



Services Matrec inc.

**Mise à jour des débits
d'étiage de la rivière
Champlain**

**Municipalité de
Saint-Luc-de-Vincennes**



TETRA TECH

Tetra Tech QI inc.

1205, rue Ampère, bureau 310
Boucherville (Québec) J4B 7M6

Téléphone : 450 655-8440

Télécopieur : 450 655-7121

tetratech.com

Services Matrec inc.

Mise à jour des débits d'étiage Rivière Champlain Municipalité de Saint-Luc-de-Vincennes

Notre référence : 36559TT

Révision 1

Le 20 juin 2018

PRÉSENTÉ À :

Services Matrec Inc.

Monsieur Daniel Boulianne
4, chemin du Tremblay
Boucherville (Québec) J4B 6Z5

PRÉSENTÉ PAR :

Tetra Tech QI inc.

1205, rue Ampère, bureau 310
Boucherville (Québec) J4B 7M6

Tél. : 450 655 9640

Télec. : 450 655-7121

tetrattech.com

Préparé par :



2018-06-20

Pascale Girard, ing. jr

N° OIQ : 5031755

Date

Autorisé par :



Jean Gauthier, ing. M. Sc. Eau

N° OIQ : 106813

2018-06-20

Date

TABLE DES MATIÈRES

1	MISE EN CONTEXTE	1
2	DESCRIPTION DU SECTEUR ET DU BASSIN VERSANT ÉTUDIÉS	1
3	MÉTHODOLOGIE UTILISÉE	2
4	STATIONS HYDROMÉTRIQUES SÉLECTIONNÉES	2
5	RÉSULTATS	3
6	DISCUSSION	4
7	CONCLUSION.....	4

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Stations hydrométriques retenues pour l'analyse des débits d'étiage au site à l'étude.....	3
Tableau 2 : Débits d'étiage annuels au site à l'étude	3
Tableau 3 : Débits d'étiage d'hiver et d'été-automne au site à l'étude.....	4

LISTE DES ANNEXES

- Annexe A Rapport d'étiage de la rivière Champlain et un tributaire (CEHQ, 2008)
- Annexe B Localisation des bassins versants
- Annexe C Résultats de l'analyse statistique des débits d'étiage aux stations retenues

1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre des activités visant la renégociation du décret gouvernemental pour l'exploitation du lieu d'enfouissement technique (LET) de Champlain afin d'augmenter la capacité maximale annuelle d'enfouissement à 150 000 tonnes par année, et tel que discuté avec les autorités gouvernementales, il est nécessaire de refaire l'évaluation des objectifs environnementaux de rejet (OER) (actualisation des OER de 2011 qui étaient basés sur les débits d'étiage de 2008). L'analyse hydrologique des débits d'étiage faite en 2008 est présentée à l'annexe A.

Ce rapport présente la révision des débits d'étiage selon la méthodologie décrite et utilisée en 2008 par le ministère et en intégrant l'analyse des débits d'étiage hivernaux. Les OER seront par la suite calculés par le ministère.

Ce rapport d'étude présente l'approche méthodologique et les débits d'étiage pour les récurrences et durées suivantes :

- **Q_{2,7}** : Débit d'étiage de récurrence de 2 ans sur 7 jours consécutifs;
- **Q_{10,7}** : Débit d'étiage de récurrence de 10 ans sur 7 jours consécutifs;
- **Q_{5,30}** : Débit d'étiage de récurrence de 5 ans sur 30 jours consécutifs.

Ces débits ont été évalués sur les trois périodes suivantes :

- **Annuelle** : Données considérées entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre de chaque année;
- **Hivernale** : Données considérées entre le 1^{er} décembre et le 31 mai (les dates peuvent varier selon la latitude du site étudié, la période hivernale désignant la période où le cours d'eau est couvert de glace);
- **Estivale** : Données considérées entre le 1^{er} juin et le 30 novembre (les dates peuvent varier selon la latitude du site étudié, la période estivale ou d'été-automne désignant la période où l'écoulement se fait en eaux libres).

2 DESCRIPTION DU SECTEUR ET DU BASSIN VERSANT ÉTUDIÉS

Le site à l'étude se situe dans la municipalité de Saint-Luc-de-Vincennes.

L'étude de 2008 présente l'analyse des débits d'étiage à deux endroits, soit les sites #1 et #2. Néanmoins ces sites ne correspondent pas au point de rejet du LET de Champlain.

Le point de rejet du LET est un cours d'eau sans nom dont le bassin versant est évalué à environ 0,9 km². Ce cours d'eau sans nom rejoint la rivière Champlain. Généralement, les bassins versants présentant une superficie inférieure à 5 km² présentent un risque élevé d'intermittence. Les débits d'étiage et tous les quantiles d'étiage (Q_{2/7}, Q_{10/7}, et Q_{5/30}) du cours d'eau sans nom sont donc supposés nuls (0 L/s).

Dans ce contexte, l'analyse a été effectuée en considérant que le point de rejet du LET est localisé dans la rivière Champlain et que le bassin versant à cet endroit couvre une superficie de l'ordre de 297 km². La rivière Champlain est un affluent du fleuve Saint-Laurent, où elle se jette à la hauteur de la municipalité de Champlain.

Quelques barrages sont présents sur les tributaires de la rivière Champlain en amont du point étudié. Celui qui pourrait avoir la plus grande influence sur le régime d'écoulement naturel de la rivière Champlain au site étudié est le barrage X0002141. Celui-ci est utilisé à des fins hydroélectriques sur la rivière au Lard. Toutefois, l'influence de sa gestion sur le régime d'écoulement de la rivière Champlain est inconnue et ne sera pas considérée dans la présente analyse.

Les données hydrologiques sont accessibles en ligne auprès du Centre d'Expertise Hydrique du Québec (CEHQ).

Le site à l'étude est présenté à l'annexe B.

3 MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

L'analyse des débits d'étiage se fait en suivant la méthode du CEHQ pour un site où le bassin versant est naturel ou peu influencé et sur lequel il n'existe aucune donnée hydrométrique. L'évaluation des débits d'étiage $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ selon la méthode du CEHQ a été réalisé comme suit :

1. Inventaire des stations hydrométriques voisines ayant un régime naturel ou peu influencé et disposant d'une quantité suffisante de données hydrométriques;
2. Détermination des caractéristiques physiques et climatiques des bassins versants : la superficie du bassin versant, la longueur du cours d'eau, la pente moyenne du cours d'eau, le pourcentage de lacs et de marais, le pourcentage de forêts et les précipitations moyennes annuelles. La détermination de ces caractéristiques n'est pas obligatoire (sauf la superficie du bassin versant), mais leur connaissance permet de porter un meilleur jugement sur les résultats obtenus;
3. Choix des stations hydrométriques dont le bassin versant présente davantage de similarités avec celui du site étudié;
4. Extraction des séries de données saisonnalisées par station, pour analyse statistique;
5. Ajustement, à l'aide d'Hyfran-Plus, des distributions statistiques aux débits d'étiage de 7 et de 30 jours consécutifs à chacune des séries de données retenues;
6. Extraction des débits d'étiage de récurrence de 2 ans, de 5 ans et de 10 ans pour obtenir les débits $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ à chaque station;
7. Si plusieurs stations hydrométriques ont été choisies à l'étape 3, il faut faire la moyenne des débits d'étiage obtenus pour le site;
8. Calcul des débits d'étiage $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ par la transposition des débits au site étudié à l'aide de la technique du transfert de bassin versant. L'équation suivante permet la transposition des débits d'étiage à la station :

$$Q_{T1} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^a Q_{T2}$$

- où
- Q_{T1} : Débit d'étiage de récurrence T au site étudié
 - Q_{T2} : Débit d'étiage de récurrence T au site jaugé
 - A_1 et A_2 : Superficies des bassins versants, respectivement au site étudié et au site jaugé
 - a : Exposant régional

L'utilisation de cette équation est communément appelée « transfert de bassin versant ». Il est possible de déterminer l'exposant « a » s'il existe deux stations hydrométriques pour lesquelles des données sont disponibles en nombre suffisant. Une valeur de 0,8 a été utilisée conformément à Ancil et collab. (2005, section 8.6). Il est généralement admis que l'équation de transfert de bassin donne de meilleurs résultats si A_1/A_2 , soit le rapport des superficies de bassins versants, varie de 0,5 à 2,0.

9. Analyse des résultats.

4 STATIONS HYDROMÉTRIQUES SÉLECTIONNÉES

En 2008, la station Du Loup (052805) avait été retenue pour l'analyse des débits d'étiage. Son bassin versant possédait une aire de 744 km² et était couvert de forêt. Cette station n'a pas été retenue pour la mise à jour des débits d'étiage pour les raisons suivantes :

- couvert de forêt comparativement à la couverture de terres agricoles du bassin étudié;
- pente plus abrupte que le bassin étudié;
- superficie plus de deux fois plus grande que le bassin étudié.

L'annexe B présente les cartes des bassins versants du site à l'étude et des stations hydrométriques potentielles.

Deux stations localisées sur le même cours d'eau ont été retenues pour l'estimation des débits d'étiage au site étudié qui comportent des caractéristiques (superficie, pente et couvert) plus similaires que la station de la rivière du Loup. Le Tableau 1 résume les caractéristiques des deux stations hydrométriques retenues.

Tableau 1 : Stations hydrométriques retenues pour l'analyse des débits d'étiage au site à l'étude

Nom de la station	Portneuf	Portneuf
Numéro de la station	050701	050702
Localisation	Située à 2,9 km du Fleuve Saint-Laurent près de Portneuf	Située à 7,5 km de son embouchure au Fleuve Saint-Laurent
Coordonnées (NAD83)	46° 42' 33" // -71° 52' 27"	46° 43' 40" // -71° 50' 28"
Aire du bassin versant	355 km ²	328 km ²
Organisme exploitant	MDDELCC	MDDELCC
Période d'enregistrement	1966-2004	2005-2018
Période retenue	1966-2000	2005-2018
Régime d'écoulement	Naturel	Naturel
État de la station	Fermée	Ouverte

Concernant la station 050701, les données des années 2001 à 2004 inclusivement n'ont pas été utilisées étant donné qu'elles présentent des débits d'étiage anormalement plus élevé que les années antérieures (1966-2000).

Les deux stations ont été retenues afin de considérer un ensemble de données plus grand. La moyenne des débits d'étiage transférée au site à l'étude a été retenue.

L'analyse statistique des débits d'étiage des stations 050701 et 050702 réalisée à l'aide d'HYFRAN plus est présentée à l'annexe D.

5 RÉSULTATS

Puisque le cours d'eau sans nom est intermittent, les quantiles d'étiage $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ à cet endroit sont fixés à 0 L/s.

Le Tableau 2 présente les débits d'étiage calculés pour différentes combinaisons récurrence-durée-période.

Le Tableau 3 présente les intervalles de confiance (95 %) minimums et maximums rattachés aux débits estimés.

Tableau 2 : Débits d'étiage annuels au site à l'étude

Quantile	Borne inférieure m ³ /s	Q _{annuel} m ³ /s	Borne supérieure m ³ /s
Q _{2,7}	1,61	1,82	2,02
Q _{10,7}	0,90	1,15	1,41
Q _{5,30}	1,40	1,71	2,01

Tableau 3 : Débits d'étiage d'hiver et d'été-automne au site à l'étude

Quantile	Borne inférieure m³/s	Q _{hivernal} m³/s	Borne supérieure m³/s	Borne inférieure m³/s	Q _{estival} m³/s	Borne supérieure m³/s
Q _{2,7}	2,26	2,46	2,66	1,63	1,85	2,06
Q _{10,7}	1,55	1,81	2,06	0,88	1,14	1,41
Q _{5,30}	2,07	2,35	2,63	2,94	3,27	3,61

6 DISCUSSION

Les débits fournis sont valides en condition d'écoulement naturel ou peu influencé (influence journalière) pour un cours d'eau qui n'a pas un écoulement intermittent.

Compte tenu de l'absence d'information hydrologique sur le bassin étudié, il est difficile de connaître la précision de l'estimation des débits d'étiage obtenus. La prise de mesures de débits en continu pendant une certaine période sur le bassin versant pourrait mener à une amélioration des estimations.

Comparativement à l'analyse hydrologique des débits d'étiage réalisée en 2008 à partir de la station Du Loup (052805), les débits d'étiage évalués pour les différentes périodes et quantiles sont plus élevés. Cela est dû à la méthode de calcul utilisée. La méthode de calcul utilisé en 2008 transférait le débit d'étiage d'un bassin à l'autre en multipliant le débit spécifique d'étiage à la station à la superficie du bassin versant à l'étude. La méthode de transfert utilisée en 2008 n'est plus recommandée par le CEHQ et se résume à l'équation suivante :

$$Q_{2(T,j)} = \frac{Q_{1(T,j)}}{A_1} * A_2$$

- où
- Q_{1(T,j)} : Débit d'étiage de récurrence T années, calculé sur une durée de j jours consécutifs à la station hydrométrique
 - Q_{2(T,j)} : Débit d'étiage de récurrence T années, calculé sur une durée de j jours consécutifs au site à l'étude
 - A₁ : Superficie du bassin versant à la station hydrométrique
 - A₂ : Superficie du bassin versant au site à l'étude

Étant donné que la superficie du bassin versant de la station Du Loup est plus de deux fois plus importante à celle du site à l'étude, cette équation sous-estime les débits d'étiage transférés. De plus, tel que mentionné précédemment, le bassin versant de la station Du Loup ne présente pas les mêmes caractéristiques que le bassin étudié : la superficie est plus grande, les pentes sont plus abruptes et le couvert est forestier.

7 CONCLUSION

Cette étude a présenté la mise à jour des débits d'étiage Q_{2,7}, Q_{10,7} et Q_{5,30} annuels, hivernaux et estivaux au point de rejet du LET sur la rivière Champlain à Saint-Luc-de-Vincennes, dans la région de la Mauricie. Les débits ont été évalués en faisant l'analyse statistique aux stations hydrométriques 050701 et 050702 à proximité.

Annexe A
Rapport d'été de la rivière Champlain et un tributaire (CEHQ, 2008)



17 MAR. 2008

Service des avis et
des expertises

NOTE

DESTINATAIRE : Monsieur André Thibault
Direction du suivi de l'état de l'environnement

DATE : Le 14 mars 2008

OBJET : Débit d'étiage : Rivière Champlain et un tributaire
N/Réf. : 0502-02-0801

En réponse à votre demande adressée à M. Pierre Aubé, directeur de l'expertise et de la gestion des barrages publics, reçue le 13 février dernier, concernant le sujet mentionné ci-dessus, je vous informe par la présente note qu'une analyse hydrologique des débits d'étiage a été effectuée aux endroits spécifiés.

Vous trouverez ci-joint l'analyse hydrologique (0502-02-0801) contenant les informations demandées.

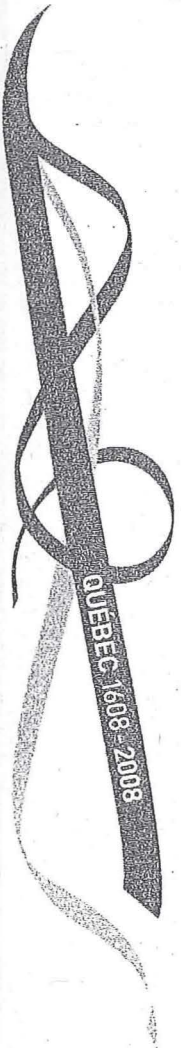
N'hésitez pas à communiquer avec moi pour tout renseignement supplémentaire que vous jugerez opportun.

Joëlle Bérubé, ing., M. Sc.

JB/

p.j. Analyse hydrologique

c.c. M. Denis Labrie, Direction du suivi de l'état de l'environnement



Centre d'expertise
hydrique

Québec 

Analyse hydrologique Débits d'étiage

Rivière Champlain et tributaire sans nom

0502-02-0801

14 mars 2008

Ministère du Développement durable,
de l'Environnement et des Parcs
675, boulevard René-Lévesque Est
Aile René-Lévesque, 1^{er} étage, case 28
Québec (Québec) G1R 5V7

1. Introduction

Cette étude vise à estimer les débits d'étiage annuels et estivaux à un endroit sur la rivière Champlain et sur un petit tributaire sans nom à Saint-Luc-de-Vincennes, dans la région de la Mauricie.

Les débits à estimer sont les débits d'étiage de récurrence de 2 ans et de 10 ans sur une durée de 7 jours consécutifs ($Q_{2,7}$ et $Q_{10,7}$) et de récurrence de 5 ans sur une durée de 30 jours consécutifs ($Q_{5,30}$). La période annuelle s'étend du 1^{er} janvier au 31 décembre tandis que la période estivale s'étend du 1^{er} juin au 31 octobre, ce qui correspond généralement à une période où les cours d'eau sont libres de glace.

La section 2 du présent document dresse un portrait des méthodes existantes applicables pour différents cas. On y retrouve aussi les façons de faire pour réaliser une analyse statistique et une analyse par classement des débits. Le secteur et les sites étudiés sont décrits à la section 3, tandis que la méthodologie retenue pour effectuer l'analyse hydrologique est mentionnée à la section 4. La section 5, qui présente les résultats, est suivie par une discussion de ces résultats à la section 6. Le tout se termine par la conclusion et une annexe.

Veillez noter que pour des raisons techniques, le point (.) est utilisé comme séparateur de décimales dans ce document.

2. Méthodes existantes

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour faire l'évaluation de débits d'étiage. La sélection de l'une ou l'autre de ces méthodes dépend du cas à analyser. Cette section présente les méthodes généralement utilisées au Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) en fonction de différents cas qui peuvent se présenter. Par la suite, on retrouve la description de méthodes disponibles, suivie de l'explication de la façon dont sont faites les analyses statistiques et les analyses par classement des débits.

2.1 Méthodes utilisées en fonction de différents cas rencontrés en pratique

2.1.1 Cas 1 : Site où le bassin versant est naturel ou peu influencé et sur lequel il existe des données hydrométriques fiables sur une période suffisamment longue¹

Pour ce cas, les débits d'étiage sont généralement évalués à partir d'une étude hydrologique dite classique. Celle-ci consiste à réaliser une analyse statistique (voir section 2.3.1) des débits minimums enregistrés à une station hydrométrique située sur la rivière à l'étude et jugée représentative de la partie du bassin versant étudiée.

Après l'obtention des débits d'étiage à la station hydrométrique, ceux-ci sont évalués au site étudié à l'aide d'une méthode de transposition de bassin versant représentée par la formule suivante :

$$Q_{T1} = \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^a Q_{T2} \quad (2.1)$$

où :

- Q_{T1} Débit d'étiage de récurrence T années au site voulu
- Q_{T2} Débit d'étiage de récurrence T années au site jaugé
- A_1 Superficie du bassin versant au site voulu
- A_2 Superficie du bassin versant au site jaugé
- a Exposant régional

Il est possible de déterminer a s'il existe deux stations hydrométriques pour lesquelles des données sont disponibles en nombre suffisant sur le cours d'eau. En effet, a représente le coefficient de corrélation entre ces données et sa valeur varie généralement entre 0.8 et 1.0. L'équation 2.1 donne des résultats satisfaisants si A_1/A_2 varie entre 0.5 et 2.0. En ce qui a trait aux rapports inférieurs à 0.5 et supérieurs à 2.0, la méthode décrite à la section 2.1.3 peut être utilisée pour valider les résultats. Lorsque aucun coefficient de corrélation ne peut être estimé, ce qui est généralement le cas, la valeur de a qui devrait être utilisée est de 1.

¹ Pour la détermination de débits extrêmes, un ajustement significatif doit généralement se faire sur une série de données comprenant au moins 30 valeurs. Cependant, pour le calcul des débits d'étiage où la période de retour estimée ne dépasse pas une récurrence de 10 ans, un minimum de 10 valeurs est jugé acceptable.

2.1.2 Cas 2 : Site où le bassin versant est naturel ou peu influencé et sur lequel il n'existe pas de données hydrométriques sur une période suffisamment longue

Lorsque la série des données à une station hydrométrique (que l'on nomme station témoin dans ce cas) est trop courte pour effectuer une étude hydrologique dite classique, il faut l'allonger en considérant une ou plusieurs stations hydrométriques qui permettront d'augmenter la longueur de celle-ci sur une période suffisante. Une forte corrélation ($R > 0.9$) entre les données d'au moins deux stations hydrométriques permet d'allonger, selon une formule de régression, la série de données trop courte.

Une autre façon de procéder serait de comparer les données de la station hydrométrique témoin avec une autre station hydrométrique qui aurait enregistré des données pendant des périodes similaires à la première et qui aurait une période d'enregistrement suffisamment longue pour qu'une analyse statistique puisse y être réalisée.

En comparant les débits d'étiage spécifiques² des deux stations hydrométriques, des rapports peuvent être établis. Par la suite, ces rapports peuvent être appliqués aux débits évalués au site étudié, à l'aide de la méthode de transposition de bassin versant, avec la station qui comporte suffisamment de données.

Une autre méthode consiste à faire l'évaluation à l'aide d'indices des débits d'étiage. Pour ce faire, les débits d'étiage moyens sont calculés à une station hydrométrique qui comporte suffisamment de données. Ensuite, des rapports entre les débits d'étiage obtenus par analyse statistique à cette même station (par exemple un $Q_{2,7}$ annuel) et ce débit d'étiage moyen sont calculés.

Ces rapports peuvent ensuite être multipliés par le débit d'étiage moyen de la station témoin pour obtenir une estimation des débits d'étiage correspondant à cette station. Les débits d'étiage au site étudié sont par la suite évalués avec la méthode de transposition de bassin versant à partir des débits obtenus à la station témoin.

2.1.3 Cas 3 : Site où le bassin versant est naturel ou peu influencé et sur lequel il n'existe aucune donnée hydrométrique

Comme la grande majorité des cours d'eau du Québec ne sont pas jaugés, la plupart des demandes d'étude concernant les débits d'étiage font partie de cette catégorie. L'évaluation des débits d'étiage dans un tel cas commence par la sélection de stations hydrométriques jugées représentatives du site à l'étude, ayant

² Un débit spécifique est obtenu en divisant un débit par la superficie du bassin versant où ce débit est mesuré ou estimé. Cela représente le débit moyen par unité de surface pour le bassin versant concerné.

un régime naturel ou peu influencé et sur lesquelles on retrouve des données hydrométriques sur une période suffisamment longue.

Par la suite, la réalisation d'une analyse statistique des débits d'étiage pour les durées et périodes voulues permet d'obtenir les débits d'étiage de différentes récurrences à chacune des stations retenues. Il faut noter qu'il est possible, et même courant, qu'une seule station hydrométrique soit sélectionnée.

En plus de la superficie du bassin versant étudié, la détermination de caractéristiques physiques et climatiques (longueur du cours d'eau, pente moyenne du cours d'eau, pourcentage de lacs et de marais, pourcentage de forêt et de précipitations moyennes annuelles), lorsqu'il est possible de le faire, permet d'effectuer de meilleurs choix lors de la sélection des stations hydrométriques et de porter un jugement plus juste sur les résultats obtenus.

L'étape suivante consiste à calculer les débits spécifiques d'étiage voulus aux stations hydrométriques à l'aide de l'équation suivante :

$$q_{T,j} = \frac{Q_{T,j}}{A} \quad (2.2)$$

où :

- $q_{T,j}$ Débit spécifique d'étiage de récurrence T années, calculé une durée de j jours consécutifs à la station hydrométrique
- $Q_{T,j}$ Débit d'étiage de récurrence T années, calculé sur une durée de j jours consécutifs à la station hydrométrique
- A Superficie du bassin versant à la station hydrométrique

Finalement, les débits d'étiage voulus peuvent être évalués en faisant une analyse régionale locale, c'est-à-dire qu'une moyenne des débits spécifiques d'étiage correspondant de chacune des stations sélectionnées est faite, ce qui donne un débit spécifique régional qui est transposé au site étudié pour y évaluer les débits d'étiage. Si une seule station hydrométrique est retenue, une simple transposition de bassin versant est effectuée.

Si plusieurs stations hydrométriques sont sélectionnées, une courbe de régression peut être estimée (régression sur la superficie du bassin versant en fonction du débit d'étiage de chaque station hydrométrique) pour ensuite être utilisée pour évaluer les débits d'étiage au site étudié. Il est cependant assez rare qu'il y ait un nombre suffisant de stations hydrométriques pour obtenir une courbe de régression satisfaisante.

2.1.4 Cas 4 : Site où le bassin versant est influencé et sur lequel il existe des données hydrométriques sur une période suffisamment longue

En général, ces sites sont situés en aval de réservoirs dont la gestion influence mensuellement ou annuellement le régime d'écoulement du cours d'eau.

Pour obtenir des débits d'étiage naturels, il faut d'abord reconstituer les débits en utilisant les débits à la sortie du réservoir et la variation de l'emmagasinement du réservoir à l'aide de l'équation suivante :

$$Q_e = Q_s + \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (2.3)$$

où :

Q_e	Débit à l'entrée du réservoir
Q_s	Débit à la sortie du réservoir
ΔS	Variation de l'emmagasinement
Δt	Temps

L'utilisation de cette méthode nécessite, au préalable, de tracer la courbe d'emmagasinement du réservoir. Une fois les débits reconstitués, le cas peut être traité suivant la méthodologie exposée à la section 2.1.1.

Cependant, dans la majorité des cas, c'est la caractérisation des débits influencés qui doit être effectuée, puisque ces débits représentent la réalité du régime d'écoulement du cours d'eau. Une analyse par classement des débits (voir section 2.3.2) est généralement utilisée pour déterminer les débits d'étiage qui, dans un tel cas, sont souvent liés directement aux conditions de gestion d'un barrage. Lorsqu'un changement dans les conditions de gestion survient, un nouveau calcul des débits d'étiage s'avère souvent nécessaire puisque ces nouvelles conditions peuvent modifier le régime d'écoulement en période d'étiage.

2.1.5 Cas 5 : Site où le bassin est influencé et sur lequel il n'existe aucune donnée hydrométrique

L'analyse d'un tel cas peut s'avérer complexe. La connaissance de la façon dont sont influencés les débits d'étiage est nécessaire à leur évaluation. Par exemple, il faut s'informer sur le mode de gestion d'un barrage géré qui influence les débits dans un secteur étudié.

2.2 Autres méthodes

2.2.1 Logiciel ARIDE (Analyse Régionale Intégrée des Débits d'Étiage)

Ce logiciel a été développé par la Chaire en hydrologie statistique (Hydro-Québec, CRSNG, ALCAN) à l'Institut national de la recherche scientifique - Eau, terre et environnement (INRS-ETE) en collaboration avec le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) et du CEHQ.

Il permet l'évaluation de débits d'étiage pour des sites naturels ou peu influencés, jaugés ou non jaugés au Québec. Le logiciel peut donc s'appliquer aux cas 1 à 3 décrits à la section 2.1.

Cet outil permet une évaluation rapide des débits d'étiage $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ annuels, estivaux et hivernaux. Les débits sont évalués en intégrant des méthodes complexes de régionalisation.

ARIDE est un outil supplémentaire qui est utilisé pour faire l'évaluation de débits d'étiage au CEHQ. Cependant, son utilisation pour de petits bassins versants (inférieurs à environ 100 km²) demeure hasardeuse vu la faible représentativité de tels bassins dans la banque de données utilisée par le logiciel.

2.2.2 Analyse régionale des étiages 7-jours de la province de Québec (Anctil et al., 2000)

Cette analyse régionale permet d'évaluer les débits d'étiage d'une durée de 7-jours consécutifs pour différentes récurrences pour les périodes hivernales et estivales. Pour la même raison que dans le cas du logiciel ARIDE, les évaluations sur des bassins versants inférieurs à 100 km² sont risquées.

2.3 Réalisation d'une analyse statistique et d'une analyse par classement des débits (ou débits classés)

2.3.1 Analyse statistique

Une analyse statistique consiste à l'ajustement d'une loi statistique sur des débits minimums, enregistrés à une station hydrométrique qui contient un nombre suffisant de données, dans le but d'obtenir la valeur des débits d'étiage pour différentes récurrences.

L'ensemble des lois statistiques généralement utilisées en hydrologie doit être ajusté pour estimer les débits minimums d'étiage pour les récurrences, les durées et les périodes voulues. Les débits d'étiage les plus couramment évalués sont le $Q_{2,7}$, le $Q_{10,7}$ et le $Q_{5,30}$ pour les périodes annuelles et estivales.

À la suite de l'analyse des ajustements, basée sur le critère d'adéquation bayésien, la loi décrivant le mieux l'échantillon de données est retenue. Pour différentes raisons, une autre loi que celle choisie en se basant sur le critère d'adéquation bayésien peut être retenue. Par exemple, deux lois différentes retenues pour représenter les débits d'une certaine durée pour des périodes différentes peuvent donner des débits d'étiage aberrants. Un débit estival plus faible qu'un débit annuel, pour une même récurrence, pourrait être représentatif d'un tel cas.

Préalablement à l'ajustement d'une loi statistique, il faut s'assurer que la série de données confirme les hypothèses de base. Théoriquement, les données qui composent l'échantillon doivent être indépendantes, stationnaires et homogènes pour qu'une loi statistique puisse être retenue.

Au CEHQ, les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel d'ajustement de lois statistiques Hyfran. Tout comme pour le logiciel ARIDE, ce dernier a été mis au point par l'INRS-ETE (qui à l'époque s'appelait INRS-EAU), par l'équipe du D^r Bernard Bobée, dans un contexte de recherche pour le compte de la Chaire en hydrologie statistique Hydro-Québec/Alcan/CRSNG. Il permet notamment la vérification des hypothèses de base, en plus de fournir les valeurs du critère bayésien qui aide à faire la sélection de la meilleure loi.

2.3.2 Analyse par classement des débits

La méthode du classement des débits utilisée implique, comme son nom l'indique, un classement des débits d'étiage par ordre croissant. Une probabilité de non-dépassement est attribuée à chaque valeur par la formule simple suivante :

$$p = \frac{i}{n-1} \quad (2.4)$$

où : p Probabilité au non-dépassement
 i Rang de la donnée ($i = [0, 1, \dots, n-1]$)
 n Nombre total de données dans la série

Selon les définitions, pour des débits d'étiage, une récurrence de 2 ans correspond à une probabilité au non-dépassement de 0.50, une récurrence de 5 ans correspond à une probabilité au non-dépassement de 0.2 tandis qu'une récurrence de 10 ans correspond à une probabilité au non-dépassement de 0.1.

Au CEHQ, pour l'évaluation des débits d'étiage, cette méthode est généralement utilisée lorsque les données sont influencées de façon importante. Les débits estimés demeurent à l'intérieur de la plage des débits minimums observés. Cependant, il faut demeurer prudent lorsque la méthode est appliquée sur un petit nombre de données.

3. Description du secteur et du bassin versant étudiés

La rivière Champlain est un affluent du fleuve Saint-Laurent, où elle se jette à la hauteur de la municipalité de Champlain. Les sites étudiés se situent dans la municipalité de Saint-Luc-de-Vincennes et l'aire de leur bassin versant est de 0.5 km² et 253 km², respectivement pour les sites 1 et 2. Ils sont localisés sur la carte fournie en annexe.

Quelques barrages sont présents sur les tributaires de la rivière Champlain en amont du point étudié. Celui qui pourrait avoir la plus grande influence sur le régime d'écoulement naturel de la rivière Champlain au site étudié est le barrage X0002141. Celui-ci est utilisé à des fins hydroélectriques sur la rivière au Lard. Toutefois, l'influence de sa gestion sur le régime d'écoulement de la rivière Champlain est inconnue et ne sera pas considérée dans la présente analyse.

L'étendue d'un bassin versant joue un rôle très significatif sur les risques d'assèchement d'un cours d'eau. Généralement, les bassins de moins de 5 km² sont plus sensibles aux risques d'assèchement. Comme le bassin au site 1 est très petit, soit de 0.5 km², il est raisonnable de croire que ce cours d'eau est intermittent et cela devra être considéré dans l'analyse du dossier. Le cours d'eau au site 1 apparaît d'ailleurs comme intermittent sur les cartes.

4. Choix méthodologique

Cette section présente le choix de la méthode d'analyse retenue pour effectuer l'évaluation des débits d'étiage aux sites étudiés. Préalablement à ce choix, une vérification est faite pour savoir si des études antérieures ont déjà été réalisées dans le secteur étudié.

4.1 Vérification des analyses antérieures

Une analyse qui aurait pu être faite par le passé sur un cours d'eau à l'étude peut donner des renseignements utiles pour la présente analyse hydrologique.

Dans le présent cas, aucune analyse antérieure n'a été retracée.

4.2 Méthodologie utilisée

Puisqu'il n'y a pas de station hydrométrique située sur les cours d'eau étudiés, la méthode utilisée doit suivre le cas 3 décrit à la section 2.1.3. Voici une description de la station hydrométrique retenue pour faire l'évaluation des débits d'étiage :

- 052805 : Du Loup à 0.3 km en aval du ruisseau Carufel, à Saint-Alexis-des-Monts (1978-2007). Aire du bassin versant = 744 km².

La période indiquée peut varier légèrement en fonction des différents paramètres estimés (débit 7 ou 30 jours, annuel ou estival).

La station 052805 a été retenue car deux de ses caractéristiques sont similaires à celles du site à l'étude sur la rivière Champlain, soit l'aire du bassin versant et la quantité de précipitations annuelles totale.

Puisque le cours d'eau au site 1 est intermittent, les quantiles d'étiage $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ à cet endroit sont fixés à 0 l/s.

5. Résultats

Le tableau 5.1 donne les débits d'étiage calculés pour différentes combinaisons récurrence-durée-période. On y retrouve aussi l'aire du bassin versant du site à l'étude.

Tableau 5.1. Débits d'étiage estimés pour le site 2

Récurrence	Durée	Débit spécifique de la station retenue		Débit d'étiage	
		Annuel	Estival	Annuel	Estival
années	jours	l/s/km ²	l/s/km ²	l/s	l/s
2	7	2.45	2.54	619	643
10	7	1.29	1.24	326	314
5	30	2.01	1.94	509	490

Aire : 253 km²

Au tableau 5.2, on retrouve les intervalles de confiance (95 %) minimums et maximums rattachés aux débits estimés.

Tableau 5.2. Intervalles de confiance rattachés aux débits estimés pour le site 2

Récurrence	Durée	Débit d'étiage, intervalle de confiance inférieur		Débit d'étiage, intervalle de confiance supérieur	
		Annuel	Estival	Annuel	Estival
années	jours	l/s	l/s	l/s	l/s
2	7	514	510	725	777
10	7	230	226	422	403
5	30	370	366	648	613

*Enlever le site #1 (ce n'est pas la riv. Champlain)
 en plus*

6. Discussion

Les débits fournis sont valides en condition d'écoulement naturel ou peu influencé (influence journalière) pour un cours d'eau qui n'a pas un écoulement intermittent.


Compte tenu de l'absence d'information hydrologique sur le bassin étudié, il est difficile de connaître la précision de l'estimation des débits d'étiage obtenus. La prise de mesures de débits en continu pendant une certaine période sur le bassin versant pourrait mener à une amélioration des estimations.

7. Conclusion

Le but de cette étude était d'évaluer les débits d'étiage $Q_{2,7}$, $Q_{10,7}$ et $Q_{5,30}$ annuels et estivaux à un endroit sur la rivière Champlain et sur un petit tributaire sans nom à Saint-Luc-de-Vincennes, dans la région de la Mauricie. Le but a été atteint en effectuant une analyse statistique sur une station de la région.

Vous retrouverez en annexe un tableau ainsi qu'une carte localisant les sites à l'étude.

Les données hydrologiques sont disponibles au Centre d'expertise hydrique du Québec.



Joëlle Bérubé, ing., M. Sc.

Le 14 mars 2008

RÉFÉRENCE

Anctil, F., Larouche, W., Hoang, V. D. (2000). « *Analyse régionale des étiages 7-jours de la province de Québec* », *Water Qual. Res. J. Canada*, vol. 35, n° 1, p 125-146.

ANNEXE

- **Tableau des débits spécifiques d'étiage associés à la station retenue pour l'analyse.**

No. Station : 052805 Nom : Du Loup

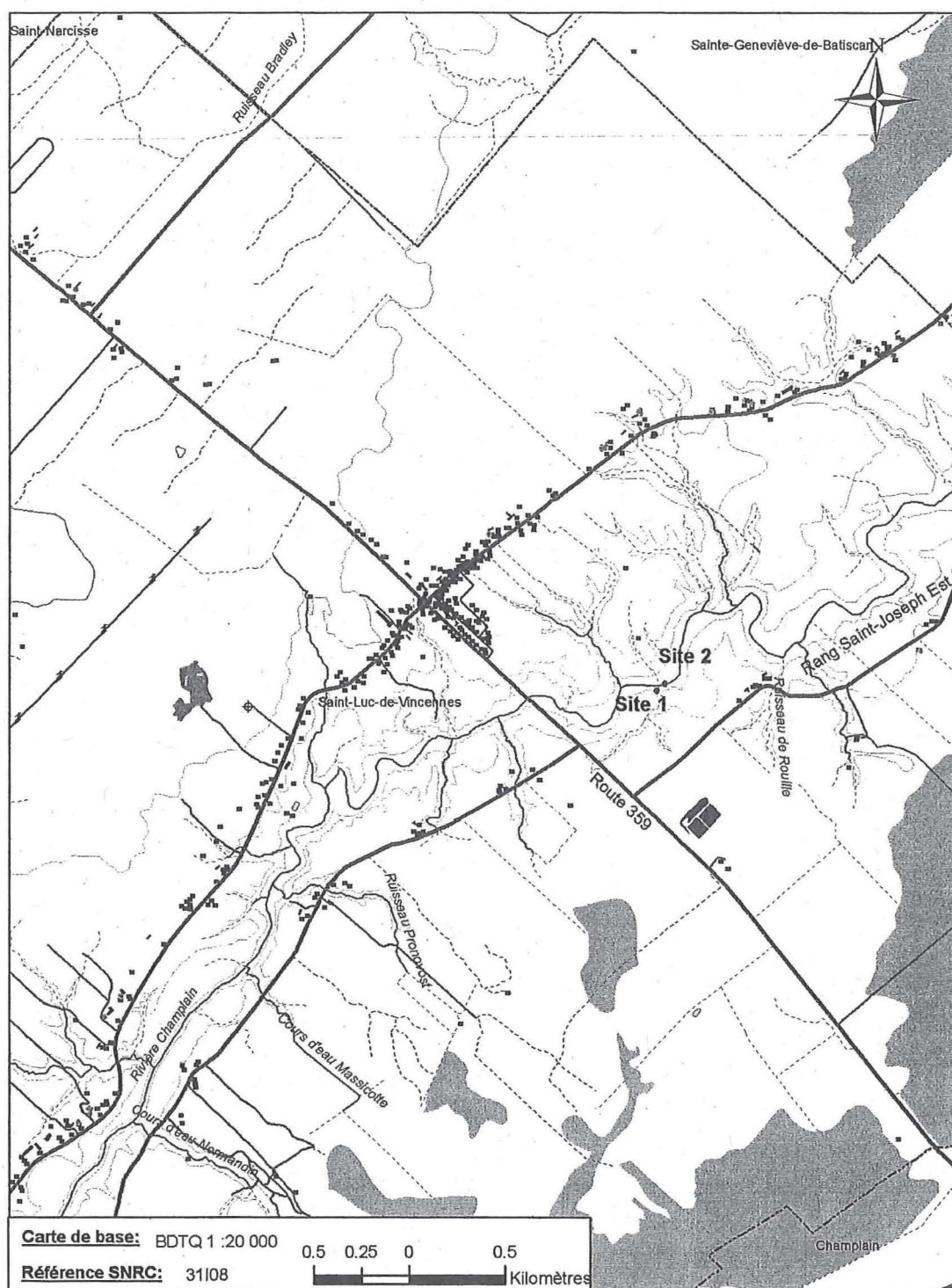
Récurrence années	Durée jours	Débit annuel		Débit estival		Débit spécifique annuel		Débit spécifique estival	
		m ³ /s	l/s	m ³ /s	l/s	m ³ /s/km ²	l/s/km ²	m ³ /s/km ²	l/s/km ²
2	7	1.822	1821.5	1.892	1892.3	2.448E-03	2.448E+00	2.543E-03	2.543E+00
10	7	0.960	960.0	0.924	923.9	1.290E-03	1.290E+00	1.242E-03	1.242E+00
5	30	1.496	1496.3	1.440	1439.8	2.011E-03	2.011E+00	1.935E-03	1.935E+00

Aire du bassin versant (A), km²
 Régime

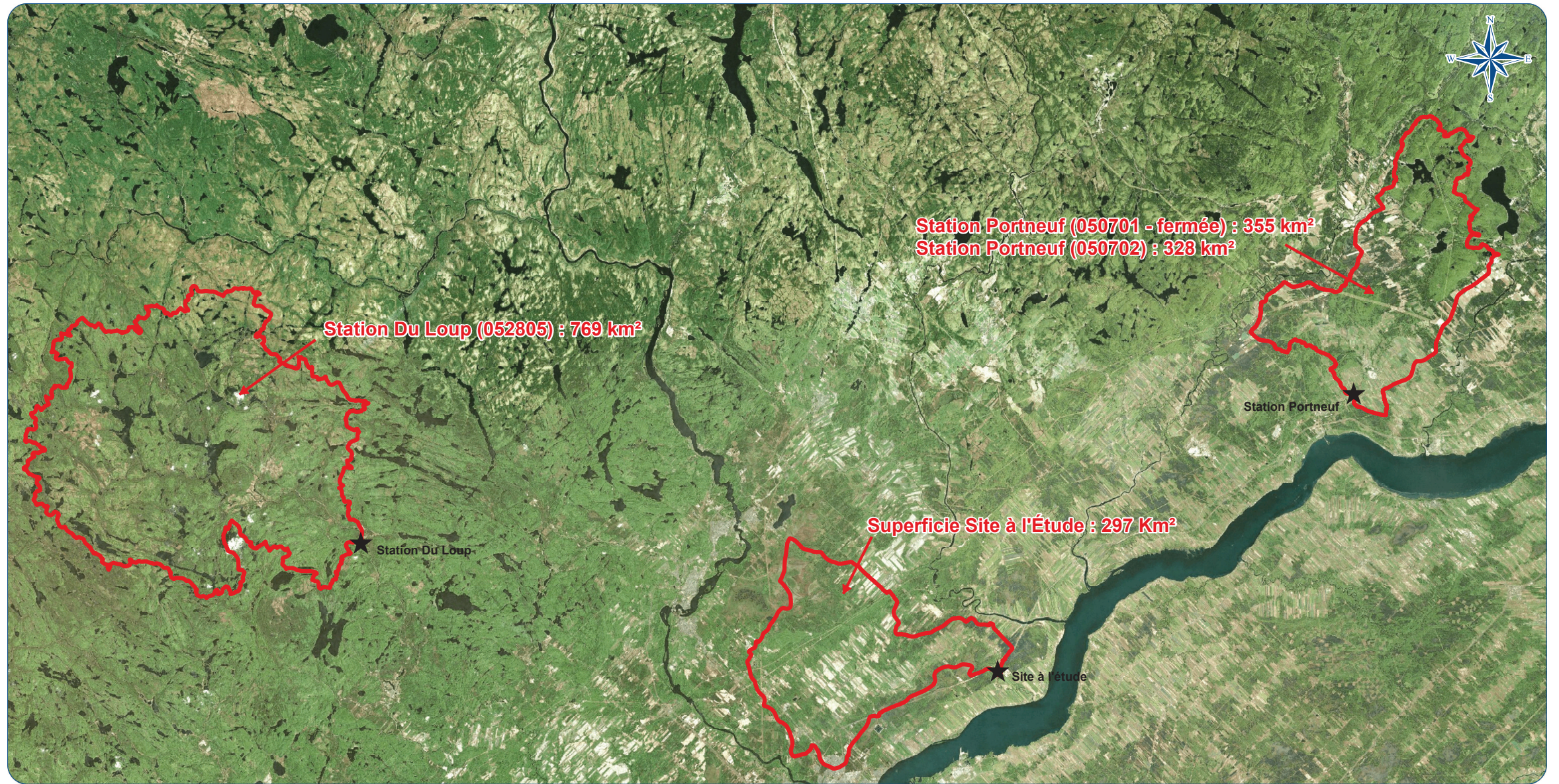
744 km²
 infl. jour.

➤ Localisation des sites étudiés.

Feuille 31I08



Annexe B Localisation des bassins versants



36559TT_bassinversant



Légende

- ★ Exutoire
- Bassin versant

Projet
36559TT

Conception
P.G.

Dessin
R.C.

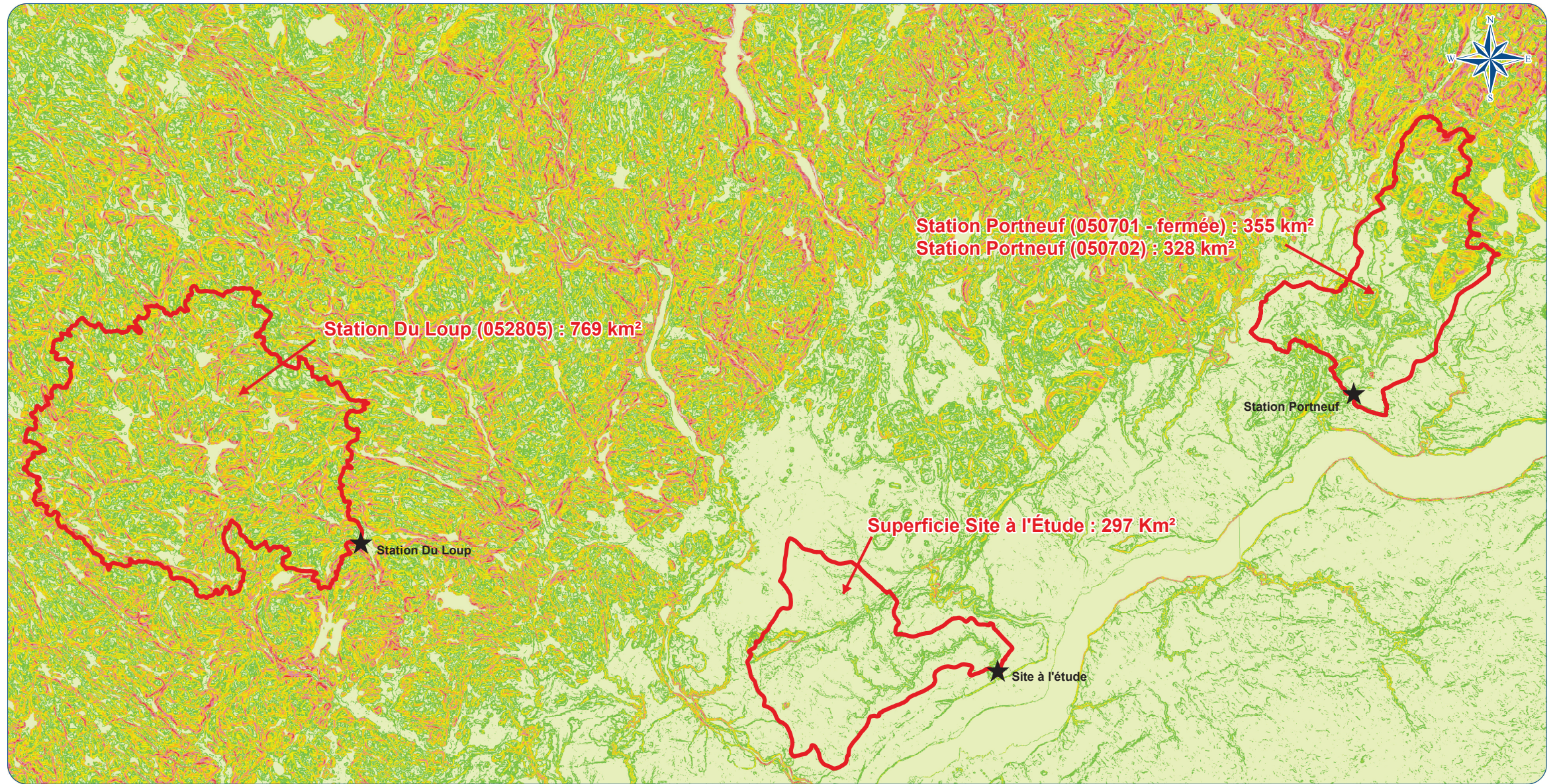
Date
2018-06-15

Système de coordonnées: NAD 1983 MTM 8

CanVec Édition 12.0, 1/50 000, RNCan, 2013
 © Le ministère des Ressources naturelles
 Canada. Tous droits réservés.



ANNEXE
Plan de localisation
des bassins versants



36559TT_bassinversant



Légende

- ★ Exutoire
- Bassin versant

Projet
36559TT

Conception
P.G.

Dessin
R.C.

Date
2018-06-15

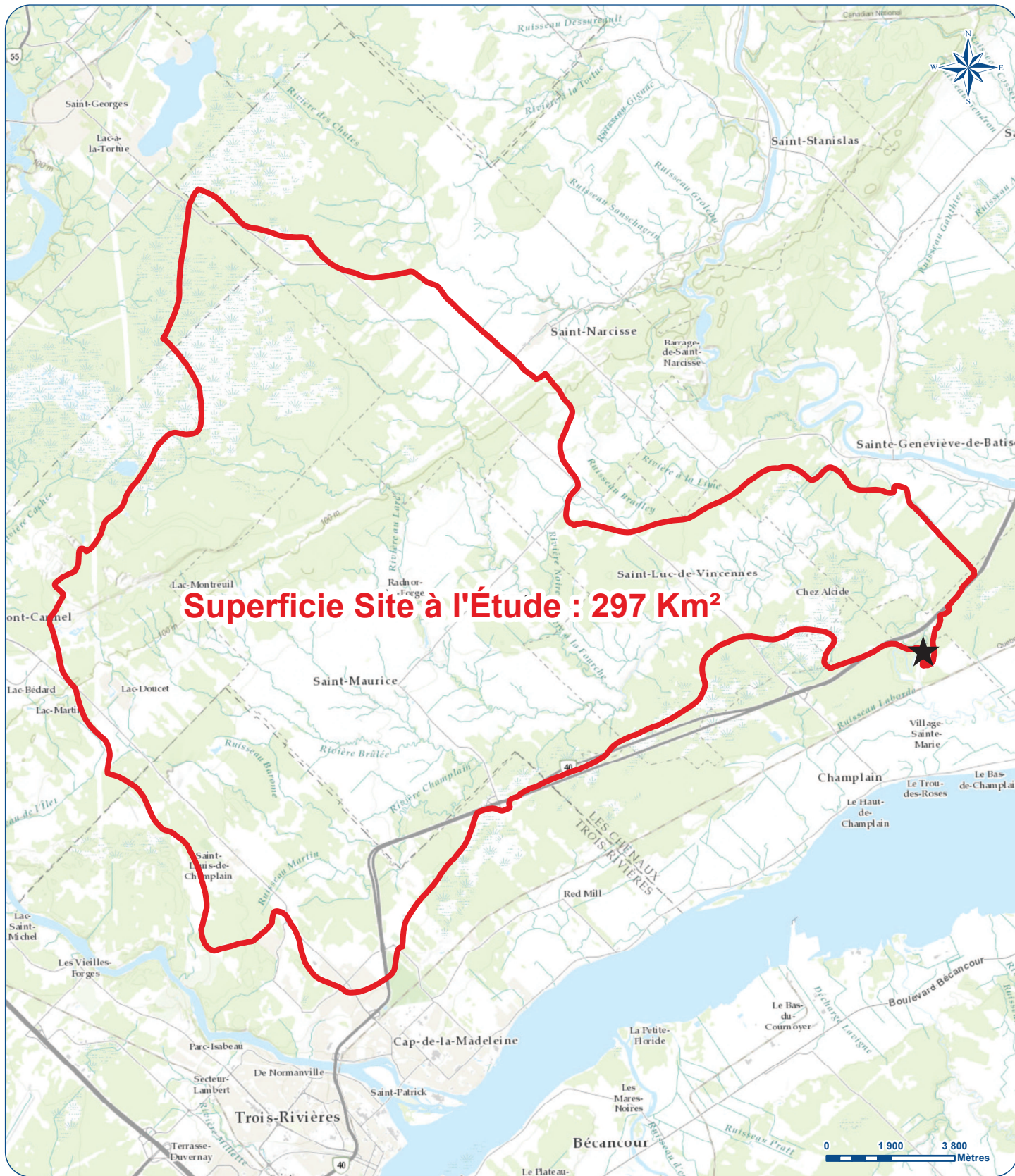
Système de coordonnées: NAD 1983 MTM 8

CanVec Édition 12.0, 1/50 000, RNCan, 2013
 © Le ministère des Ressources naturelles
 Canada. Tous droits réservés.

1:400 000



ANNEXE
Plan de localisation
des bassins versants



Légende

Bassin versant



Projet
36559TT

Conception
P.G.

Dessin
R.C.

Système de coordonnées: NAD 1983 MTM 8
Équidistance des courbes topographiques: 10m

Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

Date
2018-06-15

Échelle
1:158 000

ANNEXE
Plan de localisation du
bassin versant du site
à l'étude

\\nas54fsa.vpl.Reg\36559TT_DOC\PROJ\60\GOCRO\ArcGIS\36559TT_bassinversant.mxd

Annexe C
Résultats de l'analyse statistique des débits d'étiage aux stations retenues

Analyse statistique des débits d'étiage (Résultats HYFRAN)

Numéro de station		050701			050702		
Nom de la station		Portneuf			Portneuf		
Localisation		Située à 2,9 km du Fleuve Saint Laurent près de Portneuf			Située à 7,5 km de son embouchure au Fleuve Saint-Laurent		
Coordonnées (NAD83)		46° 42' 33" // -71° 52' 27"			46° 43' 40" // -71° 50' 28"		
Aire du bassin versant (km²)		355			328		
Période d'enregistrement		1966-2004			2005-2018		
Période retenue		1966-2000			2005-2018		
Régime d'écoulement		Naturel			Naturel		
État de la station		Fermée			Ouvverte		
Loi de probabilité retenue		Weibull			Weibull		
Période	Quantile	Résultats de l'analyse (050701) Débit (m³/s)			Résultats de l'analyse (050702) Débit (m³/s)		
		<i>Borne inférieure</i>	Q	<i>Borne supérieure</i>	<i>Borne inférieure</i>	Q	<i>Borne supérieure</i>
Hivernale	Q2/7	2.48	2.68	2.89	2.57	2.81	3.05
	Q10/7	1.58	1.86	2.14	1.87	2.16	2.44
	Q5/30	2.15	2.42	2.69	2.45	2.81	3.16
Estivale	Q2/7	1.73	1.95	2.18	1.90	2.16	2.42
	Q10/7	0.87	1.12	1.37	1.09	1.42	1.75
	Q5/30	3.53	3.70	3.86	3.04	3.61	4.18
Annuelle	Q2/7	1.69	1.89	2.08	1.90	2.16	2.42
	Q10/7	0.91	1.14	1.38	1.09	1.42	1.75
	Q5/30	1.60	1.87	2.15	1.53	1.93	2.34

Calcul des débits avec transfert de bassin versant

Probabilité statistique choisie	Moyenne
Facteur de pointe	1.00
Aire du bassin versant à l'étude (km ²)	297
Exposant régional	0.800

$$Q_{T1} = \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^a Q_{T2} \quad (5.1)$$

- où **Q_{T1}** : Débit d'étiage de récurrence T au site étudié
Q_{T2} : Débit d'étiage de récurrence T au site jaugé
A₁ et A₂ : Superficies des bassins versants, respectivement au site étudié et au site jaugé
a : Exposant régional.

Transfert de bassin versant

Numéro de station		050701			050702		
Nom de la station		Portneuf			Portneuf		
Aire du bassin versant (km ²)		355			328		
Ratio (étudié/référence)		0.84			0.91		
Débit hivernale transféré au site à l'étude (m³/s)	Q2/7	2.15	2.33	2.51	2.37	2.60	2.82
	Q10/7	1.37	1.62	1.86	1.73	1.99	2.26
	Q5/30	1.86	2.10	2.33	2.27	2.60	2.93
Débit estival transféré au site à l'étude(m³/s)	Q2/7	1.50	1.69	1.89	1.76	2.00	2.24
	Q10/7	0.75	0.97	1.19	1.01	1.32	1.62
	Q5/30	3.07	3.21	3.35	2.81	3.34	3.87
Débits annuel transféré au site à l'étude (m³/s)	Q2/7	1.47	1.64	1.81	1.76	2.00	2.24
	Q10/7	0.79	0.99	1.19	1.01	1.32	1.62
	Q5/30	1.39	1.63	1.87	1.41	1.79	2.16

Résultats des débits transférés moyennés

Période	Quartile	Débits transférés moyennés Station 050701 & 050702		
Débit hivernal transféré (m³/s)	Q2/7	2.26	2.46	2.66
	Q10/7	1.55	1.81	2.06
	Q5/30	2.07	2.35	2.63
Débit estival transféré (m³/s)	Q2/7	1.63	1.85	2.06
	Q10/7	0.88	1.14	1.41
	Q5/30	2.94	3.27	3.61
Débit annuel transféré (m³/s)	Q2/7	1.61	1.82	2.02
	Q10/7	0.90	1.15	1.41
	Q5/30	1.40	1.71	2.01