



150, rue de Vimy
Sherbrooke, QC J1J 3M7, CANADA
t: +1.819.562.3871 • www.exp.com

Sherbrooke, le 15 février 2016

Monsieur Daniel Décary
Directeur général
MUNICIPALITÉ DU VILLAGE DE NORTH HATLEY
3125, chemin Capelton
North Hatley (Québec) J0B 2C0

N/Réf. : NHAM-00054357

**Objet : Impact des changements climatiques sur les niveaux d'eau de la
rivière Massawippi – Révision 1**

Monsieur,

La Municipalité du Village de North Hatley a mandaté **exp** pour réaliser une étude hydraulique afin de déterminer les impacts des changements climatiques sur les niveaux d'eau de la rivière Massawippi, déterminés dans l'étude réalisée par Les Services **exp** inc. en juin 2013, sur le tronçon de 830 mètres situé entre le lac Massawippi et l'extrémité du chemin de la Rivière.

La présente étude résume les résultats de l'analyse hydraulique et traite plus précisément de l'historique du dossier, du résumé de la recherche bibliographique sur l'augmentation du débit et/ou de l'intensité des averses relié aux changements climatiques, de la modélisation hydraulique et des résultats.

Il est important de noter que la carte sur les limites des zones inondables, les niveaux d'eau et les débits présentés dans l'étude de juin 2013 est toujours valable. Les résultats de la présente étude permettront à la Municipalité de fixer un niveau supplémentaire pour l'immunisation des bâtiments, autres immeubles ou ouvrages prévus dans cette zone afin de tenir compte des changements climatiques. Il faut comprendre que toutes les études sur les changements climatiques sont basées sur des prévisions et des modèles numériques. Le but de cette étude n'est pas d'agrandir la limite de la zone inondable basée sur ces prévisions, mais de fixer un niveau supérieur d'immunisation pour les nouveaux bâtiments voulant s'y établir.

1. HISTORIQUE DU DOSSIER

En juin 2013, une étude de plaines inondables de la rivière Massawippi a été réalisée par Les Services **exp** inc. Cette étude avait pour but principal d'évaluer l'impact sur les zones inondables 0-20 ans et 20-100 ans d'un remblai dans la zone délimitée par les rues Capelton, Main, la piste cyclable et le stationnement municipal. Afin d'évaluer les impacts d'un remblai dans la zone étudiée, une étude statistique a été réalisée sur les débits de la station hydrométrique 030220 située au barrage X0007340 sur la rivière Massawippi et sur les niveaux de la station hydrométrique 030241 située au lac



Massawippi. Ensuite, les débits calculés ont été intégrés au modèle hydraulique de la rivière réalisé sur le logiciel HEC RAS conçu par le « US Army Corps of Engineers » (version 4.1) et les limites de la plaine inondable avant le remblai ont été tracées (voir étude de plaines inondables – Rivière Massawippi, datée du 3 juin 2013).

Le tableau suivant résume les débits et niveaux d'eau obtenus.

Tableau 1
Résumé des résultats de l'étude de plaines inondables – Juin 2013

Réurrences (années)	Débits (m ³ /s)	Niveaux d'eau obtenus au lac Massawippi avec modélisation (m)	Niveaux d'eau obtenus au lac Massawippi – Étude statistique (m)
2	62,2	161,55	161,54
20	113,0	162,14	162,16
100	146,0	162,52	162,56

2. RÉSUMÉ DE LA RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Dans le cadre de ce mandat, nous avons réalisé une recherche sur les différentes publications traitant des changements climatiques et qui propose des majorations ou réductions sur les débits, les précipitations ou les courbes IDF, plus précisément :

- Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ), 2013. Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d'étiage et d'hydraulicité à l'horizon 2050. Québec, 2013, 51 p.
- Huard, D. Courbes IDF en climat futur, Ouranos, Réalisé en partenariat avec Fondsvert, Québec et Ressources naturelles Canada.
- Mailhot, A., Panthou, G., Talbot, G. (2014). Recommandations sur les majorations à considérer pour les courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) aux horizons 2040-2070 et 2070-2100 pour l'ensemble du Québec Phase II, Rapport de recherche R1515. INRS-Eau, Terre et Environnement, Réalisé pour le ministère des Transports du Québec.
- MDDELCC (Mars 2014), Guide sur la gestion des eaux pluviales, Gouvernement du Québec
- MTQ (Janvier 2015), Ouvrages – routiers TOME III : Conception des ouvrages d'art, Gouvernement du Québec
- Ouranos (Janvier 2010), Élaborer un plan d'adaptation aux changements climatiques. Guide destiné au milieu municipal québécois, Montréal (Québec), 2010, 48 p.

La plupart des publications recommandent une majoration des courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) variant de 10 à 20 % selon les récurrences. Il faut comprendre qu'une majoration des courbes IDF ne signifie pas nécessairement une augmentation de débit équivalente, le tout dépend notamment de la capacité d'infiltration du sol et des particularités du bassin versant. Par ailleurs, le MTQ recommande depuis janvier 2015, une majoration des débits de 20 % pour toutes les récurrences pour la conception des structures.

Suite à un consensus avec la Municipalité du Village de North Hatley, il a été décidé de majorer les débits de 20 % afin d'établir un niveau supérieur pour les immunisations des bâtiments. Ce choix a été motivé par le désir de se doter d'une marge de sécurité supérieure pour les immunisations des bâtiments situés dans la zone inondable.

3. MODÉLISATION HYDRAULIQUE ET RÉSULTATS

Les modélisations ont été effectuées à l'aide du logiciel HEC-RAS 4.1.0. en utilisant le même modèle que celui de l'étude de 2013.

Les débits présentés ci-haut seront donc majorés de 20 % afin de tenir compte des changements climatiques. Ces débits majorés seront incorporés au modèle réalisé en 2013 afin de pouvoir générer de nouveaux niveaux d'eau au lac Massawippi et ensuite, ils seront comparés aux niveaux obtenus dans l'étude de juin 2013.

Le tableau suivant présente les débits majorés ainsi que les niveaux d'eau obtenus suite à la simulation avec les débits majorés, les niveaux obtenus lors de l'étude de 2013 et la différence entre ces deux niveaux.

Tableau 2
Débits majorés et niveaux

Réurrences (années)	Débits majorés de 20 % (m ³ /s)	Niveaux d'eau obtenus au lac Massawippi avec débits majorés (m)	Niveaux d'eau obtenus au lac Massawippi dans l'étude 2013 (m)	Différence (cm)
2	74,6	161,70	161,55	15
20	135,6	162,40	162,14	26
100	175,2	162,84	162,52	32

Notons que la Ville de Sherbrooke exige l'application d'une marge de sécurité de 25 cm par rapport à la cote 20-100 ans afin de tenir compte des changements climatiques.

CONCLUSION

La Municipalité du Village de North Hatley a mandaté Les Services **exp** inc. afin de réaliser une étude hydraulique afin de valider les impacts des changements climatiques sur les niveaux d'eau de la rivière Massawippi et de proposer une marge de sécurité additionnelle pour les immunisations des bâtiments.

Une recherche bibliographique a été réalisée et plusieurs publications concernant les changements climatiques ont été consultées. Suite à cette recherche, il a été décidé, suite à un consensus, d'appliquer une majoration de 20 % sur les débits calculés dans l'étude de juin 2013, afin de tenir compte des changements climatiques. Ces débits ont été intégrés au modèle de l'étude de juin 2013 et de nouveaux niveaux d'eau ont été obtenus.

Pour tenir compte des changements climatiques et suite aux simulations réalisées, une majoration de 32 cm devrait être appliquée à la cote 100 ans pour les immunisations des nouveaux bâtiments et agrandissements situés dans la zone inondable.

Nous espérons que le tout est à votre entière satisfaction et vous prions de recevoir, Monsieur, nos plus cordiales salutations.

Olivier St-Amour, ing.
N° O.I.Q. : 129939

p.j. Résultats des simulations (HEC-RAS)

Résultats - Débits majorés de 20 %

HEC-RAS Plan: Current mode River: River #1 Reach: Reach #1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chi
Reach #1	18	Q 2ans	74.60	158.70	161.70	159.70	161.71	0.000067	0.58	131.73	62.92	0.12
Reach #1	18	Q 5 ans	101.40	158.70	162.01	159.87	162.04	0.000081	0.69	152.31	74.69	0.13
Reach #1	18	Q 10 ans	119.20	158.70	162.21	159.97	162.24	0.000087	0.75	169.92	92.67	0.14
Reach #1	18	Q 20 ans	135.60	158.70	162.40	160.06	162.43	0.000090	0.79	188.37	105.56	0.14
Reach #1	18	Q 50 ans	158.40	158.70	162.65	160.17	162.69	0.000087	0.82	240.76	186.67	0.14
Reach #1	18	Q 100 ans	175.20	158.70	162.84	160.25	162.87	0.000083	0.84	275.22	191.93	0.14
Reach #1	17	Q 2ans	74.60	158.35	161.65	159.78	161.70	0.000173	1.04	71.43	61.89	0.20
Reach #1	17	Q 5 ans	101.40	158.35	161.93	160.01	162.02	0.000232	1.29	78.65	77.45	0.23
Reach #1	17	Q 10 ans	119.20	158.35	162.11	160.14	162.22	0.000265	1.43	83.27	84.30	0.25
Reach #1	17	Q 20 ans	135.60	158.35	162.28	160.26	162.40	0.000290	1.55	87.50	89.58	0.27
Reach #1	17	Q 50 ans	158.40	158.35	162.50	160.42	162.65	0.000321	1.70	93.17	96.64	0.28
Reach #1	17	Q 100 ans	175.20	158.35	162.66	160.53	162.83	0.000342	1.80	97.18	106.29	0.29
Reach #1	16.5	Bridge										
Reach #1	16	Q 2ans	74.60	158.07	161.62	159.75	161.69	0.000211	1.15	65.86	26.40	0.21
Reach #1	16	Q 5 ans	101.40	158.07	161.88	159.99	161.98	0.000294	1.44	71.87	27.62	0.26
Reach #1	16	Q 10 ans	119.20	158.07	162.03	160.14	162.16	0.000347	1.61	75.45	30.86	0.28
Reach #1	16	Q 20 ans	135.60	158.07	162.16	160.27	162.32	0.000395	1.76	78.58	37.42	0.30
Reach #1	16	Q 50 ans	158.40	158.07	162.33	160.43	162.52	0.000461	1.97	82.50	105.20	0.33
Reach #1	16	Q 100 ans	175.20	158.07	162.43	160.55	162.66	0.000512	2.11	85.05	126.92	0.35
Reach #1	15	Q 2ans	74.60	157.70	161.57	159.59	161.67	0.000393	1.43	52.22	16.54	0.26
Reach #1	15	Q 5 ans	101.40	157.70	161.79	159.93	161.96	0.000619	1.81	55.90	17.36	0.32
Reach #1	15	Q 10 ans	119.20	157.70	161.92	160.14	162.13	0.000837	2.05	58.22	19.47	0.38
Reach #1	15	Q 20 ans	135.60	157.70	162.02	160.30	162.28	0.001048	2.25	60.46	22.21	0.42
Reach #1	15	Q 50 ans	158.40	157.70	162.16	160.51	162.48	0.001340	2.50	63.70	26.71	0.48
Reach #1	15	Q 100 ans	175.20	157.70	162.24	160.66	162.61	0.001563	2.68	66.02	29.35	0.52
Reach #1	14	Q 2ans	74.60	157.67	161.54		161.66	0.000501	1.53	48.83	19.31	0.31
Reach #1	14	Q 5 ans	101.40	157.67	161.75		161.94	0.000732	1.91	52.97	20.20	0.37
Reach #1	14	Q 10 ans	119.20	157.67	161.87		162.11	0.000877	2.16	55.41	21.59	0.41
Reach #1	14	Q 20 ans	135.60	157.67	161.97		162.25	0.001008	2.37	58.93	56.12	0.44
Reach #1	14	Q 50 ans	158.40	157.67	162.10	160.73	162.44	0.001170	2.62	68.50	95.13	0.48
Reach #1	14	Q 100 ans	175.20	157.67	162.19	160.89	162.57	0.001258	2.78	78.77	128.55	0.50
Reach #1	13	Q 2ans	74.60	157.79	161.58		161.63	0.000238	0.98	77.19	42.20	0.22
Reach #1	13	Q 5 ans	101.40	157.79	161.82		161.89	0.000299	1.18	93.29	83.43	0.25
Reach #1	13	Q 10 ans	119.20	157.79	161.96		162.04	0.000332	1.30	107.21	126.35	0.27
Reach #1	13	Q 20 ans	135.60	157.79	162.08		162.17	0.000352	1.38	124.74	154.74	0.28
Reach #1	13	Q 50 ans	158.40	157.79	162.24		162.34	0.000365	1.46	151.60	175.84	0.28
Reach #1	13	Q 100 ans	175.20	157.79	162.36		162.46	0.000368	1.51	172.15	185.51	0.29
Reach #1	12	Q 2ans	74.60	157.83	161.59		161.61	0.000107	0.67	119.39	84.04	0.15
Reach #1	12	Q 5 ans	101.40	157.83	161.83		161.86	0.000133	0.80	147.98	139.41	0.17
Reach #1	12	Q 10 ans	119.20	157.83	161.98		162.01	0.000146	0.87	169.44	158.07	0.18
Reach #1	12	Q 20 ans	135.60	157.83	162.10		162.14	0.000154	0.93	190.74	180.56	0.18
Reach #1	12	Q 50 ans	158.40	157.83	162.27		162.31	0.000164	1.00	226.20	233.93	0.19
Reach #1	12	Q 100 ans	175.20	157.83	162.38		162.43	0.000165	1.03	253.19	236.84	0.19
Reach #1	11	Q 2ans	74.60	158.00	161.57		161.60	0.000187	0.83	93.40	63.21	0.19
Reach #1	11	Q 5 ans	101.40	158.00	161.80		161.85	0.000228	0.99	113.89	113.26	0.22
Reach #1	11	Q 10 ans	119.20	158.00	161.94		162.00	0.000248	1.07	131.31	135.54	0.23
Reach #1	11	Q 20 ans	135.60	158.00	162.07		162.13	0.000261	1.14	149.57	159.47	0.23
Reach #1	11	Q 50 ans	158.40	158.00	162.23		162.30	0.000274	1.22	179.69	220.83	0.24
Reach #1	11	Q 100 ans	175.20	158.00	162.34		162.42	0.000273	1.25	205.74	234.46	0.24
Reach #1	10	Q 2ans	74.60	158.18	161.56		161.59	0.000153	0.78	96.44	59.10	0.18
Reach #1	10	Q 5 ans	101.40	158.18	161.80		161.84	0.000192	0.95	114.97	95.25	0.20
Reach #1	10	Q 10 ans	119.20	158.18	161.94		161.99	0.000214	1.04	129.25	110.96	0.21
Reach #1	10	Q 20 ans	135.60	158.18	162.06		162.12	0.000229	1.11	143.93	129.17	0.22
Reach #1	10	Q 50 ans	158.40	158.18	162.22		162.29	0.000247	1.20	170.90	201.17	0.23
Reach #1	10	Q 100 ans	175.20	158.18	162.33		162.41	0.000251	1.24	194.48	215.92	0.24
Reach #1	9	Q 2ans	74.60	158.98	161.55		161.58	0.000148	0.77	105.34	68.97	0.17
Reach #1	9	Q 5 ans	101.40	158.98	161.79		161.83	0.000188	0.93	125.54	108.12	0.20
Reach #1	9	Q 10 ans	119.20	158.98	161.92		161.98	0.000210	1.02	141.12	117.82	0.21
Reach #1	9	Q 20 ans	135.60	158.98	162.05		162.11	0.000226	1.09	156.01	125.99	0.22
Reach #1	9	Q 50 ans	158.40	158.98	162.20		162.27	0.000246	1.19	178.45	164.75	0.23
Reach #1	9	Q 100 ans	175.20	158.98	162.32		162.39	0.000258	1.25	198.74	203.12	0.24
Reach #1	8	Q 2ans	74.60	158.92	161.56		161.57	0.000068	0.51	154.73	101.95	0.12
Reach #1	8	Q 5 ans	101.40	158.92	161.80		161.82	0.000084	0.61	181.70	129.33	0.13
Reach #1	8	Q 10 ans	119.20	158.92	161.94		161.96	0.000093	0.67	201.16	146.78	0.14
Reach #1	8	Q 20 ans	135.60	158.92	162.06		162.09	0.000099	0.72	220.26	160.64	0.15
Reach #1	8	Q 50 ans	158.40	158.92	162.23		162.26	0.000107	0.78	248.90	190.02	0.15
Reach #1	8	Q 100 ans	175.20	158.92	162.34		162.37	0.000111	0.81	270.54	192.99	0.16

HEC-RAS Plan: Current mode River: River #1 Reach: Reach #1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach #1	7	Q 2ans	74.60	158.52	161.56		161.57	0.000032	0.38	221.40	146.61	0.08
Reach #1	7	Q 5 ans	101.40	158.52	161.80		161.81	0.000041	0.45	259.66	173.65	0.09
Reach #1	7	Q 10 ans	119.20	158.52	161.94		161.96	0.000046	0.50	285.38	186.45	0.10
Reach #1	7	Q 20 ans	135.60	158.52	162.07		162.08	0.000050	0.54	309.14	193.39	0.11
Reach #1	7	Q 50 ans	158.40	158.52	162.23		162.25	0.000054	0.59	341.66	208.76	0.11
Reach #1	7	Q 100 ans	175.20	158.52	162.35		162.36	0.000057	0.62	365.71	215.29	0.12
Reach #1	6	Q 2ans	74.60	158.30	161.56		161.57	0.000032	0.36	223.69	143.46	0.08
Reach #1	6	Q 5 ans	101.40	158.30	161.80		161.81	0.000040	0.43	258.59	147.47	0.09
Reach #1	6	Q 10 ans	119.20	158.30	161.94		161.95	0.000045	0.47	279.58	149.51	0.10
Reach #1	6	Q 20 ans	135.60	158.30	162.07		162.08	0.000049	0.51	298.41	152.34	0.10
Reach #1	6	Q 50 ans	158.40	158.30	162.23		162.24	0.000053	0.56	323.48	157.29	0.11
Reach #1	6	Q 100 ans	175.20	158.30	162.34		162.36	0.000056	0.59	341.50	161.18	0.11
Reach #1	5	Q 2ans	74.60	158.07	161.55		161.57	0.000053	0.46	170.08	115.76	0.10
Reach #1	5	Q 5 ans	101.40	158.07	161.79		161.81	0.000067	0.56	198.80	126.90	0.12
Reach #1	5	Q 10 ans	119.20	158.07	161.93		161.95	0.000075	0.61	216.99	133.47	0.13
Reach #1	5	Q 20 ans	135.60	158.07	162.05		162.08	0.000081	0.66	233.86	140.05	0.13
Reach #1	5	Q 50 ans	158.40	158.07	162.21		162.24	0.000089	0.72	256.92	149.16	0.14
Reach #1	5	Q 100 ans	175.20	158.07	162.33		162.35	0.000094	0.76	274.00	155.60	0.15
Reach #1	4	Q 2ans	74.60	157.93	161.55		161.56	0.000044	0.40	193.00	123.41	0.09
Reach #1	4	Q 5 ans	101.40	157.93	161.79		161.80	0.000054	0.48	223.18	134.09	0.11
Reach #1	4	Q 10 ans	119.20	157.93	161.93		161.94	0.000060	0.53	242.64	144.19	0.11
Reach #1	4	Q 20 ans	135.60	157.93	162.05		162.07	0.000065	0.57	260.90	150.86	0.12
Reach #1	4	Q 50 ans	158.40	157.93	162.21		162.23	0.000070	0.62	285.75	159.38	0.12
Reach #1	4	Q 100 ans	175.20	157.93	162.33		162.35	0.000074	0.66	303.87	163.88	0.13
Reach #1	3	Q 2ans	74.60	158.45	161.55		161.56	0.000075	0.51	148.96	94.11	0.12
Reach #1	3	Q 5 ans	101.40	158.45	161.78		161.80	0.000092	0.61	171.55	99.86	0.14
Reach #1	3	Q 10 ans	119.20	158.45	161.92		161.94	0.000101	0.67	185.77	104.96	0.15
Reach #1	3	Q 20 ans	135.60	158.45	162.04		162.07	0.000109	0.72	198.75	107.93	0.15
Reach #1	3	Q 50 ans	158.40	158.45	162.20		162.23	0.000118	0.79	216.11	112.38	0.16
Reach #1	3	Q 100 ans	175.20	158.45	162.31		162.34	0.000124	0.83	228.67	115.37	0.17
Reach #1	2	Q 2ans	74.60	158.66	161.54		161.55	0.000094	0.60	135.84	98.59	0.14
Reach #1	2	Q 5 ans	101.40	158.66	161.77		161.79	0.000117	0.72	160.17	112.76	0.16
Reach #1	2	Q 10 ans	119.20	158.66	161.90		161.93	0.000130	0.79	175.82	117.73	0.17
Reach #1	2	Q 20 ans	135.60	158.66	162.02		162.06	0.000140	0.85	190.23	122.05	0.17
Reach #1	2	Q 50 ans	158.40	158.66	162.18		162.22	0.000153	0.93	209.67	129.22	0.18
Reach #1	2	Q 100 ans	175.20	158.66	162.29		162.33	0.000162	0.98	224.06	134.54	0.19
Reach #1	1.5	Q 2ans	74.60	158.17	161.54		161.54	0.000032	0.38	198.74	101.90	0.08
Reach #1	1.5	Q 5 ans	101.40	158.17	161.77		161.78	0.000042	0.47	223.01	106.17	0.10
Reach #1	1.5	Q 10 ans	119.20	158.17	161.91		161.92	0.000048	0.52	237.61	107.70	0.10
Reach #1	1.5	Q 20 ans	135.60	158.17	162.03		162.04	0.000054	0.57	250.95	117.18	0.11
Reach #1	1.5	Q 50 ans	158.40	158.17	162.18		162.20	0.000060	0.62	270.08	125.12	0.12
Reach #1	1.5	Q 100 ans	175.20	158.17	162.29		162.31	0.000065	0.66	283.97	128.36	0.12
Reach #1	1.1	Q 2ans	74.60	159.02	161.48	159.97	161.52	0.000154	0.79	95.93	51.21	0.18
Reach #1	1.1	Q 5 ans	101.40	159.02	161.69	160.14	161.74	0.000207	0.98	106.82	53.11	0.21
Reach #1	1.1	Q 10 ans	119.20	159.02	161.81	160.24	161.87	0.000240	1.09	113.32	54.21	0.22
Reach #1	1.1	Q 20 ans	135.60	159.02	161.92	160.33	161.99	0.000268	1.19	119.17	55.18	0.24
Reach #1	1.1	Q 50 ans	158.40	159.02	162.06	160.45	162.14	0.000305	1.31	126.80	56.42	0.26
Reach #1	1.1	Q 100 ans	175.20	159.02	162.15	160.53	162.25	0.000331	1.40	132.22	57.29	0.27
Reach #1	1.05		Inl Struct									
Reach #1	1	Q 2ans	74.60	159.02	160.57	159.97	160.67	0.001000	1.41	52.78	43.43	0.41
Reach #1	1	Q 5 ans	101.40	159.02	160.83	160.14	160.96	0.001000	1.57	64.48	45.28	0.42
Reach #1	1	Q 10 ans	119.20	159.02	160.98	160.24	161.12	0.001002	1.68	71.15	46.60	0.43
Reach #1	1	Q 20 ans	135.60	159.02	161.10	160.33	161.26	0.001000	1.77	77.15	47.76	0.43
Reach #1	1	Q 50 ans	158.40	159.02	161.27	160.45	161.45	0.001001	1.88	85.18	49.26	0.44
Reach #1	1	Q 100 ans	175.20	159.02	161.39	160.53	161.58	0.001001	1.96	90.95	50.32	0.44

Résultats - Débits majorés de 20 %























