pourvoirie sans

droits exclusifs du Réservoir Pipmuacan, au sud, sans droits exclusifs Domaine Picmuacan, à l'est, et sans droits exclusifs Évasion (2009), au nord. Quant à celle à droits exclusifs du Lac Duhamel, limitrophe à Pourvoirie du Lac-Paul, la clientèle pourrait craindre d'y subir les effets de l'exploitation de la mine. Ainsi, les inconvénients liés à l'exploitation de la mine (bruits, vibrations, poussières, circulations) pourront faire en sorte de diriger la clientèle vers d'autres infrastructures de la région offrant des services semblables mais dont le séjour sera de meilleure qualité.

Critique

Pour une seule fois, les promoteurs du projet minier ont reconnu que les activités minières pourront engendrer des effets négatifs dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel en raison de sa proximité géographique avec la future zone d'exploitation minière. Cependant, malgré cette reconnaissance explicite des effets potentiellement négatifs, aucune mesure d'atténuation ni de compensation n'a été prévue pour dédommager les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel pour les conséquences négatives qui résulteront de ces activités minières.

IV. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Pourvoirie Lac Duhamel est contigüe à Pourvoirie Lac-Paul, future zone d'exploitation de la mine d'apatite par Ariane Phosphate. En toute logique, il va sans dire que cette proximité géographique expose à des degrés divers Pourvoirie Lac Duhamel à tous les inconvénients négatifs qui seront engendrés par les activités minières. Cependant, dans leur rapport sur les impacts potentiels sur l'environnement, les promoteurs du projet de mine n'ont presque pas tenu compte de tous ces inconvénients dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel.

Du point de vue hydrologique, la construction du barrage de dérivation en 2003, a provoqué une baisse significative des débits de la rivière Manouane. Cette baisse a réduit la capacité de transport des sédiments de la rivière et sa capacité de dilution des polluants. Ces changements hydrologiques ont sérieusement nui aux activités de Pourvoirie Lac Duhamel en raison de la diminution de la population de la ouananiche, observée après la construction du barrage de dérivation. Cette détérioration n'a pas été prise en compte par les promoteurs du projet de la mine d'apatite. En effet, les activités prévues à différentes phases de l'exploitation de la mine d'apatite vont aggraver la diminution des débits de la rivière Manouane (diminution de l'infiltration) d'une part, mais provoquer une hausse de la magnitude des débits de crues, d'autre part. La hausse de la magnitude des débits de crues peut constituer une menace sérieuse dans la mesure où elle accélérera l'érosion des berges déjà fragilisées par les dérivations de 1948 et 2003. L'accélération de l'érosion des berges se traduira par une accumulation de plus en plus importante des sédiments sableux dans le Lac Duhamel et les bancs sableux formés par les apports sédimentaires des affluents de la rivière Manouane. L'accumulation des sédiments dans le chenal de la rivière Manouane aggravera la détérioration de la qualité d'habitat du poisson et des frayères dans le tronçon exploité par Pourvoirie Lac Duhamel. De plus, malgré la réglementation en vigueur au Québec, les promoteurs du projet de la mine n'ont pas analysé les impacts potentiels des activités minières sur les débits réservés écologiques dont le non-respect depuis la construction du barrage de dérivation expliquerait en partie le déclin de la population

de la ouananiche, principale ressource exploitée par Pourvoirie Lac Duhamel, dans le Lac Duhamel. Par ailleurs, à l'instar des débits réservés, les promoteurs du projet de la mine n'ont pas évalué les impacts potentiels liés aux activités minières sur l'érosion des berges de la rivière Manouane. Rappelons que l'évolution de ces berges, principale source des sédiments sableux qui altèrent la qualité des habitats du poisson et des frayères dans le secteur de Pourvoirie Lac Duhamel, se caractérise par une érosion très active depuis les dérivations de 1948 et 2003. Enfin, le déboisement contribuera sans nul doute au réchauffement des eaux des cours d'eau perturbant ainsi le cycle de vie des espèces de poisson qui y vivent.

Malgré l'absence de données sur les états de référence des autres composantes du milieu physique, il est à craindre que la qualité de l'eau de la rivière Manouane soit sérieusement détériorée par les activités minières car cette rivière servira d'exutoire principal à toutes les eaux qui proviendront de la zone affectée par les activités minières. En raison de la diminution significative des débits après la construction du barrage de dérivation, le pouvoir de dilution de la rivière Manouane s'est significativement détérioré. Cette détérioration affectera sans nul doute la qualité des habitats du poisson et des frayères en aval de la zone d'exploitation minière, déjà fortement entamés par la diminution des débits après la construction du second barrage de dérivation en 2003. Le risque de contamination des nappes phréatiques dans une zone d'exploitation minière demeura toujours très élevé malgré toutes les précautions qu'on peut prendre. En raison de la proximité de Pourvoirie Lac Duhamel de cette zone d'exploitation, la propagation de cette pollution des nappes dans cette Pourvoirie doit être considérée comme hautement probable.

Les autres activités minières affecteront d'autres activités lucratives pratiquées par Pourvoirie Lac Duhamel. Il s'agit notamment de la chasse aux gros gibiers et à toutes les autres activités récréotouristiques. Les impacts potentiels négatifs liés à l'exploitation minière sur certaines activités ont été même reconnus par les promoteurs du projet.

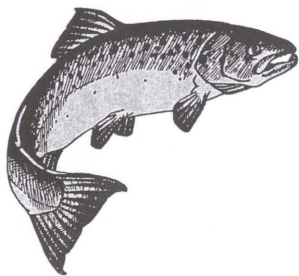
Cependant, malgré cette reconnaissance des impacts négatifs, aucune mesure d'atténuation ni de compensation n'a été prévue par les promoteurs pour dédommager les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel afin de pouvoir réparer les dégâts de différentes natures qui seront causés par les activités minières. À la lumière de ces considérations, en tant qu'expert, je m'oppose catégoriquement à ce projet qui affectera de manière significative toutes les activités de la Pourvoirie, déjà affaiblies par la diminution des débits de la rivière Manouane après la construction du barrage de dérivation en 2003. L'autorisation à l'ouverture de cette mine entraînera progressivement la cessation de toute activité dans Pourvoirie Lac Duhamel.

Références sélectives

Assani A.A. 2014. Étude d'impacts hydrologiques induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane (Saguenay-Lac-Saint-Jean) effectuée par Hydro-Québec en 2003. Rapport d'expertise commandé par Pourvoirie Lac Duhamel, Trois-Rivières, 44 p. + Annexes.

Assani A.A. 2015. Analyse statistique de l'évolution des populations de trois espèces de poisson (ouananiche, doré jaune et grand brochet) dans le Lac Duhamel avant et après la construction du barrage de dérivation en 2003 sur la rivière Manouane. Rapport d'expertise commandé par Pourvoirie Lac Duhamel, Trois-Rivières, 21 p.

Genivar 2013. Projet de mine d'apatite du Lac-à-Paul. Étude d'impact sur l'environnement. Rapport principal. Pagination multiple + 2 volumes annexes.



Pourvoirie Lac Duhamel Inc.

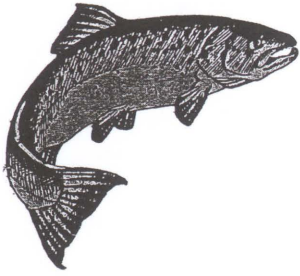
**Échanges de correspondances
avec Hydro-Québec**

Liste des annexes

1. Copie de la **lettre de Pourvoirie Lac Duhamel** adressée à Marie-Josée Nadeau le 6 juin 2014;
2. **Étude d'impacts hydrologiques** induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane (Saguenay-Lac-Saint-Jean) effectuée par Hydro-Québec en 2003, Dr. Ali A. Assani, professeur titulaire, mai 2014 44 p. Rapport d'expertise commandé par Pourvoirie Lac Duhamel;
3. **CV** du Dr. Ali A Assani, professeur titulaire
4. Copie de la **lettre expédiée par Pourvoirie Lac Duhamel** à Marie-Josée Nadeau, 20 mars 2013 (Transmission des rapports d'experts et de l'argumentaire);
5. **Argumentaire** invitant Hydro-Québec à prendre ses responsabilités, Détournement de la rivière Manouane 2003. Pourvoirie Lac Duhamel, mars 2013;
6. **Rapport soumis** par Denis W. Roy, géologue, PhD, professeur émérite à l'UQAC, le 6 mars 2013. Croissance du Delta de la Petite rivière Manouane dans le Lac Duhamel (Rivière Manouane) entre 1948 et 2012. Rapport d'expertise commandé par Pourvoirie Lac Duhamel;
7. **CV** du professeur émérite Denis W. Roy, géologue, PhD
8. **Évaluation** du professeur Fritz Neuweiler, Diplom-Geologe, Dr. rer. nat d'un document intitulé : « Étude du delta de la petite rivière Manouane dans le Lac Duhamel » soumis par Poly-Geo inc. à Hydro-Québec en janvier 2008, 15 janvier 2013. Rapport d'expertise commandé par Pourvoirie Lac Duhamel;
9. **CV** du professeur Fritz Neuweiler, Diplom-Geologe, Dr. rer. nat
10. **Données partielles des statistiques d'exploitations** de 1995 à 2012 inclusivement;
11. **Jeu de photos** en face des camps de Pouvoirie Lac Duhamel, 2002, 2005, 2008, 2011
12. Copie de la **lettre expédiée par Nathalie Brière**, avocate, 17 sept. 2013, à Pourvoirie Lac Duhamel;
13. **Commentaires** de Denis W. Roy PhD, professeur émérite de l'UQAC à Pourvoirie Lac Duhamel, le 6 octobre 2013 **en réaction à la lettre de Nathalie Brière** du 17 septembre 2013;
14. Copie de la **lettre expédiée par la Pourvoirie Lac Duhamel à Nathalie Camden**, sous-ministre, MDDEFP, 11 novembre 2013;
15. **Correspondances adressées par Réal Laporte**, chargé de projet, HQ, à Pourvoirie Lac Duhamel, 27 février 2001 (Engagements HQ).

Annexe 1

**Copie de la lettre de la
Pourvoirie Lac Duhamel Inc.
adressée à Marie-Josée
Nadeau le 6 juin 2014**



Pourvoirie Lac Duhamel Inc.

Québec, 6 juin 2014

Confidentiel et sans préjudice

Madame Marie-Josée Nadeau
Vice-présidente exécutive,
Affaires corporatives et secrétaire générale,
Hydro-Québec,
75, René-Lévesque, 20^e étage,
Montréal (Québec) H2Z 1A4

Objet : Détournement de la rivière Manouane en 2003

Madame Nadeau, Nous avons bien reçu la lettre de votre avocate, Nathalie Brière, en date du 17 septembre 2013, laquelle constitue votre réponse à l'argumentaire et aux études que nous vous avons transmises concernant les dommages que la pourvoirie Lac Duhamel subit depuis le détournement partiel de la rivière Manouane par Hydro-Québec en 2003.

Maître Brière décline, au nom d'Hydro-Québec, toute responsabilité, tant au niveau des effets de la sédimentation qui s'est produite devant nos camps, qu'à l'égard de la très forte diminution des captures de ouananiches par notre clientèle.

Elle rejette aussi notre proposition à l'effet qu'Hydro-Québec puisse se porter acquéreur de la pourvoirie.

Enfin, elle prétend que nos avancés non rien de scientifique sans le démontrer, nous accuse de répandre des faussetés sans vraiment préciser lesquelles et nous menace de poursuite en termes à peine voilés.

Depuis le début de ce dossier, nous croyons maintenant qu'Hydro-Québec n'avait qu'un seul but, soit d'engranger les profits que lui procurent les gains nets de 318 gigawattheures que lui procure cette dérivation depuis 2004. Toutes vos études ont été faites dans cette perspective.

Les études d'avant-projet démontrent, toutefois, qu'Hydro-Québec connaissait quels allaient être les principaux impacts de cette dérivation sur un milieu qu'elle savait très sensible et le caractère aléatoire des mesures compensatoires dont elle s'est servie pour convaincre les autorités.

Toute la démarche d'Hydro-Québec est fortement documentée depuis le début. Le BAPE n'y a pas cru et il avait raison sur toute la ligne. À plusieurs reprises, celui-ci a souligné dans son rapport que les études de celle-ci étaient incomplètes. Sa conclusion était celle-ci :

« Au terme de son analyse, la commission conclut que le projet n'est pas acceptable dans sa forme actuelle puisque le débit réservé prévu est insuffisant pour assurer la conservation des usages de la rivière et garantir la survie de la ouananiche. La commission préconise donc une nouvelle conception du projet qui présenterait une solution de moindre impact environnemental. »

Le gouvernement, à l'époque, a décidé de passer outre à la recommandation du Bape de surseoir aux travaux, et ce, moyennant certaines conditions. Pourtant, en vertu de sa propre politique sur les débits écologiques réservés, le ministère de l'Environnement aurait eu de bons motifs de refuser son approbation. La politique cite au moins deux motifs :

« - le facteur de risque ou d'incertitude associé à la création d'habitats de remplacement durables et fonctionnels lorsque les habitats perdus sont jugés de valeur élevée ou de fort potentiel; l'expérience acquise au Québec a clairement démontré que les résultats obtenus à ce chapitre jusqu'à présent demeurent inférieur aux gains escomptés ou initialement anticipés;

- la présence d'habitats recherchés par des espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être désignées comme telles, puisque leur situation est critique ou préoccupante; » P. 10

La dérivation une fois effectuée, la Société d'État a effectivement mis en place la plupart des mesures compensatoires promises et effectué le suivi environnemental requis pour en mesurer l'efficacité.

En dépit de toutes les prétentions d'Hydro-Québec, la sédimentation a, néanmoins, fait son œuvre devant nos camps et la ouananiche est en voie de disparition.

Pour ce qui est de la sédimentation, voici l'une de vos propres conclusions de votre étude d'avant-projet citée par le Bape :

« La réduction des débits, des niveaux et des vitesses d'écoulement provoquera une augmentation de la sédimentation dans les secteurs immédiatement en aval du point de confluence des tributaires, une réduction du transport de sédiments vers l'aval ainsi que l'exondation d'une partie du lit de la rivière. » (Document déposé PR/, P.5-46)

Vous admettiez dans votre étude d'avant-projet ne pas avoir fait de simulation hydrodynamique pour le Lac Duhamel (P. 81) et Maître Brière admet dans sa lettre qu'Hydro-Québec n'avait pas fait davantage d'étude sur la sédimentation du sable provenant de la Petite Rivière Manouane, alors que le Bape réclamait de son côté l'étude du phénomène de sédimentation dans le Lac Duhamel pour vérifier l'effet du projet de construction d'un épi à l'exutoire du lac.

Pour ce qui est de la pêche à la ouananiche, Hydro-Québec se faisait fort d'accroître les aires propices à l'élevage pour compenser les zones exondées, mais, dans son étude d'avant-projet à la page 126, elle indiquait que le fait d'augmenter la disponibilité des habitats d'élevage en rivière n'allait avoir aucune incidence sur le nombre de ouananiches pouvant être potentiellement produit en milieu lacustre.

La seule frayère confirmée sur la Manouane en 2010 avec 17 nids seulement, est la F 18. Celle-ci n'a fait l'objet d'aucun aménagement. Toutes les autres frayères potentielles que vous avez aménagées sur la Manouane étaient sans nid. (Réponses aux questions de Pêches et Océans du Canada, 2010, P.11) et (Suivi environnemental 2010 en phase d'exploitation septembre 2011 P. 47)

Lors des séances de pêche à la ligne sur les frayères F16 et F18, le 20 octobre 2010, Aecom, le consultant d'Hydro-Québec, écrit n'avoir réalisé aucune capture. (Suivi environnemental 2010 en phase d'exploitation septembre 2011 P. 46)

Dans les pêches au filet de 2010, sur 1069 spécimens récoltés, il n'y avait qu'une seule ouananiche. (Bilan des activités environnementales, HQ, août 2011, P. 12)

« Plus de 155 000 alevins de ouananiche ont été introduits dans les rivières Manouane et Duhamel entre 2006 et 2008. En dépit des ensemencements, les analyses statistiques (modèle mixte) indiquent que les densités observées ne sont pas significativement différentes entre elle. » (Réponses aux questions de Pêches et Océans du Canada, 2010, P.22)

Malgré ces constats, Hydro-Québec se fait rassurante « les densités de ouananiches sont à la hausse ». (Bilan des activités environnementales, HQ, août 2011 P. 12)

Hydro-Québec a en main nos statistiques de pêche et elles sont maintenant désastreuses. Dans son étude d'avant-projet en 2002, la société écrivait à la page 61 :

« D'ailleurs, la récolte de ouananiches par les pêcheurs sportifs apparaît relativement faible, la moyenne se situant à 40 ouananiches par année pour la période comprise entre 1981 et 1992. La taille des spécimens est toutefois relativement élevée dans ce plan d'eau (longueur moyenne de 49,1 cm et poids moyen de 1,53 kg), ce qui fait la renommée de la pourvoirie. »

Nous sommes toujours d'opinion que la dérivation partielle de la rivière Manouane par Hydro-Québec constitue une forme d'expropriation de la pourvoirie sans compensation. C'est pourquoi, nous maintenons la pourvoirie en activité et refusons de baisser les bras; mais les dommages s'accumulent et, comme l'exige le code civil, nous avons dénoncé cette situation à notre Bailleur, tel qu'en fait foi la copie ci-jointe de notre lettre datée du 11 novembre 2013.

Nous avons commandé un rapport additionnel d'expertise au Dr Ali A. Assani que nous joignons à la présente. Ce rapport d'un scientifique de renom vous fera mieux comprendre les impacts très négatifs de cette dérivation. Cette étude parle d'elle-même.

Nous voulons bien admettre, de notre côté, que l'intérêt économique d'Hydro-Québec a primé en menant à terme cette dérivation et que celle-ci est là pour rester. À la limite, nous pouvons comprendre aussi le réflexe de la Société de chercher à convaincre tout le monde qu'elle a fait ce qu'elle avait promis.

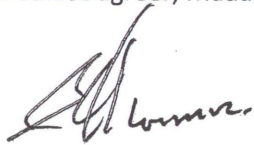
Cependant, l'évidence des résultats et des dommages causés à notre pourvoirie sont là. C'est nous qui portons le poids des conséquences négatives de cette dérivation partielle de la rivière Manouane.

Cela fait maintenant plus de 10 ans que nous cherchons à faire valoir nos droits, Ce que nous réclamons est simplement la justice. Si celle-ci compte parmi les valeurs d'Hydro-Québec, alors nous vous prions de soumettre à l'appréciation du conseil d'administration le devoir qu'il a de réparer les torts causés et d'entériner pour nous un règlement juste et raisonnable.

Nous évaluons à quelque trois millions de dollars les dommages subis. Nous souhaitons toujours un règlement à l'amiable et sans éclat à l'intérieur d'un délai raisonnable de trois mois.

En cas de désaccord persistant, nous sommes même disposés à rechercher une solution par voie d'arbitrage. Il est évident, par ailleurs, que nous dénoncerons toute nouvelle tentative d'intimidation de la part d'Hydro-Québec.

Veuillez agréer, Madame Nadeau, l'expression de mes sentiments distingués,



Gilles Shooner

CC : Membres du Conseil d'administration d'Hydro-Québec.

Pièce jointe :

Étude d'impacts hydrologiques induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane (Saguenay-Lac-St-Jean) effectuée par Hydro-Québec en 2003, Dr. Ali A. Assani, mai 2014 pp. 43;





Annexe 2

Étude d'impacts hydrologiques induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane (Saguenay-Lac-Saint-Jean) effectuée par Hydro-Québec

en 2003 Dr. Ali A. Assani, professeur titulaire,
mai 2014, 44p. Rapport d'expertise commandé par
Pourvoirie Lac Duhamel

**ÉTUDE D'IMPACTS HYDROLOGIQUES INDUITS PAR
LA DÉRIVATION DES EAUX DE LA RIVIÈRE
MANOUANE (SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN)
EFFECTUÉE PAR HYDRO-QUÉBEC EN 2003**

Par Dr Ali A. **ASSANI**

Professeur Titulaire

RAPPORT D'EXPERTISE COMMANDÉ PAR LA POURVOIRIE LAC DUHAMEL

MAI 2014

Table des matières

I.	Introduction	3
II.	Description de la rivière Manouane et de la dérivation de ses eaux en 2003.....	5
III.	Justification de choix des séries hydrologiques analysées et calcul des débits réservés écologiques pour la protection des habitats de l'ouananiche (<i>Salmo salar</i>)	6
IV.	Analyse statistique des séries hydrologiques	11
V.	Résultats	16
	V.1. Analyse de la tendance à long terme	16
	V.2. Analyse de la stationnarité (rupture) de la moyenne des séries hydrologiques	17
	V.3. Comparaison des valeurs des moyennes des séries hydrologiques avant et après 2003.	18
	V.4. Comparaison de la magnitude de la crue de récurrence biennale avant et après 2003.....	20
VI.	IMPACTS MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DE LA RÉDUCTION DES DÉBITS.....	25
VII.	Comparaison des valeurs des débits réservés écologiques estimées par les différentes méthodes.....	27
VIII.	CONCLUSIONS.....	28
	Références citées dans le texte	30
	ANNEXES	31

I. Introduction

Le 21 février 2014, j'ai reçu un message (courriel) de Monsieur Denis Savard, de la Pourvoirie du Lac Duhamel. Celle-ci exploite l'espèce Ouananiche (*Salmo salar*) dans le lac Duhamel et dans la rivière Manouane. Cette dernière est le principal affluent de la rivière Péribonka, située dans la région de Saguenay-Lac-Saint-Jean au Québec. Dans son message, Monsieur Savard, après m'avoir expliqué brièvement la problématique à laquelle la pourvoirie Lac Duhamel est confrontée, m'a demandé si je ne pouvais pas réaliser une étude relative aux impacts de la dérivation des eaux sur le régime hydrologique et sur l'évolution morpho-sédimentologique des chenaux de la rivière Manouane et de son affluent, la Petite Manouane. La dérivation des eaux de la rivière Manouane a été réalisée par Hydro-Québec en 2003. J'ai tout de suite accepté cette demande car cette problématique s'inscrit dans mon programme de recherche consacré sur les impacts des barrages et réservoirs sur les régimes hydrologiques et l'évolution morphologiques des chenaux au Québec. Je travaille sur ce programme depuis mon stage post-doctorat à l'Université de Montréal en 1999. Ce programme constitue le principal sujet de ma recherche scientifique. Depuis mon embauche comme professeur régulier à l'Université du Québec à Trois-Rivières en 2001, de nombreux étudiants ont réalisé leurs travaux de fin d'études et de maîtrise dans le cadre de ce programme de recherche. Celui-ci est toujours financé par le CRNSG (Conseil de Recherche en sciences naturelles et en Génie) depuis 2003. La dernière subvention vient de m'être octroyée en avril 2014.

Après l'examen des documents et des données disponibles qui m'ont été soumises, il m'est apparu rapidement qu'il est impossible de démontrer scientifiquement les impacts de cette dérivation sur l'évolution morpho-sédimentologique des chenaux des Manouane et Petite Manouane pour les deux raisons suivantes :

- On ne dispose pas des photographies aériennes ou tout autre document pertinent pour suivre l'évolution des changements morphologiques et sédimentologiques qui se sont produits dans le chenal de la rivière après les travaux de dérivation.
- Les photographies aériennes prises avant la dérivation n'ont pas été prises pour des valeurs des débits comparables. Il devient dès lors difficile de caractériser de manière rigoureuse l'évolution temporelle des formes géomorphologiques (bancs, îlots, seuils, etc.) développées dans les chenaux de deux rivières.

Ainsi, notre expertise s'est donc limitée à l'analyse de l'évolution des débits de la rivière Manouane. De fait, il existe une station des mesures des débits journaliers, gérée par le Centre d'Expertise Hydrique du Ministère d'Environnement, de développement Durable et de la Pêche du Gouvernement Provincial du Québec jusqu'en 2013. Ces données des débits nous ont permis de quantifier les impacts hydrologiques induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane par un barrage construit par Hydro-Québec en 2003. Depuis ce temps, cette station est gérée par Rio Tinto Alcan.

Rappelons que la rivière Manouane a connu deux épisodes bien distincts de détournement de ses eaux. Le premier détournement a été effectué par la compagnie Alcan en 1961 pour alimenter le réservoir Péribonka. Ce dernier alimente la centrale hydroélectrique Chute des Passes construite sur la rivière Péribonka. Le second détournement des eaux a été opéré par Hydro-Québec en 2003 pour alimenter le réservoir Pipmuacan faisant partie des complexes hydroélectriques Bersimis I et II érigés sur la rivière Betsiamites dans les années 1950.

L'objectif de notre rapport est d'analyser les impacts de ce dernier détournement sur le régime hydrologique de la rivière Manouane. Ce rapport vise à répondre à la question fondamentale suivante : ce second détournement a-t-il altéré davantage le régime hydrologique de la rivière Manouane au point de compromettre l'évolution et la dynamique de la population de l'Ouananiche, l'espèce la plus recherchée par la clientèle de la Pourvoirie du Lac Duhamel?

II. Description de la rivière Manouane et de la dérivation de ses eaux en 2003

La rivière Manouane prend sa source dans le lac Manouane pour se jeter dans le lac Duhamel et par la suite dans la rivière Péribonka, un des principaux affluents du lac Saint-Jean. La superficie naturelle de son bassin versant est de 9483 km². Son bassin versant est entièrement circonscrit dans le Bouclier Canadien. À l'instar de tous les cours d'eau qui drainent ce bouclier, la morphologie du chenal de la rivière Manouane est caractérisée par une alternance quasi régulière des tronçons sableux et caillouteux/rocheux. Dans les tronçons sableux, l'écoulement est lent et le chenal est large. En revanche, dans les tronçons caillouteux/rocheux, l'écoulement est rapide et turbulent; le chenal y est généralement étroit.

En 2003, Hydro-Québec a construit un ouvrage de dérivation pour détourner les eaux de la rivière Manouane vers le réservoir Pipmuacan construit sur la rivière Betsiamites. Érigé en aval de la confluence de la rivière Manouane et de son affluent, la rivière Grand Détour, cet ouvrage est constitué par un barrage complété par trois digues. La hauteur et la longueur du barrage mesurent respectivement 9 et 90 m. Deux conduites de 0,85 m de diamètre permettent de maintenir un débit réservé de 3 m³/s dans la rivière Manouane. En outre, un canal de

dérivation long de 77 km achemine l'eau de la rivière Manouane vers le réservoir Pipmuacan à travers le chenal de la rivière aux Hirondelles. Le débit moyen dérivé est de 30 m³/s.

En 1979, en aval du barrage, le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) avait installé une station hydrométrique (no 062209) à la sortie du lac Duhamel qui est, en fait, une excroissance du chenal de la rivière Manouane. La superficie du bassin versant à la station hydrométrique est de 3686 km². Entre le barrage de dérivation et la station hydrométrique, la rivière Manouane reçoit plusieurs affluents naturels dont le principal est sans nul doute la rivière Petite Manouane. Celle-ci draine un bassin versant dont la superficie totale est estimée à 1445 km² incluant celle de la rivière Duhamel, son principal affluent. Il importe de garder à l'esprit le fait que les impacts induits par le barrage de dérivation sur les débits de la rivière Manouane sont atténués par les apports naturels de ces affluents. Il s'ensuit que les débits mesurés à la station hydrométriques ne traduisent pas toute l'ampleur des changements induits par le barrage de dérivation sur le régime hydrologique de la rivière Manouane. Enfin, mentionnons que les installations de la Pourvoirie du Lac Duhamel sont situées à la confluence de la rivière Manouane et de la Petite Manouane. C'est là, devant les camps que la Pourvoirie se plaint d'avoir eu à subir un ensablement majeur du Lac Duhamel qui rend ceux-ci difficiles d'accès.

III. Justification de choix des séries hydrologiques analysées et calcul des débits réservés écologiques pour la protection des habitats de l'ouananiche (*Salmo salar*)

Rappelons que le but de rapport est de démontrer que le détournement des eaux de la rivière Manouane en 2003 a modifié les débits en aval du barrage de dérivation. Cette modification est-elle à l'origine de l'altération des habitats de l'ouananiche, principale espèce exploitée par la pourvoirie du Lac Duhamel. Au Québec, il n'existe pas des normes de gestion

des débits de crues pour protéger les habitats du poisson en aval d'un barrage. Ce qui n'empêche pas de tels débits d'avoir un impact majeur sur l'habitat du poisson. En revanche, il existe des normes de gestion des débits minimums pour protéger ces habitats. Ces normes sont connues sous le nom des normes des débits réservés écologiques. Selon la FAPAQ (1999), le débit réservé écologique est le débit minimum requis pour maintenir et protéger, à un niveau jugé acceptable, les habitats du poisson.

Il existe trois types de méthodes pour estimer le débit réservé écologique : les méthodes hydrologiques, hydrauliques et d'habitat préférentiel. Cependant, quelle que soit la méthode utilisée, l'objectif de la protection des habitats du poisson doit être atteint. De ce fait, les valeurs des débits réservés écologiques calculés par les trois méthodes doivent être proches pour que cet objectif de la protection des habitats du poisson soit atteint. Toutefois, dans son document publié sur la « Politique de débits écologiques pour la protection du poisson et ses habitats », la FAPAQ (1999) avait recommandé, parmi les méthodes hydrologiques de l'estimation des débits réservés écologiques, l'utilisation de la méthode écohydrologique mise au point par Belzile et al. (1997) pour les rivières du Québec. L'avantage de cette méthode est de prendre en considération les facteurs écologiques, hydrologiques et géographiques propres aux cours d'eau de la province. Elle tient compte des espèces présentes dans l'ensemble des bassins versants du Québec ainsi que des stades critiques de leur cycle vital, ce que les autres méthodes hydrologiques ne font pas.

Il apparaît de manière évidente que la méthode écohydrologique s'impose pour évaluer les impacts de détournement des eaux de la rivière Manouane sur les habitats de l'ouananiche. Selon cette méthode écohydrologique, la rivière Manouane appartient à la région écohydrologique 1 et à la région écologique 1c (Lac- Saint-Jean). Dans la région écologique 1c, les deux espèces de poissons cibles à protéger identifiées par le Ministère

d'Environnement et de la Faune du Québec (MEFQ) sont l'ouananiche et l'omble de fontaine (Belzile et al., 1997). Ainsi, les débits réservés écologiques ont été calculés pour protéger les phases critiques de ces deux espèces dans cette région écologique.

La méthode d'estimation des débits réservés écologiques par l'approche écohydrologique est décrite en détail par Belzile et al. (1997). Il faut rappeler ici qu'en aval du barrage de dérivation construit en 2003 par Hydro-Québec, l'écoulement n'est plus naturel. Par conséquent, la démarche consiste à estimer les valeurs des débits réservés écologiques qui devraient être observées en condition naturelle et les comparer à celles mesurées en aval de ce barrage afin de déterminer si ces valeurs ont été respectées après la construction du barrage de dérivation. Cette approche permet aussi de déterminer si la dérivation des eaux de la rivière Manouane réalisée par Alcan en 1961 avait affecté significativement les débits réservés écologiques et les crues.

Selon la méthode écohydrologique de Belzile et al. (1997), Il y a cinq phases critiques du cycle de vie pour les deux espèces cibles (l'ouananiche et l'omble de fontaine) à protéger dans la rivière Manouane. Ces phases sont résumées au tableau 1.

Tableau 1. Identification du débit réservé écologique en fonction des phases critiques du cycle vital des espèces cibles (l'ouananiche et l'omble de fontaine) dans la rivière Manouane (région écologique 1c).

Période de l'année	Justification	Indices des débits réservés écologiques	Signification des indices
Toute l'année	-	0,5QMA	50% du débit moyen annuel
15 mai au 5 juillet	Émergence des alevins et Dévalaison des saumoneaux	0,5QMP	Valeur médiane des débits moyens saisonniers printaniers
1 juin au 30 septembre	Alimentation (toutes les espèces)	Q ₅₀ août	Valeur médiane du débit moyen mensuel du mois d'août
15 septembre au 31 octobre	Fraye des salmonidés	Q ₅₀ sept.	Valeur médiane du débit moyen mensuel du mois de septembre
15 octobre au 30 juin	Incubation des oeufs	0,25QMA	25% du débit moyen annuel

Les débits réservés écologiques ont été estimés au moyen de ces indices pour les cinq périodes de l'année à la station hydrométrique (3686 km²) située à la sortie du lac Duhamel en aval du barrage de dérivation construite en 2003. Cette estimation a été calculée au moyen de la formule générale suivante :

$$Q_r = e^k \cdot S^a \quad (1)$$

- Q_r est le débit réservé écologique à estimer ;
- e est une constante e = 2.71828 ;
- S est la superficie du bassin versant en km².
- k et a sont des coefficients régionalisés et saisonnalisés.

Les valeurs des débits réservés écologiques estimées au moyen de la formule (1) sont consignées dans le tableau 2.

Tableau 2. Valeurs estimées des débits réservés écologiques (Qr) à la station hydrométrique située à la sortie du Lac Duhamel (Rivière Manouane).

Période de l'année	L'indice du débit réservé écologique	Qr (m ³ /s)
Toute l'année (Période I)	0,5QMA	72,45
15 mai au 5 juillet (Période II)	0,5QMP	72,45
1 juin au 30 septembre (Période III)	Q ₅₀ août	50,75
15 septembre au 31 octobre (Période IV)	Q ₅₀ sept.	50,36
15 octobre au 30 juin (Période V)	0,25QMA	18,40

Sur la base de ces valeurs estimées des débits réservés écologiques, nous avons constitué quatre séries hydrologiques pour chaque période de l'année.

1. La première série hydrologique a été constituée par le nombre de jours pendant lesquels les débits mesurés à la station hydrométrique située à la sortie du lac Duhamel étaient inférieurs aux valeurs de Qr pendant la période de 1980 à 2012.
2. La deuxième série hydrologique était constituée par les valeurs des écarts entre Qr et le débit minimum extrême mesuré pour chaque période de l'année. Cet écart a été calculé au moyen de la formule suivante :

$$Ec = (Qr - Q_{min} \times 100) / Qr \quad (2)$$

Qm étant le débit minimum extrême mesuré à la station hydrométrique pour chacune de ces périodes.

3. La troisième série hydrologique était constituée par les débits minimums extrêmes (Qmin) mesurés chaque année pour chacune de ces cinq périodes de l'année pendant la période 1980-2012.
4. Enfin, la dernière série hydrologique était constituée par les débits maximums extrêmes (QMax) mesurés chaque année pour chacune de ces cinq périodes de l'année pendant la période 1980-2012.

IV. Analyse statistique des séries hydrologiques

Pour mettre en évidence les impacts du détournement des eaux de la rivière Manouane en 2003, nous avons appliqué de nombreuses méthodes statistiques. L'analyse statistique a été effectuée en plusieurs étapes suivantes :

- La première étape a consisté à l'analyse de la tendance à long-terme de quatre séries hydrologiques au moyen de la méthode de Spearman. Celle-ci a pour but de mettre en évidence le changement qui affecte la variabilité de la moyenne dans le temps. Elle est fondée sur le calcul d'un coefficient de corrélation de rang (r_s) entre les variables hydrologiques (variable dépendante) et les années (variable indépendante) au moyen des relations suivantes (Sneyers, 1975) :

$$r_s = \frac{\sum iy_i - (\sum i)^2 / n}{s_i s_{y_i}} \quad (3)$$

$$s_i^2 = \sum i^2 - (\sum i)^2 / n \quad \text{et} \quad s_{y_i}^2 = \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n \quad (4)$$

où n est la taille de l'échantillon (nombre d'années de mesure des débits), y_i est le rang de la valeur de la caractéristique des débits mesurée l'année i lorsque les valeurs sont classées par ordre de grandeur croissante.

La valeur critique du test est calculée au moyen de la relation suivante :

$$t_s = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} \quad (5)$$

On rejette l'hypothèse nulle (absence d'une tendance significative) lorsque la valeur de t_s est supérieure à celle lue dans la table de t de Student à un seuil de probabilité donnée à $n-2$ degrés de liberté.

Cependant, la méthode de Spearman ne permet pas de déterminer si le changement de tendance à long terme est aussi associé à celui de la moyenne et/ou de la variance de la série hydrologique analysée. Pour vérifier si la moyenne de la série hydrologique a significativement changé dans le temps, on a appliqué la méthode de Lombard à la seconde étape. Le choix de cette méthode s'explique par le fait qu'elle permet de déterminer la nature abrupte ou progressive du changement de la moyenne ou de la variance. Cette méthode a été décrite notamment par Lombard (1987) et ses applications en hydrologie et en géomorphologie peuvent être lues dans Assani et al. (2011) ainsi que Quéssy et al. (2011) notamment. Supposons une série d'observations, dénotées X_1, \dots, X_n , où X_i est l'observation au temps $T=i$. Ces valeurs sont supposées indépendantes. Une question intéressante consiste à vérifier si la moyenne de cette série a changé. Si μ_i est la moyenne théorique de X_i , alors un scénario possible est donné par le « smooth-change model » de Lombard, c'est-à-dire :

$$\mu_i = \begin{cases} \theta_1, & \text{if } 1 \leq i \leq T_1; \\ \theta_1 + \frac{(i - T_1)(\theta_2 - \theta_1)}{T_2 - T_1}, & \text{if } T_1 < i \leq T_2; \\ \theta_2, & \text{if } T_2 < i \leq n. \end{cases} \quad (6)$$

Ainsi, la moyenne passe graduellement de θ_1 à θ_2 entre les temps T_1 et T_2 . Un cas particulier est la rupture abrupte, lorsque $T_2 = T_1 + 1$.

Pour tester formellement si la moyenne d'une série est stable ou suit le modèle (6), on peut utiliser la procédure statistique de Lombard (1987). À cette fin, soit R_i , le rang de X_i parmi X_1, \dots, X_n . Prenons la fonction score de Wilcoxon, c'est-à-dire $\phi(u) = 2u - 1$, et définissons le score de X_i par

$$Z_i = \frac{1}{\sigma_\phi} \left\{ \phi \left(\frac{R_i}{n+1} \right) - \bar{\phi} \right\}, \quad i \in \{1, \dots, n\}, \quad (7)$$

où

$$\bar{\phi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi \left(\frac{i}{n+1} \right) \quad \text{et} \quad \sigma_\phi^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \phi \left(\frac{i}{n+1} \right) - \bar{\phi} \right\}^2 \quad (8)$$

La statistique de test de Lombard est

$$S_n = \frac{1}{n} \sum_{T_1=1}^{n-1} \sum_{T_2=T_1+1}^n L_{T_1 T_2}^2, \quad (9)$$

où

$$L_{T_1 T_2} = \sum_{j=T_1+1}^{T_2} \sum_{i=1}^j Z_i \quad (10)$$

Au niveau de signification de 5 %, si $S_n > 0,0403$, on conclut que la moyenne de la série a changé de façon significative selon un modèle de la forme (6). La valeur de 0.0403 correspond au seuil critique théorique de signification de la méthode de Lombard. À noter que le test est adéquat pour détecter tous les types de changements induits par le modèle (6), incluant les changements abrupts. Une étude complète sur la puissance et la robustesse de S_n et de cinq autres statistiques de test a été effectuée par Quessy et al. (2011).

Afin de confirmer les résultats de l'analyse de Lombard, on a comparé les moyennes des séries hydrologiques avant et après 2003 (année de détournement des eaux de la rivière Manouane) au moyen des tests de t de student (test paramétrique) et de rang de Kruskal-Wallis (test non paramétrique).

Enfin, à la dernière étape, on a estimé la valeur du débit de crue de récurrence biennale (deux ans) au moyen de la méthode régionale d'Anctil et al. (1998). Ce débit est considéré comme le débit qui influence l'évolution morphologique et le transport des sédiments dans les chenaux. Les étapes de cette estimation sont les suivantes :

$$Q_m = 1.61S^{0.70} \quad (11)$$

Q_m est la moyenne des débits maximums annuels

S est la superficie du bassin versant du site.

$$Q_T = \beta + \alpha \cdot \{1 - [-\ln B]^\kappa\} \quad (12)$$

$$B = [(T - 1)/T] \quad (13)$$

- Q_T est le quantile normalisé régional
- κ est le paramètre de forme de la loi GEV (General Extreme Value) régionalisée
- α est le paramètre de localisation de la loi GEV régionalisée
- β est le paramètre d'échelle.

Ces trois paramètres sont des fonctions des moyennes régionales des moments L normalisés. Leurs valeurs pour chacune de trois régions hydrologiques homogènes sont consignées dans le tableau 3.

- T est la période de retour correspondant à un quantile donné.

$$Q_e = Q_T \cdot Q_m \quad (14)$$

Q_e est le quantile estimé correspondant à la période de retour T

Tableau 3. Valeurs de paramètre de la loi de GEV régionalisée dans les trois régions hydrologiques homogènes.

Région hydrologique homogène	B	α	κ
I	0.8397	0.2819	0.0086
II	0.8659	0.2754	0.0993
III	0.8910	0.2308	0.1173

V. Résultats

V.1. Analyse de la tendance à long terme

Les résultats de l'application du test de Spearman sont présentés au tableau 4 pour les quatre séries et pour les cinq périodes de phases critiques. Il ressort de ce tableau que les valeurs de r de toutes les quatre séries statistiques sont statistiquement significatives au seuil de 1% pour les périodes I, II et IV. Quant aux périodes III et V, les valeurs de r ne sont pas statistiquement significatives pour la série de fréquence seulement. Il s'ensuit que, hormis cette dernière série pour les deux périodes, la variabilité temporelle des débits maximums et minimums est caractérisée par une tendance à long terme négative dans le temps, étant donné que la valeur de r est négative. En d'autres termes, la moyenne des débits maximums et minimums extrêmes journaliers pendant les cinq périodes diminue dans le temps. En revanche, pour la série de fréquence pour les périodes I, II et IV, cette tendance est positive. En d'autres termes, le nombre de jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique augmente dans le temps.

Tableau 4. Résultats du test de tendance de Spearman.

Indices et Périodes	Débits maximums (QMax)		Débits minimums (Qmin)		Débits réservés (Qr)			
					Fréquences		Écart (EC)	
	R	t	r	t	r	t	R	t
0,5QMA (Période I)	-0.4553**	2.801	-0.6298**	4.4406	0.6294**	4.4363	0.6301**	4.4448
0.5QMP (Période II)	-0.4265**	2.6252	-0.6664**	4.9770	0.5788**	3.8877	0.6389**	4.5492
Q50août (Période III)	-0.4339**	2.6815	-0.5645**	3.8078	-0.0452	0.2074	0.5345**	3.4635
Q50Sept (Période IV)	-0.3055**	1.7862	-0.5384**	3.5576	0.4905**	3.0827	0.5652**	3.7531
0,25QMA (Période V)	-0.4553**	2.801	-0.6298**	4.4406	0.2994	1.4380	0.6301**	4.4448

Fréquence = nombre de jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique estimé pour la période. ** = valeur statistiquement significative au seuil de 1%.

V.2. Analyse de la stationnarité (rupture) de la moyenne des séries hydrologiques

Les résultats obtenus au moyen de l'application de la méthode de Lombard sont consignés dans le tableau 5. En ce qui concerne la fréquence des débits réservés et les débits minimums extrêmes, la rupture de la moyenne est survenue pendant ou après l'année 2003, c'est-à-dire lors ou après la construction du barrage de dérivation pour les cinq périodes. Quant aux débits maximums, cette rupture est survenue après 2003 pendant la période III. Ces résultats démontrent hors de tout doute que la construction du barrage de dérivation a affecté significativement la stationnarité des séries hydrologiques, hormis la série des débits maximums. Ce changement de stationnarité se traduit par une diminution significative de la magnitude des débits minimums ainsi qu'une hausse significative du nombre de jours avec des débits journaliers inférieurs aux débits réservés écologiques après 2003.

Tableau 5. Résultats obtenus avec la méthode de Lombard.

Indices et Période	Débits maximums (QMax)			Débits minimums (Qmin)			Débits réservés (Qr) Fréquence		
	Sn	T1	T2	Sn	T1	T2	Sn	T1	T2
0,5QMA (Période I)	0,0658	2000	2001	0,1263	2001	2003	0,1227	2001	2003
0.5QMP (Période II)	0,0595	1997	1998	0,1354	2002	2003	0,1035	2002	2003
Q50août (Période III)	0,0562	2004	2005	0,1105	2002	2003	0,0835	2002	2005
Q50Sept (Période IV)	0,0388	-	-	0,1084	2002	2003	0,0925	2002	2005
0,25QMA (Période V)	0,0658	2000	2001	0,1084	2002	2003	0,1180	2001	2002

Les valeurs de $S_n > 0.0403$ sont statistiquement significatives au seuil de 5%; T1 et T2 sont respectivement des années du début et de la fin de changement de la moyenne. Fréquence = nombre de jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique estimé pour la période.

V.3. Comparaison des valeurs des moyennes des séries hydrologiques avant et après 2003.

En se fondant sur les résultats de la méthode de Lombard qui a mis en évidence une rupture de moyennes, on a ainsi comparé les moyennes des séries hydrologiques avant et après 2003 au moyen des tests de t Student et Krustal-Wallis. Les résultats de cette comparaison sont présentés au tableau 6. Il ressort de ce tableau que la magnitude des débits maximums et minimums a significativement diminué après 2003 pour les cinq périodes. Cette diminution est respectivement en moyenne de 35% et de 50% pour les débits maximums et minimums extrêmes. Quant à la fréquence, elle a significativement augmenté après 2003 pour les cinq périodes. Hormis la première période, le nombre de jours avec des débits inférieurs aux débits réservés écologiques a été multiplié au moins par 2. Il s'ensuit que les écarts entre les débits réservés et les débits minimums extrêmes ont aussi significativement augmenté après 2003.

Tableau 6. Comparaison des valeurs moyennes des séries hydrologiques avant et après 2003.

Périodes	M1	M2	Valeurs de p	R (%)
Débits maximums extrêmes (m³/s)				
0,5QMA (Période I)	550,2	355,8	0,001	-35.3
0.5QMP (Période II)	427,4	271,6	0,015	-36.5
Q50août (Période III)	294,6	187,9	0,006	-36.2
Q50Sept (Période IV)	178,4	125,6	0,018	-29.6
0,25QMA (Période V)	540,5	348,9	0,001	-35.4
Débits minimums extrêmes (m³/s)				
0,5QMA (Période I)	17,1	10,7	0,000	-37.4
0.5QMP (Période II)	64,1	31	0,000	-51.2
Q50août (Période III)	37,3	21,3	0,000	-42.9
Q50Sept (Période IV)	48,0	27,2	0,000	-43.3
0,25QMA (Période V)	16,9	10,4	0,000	-38.5
Débits réservés : Fréquence (nombre des jours)				
0,5QMA (Période I)	138,4	216,4	0,000	+56.4
0.5QMP (Période II)	6,7	29,7	0,000	+343.3
Q50août (Période III)	21,4	75,1	0,000	+250.9
Q50Sept (Période IV)	4,3	29,6	0,000	+588.4
0,25QMA (Période V)	37,6	82,2	0,000	+118.6
Débits réservés : Écarts (%)				
0,5QMA (Période I)	54,5	72,1	0,000	+32.3
0.5QMP (Période II)	11,5	56,7	0,000	+393
Q50août (Période III)	26,6	59	0,000	+121.8
Q50Sept (Période IV)	4,8	48,7	0,000	+914.5
0,25QMA (Période V)	8,2	43,6	0,000	+431.7

M1 = Moyenne calculée avant 2003; M2 = Moyenne calculée inclusivement après 2003; p = seuil de probabilité de significativité; R = taux d'augmentation (+) ou de diminution (-) de la moyenne avant et après 2003.

V.4. Comparaison de la magnitude de la crue de récurrence biennale avant et après 2003

Le débit de la crue de récurrence biennale a été estimé à 305,5 m³/s à la station hydrométrique située à la sortie du lac Duhamel. Cette valeur du débit est comparée à celles des débits maximums extrêmes mesurées pendant les cinq périodes (figures 1a à 1e). Le seul changement majeur et significatif observé après 2003 est la disparition totale de la crue biennale en été (Période III). Pour les autres périodes, cette crue est survenue plusieurs fois après 2003 malgré la diminution de la magnitude des débits maximums extrêmes journaliers.

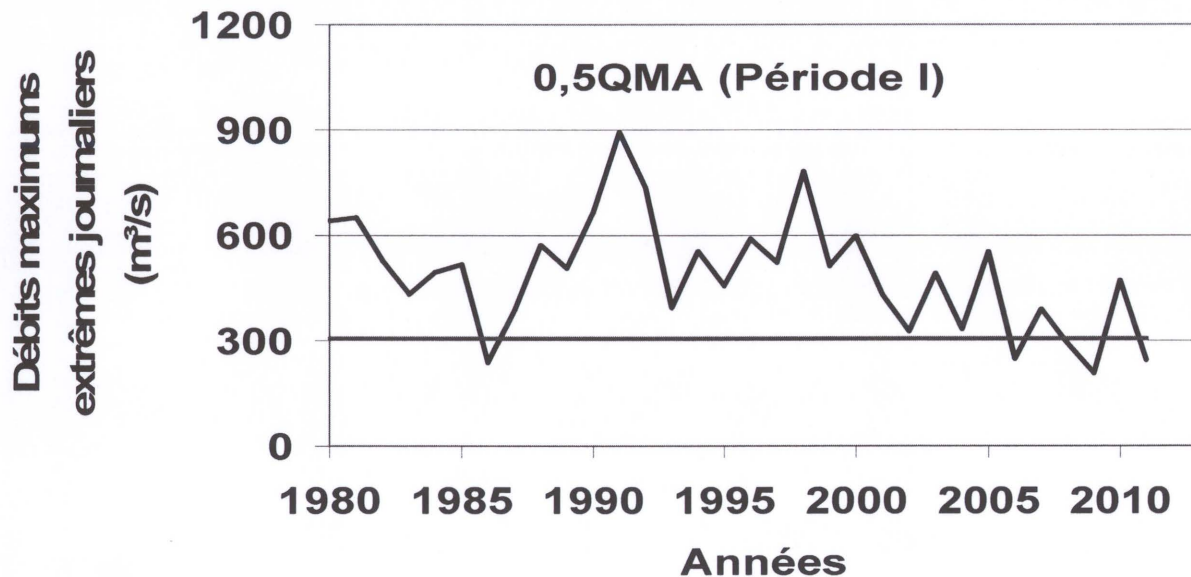


Figure 1a. Comparaison du débit de la crue biennale (ligne rouge) et des débits maximums extrêmes pendant la période I.

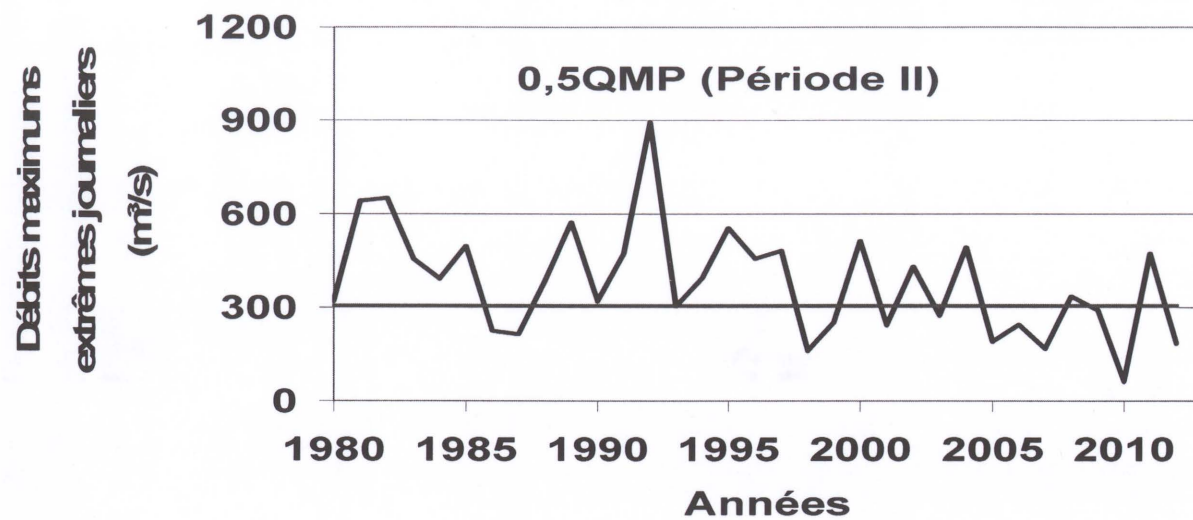


Figure 1b. Comparaison du débit de la crue biennale (ligne rouge) et des débits maximums extrêmes pendant la période II.

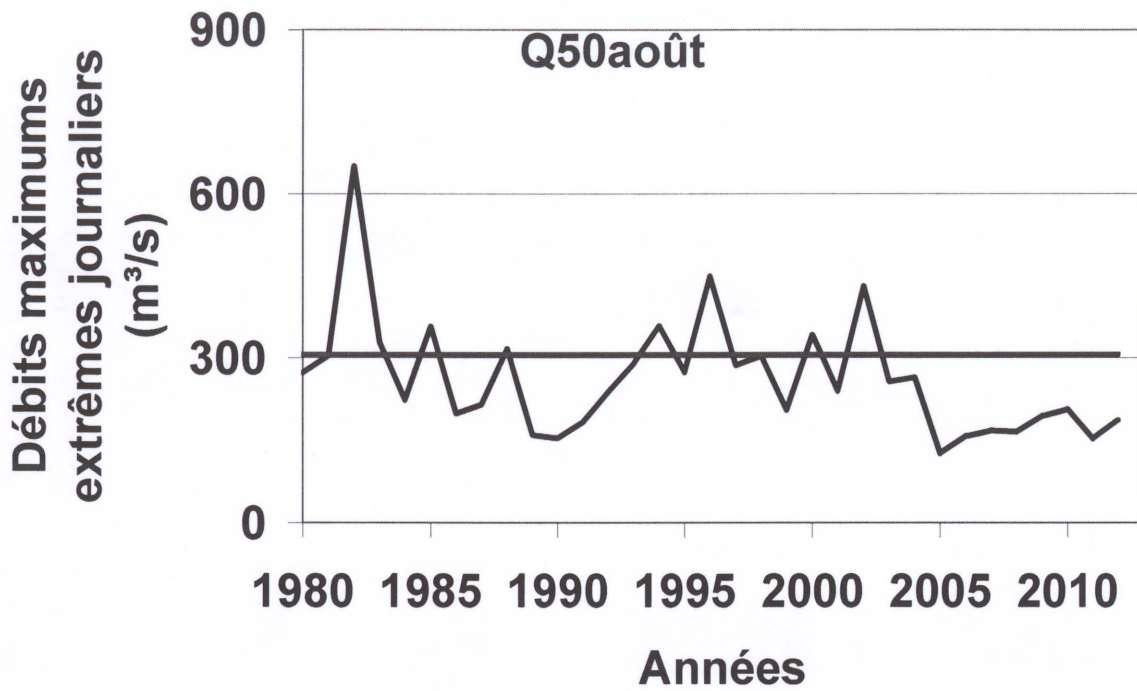


Figure 1c. Comparaison du débit de la crue biennale (ligne rouge) et des débits maximums extrêmes pendant la période III.

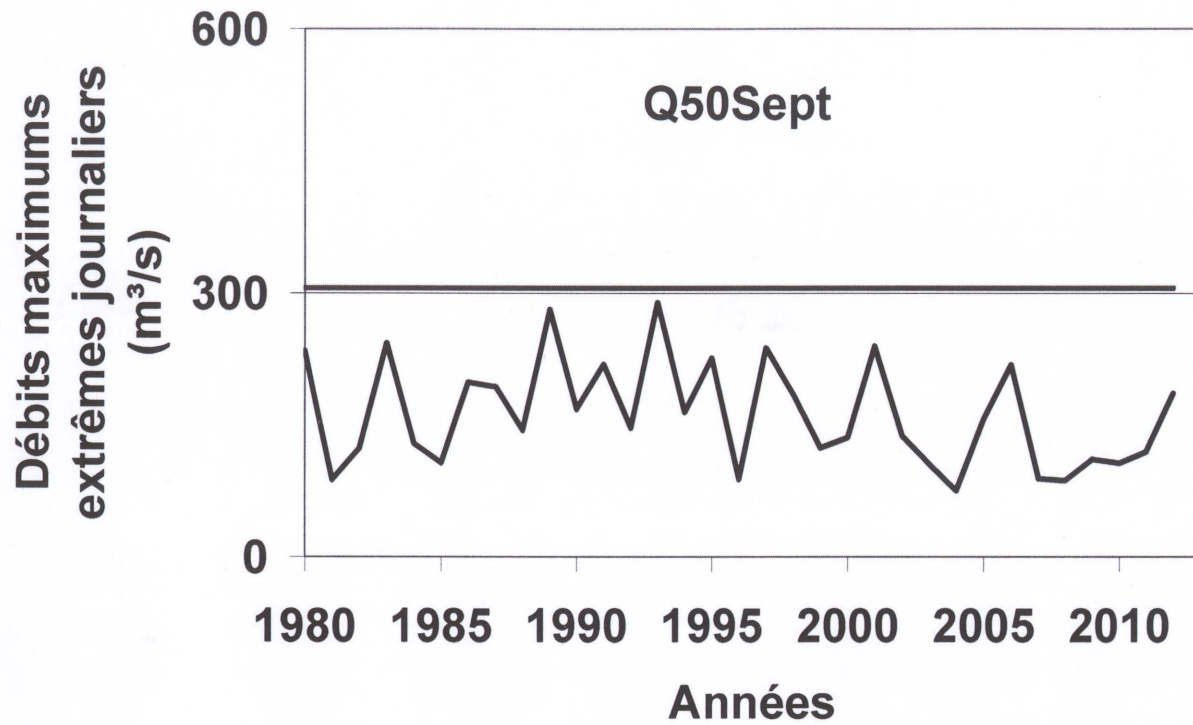


Figure 1d. Comparaison du débit de la crue biennale (ligne rouge) et des débits maximums extrêmes pendant la période IV.

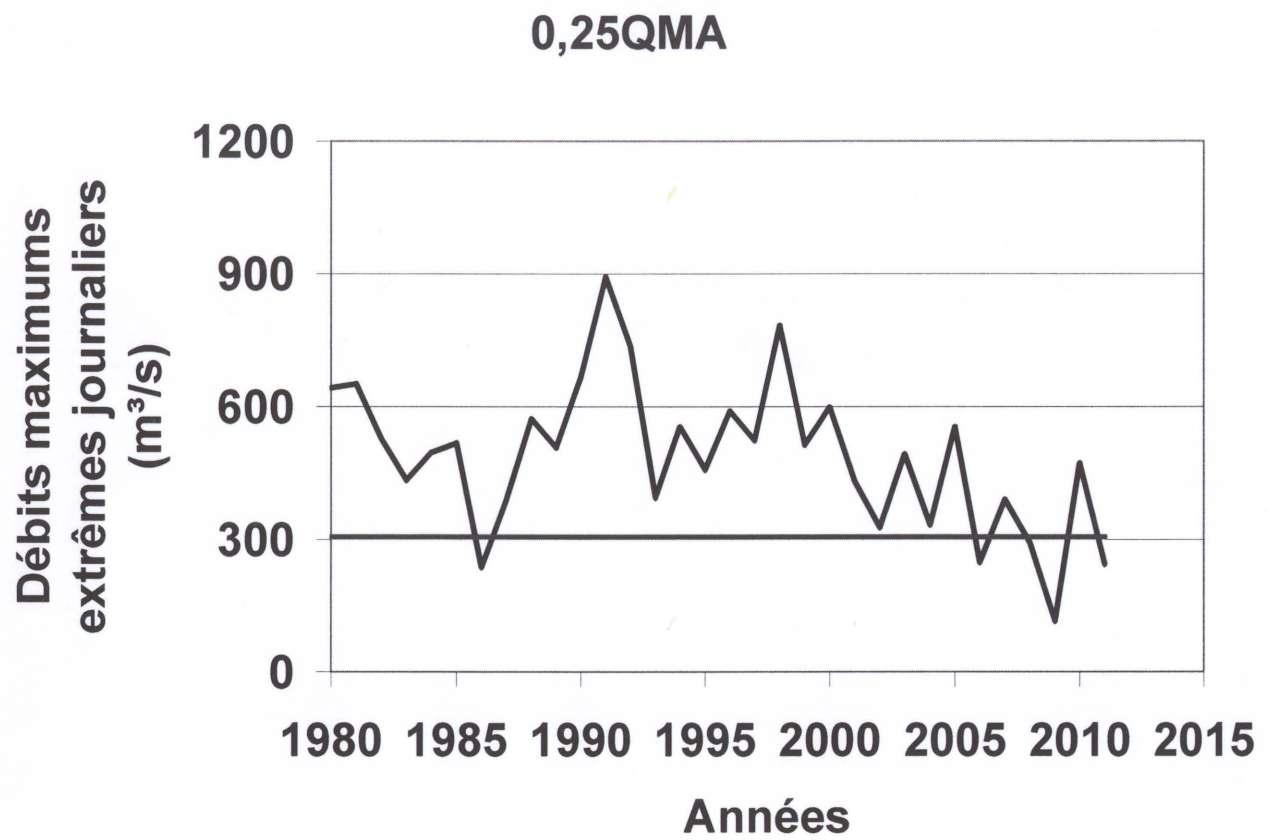


Figure 1e. Comparaison du débit de la crue biennale (ligne rouge) et des débits maximums extrêmes pendant la période V.

VI. IMPACTS MORPHO-SÉDIMENTOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DE LA RÉDUCTION DES DÉBITS

En se fondant sur les prédictions des théories de la géomorphologie fluviale et de l'écologie aquatique corroborées par de nombreuses études relatives les impacts des barrages sur l'évolution morpho-sédimentologiques et celle des caractéristiques physico-chimiques des eaux, la réduction drastique des débits observée en 2003 est la principale cause des changements observés en aval du barrage de dérivation suivants :

VI.1. Dans le chenal principal de la rivière Manouane incluant le lac Duhamel

1. Pendant la période des crues et des hautes eaux, la diminution de la capacité du transport de la rivière à transporter les sédiments apportés par ses affluents provoque une sédimentation importante des sédiments fins et grossiers. Il est en effet bien connu une sédimentation importante dans le chenal altère significativement la qualité des habitats du poisson, en l'occurrence l'ouananiche.
2. Pendant la période des basses eaux et des étiages, la réduction des débits provoque une sédimentation importante des sédiments fins et des matières organiques qui altère la qualité des habitats du poisson, en l'occurrence l'ouananiche. De plus, cette réduction diminue le volume d'habitat disponible susceptible d'affecter la quantité de nourriture disponible et d'accroître la compétitivité inter et intra-spécifique des poissons. Enfin, la diminution des débits d'étiage provoque une exondation d'une partie du lit mineur (exemples : bancs de sable, îlots et autres formes d'accumulation, etc.) de la rivière ainsi le volume d'habitat disponible.
3. Pendant la période estivale, la réduction drastique des débits de crues et d'étiage provoque une hausse de la température des eaux et, par conséquent, une diminution importante de la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Ces changements physico-

chimiques de l'eau peuvent provoquer une mortalité anormalement élevée au sein de la population de l'ouananiche.

VI.2. Dans les chenaux des affluents situés en aval du barrage de dérivation

La diminution drastique des débits après la dérivation des eaux provoque un abaissement du niveau de base de tous les affluents de la rivière Manouane situés en aval du barrage de dérivation. Cette baisse provoque une hausse de la pente de ces affluents avec comme conséquence principale une hausse significative de leur pouvoir érosif. Il s'ensuit une hausse significative de la quantité des sédiments apportés par ces affluents à la rivière Manouane. Celle-ci, en raison de la diminution de sa capacité de transport consécutif à la diminution drastique de ses débits, ne peut donc pas évacuer tous ces sédiments. Il en résulte ainsi une sédimentation importante dans le chenal de la rivière Manouane au niveau des confluences. Cette sédimentation importante est une des principales causes de l'altération des habitats de l'ouananiche observée après 2003.

VII. Comparaison des valeurs des débits réservés écologiques estimées par les différentes méthodes

Dans le cadre de ce rapport, les débits réservés écologiques ont été estimés par la méthode proposée par Belzile et al. (1997) qui est une méthode hydrologique. En revanche, dans son avant-projet, Hydro-Québec a appliqué la méthode d'habitats préférentiels ou méthode hydrobiologique pour estimer les débits réservés écologiques en aval du barrage de dérivation afin de protéger les habitats de la Ouananiche notamment. Rappelons que la méthode hydrobiologique tient compte de la qualité d'habitats du poisson contrairement aux méthodes hydrologiques. La question fondamentale qui se pose est la suivante : les deux méthodes d'estimation des débits réservés écologiques conduisent-elles aux valeurs des débits réservés écologiques similaires? Au Québec, il n'existe aucune étude sur ce sujet. En revanche, au Nouveau-Brunswick dans le ruisseau Catamaran, Caissie et al. (1999) ont comparé la performance des méthodes hydrologiques et hydrobiologiques pour la détermination des débits réservés pour la protection du saumon atlantique (*Salmo salar*). Ces auteurs ont démontré que certaines méthodes hydrologiques (25% DMA et 50% DMA) donnent des résultats similaires avec ceux obtenus par les méthodes hydrobiologiques surtout en période d'étiage. Or, ce sont ces deux méthodes hydrologiques qui ont été transposées au Québec pour élaborer les débits réservés échohydrologiques. Il s'ensuit que l'estimation des débits au moyen de la méthode échohydrologique de Belzile et al.(1997) est comparable à celle fournie par les méthodes hydrobiologiques considérées comme les plus précises. L'utilisation des débits réservés échohydrologiques dans l'élaboration des indices de la sécheresse échohydrologique au Québec est justifiée. Il importe de souligner le fait que dans le cas étudié par Caissie et al. (1999), les valeurs des débits réservés écologiques estimés par la méthode hydrobiologique (habitats préférentiels) étaient supérieures à celles estimées par toutes les méthodes hydrologiques.

VIII. CONCLUSIONS

En 2003, Hydro-Québec a construit un barrage de dérivation des eaux de la rivière Manouane, affluent de la rivière Péribonka dans la région de Saguenay-Lac-Saint-Jean, pour augmenter la capacité du réservoir Pipmuacan faisant partie des complexes hydroélectriques Bersimis I et II érigés sur la rivière Betsiamites dans les années 1950. L'objectif de ce rapport était de quantifier les impacts de cette dérivation sur le régime hydrologique en aval. Étant donné qu'en aval de ce barrage, la pourvoirie Lac Duhamel exploite l'espèce ouananiche (*Salmo salar*) dans le cadre de ses activités, on a analysé ces impacts pendant cinq périodes de l'année correspondant chacune à une phase critique du cycle de vie de cette espèce. Pour chaque période, on a analysé les quatre séries hydrologiques suivantes : les débits maximums journaliers extrêmes, les débits minimums journaliers extrêmes, la fréquence des jours des débits inférieurs aux débits réservés écologiques et les écarts entre les débits réservés écologiques et les débits minimums journaliers extrêmes. Il ressort de cette analyse, effectuée à partir des données des débits journaliers mesurés à la station hydrométrique située à la sortie du Lac Duhamel (en aval du barrage de la dérivation) pendant la période de 1980 à 2012 au moyen de plusieurs tests et méthodes statistiques, les faits suivants :

- 1) En ce qui concerne les débits maximums journaliers extrêmes, la moyenne de leur magnitude a significativement diminué après 2003 pendant les cinq périodes analysées.
- 2) En ce qui concerne la fréquence d'occurrence des débits de récurrence biennale, le seul changement significatif a été observé seulement pendant la période estivale durant laquelle ce débit a complètement disparu après 2003.

- 3) Les débits minimums journaliers extrêmes ont aussi significativement diminué après 2003 pendant les cinq périodes analysées.
- 4) La fréquence du nombre des jours avec des débits inférieurs aux débits réservés écologiques a anormalement augmenté après 2003. De fait, cette fréquence a été multipliée au moins par deux pendant les cinq périodes analysées.
- 5) Les écarts entre les débits réservés écologiques et les débits minimums journaliers extrêmes ont significativement augmenté après 2003.
- 6) La diminution importante des débits provoque une sédimentation importante dans le chenal de la rivière Manouane ainsi qu'un réchauffement important des eaux et une diminution de la quantité d'oxygène dissous.

Tous ces résultats démontrent sans le moindre doute que la dérivation des eaux de la rivière Manouane en 2003 a modifié profondément son régime hydrologique. Cette modification est une cause majeure de l'altération des habitats de l'ouananiche et du déclin de la population de l'espèce observée en aval du barrage de la dérivation après 2003. Il importe de mentionner que ces changements hydrologiques ne peuvent pas résulter des changements des régimes de précipitations car, l'analyse de la variabilité temporelle des précipitations à la station de Bagotville, station climatique qui a servi de référence aux études d'avant-projet pour la construction du barrage de dérivation, a révélé plutôt une hausse significative de la quantité de pluies mais aucun changement significatif de celle de la neige pendant la période 1950-2010. Enfin, l'ampleur des changements hydrologiques de la rivière Manouane serait encore plus importante en aval du barrage de dérivation qu'à la station hydrométrique qui est influencée par les apports des affluents. Ces apports atténuent les impacts du barrage plus en aval. Enfin, étant donné l'ampleur de la réduction des débits après 2003, il nous semble que les mesures

de compensations ne peuvent pas restaurer tous les habitats du poisson en aval du barrage de dérivation.

Références citées dans le texte

Ancil F, Martel F., Hoang VD. 2000. Analyse régionale des crues journalières de la province du Québec. *Canadian Journal of Civil Engineering* **25**: 125-146.

Assani AA, Chalifour A, Légaré G, Manouane C-S, Leroux D. 2011. Temporal regionalization of 7-day low flow in the St. Lawrence watershed in Québec (Canada). *Water Resources and Management* **25**: 3661-3675

Belzile L., Bérubé P., Hoang V.D., Leclerc M., 1997. Méthode écohydrologique de détermination des débits réservés pour la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec. Rapport présenté par l'INRS-Eau et le Groupe-conseil Génivar inc. au ministère de l'Environnement et de la Faune et à Pêches et Océans Canada. 83p + 8 annexes.

FAUNE ET PARCS QUEBEC. 1999. *Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats*. Direction de la faune et des habitats. 23p.

Lombard F. 1987. Rank tests for changepoint problems. *Biometrika* **74**: 615-624.

Quessy J-F, Favre A-C., Saïd M, Champagne M. 2011. Statistical inference in Lombard's smooth-change model. *Environmetrics* **22**: 882-893.

Sneyers R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. OMM, Note Technique, N°143, Genève, 1975; 192p.

ANNEXES

SCHÉMA DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DE LA RIVIÈRE MANOUANE

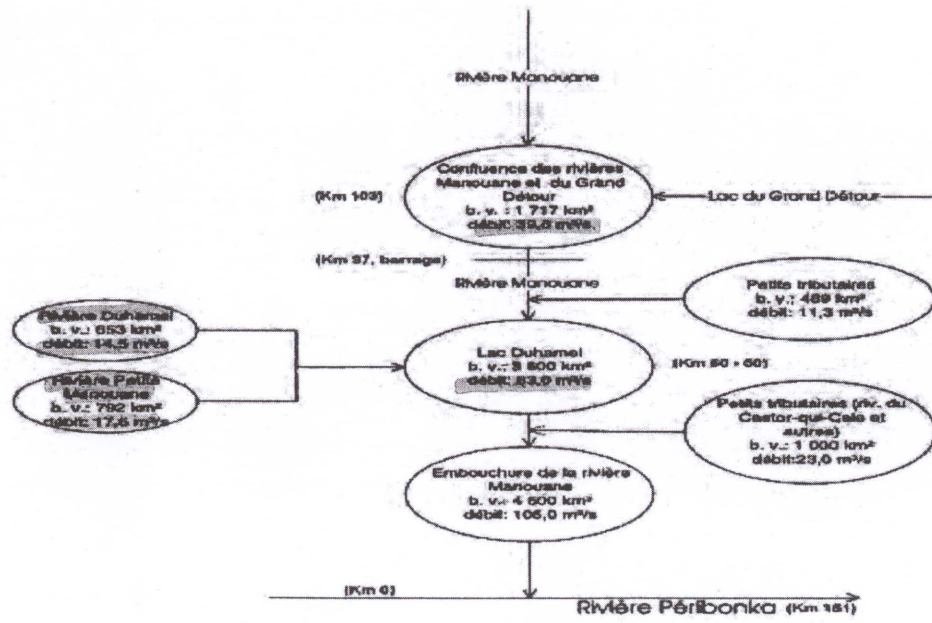


Figure A1. Réseau hydrographique de la rivière Manouane et localisation du barrage de dérivation

DÉBITS MAXIMUMS JOURNALIERS EXTRÊMES

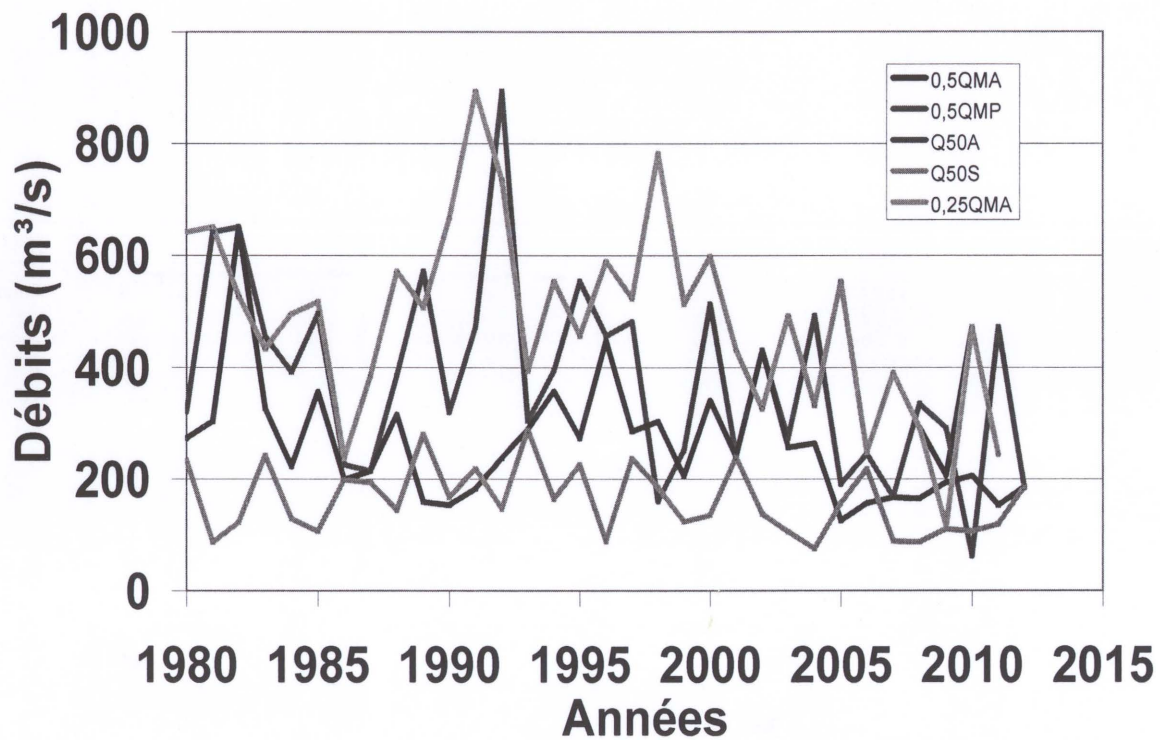


Figure A2. Comparaison de la variabilité temporelle des débits maximums journaliers extrêmes pendant les cinq périodes (1980-2015).

DÉBITS MINIMUMS JOURNALIERS EXTRÊMES

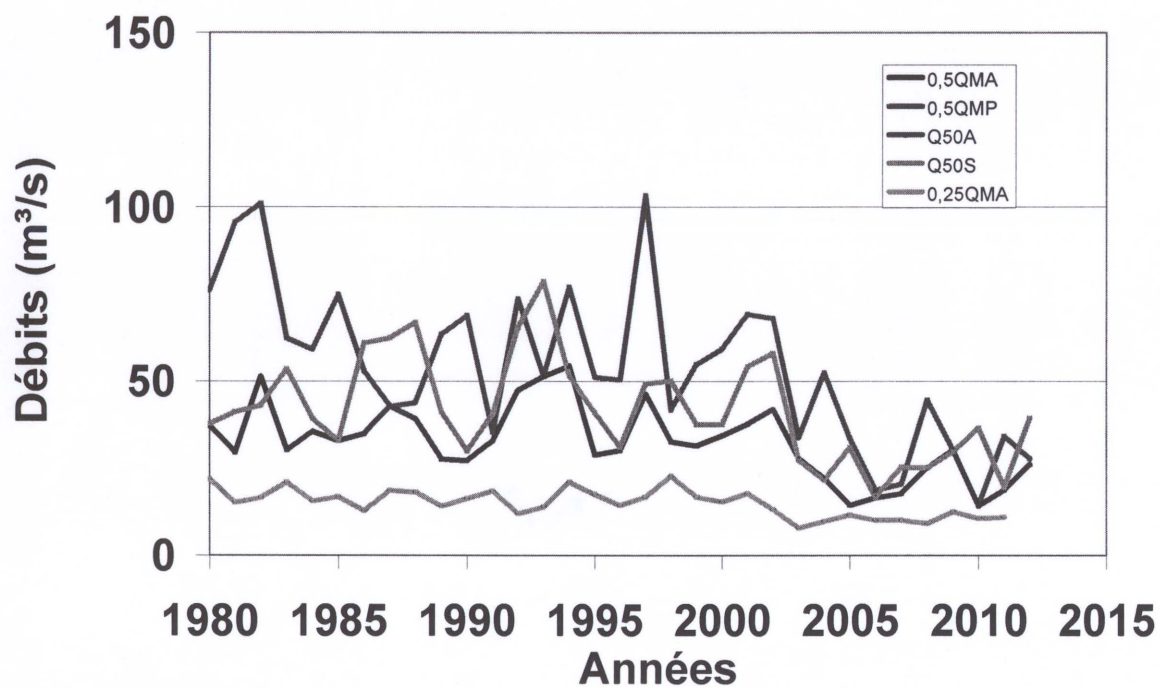


Figure A3. Comparaison de la variabilité temporelle des débits minimums journaliers extrêmes pendant les cinq périodes (1980-2015).

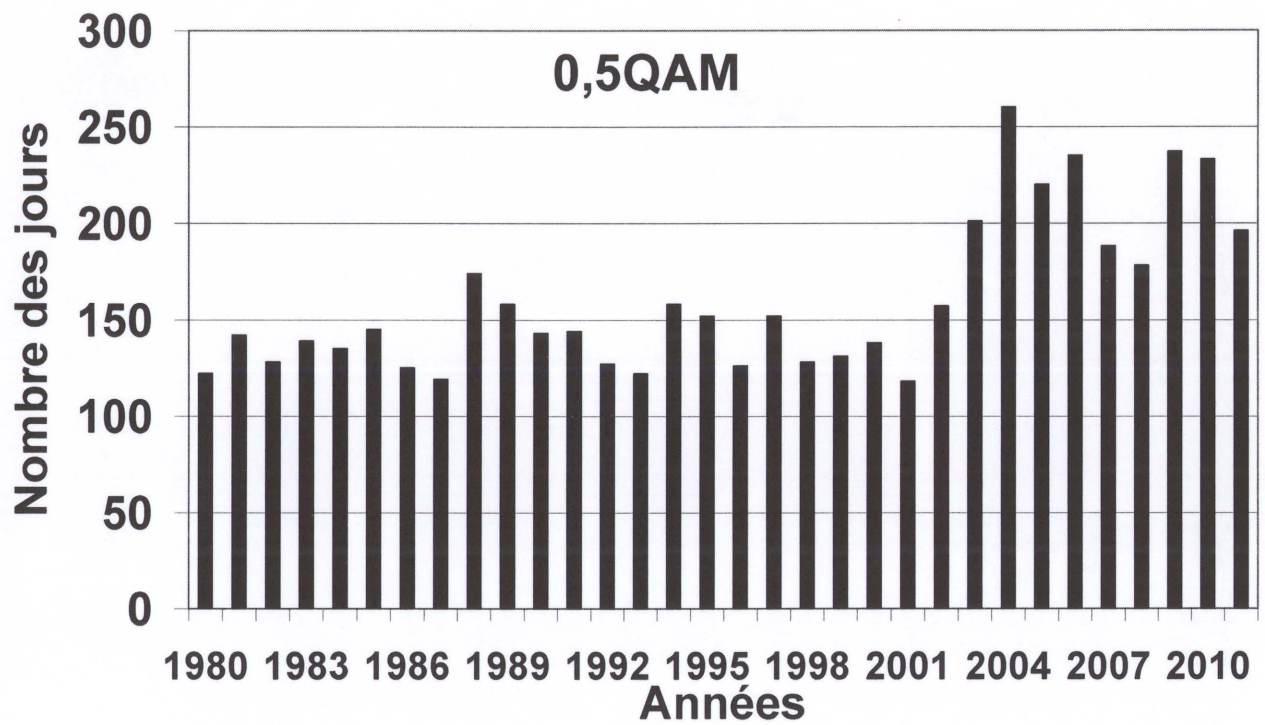


Figure A4. Variabilité temporelle du nombre des jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique pendant la période I.

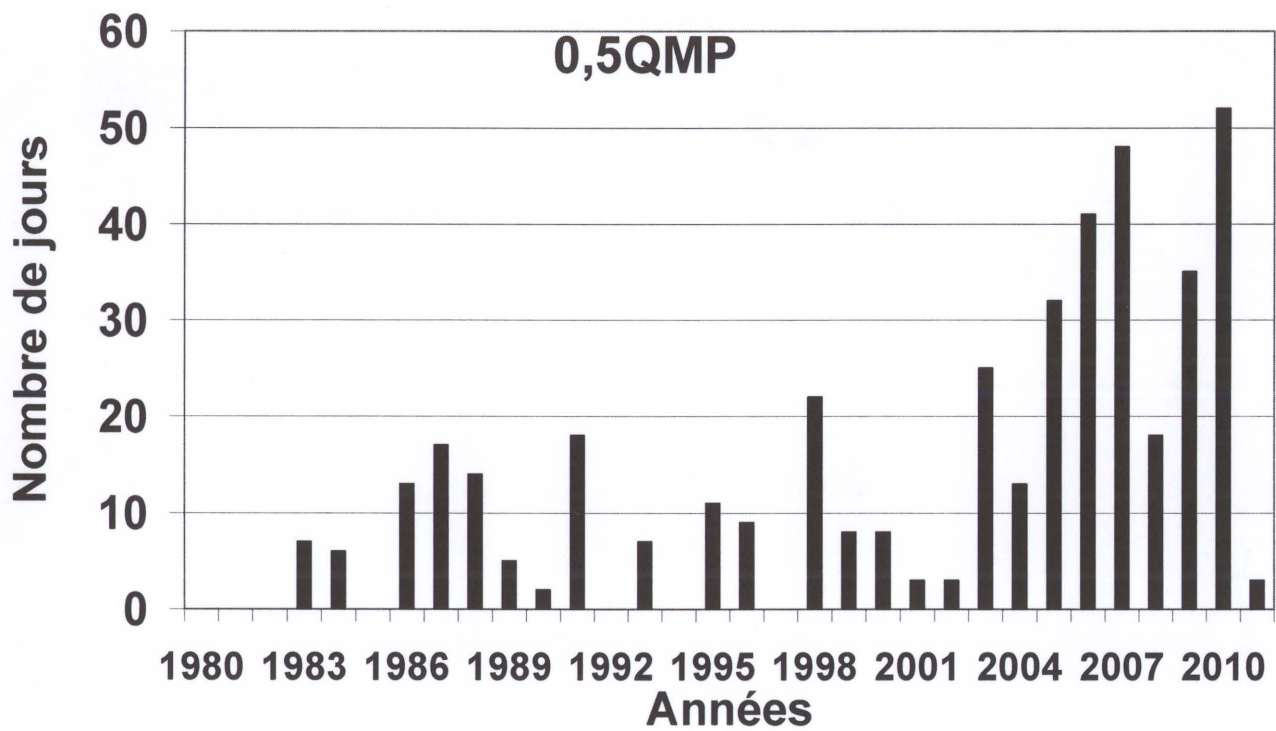


Figure A5. Variabilité temporelle du nombre des jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique pendant la période II.

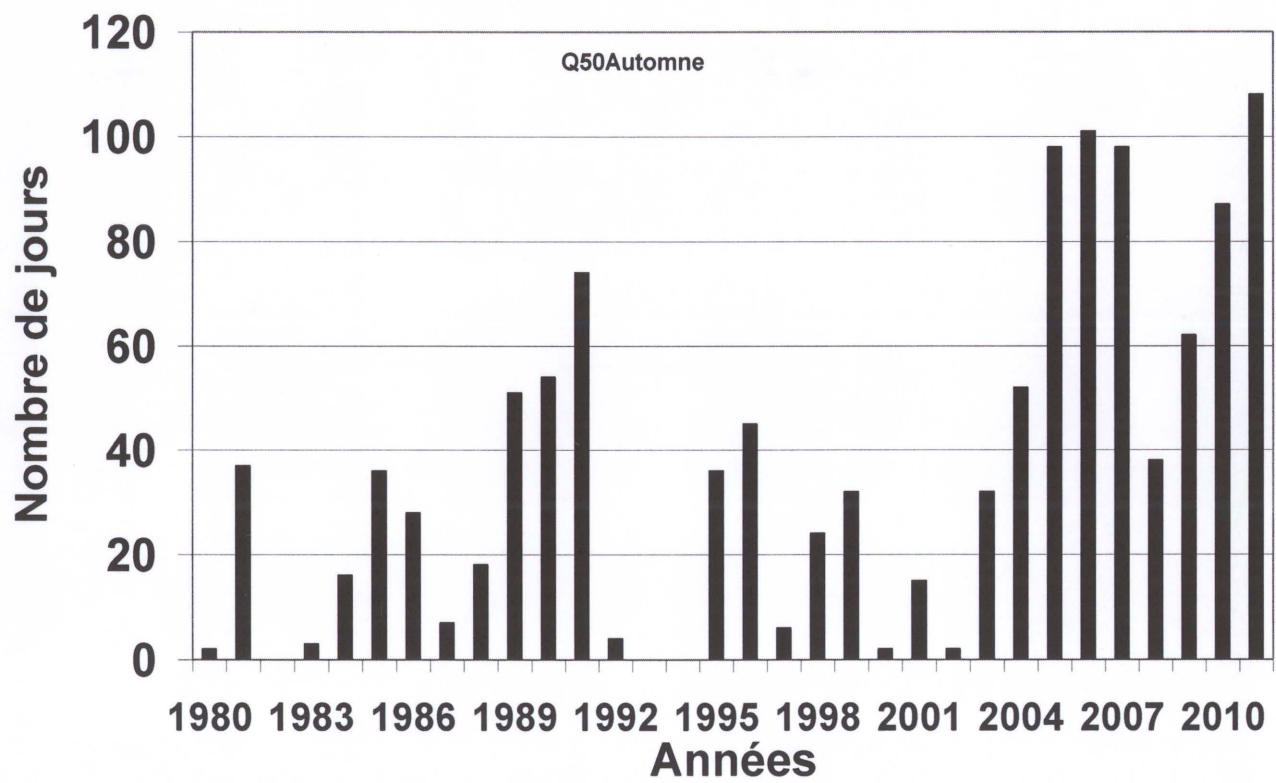


Figure A6. Variabilité temporelle du nombre des jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique pendant la période III.

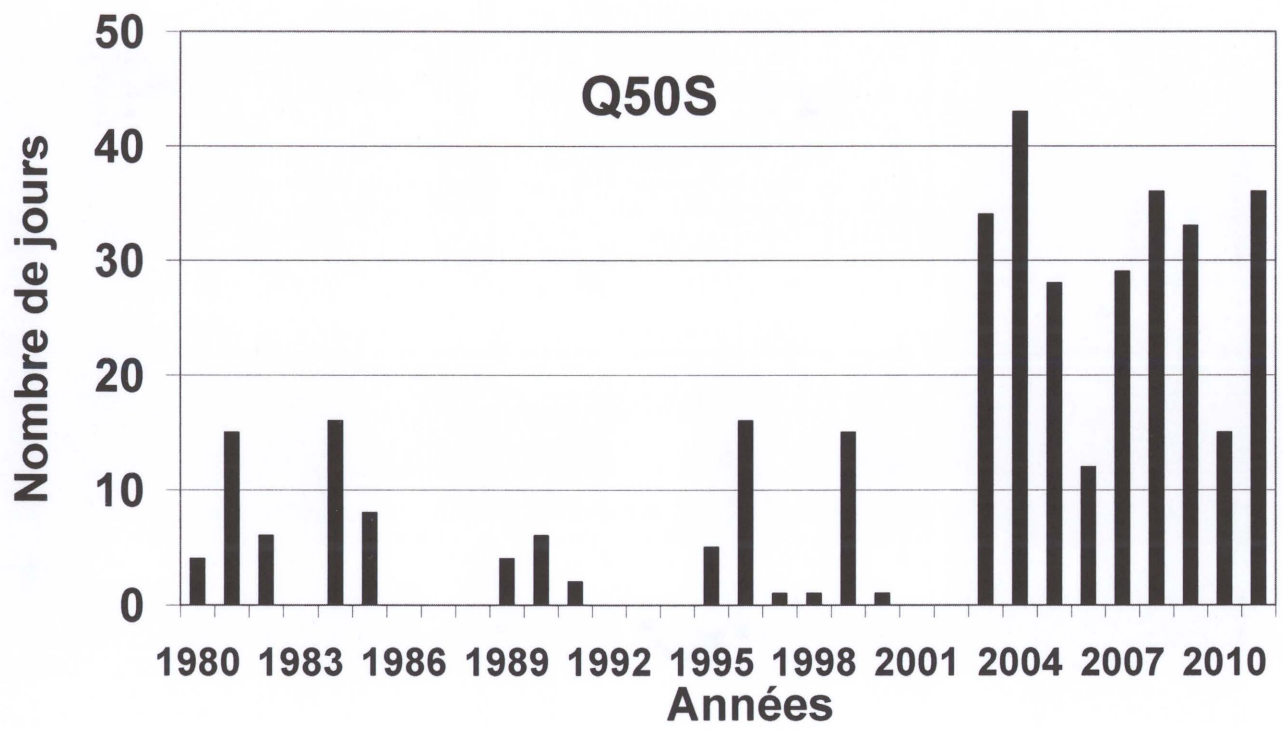


Figure A7. Variabilité temporelle du nombre des jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique pendant la période IV.

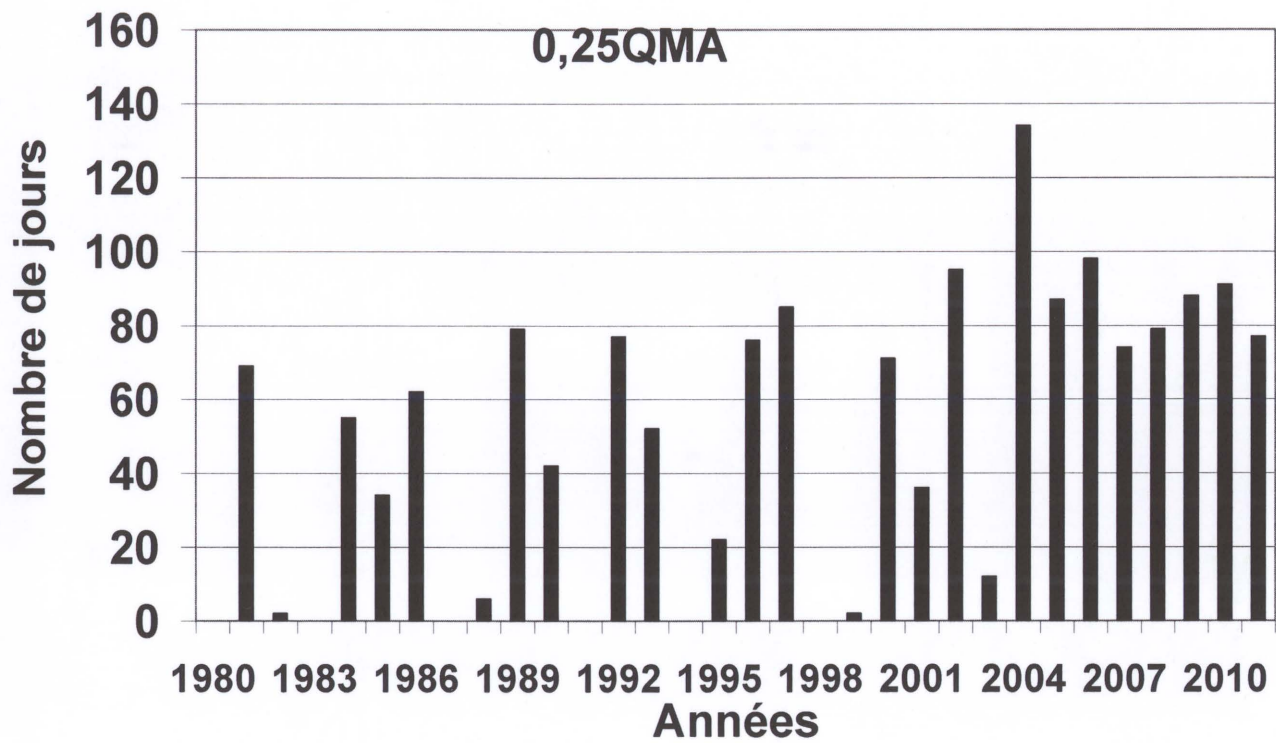


Figure A8. Variabilité temporelle du nombre des jours avec des débits inférieurs au débit réservé écologique pendant la période IV.

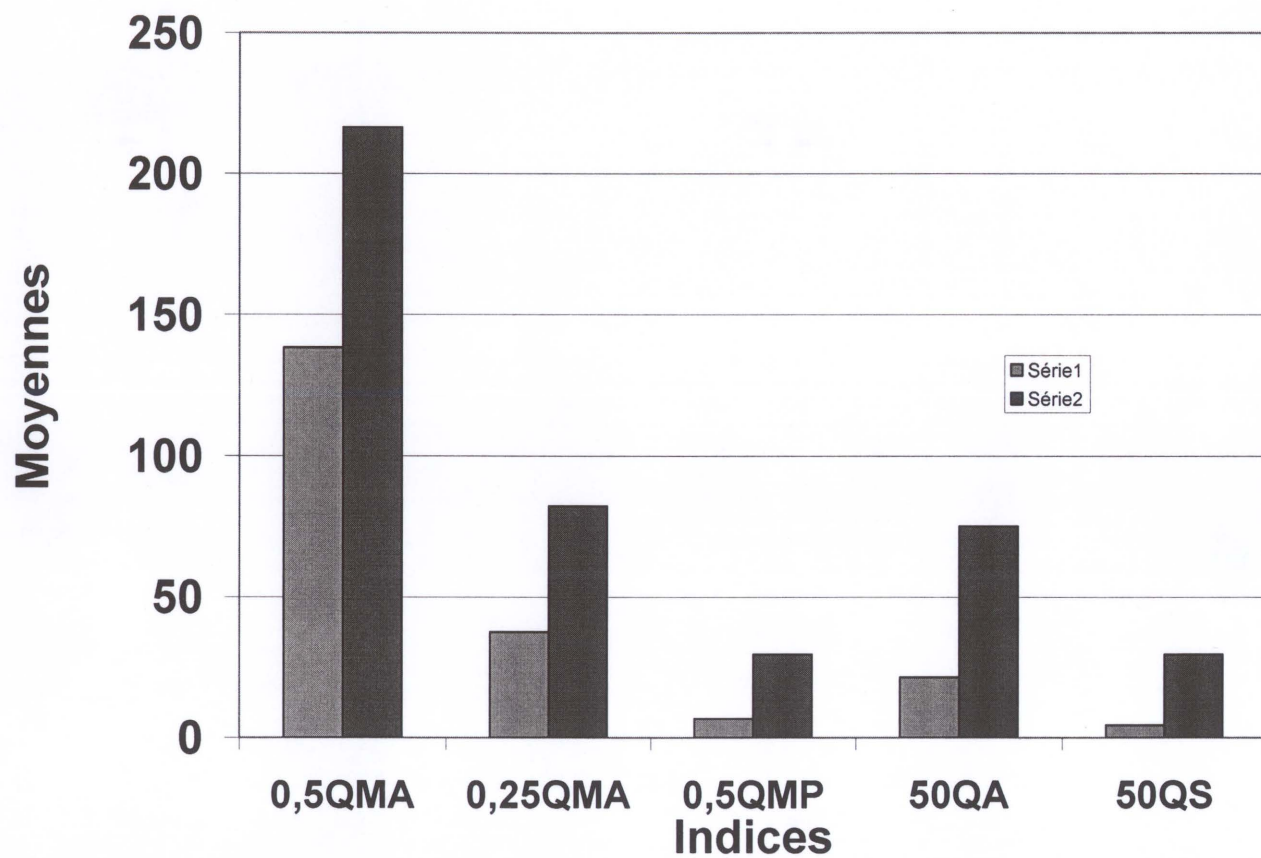


Figure A9. Comparaison des valeurs moyennes de la fréquence du nombre des jours avec les débits inférieurs aux débits réservés écologiques avant (série 1, en bleu) et après (série 2, en rouge) la dérivation des eaux en 2003.

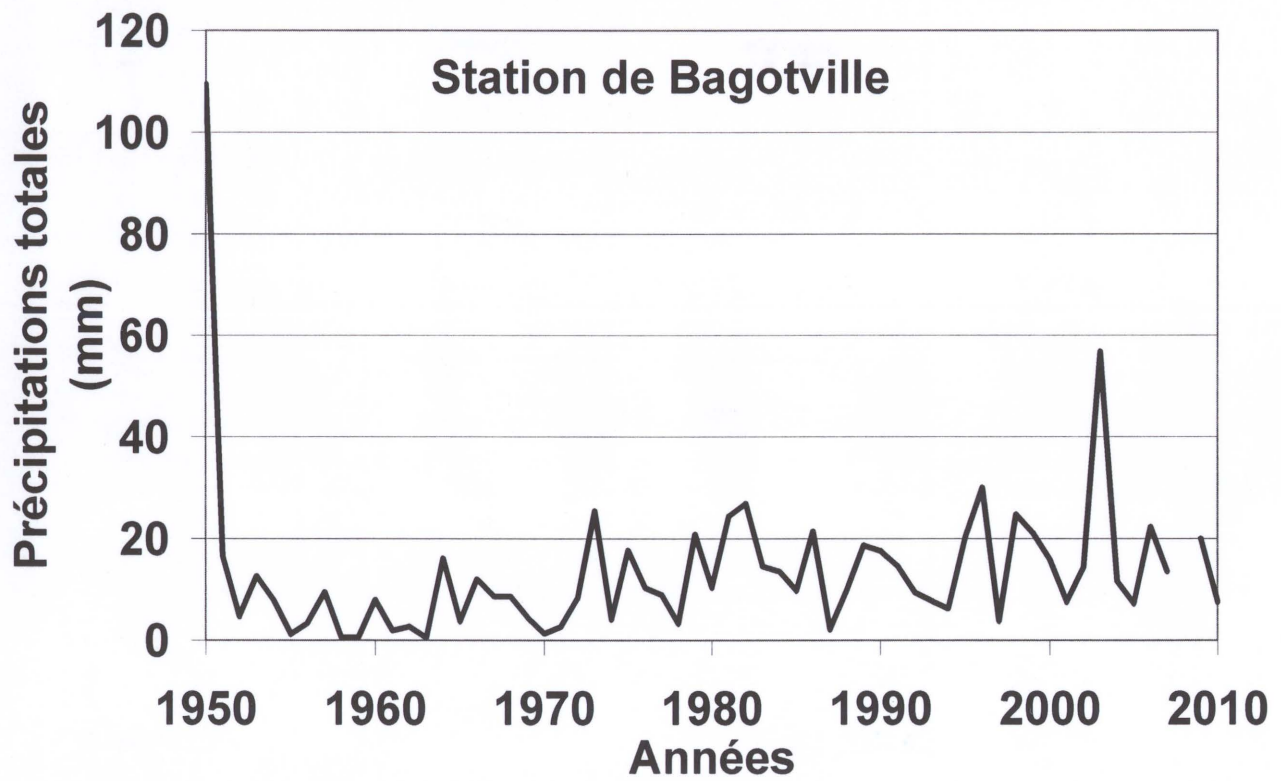


Figure A10. Variabilité temporelle de la quantité des précipitations totales (neiges et pluies) en hiver (décembre à mars) à la station de Bagotville.

Annexe 3

**CV du Dr. Ali A Assani,
professeur titulaire**

Date de soumission: 2015-02-20 13:11:10

Numéro de confirmation: 359234

Gabarit: CV FRQNT

Professeur Ali Arkamose ASSANI

Langue de correspondance: Français

Sexe: Homme

Date de naissance: 1/01

Statut de résidence canadienne: Citoyen canadien

Coordonnées

L'information principale est dénotée par (*)

Adresse

Affiliation principale (*)

Université du Québec à Trois-Rivières
Département des Sciences de l'Environnement
Section de Géographie
3351, Boulevard Des Forges
Trois- Rivières Québec G8A 5H7
Canada

Téléphone

Télécopieur 001-819-376-5084

Travail (*) 001-819-3765011 extension: 3669

Adresses de courriel

Adresse de courriel au travail (*) Ali.Assani@uqtr.ca

Professeur Ali Arkamose ASSANI**Compétences linguistiques**

Langue	Lire	Écrire	Parler	Comprendre
anglais	Oui	Non	Non	Oui
français	Oui	Oui	Oui	Oui
swahili	Oui	Oui	Oui	Oui

Diplômes

1992/6 - 1997/3	Doctorat, Doctorat en sciences, Géographie Physique, Université de Liège Statut du diplôme: Terminé
1990/9 - 1991/11	Maîtrise avec mémoire, Maîtrise en Géologie des Terrains superficiels, Géologie des terrains superficiels, Université de Liège Statut du diplôme: Terminé
1989/9 - 1990/7	Equivalent à la maîtrise, Licence spéciale en Géographie Physique, Géographie Physique, Université de Liège Statut du diplôme: Terminé
1985/10 - 1987/7	Equivalent à la maîtrise, Licence en Géographie Physique, Géographie physique, Université de Lubumbashi Statut du diplôme: Terminé
1982/10 - 1985/7	Baccalauréat, Graduat en Géographie, Géographie, Université de Lubumbashi Statut du diplôme: Terminé

Profil

Statut du chercheur: Chercheur

Intérêts de recherche: Climatologie, hydrologie, géomorphologie fluviale, changements climatiques, écologie aquatique

Mots-clés des spécialisations de recherche: Hydrogéomorphologie, Impacts des barrages

Disciplines étudiées: Biologie et autres sciences connexes, Sciences de la terre (géologie, géographie physique, etc.)

Disciplines de recherche: Eau et environnement, Sciences de la terre (géologie, géographie physique, etc.)

Sujets de recherche: Cycle de l'eau et réservoirs, Changements climatiques, impacts, Biodiversité et biocomplexité, Eaux douces, Écosystème (terrestre et aquatique)

Champs d'application: Environnement

Emploi

2001/8	Professeur Titulaire Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières
--------	--

1999/1 - 2001/7	Chercheur post-doctorant Géographie, Université de Montréal
1991/11 - 1997/7	Doctorant-chercheur Géomorphologie et Géologie, Université de Liège
1988/4 - 1989/12	Assitant de recherche et d'enseignement Département de Géographie, Université de Lubumbashi

Affiliations

L'affiliation principale est dénotée par (*)

(*) 2001/8 Professeur Titulaire, Sciences de l'environnement, Université du Québec à Trois-Rivières

Financement de recherche

Obtenu [n=7]

Chercheur principal Analyse d'impacts de la sécheresse « écohydrologique » et de l'évolution morpho-sédimentologique des îlots sur l'abondance des espèces végétales inféodées aux milieux humides en aval des barrages au Québec, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2014/4 - 2019/4 aucun
Subvention à la découverte
Montant total - 150 000 (Dollar canadien)

Chercheur principal : Ali Assani

Co-chercheur Groupe de Recherche en limnologie, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2011/6 - 2014/5 Fonds Québécois de la Recherche sur la Nature et les Technologies (FQRNT)
Regroupement stratégique/Centres de recherche
Montant total - 400 000 (Dollar canadien)

Co-chercheur : Pierre Magnat et al

Chercheur principal Relation entre les indices climatiques, les débits et l'évolution morphologique des chenaux, Subvention

Sources de financement:

2013/6 - 2014/5 Université du Québec à Trois-Rivières
Recherche conjointe
Montant total - 3 250 (Dollar canadien)

Co-demandeur : Denis Leroux

Chercheur principal Comparaison des caractéristiques de la sécheresse hydrologique des niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario, Subvention

Sources de financement:

2012/6 - 2014/6 Université du Québec à Trois-Rivières
Recherche conjointe
Montant total - 7 400 (Dollar canadien)

Co-demandeur : Jean-Jacques Frenette

Chercheur principal Analyse des niveaux d'eau extrêmes annuels journaliers du fleuve Saint-Laurent et du lac Ontario, Subvention

Sources de financement:

2012/12 - 2014/5 Université du Québec à Trois-Rivières (UQTR)
Fonds d'animation de recherche
Montant total - 3 500 (Dollar canadien)

Chercheur principal Comparaison des impacts morphologiques induits par les trois régimes hydrologiques régularisés en relation avec les phases de l'oscillation atlantique multidécennale, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2009/4 - 2014/4 Conseil de Recherches en Sciences Naturelles et Génie du Canada (CRSNG)
Subvention à la découverte
Montant total - 105 800 (Dollar canadien)

Chercheur principal : Ali Assani

Chercheur principal Traduction de deux articles scientifiques, Subvention

Sources de financement:

2014/2 - 2014/4 Fondation de l'Université du Québec À Trois-Rivières
Fonds général de la recherche
Montant total - 2 500 (Dollar canadien)

Terminé [n=4]

Chercheur principal Impact d'El Nino sur l'abondance spécifique des espèces inféodées aux milieux humides, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2010/6 - 2011/5 Fonds Institutionnel de Recherche
Soutien à la recherche (Centre RIVE-UQTR)
Montant total - 6 500 (Dollar canadien)

Chercheur principal : Ali Assani, Marco Rodriguez

Chercheur principal Traduction d'articles scientifiques en anglais, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2010/6 - 2011/5 Fonds Institutionnel de Recherche
Fond d'animation de la recherche (UQTR)
Montant total - 2 000 (Dollar canadien)

Chercheur principal : Ali Assani

Chercheur principal Évolution morphologique d'un chenal dans un bassin versant agricole, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2010/6 - 2011/5 Fonds Institutionnel de Recherche
Soutien à la recherche (Centre de recherche RIVE-UQTR)
Montant total - 350 (Dollar canadien)

Chercheur principal : Ali Assani, Stéphane Campeau

Chercheur principal Effets de l'inversion d'un régime hydrologique sur les caractéristiques des matières organiques en suspension, Subvention, Fonctionnement

Sources de financement:

2010/6 - 2011/5 Fonds Institutionnel de Recherche
Soutien à la recherche (Centre de recherche RIVE-UQTR)
Montant total - 2 500 (Dollar canadien)

Chercheur principal : Ali Assani, Jean-Jacques Frenette

Supervision d'étudiants ou de stagiaires postdoctoraux

- Superviseur principal Pothier-Chamapagne, Anthony, Equivalent à la maîtrise (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2015/1
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2017/12
 Titre de la thèse ou du projet: Variabilité spatio-temporelle des caractéristiques des débits minimums annuels au Québec méridional
- Superviseur principal Bourque, Martin, Equivalent à la maîtrise (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2015/1
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2017/12
 Titre de la thèse ou du projet: Relation entre les indices climatiques et les niveaux d'eau de grands lacs en Amérique du nord
- Superviseur principal Simon Maraud, Attaché de recherche (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2014/2
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/4
 Titre de la thèse ou du projet: Impacts sociaux des grands barrages du nord de Québec
- Superviseur principal Delisle, Francis, Equivalent à la maîtrise (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2013/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2016/5
 Titre de la thèse ou du projet: Impacts de modes de gestion des barrages sur les indices de variabilité des débits journaliers
- Cosuperviseur Ayoub Zerouai, Doctorat (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2015/6
 Titre de la thèse ou du projet: Changement climatique et analyse hydrologique des eaux superficielles en insuffisance de données de jeugage: cas du bassin hydrographique algérois Hodna-Soummam (École Nationale Supérieure de Blida en Algérie)
- Superviseur principal Biron, Stacey, Equivalent à la maîtrise (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/6
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2015/12
 Titre de la thèse ou du projet: Comparaison des caractéristiques de la sécheresse des niveaux d'eau moyens annuels du lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pendant la période 1918-2010
- Cosuperviseur Sabrina Taïbi, Doctorat (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2010/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/6
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse du régime climatique au nord de l'Algérie
- Superviseur principal Yannick Boucher, Maîtrise avec mémoire (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2013/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2015/5
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse de la relation entre les indices climatiques, les débits et l'évolution morphologique des chenaux au Québec.
- Superviseur principal Raphaëlle Landry, Doctorat (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2013/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2017/5
 Titre de la thèse ou du projet: Le concept de la sécheresse échohydrologique: application en hydroclimatologie

- Superviseur principal Ouassila Azouaoui, Maîtrise avec mémoire (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2013/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2015/4
 Titre de la thèse ou du projet: Modélisation statistique des séquences des jours sans pluies en période chaude au Québec méridional
- Cosuperviseur Philippe Massicotte,, Post-doctorat (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2011/12
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/8
 Titre de la thèse ou du projet: Variabilité temporelle de la couleur d'eau du fleuve Saint-Laurent
- Superviseur principal Eric Lambert, Baccalauréat (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/5
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse des fortes pluies journalières à la station de Lubumbashi
- Superviseur principal Jean-Michel Sylvain, Maîtrise avec mémoire (En cours)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/9
 Date prévue pour l'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/5
 Titre de la thèse ou du projet: Comparaison des impacts de la hausse de la température, de l'utilisation des sols et des barrages sur la variabilité interannuelle des débits minimums journaliers saisonniers au Québec.
- Superviseur principal Nadjat Guerfi,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/1
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/12
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse conjointe de la température et des précipitations hivernales au Québec méridional
- Superviseur principal Myriam Beauchamp,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/1
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2014/12
 Titre de la thèse ou du projet: Variabilité interannuelle des crues hivernales au Québec méridional
- Superviseur principal Mikaël Labrecque, Baccalauréat (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2010/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2013/5
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse des niveaux d'eau extrêmes journaliers mensuels du fleuve Saint-Laurent à la station de Sorel
- Superviseur principal Laurianne Aubry,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2008/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2011/12
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse des impacts du barrage de Rawdon sur l'évolution hydromorphologique de la rivière Ouareau (Québec, Canada)
- Superviseur principal Raphaëlle Landry,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2011/5
 Titre de la thèse ou du projet: Modes de gestion des crues saisonnières et leurs impacts sur la relation entre les débits et le climat en aval des barrages au Québec (Canada)
- Superviseur principal Paloma Gonzales de Linares, Attaché de recherche (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/5
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2012/8
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse des débits de la rivière Bayonne

- Superviseur principal Rabah Mazouz,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2009/9
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse de la variabilité interannuelle des fortes crues printanières au Québec méridional
- Superviseur principal Mathieu Lafond,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2009/9
 Titre de la thèse ou du projet: Impacts d'un barrage de type inversion sur les aspects limnologiques des substances humiques, des bactéries et du phytoplancton (Rivière Matawin, Canada)
- Superviseur principal Svetli Dubeau,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2009/9
 Titre de la thèse ou du projet: Impacts de l'épisode El-Nino 2009/2010 sur les caractéristiques des débits journaliers en aval d'un barrage de type inversion au Québec.
- Superviseur principal Jimmy Gagnon, Attaché de recherche (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2012/5
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2012/9
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse statistique des caractéristiques des crues
- Superviseur principal Francis Clément, Attaché de recherche (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2011/5
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2011/8
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse des sédiments fluviaux au laboratoire
- Superviseur principal Caza-Szoka Manouane, Attaché de recherche (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2010/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2010/12
 Titre de la thèse ou du projet: Modélisation des lois de probabilité discontinues.
- Superviseur principal Christine Demers,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2009/9
 Titre de la thèse ou du projet: Impacts de l'inversion d'un régime hydrologique sur la croissance des érables argentés.
- Superviseur principal Marie-Eve Vadnais,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2007/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2011/4
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse de l'évolution hydro-morphologique de la rivière Saint-Maurice en aval de La centrale La Gabelle (Québec, Canada)
- Superviseur principal Lianne Chauvette,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2007/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2011/4
 Titre de la thèse ou du projet: Analyse de l'évolution morphologique d'un chenal dans un contexte de reboisement. Cas de la rivière Matambin dans la zone agricole.
- Superviseur principal Karine Hubert,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2007/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2011/4
 Titre de la thèse ou du projet: Effet des changements des caractéristiques de crues sur l'évolution morphologique de la rivière Matawin en aval du réservoir Taureau (Québec, Canada)
- Superviseur principal Catherine Fortier,, Maîtrise avec mémoire (Terminé)
 Date de début du diplôme de l'étudiant: 2007/9
 Date d'obtention du diplôme de l'étudiant: 2010/12
 Titre de la thèse ou du projet: Impacts du changement de mode de gestion des barrages sur la variabilité temporelle des débits. Cas de la rivière Matawin

1. LES CONTRIBUTIONS LES PLUS IMPORTANTES

1.a Impacts des barrages sur les régimes hydrologiques au Québec

Pour la première fois au Québec, nous avons entrepris une vaste étude sur les impacts hydrologiques induits par les barrages hydroélectriques. Dans cette étude, nous avons apporté plusieurs contributions significatives suivantes : (1) une première classification des barrages en fonction de leurs impacts hydrologiques. Trois types de régimes correspondant chacun à un mode de gestion des barrages furent identifiés et décrits. (2) définition des nouveaux objectifs pour les études d'impacts hydrologiques : a) la sélection des variables hydrologiques les plus modifiées en aval des barrages, b) l'identification des facteurs qui influencent l'ampleur des changements qui affectent les variables hydrologiques en aval des barrages, c) l'influence du climat sur la variabilité temporelle des variables hydrologiques en aval des barrages. Ce dernier objectif vise à savoir si les changements climatiques peuvent modifier significativement les modes de gestion des barrages pour justifier l'élaboration des normes qui tiennent compte de ces changements climatiques. (3) Application des méthodes statistiques multidimensionnelles (méthode de proportionnalité, analyse discriminante, analyse en composantes principales et analyse des corrélations canoniques) qui permettent d'analyser simultanément plusieurs stations influencées par les barrages alors que toutes les méthodes utilisées jusqu'à présent sont basées sur l'analyse séparée des stations influencées par les barrages.

1.b. Impacts des barrages sur la morphologie, la sédimentologie et la végétation des chenaux en amont et en aval des barrages

En aval des barrages, nous avons démontré que la magnitude des débits ne permet pas de rendre compte de tous les changements morphologiques induits par les barrages en aval. D'autres caractéristiques des débits (fréquence, période d'occurrence, variabilité et durée) peuvent être à l'origine de ces changements. Dans le cas de la rivière Warche en Belgique, nous avons mis en évidence l'influence de la fréquence des faibles crues sur les changements morphologiques. La hausse de la fréquence de ces crues était à l'origine d'une augmentation significative de la largeur du chenal. De plus, dans cette étude, nous avons aussi mis en évidence un nouveau processus d'élargissement des chenaux (processus d'insularisation). Ce processus est fondé sur la multiplication des îlots et leur érosion dans le lit mineur. Il fut à l'origine du doublement de la largeur de la rivière Warche (Belgique) en 45 ans malgré une diminution significative des forts débits. En amont des barrages, nous avons démontré pour la première fois que l'impact d'un barrage sur la morphologie du cours d'eau dépend en grande partie de la quantité de la charge en suspension transportée par la rivière. Lorsque cette quantité est faible, les barrages affectent peu la morphologie des chenaux en amont des barrages. Par conséquent, le modèle général d'évolution morphologique des chenaux en amont des barrages proposé par Xu (1991) n'est pas valide pour les rivières qui transportent très peu de charge en suspension. Quant à la végétation, nous avons démontré pour la première fois qu'en aval d'un barrage, on peut observer une hausse très importante du nombre d'espèces végétales dans le lit mineur même. Cette hausse peut être expliquée par les deux facteurs suivants : la diminution des débits réservés en période végétative, la diversification des formes géomorphologiques et l'augmentation de la fréquence de mobilisation des sédiments.

1.c. Facteurs de variabilité spatio-temporelle des variables hydroclimatiques au Québec méridional

Ce thème de recherche a permis de démontrer qu'au Québec méridional, il existe trois régions hydroclimatiques homogènes du point de vue de la variabilité spatio-temporelle des variables hydroclimatiques (température, précipitations et débits) : deux régions en rive sud de part et d'autre du 47^{ème} parallèle nord et une région en rive nord. L'existence de ces trois régions est due au fait que la variabilité temporelle des variables hydroclimatiques ne sont pas influencées par les mêmes facteurs (indices) climatiques. En effet, en rive nord, la variabilité est influencée par l'oscillation atlantique multidécennale et en rive sud par l'oscillation arctique au sud du 47^{ème} parallèle et par l'oscillation australe au nord de ce parallèle. **Ces trois régions hydrologiques homogènes doivent être prises en compte dans la prédiction des changements hydroclimatiques susceptibles d'être induits par le réchauffement climatique au Québec.**

2.3. ACTIVITÉS ET CONTRIBUTIONS DEPUIS 2010

2.3.1. Membre de jury de thèse

-Évaluation du projet de thèse de doctorat de M. Simon Massé de l'Université du Québec à Rimouski en février 2015.

-Évaluation de thèse de doctorat (membre externe) de M. Younes Mir de l'Université de Sherbrooke en janvier 2015.

-Évaluation du projet (directeur de thèse) de thèse de Mme Raphaëlle Landry (juin 2014) présentée à UQTR.

-Évaluation des thèses de doctorat (membre de jury externe) de M. Reda Modarres (avril 2013) et M. Mohamed Aymen (mai 2014) présentées à INRS-ÉTÉ.

- Évaluation du rapport de synthèse environnementale présenté comme exigence partielle du doctorat de Mr Philippe Massicotte en janvier 2012.

- Évaluation de plus de 20 mémoires de maîtrise de l'UQTR, de l'UQAM et de l'UQAR.

2.3.2. Rapports d'expertise et notes techniques

1. **Assani A.A.** 2014. Genèse et évolution de l'embâcle de glace formé en aval du pont Matawin sur la rivière Saint-Maurice en avril 2009. Rapport d'expertise commandé par Les Entreprises Patrick Drolet Inc. de Shawinigan, Québec, Canada, mai 2014, 24p + annexes.

2. **Assani A.A.** 2014. Étude d'impacts hydrologiques induits par la dérivation des eaux de la rivière Manouane (Saguenay-Lac-Saint-Jean) effectuée par Hydro-Québec en 2003. Rapport d'expertise commandé par La Pourvoirie Lac Duhamel de Québec, Québec, Canada, Québec, Canada, mai 2014, 44p.

3. **Assani A.A.** 2010. Analyse d'impacts des barrages sur la variabilité interannuelle des débits. Proposition d'une méthode d'analyse. Notes de recherche, 31p, UQTR.

4. Leblanc Y., Légaré G., Hébert C., Gratton D., **Assani AA**, Campeau S. 2010. Caractérisation hydrogéologique du sud-ouest de la Mauricie. Rapport scientifique déposé au Ministère de Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Trois-Rivières, 87p.

2.3.3. Conférences prononcées depuis 2010

J'ai prononcé 4 conférences sur invitation (Chaire de recherche en dynamique fluviale de Montréal, Centre de recherches Nordiques à l'université Laval, Université du Québec à Chicoutimi, Centre de Recherche en environnement Mauricie, etc.) et trois conférences publiques sans invitation (UQTR).

2.3. Évaluation des demandes de subvention depuis 2010

J'ai évalué à titre d'expert externe les demandes de subvention des organismes suivants : trois demandes de subvention CRSNG (une subvention de recherche et développement coopérative en 2013, une demande de subvention à la découverte en 2012, une demande de subvention dans le cadre du programme d'innovation dans les collèges et la communauté en 2012), 18 demandes de bourses de maîtrise et doctorat en 2012 (concours CRNSG à l'interne), deux demandes pour le CRNSG en 2011 (Une subvention dans le cadre des subventions stratégiques et une autre dans le cadre de demandes de subvention à la découverte), deux demandes pour la Région Rhones-Alpes en France (1 demande en 2009 et en 2010), FQRNT (13 demandes pour le programme de bourses de maîtrise en 2010).

2.4. Participation à l'organisation des conférences et colloques

Depuis 2010, je suis membre du comité scientifique international des colloques internationaux « Ressources en eau et développement durable » qui se tiennent chaque année en février à Alger. À ce titre, j'évalue au moins 3 communications présentées par année.

2.5. Interviews accordées aux médias et aux groupes de pression depuis 2010

J'ai donné plus de 8 interviews aux médias écrits (Le Nouvelliste, L'Entête, Agence Science-Press, Journal de Trois-Rivières, etc.) radiophoniques (CHLM, Radio-Canada nord), télévisuels (Radio-Canada, TVA, VOX) sur les impacts des barrages et les changements climatiques.

2.6. Évaluation des articles pour les revues scientifiques depuis 2010

J'évalue en moyenne 8 articles par an pour les revues scientifiques suivantes : Water Resources Management, Canadian Water Resources Journal, Plants and Soils, Environmental Management, International Technology Research Journal, Advances in Water Resources, International Journal of Hydrology Science and Technology, Stochastic Environmental Research & Risk Assessment (SERRA), Hydrology and Earth Science Systems, Journal of Forest Research, Hydrological Processes, Journal of Environmental Management, Journal of Hydrology, Rivers Research and Applications, Journal of Mountains Sciences, International Journal of Environmental Research and Public Health, Revue des Sciences de l'Eau, Bulletin de la société géographique de Liège. Enfin, j'ai évalué en décembre 2011 un ouvrage proposé pour publication aux éditions Betham. Le titre d'ouvrage est : A short introduction to geostatistical methods in physical geography. Je suis régulièrement invité à servir d'éditeur pour les ouvrages collectifs ou des numéros spéciaux des revues scientifiques. Enfin, je suis aussi régulièrement sollicité pour soumettre des articles par de nombreuses revues scientifiques dont la prestigieuse revue Nature.

5. PUBLICATIONS ET OEUVRES

N.B. Les noms des étudiants et stagiaires qui ont contribué aux travaux apparaissent en rouge.

5.1. Articles publiés ou acceptés depuis 2010 (Revue avec comité de lecture)

1. Guerfi N., **Assani A.A.**, Mesfioui M., Kinnard, C. 2015. Comparison of the temporal variability of winter daily extreme temperatures and precipitations in southern Quebec (Canada) using the Lomnard and copula methods. *International Journal of Climatology* (in press). DOI: 10.1002/joc.4282.
2. Sylvain J-M., **Assani AA.**, Landry R., Quessy F., Kinnard C. 2015. Comparison of the spatio-temporal variability of annual minimum daily extreme flow characteristics as a function of land use and dam management mode in Quebec, Canada. *Water*, 7, 1232-1245.
3. **Assani AA.**, Landry R., Biron S., Frenette JJ. 2014. Analysis of the interannual variability of annual daily extreme water levels in the St. Lawrence River and Lake Ontario from 1918 to 2010. *Hydrological Processes*, 28, 4011-4022.
4. **Assani AA.**, Landry R., Labrèche M., Frenette JJ., Gratton D. 2014. Temporal variability of monthly daily extreme water levels in the St. Lawrence River at Sorel station from 1912 to 2010. *Water*, 6, 197-214.
5. Biron AA., **Assani AA.**, Frenette JJ., Massicotte P. 2014. Comparison of Lake Ontario and St. Lawrence River hydrologic droughts and their relationship between to climate indices. *Water Resources Research*, 55, 1396-1409.
6. Landry R., **Assani AA.**, Biron S., Quessy JF. 2014. The management modes of seasonal floods and their impacts on the relationship between climate and streamflow downstream from dams in Quebec (Canada). *River Research and Applications*, 30, 287-298.
7. Meddi M., Toumi S., Assani AA., Eslamian S. 2014. Regionalisation of rainfall in northern Algeria. *International Journal of Hydrology Science and Technology*. 4, 155-175
8. Meddi H., Meddi M., **Assani AA.** 2014. Study of drought in seven Algerian plains. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39, 339-359.
9. **Assani AA.**, Simard É., Gravel É., Ibrahim G., Campeau S. 2013. The impact of "man-made hydrologic drought" on plant species abundance in the low-flow channel downstream from the Matwin dam, Québec. *Water*, 5, 875-892.

10. Aubry L., Assani AA., Biron S., Gratton D. 2013. Comparison of the hydromorphological evolution of the L'Assomption and Ouareau river channels (Quebec, Canada). *River Research and Applications*, 29, 979-990.
11. Massicotte P., Assani AA., Gratton D., Frenette JJ. 2013. Relationship between water color, water levels and climate indices in large rivers: Case of the St.Lawrence River (Canada). *Water Resources Research* 49, 2303-2307.
12. Massicotte P., Gratton D., Frenette JJ., Assani AA. 2013. Spatial and temporal evolution of the St. Lawrence River spectral profile: A 25-year case study Landsat 5 and 7 imagery. *Remote Sensing of Environment*, 136, 433-441.
13. Mazouz R., Assani AA., Rodriguez M. 2013. Application of redundancy analysis to hydroclimatology.: A case study of spring heavy floods in southern Québec (Canada). *Journal of Hydrology*, 496, 187-194.
14. Assani AA., Landry R., Laurencelle M. 2012. Comparison of interannual variability modes and trends of seasonally precipitations and streamflow in Southern Quebec (Canada). *River Research and Applications*, 28, 1740-1752.
15. Dubeau F., Mir Y., Assani AA., Chalifour A. 2012. Modeling stage-discharge relationship with single inflection point nonlinear functions. *International Journal of Hydrology & Technology*, 2, 153-168.
16. Mazouz R., Assani A.A., Quessy JF, Légaré G. 2012. Comparison of the interannual variability of spring heavy floods characteristics of tributaries of St.Lawrence River in Quebec (Canada). *Advances in Water Resources*, 35, 110-120.
17. Vadnais ME, Assani AA, Leroux D, Gratton D. 2012. Analysis of the effects of human activities on the hydromorphological evolution channel of the Saint-Maurice River downstream from La Gabelle dam (Quebec, Canada). *Geomorphology*. 175-176, 199-208.
18. Alibert M., Assani A.A., Gratton D., Leroux D., Laurencelle M. 2011. Statistical analysis of the evolution of a semialluvial stream channel upstream from an inversion-type reservoir : The case of the Matawin River (Quebec, Canada). *Geomorphology*, 131, 28-34
19. Assani AA., Chalifour A., Légaré-Couture G, Manouane C-S, Leroux D. 2011. Temporal regionalization of 7-day low flows in the St. Lawrence watershed in Quebec (Canada). *Water Resources Management* 25, 3559-3574
20. Fortier C., Assani A.A., Mesfioui M., Roy AG. 2011. Comparison of interannual and interdecadal variability of heavy floods characteristics between upstream and downstream from Matawin dam. *Rivers Research and Applications*. 27, 1277-1289
21. Assani A.A, Landry R., Daigle J., Chalifour A. 2011. Comparison of the interannual variability of winter and spring streamflow downstream from inversion type reservoirs and in natural rivers in the St-Maurice River watershed (Québec, Canada). *Water Resources Management* 25, 3661-3675.
22. Muma M., Assani A.A., Quessy JF, Landry R., Mesfioui M. 2011. Comparison of summer extreme daily flow characteristics according to forest cover area in southern Québec (Canada). *Journal of Hydrology* 407, 153-163
23. Dubeau F., Mir Y., Assani AA., Chalifour A. 2011. Least squares fitting with single inflection point growth functions II. – An application. *Mathematics Modelling and Applied Computing* 2, 283-307.
24. Vadnais M-E., Assani A.A., Hallot E, Petit F. 2011. Facteurs de variabilité spatiale des caractéristiques des débits minimums annuels des rivières Wallonnes (Belgique). *Revue des Sciences de l'Eau*, 24, 311-327
25. Assani AA, Charron S, Matteau M, Mesfioui M, Quessy JF. 2010. Temporal variability modes of floods for catchments in the ST. Lawrence watershed (Québec, Canada). *Journal of*

Hydrology, 385, 292-299. **Classé dans les TOP 10 à sa publication sur le site web de la revue dans la rubrique « recent articles ».**

26. **Assani AA**, Quessy JF, Mesfioui M, **Matteau M.** 2010. An example of application : the ecological « natural flow regime » paradigm in hydroclimatology. **Advances in Water Resources**, 33, 537-545. **Classé dans les TOP-10 (recent articles) et les TOP 25 HOTTEST ARTICLES DE SCIENCE DIRECT** (avril-juin)

27. **Assani AA**, Landais D, Mesfoui M, **Matteau M.** 2010. Relationship between the Atlantic Multidecadal Oscillation index and variability of mean annual flows for catchments in the St. Lawrence watershed (Québec, Canada) during the past century. **Hydrology Research**, 41, 115-125.

28. **Brousseau D**, **Assani AA**, Kalenga F, Mbenza M. 2010. Classification des régimes hydrologiques saisonniers de l'Afrique : un outil potentiel pour le suivi des changements environnementaux. **Sécheresse**, 21, 1-7.

29. **Gauthier M-E.**, Leroux D., **Assani A.A.** 2010. Identification des ponceaux vulnérables aux épisodes de fortes crues en zone de topographie faiblement contrastée du sud du Québec. **Revue Internationale de Géomatique**, 20, 471-479.

30. Meddi M, **Assani AA**, Meddi H. 2010. Temporal variability of annual rainfall in the Macta and Tafna catchments, Northwestern Algeria. **Water Resources Management**, 24, 3817-3833.

5.3. ARTICLES PUBLIÉS DANS LES ACTES DES CONGRÈS OU COLLOQUES INTERNATIONAUX DEPUIS 2010

31. Zeroual A., Meddi M., **Assani A.A.** 2015. Adapting to climate change: water distribution in BBA City, Algeria. Proceedings of the 11th Kovacs on "Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future, Paris, FranceAHS Publ., 366, 3p.

32. Zeroual A., Meddi M., **Assani A.A.** 2015. Estimation of discharge in rivers by different artificial networks algorithms: case of the Algerian coastal basin. Proceedings of the 11th Kovacs on "Hydrological Sciences and Water Security: Past, Present and Future, Paris, FranceAHS Publ., 366, 3p.

33. Taïbi S., Meddi M., Mahé G., **Assani A.A.** 2014. Variability of annual and extreme rainfall over Northern Algeria and relationship with teleconnections patterns. Mediterranean meeting on "Monitoring modelling and early warning of extreme events triggered by heavy rainfall". PON_01_01503-MED-FRIEND project, University of Calabria, Cosenza (Italy).

34. **Biron S.**, Landry R., Boucher Y., Simard É., **Assani AA.** 2013. Analysis of the temporal flow phenomenon downstream from reservoirs in Québec (Canada). Proceedings of the 8th International Conference of EWRA, Porto, Portugal, 26-28 June 2013, Manuscript ID: EWRA/2013/163

35. **Guerfi N.**, **Assani AA.**, Mesfioui M. 2013. Comparison of the interannual variability of winter temperature and rainfall in Quebec (CIRED 2013), Alger, Algérie, 24-25 February 2013.

36. Ibiassi M.G., Samba-Kimbata M.J., **Assani A.A.** 2013. Analyse de l'influence de la dynamique océanique sur la variabilité décennale des précipitations annuelles en République du Congo de 1950 à 2009. XXVI^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Cotonou, 285-290.

37. Landry R, **Biron S**, **Assani AA.** 2012. Interannual variability of seasonal water levels in the St. Lawrence River, Quebec. Soumis au colloque "Integrative Sciences and sustainable development of rivers", Lyon (France), 26-28 Juin 2012, 3p.

38. **Assani A.A.**, Landry R., Daigle J., Légraré G. 2011. Analyse de la variabilité interannuelle des débits saisonniers en aval des réservoirs au Québec (Canada). Article publié dans les actes du 4^{ème} Colloque international « Ressources en eau et Développement Durable », Alger, 22-23 février 2011, 5p.

5.4. CHAPITRES DANS UN OUVRAGE COLLECTIF (SUR INVITATION)

39. **Assani AA**, Landry R, Quessy JF, Francis C. 2011. Temporal variability of rain-induced floods in Southern Quebec. In JA Blanco and H. Kheradmand : *Climate Change- Geophysical Foundation and ecological effects*, Intech, pp65-80 (**invited paper**).
40. **Assani AA**. 2010. Protection de la nature et changement de mentalité. Entretiens publiés dans F. Mayega : *L'avenir de l'Afrique. La diaspora intellectuelle interpellée*, L'Hamartan, Paris, pp214-225. (Sur invitation de l'éditeur)

5.5. ARTICLES SOUMIS AUX REVUES SCIENTIFIQUES AVEC COMITÉ DE LECTURE

41. **Assani AA.**, Landry R., Kinnard C., Azouaoui O., Demers C., Lacasse K. 2015. Comparison of the spatiotemporal of temperature, precipitation and maximum daily spring flows in two watersheds in Quebec characteristics by different land use. *Adances In Meteorology* (soumis).
42. **Assani AA.**, Landry R., Massicotte P., Gratton D. 2014. Comparison of the characteristics (frequency and timing) of drought and wetness indices of annual mean water levels in the five North America Great Lakes. *Water Resources Management*
43. **Beauchamp M.**, **Assani AA.**, Landry R., Massicotte P. 2014. Temporal variability of the magnitude and timing of winter maximum daily flows in Southern Quebec (Canada). *Journal of Hydrology* (en révision).
44. **Guerfi N.**, **Assani AA.**, Landry R., Mesfioui M. 2014. Analysis of the joint link between extreme temperature, precipitations and climate indices in winter in Southern Quebec using a new canonical correlation analysis approach. *International Journal of Climatology*
45. **Hubert K.**, **Assani AA.**, Leroux D., Gratton D. 2014. Analysis of the impacts of hydrological inversion on the morphological evolution on semi-alluvial rivers : the case of the Matawin river (Quebec, Canada). *Earth Surfaces Processes and Landforms* (en révision).
46. **Taïbi S.**, **Meddi M.**, **Mahé G.**, **Assani A.A.** 2015. Extreme rainfall in Northern Algeria and general atmospheric circulation indexes : assessment of « ENSEMBLE » regional climate models. *Theoretical and Applied Climatology* (en révision).
47. **Meddi M.**, **Toumi S.**, **Assani A.A.** 2015. Spatial and temporal variability of the rainfall erosivity factor in Northern Algeria. *Catena* (soumis).

5.6. CHAPITRE SOUMIS DANS UN OUVRAGE COLLECTIF (SUR INVITATION)

48. **Assani AA.**, Landry R., Guerfi N., Frenette J.J. 2015. Analysis of the impacts of man-made features on the stationarity and dependence of annual maximum and minimum daily water levels in the Great Lakes and St. Lawrence River of North America. In Habersack H. and Walling D.(eds) : *The status and future of the world's large rivers*.

5.7. COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES DEPUIS 2010 (avec arbitrage)

N.B. Les noms des étudiants et stagiaires qui ont contribué aux travaux apparaissent en rouge.

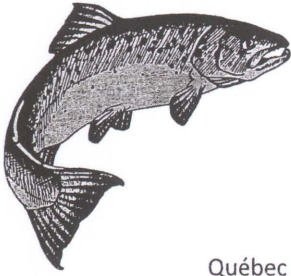
1. **Azouaoui O.**, **Assani A.A.**, Landry R. 2015. Comparison of temporal variability of annual daily extreme water level of the Great Lakes during 1918-2012 period. 9th World Congress of EWRA on Water Resources Management in a changing World challenges and opportunities. Istanbul, Turkey, 10-13 June (communication acceptée).

2. Landry R., **Assani A.A.** 2015. Impacts of dam management mode on the characteristics of ecohydrological drought. 3rd International Conference on Water and Society, 15-17 July, Coruna, Spain. (Communication acceptée).
3. **Assani A.A.**, Biron S., **Beauchamp M.**, Landry R. 2014. Temporal variability of winter flow in the St. Lawrence River watershed. 2ème International Conference on the Status and Future of the world's large rivers, 21-25 July, Manaus, Amazon, Brasil.
4. **Assani AA.**, Landry R. 2014. Analyse de l'influence de la taille des Grands lacs nord-américains sur leur sensibilité aux conditions climatiques extrêmes. 9^{ème} colloque sur les risques naturels, 82^{ème} congrès de l'ACFAS, Québec, mai 2014, Montréal.
5. **Azouaoui O.**, **Beauchamp M.**, **Assani AA.** 2014. Analyse des dates d'occurrence des crues journalières en hiver au Québec en relation avec les indices climatiques. 82^{ème} congrès de l'ACFAS, Québec, mai 2014, Montréal.
6. **Guerfi N.**, **Azaouaoui O.**, Mesfioui M., **Assani A.A.** 2014. Analyse de la température, des précipitations et des indices climatiques en hiver au Québec méridional. 82^{ème} congrès de l'ACFAS, Québec, mai 2014, Montréal.
7. **Biron S.**, **Simard E.**, **Deschenes R.**, **Landry R.**, **Assani A.A.** 2013. Analysis of the temporary flow phenomenon observed downstream from reservoirs in Quebec (Canada). 8th International Conference of EWRA "Water Resources Management in an Interdisciplinary and Changing Context" , Porto, Portugal, 26th-29th June 2013.
8. **Biron S.**, **Simard E.**, **Assani A.A.**, Frenette JJ. 2013. Effets de périodes de grande sécheresse sur la variabilité interannuelle des niveaux d'eau moyens annuels et saisonniers du Lac Ontario et du fleuve Saint-Laurent pendant la période 1918-2010. 81^{ème} congrès de l'ACFAS, Québec, mai 2013.
9. **Boucher Y.**, **Sylvain JM.**, **Assani A.A.** 2013. Comparaison de l'influence du réchauffement climatique, de l'utilisation des sols et du mode de gestion des barrages sur la variabilité interannuelle des débits extrêmes journaliers saisonniers au Québec. 8^{ème} colloque sur les risques naturels, 81^{ème} congrès de l'ACFAS, Québec, mai 2013.
10. **Guerfi N.**, **Assani A.A.**, Mesfioui M. 2013. Comparison of the interannual variability of winter temperature and rainfall in Quebec. Résumé publié dans les actes du 5^{ème} Colloque international « Ressources en eau et Développement Durable », Alger, 22-23 février 2013.
11. **Landry R.**, **Deschenes R.**, **Simard E.**, **Sylvain JM.**, **Assani A.A.** 2013. Impacts du mode de gestion des barrages et de l'utilisation des sols sur les indices de variabilité des débits journaliers saisonniers au Québec. 81^{ème} congrès de l'ACFAS, Québec, mai 2013
12. **Assani, A.A.** 2012. Relation entre les débits et le climat en aval des barrages au Québec. État de connaissance. 80e Congès de l'ACFAS, Canada, Montréal, mai 2012.
13. **Beauchamp M.**, **Biron S.**, **Landry R.**, **Assani AA.** 2012. Analyse de la variabilité interannuelle des débits maximums journaliers en hiver au Québec. Résumé soumis au colloque ACFAS, Mai, Montréal.
14. **Biron S.**, **Landry R.**, **Assani A.A.** 2012. Impacts des réservoirs sur les apports saisonniers en eau des affluents régularisés au fleuve Saint-Laurent. Influence du mode de gestion des barrages. Résumé soumis au colloque ACFAS, Mai, Montréal.
15. **Demers C.**, **Assani AA.** 2012. Impacts de l'inversion du régime hydrologique de la rivière Matawin (Québec, Canada) sur la croissance d'Acer saccharinum L. Colloque ACFAS, Mai, Montréal.
16. **Guerfi N.**, **Biron S.**, **Assani A.A.** 2012. Variabilité interannuelle des précipitations hivernales au Québec méridional. Colloque ACFAS, Mai, Montréal.

17. **Mazouz R, Assani AA, Rodriguez M.** 2012. Un exemple d'application de la méthode canonique de redondance à l'analyse de la relation entre les débits et les indices climatiques. Colloque ACFAS, Mai, Montréal.
18. **Lafond M, Assani AA, Frenette JJ.** 2012. Comparaison des propriétés limnologiques et biologiques en amont et en aval d'un barrage de type inversion. Cas de la rivière Matawin (Québec, Canada). Colloque ACFAS, Mai, Montréal.
19. **Landry R, Biron S, Assani AA.** 2012 Comparaison de l'influence du climat et du mode de gestion sur la variabilité interannuelle des débits en aval des barrages. Influence de l'échelle d'analyse. Colloque ACFAS, Mai, Montréal.
20. **Assani AA.** 2011. Variabilité temporelle des crues automnales d'origine pluviale au Québec méridional. 6^{ème} colloque sur les risques naturels, ACFAS, Sherbrooke.
21. **Landry R., Assani A.A.** 2011. Impacts of reservoirs on seasonal water input from the ST-Maurice River to the ST-Lawrence River (Quebec, Canada). International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers. Vienna, 11-14 April.
22. **Landry R., Assani A.A.** 2011. Variabilité interannuelle des débits extrêmes maximums saisonniers en aval des réservoirs dans un contexte de réchauffement climatique. Congrès ACFAS, Sherbrooke, mai 2011.
23. **Mazouz R., Assani A.A., Quéssy J-F.** 2011. Comparaison de la variabilité interannuelle des caractéristiques des débits maximums printaniers des affluents du fleuve St-Laurent au Québec (canada) au moyen de la méthode de Lombard. Congrès ACFAS, Sherbrooke, mai 2011.
24. **Hubert K., Assani A.A., Leroux D.** 2010. Effets des changements des caractéristiques de crues sur l'évolution morphologique de la rivière Matawin en aval du réservoir Taureau (Québec, Canada). Colloque sur les processus, aménagements et restauration des systèmes fluviaux, Congrès ACFAS, Montréal.
25. **Landry R., Assani A.A., Campeau S., Lacasse K.** 2010. Comparaison de la variabilité interannuelle de la température, des précipitations et des débits dans le bassin versant de la rivière L'Assomption (Québec). 5^{ème} colloque sur les risques naturels, Congrès ACFAS, Montréal.
26. **Landry R., Assani A.A., Fortier C.** 2010. Effet de changement de mode de gestion sur la variation des débits journaliers saisonniers en aval des barrages au Québec. Cas du barrage Matawin (Québec, Canada). Colloque sur les processus, aménagements et restauration des systèmes fluviaux, Congrès ACFAS, Montréal.

Annexe 4

**Copie de la lettre expédiée par
Pourvoirie Lac Duhamel à
Marie-Josée Nadeau, 20 mars
2013** (Transmission des rapports d'experts et de
l'argumentaire)



Pourvoirie Lac Duhamel Inc.

Québec le 20 mars 2013,

SANS PRÉJUDICE

Madame Marie-Josée Nadeau
Vice-présidente exécutive,
Affaires corporatives et secrétaire générale,
Hydro-Québec,
75, René-Lévesque, 20^e étage,
Montréal (Québec) H2Z 1A4

Objet : Détournement de la rivière Manouane en 2003

Bonjour Mme Nadeau,

Je vous prie de m'excuser pour le délai avec lequel je vous reviens, pour donner suite à notre rencontre du 5 juin 2012 et à notre lettre du 1^{er} novembre 2012. Nous tenions à vous présenter, non pas une, mais deux études de spécialistes compétents et indépendants, aptes à comprendre et à analyser notre dossier. Ces spécialistes sont très rares et très occupés.

Lors de notre rencontre vous aviez souhaité que nous puissions vous apporter une évaluation crédible du Rapport Poly-géo qui puisse vous démontrer la responsabilité d'Hydro-Québec. Nous avons fait réaliser deux analyses du rapport, de ses données, des photographies aériennes qu'il contient et de ses conclusions.

Je vous transmets donc deux analyses du Rapport de la firme Poly-géo Inc. Cette dernière avait étudié, pour le compte d'Hydro-Québec, la problématique d'ensablement devant les camps de Pourvoirie Lac Duhamel. Contrairement aux avancés de cette étude, ces analyses effectuées indépendamment et distinctement par des professeurs universitaires démontrent que l'on ne peut en rien conclure de ce rapport à la non-responsabilité d'Hydro-Québec, au contraire.

Nous vous transmettons par la même occasion le CV de M. Fritz Neuweiler de l'Université Laval, celui de M. Denis W. Roy de l'Université du Québec à Chicoutimi suivra.

Nous joignons à ces analyses un argumentaire démontrant pourquoi à partir des engagements pris par Hydro-Québec dans le dossier de la dérivation de la rivière Manouane, il est du devoir de votre société de réparer les torts subis par la pourvoirie, tant au chapitre de l'ensablement devant les camps de la pourvoirie que de la destruction des frayères et la dégradation des conditions de pêche. Hydro-Québec a en main tous les documents auxquels cet argumentaire se réfère. Autrement, ils sont joints à la présente.

Cet argumentaire vous présente également les arguments militants pour une acquisition de la pourvoirie par Hydro-Québec comme étant l'avenue la plus simple pour réparer ces préjudices. Elle permet de normaliser la situation sans faire d'éclats, de débats inutiles ou d'études superflues.

À cet égard, nous sommes convaincus qu'Hydro-Québec a tout intérêt à prendre ses responsabilités pour mieux consolider sa présence sur ce territoire, protéger cet environnement fragile et en assurer l'avenir dans une perspective de développement durable. Pour ces raisons, nous souhaiterions qu'Hydro-Québec accepte que nous lui soumettions une offre de cession des actifs de la pourvoirie, compensatoire des dommages subis. Nous espérons que cette proposition puisse être acceptée dans un esprit de justice et d'équité.

Nous sommes reconnaissants des efforts accomplis par Hydro-Québec dans la gestion de notre dossier, mais, en bout de ligne, l'exploitation de la pourvoirie ne peut plus être raisonnablement améliorée et rentabilisée. Nous sommes disponibles pour vous rencontrer et en discuter plus avant et nous vous remercions bien sincèrement de l'attention que vous porterez à notre requête.

Veuillez agréer, chère madame Nadeau, l'expression de mes sentiments distingués,

M. Gilles Shooner

C.C. Michel Trudel
Denis Savard

P.J.

Liste des annexes

1. Argumentaire invitant Hydro-Québec à prendre ses responsabilités;
2. Rapport du professeur M. Denis W. Roy, Croissance du delta de la rivière Petite Manouane dans le Lac Duhamel (rivière Manouane) entre 1948 et 2012, Mars, 2013.
3. CV de M. Denis W. Roy, géologue, PhD, et professeur émérite à l'Université du Québec à Chicoutimi.
4. Rapport du professeur M. Fritz Neuweiler, Diplom-Geologe, DR. rer. nat, Évaluation d'un document intitulé « Étude de l'évolution du delta de la petite rivière Manouane dans le Lac Duhamel », soumis par Poly-Géo inc. à Hydro-Québec en janvier 2008, 6 décembre 2012.
5. CV du professeur M. Fritz Neuweiler, Diplom-Geologe, DR. rer. nat, Département de géologie et de Génie géologique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval,
6. Statistiques de pêche de Pourvoirie Lac Duhamel,
7. Jeu de photos en face des camps de Pourvoirie Lac Duhamel, 2002, 2005, 2008, 2011.
8. Vidéo faisant état des dommages subis par la Pourvoirie Lac Duhamel.

Annexe 5

**Argumentaire invitant
Hydro-Québec à prendre ses
responsabilités** Détournement de la
rivière Manouane 2003, Pourvoirie Lac Duhamel,
mars 2013.

SANS PRÉJUDICE

Détournement partiel de la Rivière Manouane
2003

Argumentaire invitant Hydro-Québec
à prendre ses responsabilités

Pourvoirie Lac Duhamel

Mars 2013

1. Deux rivières au nord du 50^{ième} parallèle, la Manouane et la Petite Manouane alimentent le lac Duhamel qui constitue un joyau halieutique qu'exploite Pourvoirie Lac Duhamel. On y retrouve principalement quatre espèces de poissons indigènes du Québec, dont la ouananiche, une espèce aussi rare que recherchée par les passionnés de pêche.
2. Outre le lac et les deux rivières, Pourvoirie Lac Duhamel couvre un territoire de 166 kilomètres carrés, sur lequel elle possède des droits exclusifs d'exploitation de chasse et de pêche.
3. Ces deux rivières et ce lac sont au cœur de l'exploitation de la pourvoirie. Ils ont subi les impacts de deux dérivations majeures de la rivière Manouane. Il y a eu, d'abord, celle effectuée par Alcan à la fin des années cinquante pour l'alimentation du barrage hydro-électrique de la Chute des passes à travers le lac et la rivière Péribonka. Puis, il y a eu celle effectuée par Hydro-Québec, dans la foulée de son Plan stratégique 2000-2004, vers un autre bassin versant pour l'alimentation de Bersimis 1 et Bersimis 2 et ce, dans le but de rentabiliser davantage ces ouvrages.
4. Il s'agissait pour Hydro-Québec de détourner un débit annuel moyen de 30 m³/sec. de la rivière Manouane, pour alimenter le réservoir Pipmuacan, un type d'opération effectué presque à chaque fois que l'on veut produire de l'hydro-électricité à l'aide de barrages, où le défi est toujours de turbiner la plus grande quantité d'eau au meilleur coût possible, tout en cherchant à minimiser les impacts sur l'environnement.
5. Aux termes de ces dérivations, il en a résulté des changements importants et répétés des débits d'eau de la rivière Manouane, lesquels sont venus créer, puis, accentuer des perturbations majeures, en termes de débits d'eau, d'ensablement et de niveau d'eau à la tête du lac Duhamel où se jettent les deux rivières.
6. Les interventions d'Alcan à la fin des années 50 avaient déjà eu pour effet de changer le rapport des débits des deux rivières (-70% du débit annuel moyen de la rivière Manouane) et le niveau d'eau du lac (-0,83 m). «La rivière Manouane a vu son bassin de réception perdre plus de la moitié de sa surface au profit du réservoir Péribonka» BAPE, Projet de dérivation partielle de la rivière Manouane, Sept. 2001, p. 149.
7. Moins d'eau circulant à l'embouchure des deux rivières, une pente plus importante étant créée pour la Petite Manouane, doublé d'un courant plus fort, un ensablement progressif s'est accentué d'abord par le développement de la formation d'îlots de sable à l'embouchure de la rivière, le long du chenal ouest, puis, plus tardivement, du côté du

chenal est. Voir Étude de Poly-géo Inc., Étude de l'évolution du delta de la Petite Manouane dans le Lac Duhamel, janvier 2008.

8. Avant sa première dérivation, la rivière Manouane, par son fort débit, faisait en sorte que le sable qui pouvait provenir de la Petite Manouane, notamment le printemps, était en partie entraîné en aval, évitant que se créent des amoncellements de sable important dans le chenal est à l'embouchure de la Petite Manouane. Il faut noter que les rives de la Petite Manouane sont relativement sablonneuses.
9. Par la suite, la réduction additionnelle importante du débit de la rivière Manouane par Hydro-Québec a contribué à provoquer un ensablement beaucoup plus important à l'est du delta en formation à l'embouchure de la rivière Petite Manouane.
10. En effet, à partir de 2003, Hydro-Québec effectue des dérivations et des remises en eau de la rivière Manouane qui provoquent, chaque fois, une forte baisse de débit de la rivière Manouane et du lac, suivi d'une forte hausse.

1 ^{ière} dérivation	21 septembre 2003 (Baisse)
Fin de la confection du seuil	7 novembre 2003
1 ^{er} arrêt de la dérivation	8 juillet 2004 (Hausse)
2 ^{ième} remise en dérivation	24 août 2004 (Baisse)
2 ^{ième} arrêt de la dérivation	17 juillet 2008 (Hausse)
3 ^{ième} remise en dérivation	9 septembre 2008 (Baisse)
11. Les remises en eau de la rivière Manouane provoquent un rehaussement du niveau du lac Duhamel et en raison de la présence de l'épi construit par Hydro-Québec à l'exutoire du lac, un ennoisement de la Petite Manouane sur une bonne partie de son parcours en amont, au-delà des seuils existants qui autrement agissait comme un frein. Par la suite, la dérivation de la rivière Manouane entraîne la baisse conséquente du niveau du lac et de la rivière Manouane provoquent dans la Petite Manouane un effet de lessivage du sable imbibé d'eau. Ce phénomène est documenté dans la littérature scientifique. Voir : Fritz Neuweiler, Évaluation du Delta de la Petite rivière Maounane soumis par Poly-géo Inc. à Hydro-Québec, 6 déc. 2012.
12. Rappelons qu'au terme du processus des dérivations, l'importance relative des débits des rivières Manouane et Petite Manouane s'en trouve inversée passant de 5,2 à 1,6. Voir Poly-géo Inc. Étude de l'évolution du delta de la Petite Manouane dans le lac Duhamel, janvier 2008 p. 12.

13. Par rapport à la situation qui prévalait à l'origine, les niveaux d'eau dans les rivières s'en trouvent donc durablement affectés, avec à l'embouchure, un débit relatif plus élevé et un niveau plus pentu pour la Petite Manouane auquel s'ajoute les séquences d'arrêt et de remise en dérivation pour la Manouane. « La dimension atteinte en 2012 par le delta de la rivière Petite Manouane dépend de deux facteurs : l'apport de sable par cette dernière et la baisse du niveau d'eau dans le lac Duhamel; le premier étant largement tributaire du second. Selon Poly-Géo(2007) le niveau-estimé dans le lac Duhamel passe de 252.7 m d'altitude en 1948 à 251,0 m en 1996, soit une baisse de 1,7 m en 48 ans. Or, un lac est un « niveau de base local » auquel répondent les cours d'eau qui s'y jettent. Lorsque ce niveau de base demeure stable, les cours d'eau se régularisent et finissent par adopter un « profil d'équilibre » idéal sans érosion ni dépôt. Une baisse de niveau de l'eau comme celle constatée au lac Duhamel force les cours d'eau tributaires à rechercher un nouvel équilibre en abaissant le niveau de leur lit sur plusieurs kilomètres en amont du lac. Ce processus, appelé « érosion régressive » se traduit par le transfert vers le lac de quantités considérables de sédiments provenant des bassins de ses cours d'eau tributaires. À débit constant, le délai de réponse des divers cours d'eau dépend de la facilité d'érosion que présentent leur lit et leurs berges. Et, manifestement, dans le cas du lac Duhamel seul la rivière Petite Manouane a un délai de réponse rapide, d'où la construction rapide d'un delta important à son embouchure dans le lac Duhamel.» Voir : Croissance du delta de la Petite rivière Manouane dans le lac Duhamel (rivière Manouane) entre 1948 et 2012, Denis W. Roy, géologue, PhD, professeur émérite, UQUAC mars 2013, p. 10-11.
14. C'est à l'automne 2004, après la construction de l'épi et après la deuxième remise en dérivation par Hydro-Québec que les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel constatent avec consternation l'ensablement majeur du delta à l'est de l'embouchure de la Petite Manouane. Voir les photos.
15. Or, les camps exploités par Pourvoirie Lac Duhamel se situent précisément entre les embouchures des deux rivières et l'ensablement provoqué s'effectue devant les camps, compromettant ainsi à la fois le décor sauvage du plan d'eau, l'accès aux camps et la qualité de la pêche.
16. La principale conséquence de ces phénomènes est que Pourvoirie Lac Duhamel a perdu l'essentiel de son attrait et de sa valeur. Pendant ce temps-là, les turbines continuent de tourner en permanence, bénéficiant de l'apport d'eau détourné de la rivière Manouane.
17. « À mon avis, la formation inévitable du delta de la rivière Petite-Manouane dans le Lac Duhamel a certainement été fortement accéléré par chacune des deux dérivations qu'a

subi la rivière Manouane en 1959 et 2003. Cependant, bien que la contribution de la dérivation de 2003 à la formation du delta de la rivière Petite-Manouane dans le Lac Duhamel soit patente, elle demeure impossible à détailler faute d'images appropriées.» Voir Croissance du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel (rivière Manouane) entre 1948 et 2012, Denis Roy, géologue, PhD, professeur émérite, UQUAC, mars, 2013, p. 15.

18. Il est évident que ni Alcan, ni Hydro-Québec n'avaient prévu, ni souhaité cet ensablement. Aucune mesure n'a été prise pour documenter cette problématique et éviter cet éventuel ensablement provenant de la Petite Manouane. Selon Hydro-Québec, « les rivières Duhamel et Petite Manouane ne représenteraient pas des zones problématiques, puisque le niveau du lac Duhamel serait maintenu à l'aide d'un épi placé à l'exutoire du lac Duhamel. » Voir Pêches et Océans Canada, région du Québec, Dérivation partielle de la rivière Manouane, Loi canadienne sur l'évaluation environnementale, Rapport d'étude approfondie, juillet 2002. p. 36.
19. Il en fut de même pour Pêches et Océans Canada : « le MPO est d'avis que le projet n'est pas susceptible de causer des effets environnementaux négatifs importants sur la pêche sportive sur l'ensemble de la zone d'étude. La mise en place d'un programme de suivi adéquat permettra de valider l'évaluation des effets du projet sur l'habitat du poisson, la qualité de la pêche et les conditions de pratique de cette activité et d'apporter les ajustements nécessaires, le cas échéant. » Voir Pêches et Océans Canada, région du Québec, Dérivation partielle de la rivière Manouane, Loi canadienne sur l'évaluation environnementale, Rapport d'étude approfondie, juillet 2002. p. 60.
20. Ni le rapport d'avant-projet d'Hydro-Québec, ni le rapport du BAPE, ni celui de l'Agence canadienne d'évaluation environnementale, ni Pêche et Océans ne font état d'un risque d'ensablement. Seul le ministère de l'environnement du Québec s'en est inquiété dans son rapport d'analyse environnementale, tel qu'on le verra plus loin.
21. Il est assez surprenant compte tenu de l'évolution de l'ensablement à l'embouchure de la Petite Manouane depuis les années cinquante, on ne peut plus visible sur les photographies aériennes, qu'Hydro-Québec n'ait pas jugé opportun de réaliser une étude d'impact particulière, qui lui aurait, sans doute, permis d'anticiper l'évolution de cet ensablement et de ses conséquences. On sait, par exemple, que l'on prévoyait qu'après les travaux d'aménagement, la vitesse d'écoulement dans la partie en amont du lac Duhamel (Km 61 à 58) allait diminuer de 40%, car le débit des affluents diminuerait de 40% et le niveau du lac Duhamel allait être maintenu à sa valeur actuelle. Le temps de renouvellement des eaux du lac Duhamel allait passer de 2.4 jours à 3.8 jours. La baisse de débit de la rivière Manouane allait donc favoriser la sédimentation. « Or le lac Duhamel est un lieu où les débits chutent d'autant plus fortement que celui

de la rivière principale est réduit. Ainsi, toute réduction de débit de cette dernière a comme conséquences potentielles : a) une chute de débit sous le seuil de sédimentation interdisant aux particules entraînées par la rivière Petite Manouane de poursuivre leur trajet vers l'aval du lac; b) une sédimentation résultante de ces particules à l'embouchure de la rivière Petite Manouane dans le dit lac pour y former un delta de plus en plus grand. » Voir : Croissance du delta de la rivière Petite Manouane dans le lac Duhamel (rivière Manouane) entre 1948 et 2012, Denis Roy, géologue, PhD, professeur émérite, UQUAC, Janvier 2013, p. 14.

22. Ainsi, on aurait pu s'interroger à savoir : si la construction de l'épi à l'exutoire du lac destiné à en stabiliser le niveau, ne contribuerait-il pas plutôt à plus d'ensablement ou encore si des ouvrages réalisés dans la Petite Manouane auraient pu éviter ou réduire un tel ensablement?
23. Une chose est certaine. Avant l'intervention humaine, cet ensablement se faisait à un rythme très lent, tel que le démontre les photos aériennes. Il a accéléré après les interventions d'Alcan et seules les interventions d'Hydro-Québec par ses dérivations et remises en eau successives semblent pouvoir expliquer l'ensablement accéléré subi en 2004 et par la suite.
24. Le certificat d'autorisation des travaux de dérivation est venu du ministère de l'Environnement et du gouvernement du Québec en 2002, lesquels ont passé outre la recommandation du BAPE et cela, sans que ne soit exigée au préalable d'étude d'impact particulière sur la Petite Manouane. Suite aux audiences publiques, le BAPE avait rejeté le projet en ces termes : « Au terme de son analyse la Commission conclue que le projet n'est pas acceptable dans sa forme actuelle puisque le débit réservé prévu est insuffisant pour assurer la conservation des usages de la rivière et garantir la survie de la ouananiche. La Commission préconise donc une nouvelle conception du projet présentant une solution de moindre impact environnemental » Elle jugeait trop faible le niveau de débit anticipé pour la rivière Manouane à $3 \text{ m}^3/\text{sec}$. et exigeait le maintien d'un débit écologique à $9 \text{ m}^3/\text{sec}$. « ce qui permettait de minimiser les pertes d'habitats de reproduction chez la ouananiche. » Voir « Projet de dérivation partielle de la rivière Manouane, BAPE p. 149.
25. Pour Hydro-Québec « le maintien d'un débit écologique de $9 \text{ m}^3/\text{sec}$. empêcherait la faisabilité du projet sur le plan économique. » Étude d'avant-projet, Rapport sectoriel sur les poissons, p. 113.
26. Hydro-Québec a choisi un débit réservé trois fois plus faible en prétendant être à même de mettre en place des mesures compensatoires. On pouvait y lire que « du côté de la

ouananiche, la réduction des débits de la rivière Manouane entrainera un gain d'habitats d'élevage de 42 ha pour les alevins et de 15 ha pour les tacons, ainsi qu'une perte d'environ 5 000 m² de superficie de fraie. L'impact découlant de l'exondation, pendant l'hiver d'une partie importante (25%) des frayères situées en amont du lac Duhamel (km. 62,5) demeure indéterminé, en termes de production chez cette espèce. Toutefois, il s'agit d'un impact qui peut être annulé par des aménagements appropriés. Après l'application des mesures proposées, on prévoit un gain net d'habitat et de production pour la ouananiche. » Voir : Étude d'avant-projet, Rapport sectoriel sur les poissons, Hydro-Québec p. 146.

27. Le BAPE, de son côté, doutait que « les mesures de compensation envisagées par le promoteur suffisent à garantir la protection du poisson, pas plus qu'un gain net de productivité de la faune ichthyenne. » Voir : Projet de dérivation partielle de la rivière Manouane, BAPE p. 149.
28. Dans son communiqué de presse accompagnant son rapport, la Commission mentionnait ceci : « La Commission reconnaît que le coût du projet est avantageux pour Hydro-Québec puisqu'il répond à ses critères d'investissement. La Commission estime, toutefois, que la faible contribution au parc énergétique du Québec ne peut justifier la mise en péril de la rivière Manouane et compromettre la survie d'entreprises existantes qui vivent de la pêche récréative et qui ont faits des efforts au cours des années pour améliorer la qualité de la pêche dans le secteur. » Voir communiqué de presse, Projet de dérivation partielle de la rivière Manouane, Sortie publique du Rapport du BAPE, du 4 octobre 2001.
29. La dérivation de la rivière Manouane ne représentait pour Hydro-Québec qu'un gain net d'énergie d'environ 318 GWh par an. La production annuelle moyenne du complexe Bersimis s'établissait déjà à 8 572 GWh. Voir Rapport d'analyse environnementale, Projet de dérivation partielle de la Rivière Manouane Dossier 3211-03-06, mai 2002 Ministère de l'Environnement, p. 6.
30. Alcan de son côté perdait 360 GWh turbinés aux centrales de la rivière Péribonka qu'Hydro-Québec a dû depuis compenser. Ainsi, Hydro-Québec profite donc indirectement de la première dérivation effectuée par Alcan. Voir Rapport d'analyse environnementale, Projet de dérivation partielle de la Rivière Manouane Dossier 3211-03-06, mai 2002 Ministère de l'Environnement, p. 6.
31. En réalité, on constate aujourd'hui que les mesures d'atténuation et de compensation proposées pour la ouananiche par Hydro-Québec ont bel et bien été effectuées, mais n'ont pas donné les résultats escomptés. C'est comme si toutes les études

environnementales, dont le volumineux Rapport sur les poissons, et toutes ces mesures n'avaient été rien d'autre qu'un écran de fumée pour endormir tout le monde et lui permettre d'arriver à ses fins.

32. Que ce soit en construisant un épi à l'exutoire du lac Duhamel de façon à conserver la variation des niveaux de ce plan d'eau en dépit de la réduction de débit de la rivière Manouane (- 70%) , que ce soit en réaménageant un certain nombre de frayères existantes, ou en aménageant des structures pour contrôler le débit d'eau sur les frayères, ou en essayant de reconstruire les frayères artificielles avec des boîtes à courant ou le projet finalement refusé d'introduire l'éperlan arc-en-ciel dans le lac Duhamel, aucune mesure n'a permis de restaurer le lac, les frayères, les conditions de pêche. Voir Étude d'avant-projet, Rapport sectoriel sur les poissons, p: 126-127.
33. En conséquence, l'engagement écrit pris par Hydro-Québec, vis-à-vis de Pourvoirie Lac Duhamel, à l'effet que la société s'engageait à maintenir les conditions de pêche, voire d'améliorer les conditions de pêche n'a pu être respecté. Voir : Lettre de Réal Laporte à Gilles Shooner, 27 février 2001.
34. La principale frayère ayant disparue, les conditions de pêche se détériorant, la pourvoirie continue de subir une forte baisse d'achalandage. Les dommages économiques sont là pour rester. Seule la détermination à obtenir réparations a convaincu les propriétaires de maintenir la pourvoirie en opération. Voir : les statistiques de pêche de Pourvoirie Lac Duhamel, de 1998 à 2012.
35. Les coûts aujourd'hui pour retirer le sable seraient exorbitants, tels que le démontre l'échange de courriel relatant la prise en considération d'une opération de retrait du sable. Voir: échange de courriel entre Gilles Shooner et Claude Tessier, Déc. 2009.
36. Il en serait de même pour parvenir à aménager de nouvelles frayères offrant des garanties de succès.
37. Devant l'insatisfaction de Pourvoirie Lac Duhamel, Hydro-Québec y est allé, d'abord, d'une proposition de dédommagement qui n'avait aucun rapport avec les dommages réellement subis. Voir : Lettre du 16 mai 2008, à Gilles Shooner et Michel Trudel, par Pierre Geoffrion.
38. Puis, la société a semblé chercher à se dégager de sa part de responsabilité en commandant, « suite à une plainte reçue en 2004 concernant une problématique d'ensablement » une étude à la firme Poly-Géo Inc. à qui la société avait demandé de retracer l'évolution de l'ensablement. Leurs conclusions étaient à l'effet que

l'ensablement était naturel et n'avait que bien peu à voir avec la dérivation effectuée par Hydro-Québec. Voir : Étude de Poly-géo Inc., Étude de l'évolution du delta de la Petite Manouane dans le Lac Duhamel, janvier 2008, p. 1.

39. Avant même d'avoir commandé cette étude, Hydro-Québec en avait déjà établi les conclusions dans une autre étude déposée en septembre 2006. Voir : Division Hydro-Québec Équipement, Direction principale expertise, Conception des aménagements de production hydraulique et géothermique, Dérivation partielle de la rivière Manouane, Examen des solutions pour contrôler la déposition de sables devant la pourvoirie du lac Duhamel, décembre 2006, p. 1-2.
40. À sa face même, l'étude de Poly-Géo Inc. présentait plusieurs lacunes tant sur l'approche méthodologique que sur le traitement des données et des photographies aériennes. Voir : Fritz Neuweiler, Évaluation du Delta de la Petite rivière Maounane soumis par Poly-géo Inc. à Hydro-Québec, 6 déc. 2012.
41. Comment l'étude de Poly-géo pouvait-elle conclure à la responsabilité d'Alcan dans le phénomène d'ensablement suite à la première dérivation et à la baisse de débit de la Manouane et conclure à la non-responsabilité d'Hydro-Québec qui aggravait la situation en diminuant le débit de 30 M³/sec.?
42. Voici ce que l'analyse environnementale du ministère de l'Environnement disait au sujet de la remise en eau de la rivière que Poly-géo Inc. a choisi de complètement ignorer: « Selon l'étude d'impact, il est prévu un retour de l'ensemble du débit dans la rivière Manouane à une fréquence d'une fois à tous les sept ans. Cette situation est assez inhabituelle si on la compare aux autres rivières détournées depuis les trente dernières années. En effet, en général, les tronçons à débit réduit tendent vers un nouvel équilibre qui n'est pas perturbé par une augmentation soudaine et temporaire de leur débit, ce qui est souhaitable du point de vue écologique pour éviter des perturbations récurrentes. Bien que les impacts de cette gestion des débits aient été peu documentés dans l'étude, il faudrait s'assurer de documenter, par un aménagement du programme de suivi, les effets de ce retour aux conditions naturelles sur les composantes du milieu et les aménagements déjà en place visant à atténuer ou compenser les impacts. » et un peu plus loin :
 « Le suivi devrait pouvoir prendre en compte rapidement l'impact de ce retour sur les aspects de la qualité des frayères aménagées ou naturelles, la dynamique des populations de poissons, l'exportation du mercure, la dynamique sédimentaire et les milieux humides. Une année de suivi devra donc être prévue après le passage de cette crue pour permettre une évaluation rapide de son impact, et ce, peu importe où on en est dans le calendrier des activités de suivi. » Voir : Projet de dérivation partielle de la

Rivière Manouane Dossier 3211-03-06, mai 2002 Ministère de l'Environnement, p. 30 et 42. (Note : Du 8 juillet au 24 août 2004 et du 17 juillet au 9 septembre 2008, il y a eu un retour complet du débit. À notre connaissance, il n'y a eu aucun suivi pour mesurer l'impact de ces retours).

43. La condition 3 fixée par le ministère de l'Environnement lors de la délivrance du certificat d'autorisation fait référence à des modalités particulières de suivi de ces remises en eau. Il faudra voir, peut-être, comment le ministère entend maintenant réagir aux résultats. Cela soulève certainement un questionnement sur l'approche de ce ministère vis-à-vis ses évaluations environnementales des projets d'Hydro-Québec, le suivi des engagements pris, l'ordonnance des correctifs additionnels à mettre en place et la sanction des dégâts causés. Voir : Projet de dérivation partielle de la Rivière Manouane Dossier 3211-03-06, mai 2002 Ministère de l'Environnement, p. 44.
44. Le mandat confié à la firme Poly-Géo Inc. n'incluait pas l'étude de l'impact du phénomène des dérivations et des remises en eau à répétition. Voir Poly-Géo Inc. Proposition d'étude soumises à Hydro-Québec Équipement, Direction Environnement et services techniques, Étude de l'évolution du delta de la Petite Manouane dans le lac Duhamel, mai 2007.
45. À travers une vidéo tournée sur les lieux, les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel ont entrepris de démontrer aux autorités de la société d'État l'ampleur du désastre que représentait la situation de l'ensablement et la dégradation des conditions de pêche et ce, à partir des points de vue de l'exploitant et des habitués des lieux, les pêcheurs eux-mêmes.
46. À la vue de cette vidéo et à la suggestion même d'Hydro-Québec, l'étude de Poly-Géo Inc. a été soumise à des experts pour valider le bien fondé des allégations et des interprétations qui s'y retrouvent, quant à la part de responsabilité possible de la Société.
47. À l'analyse de l'étude de Poly-Géo Inc., un groupe de scientifiques indépendants de l'Université du Québec à Chicoutimi, tout en cernant les limites de leur analyse, y est allé d'un certain nombre de commentaires, de questionnements et de conclusions que vous retrouverez en annexe. Vous y trouverez une analyse exhaustive des photographies aériennes par le professeur émérite Denis W. Roy, dont vous trouverez le rapport et les conclusions également en annexe, de même que son CV.
48. Les propriétaires de la pourvoirie se sont aussi adressés à un autre professeur émérite indépendant, M. Fritz Neuweiler de l'Université Laval, qui, à son tour, a fait une

évaluation assez sévère de l'étude de Poly-Géo Inc., dont vous trouverez en annexe les commentaires et les conclusions, ainsi que son CV.

49. Ces rapports démontrent que l'étude de Poly-Géo Inc. s'est fourvoyée en excluant la responsabilité d'Hydro-Québec dans l'accentuation du phénomène d'ensablement et que plusieurs constats et hypothèses à valider concourent à démontrer exactement le contraire.
50. Il n'est pas évident, toutefois, qu'en poussant plus loin les expertises, le dossier y gagnerait beaucoup en certitude et surtout, que cela ne changerait en rien les conséquences des gestes posés ou omis.
51. Aucun scientifique ne peut arriver, après coup, à départager avec précision la part de responsabilité de l'ensablement devant les camps qui peut être attribuée soit à Alcan, soit à Hydro-Québec, soit même à certaines conditions météorologiques particulières qui auraient pu aussi contribuer au phénomène. Par contre, la perte de la principale frayère et l'échec des mesures compensatoires relèvent plus clairement d'Hydro-Québec. Même là, Hydro-Québec pourrait trouver d'autres motifs pour se disculper, comme la pression de pêche en amont ou la dévalaison des ouananiches dans les barrages en aval, l'exploitation forestière, les feux de forêt et quoi encore.
52. Hydro-Québec peut choisir d'essayer d'enterrer le dossier en se lançant dans un long processus juridique, alors que les propriétaires de la pourvoirie n'ont pas les moyens de se permettre une longue et coûteuse bataille d'experts. Hydro-Québec a jusqu'à présent évité de tomber dans un tel cynisme.
53. De leur côté, les propriétaires de la pourvoirie auraient pu se lancer dans une bagarre au niveau de l'opinion publique, pour dénoncer le saccage des rivières et du lac, en tentant de forcer la main à Hydro-Québec. Ils ont résisté à cette forme de sensationnalisme. Depuis le début, ils ont collaboré avec Hydro-Québec. Même qu'au départ, après avoir posé beaucoup de questions et sur la foi des engagements et des promesses d'Hydro-Québec, ils ne se sont pas opposés aux dérivations.
54. Hydro-Québec a utilisé à l'époque une certaine méthodologie pour établir le niveau de débit écologique à $3\text{m}^3/\text{sec.}$ en retenant les valeurs qui lui permettaient d'obtenir le niveau d'eau qu'elle souhaitait dériver. Selon la société, le projet n'engendrait aucune perte nette d'habitats de la ouananiche ou de productivité des milieux récepteurs, en prenant en compte les mesures de conservation et de mise en valeur. « La méthode consistait à définir les préférences d'habitats de la ouananiche à l'aide de modèles mathématiques, lesquels sont ensuite interprétés en fonction des conditions hydrodynamiques du milieu afin d'obtenir une représentation des habitats disponibles

selon le débit ». Tout cela, toutefois, demeurait théorique et n'offrait aucune garantie de réussite. Voir : Dérivation partielle de la rivière Manouane, Étude d'avant-projet, Rapport sectoriel sur les poissons, Juin 2000, p. 74, 79-80.

55. Dans les faits, la seule frayère reconnue dans la rivière Manouane (km. 62.5) ne produit plus puisqu'elle a été détruite. Hydro-Québec avait apprécié et reconnu ce risque. « Il est à noter que la seule frayère reconnue pour la ouananiche dans la rivière Manouane (km 62.5, sites F 16 et F17) fait partie du groupe de frayères qui sont significativement affectées par la réduction des débits. » D'autres sites de frayères potentiels qu'on a tenté de créer ou qui, croyait-on, aurait pu prendre la relève, ne fonctionnent pas. Le site qui avait été identifié à l'embouchure de la Petite Manouane dans le lac Duhamel a tout simplement été victime de l'ensablement. Voir : Dérivation partielle de la rivière Manouane, Étude d'avant-projet, Rapport sectoriel sur les poissons, Juin 2000, p. 94-96.
56. Cette approche théorique constitue l'une des raisons qui a fait que l'Agence canadienne de l'environnement avait, au moment de son autorisation, placé ce projet sous surveillance. Elle devra peut-être éventuellement s'interroger, elle aussi, sur la situation actuelle et vraisemblablement décider des actions à prendre, en termes de débit autorisé et d'ouvrages additionnels à construire, de sable à retirer, de nouvelles frayères à aménager, voire d'ensemencement à réaliser. Peut-être insistera-t-elle pour que le promoteur donne suite à ses engagements. « Le promoteur s'est engagé à mettre en œuvre, de concert avec les pourvoiries, des mesures d'atténuation et à poursuivre les discussions sur une indemnisation éventuelle pour les pertes et les inconvénients occasionnées par le projet ». Peut-être se contentera-t-elle de constater, elle aussi, qu'Hydro-Québec a fait son possible et que la société n'avait pas d'obligation de résultat. Voir Pêches et Océans Canada, région du Québec, Dérivation partielle de la rivière Manouane; Loi canadienne sur l'évaluation environnementale, Rapport d'étude approfondie, juillet 2002. Voir aussi : Hydro-Québec, mai 2000 Dérivation partielle de la rivière Manouane, Rapport d'avant-projet. Volume 1. p. 361.
57. « En ce qui concerne l'obligation de résultat, on mentionne que le ministère a une exigence d'efficacité des mesures d'atténuation mises en place par Hydro-Québec. Cependant, personne ne peut garantir des résultats sur le plan biologique. Par exemple, il est impossible de garantir qu'un nombre déterminé de poissons passera à tel endroit. Cependant si l'entreprise adopte comme mesure d'atténuation d'installer une frayère, nous avons l'obligation que ce soit fait dans les règles de l'art, nous avons l'obligation de faire le suivi, d'analyser ce qui n'a pas fonctionné, le cas échéant, et de prendre les mesures correctives. L'obligation de résultats est présente en autant que ce soit possible sur le plan scientifique » et un peu plus loin : « Hydro-Québec souligne en terminant que l'entreprise possède une expertise reconnue en matière d'études d'impact. Hydro-

Québec s'engage à ce que les mesures proposées soient efficaces. » Voir : Hydro-Québec, Faits saillants de la cinquième table d'information et d'échanges, Mesures de mitigation, Programme de surveillance et de suivi, Organismes régionaux, 6 avril 2000.

58. En réalité, l'écosystème des rivières et du lac a dû s'adapter à un nouveau contexte environnemental depuis les interventions humaines sur ce milieu. La nature a repris progressivement ses droits, même si on sait que cette rivière par les remises en eau effectuée continuera épisodiquement à être passablement perturbée. L'idée n'est pas d'en faire un drame. Vraisemblablement, on ne pourra pas remettre la pâte à dent dans le tube.
59. Après étude, « Il n'y a pas de solution pour réduire ou faire disparaître le banc de sable devant la pourvoirie. » Voir Lettre de Claude Tessier à Michel Trudel et Gilles Shooner, 21 octobre 2009.
60. Comme la pourvoirie dans son état actuel ne peut plus être exploitée de façon rentable, en toute logique, en toute simplicité et en tout esprit de justice, les propriétaires de la pourvoirie concluent que la meilleure et la seule façon de réparer les torts économiques qu'elle a subi et continuera de subir serait qu'Hydro-Québec devienne propriétaire des lieux à travers une entente négociée de bonne foi. Plusieurs arguments militent en ce sens.
61. Il s'agit d'abord et avant tout d'une question de justice. Quiconque crée un dommage par sa faute est tenu de le réparer. La pourvoirie a perdu ses attraits et l'essentiel de sa valeur marchande.
62. Deuxièmement, il y a aussi une question d'équité. Lors de la négociation qui a présidé à l'acceptation du projet par le Conseil des Montagnais du Lac-St-Jean et par la MRC du Fjord-du-Saguenay, de généreuses indemnités compensatoires leur ont été et leur seront versées pour encore très longtemps par Hydro-Québec, alors que le territoire était complètement hors réserve et non-municipalisé. Ces indemnités totalisaient plusieurs dizaines de millions, voir au-delà d'une centaine de millions sur l'ensemble de la période. Ce sont pourtant les propriétaires de la pourvoirie qui, principalement, font les frais des conséquences du détournement de la Manouane.
63. Le troisième argument serait l'opportunité pour Hydro-Québec de créer avec ce territoire un centre d'étude, un lieu où pourrait être mieux compris l'impact des détournements et de remises en eau à répétition de rivières et pour enrichir ainsi les modèles de simulation et les solutions pour minimiser vraiment ce type d'ensablement pour l'avenir. Pareillement, Hydro-Québec pourrait examiner directement sur le terrain

en quoi les données et les méthodes dont la société s'est servi pour mesurer les impacts, établir les mesures d'atténuation et de compensation et pour justifier le niveau de débit écologique devraient être revues pour éviter d'autres catastrophes du genre.

64. Quatrièmement, Hydro-Québec pourrait aussi se servir des installations de Pourvoirie Lac Duhamel dans le cadre du chantier qu'elle devra mettre en place pour construire des lignes de transmission devant servir à l'approvisionnement de Ressources d'Ariane. Le projet minier au Lac à Paul a des besoins importants en électricité. Pour combler ces besoins, il est prévu qu'Hydro-Québec devra les approvisionner en construisant des lignes de transmission.
65. Cinquièmement, elle pourrait aussi choisir de louer ou céder, moyennant compensation et tout en réservant ses droits, l'exploitation de la pourvoirie à Ressources d'Ariane qui dans le cadre de son projet d'extraction et de traitement de phosphore-titane vient de se porter acquéreur de la Pourvoirie du Lac Paul, voisine de celle du Lac Duhamel. Une petite partie de leurs claims se situe, d'ailleurs, sur le territoire de la Pourvoirie du Lac Duhamel.
66. Sixièmement, comme Hydro-Québec a besoin de la rivière Manouane et que Ressources d'Ariane pourrait aussi avoir des besoins très importants en eau, en raison du procédé de flottage qu'elle utilisera, ces besoins, vraisemblablement, devraient être satisfaits, du moins en partie, à partir de l'eau de la rivière Manouane. Il sera sans doute névralgique pour Hydro-Québec que s'harmonisent les usages projetés. Voir Étude de pré faisabilité, Ressources d'Ariane.
67. Septièmement, les impacts de la dérivation tant sur la Petite Manouane que sur le lac Duhamel ne sont pas conformes aux engagements pris par Hydro-Québec vis-à-vis le Conseil des Montagnais du Lac St-Jean. Hydro-Québec avait à l'époque promis aux autochtones de ne perdre aucune superficie de fraie et de réaliser un gain net d'habitats et de productivité pour la ouananiche. Or, la société aura, sans doute, à négocier le tracé des lignes de transmission à construire. Voir document informatif du Conseil. La communauté autochtone pourrait également être intéressée à reprendre la Pourvoirie ou à bénéficier des installations et, à ce titre, les installations de la pourvoirie pourraient être considérées comme valeur d'échange dans le cadre d'une éventuelle négociation.
68. Huitièmement, les autorités d'Hydro-Québec doivent comprendre que l'écosystème des rivières Manouane, Petite Manouane et du lac Duhamel a déjà suffisamment été perturbé et qu'il sera éventuellement jugé comme étant de leur responsabilité de mieux évaluer et contrôler la suite des choses et ce, d'autant plus, que les audiences publiques

du BAPE sur le projet minier et le corridor de transmission n'ont pas encore débutées. C'est une question de développement durable à prendre en compte. Ainsi, Hydro-Québec pourrait céder ses droits sur la pourvoirie à une organisation telle Conservation Nature-Québec, un chef de file dans la protection des terres écosensibles. Un partenariat pourrait s'établir entre cet organisme sans but lucratif et la société d'État, comme elle l'a déjà fait, ailleurs, au Québec.

69. Les propriétaires de Pourvoirie Lac Duhamel ne veulent pas de cadeau, ni ne cherchent autre chose qu'un traitement juste et équitable.
70. Ils souhaitent par cette transaction être remboursés indirectement de leurs investissements initiaux, des améliorations effectuées au niveau des divers bâtiments, des routes et des sentiers qu'ils ont aménagés, des équipements servant à l'exploitation, des déficits encourus annuellement depuis 2004, des frais encourus pour la défense du dossier et des intérêts courus. De son côté, Hydro-Québec reprend le contrôle sur un territoire d'une importance névralgique pour elle.
71. Les propriétaires de la pourvoirie sont disposés à vous soumettre une offre de cession, tout en vous suggérant, si la Société et la minière jugeaient la chose opportune, que celle-ci en fasse, par la suite, le rachat et que ces frais d'acquisition soient au besoin incorporés à sa facture d'électricité.
72. Jamais les propriétaires de la pourvoirie ne l'auraient achetée, s'ils avaient su ce qui les attendait avec le détournement de la rivière Manouane. Ils se sont battus depuis plus de dix ans pour la survie de la pourvoirie. Ils ont désormais cessé de croire aux promesses de restauration de la qualité de pêche et de disparition de l'ensablement, car les causes perdurent et perdureront. Ils sont ouverts à la discussion sur la mise en marche d'un processus de règlement et de vente dans le meilleur intérêt de toutes les parties, incluant l'abandon de toute autre réclamation et l'inclusion d'une clause de confidentialité.
73. La situation vécue par Pourvoirie Lac Duhamel démontre qu'Hydro-Québec a effectivement tout fait en son pouvoir pour limiter les impacts de cette dérivation. Elle démontre aussi que la société connaissait les risques. En dépit des mesures adoptées, du suivi effectué et des correctifs imaginés, la dérivation de la rivière Manouane illustre, en bout de ligne, le caractère aléatoire que peuvent revêtir toutes les études et toutes les démarches effectuées au nom de la protection de l'environnement. On ne peut pas détruire la nature et la rebâtir à l'identique. Le temps est à l'acceptation de l'idée que la science a ses limites, même dans le domaine de l'hydroélectricité et même entre les mains d'un géant comme Hydro-Québec.

74. Les propriétaires de la pourvoirie n'ont pas de doute qu'Hydro-Québec voudra accepter cette main tendue, cesser de recourir à des faux-fuyants, accepter et prendre vraiment ses responsabilités; responsabilité face aux dommages déjà causés à l'environnement, responsabilité face au Conseil de bande des Montagnais, responsabilité face à l'Agence canadienne de l'environnement et à Pêches et Océans Canada, responsabilité face au Gouvernement du Québec et à son ministère de l'Environnement, responsabilité face aux engagements pris dans le document d'avant-projet et par M. Réal Laporte envers la pourvoirie, responsabilité face aux torts causés aux exploitants-propriétaires de la pourvoirie, responsabilité face à Ressources d'Arianne inc. et son projet minier et responsabilité face à l'avenir de ce magnifique territoire et de ses rivières.

CONFIDENTIEL

Annexe 6

Rapport soumis par Denis W. Roy,
géologue, PhD, professeur émérite à l'UQAC,
le 6 mars 2013. **Croissance du Delta
de la Petite rivière Manouane
dans le Lac Duhamel** (Rivière
Manouane) entre 1948 et 2012. Rapport d'expertise
commandé par Pourvoirie Lac Duhamel

RAPPORT SOUMIS À
POURVOIRIE DU LAC DUHAMEL

6 MARS 2013

**CROISSANCE DU DELTA
DE LA RIVIÈRE PETITE MANOUANE
DANS LE LAC DUHAMEL (RIVIÈRE MANOUANE)
ENTRE 1948 ET 2012**

Rapport préparé par

Denis W. Roy, géologue, PhD, Professeur émérite à l'UQAC

CROISSANCE DU DELTA DE LA RIVIÈRE PETITE MANOUANE DANS LE LAC DUHAMEL (RIVIÈRE MANOUANE) ENTRE 1948 ET 2012

Résumé

Le lac Duhamel se trouve le long de la rivière Manouane principale à une soixantaine de kilomètres en amont de l'embouchure de cette dernière dans la rivière Péribonka au NNE du lac Saint-Jean (Québec). La rivière Petite-Manouane forme un delta au coin nord-ouest de ce lac alors que la rivière Manouane principale arrive au coin nord-est. L'analyse géomorphologique de photos aériennes (1948, 1964, 1973, 1987 et 1996) et par hélicoptère (2005 et 2006) provenant du rapport Poly-géo (2007), et de l'image satellite « Google earth, 2012 » de la partie nord du lac Duhamel montre que le delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel a connu au cours de son développement deux phases de croissance rapide séparées par une phase de croissance plus lente. En 1948, le delta se résumait à deux petites îles boisées couvrant environ 2,1 hectares à l'embouchure de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel, représentant peut-être un équilibre séculaire. La couverture végétale mature de ces îles en indique une présence antérieure probablement prolongée.

La première phase de croissance rapide (28 mètres par an d'allongement moyen en 16 ans), survenue entre 1948 et 1964, a pratiquement triplé la superficie du petit delta initial, et elle correspond chronologiquement à la dérivation partielle du cours supérieur de la rivière Manouane principale vers la rivière Péribonka réalisée en 1959. Puis une croissance lente à modérée du delta s'est poursuivie de 1964 à 1996 (32 ans) avec un peu moins de 6 mètres par année d'allongement moyen. Enfin, une deuxième phase de croissance rapide avec, encore, un taux d'allongement moyen de 28 mètres par année s'est produite entre 1996 et 2012 (16 ans) et a porté la superficie du delta à 10 fois celle de 1948. Cette deuxième phase correspond chronologiquement à une deuxième dérivation de la rivière Manouane principale, cette fois vers le réservoir Pipmuacan sur la rivière Bersimis. Ces deux dérivations ont nécessairement entraîné une baisse significative (80% à 90%) du débit de la rivière Manouane principale en amont du lac Duhamel, ainsi qu'une baisse de niveau du lac de l'ordre 1,5 mètre (Poly-Géo, 2007). Cela a déclenché d'une part une érosion régressive accélérée du lit de la rivière Petite-Manouane et de ses berges découpées dans une ancienne terrasse de sable, et d'autre part une rétention beaucoup plus grande de ces sédiments dans le lac Duhamel proportionnelle aux baisses de débit successives de la rivière Manouane principale suite aux dérivations. L'image satellite de 2012 montre suffisamment de traces d'érosion ponctuelles de la terrasse bordant la rivière Petite-Manouane sur une quinzaine de kilomètres en amont du lac Duhamel pour expliquer la rapidité constatée développement du delta depuis les premières déviations de la rivière Manouane principale.

En conséquence, les causes les plus probables de la formation rapide du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel sont la baisse des eaux de la rivière Manouane principale suite aux dérivations de ses eaux d'abord vers la rivière Péribonka (1959) et ensuite vers la rivière Bersimis (2003) ainsi que les réductions successives de débit de la rivière Manouane principale. Une étude hydrologique des débits et des niveaux d'eau à l'aide d'hydrogrammes et d'autres techniques d'estimation pourrait préciser quantitativement le modèle esquissé ci-haut à partir d'une analyse géomorphologique.

Table des matières

<u>Introduction</u>	1
<u>Photos et images utilisées</u>	1
<u>Formation du delta de la rivière Petite-Manouane</u>	2
Photo de 1948	2
Photo de 1964	3
Photo de 1973	4
Photo de 1987	4
Photo de 1996	5
Photo de 2005	6
Photo de 2006	7
Image de 2012	7
<u>Implications de la photo-interprétation géomorphologique</u>	8
<u>Analyse de données hydrologiques</u>	10
Évènement A	11
Évènement B	13
Évènements C, D et E	14
<u>Éléments souhaitables d'une analyse hydrologique</u>	14
<u>Conclusion et recommandation</u>	15
<u>Liste des tableaux</u>	
1- Images utilisées	2
2- Levée en rive gauche du chenal Ouest	3
3- Dépôts reliés au chenal Est	4
4- Débits de la rivière Manouane et niveaux du lac Duhamel	11
5- Étapes de croissance du delta de la rivière Petite-Manouane	12
6- Moyennes de débits locaux des rivières Manouane principale et Petite Manouane.	13
<u>Liste des figures</u>	
1. Développement du delta de la rivière Petite-Manouane	9
<u>Liste des annexes</u>	
A- Images utilisées	18

CROISSANCE DU DELTA DE LA RIVIÈRE PETITE MANOUANE DANS LE LAC DUHAMEL (RIVIÈRE MANOUANE) ENTRE 1948 ET 2012

Étude préparée par Denis W. Roy, géologue, PhD et professeur émérite à l'Université du Québec à Chicoutimi pour Pourvoirie du Lac Duhamel inc.

6 mars 2013

Introduction

Cette étude vise d'abord à documenter la croissance du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel depuis 1948 à l'aide d'une interprétation géomorphologique des photos aériennes jointes au rapport Poly-Géo (2007) ainsi que de la photo satellite affichée sur Google earth en décembre 2012. Le lac Duhamel (49°58'N, 70°54'O, feuillet cartographique 22E15) correspond à un palier de la rivière Manouane situé à une soixantaine de kilomètres en amont du point où cette dernière se jette dans la rivière Péribonka. Les étapes de cette croissance seront ensuite mises en parallèle avec les variations de débit (et de niveau) de la rivière Manouane en vue d'identifier de possibles concordances chronologiques. Et, les inférences que suggèrent ces concordances pourraient être quantifiées par un hydrologue familier avec le comportement des cours d'eau en milieu périvoréal.

Le rapport débute par une brève revue des propriétés des photos aériennes et des images utilisées pour faire l'interprétation géomorphologique du secteur nord du lac Duhamel. La description du terrain suivie d'une interprétation ponctuelle de chaque photo conduit ensuite à une synthèse de l'évolution géomorphologique du secteur analysé et de son contexte régional et à quelques questions d'ordre hydrologique. L'examen des données hydrologiques confirme une baisse considérable du débit de la rivière Manouane principale et suggère diverses autres conséquences sur les débits et niveaux d'eau dans les principaux éléments du système hydrologique local. Enfin, des questions que soulèvent une lecture attentive des données hydrologiques reliées aux diverses images analysées et aux phases de la dérivation vers le réservoir Pipmuacan sont formulées et introduisent une recommandation d'étude hydrologique.

Photos et images utilisées

Les photos et images utilisées pour la présente étude correspondent aux sept images formant l'annexe A du rapport Poly-Géo (2007), soit cinq photos aériennes (A1 à A5) et deux photos par hélicoptère (A6 et A7) toutes imprimées à l'échelle 1 : 8 000 et à l'image satellite disponible dans Google earth en décembre 2012 (Tableau 1). Les cinq premières proviennent de photo aériennes classiques enregistrées sur des négatifs de 9 po par 9 po; les extraits qu'en constituent les photos A1 à A5 constituent des « images analogiques ». Elles se présentent en noir et blanc avec une gamme de tons de gris et permettent généralement une pénétration jusqu'à 1 ou 2 mètres de profondeur d'eau au-delà des berges des lacs et cours d'eau.

Il semble en être de même pour les deux images en couleur prises (A6 et A7) par hélicoptère pour la pénétration dans les profondeurs d'eau; cependant, nous ignorons si ces dernières sont « analogiques » (pellicule photo) ou « numériques », et dans le dernier cas, si elles sont panchromatiques ou multi spectrales, ... Par contre, l'image satellite présentée par Google earth est certainement numérique et multispectrale, mais son traitement et les rehaussements utilisés sont inconnus. Quoiqu'il en soit, la pénétration dans l'eau que montre l'image Google semble très limitée.

Tableau 1- IMAGES UTILISÉES

Numéro	Date	Source (échelle originale)
A1*	1948 (25 septembre)	A11682-193 (1/ 31 000)
A2*	1964 (25 juin)	Q64341-39 (1/ 15 840)
A3*	1973 (16 juillet)	Q73117-115 (1/ 15 000)
A4*	1987 (10 juillet)	Q87311-175 (1/ 15 000)
A5*	1996 (28 août)	Q96210-270 (1/ 15 000)
A6**	2005 (28 août)	Hydro-Québec
A7**	2006 (22 août)	Hydro-Québec
Google†	2012 (jour, mois ?)	(?)
Notes	*	Photo aérienne noir et blanc publique (Source : A... : Gouv. Canada, Q... : Gouv. Québec)
	**	Image couleur privée par hélicoptère
	†	Image satellite en fausses couleurs Google earth (consulté 18.12.2012)

Formation du delta de la rivière Petite-Manouane

La photo aérienne de 1948 (Annexe A1) montre l'état des lieux avant toute intervention humaine dans l'hydrographie. L'embouchure de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel y est marquée par deux îles boisées appelées « A » et « B » dans le rapport de Poly-Géo (2007). L'île « A » sépare la rivière Petite-Manouane en deux chenaux, appelés « Est » et « Ouest » dans le même rapport. Le chenal Est s'écoule vers le sud-est dans le centre nord du lac Duhamel alors que le chenal Ouest demeure orienté vers le sud, longeant la rive ouest du même lac. L'île A s'allonge de barres de sable sans végétation (bandes gris très clair) vers l'amont et vers l'aval précisant la position de la rive gauche (est) du chenal Ouest. L'île « B » se place au nord du chenal Est à son entrée dans le lac Duhamel. Une barre de sable médiane transverse et sans végétation marque le prolongement du chenal Est dans le lac Duhamel. Les berges de la rivière Petite-Manouane en amont de son embouchure sont marquées d'anciennes terrasses d'alluvions couvertes d'arbres ou de buissons¹ et découpées de chenaux abandonnés. Le terrain occupé par la pourvoirie du lac Duhamel au nord du lac Duhamel entre les embouchures des rivières Manouane et Petite-Manouane est déjà dégagé d'arbres. Enfin, deux îles boisées sont présentes dans la rivière Manouane l'une du côté sud de son embouchure dans le lac Duhamel (au sud du PK² 61 de la rivière Manouane), et l'autre, aussi du côté sud de la rivière mais plus en amont à environ 150 m au sud-ouest du point PK 62 de la rivière Manouane.

Le boisé mature sur les îles A et B de l'estuaire de la rivière Petite-Manouane et sur celles de la rivière Manouane indiquent que leur formation est au moins quelques

¹ Zone triangulaire gris clair tacheté de blanc d'environ 500 m par 1 km (environ du PK 0,5 au PK 1,5) en rive droite de la rivière Petite-Manouane (coupe de bois à blanc datant de 10 à 20 ans ?).

² PK : point kilométrique le long du cours d'une rivière.

dizaines d'années antérieure à la prise de la photo de 1948. Les barres de sable en amont et en aval de l'île A et celle dans le prolongement du chenal Est indiquent qu'en 1948, un delta avait commencé à se former à l'embouchure de la rivière Petite-Manouane. Les dimensions de ces barres sont données aux tableaux 2 et 3.

La photo aérienne de 1964 (Annexe A2) est postérieure à la dérivation, en 1959, du cours supérieur de la rivière Manouane vers la rivière Péribonka en amont du barrage de « Chute des Passes ». Les chenaux Est et Ouest de l'estuaire de la rivière Petite-Manouane de part et d'autre de l'île A demeurent bien marqués. Cependant, la barre de sable en aval de l'île A et en rive gauche du chenal Ouest s'est nettement allongée et élargie : elle forme maintenant une bande blanche dense et continue de dimension équivalente à l'île A, située immédiatement au sud de cette dernière, et se poursuit plus vers le sud par des dépôts discontinus sur quelques centaines de mètres. La barre médiane transverse dans le prolongement du chenal Est a disparu.

Une zone de dépôts faiblement marqués apparaît au nord-est de l'île B. Plusieurs autres zones de dépôts apparaissent aussi dans la rivière Manouane principale en amont du point PK 62, autour de ce dernier, et autour de l'île en aval de ce dernier. Un arc de dépôts s'est aussi formé à l'ouest du point PK 60 dans le lac Duhamel. Enfin, la reprise forestière se poursuit dans la zone faiblement boisée en 1948 à l'ouest de la rivière Petite-Manouane pendant que la terrasse ouest commence à s'éroder. Et, parallèlement, un petit banc de sable et des dépôts mal définis y sont apparus entre ses points PK 0,5 et PK 1,0 en amont de sa jonction avec le lac Duhamel.

Tableau 2- LEVÉE EN RIVE GAUCHE DU CHENAL OUEST

Image (Date)	Long ¹ (m ±15)	Large ² (m ±15)	Délai ³ (ans)	Taux ⁴ (m/a)	Niveau ⁵ (m)
1948-09-25	295	95	--	--	252,7
1964-06-25	745	105	16	28	252,3
1973-07-16	750	120	9	1	252,3
1987-07-10	905	210	14	11	251,1
1996-08-28	930	225	9	3	251,0
2005-08-28	n/d	250	(9) ⁶		251,1
2006-08-22	n/d	215	(1) ⁶		251,4
2012-xx-xx	1375	265	16	28	n/d

- 1) Longueur parallèle à l'axe du chenal Ouest.
- 2) Largeur perpendiculaire à l'axe du chenal Ouest.
- 3) Intervalle de temps entre deux photos successives.
- 4) Taux moyen d'allongement de la levée de rive gauche pendant le temps écoulé depuis la photo précédente.
- 5) Niveau estimé du lac Duhamel (Poly-Géo, 2008).
- 6) Extrémité sud de la levée non visible sur les photos A6 et A7

Le delta de la rivière Petite-Manouane s'est très largement développé depuis 1948; la partie dense au sud de l'île A correspond au début d'une levée naturelle en rive gauche (est) du chenal Ouest. En amont de l'embouchure de la rivière Manouane principale dans le lac Duhamel, un ensablement important s'est produit autour des îles et hauts fonds à partir d'un demi kilomètre au nord-est du PK 61. Dans le lac Duhamel, des bancs de sable apparaissent à l'ouest du PK 60. Et enfin, dans la rivière Petite-Manouane, un ensablement débute du côté est en amont du PK 0,5 de cette dernière alors que son côté ouest commence à être érodé.

La photo aérienne de 1973 (Annexe A3) illustre la progression des phénomènes observés sur l'image de 1964. Les dépôts de rive gauche du chenal Ouest de l'estuaire de la rivière Petite-Manouane se sont consolidés et élargis, mais sans s'allonger de façon mesurable (Tableau 2). Une zone boisée est délimitée par Poly-Géo (2007) sur la partie est de la bande de dépôts consolidés au sud de l'île A. Les dépôts dans le chenal de la rivière Manouane principale en amont du point PK 62 se sont nettement consolidés (et partiellement boisés selon Poly-Géo, 2007). Le dépôt discontinu arqué à l'ouest du point PK 60 dans le lac Duhamel est toujours présent et s'étend maintenant au sud du PK 60. Enfin, une zone de dépôts en forme de chenal tressé est maintenant développée dans la rivière Petite-Manouane surtout de son côté est entre ses points PK 0,5 et PK 1,0 pendant que sa rive ouest correspondante continue à être érodée.

Il résulte de ces observations qu'en 1973, la rive gauche (est) du chenal ouest du delta de la rivière Petite-Manouane se consolide pour devenir de plus en plus une levée discontinue en voie de se stabiliser, que les dépôts dans la rivière Manouane se font essentiellement à plus d'un demi kilomètre en amont de son embouchure dans le lac Duhamel, alors que ceux de la rivière Petite-Manouane se partagent entre la consolidation de la levée gauche du chenal Ouest et son prolongement vers le sud dans le lac Duhamel.

Tableau 3- DÉPÔTS RELIÉS AU CHENAL EST

Image	Dans l'estuaire	Long ¹	Large ²	Devant l'embouchure	Rayon ³	Long ¹	Large ²
(Date)		(m)	(m)		(m)	(m)	(m)
«Avant»	Îles A et B	152	176				
1948-09-25				Barre médiane transverse	215	8	32
1964-06-25				Barre invisible			
1973-07-16				Barre invisible			
1987-07-10	Delta digité fin	416	344	Levée englobant l'île B	>152	152	136
1996-08-28	Delta digité grossier	432	384	Levée compacte englobant l'île B	>152	160	144
2005-08-28	Zone bosselée	440	360	Levée dégradée à l'est de B			
2006-08-22	Zone bosselée	425	360	Levée dégradée à l'est de B			
2012-xx-xx	Levée du côté NE	390	95	Barre médiane asymétrique	460	84	65

1) Longueur mesurée parallèlement à l'axe du chenal Est.

2) Largeur mesurée perpendiculairement à l'axe du chenal Est.

3) Distance entre le début du chenal Est sur les photos de Poly-Géo (2007) et la partie distale de la forme *sauf pour les barres médianes où c'est la distance proximale*

La photo aérienne de 1987 (Annexe A4) montre un allongement significatif de la levée gauche du chenal Ouest de la rivière Petite-Manouane, levée toujours discontinue mais de plus en plus couverte de végétation selon Poly-Géo (2007). Au moment de la prise de photo, le chenal Ouest est largement occupé par des bancs de sable alors que le chenal Est a développé, à son tour, une levée gauche en aval de l'île B ainsi qu'un delta

digité³ qui s'avance de quelques 400 mètres dans le lac Duhamel (Tableau 3). Ce delta présente une partie proximale qui montre un drapé de gris moyen à blanc immédiatement à la sortie du chenal, une ligne fine et sinueuse sépare ce drapé de la partie distale aux tons de gris plus foncés avec une texture radiale fine. Un petit chenal qui traverse le sud de la levée gauche du chenal Ouest montre aussi un delta semblable mais plus petit. Ce chenal transverse (ci-après appelé « *chenal Sud-est* »), orienté globalement est sud-est, se situe à près de 600 mètres au sud du chenal Est. Un petit banc de sable apparaît maintenant au sud-est de quai de la pourvoirie du lac Duhamel. La végétation continue son développement et les bancs de sable leur allongement sur les nombreuses îles qui occupent maintenant le cours principal de la rivière Manouane en amont du lac Duhamel et dans ce dernier à l'ouest du PK 60; Une nouvelle barre de dépôts, gris clair entouré de blanc, de quelque 300 mètres de longueur apparaît maintenant à environ 400 m au sud du PK 60. Un chenal d'une centaine de mètres de largeur subsiste entre l'extrémité sud de la levée gauche du chenal Ouest et l'île à l'est du point PK 60. Enfin, dans la rivière Petite-Manouane, les barres de sable du côté est en amont du PK 0,5 sont toujours plus développées et le talus d'érosion de son côté ouest s'allonge.

Une nouvelle étape dans le développement du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel s'est complétée en 1987 : le chenal Est a déposé une quantité considérable de sédiments sous forme d'une levée gauche en aval et au nord-est de l'île B et d'un cône deltaïque au bout du chenal Est dont les deux parties pourraient représenter deux phases distinctes de dépôt. Et un autre petit chenal plus au sud qui traverse la levée gauche du chenal Ouest se termine lui aussi par un petit cône deltaïque. Ce comportement est normal dans un delta digité où plusieurs chenaux distincts peuvent amener des sédiments à un lac (ou à la mer) de façon simultanée ou en alternance.

La photo aérienne de 1996 (Annexe A5) présente un nouvel aspect du delta digité formé par le chenal Est dans le lac Duhamel. La partie proximale, moins bien définie que qu'en 1987, est divisée en deux par une barre de sable médiane longitudinale blanche, alors que la partie distale montre des chenaux radiaux plus larges et mieux individualisés qu'en 1987, surtout au sud de la barre médiane. Le banc de sable au sud-est du quai de la pourvoirie est un peu plus gros qu'en 1987. Le petit chenal qui traverse la partie sud de la levée gauche du chenal Ouest se divise en deux, isolant la partie centrale du cône deltaïque dont la dimension a plus que doublée par rapport à celle visible en 1987. Le chenal qui sépare l'île à l'ouest du PK 60 du bout de la levée gauche du chenal Ouest est moins large qu'en 1987. La végétation commence à se développer sur la barre de dépôts (maintenant devenue une île) à environ 400 m au sud de PK 60. L'île au sud du PK 61 à l'embouchure de la rivière Manouane principale dans le lac Duhamel est maintenant reliée à la rive sud-est par une bande de dépôts couverts de végétation selon Poly-Géo (2007). Il en est de même pour l'île au sud-ouest du point PK 62 où un débarcadère a été installé (du côté nord-ouest où coule encore la rivière

³ Delta digité (ou « en patte d'oiseau ») : Le delta digité le plus spectaculaire est le delta du Mississippi. La forme de ce type de delta est essentiellement contrôlée par la force des cours d'eau et leur apport de sédiments.

Manouane principale). Et les bancs de sable de PK 0,5 à PK 1,0 de la rivière Petite-Manouane semblent maintenant amalgamés à la rive gauche alors que des talus d'érosion continuent de se développer en rive droite.

En somme, on remarque en 1996, une progression du delta de la rivière Petite-Manouane légère vers le sud (tableau 2) et forte vers l'est (tableau 3), un changement important du cours de la rivière Manouane principale en amont du lac Duhamel (la largeur du cours d'eau est maintenant réduite de 75 à 80% par rapport à la largeur visible en 1948 en amont d'un demi kilomètre de l'embouchure de cette dernière dans le lac Duhamel. Le comportement de la rivière Petite-Manouane en amont de son PK 0,5 poursuit un processus de déplacement latéral local vers l'ouest du cours d'eau amorcé avant 1964. Ce processus correspond à l'érosion d'une terrasse sablonneuse préexistante à l'ouest de la rivière et à un dépôt de sable au niveau de l'eau à l'est. La différence de niveau entre la terrasse érodée à l'ouest et les bancs de sable formés à l'est explique en partie le volume de sable qui forme maintenant le delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel.

L'image de 2005 (Annexe 6) présente l'état des lieux après une dérivation partielle de la rivière Manouane principale vers le réservoir Pipmuacan (sur la rivière Bersimis située plus à l'est) et la construction d'un seuil artificiel à l'extrémité sud du lac Duhamel par Hydro-Québec. L'image de 2005 couvre une surface plus réduite que les précédentes. On y voit la dernière partie de la rivière Petite-Manouane avant son embouchure de 1948 dans le lac Duhamel, les îles A et B, la partie nord du chenal Ouest, sa levée gauche maintenant boisée, le chenal Est en entier, le chenal Sud-est (transverse au sud de la levée gauche du chenal Ouest), le delta digité du chenal Est et celui du chenal sud-est, la pourvoirie du lac Duhamel et l'embouchure de la rivière Manouane principale. Le chenal Ouest est y largement occupé par des bancs de sable plutôt continus. Le chenal Est apparaît plus large que sur les images précédentes; il change d'orientation vers le sud du côté est de la levée gauche du chenal Ouest. La levée gauche du chenal Est autour de l'île B apparaît dégradée de même que la partie de son delta située au nord et à l'est de sa position visible sur la photo. Les chenaux assez bien définis qui caractérisaient cette partie distale du delta sur l'image de 1996 ne sont plus reconnaissables, ils font place une surface bosselée plus ou moins régulière. Une de ces bosses se place à une faible distance de banc de sable au sud-est du quai, rendant ce dernier difficile à atteindre. Cependant la superficie occupée par le delta dans la partie visible sur l'image du rapport Poly-Géo (2007) demeure à peu près la même que sur l'image de 1996. Le chenal transverse Sud-est ne présente qu'une seule branche rectiligne orientée vers le sud-est, et la dimension de son delta apparaît comparable à celle de l'image de 1996.

Le nouvel aspect du delta du chenal Est suggère un remodelage de sa surface par des effets « glaciels⁴ » de la couverture de glace hivernale qui bouge et frotte les hauts fonds au début de la crue printanière avant de fondre. L'absence de l'île autour du PK

⁴ Le glacial regroupe tous les phénomènes géomorphologiques liés à l'action de la couverture de glace hivernale et des radeaux de glace printaniers en climats tempérés et froids.

60 du lac Duhamel sur l'image de 2005 empêche de voir si elle est toujours indépendante de la levée gauche du chenal Ouest.

L'image de 2006 (Annexe A7) couvre davantage de la rivière Manouane principale que celle de 2005, mais leurs parties communes se ressemblent beaucoup. Dans ces parties, les principales différences se retrouvent dans les deltas du chenal Est et du chenal transverse Sud-est. Les parties au nord-est et est du delta à l'embouchure du chenal Est apparaissent plus dégradées que dans l'image de 2005 : aucune trace des chenaux visibles sur l'image de 1996 ne subsiste et la partie nord-ouest apparaît plus inondée. Par contre, la levée gauche du chenal Est apparaît plus dense (plus claire) et continue. La rivière Manouane principale en amont de son embouchure dans le lac Duhamel n'est au quart de sa largeur de 1948 qu'en amont de l'île où se trouve le débarcadère, île qui est consolidée et boisée depuis 1987 selon Poly-Géo (2007).

Tout comme pour l'image de 2005, l'absence de l'île autour du PK 60 du lac Duhamel sur l'image de 2006 empêche de voir si elle est toujours indépendante de la levée gauche du chenal Ouest. Avec sa densité plus grande de sédiments en rive gauche dans le prolongement du chenal Est, cette image de 2006 annonce le prolongement de la levée gauche du chenal Est que l'image de 2012 montre clairement.

L'image de 2012 (Annexe A8), qui provient d'un satellite, confirme en bonne partie les observations et la lecture des images précédentes. Elle permet de voir que la levée gauche du chenal Ouest de la rivière Petite-Manouane s'est suffisamment rapprochée de l'île à l'ouest du point PK 60 pour former maintenant une même levée gauche discontinue à l'ouest de ce qui reste de la partie nord du lac Duhamel. D'autant plus que des bancs de dépôts semblent relier maintenant l'île PK 60 à la rive ouest du lac Duhamel. Le chenal Est et le chenal Sud-est demeurent bien définis. Une levée gauche à peu près continue semble bien établie au nord du chenal Est. Un bras de ce dernier, vers l'est nord-est, recoupe la dite levée près de son extrémité. Ce chenal s'est développé à contre-courant de ce qui reste de la rivière Manouane principale. Le chenal transverse Sud-est, de son côté, se subdivise en deux bras séparés par une barre médiane longitudinale en « V ». Le rétrécissement visible de la rivière Manouane principale en amont du lac Duhamel s'arrête à la nouvelle presque-île où se trouve le débarcadère. Le banc de sable au sud-est du quai de la pourvoirie est toujours présent et le quai toujours difficile à atteindre.

Enfin Google earth 2012 permet d'examiner le territoire au-delà du terrain couvert par l'étude de Poly-Géo (2007). Les résultats de cet examen confirment les hypothèses suggérées par l'analyse de la série d'images du terrain de 1948 à 2006 :

- Le seuil construit en 2004 par l'Hydro-Québec au sud du lac Duhamel est bien visible; il obstrue environ 80% de la largeur locale du lac; et, dans la partie où l'eau s'écoule, il semble y avoir un peu de turbulence suggérant qu'il accomplit, au moins en partie, sa fonction de maintenir un niveau d'eau « minimum » dans le lac Duhamel. Mais quel que soit ce niveau d'eau, il ne pourra jamais remonter à leur point d'origine les sédiments accumulés dans le delta de la rivière Petite-Manouane au nord-ouest du lac.

- Le banc de dépôts à 400 m au sud de l'île PK 60, émergeant en 1987 et faiblement végétalisé en 1996, poursuit sa consolidation en une île permanente nouvelle; Cette dernière est maintenant accompagnée de plusieurs autres bancs de dépôts plus au sud.
- L'ensablement de la rivière Manouane principale en amont du lac Duhamel s'arrête avec la nouvelle presqu'île du « débarcadere », soit 0,5 kilomètre avant l'embouchure de la rivière dans le lac. L'ensablement progressif depuis 1948 de la partie nord-ouest du lac ne peut donc pas provenir de cette rivière qui s'y jette au nord-est.
- Le cours principal de la rivière Petite-Manouane se situe la même grande vallée nord-sud que le lac Duhamel. Ce cours principal montre un chenal méandreux encaissé dans des terrasses de dépôts de sable plus anciens sur au moins 15 kilomètres avec régulièrement des talus d'érosion récente sur les côtés convexes des méandres. La terrasse sablonneuse s'élève de quelques 270 m d'altitude⁵ près du lac Duhamel à 280 – 290 m au nord du segment examiné. Le niveau de la rivière elle-même s'élève doucement de celui du lac Duhamel (estimé à 251,4 m en 2006 par Poly-Géo, 2007) à un niveau de 259 m d'altitude à 12 km en amont.
- De son côté, la rivière Duhamel, un important affluent de rive droite de la rivière Petite-Manouane, provient d'une zone de hautes terres de 300 m à plus de 500 m en altitude; elle rejoint cette dernière à 1,5 km en amont de son embouchure dans le lac Duhamel. Ce cours d'eau dévale le versant rocheux de la vallée de la rivière Petite-Manouane et n'y montre aucune érosion discernable sur l'image satellite sauf dans son cône d'alluvions qui découpe la terrasse sablonneuse au fond de la vallée où coule cette dernière.
- En conséquence, l'érosion de terrasses de sable anciennes de part et d'autre du cours principal de la rivière Petite-Manouane apparaît être la source la plus probable du sable qui forme maintenant un delta au coin nord-ouest du lac Duhamel.

Implications de la photo-interprétation géomorphologique

Entre 1948 et 2012, la rivière Petite-Manouane a développé un delta important au coin nord-ouest du lac Duhamel. Ce delta occupe près de la moitié ouest de la largeur du lac Duhamel sur une longueur d'environ 1,4 km à l'extrémité nord de ce dernier. Ce delta montre deux phases d'allongement N-S rapide séparées par un ralentissement relatif (Figure 1) : la première phase rapide se produit entre 1948 et 1964 avec un taux d'allongement moyen de 28 m par année, le ralentissement relatif se déroule de 1964 à 1996 avec un taux d'allongement variant de moins de 1 m par année à 11 m par année, et la deuxième phase rapide, elle aussi avec un taux d'allongement moyen de 28 m par année débute en 1996 et se poursuit toujours en 2012. Il importe de souligner que la deuxième phase rapide est largement tributaire de l'incorporation de l'île à l'ouest du PK 60 à la levée gauche du chenal Ouest. La construction de cette île était déjà amorcée en 1964. Toutefois, les découpages des images de 2005 et 2006 empêchent de

⁵ Les altitudes des terrains (terrasse ancienne au fond de la vallée, plateau à l'ouest et niveau d'eau du cours principal de la rivière Petite-Manouane à 12 km en amont de son embouchure) proviennent de cartes numérisées au 1/20°00 du ministère des Ressources naturelles du Québec (2009) conformes à la carte 1;50 000 du MRN Canada.

constater quand l'île à l'ouest du PK 60 du lac Duhamel a été reliée à la levée gauche du chenal Ouest.

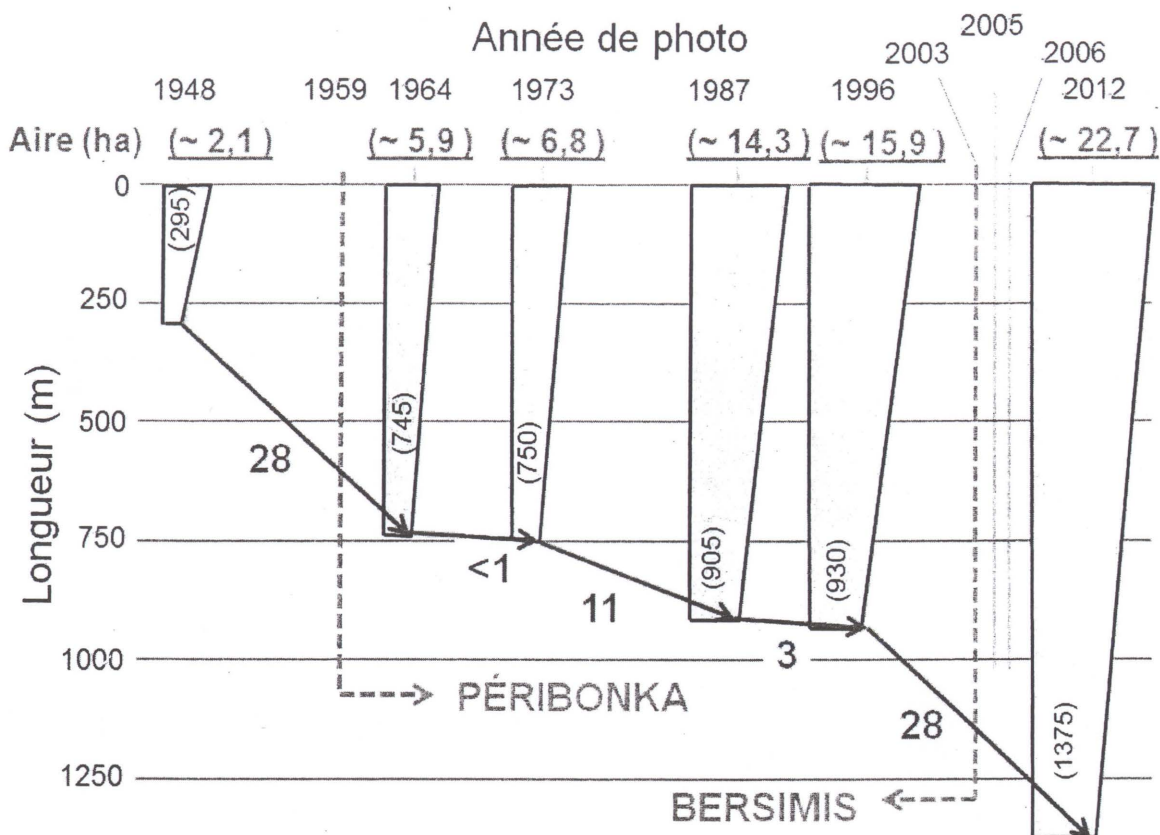


Figure 1- DÉVELOPPEMENT DU DELTA DE LA RIVIÈRE PETITE-MANOUANE. Trapèzes colorés aux dates des photos disponibles dans Poly-Géo (2007) à l'échelle des dimensions mesurées sur les tableaux 2 et 3. Lettrage vert : aire en hectares. Lettrage noir entre parenthèses : longueur de la levée gauche du chenal Ouest. Flèches et chiffres rouges : taux annuels d'allongement en m/an. Flèches en tirets bleus : dates de dérivation des eaux de la rivière Manouane principale.

La dimension atteinte en 2012 par le delta de la rivière Petite-Manouane dépend de deux facteurs : l'apport de sable par cette dernière et la baisse du niveau d'eau dans le lac Duhamel; le premier étant largement tributaire du second. Selon Poly-Géo (2007), le niveau d'eau estimé dans le lac Duhamel passe de 252,7 m d'altitude en 1948 à 251,0 m en 1996, soit une baisse de 1,7 m en 48 ans. Or, un lac est un « niveau de base local » auquel répondent les cours d'eau qui s'y jettent. Lorsque ce niveau de base demeure stable, les cours d'eau se régularisent et finissent par adopter un « profil d'équilibre » idéal sans érosion ni dépôt. Une baisse de niveau d'eau comme celle constatée au lac Duhamel force les cours d'eau tributaires à rechercher un nouvel équilibre en abaissant le niveau de leur lit sur plusieurs kilomètres en amont du lac. Ce processus, appelé « érosion régressive⁶ », se traduit par le transfert vers le lac de

⁶ L'érosion régressive est comparable à un effet domino où une perturbation se propage en amont à une vitesse dépendant de l'ampleur de la perturbation (baisse du niveau de base), de la pente du terrain et

quantités considérables de sédiments provenant des bassins de ses cours d'eau tributaires. À débit constant, le délai de réponse des divers cours d'eau dépend de la facilité d'érosion que présentent leur lit et leurs berges. Et, manifestement, dans le cas du lac Duhamel, seule la rivière Petite-Manouane a un délai de réponse rapide, d'où la construction rapide d'un delta important à son embouchure dans le lac Duhamel. La rivière Manouane principale, avec son débit très réduit et son lit difficilement érodable selon Poly-Géo (2007), n'a pas encore réussi à amener de nouveaux sédiments à moins de 0,5 km de son embouchure dans le lac Manouane. Et la rivière Duhamel, un affluent important de rive droite de la rivière Petite-Manouane, ne montre aucun signe d'érosion importante sur l'image satellite de 2012 entre sa jonction avec cette dernière et le plateau élevé et généralement rocheux⁷ qu'elle draine.

Poly-Géo (2007) a soigneusement délimité les limites de reprise végétale (terrestre) sur les espaces émergés pour chacune des photos (images) utilisées. Cette limite correspond à peu près au niveau moyen des « hautes eaux » des dernières années antérieures (typiquement une décennie). Ces superficies avec végétation, croissantes d'une photo à l'autre, ainsi que les nouvelles formes de terrain reconnues sur des photos successives confirment que le scénario de croissance du delta de la rivière Petite-Manouane, présenté ici, correspond généralement à la réalité des 64 dernières années quelles que soient les incertitudes des données hydrologiques estimées.

Les données de débit et de niveau d'eau du rapport de Poly-Géo (2007) et celles fournies par le Centre d'expertise hydrique du Québec via Pourvoirie du lac Duhamel soulèvent diverses questions qui font l'objet de la prochaine section du présent texte.

Analyse des données hydrologiques

L'analyse de données hydrologiques telles que les débits et les niveaux d'eau est délicate car ces données présentent des variations considérables à l'intérieur d'une même année (crue – étiage) et d'une année à l'autre. L'importance des variations annuelles d'un paramètre peut même dépasser l'ordre de grandeur de moyennes pluriannuelles⁸ de la valeur du dit paramètre. En plus de la variation de ces grandeurs, les dates de crue et d'étiage peuvent aussi varier sensiblement d'une année à l'autre. Cela dit, les données des tableaux 4, 5 et 6, lorsque présumées représentatives de la réalité, soulèvent des questions auxquelles, seul, un hydrologue expérimenté sait trouver des réponses fiables.

de la nature du lit du cours d'eau. Mais la grandeur de ces variables n'a d'effet que sur la vitesse de propagation, et non sur la réalité de cette dernière.

⁷ Les massifs rocheux sont longs et difficiles à éroder.

⁸ Les moyennes pluriannuelles permettent de lisser l'effet des variations.

Tableau 4- DÉBITS DE LA RIVIÈRE MANOUANE ET NIVEAUX DU LAC DUHAMEL.

Sources des données : (*), Poly-Géo, 2007 (tableau 1); (†), CEHQ via Pourvoirie du lac Duhamel

Information en date de ^a	Photo Voir tab. 1	LAC DUHAMEL					PETITE MANOUANE Débit ⁵ (m ³ /s)	Événement ⁶
		Débit amont ¹ (m ³ /s)	Débit aval ^{1,2}		Niveau lac ⁴			
			PK61 (m ³ /s)	PK50 (m ³ /s)	Variation ³ (m ³ /s)	PK61 (m)		
25 SE 1948	Anx A1	224*	264*	-40	252,7*	--	40	
1959 avant		167*			252,3*	-0,4)		
1959 après		51*			251,47*	-0,83		A
25-JN-1964	Anx A2	124*	203*	-61	252,3*	+0,83	79	
16 JL 1973	Anx A3	107*	175*	-28	252,2*	-0,1	68	
10 JL 1987	Anx A4	31,2*	50,8*	-124,2	251,1*	-1,1)	19,6	B
28 AU-1996	Anx A5	27,1*	44,2*	-6,6	251*	-0,1)	17,1	
21 SE 2003			44,04†	-0,16				C
7 NO 2003			40,22†	-3,82				C
8 JL 2004			101,7†	+61,48				C
24 AU 2004			57,47†	-44,23				D
28 AU 2005	Anx A6	8,8*	20,3*	-37,17	251,1*	+0,1	11,5	D
22 AU 2006	Anx A7	13*	35*	+14,7	251,4*	+0,3	22	D
17 JL 2008			107,3†	+72,3				D
9 SE 2008			45,71†	-61,59				E

a- Avant ou après la dérivation de 1959 vers la rivière Péribonka

1. Estimé selon le Centre d'études hydriques du Québec (CEHQ)

2. Mesuré (après 1979) à la sortie du lac Duhamel, station 062209 du CEHQ

3. Différence (débit ou niveau) par rapport à l'information précédente

4. Estimé du niveau du lac Duhamel (au PK61) selon une relation développée par le CEHQ.

5. La différence entre les débits aval et amont du lac Duhamel à la date de l'information correspond essentiellement au débit de la Petite-Manouane

6. Événements définis dans le texte.

Le premier événement ayant affecté la morphologie du lac Duhamel (« Événement A ») correspond à la dérivation des eaux du cours supérieur de la rivière Manouane principale vers la Rivière Péribonka via le canal « Bonnard » par l'Alcan en 1959 (Tableau 4). Cette dérivation est contrôlée par un barrage à l'exutoire du lac Manouane. La photo de 1948 documente l'état de lieux au lac Duhamel avant la mise en service de cette dérivation. Deux petites îles boisées et de courtes barres de sable témoignent d'une amorce de delta à développement lent (en centaines d'années). Le débit naturel de la rivière Manouane principale en amont du lac Duhamel⁹ était alors de l'ordre de 200 m³/s et celui de la rivière Petite Manouane de 40 m³/s (Tableau 4). Lors de la photo de 1964, ces valeurs passent respectivement à 124 et 79 m³/s, et le delta voit sa

⁹ Moyenne des deux valeurs citées par Poly-Géo (2007).

superficie multipliée par un facteur de 2,8 (de 2,1 à 5,9 hectares; Figure 1, tableau 5) pendant que le débit aurait baissé de moitié environ (Tableau 6). Il y a donc correspondance entre l'événement A et la « Première phase d'allongement rapide » du delta de la rivière Petite-Manouane décrite plus haut entre les images de 1948 et 1964.

Tableau 5- ÉTAPES DE CROISSANCE DU DELTA DE LA RIVIÈRE PETITE-MANOUANE

Image Date	ÉVÉNEMENT	Levée gauche du chenal «Ouest»		Delta de la Petite- Manouane		Date Délai (a)
		Allongement	Longueur (m)	Taux annuel (m/a)	Aire (ha)	
1948	État des lieux		295		~ 2,1	
	A- DÉRIVATION DE LA MANOUANE PRINCIPALE VERS LA PÉRIBONKA[§]					1959
1964	Rapide		745	28	~ 5,9	x 2,8
1973	Lent		750	< 1	~ 6,8	x 1,2
	B- NON IDENTIFIÉ					
1987	Modéré		905	11	~ 14,3	x 2,1
1996	Lent		930	3	~ 15,9	x 1,1
	C- DÉRIVATION # 1 MANOUANE PRINCIPALE VERS LA BERSIMIS[§]					21 sept. 2003
	FIN DE LA CONSTRUCTION DU SEUIL AU SUD DU LAC DUHAMEL					7 nov. 2003
	ARRÊT DE LA DÉRIVATION					8 juil. 2004
	D- DÉRIVATION # 2 MANOUANE PRINCIPALE VERS LA BERSIMIS[§]					24 août 2004
2005 (28 août)			n/d	n/d	n/d	n/d
2006 (22 Août)			n/d	n/d	n/d	n/d
	ARRÊT DE LA DÉRIVATION					17 juil. 2008
	E- DÉRIVATION # 3 MANOUANE PRINCIPALE VERS LA BERSIMIS[§]					9 sept. 2008
2012	Rapide		1375	28	~ 22,7	x 1,5

§ : La cause la plus probable de la formation rapide du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel est la baisse répétée des eaux de la rivière Manouane principale suite aux dérivations de ses eaux d'abord vers la rivière Péribonka (1959) et ensuite vers la rivière Bersimis (2003).

Le « *Ralentissement relatif* », après ce premier allongement rapide, se déroule de l'image de 1964 à celle de 1996 et comporte trois phases :

- La croissance du delta de la rivière Petite-Manouane y demeure d'abord faible jusqu'en 1973. Alors, les débits des rivières Manouane principale et Petite-Manouane baissent respectivement à 107 et 68 m³/s (Tableau 4) et la superficie du delta progresse à peine avec un taux moyen d'allongement moyen plus petit que 1 m/a (Figure 1, tableau 5), suggérant que l'effet à court terme de la dérivation de 1959 vers la Péribonka est largement absorbé par le système de la Manouane principale et de la Petite-Manouane au niveau du Lac Duhamel.
- Une croissance plus rapide du delta se produit entre les images de 1973 et de 1987, à savoir, de 6,8 à 14,3 hectares superficie, soit un facteur de 2,1, et un taux d'allongement moyen de 11 m/a (Figure 1, tableau 5). À noter que cet allongement est indépendant de la précision de l'estimation des débits, il reflète donc

nécessairement un accroissement réel du delta de la rivière Petite-Manouane et de son couvert végétal nommé « Évènement B ».

- Et ensuite, de 1987 à 1996, la croissance du delta (de 14,3 à 15,9 hectares) a été faible avec un taux moyen d'allongement de 3 m/a. (Figure 1).

L'évènement « B » se serait produit entre les dates des photos de 1973 et 1987 (Tableau 5). Le changement de mode d'estimation des débits en 1979 suite à l'implantation d'une station de jaugeage au PK 50 de la rivière Manouane principale, n'explique pas la croissance significative du delta de la rivière Petite-Manouane pendant cette période, croissance qui résulte nécessairement d'un phénomène réel

Si les débits tirés de Poly-Géo (2007) sont représentatifs de la réalité au PK 61, ils impliquent un débit réduit, de 82%¹⁰ en 2006 par rapport à la valeur antérieure aux dérivation vers la Péribonka (1959) et la Bersimis (2003) (Tableau 6). Selon la même hypothèse de représentativité, la réduction de débit de la rivière Petite-Manouane entre les périodes de 1948 à 1973 et de 1987 à 2006 devrait refléter uniquement le changement du mode d'estimation des débits. Seule une étude hydrologique bien faite pourrait valider l'hypothèse de représentativité des valeurs de débit fournies par Poly-Géo (2007).

Entre 2003 et 2012, les débits de la rivière Manouane principale, observés par le CEHQ au PK 50 en aval du lac Duhamel, sont nettement moindres en « situation de dérivation » qu'en « arrêt de dérivation » (Tableau 6). Même si la variation de débit est dans le bon sens, son ampleur réelle dépend de la représentativité des données utilisées. Et en supposant ces données représentatives, le débit (« constant ») de la

Tableau 6- Moyennes de débits locaux des rivières Manouane principale et Petite Manouane.

Les débits utilisés sont tirés du tableau 4 :

* - Poly-Géo, 2007; † - CEHQ via Pourvoirie du lac Duhamel.

Date - Évènement	R. Manouane principale		R. Petite-Manouane m ³ /s
	Amont (PK 61)	Aval ¹	
Moyenne de débits	m ³ /s*	Rapport	m ³ /s [†]
1948 à 1959 av. ² ÉVÈNEMENT A	195,5	(- 48 %)	62
1959 ap. ² à 1973	94		
1973 à 1987 ³ ÉVÈNEMENT B	(-75,8)		(-48,4)
1987 à 1996 ÉVÈNEMENT C	29,15	(-37,5%)	17,5
2005 à 2006	10,9		
2003 à 2012 2 arrêts de dérivation 08 JL 2004 et 17 JL 2008 ÉVÈNEMENTS C, D ET E 6 débits « en dérivation »			104,5 (-52,8) 51,7

1. Station de jaugeage du CEHQ au PK 50 en aval du lac Duhamel où les débits des rivières Manouane principale et Petite-Manouane sont combinés.
2. Avant ou après la dérivation vers la rivière Péribonka.
3. Différence entre les débits 1987 et 1973 de Poly-Géo (2007). Voir aussi texte.

10 Produit des rapports de diminution (1948 à 1973 et 1987 à 2006) des débits : $0,48 * 0,375 = 0,18$. Et $100\% - 18\% = 82\%$

rivière Petite-Manouane représenterait le 2/3 du débit de la rivière Manouane principale au PK 50 en aval du lac Duhamel en situation de « dérivation », alors qu'en situation « d'arrêt de dérivation », il n'en représenterait que 1/3.

Indépendamment du changement de mode d'estimation des débits, la croissance réelle du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel pendant la période 1973 à 1987 (Évènement B) implique certainement au moins un « coup d'eau » dont l'origine pourrait être naturelle ou anthropique. Une origine naturelle compatible avec les informations disponibles pourrait être une tempête extratropicale majeure¹¹ comparable au « déluge du Saguenay » de 1998, tempêtes dont la récurrence pourrait être de quelques dizaines d'années.

Mais quelle que soit l'identité réelle de cet évènement B, la diminution de débit qui résulte de la dérivation en 1959 vers la rivière Péribonka (Évènement A) et qui le caractérise aussi (Tableau 4) augmente nécessairement le potentiel de sédimentation dans le lac Duhamel. En effet, le débit d'érosion de sédiments sablonneux est plus grand que le débit nécessaire à leur transport dans un cours d'eau, qui à son tour est plus grand que leur débit de sédimentation. Or, le lac Duhamel est un lieu où les débits chutent d'autant plus fortement que celui de la rivière Manouane principale est réduit. Ainsi, toute réduction de débit de cette dernière a comme conséquences potentielles :

- a) une chute de débit sous le seuil de sédimentation interdisant aux particules entraînées par la rivière Petite-Manouane de poursuivre leur trajet vers l'aval du lac;
- b) une sédimentation résultante de ces particules à l'embouchure de la rivière Petite-Manouane dans le dit lac pour y former un delta de plus en plus grand.

En conséquence, les îles A et B pourraient bien représenter un équilibre séculaire entre l'apport de sédiments au lac Duhamel par la rivière Petite-Manouane et le maintien d'un débit suffisant dans la rivière Manouane principale et le lac Duhamel pour y interdire la sédimentation. Alors le début du développement du delta de la rivière Petite Manouane après la dérivation de 1959 vers la rivière Péribonka marquerait une rupture anthropique moderne de cet équilibre séculaire.

Les trois autres événements (« C », « D » et « E ») correspondent tous à la *deuxième phase d'allongement rapide* du delta de la rivière Petite-Manouane décrite plus haut entre les images de 1996 et 2012.; ils sont tous reliés à une nouvelle dérivation de la rivière Manouane principale; cette fois vers la rivière Bersimis (Réservoir Pipmuacan) par Hydro-Québec le 21 septembre 2003 (Tableau 5). Chaque événement correspond à une phase de mise en service de la dérivation, et des interruptions de cette dérivation s'intercalant entre les événements. Les deux images du terrain (2005 et 2006) discutées par Poly-Géo (2007) reflètent l'état des lieux pendant l'évènement « D » et sont accompagnées des mêmes données que les photos aériennes sauf pour l'image de la situation autour du point PK 60 dans le lac Duhamel. Les débits mesurés à la station de jaugeage située au point PK 50 de la rivière Manouane principale en aval du lac Duhamel pour les diverses étapes des événements « C », « D » et « E », ont été

¹¹ À l'exemple du « déluge » de juillet 1996, mais en un peu moins gros.

fournis par le CEHQ, soit directement dans le rapport de Poly-Géo (2007), soit par le CEHQ (Tableau 4). Les plus faibles de ces débits aval correspondent aux images de 2005 et 2006 (Tableau 4), et alors, les débits calculés au tableau 4 pour la rivière Petite-Manouane apparaissent plus forts que les débits estimés pour la rivière Manouane principale à son entrée dans le lac Duhamel. Les interruptions de la dérivation vers le réservoir Pipmuacan qui marquent la fin des événements « C » et « D » correspondent à des débits aval mesurés similaires, respectivement de 107,7 m³/s (8 juillet 2004) et de 103,3 m³/s (17 juillet 2008). Enfin, la présence du seuil artificiel dont la construction s'est terminée le 7 novembre 2003 semble maintenir le niveau du lac Duhamel au-dessus de la cote de 251 m, soit plus d'un mètre plus bas que les deux niveaux estimés avant toute dérivation des eaux du bassin versant de la rivière Manouane principale.

Un scénario possible de l'évènement C est le suivant : baisse marquée de débit de la rivière Manouane principale avec la première mise en service de la dérivation vers le lac Pipmuacan (21 septembre 2003), baisse résultante du niveau lac Duhamel pendant la construction du seuil artificiel à son extrémité sud, et crue printanière de 2004 dans la rivière Petite-Manouane qui apporte de nouveaux sédiments à son delta que le débit résiduel de la rivière Manouane principale ne permet guère d'entraîner plus loin.

L'évènement D, qui a duré du 24 août 2004 au 17 juillet 2008, a pu suivre un scénario semblable au précédent, avec une crue printanière à chacune des années 2005, 2006, 2007 et 2008. Les images de 2005 et de 2006 montrent un niveau bas du lac Duhamel et l'étendue du couvert végétal sur les diverses îles formées ou prolongées depuis 1959 y indiquent un niveau moyen des « hautes eaux » très bas tel que discuté plus haut.

Et l'évènement « E » reproduit probablement un scénario semblable depuis son début le 9 septembre 2008.

Ces scénarios sont basés sur les prémisses que a) des niveaux bas dans le lac Duhamel accélèrent l'érosion des terrasses sablonneuses qui tapissent le fond de la vallée où coule la rivière Petite-Manouane sur au moins une bonne quinzaine de kilomètres (Voir l'analyse de l'image satellite de 2012 présentée plus haut dans le présent rapport), et que b) les bas débits résiduels de la rivière Manouane principale réduisent significativement sa capacité d'évacuer du lac Duhamel les sédiments apportés par la rivière Petite-Manouane.

Éléments souhaitables d'une analyse hydrologique

Le modèle de développement du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel tiré de l'analyse géomorphologique des photos et images du terrain peut être confirmé, nuancé et quantifié par une analyse hydrologique faite par un professionnel familier avec les régimes des cours d'eaux en milieux péri-boréaux. Les questions qui suivent, sans être exhaustives, fournissent des balises à une telle analyse complémentaire.

Question 1- Que s'est-il passé au point de vue hydrologique entre 1973 et 1987 ? Y a-t-il eu une tempête majeure d'envergure régionale pendant cette période ? Sinon, y a-t-il eu un phénomène naturel ou anthropique qui pourrait expliquer l'accélération de la croissance du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel pendant cette période?

Question 2- Est-il possible de construire, de façon indépendante, un hydrogramme pour les débits mesurés depuis 1979 à la station 062209 du CEHQ (PK 50 de la rivière Manouane principale) ?

Question 3- Existe-t-il une autre station de mesure de débit sur la rivière Manouane principale en amont du lac Duhamel mais en aval de l'endroit où les effets de la dérivation vers le réservoir Pipmuacan se font sentir et où un hydrogramme comparable pourrait être construit ?

Question 4- Est-il possible de construire des hydrogrammes pour la rivière Petite-Manouane à partir des réponses aux questions 2 et 3, l'un représentatif de l'ensemble du bassin versant de la Petite-Manouane et l'autre en y soustrayant la contribution de son affluent la rivière Duhamel?

Question 5- Pour les périodes où des observations précises de débit sont disponibles, est-il possible de construire un diagramme de récurrence de crues, de calculer le débit correspondant à la crue moyenne, et d'estimer le niveau correspondant du lac Duhamel?

La réponse à ces questions par un hydrologue expérimenté devrait permettre de préciser l'histoire et les causes de la construction du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel.

Conclusion et recommandations

À mon avis, la formation inévitable du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel a certainement été fortement accélérée par chacune des deux dérivations qu'a subies la rivière Manouane en 1959 et 2003. Cependant, bien que la contribution de la dérivation de 2003 à la formation du delta de la rivière Petite-Manouane dans le lac Duhamel soit patente, elle demeure impossible à détailler faute d'images appropriées.

L'affirmation que « *la baisse du niveau du lac Duhamel due aux dérivations qu'a subies la rivière Manouane principale ainsi que les baisses résultantes du débit de cette dernière sont les causes les plus probables de la formation accélérée du delta de la rivière Petite-Manouane (en quelques dizaines d'années) en deux phases rapides, l'une correspondant à la dérivation de 1959 vers la rivière Péribonka (largement terminée en 1964 ou 1973), et l'autre en 2003 vers la rivière Bersimis (apparemment toujours en cours en 2012)* » peut être évaluée quantitativement par une étude hydrologique appropriée par un professionnel compétent.

Remerciements

Plusieurs discussions avec Pierre Cousineau, sédimentologue au département des sciences appliquées de l'UQAC, et l'aide technique de Madame Françoise Lange, responsable de la cartothèque de l'UQAC et de Monsieur Claude Dallaire ont permis à l'auteur améliorer la qualité du présent rapport. Cependant l'analyse, les hypothèses et les conclusions contenues dans le présent rapport demeurent la seule responsabilité de son auteur.

Référence

Poly-Géo (2007) correspond à la notice recommandée à l'intérieur du document suivant.

Pâquet, G et Hardy, L., Poly-Géo inc., 2007. *Étude de l'évolution du delta de la petite rivière Manouane dans le lac Duhamel*. Rapport final présenté à Hydro-Québec Équipement – Direction Environnement et services techniques. 23 p. et 2 annexes.

Annexe A

Reproduction des photos utilisées pour l'analyse géométrique à l'échelle 1/ 16°000

Date	Type	Numéro	Échelle	Page
			originale	
1948	Photo aérienne NB	A11682-193	1/ 31 000	19
1964	Photo aérienne NB	Q64341-39	1/ 15 840	20
1973	Photo aérienne NB	Q73117-115	1/ 15 000	21
1987	Photo aérienne NB	Q87311-175	1/ 15 000	22
1996	Photo aérienne NB	Q96210-270	1/ 15 000	23
222005	Photo hélicoptère Couleur	Hydro-Québec	n/d	24
2006	Photo hélicoptère Couleur	Hydro-Québec	n/d	25
2012	Image satellite Couleur	Google earth	n/d	26

Annexe 7

CV du professeur émérite

Denis W. Roy, géologue, PhD

Curriculum vitae de DENIS W. ROY

Professeur émérite (retraité) de géologie, Département des Sciences appliquées, Université du Québec à Chicoutimi

Études universitaires

Programme	Dates	Établissement	Diplôme	Obtention
Baccalauréat en géologie	1963-1966	Université de Montréal	BSc (géologie)	1966
Maîtrise en géologie	1966-1968	Université de Montréal	MSc (géologie)	1969
Doctorat en géologie	1968-1971	Princeton University, N.J., USA	PhD (geology)	1978

Ordre professionnel

Ordre des géologues du Québec; Membre 108 depuis 1967

Expérience professionnelle

Fonction	Titre	Employeur	Dates
Enseignement ^a et recherche ^b	Professeur	UQAC	1971-2009
Cartographie géologique ^c	Géologue junior, sénior et contractuel	Ministère des Ressources minérales du Québec	Étés 1964-1970 Étés 1982 (et 1983)
Géologie conseil ^d	Géologue professionnel	Variés	1996, 2008 et 2013

a) Enseignement (Principaux cours)

Baccalauréat : • Géomorphologie et aménagement géotechnique (34 fois). • Géologie structurale (19 fois). • Tectonique (19 fois). • Camp de cartographie géologique (19 fois). • Camp de planimétrie (11 fois). • Notre Planète (7 fois). • Catastrophes naturelles (7 fois).

Maîtrise et doctorat : • Analyse structurale (19 fois). • Devis de recherche (14 fois).
• Géodynamique externe (4 fois).

Encadrement d'étudiants : • Projet de fin d'études (51 étu.). • Mémoire de Maîtrise (38 étu.).
• Thèse de doctorat (6 étudiants).

b) Recherche (Principaux thèmes)

- Géologie du roc dans Charlevoix, Saguenay - Lac-Saint-Jean et Mauricie (avant 1985).
- Tremblement de terre du Saguenay (1988-1991). • Télédétection géologique. (1987-2000).
- Hydrogéologie, massifs fracturés et dépôts meubles (Après 1993).

Note : Après l'accident de la route qui m'a rendu paraplégique en 1985, j'ai réorienté mes activités de recherche du terrain vers l'interprétation géologique d'images de tout type.

c) Cartographie géologique

- Dépôts meubles au Lac-Saint-Jean (1964). • Réservoir Manicouagan (1965-1966). • Ungava (1967). • Charlevoix (1968-1970). • Basse Côte-Nord du Saint-Laurent (1982-1983). • Socle rocheux au Saguenay – Lac-Saint-Jean (1978-1985).

d) Géologie conseil

- Analyse de linéaments dans une région aurifère à Terre-Neuve (1996).
- Dépôts tardi-glaciaires à proximité du barrage Péribonka-4 (2008)

Principales publications

Voir annexe jointe

Curriculum vitae de DENIS W. ROY

ANNEXE : PRINCIPALES PUBLICATIONS

Géologie du roc dans Charlevoix, Saguenay - Lac-Saint-Jean et Mauricie

- THIVIERGE, S., ROY, D.W., CHOWN, E.H. et GAUTHIER, A., 1983. Évolution du complexe alcalin de St-Honoré (Québec) après sa mise en place. *Mineralium deposita*, 18: 267-283.
- JOURDAIN, V., ROY, D.W. et SIMARD, J.M., 1987. Stratigraphy and structural analysis of the North Gold zone at Montauban-Les-Mines, Québec. *CIM Bulletin*, Oct., p.61-66.
- ROY, D.W., WOUSSEN, G., DIMROTH, E. and CHOWN, E.H., 1986. The central Grenville Province: a zone of protracted overlap between crustal and mantle processes. *In*: J.A. Moore, A. Davidson and A.J. Baer, editors, *New perspectives on the Grenville Province*. Geological Association Canada, Special Paper 31, pp. 51-60.
- WOUSSEN, G., ROY, D.W., DIMROTH, E. and CHOWN, E., 1986. Mid-Proterozoic extensional tectonics in the core zone of the Grenville province. *In*: J.A. Moore, A. Davidson and A.J. Baer, editors, *New perspectives on the Grenville Province*. Geological Association Canada, Special Paper 31, pp. 297-311.
- ROY, D.W., DUBERGER, R., et WOUSSEN, G., 1998. Did the opening of the Central Atlantic Ocean reactivate faults in the Charlevoix - Saguenay area? Eastern section meeting of the Seismological Society of America, Ottawa, October 1997, *Seismological Research Letters*, 1998, V69, No 1, p83.

Tremblement de terre du Saguenay

- DUBERGER, R., ROY, D.W., LAMONTAGNE, M., WOUSSEN, G., NORTH, R.G., and WETMILLER, R.J., 1991. The Saguenay (Québec) earthquake of november 25, 1988: seismological data and geological setting. *Tectonophysics*, 186, p.59-74.

Téledétection géologique

- ROY, D.W., SCHMITT, L., WOUSSEN, G. and DUBERGER, R., 1993. Airborne SAR images and the tectonic setting of the 1988 Saguenay earthquake, Québec, Canada. *Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59, p.1299-1305.
- ROY, D.W., BOILY, J., DESJARDINS, R., LEMIEUX, G.H., et TOUTIN, T., 1998a. Extraction mécanique des linéaments sur des images Radarsat-I et analyse des résultats. *Symposium Radarsat ADRO, Comptes-rendus*, 8 p.. Montréal, 13,14 15 octobre.
- ROY, D.W., DESJARDINS, R., LEMIEUX, G.H., et TOUTIN, T., 1998b. Cartographie des rubanements lithologiques et des linéaments géologiques à l'aide d'une vision stéréoscopique d'images Radarsat-I et de photographies aériennes. *Symposium Radarsat ADRO, Comptes-rendus*, 9 p.. Montréal, 13,14 15 octobre.
- DESJARDINS, R., IRIS, S., ROY, D.W., LEMIEUX, G.H. et TOUTIN, T., 2000. Efficacité des données de RADARSAT-1 dans la reconnaissance des linéaments: un bilan. *Journal canadien de télédétection*, 3e numéro spécial sur la télédétection, 26(6): 537-548.

Hydrogéologie, massifs fracturés et dépôts meubles

- TREMBLAY, M.-L., ROY D.W., ROULEAU A. et RASMUSSEN H., 2003. Démarche d'estimation d'aires d'alimentation d'ouvrages de captage intégrant l'information géologique ; dans *Proceedings of the Fourth Joint IAH-CNC/CGS Conference*, Winnipeg, Man., Sept.29 - Oct.1, 6 pages
- ROY, D.W., TREMBLAY, M.L., et COUSINEAU, P. 2006. Les différents types d'aquifères au Québec. Chapitre 4 dans : *Outils de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captage d'eau souterraine*, 2^e édition (2006). Rasmussen, H., Rouleau, A. et Chevalier, S. (éditeurs scientifiques). 43 pages. Document diffusé par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/alim-protect/index.htm> , mise à jour: mars 2006

Curriculum vitae de DENIS W. ROY

ROY, D.W., VERREAULT, M., TREMBLAY, M.L., ROULEAU, A., COUSINEAU, P. ET RASMUSSEN, H., 2006. Levés géologiques. Section 6.1 : dans : *Outils de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captage d'eau souterraine*, 2^e édition (2006). Rasmussen, H., Rouleau, A. et Chevalier, S. (éditeurs scientifiques). 8 pages. Document diffusé par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/alim-protec/index.htm> , mise à jour: mars 2006

TREMBLAY, M.L., ROY, D.W., et COUSINEAU, P.A., 2006. Paramètres géologiques influençant les propriétés hydrogéologiques d'un aquifère. Chapitre 3 dans : *Outils de détermination d'aires d'alimentation et de protection de captage d'eau souterraine*, 2^e édition (2006). Rasmussen, H., Rouleau, A. et Chevalier, S. (éditeurs scientifiques). 17 pages. Document diffusé par le Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. <http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/souterraines/alim-protec/index.htm> , mise à jour: mars 2006

ROY, D.W., BEAUDOIN, G., LEDUC, É., ROULEAU, A., WALTER, J., CHESNAUX, R., et COUSINEAU, P., 2011. Isostasie différentielle au Lac-Saint-Jean (Québec) et implications pour l'eau souterraine. Comptes-rendus, GeoHydro 2011, 28-31 août 2011, Québec, Canada, résumé étendu, 8 p.

Annexe 8

Évaluation du professeur Fritz Neuweiler, Diplom-Geologe,

Dr.rer.nat, d'un document intitulé : «Étude
du delta de la petite rivière Manouane dans Lac
Duhamel» Soumis par Poly-Geo inc. à Hydro-Québec
en janvier 2008. Rapport d'expertise commandé par
Pourvoirie Lac Duhamel, 15 janvier 2013



Fritz Neuweiler, Diplom-Geologe, Dr. rer. nat
Professeur
Fritz.Neuweiler@ggl.ulaval.ca

Faculté des sciences et de génie

Département de Géologie et de Génie géologique

1065, Avenue de la Médecine, Université Laval

Québec, Qc, G1V 0A6

Québec, 15 janvier 2013

Évaluation d'un document intitulé « Étude de l'évolution du delta de la petite rivière Manouane dans le lac Duhamel », soumis par POLY-GÉO inc. à Hydro-Québec en janvier 2008

1 Mise en situation

Le jeudi premier novembre 2012, j'ai été contacté par courrier électronique par Monsieur Denis Savard, représentant de la Pourvoirie Lac Duhamel. Dans son courriel, Monsieur Savard a mentionné que la Pourvoirie Lac Duhamel était à la recherche d'un expert indépendant pouvant évaluer la qualité d'un document intitulé « *Étude de l'évolution du delta de la petite rivière Manouane dans le lac Duhamel* », soumis à Hydro-Québec par POLY-GÉO inc. Le mardi six novembre, une réunion s'est tenue au siège de la Pourvoirie, 719 rue de Cherbourg, à Québec. Lors de cette réunion d'une durée d'environ 60 minutes, la situation actuelle m'a été brièvement expliquée. Un film documentaire a été visionné suivi d'une brève discussion et d'un échange de documents (rapport de POLY-GÉO inc., photographies aériennes, carte topographique).

2 Sources d'information

Pour la réalisation de cette expertise, les sources suivantes ont été utilisées :

- « *Étude de l'évolution du delta de la petite rivière Manouane dans le lac Duhamel* », rapport soumis par POLY-GÉO inc. à Hydro-Québec en janvier 2008;
- Une carte topographique de la région (FPQ, 2001);

- Les copies et les impressions de photographies aériennes des années 1948, 1964, 1973, 1987, 1996, 2005 et 2006;
- La littérature scientifique (référéncée ci-dessous).

3 Évaluation

3.1 *Qualité de la description*

Le document évalué fournit une bonne description des éléments géomorphologiques de la région comme on peut les voir sur les photographies aériennes. La plupart des éléments sont décrits et étiquetés correctement. L'étendue de la couverture végétale n'a pu être vérifiée en raison des inscriptions en caractères gras sur les copies des photos aériennes. Certains méandres abandonnés dans la partie nord de la *Petite Manouane* auraient dû être mentionnés (système dynamique de la rivière et coupure épisodique qui sont des éléments très distincts sur la carte topographique). De façon plus importante, seul un delta significatif s'est formé (de 300 mètres de diamètre environ) et il se trouve au confluent du *Chenal de l'Est* et de la rivière *Manouane* (nommé ci-après *delta du Chenal-Est*). Dans le rapport de POLY-GÉO, le *delta du Chenal-Est* correspond à la partie nord-est du delta de la rivière *Petite Manouane* (leur figure 1). Ce dernier n'est pas un grand delta, il est plutôt de caractère composé (*delta du Chenal-Est*, auquel s'ajoutent une petite île, vestige de l'érosion des anciens bancs, la formation de bancs en aval de l'île, des bancs longitudinaux à l'échelle kilométrique et un ensemble hiérarchisé de canaux et de bancs transversaux à l'échelle de centaines de mètres). La zone d'intérêt (ayant un impact sur la Pourvoirie) correspond à la zone rectangulaire au confluent du *Chenal de l'Est* et de la rivière *Manouane* (voir l'analyse ci-dessous). En outre, le *delta du Chenal-Est* présente une nette distinction géomorphologique qui a été ignorée. Le front sud du delta montre des canaux, des barres longitudinales, des barres d'embouchure (*mouth bars*) et de nombreux signes d'avulsion fortement dirigés vers le sud. Dans la zone du front nord du delta (en direction de la rive nord et de la Pourvoirie), ce modèle est masqué et remplacé par une distribution plus irrégulière de bancs peu profonds ainsi que de canaux et de dépressions impliquant un autre régime d'écoulement d'eau dans cette zone critique. Finalement, on ne retrouve pas de discussion concernant la qualité des photographies aériennes : pourquoi les dates spécifiques d'enregistrement ont-elles été choisies? Pourquoi d'autres photographies (si elles existent) ont-elles été ignorées? Dans quelle mesure (profondeur et albédo de surface) les ondulations subaquatiques peuvent-elles être reconnues en fonction de la résolution technique, du rayonnement solaire et des degrés variables de charge de sédiments (en suspension, turbidité)? Par exemple, la photo de l'année 1948 est d'une résolution relativement faible et elle implique des zones sombres avec des arêtes

abruptes (sud-ouest) qui compromettent sérieusement une simple corrélation entre les éléments visuels et la dynamique des sédiments.

3.2 *Qualité des données*

Le rapport de POLY-GÉO inc. ne contient pas de nouvelles données quantitatives qui permettraient d'obtenir une nouvelle perspective sur la zone de confluence. Aucune donnée hydraulique fiable n'est présentée. Il n'y a qu'une seule station hydraulique active depuis 1979 (station 062209). De plus, le rapport indique que des données quantitatives existent (chapitre 5.1; tableau 1), mais, apparemment, ce sont toutes des estimations : la méthode n'est pas expliquée de façon concise, aucune valeur d'incertitude n'est donnée et les valeurs obtenues sont utilisées sans discernement (ex. : jusqu'à l'échelle centimétrique, page 12, dernière phrase). Dans le rapport présenté par POLY-GÉO inc., la production et la manipulation des données numériques ne répondent pas aux standards scientifiques. Indépendamment de ces considérations, le ratio de débit (*Manouane* : *Petite Manouane*) semble avoir considérablement changé en raison d'une diminution importante des valeurs de débit de la rivière *Manouane* au cours des 50 dernières années (d'après le tableau 1 : de > 5:1 à < 1:1). En d'autres termes, la zone de confluence a cessé d'être dominée par la rivière *Manouane* pour être dominée par la rivière *Petite Manouane*. Bien que cet aspect soit brièvement mentionné dans le rapport (page 12), les conséquences importantes (par rapport à l'hydraulique et au transport des sédiments) ne sont pas discutées. Au lieu de cela, un argument (non pertinent) est mis de l'avant, parlant d'un niveau stable (ou stabilisé) du lac impliquant aucun impact (page 13).

3.3 *Qualité d'interprétation*

Le rapport de POLY-GÉO inc. ne distingue pas clairement entre observation et interprétation. L'exemple le plus significatif en est l'interprétation que le système de la rivière était stable et bien équilibré jusqu'au milieu du 20^e siècle (« conditions naturelles », dernier paragraphe de la page 9). Tout d'abord, les systèmes fluviaux périglaciaires sont très dynamiques par leur nature même et, deuxièmement, comment quelqu'un peut-il arriver à cette conclusion sans disposer de documents datant d'avant le milieu du 20^e siècle? De plus, les conclusions (surtout des interprétations) d'un rapport précédent élaboré par Hydro-Québec (2006) sont reprises comme des faits sans aucune vérification ou remise en question (page 8). Il n'y a pas non plus d'introduction ou d'illustration quant aux principes de l'hydraulique et au transport des sédiments au confluent des rivières pour tenter d'expliquer (et pas seulement de décrire) pourquoi le *delta du Chenal-Est* s'est développé si rapidement dans la zone sud de *La Pourvoirie*. L'utilisation du terme « naturel » est très ambiguë;

une simple discrimination en termes d'épisodes temporels de l'évolution du système fluvial aurait été beaucoup plus objective. On ne retrouve pas de discussion sur la fréquence et le taux des processus impliqués. Au lieu de cela, le rapport indique qu'une interpolation géomorphologique lisse entre des observations instantanées soit possible et, pour cette raison, les processus à haute fréquence et à faible impact ne sont pas séparés des processus à basse fréquence et à fort impact. Par exemple, est-ce que la formation du petit *delta du Chenal-Est* s'est produite sur une période de 14 ans (entre 1973 et 1987) ou est-elle survenue durant une période nettement plus courte en raison d'un événement particulier en 1986? Enfin, pourquoi la partie nord du *delta du Chenal-Est* s'est-elle agrandie considérablement après 1987, mais pas la partie sud? Le rapport indique aussi que l'apport de sédiments de la *Petite Manouane* a augmenté au fil du temps et qu'on remarque une progradation naturelle de sédiments vers le sud-est, et ceci, de façon stable dans le temps, quasi naturelle. Cependant, l'augmentation de l'apport de sédiments par la *Petite Manouane* ne créerait pas forcément un delta à la zone de confluence. Dans un tel cas, un delta se formerait seulement si l'autre rivière (*Manouane*) n'était pas en mesure de transporter les sédiments de manière suffisamment efficace pour empêcher l'accumulation de sédiments et la formation du delta.

4 Interprétation alternative

4.1 Principes du transport des sédiments et de la morphologie riveraine dans la zone de confluence

Il existe de nombreuses études sur les éléments morphologiques et le transport des sédiments dans la zone de confluence des rivières ainsi que dans celle de confluence des canaux sous-marins (Petts et Thoms, 1987; Best, 1988; Serres *et al.*, 1999; Roca *et al.*, 2009; Gamboa *et al.*, 2012). Cette liste contient de la littérature sur des études de cas relatives à des zones naturelles de confluence, à des expériences de canal jaugeur, à des canaux marins profonds et à de la modélisation numérique. Il faut souligner que les jonctions des rivières sont caractérisées par une grande complexité des aspects hydrauliques et morphologiques, lesquels exercent un contrôle dynamique sur les modèles de transport des sédiments. Selon Best (1988), les zones de confluence des rivières sont des systèmes naturels très sensibles dans lesquels des changements brusques relatifs au débit, à la charge de sédiments et à la géométrie hydraulique doivent être compensés dans une zone relativement petite. Il y a trois éléments distincts (figure 1) : a. un front d'avalanche à l'embouchure de chaque confluent, b. un affouillement central profond et c. un banc formé dans la zone de séparation à l'angle de jonction en aval. Les principaux paramètres de contrôle des détails de ces éléments sont, premièrement, l'angle de confluence et, deuxièmement, le ratio de débit (voir figure 2). Dans les cas

où l'angle de jonction ou le ratio de débit (ou les deux) augmentent, l'intrusion du front d'avalanche du canal principal dans la zone de confluence diminue, la profondeur d'affouillement s'accroît (cela commence à se développer à un angle de jonction de $> 15^\circ$ environ) et l'orientation de l'affouillement maximal s'aligne davantage sur le canal affluent (voir figure 2). En même temps, le banc de la zone de séparation devient plus étendu en raison de plus grandes zones d'écoulement séparées. En outre, une augmentation du ratio de débit favorise la formation de turbulences, de remous et d'écoulement hélicoïdal (contrainte de cisaillement fluide et soi-disant instabilités de Kelvin-Helmholtz, voir de Serres *et al.*, 1999), ce qui a pour conséquence de garder en suspension des sédiments à granulométrie fine (sable fin et moyen).

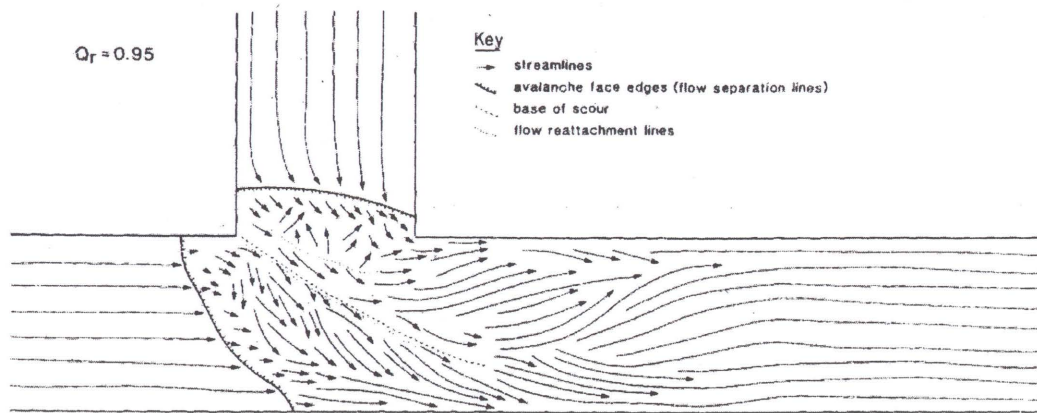


Fig. 10. Map of bed streamlines over a stabilised bed formed at a discharge ratio, Q_r , of 0.95 in the 90° confluence flume.

Figure 1 : Principes (directions d'écoulement et morphologie) à la zone de confluence de rivières (from Best, 1988)

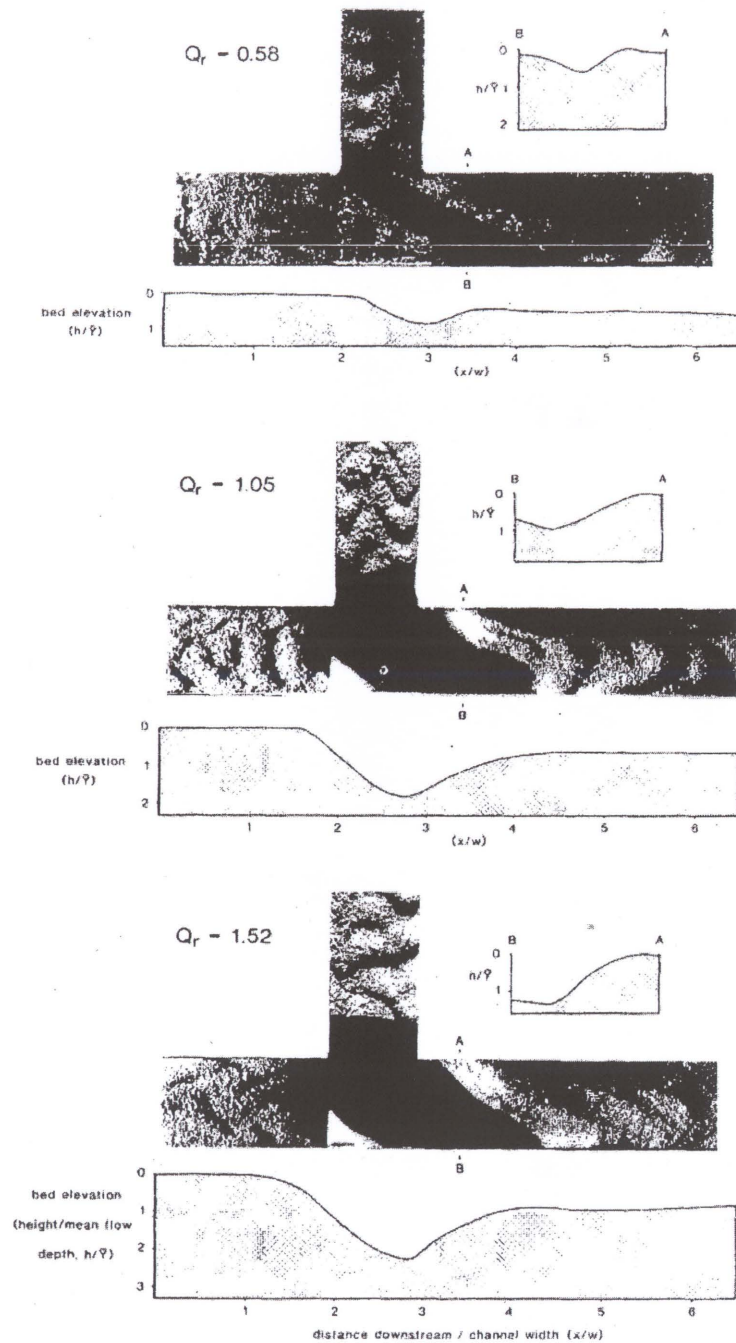


Fig. 3. Photographs, long profiles and cross sections of bed morphology developed at the 90° confluence at three values of discharge ratio, Q_r . Explanation of terms as in Fig. 2.

Figure 2: Influence de différents ratios de débit sur la morphologie riveraine dans la zone de confluence. Expériences de Best (1988). À noter la variation de la taille et de la profondeur de l'affouillement (zone noire). Un banc allongé dans la zone de séparation se développe à proximité du point A.

4.2 Application

La figure 3 illustre l'évolution morphologique de la zone de confluence en fonction du transport des sédiments et du débit relatif. Le système actuel de la rivière constitue le vestige d'un système fluvial périglaciaire ramifié (des chenaux abandonnés et des bancs sont nombreux) qui a accumulé une grande quantité de gravier, de sable et de limon. La *Petite Manouane* a été sinueuse pendant une longue période, c'est-à-dire des centaines ou des milliers d'années. Cela implique que l'érosion, le transport et l'accumulation des sédiments ont agi simultanément sans qu'un delta ne se soit développé dans la zone de confluence. Autrefois, la rivière *Manouane* était plus droite et elle est devenue plus sinueuse avec le temps (au milieu des années 1970), réactivant ainsi d'anciens bancs en raison de la diminution de sa décharge. À ce moment-là, la zone de confluence est passée d'une zone dominée par la *Manouane* (affouillement important face à La Pourvoirie) à une zone dominée par la *Petite Manouane*, ce qui a abouti à la formation de bancs, de canaux secondaires et de deltas localement restreints (figure 3). Les quelques photographies aériennes (et leur échelle) ne permettent pas de résoudre les ratios de l'évolution géomorphologique de la zone de confluence.

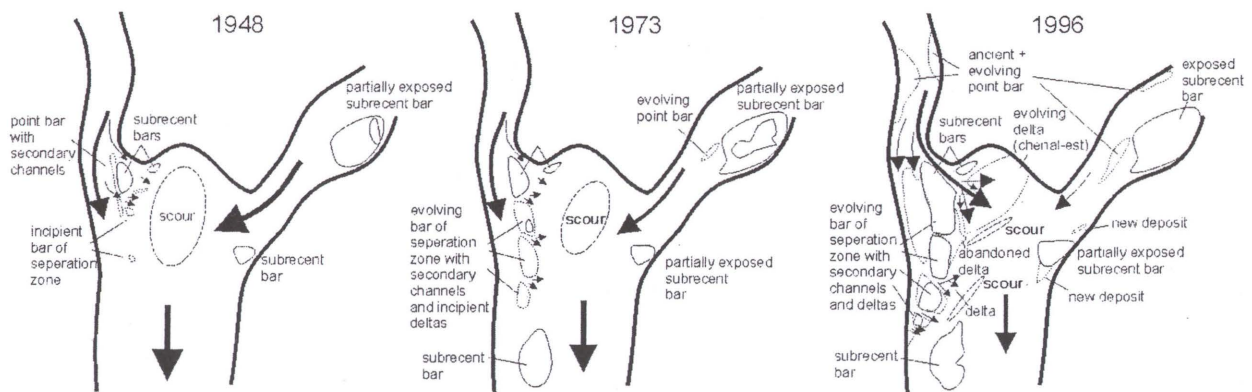


Figure 3 : Interprétation de l'histoire géomorphologique et hydraulique de la zone de confluence des rivières Manouane et Petite Manouane. Voir explications dans le texte.

5 Conclusion

- La zone de confluence des rivières la *Petite Manouane* et *Manouane* est un vestige d'un système fluvial périglaciaire de cours d'eau ramifiés (canaux et bancs anastomosés) qui a accumulé une grande quantité de matériaux sédimentaires de taille moyenne.
- La *Petite Manouane* a été sinueuse pendant des centaines ou des milliers d'années sans que cela ait abouti à une importante accumulation nette de sédiments dans la zone de confluence.

Soit les sédiments ont-ils été capturés en amont ou ont-ils été transportés à travers les zones septentrionales du lac Duhamel.

- La situation s'est détériorée lorsque le débit de la rivière *Manouane* a été diminué par les mesures prises par les hommes à la fin des années 50 du siècle dernier (événement Alcan). À partir de là, un banc allongé s'est développé à l'angle de jonction en aval.
- Une nouvelle baisse du ratio de débit (*Manouane* : *Petite Manouane*, en 1987 et en 2005) a entraîné de plus en plus d'accumulations de sédiments vers l'ESE par la formation de canaux secondaires et de deltas restreints à l'intérieur et à l'avant du banc allongé.
- Le modèle général suggère que la zone d'affouillement s'est déplacée et a diminué de taille permettant aux sédiments de progresser vers la zone en face de La Pourvoirie.
- La progression de matériaux sédimentaires vers la zone face à la Pourvoirie a aussi été accélérée à court terme par des mesures prises par Hydro-Québec en 2003.
- La partie nord-est du *delta du Chenal-Est* elle-même est influencée et remodelée par l'action des vagues, de la glace de fond ou des tourbillons résiduels (ou une combinaison de ces trois éléments).
- L'histoire de la zone d'affouillement (localisation et taille) peut être reconstruite en effectuant des images radars dans le sol à travers la partie nord du lac Duhamel le long d'un transect Est-Ouest en face de la Pourvoirie.

6 Références

- Best, JL, 1988. Sediment transport and bed morphology at river channel confluences.- *Sedimentology*, 35: 481-498.
- De Serres, B, Roy AG, Biron, PM and Best, JL, 1999. Three-dimensional structure of flow at a confluence of river channels with discordant beds.- *Geomorphology*, 26, 313-335
- Gamboa, D. Alves, TM and Cartwright, J, 2012. A submarine channel confluence classification for topographically confined slopes.- *Marine and Petroleum Geology*, 35, 176-189.
- Petts, GE and Thoms, MC, 1987. Morphology and sedimentology of a tributary confluence bar in a regulated river: North Tyne, UK.- *Earth Surface Processes and Landforms*, 12, 433-440.
- Roca, M, Martin-Vide, JP and Moreta PJM, 2009. Modelling a torrential event in a river confluence.- *Journal of Hydrology*, 207-215.

Annexe 9

**CV du professeur Fritz
Neuweiler, Diplom-Geologe,
Dr.rer.nat**

Dr. FRITZ NEUWEILER
1361, Rue du Père-Jamet
Québec (Québec) G1W 3G6
fritz.neuweiler@ggl.ulaval.ca

LANGUAGE SKILLS:

German (first language), fluent in written and spoken **English** and **French**

EXPÉRIENCE PROFESSIONNELLE:

Associate Professor **since June, 2007**
Université Laval, Québec, Canada

Assistant Professor **since September, 2004**
Université Laval, Québec, Canada

Professor at the Department of Geology and Geological Engineering. Research on carbonate sediments and natural organic matter (NSERC). Teaching in sedimentary geology, applied geology, paleontology & evolution, and biosedimentology.

Visiting Scientist **March-May, 2004**
Old Dominion University, Norfolk, United States
Stay with the Department of Ocean, Earth and Atmospheric Sciences, Old Dominion University, Norfolk, United States (lab of Prof. David Burdige).

Researcher **2003-2004**
Independent researcher of the German Research Foundation (DFG), Bonn, Germany
Scholar of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), project.no. 652/8 entitled "Biodiagenesis of deep-water benthic communities, Quaternary, Florida Straits".
Associated with, a) Institute of Paleontology, University Erlangen-Nürnberg, Germany, b) Section Geochemistry, University Göttingen, Germany, and the Department of Ocean, Earth and Atmospheric Sciences, Old Dominion University, Norfolk, Virginia, United States.

Visiting Scientist **2003**
Geochemistry Department, University Göttingen, Germany

Assistant Professor (continuation) **2000-2002**
IMGF, University Göttingen, Germany
Assistant professeur (C1) at the "Institut und Museum für Geologie und Paläontologie" (IMGF), today : Department of Geobiology, Univ. Göttingen

Visiting Scientist (Alexander-von-Humboldt Award) **1999-2000**
Lab of Geology-Petrology-Geochemistry, University Liège, Belgium

Visiting Scientist **1999-2000**
Institute of Radiochemistry, Research Center Rossendorf, Dresden, Germany

Assistant Professor **1995-1999**
IMGF, University Göttingen, Germany
Assistant professeur (C1) at the "Institut und Museum für Geologie und Paläontologie" (IMGF), today : Department of Geobiology, Univ. Göttingen

Researcher "Institut und Museum für Geologie und Paläontologie" (IMGP), Univ. Göttingen	1995
Researcher (Project: Modern Spiculites, Atlantic Ocean) Faculty of Earth Sciences, Freie Universität Berlin	1994
Researcher (Project: Sedimentology of the boreal Upper Cretaceous) Faculty of Earth Sciences, Freie Universität Berlin	1992-1993
Researcher (Project: Carbonate Platform Margins, Lower Cretaceous) Faculty of Earth Sciences, Freie Universität Berlin	1990-1992
Doctoral candidate (field work in Spain) Faculty of Earth Sciences, Freie Universität Berlin	1990

UNIVERSITY EDUCATION:

Habilitation (highest academic degree in Germany, cf. State doctorate) Faculty of Earth Sciences and Geography, University Göttingen, Germany <i>Venia legendi</i> for Geology and Paleontology received from the Faculty of Earth Sciences and Geography, University Göttingen. Habilitation thesis: Biosedimentology of non-actualistic, carbonate sediments.	2002
Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat) Faculty of Earth Sciences, Freie Universität Berlin, Germany Doctoral thesis: Dynamic sedimentation patterns, diagenesis and biofacies of carbonate platform margins (Cretaceous, Aptian/Albian; Soba region, Cantabria province, Spain). Mark: <i>Summa cum laude</i>	1995
Diplom-Geologe (Dipl.-Geol.) Faculty of Earth Sciences, Freie Universität Berlin, Germany Diploma in Geology and Paleontology at the Freie Universität Berlin (after 5 years of study, ± equivalent to the master degree in the United States). Diploma thesis entitled: Sedimentary sequences of the Plaenerkalk Formation, Upper Cretaceous (Cenomanian-Turonian), Germany.	1989

EDUCATION, ACADEMIC STUDIES, MILITARY SERVICE:

Trainée Uranerz Exploration and Mining Ltd., Saskatoon, Canada Internship with "Uranerz Exploration and Mining Ltd.", Saskatoon, Canada. Uranium exploration in Saskatchewan (region of Key Lake) and Alberta (region of Maybelle River).	1988
Student -"Vordiplom" Institute of Paleontology, Freie Universität Berlin, Germany Pre-exam in Geology, Mineralogy, Chemistry and Physics.	1986
Student-Immatrikulation For Geology and Paleontology at the Freie Universität Berlin, Germany	1983
Military service Reconnaissance (remote), Donauwörth, Bavaria, Germany	1981-1982

Baccalauréat Baccalaureat in Physics, History, French, Sports	1981
Secondary school Johannes-Kepler-Gymnasium in Leonberg, Germany	1972-1981
Primary school Elementary school in Rutesheim, Germany	1968-1972

AWARDS:

Professeur Étoile Faculty of sciences and engineering, Université Laval	2010
Professeur méritant Department of Geology and Geological Engineering, Université Laval	2009, 2010, 2111, 2012
Découverte de l'année 2009 Top 10, Québec Science magazine	2010
Top 100 discovery of the year (2009) in the World of Science #12 DISCOVER magazine	2010
Medal "André-Dumont" from the Societé Geologica Belgica, Bruxelles, Belgium	2001
Alexander-von-Humboldt Award via the Fond National de la Recherche Scientifique (FNRS), Bruxelles, Belgium and the Alexander-von-Humboldt Fondation, Bonn, Germany.	1998
Celebration of Ideas Invitation for the "Celebration of Ideas" by the President of the Federal Republic of Germany, Hon. Roman Herzog, at Chateau Bellevue in Berlin.	1997
Award "Ernst-Reuter" Award from the Freie Universität Berlin for one of the five best dissertations at the university year 1995.	1996

MEMBERSHIP:

Member of the editorial board, Journal: Energy, Exploration & Exploitation	since 2009
Member of Grant Selection Committee, Solid Earth Sci., NSERC, Ottawa	2008-2011
Member of the editorial board, Journal: Geologica Belgica	since 2000
Member of the Alexander-von-Humboldt network	since 2000
Member of the Ernst-Reuter-Stiftung a foundation dedicated to the advancement and excellence of science at the Freie Universität Berlin, Germany	since 1996

Dr. Fritz Neuweiler, Quebec-City, December, 2012

Publications

1. **Neuweiler** & Bollmann, 1991, Sedimentäre Sequenz der Plänerkalk-Gruppe der tiefen Oberkreide von Hilter/Hankenberge (Teutoburger Wald, NW-Deutschland).- *Zbl. Geol. Paläont.* Teil I, 1990, H. 11: 1623-1643; Stuttgart.
2. **Neuweiler** & Reitner, 1992, Karbonatbänke mit *Lithocodium aggregatum* Elliott/*Bacinella irregularis* Radoicic. Paläobathymetrie, Paläoökologie und stratigraphisches Äquivalent zu thrombolithischen Mud Mounds.- *Berliner geowiss. Abh.* (E), 3: 273-293; Berlin.
3. Keupp, Jenisch, Herrmann, **Neuweiler** & Reitner, 1993, Microbial carbonate crusts - a key to the environmental Analysis of Fossil Spongiolites?- *Facies* 29: 41-54; Erlangen.
4. **Neuweiler**, 1993, Development of Albian Microbialites and Microbialite Reefs at Marginal Platform Areas of the Vasco-Cantabrian Basin (Soba Reef Area, Cantabria, N. Spain).- *Facies*, 29: 231-250; Erlangen.
5. **Neuweiler**, 1995, Dynamische Sedimentationsvorgänge, Diagenese und Biofazies unterkretazischer Plattformränder (Apt/Alb; Soba-Region, Prov. Cantabria, N-Spanien).- *Berliner geowiss. Abh.*, E 17: 235 pp.; Berlin (published Ph.D.-thesis).
6. **Neuweiler** & Reitner, 1995, Epifluorescence-microscopy of selected automicrites from Lower Carnian Cipit-boulders of the Cassian Formation (Seeland Alpe, Dolomites). In: Reitner & Neuweiler (coord), Dingle, Flajs, Hensen, Hüssner, Leinfelder, Kaufmann, Keupp, Meischner, Paul, Schäfer, Vigener, Warnke & Weller: Mud Mounds: A polygenetic spectrum of fine-grained carbonate buildups.- *Facies*, 32: 26-28; Erlangen.
7. Reitner, Gautret, Marin & **Neuweiler**, 1995, Automicrites in a modern marine microbialite. Formation model via organic matrices (Lizard Island, Great Barrier Reef, Australia).- *Bull. Inst. océanograph., Monaco*, no. spécial 14, 2: 237-263; Monaco.
8. Reitner & **Neuweiler**, 1995, Supposed principal controlling factors of rigid micrite buildups.- In: Reitner & Neuweiler (coord.), Dingle, Flajs, Hensen, Hüssner, Leinfelder, Kaufmann, Keupp, Meischner, Paul, Schäfer, Vigener, Warnke & Weller: Mud Mounds: A polygenetic spectrum of fine-grained carbonate buildups.- *Facies*, 32: 62-64; Erlangen.
9. Reitner & **Neuweiler** & Gautret, 1995, Modern and fossil automicrites: Implications for mud mound genesis.- In: Reitner & Neuweiler (coord.), Dingle, Flajs, Hensen, Hüssner, Leinfelder, Kaufmann, Keupp, Meischner, Paul, Schäfer, Vigener, Warnke & Weller: Mud Mounds: A polygenetic spectrum of fine-grained carbonate buildups.- *Facies*, 32: 2-17; Erlangen.
10. **Neuweiler**, 1996, IGCP 380: Microbialites – Processes and Products, Conference Report.- *Episodes*, 19, 134-136.
11. **Neuweiler**, Reitner & Arp, 1996, Controlling factors and environmental significance of organomicrite production and buildup development. In: Reitner, Neuweiler & Gunkel (eds.): Global and Regional Controls on Biogenic Sedimentation. I. Reef Evolution. Research Reports.- *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, Sb2, 185-192, Göttingen.
12. Reitner & **Neuweiler**, 1996, Modern cryptic reef microbialites and linked telescoped benthic communities of the pacific realm - a key to understand Lower Cretaceous Urgonian carbonate platforms.- *Ber.-Rept. Geol. Paläont. Inst. Tübingen*, 76, 169-173, Kiel.
13. **Neuweiler**, 1997, Mud mound type community replacement on carbonate platforms and coralgal reefs. In: Neuweiler; Reitner & Monty (eds.): Biosedimentology of Microbial Buildups, IGCP Project No. 380, Proceedings of 2nd Meeting, Göttingen/Germany 1996.- *Facies* 36, 262-268; Erlangen.
14. Reitner & **Neuweiler**, 1997, "Mud Mounds": die ersten komplexen Riffsysteme. In: Steininger & Maronde (eds.): Städte unter Wasser.- *Kleine Senckenberg-Reihe*, 24, 39-47.

15. **Neuweiler**, Peckmann & Ziems, 1999, Sinusoidally deformed veins (“Sigmoidalklüftung”) in the Lower Muschelkalk (Triassic, Anisian) of Central Germany: sheet injection structures deformed within the shallow subsurface.- *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 214, 129-148.
16. **Neuweiler**, Gautret, Thiel, Lange, Michaelis & Reitner, 1999, Petrology of Lower Cretaceous carbonate mud mounds: insights into organomineralic deposits of the geological record.- *Sedimentology*, 46, 837-859.
17. **Neuweiler**, Rutsch, Geipel, Reimer & Heise, 2000, Soluble humic substances from in situ precipitated microcrystalline calcium carbonate, internal sediment, and spar cement in a Cretaceous carbonate mud-mound.- *Geology*, 28, 851-854.
18. **Neuweiler**, Reimer, Rutsch, Geipel & Heise, 2000, Geohistoric significance of marine humic compounds as related to the formation of microcrystalline authigenic Ca-carbonates: first results from the sedimentary rock record (Lower Cretaceous).- Research Center Rossendorf, Institute of Radiochemistry, annual report 1999, *FZR-285*, 12.
19. Boulvain & **Neuweiler**, 2000, Belgian Frasnian carbonate mounds: a short fieldtrip guide.-*Univ. Liège*, 1-14.
20. **Neuweiler**, 2001, Schwämme (Porifera).- Essay, Lexikon der Geowissenschaften, *Spektrum der Wissenschaften* (Heidelberg).
21. **Neuweiler**, Mehdi & Wilmsen, 2001, Facies of Liassic sponge mounds, Central High Atlas, Morocco.- *Facies*, 44, 243-264.
22. **Neuweiler**, Bourque & Boulvain, 2001, Why is stromatactis so rare in Mesozoic carbonate mud mounds? *Terra Nova*, 13, 338-346.
23. Wilmsen, Blau, Meister, Mehdi & **Neuweiler**, 2002, Early Jurassic (Sinemurian to Toarcian) ammonites from the central High Atlas (Morocco) between Er-Rachidia and Rich.- *Revue Paléobiologie*, Genève, 21: 149-175.
24. **Neuweiler**, 2002, Ansatz zur Biosedimentologie anaktualistischer Karbonatsedimente.- Habilitation Thesis, Fakultät für Geowissenschaften und Geographie, Georg-August-Universität Göttingen, 164 S. (*unveröff.*).
25. Mehdi, **Neuweiler** & Wilmsen, 2003, Les Formations du Lias inférieur du Haut Atlas central de Rich (Maroc): précisions lithostratigraphiques et étapes de l'évolution du bassin.- *Bull. Soc. Géol. France*, 174/3: 227-242.
26. **Neuweiler**, d'Orazio, Immenhauser, Geipel, Heise, Coccoza & Miano, 2003, Fulvic acid-like organic compounds control nucleation of marine calcite under suboxic conditions.- *Geology*, 31: 681-684.
27. **Neuweiler** & Bernoulli, 2005. Mesozoic (Lower Jurassic) red stromatactis limestones from the Southern Alps (Arzo, Switzerland): calcite mineral authigenesis and syneresis-type deformation. *International Journal of Earth Sciences*, 94: 130-146.
28. **Neuweiler**, Burdige, 2005. The modern calcifying sponge *Spherospongia vesparium* (Lamarck, 1815), Great Bahama Bank: Implications for ancient sponge mud-mounds, In: John Reijmer and Adrian Immenhauser, eds., *Sedimentology in the 21st century*.- *Sedimentary Geology*, 175, 89-98.
29. Desrochers, Bourque, **Neuweiler**, 2007. Diagenetic versus biotic accretionary mechanisms of bryozoan-sponge buildups (Lower Silurian, Anticosti Island, Canada).- *Journal of Sedimentary Research*, 77, 564-571.
30. **Neuweiler**, Daoust, Bourque, Burdige, 2007. Degradative calcification of a modern siliceous sponge from the Great Bahama Bank, The Bahamas: a guide for the interpretation of ancient sponge-bearing limestones.- *Journal of Sedimentary Research*, 77, 552-563.
31. Wilmsen & **Neuweiler**, 2008. Biosedimentology of the Early Jurassic post-extinction carbonate depositional system, central High Atlas rift basin, Morocco.- *Sedimentology*, 55, 773-807.

32. Rachidi, **Neuweiler**, Kirkwood, 2009. Diagenetic-geochemical patterns and fluid evolution history of a Lower Jurassic petroleum source rock, Middle Atlas, Morocco.- *Journal of Petroleum Geology*, 32, 111-128
33. **Neuweiler**, Turner, Burdige, 2009. Early Neoproterozoic origin of the metazoan clade recorded in carbonate rock texture.- *Geology*, 37, 475-478.
34. **Neuweiler**, Turner, Burdige, 2009. Early Neoproterozoic origin of the metazoan clade recorded in carbonate rock texture - REPLY.- *Geology*, 37, e196-196, doi:10.1130/G30484Y.1 online forum.
35. Larmagnat, **Neuweiler**, 2011. Exploring a link between Atlantic coral mounds and Phanerozoic carbonate mudmounds: insights from pore water fluorescent dissolved organic matter (FDOM), Pen Duick mounds, offshore Morocco.- *Marine Geology*. 282, 149-159.
36. Floquet, **Neuweiler**, Léonide, 2012. The impact of depositional events and burial rate on carbonate-silica diagenesis in a Middle Jurassic stromatolite carbonate mud-mound, Sainte-Baume Massif, SE France. *J. Sedimentary Research*, 82, 521-539.

Editorial

37. Reitner & **Neuweiler** (1995): Mud Mounds: A polygenetic spectrum of fine-grained carbonate buildups.- *Facies*, 32: 1-70; Erlangen.
38. Reitner, **Neuweiler** & Gunkel (1996): Global and Regional Controls on Biogenic Sedimentation. I. Reef Evolution. Research Reports.- *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, Sb2, 428 S., Göttingen.
39. Reitner, **Neuweiler** & Gunkel (1996): Global and Regional Controls on Biogenic Sedimentation. II. Cretaceous Sedimentation. Research Reports.- *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, Sb3, 185 S., Göttingen.
40. **Neuweiler**, Reitner & Monty (1997): Biosedimentology of Microbial Buildups, IGCP Project No. 380, Proceedings of 2nd Meeting, Göttingen/Germany 1996.- *Facies* 36, 195-284; Erlangen.
41. **Neuweiler**, in prep.: The Mud Mound System through Geologic Time. IGCP 380 Biosedimentology of microbial buildups (book volume)

Abstracts and Oral presentations (since 1996)

42. Gautret, Reitner & **Neuweiler**, 1996, Biologically/organically-induced micritic carbonates in modern and fossil environments: Histochemical and biochemical evidence of a polygenetic spectrum.- II Internat. Sem. Mineralogy and Life: Biomineral Interactions, Syktyvkar, Russia (abstract).
43. **Neuweiler**, 1996, Sedimentary Dynamics and Biofacies of Lower Cretaceous Mud Mounds.- 30th Internat Geol Congress, Abstract-Vol., 2: 144; Beijing (China) (abstract, oral presentation).
44. Reitner, Gautret & **Neuweiler**, 1996, Microfabric, Histology and Biogeochemistry of Modern Zones of Automicrite Production.- 30th Internat Geol Congress, Abstract-Vol., 2: 144; Beijing (China) (abstract, oral presentation by Neuweiler).
45. **Neuweiler**, Peckmann, Reitner, Gaillard, Gautret, Thiel & Michaelis, 1997, Biogenic Mud Mounds and Cold Seep Carbonates compared.- IAS-ASF-IGCP 380, Internat. Workshop on Microbial mediation in carbonate diagenesis, Chichilianne, France (abstract, poster).
46. Peckmann J, **Neuweiler** F, Reitner J, Gaillard C, Gautret P, Thiel V, Michaelis W, 1997, On the origin of authigenic micrites in biogenic mud mounds and cold seep carbonates.- COLD-E-VENT (international workshop), Bologna, Italy, June 23-26, 16.

47. Reitner, **Neuweiler**, Gautret, Thiel & Michaelis, 1997, Organomineralisation and Reef History.- CSPG-SEPM Joint Convention 1997; Calgary, Canada (abstract, oral presentation by Neuweiler).
48. **Neuweiler**, Reitner, Gautret, Thiel, & Michaelis, 1998, Organomineralisation and the origin of carbonate mud mounds.- Québec 1998, GAC-MAC Meeting, Québec, Canada, A-135 (abstract, oral presentation).
49. Peckmann, Reitner & **Neuweiler**, 1998, Seepage-related or not? Comparative analyses of Phanerozoic deep-water carbonates.- TTR7 Postcruise meeting 'Carbonate Mud Mounds and Cold Water Reefs: Deep Biosphere-Geosphere Coupling', Gent, Belgium (abstract, oral presentation, Neuweiler & Peckmann).
50. Reitner, **Neuweiler**, Schumann-Kindel & Thiel, 1998, Origin of Porifera - a biofilm story: Taphonomy and preservation potential of sponge tissue.- Québec 1998, GAC-MAC Meeting, A-155 (abstract, oral presentation by Neuweiler).
51. **Neuweiler**, 1999, Diagenese von Riffkarbonaten: Korrelation von Organik und Gefügebildung.- oral presentation, research programme (SFB 468), Göttingen.
52. **Neuweiler**, 1999, Carbonate Mud Mounds, Polymuds, and Anoxia.- oral presentation at seminar at University Liège/Belgium (AvH-Award).
53. **Neuweiler** & Reimer, 1999, Die geohistorische Bedeutung mariner Huminsubstanzen – eine Projektskizze.- oral presentation of Neuweiler at seminar of Radiochemistry Institute, Research Center Rossendorf.
54. **Neuweiler**, Reimer, Geipel, Rutsch & Heise, 1999, Comparative analysis of refractory organic matter from ancient polymuds and related spar cements using time-resolved laser fluorescence spectroscopy.- IGCP 380 Field Work Shop, Erfoud, Morocco, October 1999 (abstract & oral presentation).
55. **Neuweiler**, 2000, Carbonate Mud Mounds, Polymuds, and Anoxia.- oral presentation at geoscience seminar at Free University Amsterdam/Netherlands.
56. **Neuweiler**, 2000, The significance of marine humic substances as related to the formation of carbonate mounds or lithoherms. Seminar, Department of Marine Sciences, University of North Carolina at Chapel Hill, U.S.A.
57. **Neuweiler**, Rutsch, Geipel, Reimer, Heise, d'Orazio & Miano, 2000, History of reefs: the significance of intracrystalline marine humic substances from microcrystalline reefal limestones (Cretaceous, 100 million years before present).- 10th Internat meeting of the Internat Humic Substances Society (IHSS), Toulouse, France, 835-839 (abstract, poster)
58. Wilmsen & **Neuweiler**, 2000, Biofazies und Sedimentologie von Lofer-Zyklen des Lias im zentralen Hohen Atlas, Marokko.- 70. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft, Coburg, 2000.- Terra Nostra, 2000/3, 129 (presented by Wilmsen).
59. **Neuweiler**, 2001, Ansatz zur Biosedimentologie mariner Huminsubstanzen: Rosso Ammonitico und Karbonat Mud-Mounds.- oral presentation at geoscience seminar University Tübingen, Germany.
60. **Neuweiler**, 2001, Biosedimentology of metazoan reefs.- oral presentation at Royal Museum of Natural History, Brussels, Belgium (André-Dumont-Medal).
61. **Neuweiler**, Sethmann, Neumann, 2001, Biosedimentology of Marine Humic Substances: Applications for Jurassic Rosso Ammonitico, Jurassic to Cretaceous Sponge Mounds, and Pleistocene Lithoherms.- Meeting Internat. Assoc. Sediment., Davos, Switzerland. (abstract for oral presentation).
62. **Neuweiler**, 2001, Palaeo-oceanography of Carbonate "Mud Mounds".- Colloquium at Institut für Paläontologie, University Würzburg

63. Immenhauser, **Neuweiler**, 2001, Geochemical signatures of alternating inorganic and organochemical carbonate precipitation.-Meeting Internat. Assoc. Sediment., Davos, Switzerland. (poster-abstract).
64. Sethmann, **Neuweiler** & Geipel, 2001, Comparative fluorescence characteristics of the Calcarei Grigi Formation and the Rosso Ammonitico Veronese (Jurassic, Trento Platform, Northern Italy): Significance for palaeobathymetry and petrogenesis.- Meeting Internat. Assoc. Sediment., Davos, Switzerland. (abstract and poster presentation. Biogeochemical Cycling).
65. **Neuweiler**, 2002, Rheologie komplexer Fluide und Biosedimentologie.- Oral presentation Habilitationskommission der Fakultät für Geowissenschaften und Geographie der Universität Göttingen.
66. **Neuweiler**, 2002, Das aktualistische Prinzip.- Public presentation, Fakultät für Geowissenschaften und Geographie der Universität Göttingen.
67. Wilmsen, Mehdi & **Neuweiler**, 2002, Facies development and stratigraphy of an Early Jurassic rift basin: the Lias of the Central High Atlas of Rich, Morocco.- Abstract Vol. 6th Int. Symp. on the Jurassic System, Palermo.
68. **Neuweiler**, 2003, Bio-inspired calcite authigenesis.- Mineralogisches Kolloquium, University Münster (AG Prof. Putnis).
69. **Neuweiler**, 2003, Typology and geochemistry of Mesozoic mud mounds.- Brainstorming Meeting, IGCP 380, Univ. Laval, Québec
70. **Neuweiler**, 2003, Heise's Wirkung auf die moderne Karbonatsedimentologie.- Ehrenkolloquium, Institut für Radiochemie, Abt. Organische Tracerchemie, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden.
71. **Neuweiler**, 2004, La Bioénergie: Transformation en minéraux et textures de roches carbonatées. Colloq. Département de géologie et génie géologique, Université Laval à Québec, Canada
72. Wilmsen & **Neuweiler**, 2004, Biosedimentologie eines früh-jurassischen Riftbeckens: der zentrale Hohe Atlas von Rich, Marokko. – Schriftenreihe der Deutschen Geologischen Gesellschaft, 33: 179; Hannover (abstract)
73. Titschack, Freiwald, **Neuweiler**, Neumann, & Di Geronimo, 2004,. – Lithifizierung bathyalen Korallenkalke: Mediterranes Plio-Pleistozän und Lithoherme der Florida Strait. Poster, Meeting „Sediment 04“, Aachen, Germany.
74. Bourque, **Neuweiler**, Boulvain, 2004, The mud mound system: products and Process. 32nd Internat Geol Congress, Florence, Italy, August, 2004, CD-ROM, Abstracts (part 2), p.1079
75. Titschack, Freiwald, **Neuweiler**, Neumann, & Di Geronimo, 2005, Lithification of bathyal coral deposits: the Mediterranean Plio-Pleistocene and the Lithoherms in the Florida Strait.- AAPG-SEPM Annual Meeting, Calgary, Canada (Poster)
76. Bourque, **Neuweiler**, Boulvain, 2005, Are mud mounds truly bioconstructions. Meeting, Climatic and Evolutionary controls on palaeozoic reefs and bioaccumulations. Museum National d Histoire Naturelle, Paris., September, 2005 (invited talk)
77. **Neuweiler**, Burdige, 2005, Fluorescence peak patterns of dissolved organic matter extracted from modern and ancient carbonate sediments: do microbial, organomineral and non-microbial Ca-carbonates separate. Meeting, GV, DGG, Erlangen, Germany.
78. **Neuweiler**, 2005, Fluorescent Limestones: from Proteins, Organic Matter Diagenesis, and Hydrocarbon Conduits. Colloquium, Institut National de Recherche Scientifique (INRS), Québec (Québec).
79. **Neuweiler**, Daoust, Bourque, 2006, Aragonite authigenesis supported by scaffolds of natural sponge collagen: the case of *Spherospongia vesparium* (Lamarck, 1815), The Bahamas, Great Bahama Bank.- Congrès annuel de l'AGC-AMC, Montréal, Canada.

80. **Neuweiler**, Daoust, 2006. Bio-optical properties of a marine siliceous sponge.- Réunion informelle avec la groupe de la recherche de Prof. Sophie LaRoche, Département de Génie Électrique et Génie Informatique, Université Laval, Québec.
81. **Neuweiler**, 2006, Biodiagenesis: Ca-carbonate precipitation assisted by non-living organic matter.- Colloque: McGill University and Université de Québec à Montréal (UQAM), Montréal, Canada (à venir 1er décembre, 2006).
82. Daoust, **Neuweiler**, 2007, Degradative calcification of a modern siliceous sponge, Great Bahama Bank.- Seminar USGS, Fort Lauderdale.
83. Daoust, **Neuweiler**, 2007, Silica biomineralization and Ca-carbonate organomineralization in a modern, marine sponge, Great Bahama Bank.- Biomineralization seminar, RSMAS, Miami.
84. **Neuweiler**, Westphal, Munnecke, 2007, Rare earth element distribution patterns of Bahamian slope rhythmites, ODP 166.- EUG, Geophysical Research Abstracts, vol. 9, Vienna.
85. **Neuweiler**, 2007, Biologische Degradation und geologische Konstruktion: Geopolymer-Aragonit Komposite in "niederen" Invertebraten".- Colloquium, Museum of Natural History, Humboldt University, Berlin.
86. **Neuweiler**, 2007, Biological and organochemical processes during carbon sequestration in chrysotile mining residues.- Atelier sur la séquestration du carbon, Univ. Laval., 22 mai, 2007.
87. Larmagnat, **Neuweiler**, 2007, Constraints for carbonate mound formation: sediment architecture, facies patterns, and early diagenesis (Jurassic, Atlas Mountains, Morocco).- 1st MAPG Convention, Marrakech, Morocco
88. Rachidi, **Neuweiler**, Kirkwood, 2007, The Pliensbachian hemipelagites of Ait Moussa (Middle Atlas, Morocco): Petrogenesis of an effective source rock.- 1st MAPG Convention, Marrakech, Morocco
89. **Neuweiler**, Daoust, 2007, Biodiagenesis of modern siliceous sponges (The Bahamas) and the origin of Early Jurassic sponge mounds (central High Atlas, Morocco).- 1st MAPG Convention, Marrakech, Morocco.
90. **Neuweiler**, Wilmsen, 2008, Recovery from mass extinction: Liassic carbonate buildups of the central High Atlas Rift Basin, Morocco.- EGU-2008, Session SSP15: Carbonate production from reefs and platforms: biotic and abiotic controls, Vienna.
91. **Neuweiler**, 2008, Geobiology of stromatolite formation.- Joint Annual Meeting GAC-MAC-SEG-SGA, Québec-City.
92. Rachidi, **Neuweiler**, Kirkwood, 2008, The Liassic of the Moroccan Atlas chains: new approach towards an integrated hydrocarbon play.- Joint Annual Meeting GAC-MAC-SEG-SGA, Québec-City.
93. Larmagnat, **Neuweiler**, Desrochers, 2008, Modes of accretion in Paleozoic and Mesozoic carbonate mounds.- Joint Annual Meeting GAC-MAC-SEG-SGA, Québec-City.
94. Turner, **Neuweiler**, Burdige, 2008, Possible evidence of early Neoproterozoic metazoans, Little Dal Group, NWT.- Canadian Palaeontological Convention, Winnipeg, September, 2008.
95. Wilmsen, **Neuweiler**, 2008, Biosedimentology of a post-extinction carbonate depositional system (Early Jurassic, central High Atlas, Morocco). Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft Erlangen, 2008, Erlanger geologische Abhandlungen - Sonderband 6, p.71.
96. Turner, **Neuweiler**, Burdige, 2008, Evidence of early Neoproterozoic metazoans (animals), Little Dal Group, NWT. 36th Annual Yellowknife Geoscience Forum, Nov 17-19, 2008.
97. Rachidi, **Neuweiler**, Kirkwood, 2009, Origin and diagenetic history of a Lower Jurassic petroleum source rock, Middle Atlas, Morocco.- EGU-2009, Session SSP10: Organic-rich sedimentary successions: processes driving carbon burial and mineralization in the rock record, Vienna.

98. Floquet, **Neuweiler**, Léonide, 2009, Early carbonate-silica diagenesis of a stromatolite-rich sponge mud-mound (Aalenian, SE France).- ASF Meeting, Rennes, France (October, 2009; presentation by Floquet).
99. Larmagnat, **Neuweiler**, 2009, Tracking organominerals - modern and ancient.- Workshop and Field Seminar "Carbonate Mounds in Shallow and Deep Time", ESF-MiCROSYSTEMS-COCARDE-CHECREEF, Oviedo, Spain, 16-20 September.
100. **Neuweiler**, 2010, Tackling Darwin's dilemma by means of sponge taphonomy.- Seminar Frontiers in Evolutionary Geo- & Palaeobiology, LMU Munich, Germany, 25 June.
101. Larmagnat, **Neuweiler**, 2010, In search of induced-and-supported organomineralization (ISOM) in Modern deep-water coral mounds.- 18th International Sedimentological Congress 2010, Mendoza, Argentina.
102. Rachidi, **Neuweiler**, Kirkwood, 2010, Comparative diagenesis and fluid flow evolution in contrasting structural settings, Jurassic, Atlas Mountains, Morocco.- 18th International Sedimentological Congress 2010, Mendoza, Argentina.
103. **Neuweiler**, 2012, Taphonomy and early diagenesis of ancient deep-water sponge mounds. GAC-MAC Meeting, St. Johns, Canada.

Organisation (Meetings, Symposia)

104. Automikritgenese und Biohermbildung, Workshop of the German Research Foundation „Reef Research“ at Freie Universität Berlin, 1993 (with Reitner).
105. IGCP 380 Biosedimentology of Microbial Buildups. 2nd International Meeting with Field Workshop, Göttingen, 1996 (with Reitner).
106. TTR7 Postcruise meeting 'Carbonate Mud Mounds and Cold Water Reefs': Deep Biosphere-Geosphere Coupling, Gent/Belgien 1998 (Session: Fossil Mud Mounds).
107. Process Analysis in mud-rich carbonate mounds: Paleobiology, Sediment Budget and Diagenesis, Québec 1998, GAC-MAC Meeting, Geological Association of Canada (with Bourque).
108. IGCP 380 Internat. Lab Workshop: Palaeoceanography of Carbonate Mounds, September 2000, Université Liège, Belgium (with Boulvain).
109. 1st Convention of the Moroccan Association of Petroleum Geologists (MAPG), November, 2007, Marrakech, Morocco, Convenor of Special Session on Carbonates and their Diagenesis (assisted by Susan Agar, ExxonMobil, Houston).
110. Hydrocarbon exploration, Gaspé Peninsula, Mundiregina-Abba Permits, - confidential meeting of working groups: remote sensing, geophysics, sedimentary geology, June, 2009, Université Laval.
111. Hydrocarbon exploration, Gaspé Peninsula, Mundiregina-Abba Permits, - confidential meeting of working groups: remote sensing, geophysics, sedimentary geology, July, 2010, Université Laval.
112. Hydrocarbon exploration, Gaspé Peninsula, Mundiregina-Abba Permits, - confidential meeting of working groups: organic geochemistry, remote sensing, risk assessment, July, 2011, Université Laval.
113. Cold water carbonates – ancient and modern, St. Johns 2012, GAC-MAC Meeting, Geological Association of Canada (with E. Edinger and G. Layne, MUN).

Annexe 10

**Données partielles des
statistiques d'exploitations de
1995 à 2012 inclusivement**

POURVOIRIE LAC DUHAMEL INC.

SANS PRÉJUDICE

Données partielles des statistiques d'exploitations de 1995 à 2012 inclusivement.

RÉSULTATS DE CAPTURES (PÊCHE) :

i)

LAC DUHAMEL	année	Jours pêche	Grand Brochet (*)	Grand Brochet (**)	Doré (*)	Doré (**)	Ouananiche (*)	Ouananiche (**)
	1995	296	70	(?)	154	(?)	48	(?)
	1996	294	122	(?)	172	(?)	25	(?)
	1997	(?)	66	(?)	79	(?)	67	(?)
	1998	328	92	426	191	319	56	218
	1999	376	73	279	110	229	25	93
	2000	506	125	404	258	280	31	127
	2001	477	102	252	221	246	22	61
	2002 (1)	484	128	341	144	154	15	53
	2003	709	211	487	202	213	17	69
	2004	(?)	161	356	182	246	27	87
	2005 (2)	52	25	86	34	46	3	14
	2006	259	101	384	92	196	11	43
	2007	349	119	421	114	171	21	83
	2008	398	107	350	113	157	19	72
	2009	525	74	244	128	160	9	39
	2010	(?)	81	281	129	147	8	38
	2011	319	60	215	199	294	11	30
	2012	246	76	321	118	207	3	18(3)

POURVOIRIE LAC DUHAMEL INC.

SANS PRÉJUDICE

ii)

GRANDE MANAOUANE RIVIÈRE	année	Jours pêche	Grand Brochet (*)	Grand Brochet (**)	Doré (*)	Doré (**)	Ouananiche (*)	Ouananiche (**)
	1995	(4)						
	1996	(4)						
	1997	(4)						
	1998	(4)						
	1999	(4)						
	2000	33	7	4	19	13	9	13
	2001	52	35	92	32	60	7	17
	2002 (1)	72	10	20	45	33	4	9
	2003	67	7	10	55	38	5	12
	2004	13	21	356	37	32	2	8
	2005 (2)	12	2	4	19	20	1	6
	2006	44	19	63	59	84	2	8
	2007	69	21	45	57	56	9	39
	2008	56	4	14	33	54	1	6
	2009	21	5	17	13	20	8	49
	2010	20	2	3	28	36	0	0
	2011	30	14	44	23	34	0	0
	2012	(4)						

N.B. (*) = nombre total.

(**) = poids total en livres.

(1) = L'effort pêché a été réduit car à notre arrivée au printemps 2 camps avaient été brûlés.

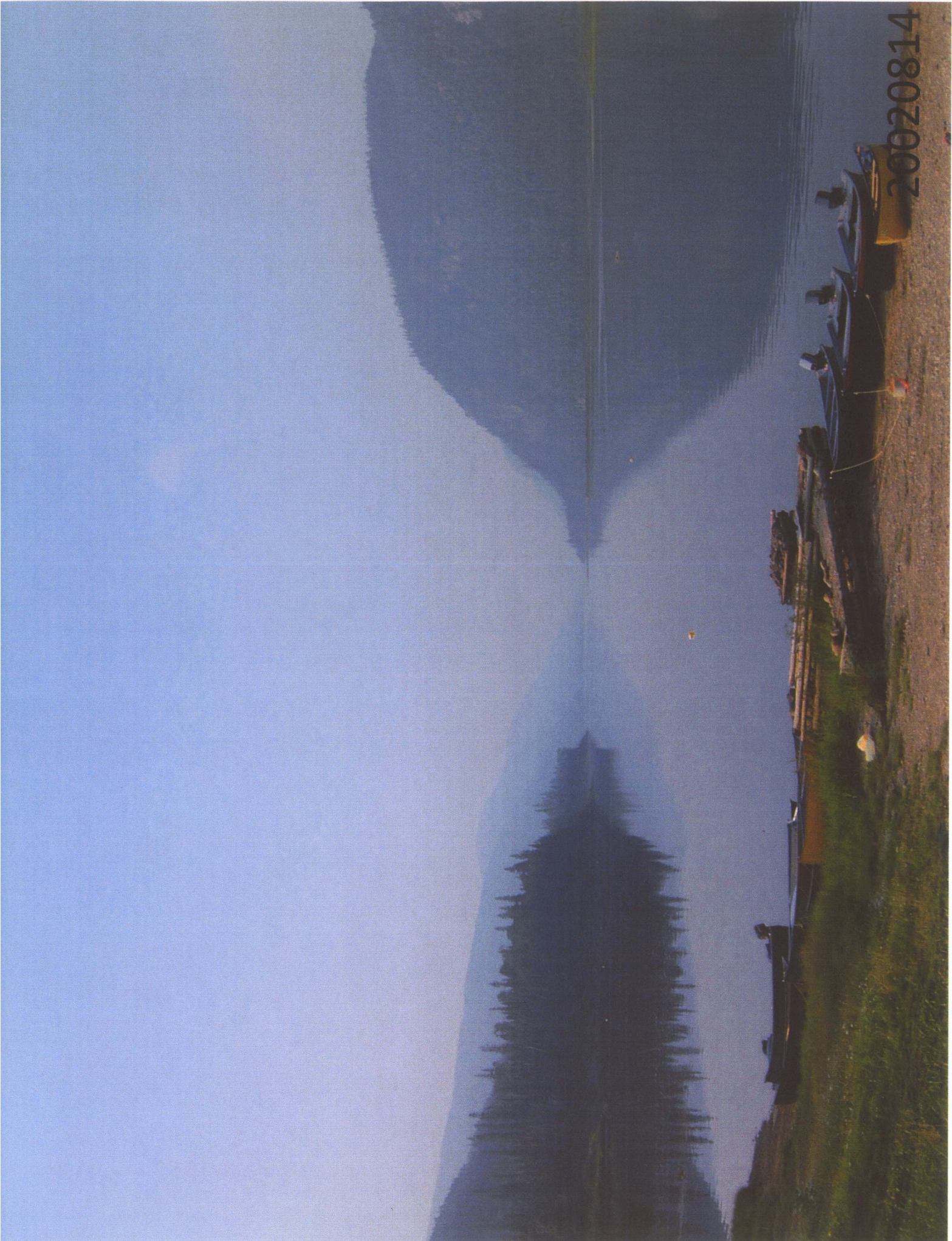
(2) = La saison de pêche avait été fermée pour cette saison, ceci dû à l'ensablement en avant des camps et le bas niveau du lac à la fin de l'été.

(3) = L'une d'entre elles pesait 11 livres.

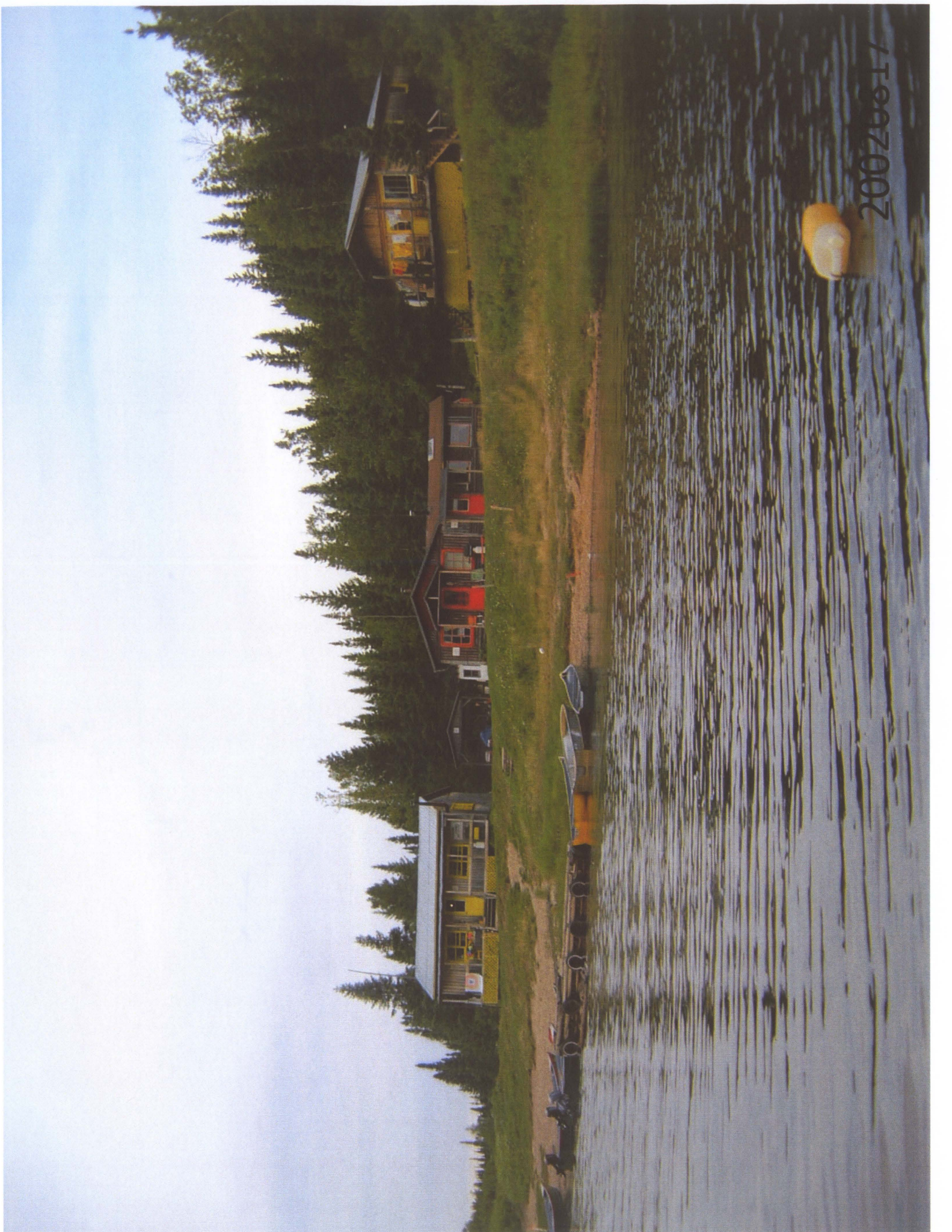
(4) = Inclus dans données « Lac Duhamel ».

Annexe 11

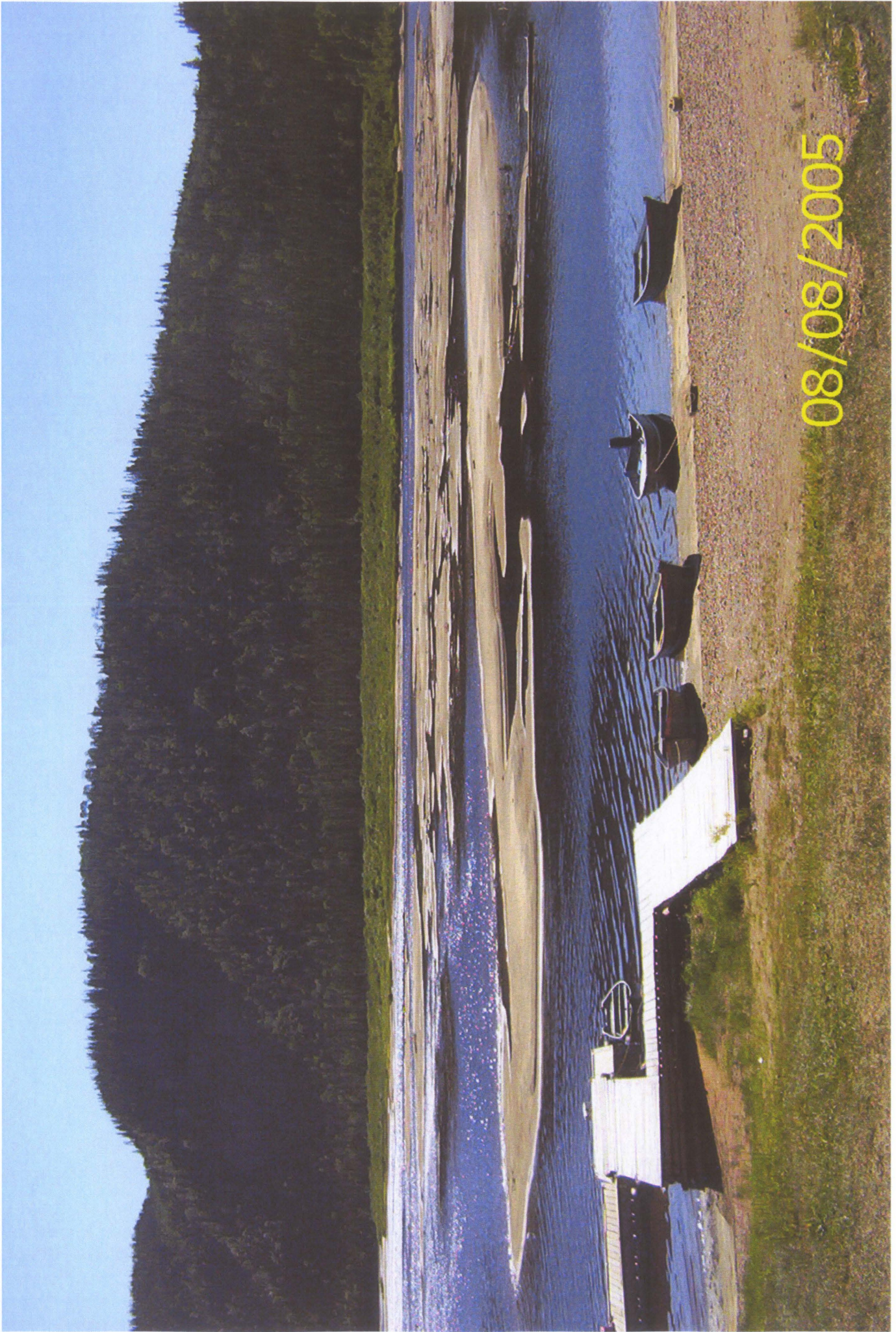
**Jeu de photos en face des
camps de Pourvoirie Lac
Duhamel, 2002, 2005, 2008,
2011**



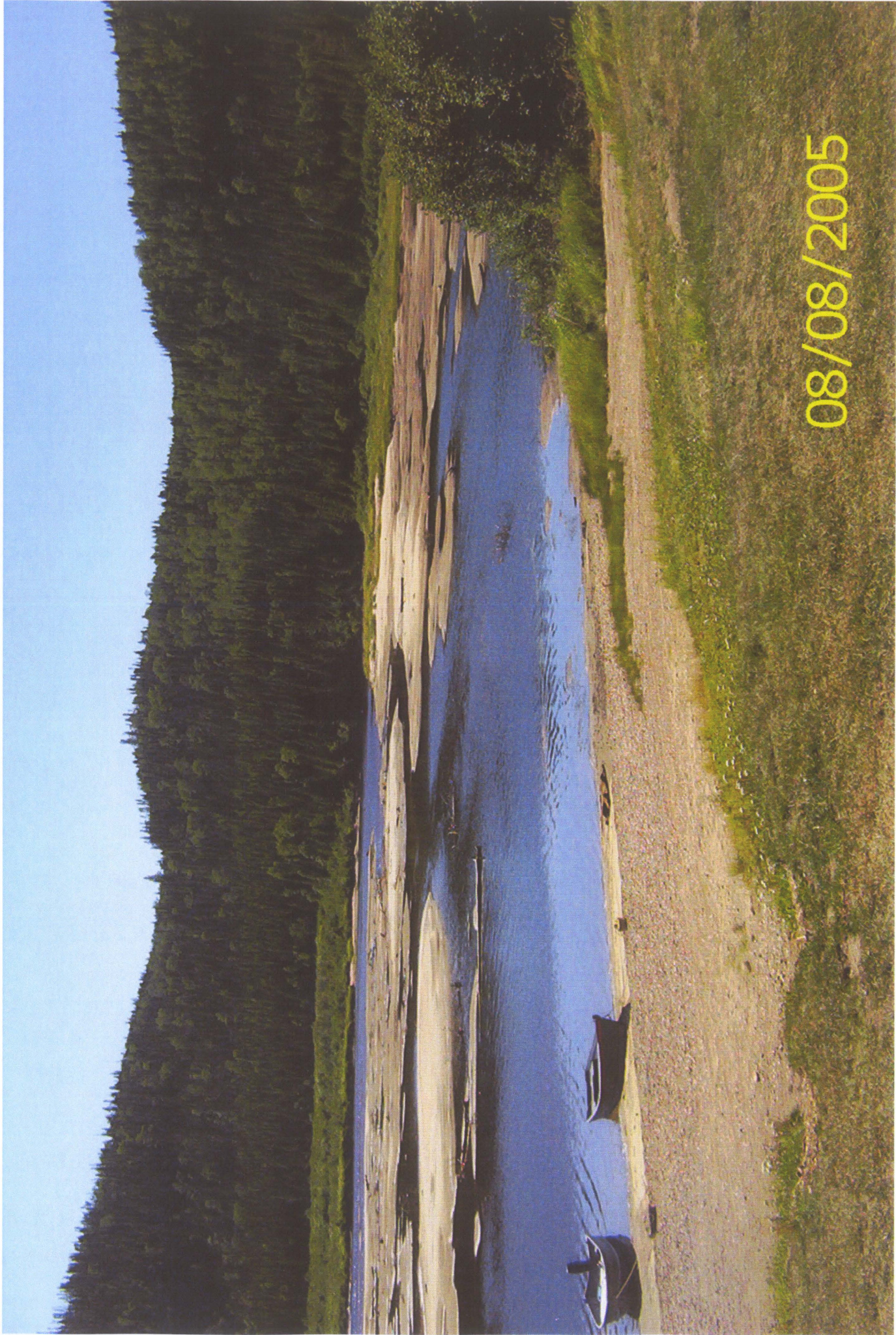
20020814



1T997002



08/08/2005



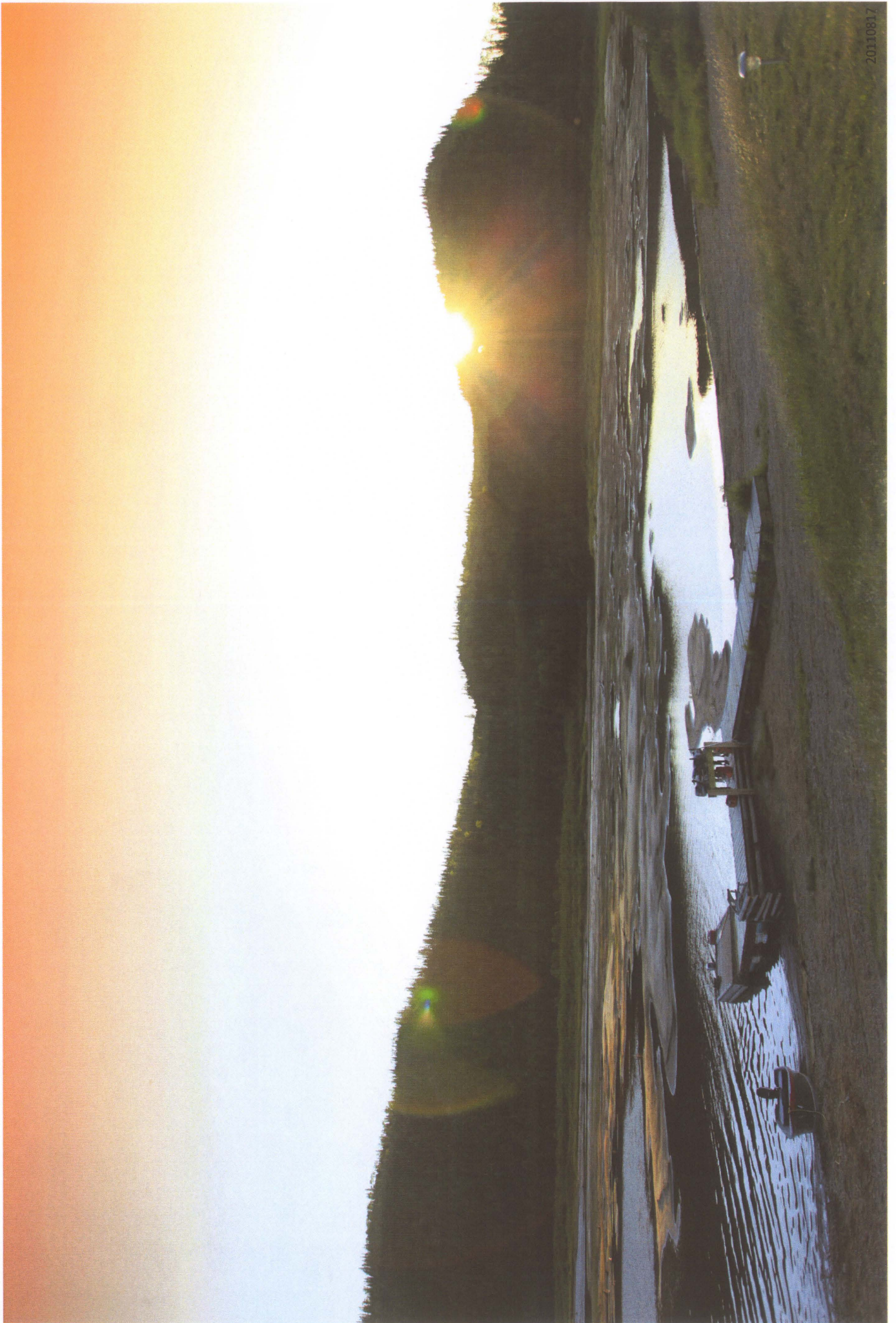
08/08/2005



20080930



20080930



Annexe 12

Copie de la lettre expédiée par Nathalie Brière, avocate

17 septembre 2013 à Pourvoirie Lac Duhamel

McGovern Fréchette

AVOCATS

"SOUS TOUTES RÉSERVES"

Le 17 septembre 2013

Monsieur Gilles Shooner
Pourvoirie Lac Duhamel Inc.
719, avenue Cherbourg
Sainte-Foy (Québec) G1X 2W2

Objet : Pourvoirie Lac Duhamel

Monsieur,

Nous donnons suite à vos correspondances adressées à Madame Marie-José Nadeau ainsi qu'aux divers documents transmis par ces envois.

Après analyse, nous devons vous informer que ces rapports et le document DVD n'apportent aucun élément nouveau ni d'élément scientifique permettant de conclure à une part de responsabilité d'Hydro-Québec.

Le document DVD présente une version incomplète, injuste et fautive des faits en plus de contenir des incohérences d'un point de vue technique et de faire fi des résultats des divers suivis environnementaux ou de l'efficacité des mesures d'atténuation mises en place par Hydro-Québec.

Considérant tous les échanges tenus entre la Pourvoirie et Hydro-Québec, l'ensemble des rapports et études que nous vous avons déjà fournis et ceux joints à la présente, vous disposez de toutes les informations pour comprendre le phénomène d'ensablement et cesser d'insinuer que la dérivation réalisée par Hydro-Québec est en cause. C'est la dérivation réalisée en 1959 par Alcan qui a eu pour effet d'abaisser le niveau du lac Duhamel (réduction de 70% des eaux du bassin) parce qu'aucun ouvrage de retenue n'est venu l'en empêcher.

Les suivis des conditions hydrauliques ont confirmé que le seuil construit par Hydro-Québec au PK 51,27 a maintenu le lac Duhamel (sauf en période de crue) à un **niveau supérieur par rapport à la situation qui existait avant la réalisation du projet. Sans la mesure d'atténuation mise en place par Hydro-Québec, le niveau d'eau du lac Duhamel serait donc plus bas qu'en conditions naturelles en été.**

Concernant les rapports d'avant-projet, nous vous avons déjà confirmé dans notre lettre du 19 janvier 2010, que tous les rapports et études existants vous avaient été transmis. S'il n'existe pas de rapports d'avant-projet sur les impacts de la Petite Rivière Manouane, ce n'est pas "pour des raisons inconnues" ou "parce qu'Hydro-Québec était pressée" mais bien parce que cette rivière se situe à l'extérieur de la zone d'influence du projet et qu'en conséquence, aucune étude n'était requise. Suite à vos représentations et en toute bonne foi, Hydro-Québec a malgré tout procédé à une analyse de l'évolution de la capacité érosive. Il en est ressorti que le phénomène est

Nathalie Brière
Avocate

Hydro-Québec – Affaires juridiques
4^e étage
75, boul. René-Lévesque Ouest
Montréal (Québec) H2Z 1A4

Tél. : 514 289-2580
Télec. : 514 289-2007
C. élec. : briere.nathalie@hydro.qc.ca

antérieur au projet de dérivation (l'accentuation du phénomène ayant été observée de 1973 à 1987).

Les résultats de suivi contredisent également certaines affirmations du document DVD. À titre d'exemple:

- Le suivi de 2010 montre que la qualité des frayères demeure excellente depuis l'état de référence et que des frayères naturelles sont toujours disponibles.
- Ces résultats de suivi de 2010 surpassent les prévisions supportant les autorisations du projet.
- Le suivi des populations de poissons a également été réalisé sur trois ans, soit en 2006, 2008 et 2010. Par rapport à l'état de référence débuté en 2001:
 - o chez le **doré jaune**, espèce sportive pêchée à la pourvoirie Duhamel (quoique complètement non discuté dans le DVD), les indicateurs d'abondance et de masse se situent à un niveau comparable ;
 - o chez le **grand brochet**:(aussi non-discuté dans le DVD), les indicateurs d'abondance et de masse sont semblables ou supérieurs ;
 - o Avant la mise en service de la dérivation, la **ouananiche** représentait moins de 5% des activités de pêche enregistrées à la Pourvoirie (alors que le DVD laisse croire qu'il s'agit de l'espèce la plus représentative des activités de la pourvoirie). Or, le rapport de suivi environnemental publié en 2011 révèle que les densités de ouananiche sont à la hausse depuis la mise en service de la dérivation à l'automne 2003, plus particulièrement sur le territoire du Lac Duhamel.

La tentative de relier l'accumulation de sable à l'inversement des courants (soit le retour aux conditions qui prévalaient avant la dérivation), qui aurait été créée par l'interruption de la dérivation en mai 2004, est non seulement erronée mais impossible. En effet, l'interruption de la dérivation se fait en fermant les vannes dans le canal entre les réservoirs du Grand Détour et Pipmuacan. Cela ne peut provoquer l'inversion des courants dans la Petite Rivière Manouane. Par ailleurs, la dérivation était toujours opérationnelle au printemps 2004.

Nous réitérons que c'est en toute bonne foi qu'Hydro-Québec a réalisé l'ensemble des mesures d'atténuation et suivis, des remises de nombreux documents et une étude d'ensablement a été menée, sans y avoir quelque responsabilité que ce soit, mais dans un esprit de collaboration. Ainsi, Hydro-Québec ne peut donner suite à votre proposition de lui céder les actifs de la Pourvoirie ni à toute autre offre. Par ailleurs, nous vous mettons en demeure et réservons tous les droits d'Hydro-Québec concernant tout dommage découlant de toute utilisation, publique ou privée, du document DVD et de toutes représentations non fondées qui pourraient être faites dans le cadre de tout projet, à quelque tribune que ce soit.

Recevez, Monsieur, nos salutations distinguées.

Nathalie Brière

NATHALIE BRIÈRE, AVOCATE

NB/bd

p.j. Liste et rapports de suivi environnemental

Cote : HQ-2011-119

AECOM; Hydro-Québec Équipement. Environnement. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental 2010 en phase d'exploitation. Reproduction de la ouananiche, intégrité des aménagements et circulation des poissons.** Montréal : Hydro-Québec, 2011-10. 53 p. et annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=18&record=19226554124910447369>

Cote : HQ-2011-107

Hydro-Québec Équipement. Environnement; AECOM. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental 2010 en phase d'exploitation. Populations de poissons.** Version finale. Montréal : Hydro-Québec, 2011-08. 137 p. et annexes.

Cote : HQ-2011-106

Hydro-Québec Production. **Dérivation Manouane. Bilan des activités environnementales 2010.** Montréal : Hydro-Québec, 2011-08. 22 p..

Cote : HQ-2011-035

AECOM; Hydro-Québec Production. Environnement. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental 2010 en phase d'exploitation : teneurs en mercure des poissons.** Montréal : Hydro-Québec, 2011-02. 51 p. et annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=25&record=19225940124910431229>

Cote : HQ-2010-121

Hydro-Québec Production. **Dérivation Manouane. Bilan des activités environnementales 2009.** Montréal : Hydro-Québec, 2010-08. 31 p..

Cote : HQ-2010-148

Hydro-Québec Production; AECOM Tecsub inc.. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental 2009 en phase d'exploitation. Évaluation de la sédimentation des frayères à ouananiche.** Montréal : Hydro-Québec, 2010-06. 42 p. et annexes.

Cote : HQ-2010-102

Hydro-Québec Production; AECOM Tecsub inc.. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental en phase d'exploitation. Réponses aux questions formulées par le ministère des Pêches et des Océans du Canada.** Montréal : Hydro-Québec, 2010-06. 34 p., annexes.

Cote : HQ-2010-040

AECOM Tecsub inc.; Hydro-Québec Production. Environnement. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental 2009 en phase d'exploitation : milieux humides.** Montréal : Hydro-Québec, 2010-04. 84 p. et annexes.

Cote : HQ-2010-058

Enviroconsult CN Itée; Hydro-Québec Production. Manicouagan. **Dérivation partielle des rivières Portneuf, du Sault aux Cochons et Manouane. Suivi environnemental 2009 en phase exploitation. Stabilité des berges du cours inférieur de la rivière Betsiamites.** Montréal : Hydro-Québec, 2010-03. 2 vol..
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=35&record=19222998124910401709>

Cote : HQ-2010-035

Hydro-Québec Production; AECOM Tecsub inc.. **Dérivation Manouane. Suivi environnemental 2009 en phase d'exploitation. Sauvagine.** Montréal : Hydro-Québec, 2010-03. 76 p., annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=37&record=19221532124910497149>

Tecsult Inc.; Hydro-Québec Équipement. Environnement; Hydro-Québec Production. Environnement.
Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2008 en phase d'exploitation : teneurs en mercure des poissons. Montréal : Hydro-Québec, 2009-03. 53 p. et annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=55&record=19218470124910366529>

Cote : HQ-2009-030

Groupe Conseil Nutshimit inc.; Hydro-Québec. Production. Des Cascades. **Suivi environnemental 2008. Dérivation Manouane : suivi des plantations.** Montréal : Hydro-Québec, 2009-02. 29 p. et annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=57&record=19218474124910366569>

Cote : HQ-2009-018

Hydro-Québec. Équipement de production, Hydraulique. **Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi et synthèse des conditions hydrauliques après la dérivation, année 2008.** Montréal : Hydro-Québec, 2009-02. 26 p.

Cote : HQ-2009-002

Tecsult Inc.; Hydro-Québec Équipement. Environnement; Hydro-Québec Production. Environnement.
Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2008 en phase d'exploitation : évolution des baux de villégiatures - fréquentation de la rivière Manouane et des lacs du Grand Détour et Patrick. Montréal : Hydro-Québec, 2009-01. 21 p. et annexe.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=61&record=19218914124910361969>

Cote : HQ-2008-137

Tecsult Inc.; Hydro-Québec Équipement. Environnement; Hydro-Québec Production. Environnement.
Dérivation partielle de la rivière Manouane : suivi environnemental 2008 en phase d'exploitation : ensemencement de ouananiches et suivi des incubateurs. Montréal : Hydro-Québec, 2008-11. 28 p. et annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=63&record=19217334124910355169>

Cote : HQ-2008-089

Hydro-Québec Production. **Dérivation Manouane. Bilan des activités environnementales 2007.** Montréal : Hydro-Québec, 2008/05. 23 p..

Cote : HQ-2008-043

Alliance Environnement inc.; Hydro-Québec Équipement. Environnement. **Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2007 en phase d'exploitation : conditions de navigation et dépôts de billes de bois.** Montréal : Hydro-Québec, 2008/04. 78 p. et annexes.
<https://livelinkmc.hydro.qc.ca/livelink/livelink.exe/HQ-2008-043.pdf?func=hq.fetch&nodeId=58278839>

Cote : HQ-2008-177

Alliance Environnement inc.; Hydro-Québec Équipement. Environnement. **Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2007 en phase d'exploitation. Activités de pêche en pourvoirie.** Montréal (Qc) : Hydro-Québec, 2008-03. 10 p., annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=69&record=19219534124910377169>

Cote : HQ-2008-176

Alliance Environnement inc.; Hydro-Québec Équipement. Environnement. **Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi environnemental 2007 en phase d'exploitation : consultation des utilisateurs.** Montréal : Hydro-Québec, 2008-03. 16 p. et annexe.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=71&record=19219162124910373449>

Cote : HQ-2008-022

Hydro-Québec Équipement. Environnement; Groupe-Conseil LaSalle inc.; Alliance Environnement inc..
Dérivation partielle de la rivière Manouane. Suivi des conditions hydrauliques après dérivation.
Années 2004 et 2005. Montréal (Qc) : Hydro-Québec, 2006/05. 47 p. et annexes.
<http://cherloc.hydro.qc.ca/Record.htm?idlist=106&record=19201972124910291549>

Annexe 13

**Commentaires de Denis W.
Roy PhD, professeur émérite
de l'UQAC le 6 octobre 2013
en réaction à la lettre de
Nathalie Brière du
17 septembre 2013**

Chicoutimi, 6 octobre 2013

Monsieur Gilles Shooner, <gshooner@avlog.qc.ca>
Pourvoirie Lac Duhamel Inc.
719, ave Cherbourg
Ste-Foy (Québec) G1X 2W2

Monsieur Shooner,

La lettre du 17 septembre de M^e Nathalie Brière de McGovern Fréchette, avocats, avec sa part d'omissions et de sous-entendus relatifs à l'ensablement en cours du lac Duhamel, soulève plus de questions qu'elle n'apporte de réponses. Pourtant, l'ensablement est la cause fondamentale des problèmes que vit Pourvoirie Lac Duhamel Inc.

Voici donc les points que mon expertise professionnelle m'autorise à commenter.

1. Paragraphe 5 de la lettre (« *Les suivis des conditions hydrauliques ... seuil construit par Hydro-Québec ... maintenu le lac Duhamel (sauf en période de crue) à un niveau supérieur ... Sans la mesure d'atténuation ... le niveau d'eau ...serait plus bas qu'en conditions naturelles en été* »).

Faut-il comprendre que « **la mesure d'atténuation** » n'est pas efficace « *en période de crue* »? Or c'est essentiellement en période de crue (printanière, estivale ou autre) que les sédiments déménagent (érosion, transport et dépôt). Et, quel est l'effet du « *seuil construit par Hydro-Québec* » pendant une crue?

2. Paragraphe 6 de la lettre (« *Concernant les rapports d'avant-projet... tous les rapports et études existant ... transmis ... impacts sur la Petite Rivière Manouane... se situe à l'extérieur de la zone d'influence du projet ... aucune étude n'était requise. ... évolution de la capacité érosive. ... le phénomène est antérieur au projet de dérivation (l'accentuation ... ayant été observée de 1973 à 1987).* »).

i) À noter que les images de 2005 et 2006 du nord du lac Duhamel, prises par hélicoptère, les seules du rapport Pâquet et Hardy (2007) exclusives à Hydro-Québec, ont été savamment découpées (cf : « *tous les rapports et études existant vous avaient été transmis* ») : il ne reste que quelques courts segments de leur cadrage rectangulaire ou carré initial, et les coins sont fortement amputés. Il s'en suit qu'elles sont inutilisables pour mesurer la progression de l'ensablement après la dérivation de 2003. Ces images faisaient-elles partie d'une série d'images du secteur?

ii) La Petite Rivière Manouane « *se situe* (NDLR :selon Hydro-Québec) *à l'extérieur de la zone d'influence du projet* », mais l'influence qu'elle a sur l'évolution du lac Duhamel depuis la mise en oeuvre de la dérivation vers le réservoir Pipmuacan ne fait pas de doute (Hydro-Québec aurait-elle pu le prévoir si elle l'avait étudié en *avant-projet*?).

iii) Hydro-Québec a-t-elle étudié « *la capacité érosive* » de la « *Petite Rivière Manouane* » en période de crue depuis la réalisation « *du projet* »? A-t-elle étudié l'effet d'une baisse de niveau du lac Duhamel sur « *la capacité érosive* » de la « *Petite Rivière Manouane* »?

iv) Les images jointes au rapport de Pâquet et Hardy (2007) montrent clairement que « *L'accentuation du phénomène ... de 1973 à 1987* » est séparée d'une première croissance rapide de l'ensablement entre 1948 et 1964 par une période de quasi-stabilité de 1964 à 1973 et qu'elle est aussi séparée par une autre période de quasi-stabilité de 1987 à 1996 d'une troisième croissance rapide de l'ensablement de 1996 à 2012 (2012 : image satellite Google).

La première période d'ensablement rapide coïncide chronologiquement avec la dérivation par l'Alcan en 1959 du lac Manouane vers la rivière Péribonka via le canal Bonnard, et la troisième période d'ensablement rapide coïncide chronologiquement avec la dérivation en 2003 par l'Hydro-Québec d'une partie de l'est du bassin versant de la rivière Manouane vers le réservoir Pipmuacan via le réservoir du Grand Remous. Cette première et cette troisième période de croissance de l'ensablement ont la particularité commune d'allonger vers le sud les îles et les bancs de sable déjà présents au coin nord-ouest du lac Duhamel. Par contre, la deuxième période d'ensablement rapide (de 1973 à 1986) a surtout eu pour effet d'élargir les îles et bancs de sable déjà présents. Ce comportement différent et les périodes de quasi-stabilité qui précèdent et qui suivent cette deuxième période d'ensablement rapide indiquent qu'il s'agit d'un phénomène distinct des deux autres. De plus, ces deux pauses dans la progression de l'ensablement impliquent que les effets de la dérivation de 1959 étaient essentiellement terminés lors de la photo de 1964 et que, de leur côté, ceux de l'événement survenu entre 1974 et 1986 étaient essentiellement terminés en 1986.

L'absence d'intervention anthropique dans le bassin versant de la rivière Manouane pendant la deuxième période d'ensablement rapide et le comportement différent de cet ensablement indiquent, comme cause, un phénomène climatique majeur tel que celui qui a fortement affecté les berges du lac Saint-Jean en 1976. Cette tempête majeure de 1976 est bien documentée au service de gestion des barrages de Rio Tinto Alcan; elle devrait l'être aussi à Hydro-Québec pour les réservoirs Gouin et Pipmuacan respectivement à l'ouest et à l'est du lac Saint-Jean.

3. Paragraphe 4 de la lettre (« *Considérant tous les échanges ... C'est la dérivation réalisée en 1959 par Alcan ... effet d'abaisser le niveau du lac Duhamel (réduction de 70% des eaux du bassin) ...* »)

Les photos aériennes du rapport Pâquet et Hardy (2007) indiquent clairement que l'effet de la « *dérivation réalisée en 1959 par Alcan* » était largement terminé en 1964 (voir ci-haut en 2.iv).

« *La réduction de 70%* » s'applique-t-elle au « *niveau du lac Duhamel* »? Si oui à quelle altitude cela correspond-il? Et à quelle année? Quelle serait l'altitude d'un niveau sans réduction (à 100%) ? Pendant la crue ou l'étiage? Ou est-ce un niveau moyen? ...Ou, est-il question de débit plutôt que de niveau?

« *eaux du bassin* » S'agit-il uniquement du lac Duhamel ou de l'ensemble du « *bassin* »-versant de la rivière Manouane?

4. Paragraphe 8 de la lettre (« *La tentative de relier ...non seulement erronée mais impossible. ... fermant les vannes dans le canal entre les réservoirs du Grand Détour et Pipmuacan. ...* »)

L'Atlas électronique du Saguenay Lac-Saint-Jean (<<http://atlas.uqac.ca/saguenay-lac-saint-jean>>), consulté le 5 octobre 2013, indique un débit annuel moyen dérivé de **30,3 m³/s**. Alors, où va l'eau qui entre dans réservoir du Grand Remous quand les dites vannes sont fermées (« *vannes dans le canal ...* »)? Où allait cette eau avant la dérivation?

Autres questions :

Hydro-Québec a-t-elle étudié l'effet de la baisse de débit de la rivière Manouane sur le dépôt de sédiments dans le lac Duhamel depuis la réalisation « *du projet* » (de dérivation vers le réservoir Pipmuacan)? C'est-à-dire, quelles sont les conditions de débit propices au dépôt et au maintien de sédiments dans le lac Duhamel? Et le rôle du « *seuil construit en atténuation* » dans ce contexte?

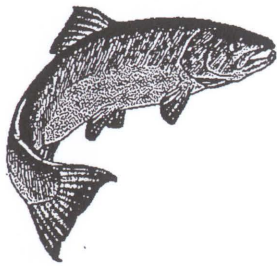
Est-il possible d'estimer le niveau et le débit de la rivière Manouane à son PK61 (entrée de la rivière Manouane dans le lac Duhamel) à partir des observations à la station 062209 du CEHQ (PK50) depuis 1979? La différence entre les débits estimés au PK61 et ceux mesurés au PK50 de la rivière Manouane devraient correspondre à ceux de la Petite Rivière Manouane à son entrée dans le lac Duhamel. Comme la Petite Rivière Manouane n'a jamais subi de modification anthropique, son débit devrait être « constant » par rapport aux précipitations.

Référence :

Pâquet, G et Hardy, L., Poly-Géo inc., 2007. *Étude de l'évolution du delta de la petite rivière Manouane dans le lac Duhamel*. Rapport final présenté à Hydro-Québec Équipement – Direction Environnement et services techniques. 23 p. et 2 annexes.

Annexe 14

**Copie de la lettre expédiée
par Pourvoirie Lac Duhamel
à Nathalie Camden,
sous-ministre, MDDEFP,
11 novembre 2013**



Pourvoirie Lac Duhamel Inc.

« Confidentiel et sous toutes réserves »

« PAR COURRIER RECOMMANDÉ »

Québec, le 11 novembre 2013

Madame Nathalie Camden
Sous-ministre adjointe au
Secteur de la faune
Ministère du Développement durable,
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
Édifice Marie-Guyart
675, boul. René-Lévesque Est
30^e étage
Québec (Québec) G1R 5V7

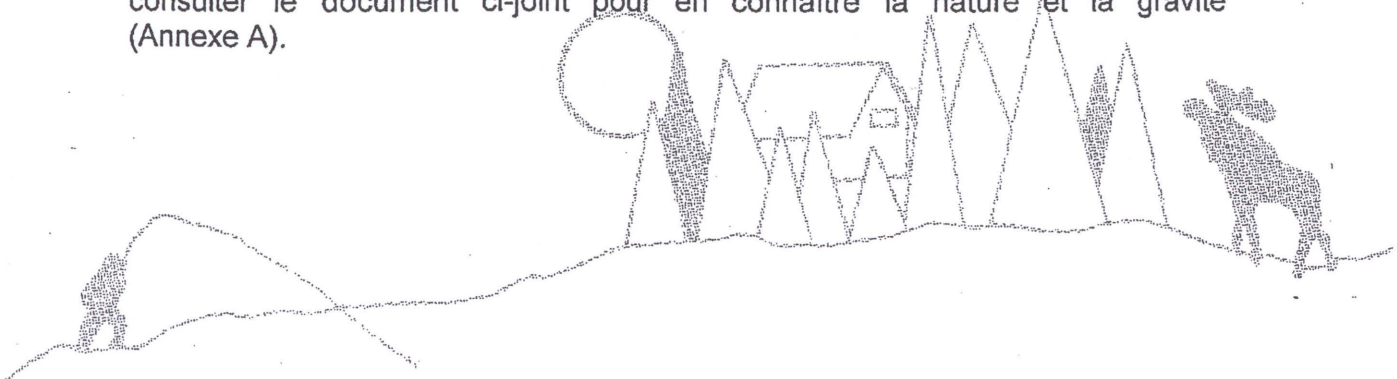
Objet : Bail de droits exclusifs
8602-519
Pourvoirie Lac Duhamel Inc.

Madame la Sous-ministre adjointe,

Nous bénéficions à titre de locataire d'un bail de droits exclusifs consenti par votre Ministère et identifié par le numéro cité en rubrique «Le Bail».

Depuis le début de notre occupation et de son exploitation du territoire visé par le Bail, nous y maintenons toutes les structures utiles à la préservation et à la jouissance du territoire tel que prévu dans le Bail et la législation qui le gouverne.

Malheureusement nous devons par la présente, vous dénoncer à vous, comme propriétaire et bailleur, une dégradation majeure du territoire visé; merci de consulter le document ci-joint pour en connaître la nature et la gravité (Annexe A).



Forts de l'avis de plusieurs experts consultés à ce sujet, nous désignons Hydro-Québec comme principal responsable de cette dégradation. Malgré tous nos efforts d'information et de conciliation avec Hydro-Québec, celle-ci refuse d'admettre sa responsabilité et de participer à tout effort de restauration ou de compensation, (voir l'Annexe B), et nous enlève beaucoup d'espoir de redresser la situation.

La très importante dégradation qui en découle pour votre territoire nous oblige, ce que nous faisons par la présente, à vous le dénoncer conformément à L'article 1866 du Code civil du Québec, à savoir :

« Le locataire qui a connaissance d'une défectuosité ou d'une détérioration substantielles du bien loué, est tenu d'en aviser le locateur dans un délai raisonnable ».

Cette dégradation condamne notre pourvoirie et votre territoire à une très grave désuétude économique et nous laisse sans aucun espoir de retour sur les investissements de plus de 2 M\$ que nous avons consacrés depuis ses débuts pour respecter notre Bail et sa destination.

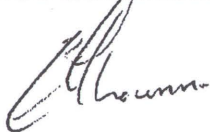
À toutes fins utiles, à titre d'occupant et d'exploitant, nous sommes victimes d'une « expropriation » ou « éviction » sans compensation.

Bien plus, tel qu'il appert de leur lettre précitée les procureurs d'Hydro-Québec nous intimant l'ordre de nous taire et nous réservent une très violente attitude d'intimidation.

Nous vous demandons de prendre acte de cet avis de dénonciation, également adressé selon l'article 17 du Bail, de désigner des représentants de votre Ministère pour nous rencontrer et planifier des modalités de règlement de la situation et, enfin, à interpeller Hydro-Québec selon les droits qui vous gouvernent et dont vous devez assumer le respect.

Merci de nous en faire part,

Votre tout dévoué,



Gilles Shooner

Annexe 15

**Correspondances adressées
par Réal Laporte, chargé de
projet, HQ à Pourvoirie Lac Duhamel,
27 février 2001 (Engagements HQ).**




Direction Production
Unité - Nouveaux aménagements

Nombre de pages incluant celle-ci: 3 pages Date : 2001 / 02 / 27

À: M. Gilles Shoener
Pouvoirs du Lac Duhamel

Téléphone : (418) 493-1162
Télécopieur : (418) 682-5421

De: 
Réal Laporte, ing. M. Sc.
Gérant de projets
Nouveaux aménagements
Direction Production
Téléphone : (514) 840-3627
Télécopieur : (514) 840-3585

OBJET: Dérivation partielle de la rivière Manouane

Veuillez trouver ci-joint la lettre discutée vendredi dernier lors de
notre rencontre

cc C. Tessier
L. Emard
A. Chamberland

Place Dupuis, 855, Ste-Catherine est, 14^e étage, Montréal (Québec) H2L 4P5



Montréal, le 27 février 2001

POURVOIRIE LAC DUHAMEL
719, Cherbourg
Ste-Foy (Québec)
G1X 2W2

Hydro-Québec
Nouveaux aménagements
855, rue Ste-Catherine est, 14^e
étage
Montréal (Québec)
H2L 4P5
Tél.: (514) 840-3627
Télec. (514) 840-3585

À l'attention de Monsieur Gilles Shooner, ing.


Objet: Dérivation partielle de la rivière Manouane
Activités visant à assurer l'exploitabilité du lac Duhamel suite au projet

Cette présente vise à confirmer nos discussions de la semaine dernière.

Advenant la réalisation du projet, nous consentons à analyser diverses actions de concert avec vous qui pourraient être réalisées afin de maintenir, voir améliorer la situation actuelle sur les points suivants:

- Niveau d'eau: Maintenir les conditions actuelles et analyser des avenues pouvant améliorer la situation qui pourraient être mise en oeuvre dans le cadre du projet.
- Poissons: Nous prévoyons que les conditions d'exploitation des espèces de poissons seront maintenues, notamment pour la ouananiche, avec le projet présenté. Afin de bonifier la situation actuelle, nous validerons auprès de la FAPAQ la possibilité d'introduire l'éperlan arc-en-ciel dans la rivière Manouane. Cette introduction aurait pour effet d'améliorer les conditions d'alimentation pour la ouananiche, entre autres. Veuillez trouver, pour information, une copie de la demande adressée à la FAPAQ à ce sujet.

L'effet du projet sur la qualité de l'eau n'aura aucune incidence sur la vie aquatique. Espérant le tout conforme à vos attentes.



Réal Laporte, ing. M.Sc.
Gérant de projets

p.j.



Montréal, le 27 février 2001

Hydro-Québec
Nouveaux aménagements
855, rue Ste-Catherine est, 14^e
étage
Montréal (Québec)
H2L 4P5
Tél.: (514) 840-3627
Télec. (514) 840-3585

Monsieur Louis Villemure
SOCIÉTÉ FAUNE ET PARC QUÉBEC
3950, boul. Harvey
Jonquière (Québec)
G7X 8L6

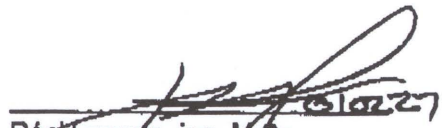
**Objet: Dérivation partielle de la rivière Manouane
Reconstitution de la population d'éperlan arc-en-ciel dans la rivière Manouane**

Monsieur Villemure,

Dans le cadre du projet de dérivation partielle de la rivière Manouane, il a été proposé de reconstituer la population d'éperlan arc-en-ciel dans cette rivière. Cette espèce est déjà présente dans la rivière Péribonka. L'introduction de cette espèce dans la rivière Manouane pourrait améliorer la situation de la Ouananiche dans la rivière.

Nous aimerions obtenir votre avis concernant cette action.

Veuillez croire, Monsieur Villemure, à notre plus entière collaboration.


Réal Laporte, ing. M.Sc.
Gérant de projets

c.c. : Louise Émond
Claude Tessier