

Le 12 septembre 2013

Luc Lafontaine, directeur général
Ville d'Estérel
115, chemin Dupuis
Estérel (Québec)- J0T 1E0

Objet : Relevé de l'érosion des berges des lacs Masson, du Nord et Dupuis dans le but d'en discriminer l'origine

N/D : M08-20-13

V/D : 2011339

Monsieur Lafontaine,

Nous avons le plaisir de vous transmettre le rapport relatif aux travaux menés par notre firme sur le terrain mentionné en rubrique.

Nous espérons que le tout saura répondre à vos attentes et nous demeurons à votre disposition pour toute information additionnelle.

1 INTRODUCTION

Le mandat comprend le relevé de l'érosion de la berge des lacs navigables en bateau à moteur de Ville d'Estérel dans le but de discriminer si cette érosion est d'origine naturelle ou anthropique, pouvant notamment provenir de l'activité de wakesurfing. Cette activité nautique consiste à surfer la vague produite à l'arrière d'un bateau spécialement conçu à cet effet sans être attaché à ce dernier. Les vagues produites par le bateau sont très semblables à celles sur le bord de la mer (Wikipédia 2013). Afin de démontrer si ces vagues ont un impact significatif ou non sur l'érosion, l'étude repose sur :

- la mesure de la hauteur d'érosion des berges;
- la visite de sites affectés et non affectés (témoins).

D'autres mesures que la hauteur d'érosion des berges auraient pu témoigner de l'énergie des vagues et de l'impact qu'elles occasionnent sur une berge. Le taux de recul de la berge en est un exemple. Il s'avère toutefois difficile d'en faire la mesure à grande échelle, car cette mesure demande des repères temporels qui n'existent de façon fiable que pour peu de sites.

L'équipe de travail pour ce mandat est constituée du géographe Daniel Néron, qui agit en tant que chargé de projet, de l'ingénieur Patrice Leroux, spécialiste de l'hydrodynamique et de Dominique Bertrand, qui a participé à la prise de données et à leur compilation. La capitainerie a été assurée par Gabriel Néron alors qu'Elissa Dickoum a produit le document cartographique. Le patrouilleur nautique Pierre Fortin a collaboré à cette étude en identifiant les secteurs couramment utilisés pour le wakesurfing et ceux très peu fréquentés.

L'essentiel des informations environnementales recueillies dans le cadre des travaux est colligé dans le présent rapport. Celui-ci comprend d'abord la méthodologie des travaux, l'ensemble des résultats obtenus ainsi que les discussions et la conclusion.

2 MISE EN CONTEXTE

Depuis quelques années, Ville d'Estérel a renforcé sa réglementation nautique et mis en place une signalisation sur ses plans d'eau navigables. Cela s'est traduit par l'installation de nombreuses bouées à 50 m de la rive indiquant la vitesse maximale à l'intérieur de cette ceinture, soit 6 km/h. Plus récemment, deux plans d'eau, soient le lac du Nord et la baie du Cheval Infirmes, ont été fermés à la pratique du wakesurfing. Un patrouilleur nautique a la tâche de veiller au respect de cette réglementation. En parallèle à ces changements, plus d'une douzaine de riverains de la municipalité se sont plaints de l'érosion de leur berge. Alors que la pratique du ski nautique est une vieille institution à Ville d'Estérel, ces mêmes riverains ont constaté que la vague engendrée par l'activité du wakesurfing est beaucoup plus haute et forte que celle qu'ils connaissaient auparavant. Un autre riverain a engagé une firme d'ingénieur pour comprendre le phénomène, calculer l'énergie occasionnée par cette vague et identifier si la vague naturelle causait autant d'érosion que celle du wakesurfing. À cet effet, le rapport d'Environnement XM (2013) conclue que l'érosion de la berge est causée par cette activité qui génère plus d'énergie que la vague naturelle du lac Masson. La présente étude viendra, à l'aide d'une étude statistique empirique, appuyer ou infirmer cette conclusion.

3 MÉTHODOLOGIE

Ce document emploie le terme *berge* et non celui de *rive* car la délimitation de cette dernière n'a pas été précisément déterminée et qu'elle connaît une portée légale dans la province de Québec.

Plus d'une soixantaine de mesures de l'érosion des berges a été entreprise afin d'effectuer un test statistique valable sur les données récoltées. Ce test statistique servira à confirmer ou à infirmer l'hypothèse selon laquelle le wakesurfing serait à l'origine de l'érosion de la berge. La mesure de l'érosion de la berge correspond à la hauteur au-dessus de la surface d'eau du lac jusqu'où sévit l'érosion. Cette hauteur peut facilement être convertie en une élévation au niveau de la mer (ASL) en se référant aux données enregistrées de la station hydrométrique du lac Masson (CEHQ 2013). Pour fin de commodité, il est présumé que les deux lacs en amont (du Nord et Dupuis) reposent à la même élévation que le lac Masson. La hauteur de l'érosion des berges est celle occasionnée par la vague et s'évalue d'après la concordance de plusieurs indicateurs physiques couramment utilisés pour délimiter la ligne naturelle des hautes eaux (MDDEP 2007). Il s'agit de la limite supérieure d'une échancrure sur le sol de la berge, du dénudement des racines, du haut de plage dénudé et de la ligne débris (récents). La limite inférieure de la présence de litière au sol est un autre indicateur utilisé. La hauteur de l'érosion a été déterminée par la moyenne d'au moins trois mesures ponctuelles. Le site choisi pour les mesures ponctuelles est végétalisé, peu aménagé, ou comporte un ancien remblai. Les sites ayant un muret n'ont pas été retenus. Notons que les indicateurs biologiques ne servent pas à cette évaluation car ils sont davantage influencés par le régime hydrique moyen du plan d'eau, telle l'inondation printanière.

Afin de pouvoir discriminer l'origine de l'érosion, la position de la berge face aux conditions suivantes a été notée :

- La berge fait face à un couloir de wakesurfing (distance plus petite ou égale à 150 m)
- La berge ne fait pas face à un couloir de wakesurfing (distance de plus de 150 m)
- La berge fait face au grand large qui occasionne une vague naturelle

- La berge est abritée du grand large

D'autres paramètres influençant la hauteur des vagues ou l'énergie au brisant ont fait l'objet de mesure sur le terrain. Il s'agit du fetch, c'est-à-dire la distance maximale à la surface de l'eau sur laquelle le vent génère une poussée pouvant produire la vague, et de la profondeur du littoral (à 5 m et 10 m). Le fetch est mesuré avec un angle minimal de 30° du site choisi.

3.1 Choix des sites

Des sites témoins ont été sélectionnés afin de constituer la population d'origine (μ_0). Il s'agit des berges abritées ou face au grand large mais non situées en face d'un corridor de navigation connu pour le wakesurfing. C'est pour cette raison que le lac Dupuis a été visité, malgré que l'activité de ski nautique (sous toutes ses formes) n'y ait jamais été autorisée. En contrepartie, Ville d'Estérel a identifié 12 lots bordant les lacs Masson et du Nord dont la berge fait face à cette activité et dont les riverains observent une érosion accrue récente. Une discussion avec le patrouilleur ayant trois ans d'expérience a permis de retenir d'autres sites de ce type. Ces deux dernières catégories de sites constituent l'échantillon d'une population sous-jacente (\bar{x}). Finalement, une trentaine d'autres sites provenant de la visite prévue pour un autre mandat, soit celui du suivi de l'état des rives, ont été inclus lorsque les conditions d'observations s'avéraient propices pour la mesure de la hauteur d'érosion.

3.2 Tests statistiques

Le test T de Student est utilisé afin de vérifier si les échantillons diffèrent de la population. Le niveau de signification préconisé est de 95% en utilisant la valeur critique unilatérale. L'hypothèse nulle H_0 sera confirmée si $\mu_0 = \bar{x}$ alors que l'hypothèse alternative sera retenue si $\mu_0 < \bar{x}$.

4 RÉSULTATS

Un total de 69 sites de mesure de la hauteur d'érosion a été relevé. Environ la moitié comprend des berges ne faisant pas face à l'activité de wakesurfing alors que l'autre moitié y fait face. La carte de l'annexe I positionne l'ensemble de ces sites. Le tableau de l'annexe I présente les données recueillies de chacun des sites visités. L'annexe I comprend également le graphique de la variation du niveau d'eau du lac Masson durant les différentes journées du terrain.

De façon générale, la berge des lacs du Nord et Masson (toutes baies comprises) est rocheuse, soit composée de matériel très grossier (roches et blocs d'un till indifférencié), soit constituée de roche-mère. L'érosion affecte donc l'enracinement de la végétation et le sapement de la matrice plus fine du till indifférencié. Dans le cas des anciens remblais, un recul récent du matériel meuble peu avoir eu lieu mais seulement la hauteur de l'échancrure a été notée. L'annexe II est un catalogue de photographies qui montre des cas types de cette érosion des berges.

4.1 Comparaison des sites témoins à ceux soumis à l'activité de wakesurfing

Indépendamment qu'elles soient abritées ou non, les berges situées à 150 m ou moins d'un corridor de wakesurfing et recevant cette vague connaissent une ligne d'érosion plus élevée que les berges des sites témoins (Test de T; $p > 99\%$). Cette différence n'est pas influencée par les autres paramètres que sont le fetch, la pente du littoral, l'exposition ou d'autres facteurs.

Puisque le lac Dupuis est géomorphologiquement différent (dépôts meubles plus épais, versant plus doux, sédiment organique) et que son origine lacustre n'est pas naturelle, l'échantillon témoin a été repris pour ne conserver que les sites des lacs du Nord et Masson. Encore une fois, la ligne d'érosion des berges

faisant face au wakesurfing est significativement plus élevée que les sites témoins (Test de T; $p > 99\%$). Le tableau 1 regroupe les statistiques de base pour chacun des échantillons.

Tableau 1. Statistiques des échantillons

ÉCHANTILLON	DISTANCE DU CORRIDOR DE SURF	NOMBRE DE SITES	MOYENNE HAUTEUR ÉROSION (M)	ÉCART-TYPE (M)
Témoin tous plans d'eau navigables (sans wakesurfing)	> 150 m	29	0,14	0,07
Témoin du Nord et Masson (sans wakesurfing)	> 150 m	24	0,16	0,09
Face à un corridor de wakesurfing	< ou = 150	31	0,24	0,11

Si on prend en compte seulement des sites qui sont plus éloigné de 200 m du corridor de wakesurfing comme échantillon, la différence demeure significative (Test de T; $p > 95\%$).

4.2 Effet du fetch

Dans les études sur l'érosion causée par la vague, le fetch est un facteur ayant un poids important dans le calcul théorique de l'amplitude de la houle et de l'énergie qu'elle peut déployer. Les modèles de génération des vagues utilisent tous ce paramètre (CIRIA, CUR, CETMEF 2009). Dans le but de visualiser la relation entre le fetch et la hauteur d'érosion, un graphique en nuage de points a été réalisé. Différentes couleurs ont été associées aux échantillons afin de départager l'effet du fetch entre les sites témoins de ceux subissant le wakesurfing. La figure 1 montre l'existence d'une relation linéaire positive entre les sites témoins et le fetch, un phénomène qui était attendu d'après les connaissances scientifiques. Entre d'autres termes, plus le fetch est grand, plus la vague engendrée est grande et plus la hauteur d'érosion est élevée. Toutefois, les sites affectés par le wakesurfing montrent une relation avec le fetch similaire mais beaucoup moins forte, car le coefficient de régression linéaire est très faible ($R^2 = 0,07$). Autrement dit, la hauteur d'érosion peut difficilement être prédite par le fetch devant une de ces berges. Finalement, l'effet combiné du fetch avec l'activité du wakesurfing ne semble pas augmenter statistiquement l'amplitude de l'érosion de berges exposées aux deux phénomènes lorsque comparées à celles exposées au wakesurfing seulement, les deux droites de régression étant parallèle.

5 CONCLUSION ET DISCUSSIONS

Le relevé de l'érosion de la berge des lacs navigables de Ville d'Estérel démontre que l'activité nautique du wakesurfing rehausse significativement la ligne d'érosion des berges des sites y faisant face. Le paramètre retenu pour mesurer l'érosion est facilement mesurable et ne constitue qu'une facette de l'impact de l'activité sur le milieu aquatique. Des riverains ont aussi constaté que cette vague occasionnait un recul de la rive, de la cavitation, une grande agitation des quais, pour ne nommer que ceux-là.

Ce résultat est en accord avec l'étude théorique d'Environnement XM (2013) réalisé pour un riverain du lac Masson. Elle indique que le passage répété des bateaux de wakesurfing engendre davantage d'énergie érosive que l'addition des tempêtes, même celles de faible occurrence (1/50 ans) mais à très fort vent. Nous croyons toutefois que la recommandation proposant de réduire la vitesse des bateaux sous la vitesse de planage ne réduira pas l'érosion des berges. Il est connu que ce n'est pas cette vitesse qui

engendre les plus grosses vagues mais plutôt celle à plus basse vitesse, dite de coque et notamment celle atteinte juste avant le planage, dite de transition (SM-DNR 1993).

Comme toutes autres études environnementales, plusieurs facteurs entrent en jeu dans l'ampleur d'un phénomène observé. Malgré la taille acceptable des échantillons, il n'a pas été possible de prouver qu'un facteur peut diminuer l'impact du wakesurfing à certains sites plus que d'autres. De plus amples investigations seraient peut être nécessaire pour les trouver. Quoi qu'il en soit, la ceinture de navigation à basse vitesse (6 km/h) semble insuffisante à protéger convenablement la berge face à l'érosion occasionnée par l'activité du wakesurfing. La fermeture récente de deux plans d'eau à cette activité aidera la berge à se rétablir à ces endroits mais risquera d'accentuer l'impact de l'érosion dans l'aire centrale du lac Masson.

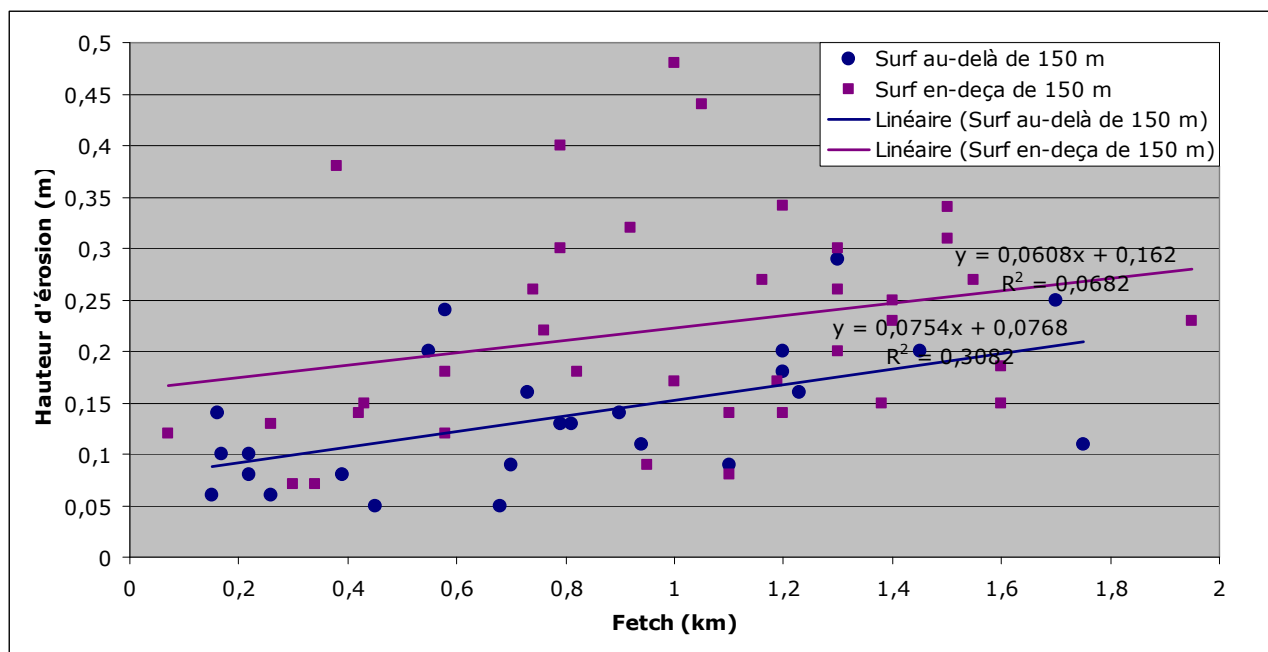


Figure 1. Effet du fetch sur les échantillons

6 PORTÉE ET LIMITATIONS DE L'ÉTUDE

Ce document est publié conformément et sous réserve d'un accord entre le Groupe Hémisphères inc. et le client pour lequel il a été préparé. Il est limité aux questions qui ont été soulevées par le client dans les documents d'appel d'offres et préparé en utilisant les niveaux de compétence et de diligence normalement exercés par des scientifiques en environnement dans la préparation d'un tel document. Ce document est destiné à être lu comme un tout et des sections ou des parties ne doivent donc pas être lues, utilisées ou invoquées hors de leur contexte. Le document est confidentiel et la propriété du client.

7 ASSURANCE QUALITÉ

Groupe Hémisphères dispose d'un système interne de contrôle de la qualité certifié ISO 9001 : 2008. Ce dernier est basé sur la vérification et l'approbation de tout concept et production de documents par un professionnel senior. Il tient notamment compte de la responsabilité du management, du contrôle de la documentation et des données, de la formation continue du personnel, ainsi que de l'assurance qualité pour les produits livrables. Ce système inclut également un contrôle assidu des travaux de terrain et des mesures de prévention et de sécurité spécifiques au projet.

8 RÉFÉRENCES

Communication personnelle

Pierre Fortin Patrouilleur nautique de Ville d'Estérel

Bases de données consultées

CEHQ [Centre d'expertise hydrique du Québec]. (2013) *Suivi hydrologique des stations en temps réel*. Ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Québec.

Bibliographie

CIRIA, CUR, CETMEF (2009) *Guide Enrochement. L'utilisation des enrochements pour les ouvrages hydrauliques*. Version française du Roch Manual, P09-01, CETMEF, Compiègne

Environnement XM (2013) *Investigation of Erosion due to Motor Boat and Wakeboard Activity on Lake Masson*. Rapport technique commandé par David Gold, 17 p.

MDDEP [Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs] (2007) *Identification et délimitation des écosystèmes aquatiques, humides et riverains. Guide d'analyse des projets d'intervention dans les écosystèmes aquatiques, humides et riverains assujettis à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement*. 14 p.

SM-DNR [State of Minnesota, Department of Natural Resources] (1993) *Mississippi, River Bank Erosion and Boating - Facts and Solutions*. Dépliant

Wikipédia (2013) *Wakesurfing*. Wikipédia, l'encyclopédie libre. Page consultée le 13 août 2013 à partir de <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Wakesurfing&oldid=90270897>

Rédigé par :



Daniel Néron
Géographe, chargé de projet

Vérifié par :



Patrice Leroux
Ingénieur intermédiaire, B.Sc, B.Ing
No OIQ: 5009086

Annexe I

Position et données recueillies de chacun des sites visités

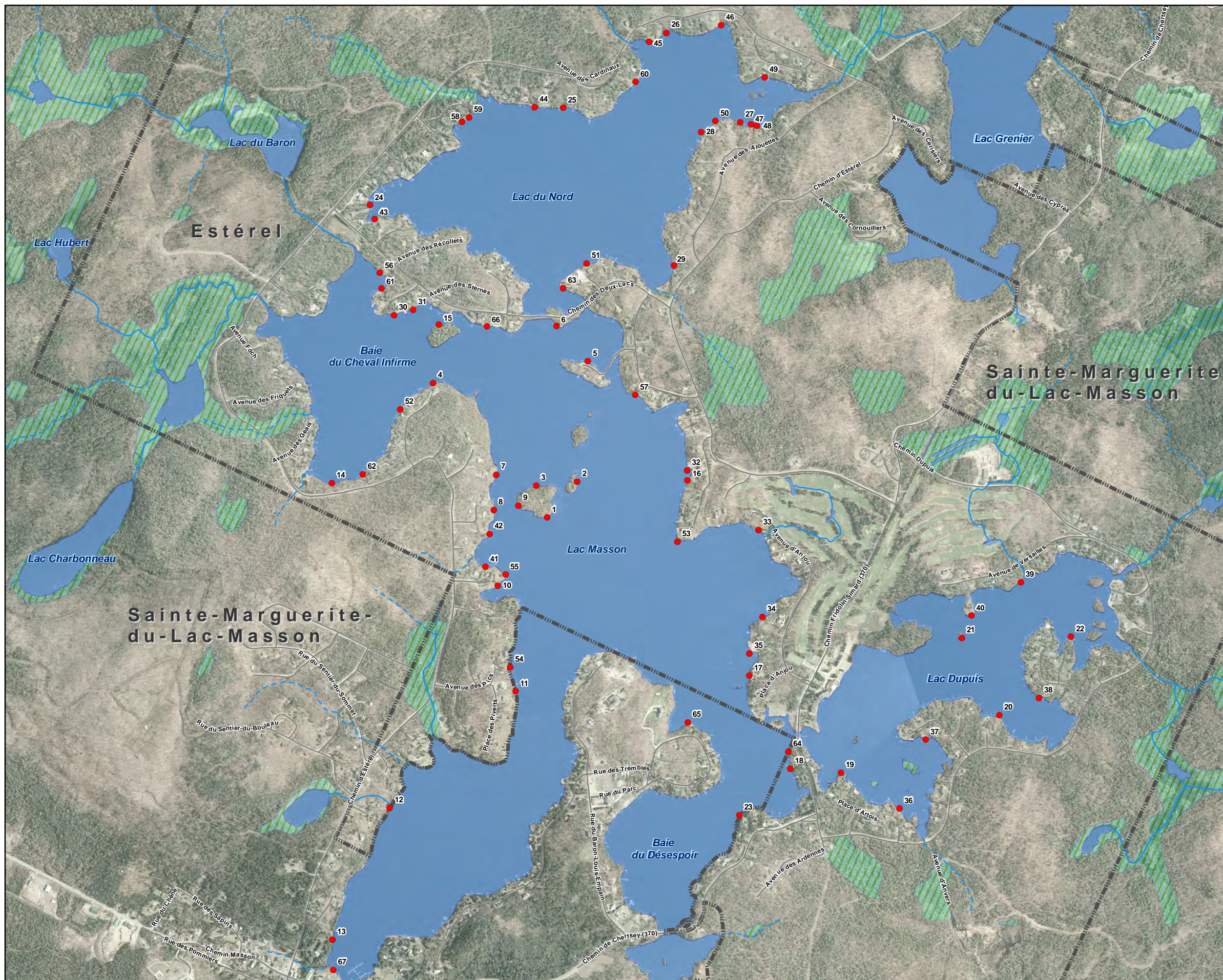


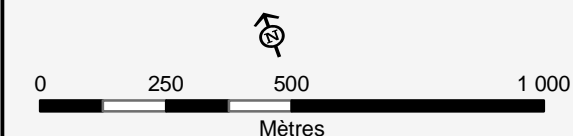
Figure 1
Relevé de l'érosion des berges
Lacs du Nord,
Masson et Dupuis

LÉGENDE

- Site de relevé d'érosion de la berge
- Route
- ▬▬▬ Limite municipale
- Cours d'eau
- - - Cours d'eau intermittent
- Lac/plan d'eau
- ▨ Milieu humide

Échelle: 1:15 000

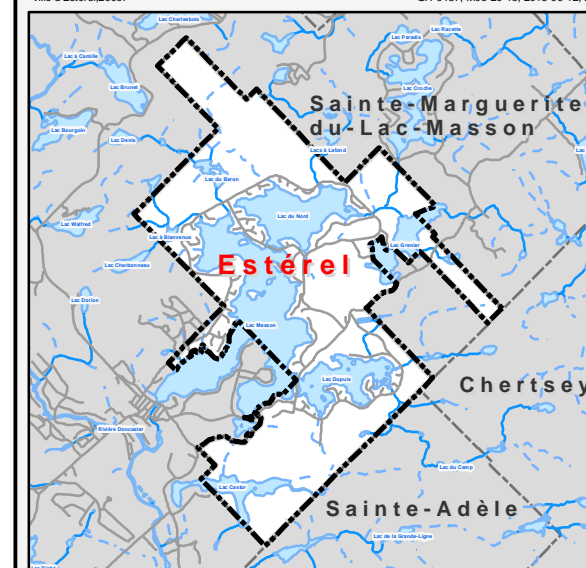
Projection: MTM 8 Nad 83



Sources:

Fond de carte:
 BDTO, Ministère des ressources naturelles,
 ©Gouvernement du Québec, 2001, tous droits réservés
 Milieux humides: Groupe Hémisphères (Mis à jour 2012).
 Orthophotographies:
 Ville d'Estérel, 2009.

FICHER, PROJET, DATE, AUTEUR:
 GH-0437, M08-20-13, 2013-09-12, E.D.



Bureau de Lévis
 13, rue Saint-Louis, Bureau 201
 Lévis (Québec)
 Canada, G6V 4E2

Bureau de Montréal
 1453, rue Beaubien est, suite 301
 Montréal (Québec)
 Canada, H2G 3C6

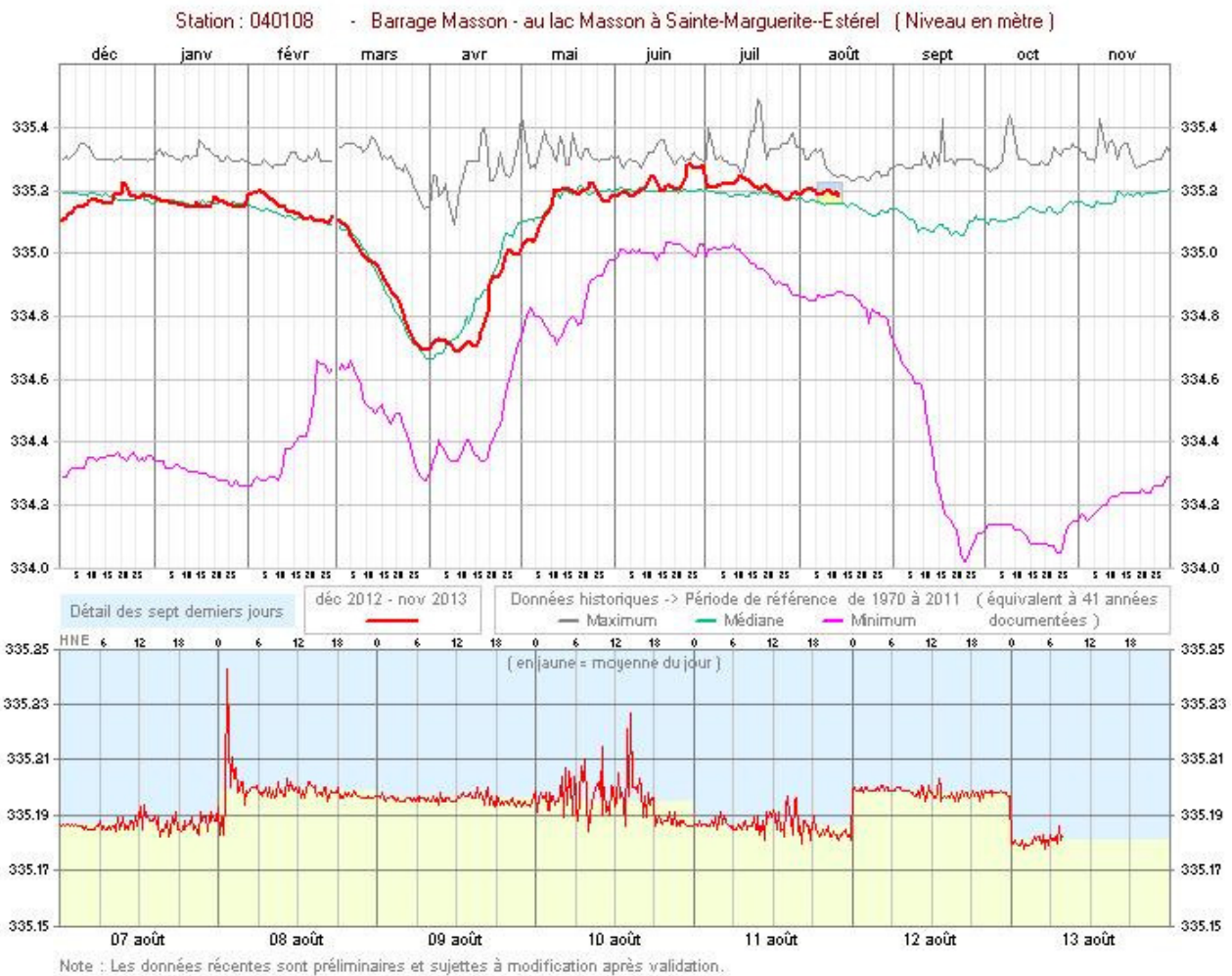
NO	Plan d'eau	GPS	Photo	Profondeur (m)		Érosion (m)	Fetch (km)
				à 5 m	à 10 m		
1	Masson	105	1016 à1018	0,8	1,85	0,19	1,60
2	Masson	106	1019-1020	1,4	2,88	0,32	0,92
3	Masson	107	1022	3,2	2,4	0,31	1,50
4	Masson	108	1024	2,3	4	0,26	0,74
5	Masson	109	1027	1,5	1,9	0,13	0,26
6	Masson	110	1028	1,2	1,6	0,48	1,00
7	Masson	111	1029	2,4	5,5	0,40	0,79
8	Masson	112	1030	0,9	1,5	0,20	1,30
9	Masson	113	1031-1032	6	10	0,38	0,38
10	Masson	114	1033	0,8	1,8	0,12	0,07
11	Masson	115	1036	1,3	2,6	0,25	1,40
12	Baie Ste-Marg.	116	1037	1,2	3,2	0,30	0,79
13	Baie Ste-Marg.	117	1040			0,29	1,30
14	Cheval	129		1,1	1,5	0,11	0,94
15	Cheval	130		0,3	1,5	0,08	0,22
16	Masson	131		2,3	2,6	0,14	1,20
17	Masson	133	1080	5	10	0,30	1,30
18	Masson	134	1094	1,25	20	0,15	1,60
19	Dupuis	135	1102	3		0,14	0,42
20	Dupuis	136	1118	1,5	3,5	0,12	0,58
21	Dupuis	137	1122	0,9	2,5	0,18	0,58
22	Dupuis	138	1138	0,9	1,5	0,07	0,34
23	Baie Désespoir	139		1,3	2,5	0,27	1,16
24	Lac du Nord	141		0,85	1,1	0,11	1,75
25	Lac du Nord	142		0,6	1,3	0,18	0,82
26	Lac du Nord	143	1165	1,6	2,4	0,08	1,10
27	Lac du Nord	144		1,2	2	0,08	0,39
28	Lac du Nord	145		0,75	0,9	0,15	1,38
29	Lac du Nord	146		0,5	0,5	0,16	1,23
30	Cheval		1052	1,3	5,5	0,16	0,73
31	Cheval		1054	0,5	2,7	0,13	0,79
32	Masson		1068	1,2	1,4	0,09	1,10
33	Masson		1073	0,5	1	0,18	1,20
34	Masson		1077	1,3	1,9	0,20	1,20
35	Masson			3	6	0,25	1,70
36	Dupuis		1106	0,9	1,9	0,09	0,70
37	Dupuis		1107-1108	0,6	1	0,05	0,68
38	Dupuis		1121	1,3	1,8	0,06	0,26
39	Dupuis		1136	0,5	2,5	0,20	0,55
40	Dupuis		1138	1,1	1,5	0,13	0,81
41	Masson		1146			0,07	0,30
42	Masson		1147	1,2	1,8	0,34	1,50
43	Lac du Nord		1156	0,6	1,05	0,06	0,15
44	Lac du Nord			1,25	1,55	0,38	0,85
45	Lac du Nord					0,12	1,10
46	Lac du Nord		1167	0,5	2,1	0,14	1,10
47	Lac du Nord			0,7	1,4	0,14	0,60
48	Lac du Nord					0,15	0,64
49	Lac du Nord		1170-1171	0,65	1,1	0,10	0,17
50	Lac du Nord		1172	0,55		0,15	0,43
51	Lac du Nord		1163	0,4	1,5	0,22	1,13
52	Lac du Nord	24	1050	1,4	2,5	0,13	0,67
53	Masson	53	1072	3	?	0,17	1,19
54	Masson	126		0,8	1,5	0,26	1,30
55	Masson	127		0,9	1,3	0,34	1,20
56	Cheval		1151	0,7	1,3	0,24	0,58
57	Masson	124	1064	0,5	1,1	0,23	1,95
58	Lac du Nord	121	1162	0,8	1,05	0,44	1,05
59	Lac du Nord	122	1161	1	1,65	0,17	1,00
60	Lac du Nord	123	1163	0,4	1,5	0,22	0,76
61	Cheval		1043	0,8	1,1	0,10	0,22
62	Cheval			0,5	1	0,14	0,90
63	Lac du Nord	147		0,5	1,3	0,14	0,16
64	Masson	148		1,3	2,4	0,27	1,55
65	Masson	149		2,2	4	0,23	1,40
66	Masson	150		0,7	2,2	0,09	0,95
67	Baie Ste-Marg.		1041			0,20	1,45



[Fiche signalétique](#) | [Tableau des données](#) | [Carte des régions hydrographiques](#) | [Nouvelle recherche](#)

Niveau d'eau à la station

(Données préliminaires)



Fiche signalétique de la station

Numéro de la station :	040108
Nom de la station :	Barrage Masson
Description :	au lac Masson à Sainte-Marguerite--Estérel
Municipalité :	Sainte-Marguerite-du-Lac-Masson
Région administrative :	Laurentides
Lac ou cours d'eau :	Masson, Lac
Région hydrographique :	Outaouais et Montréal

Bassin versant à la station :	35,40 km ²
Régime d'écoulement :	Influencé mensuellement
Numéro fédéral de la station :	02LC009
Système de référence :	Géodésique

[Tableau des données](#)[Nouvelle recherche](#)[Pour nous joindre](#)

[Pour revenir à la carte du Québec](#)



| [Accessibilité](#) | [Accès à l'information](#) |

Québec 

© [Gouvernement du Québec, 2003](#)

Annexe II

Catalogue photo

Site 21



Site 5



Site 56



Site 2

