

ANALYSE, DANS LE CADRE DU PROJET DE CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES, DE LA FRÉQUENCE ET DE L'OCCURRENCE DES DÉBITS EXTRÊMES MESURÉS DANS LA RÉGION DE QUÉBEC

Présenté par :

Ahmadi Kingumbi, Ing., PhD.

PARTENAIRES DU PROJET DE CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES

Ville de Québec (ING, PAE) & CMQ

Équipe de projet ING-PFI :

Frédéric Blais, Tech. Géomatique

Geneviève Brisson, Ing.

Naomie Gagnon, Ing.

Ahmadi Kingumbi, Ing., PhD.

PLAN DE LA PRÉSENTATION

I. Mise en contexte et données

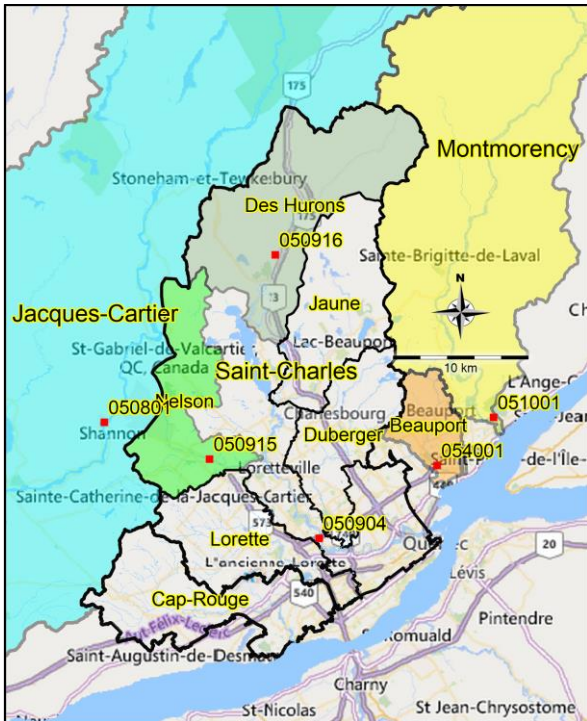
II. Analyse de l'occurrence saisonnière des débits extrêmes

III. Analyse fréquentielle des débits extrêmes

IV. Conclusions et recommandations

Principaux objectifs de l'étude

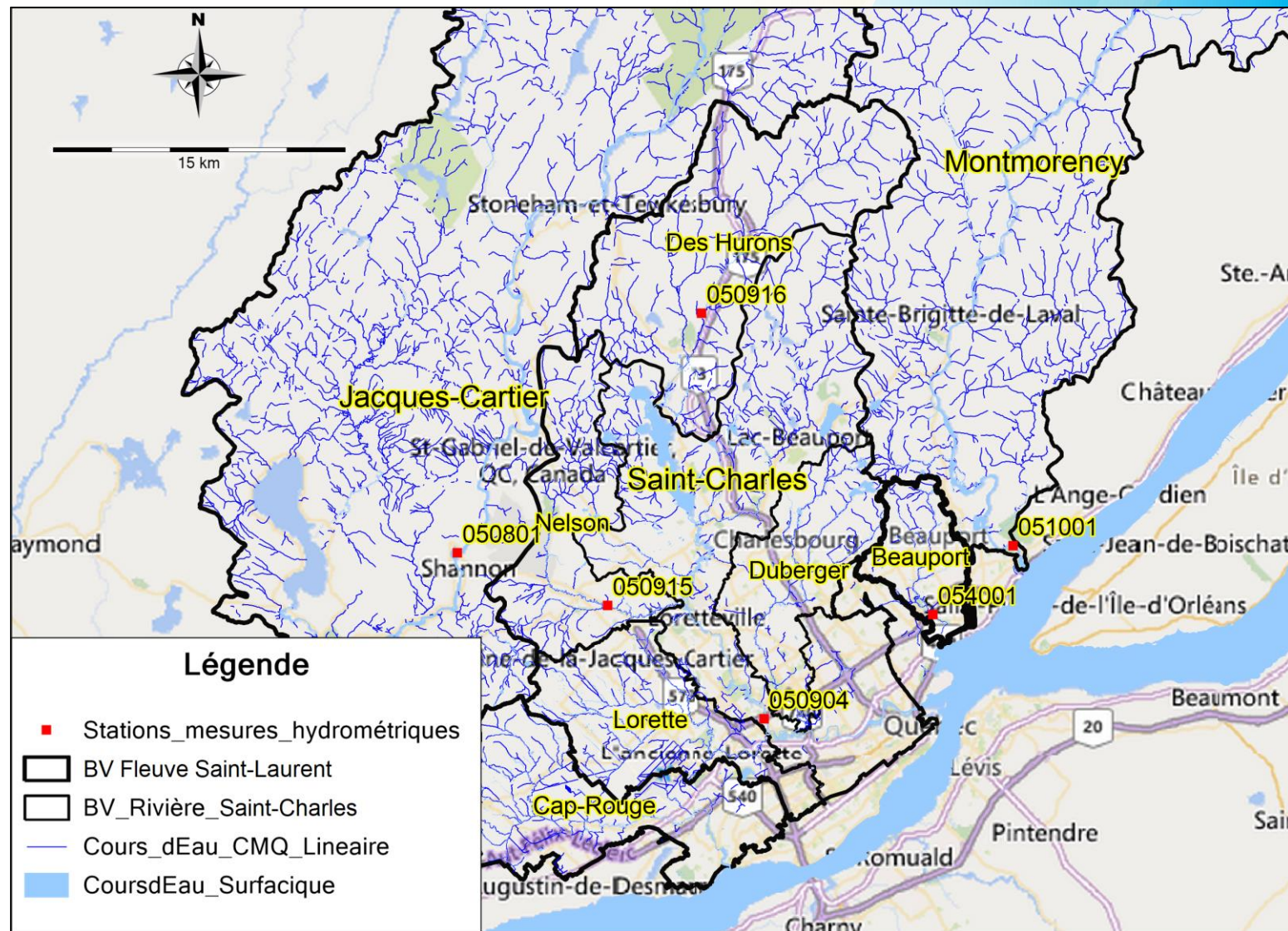
- ❑ Établir le type de régime hydrologique qui prévaut pour les débits extrêmes de chaque cours d'eau, ce qui aidera dans le choix de la méthodologie à mettre en place dans le cadre du projet de cartographie des zones inondables;
- ❑ Calculer ou mettre à jour les débits des différentes récurrences qui vont servir de comparaison aux débits déterminés par d'autres méthodes dont la méthode des modèles pluie-débit.



I- MISE EN CONTEXTE ET DONNÉES

Données considérées :

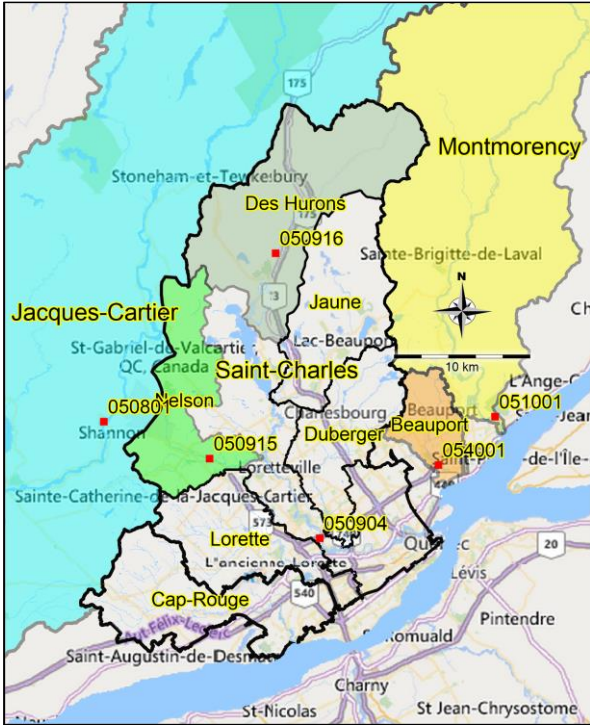
- ❑ Cinq (5) principaux cours d'eau;
- ❑ Six (6) stations du MELCC ont été sélectionnées sur 11 de départ;
- ❑ Les données de débits journaliers (1924-2019) et instantanés (1994-2019);
- ❑ Les historiques considérés varient de 12 à 83 années pour les débits journaliers et de 12 à 24 années pour les débits instantanés.



VILLE DE
QUÉBEC

l'accent
d'Amérique

Étapes de l'analyse de l'occurrence saisonnière

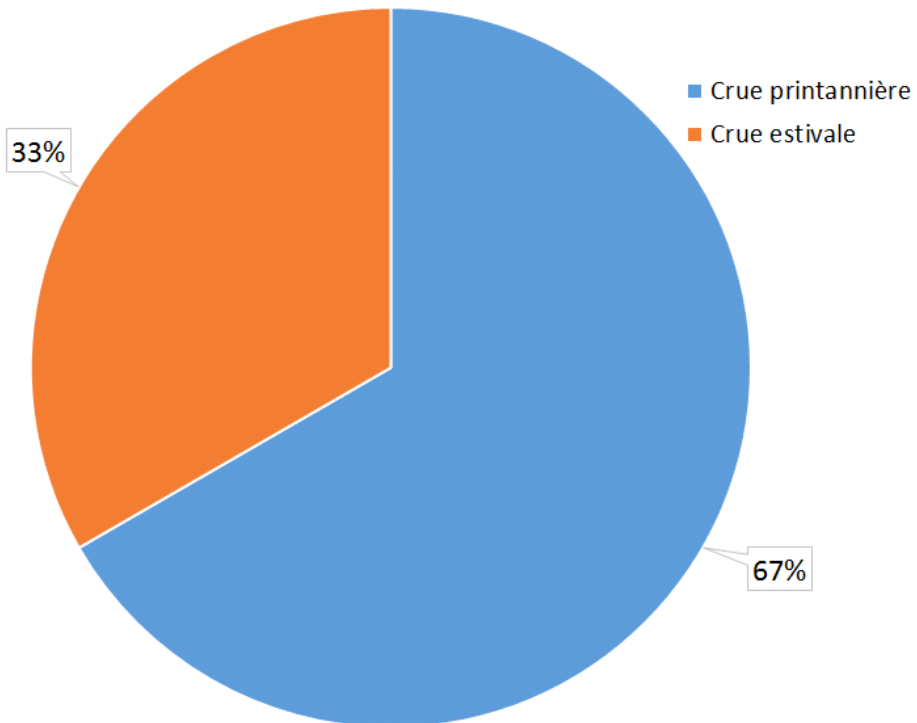


- ❑ Détermination de la date à laquelle chaque événement maximum annuel a eu lieu;
- ❑ Classement de chaque événement en deux principales catégories : **printanière** ou **estivale**;
- ❑ Un événement est classé dans la catégorie **printanière** s'il a eu lieu entre décembre et mai;
- ❑ Un événement est classé dans la catégorie **estivale** s'il a eu lieu entre juin et novembre.

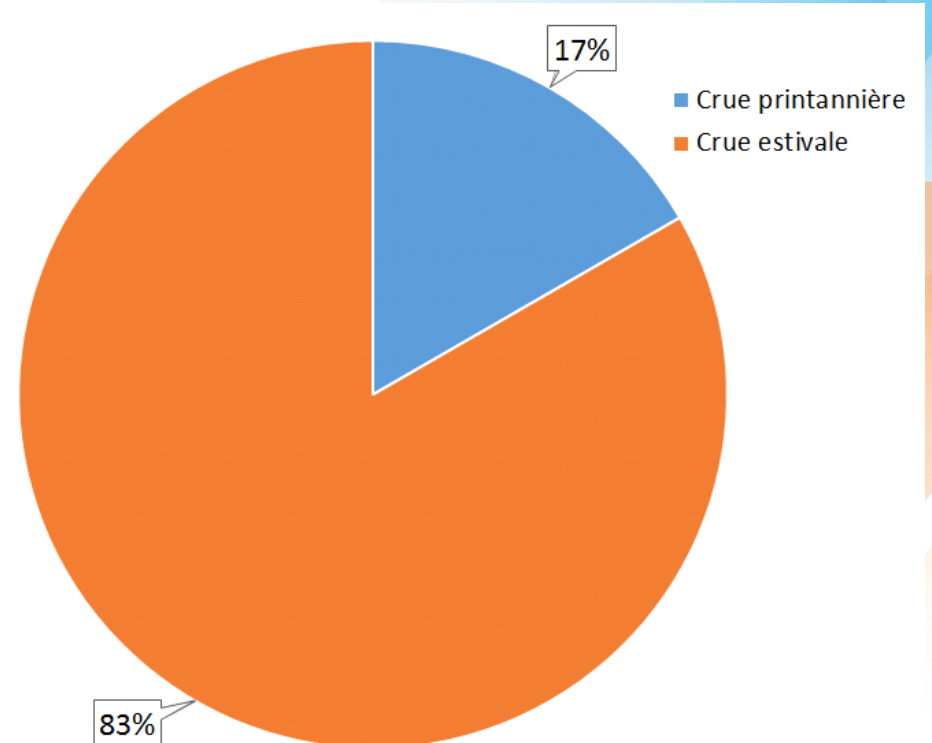
II- ANALYSE DE L'OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

Occurrence saisonnière des débits de la rivière Beauport

**Débits journaliers
(2006-2019)**



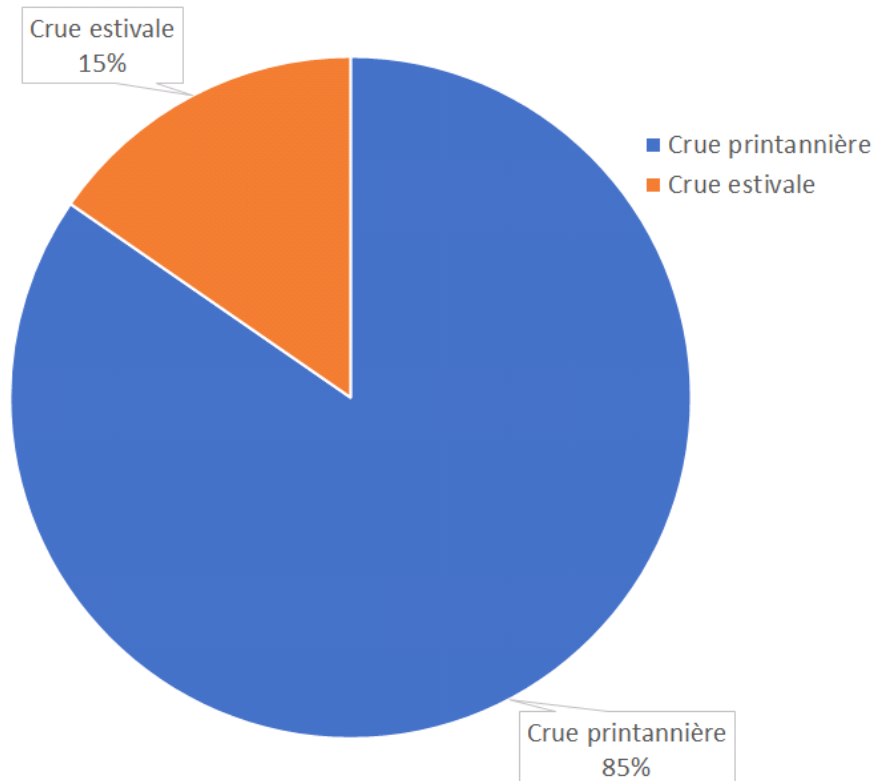
**Débits instantanés
(2006-2019)**



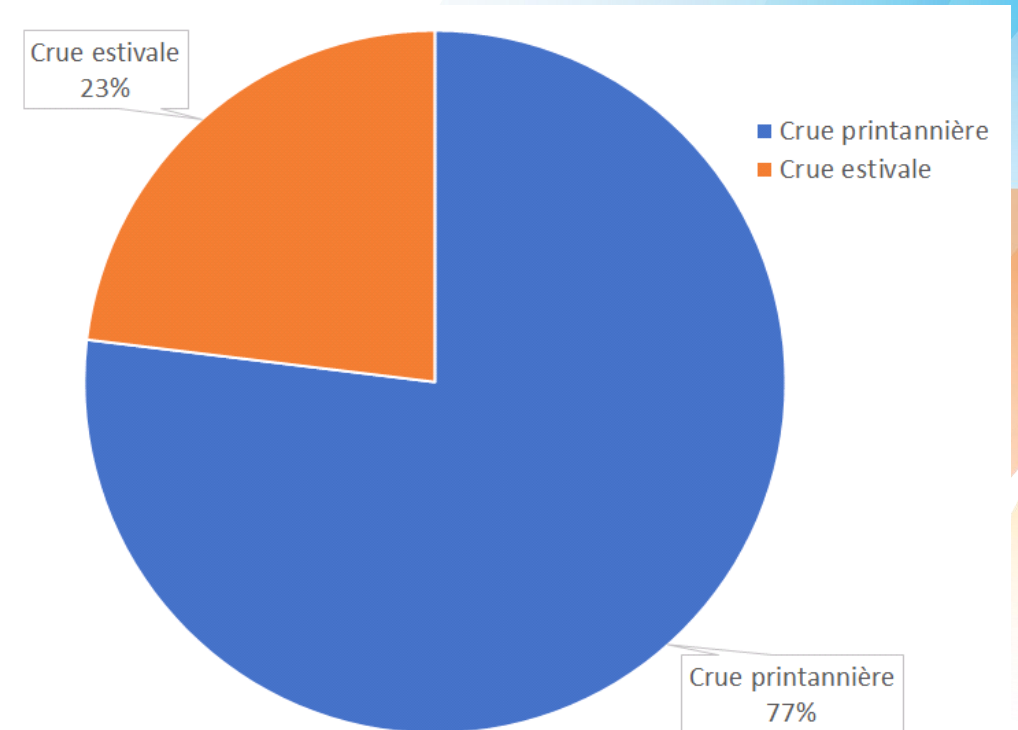
II- ANALYSE DE L'OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

Occurrence saisonnière des débits de la rivière Nelson

**Débits journaliers
(2007-2019)**



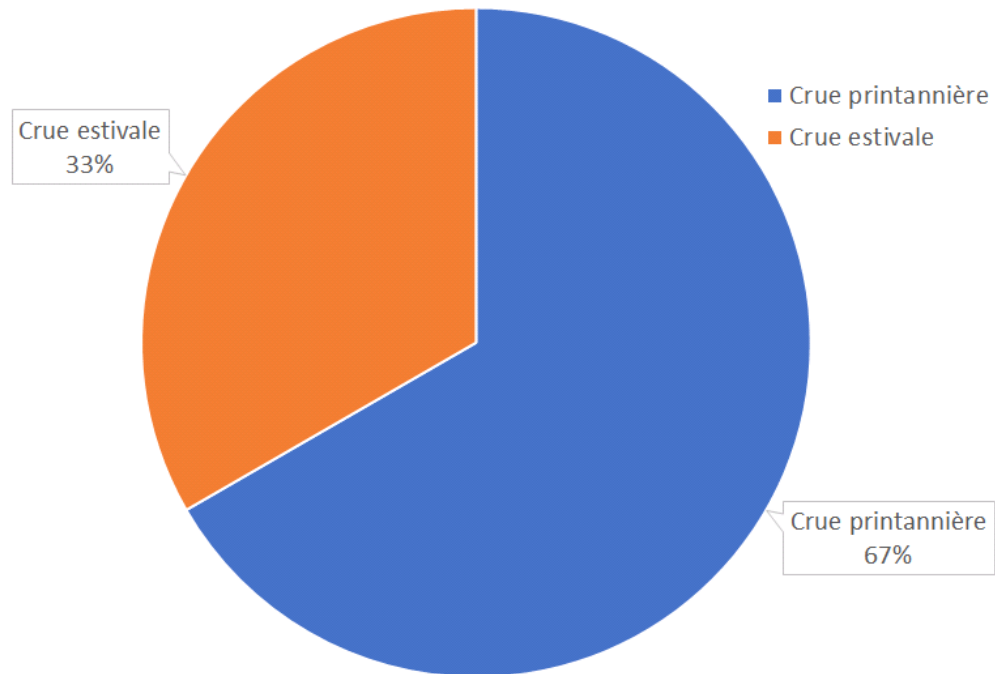
**Débits instantanés
(2007-2019)**



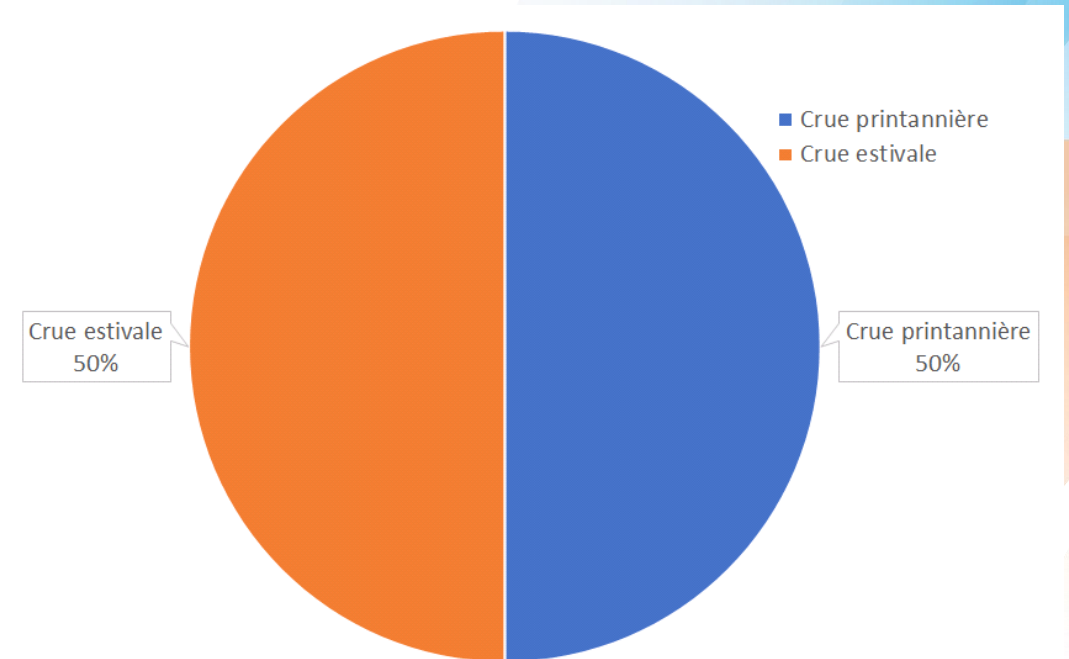
II- ANALYSE DE L'OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

Occurrence saisonnière des débits de la rivière des Hurons

**Débits journaliers
(2008-20019)**



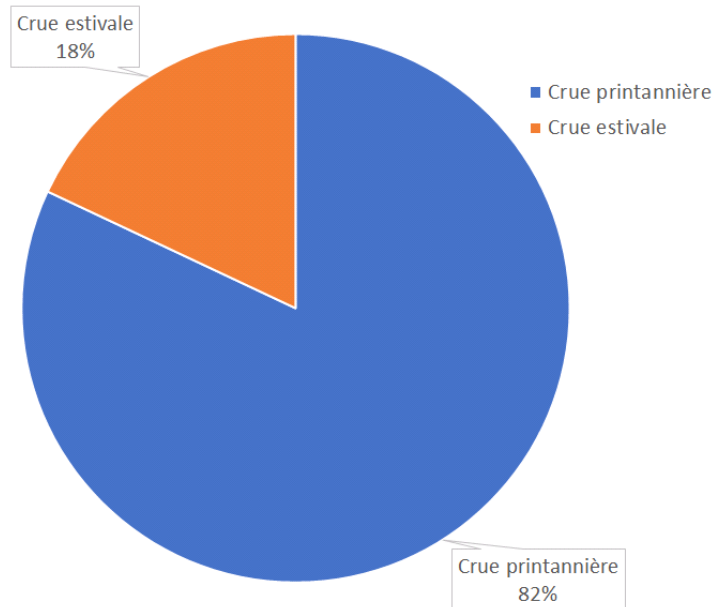
**Débits instantanés
(2008-20019)**



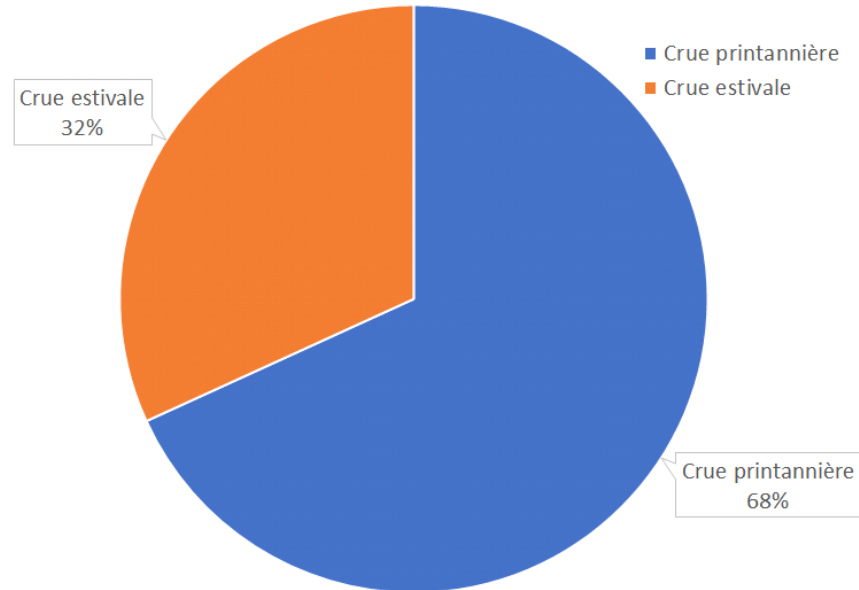
II- ANALYSE DE L'OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

Occurrence saisonnière des débits de la rivière St-Charles

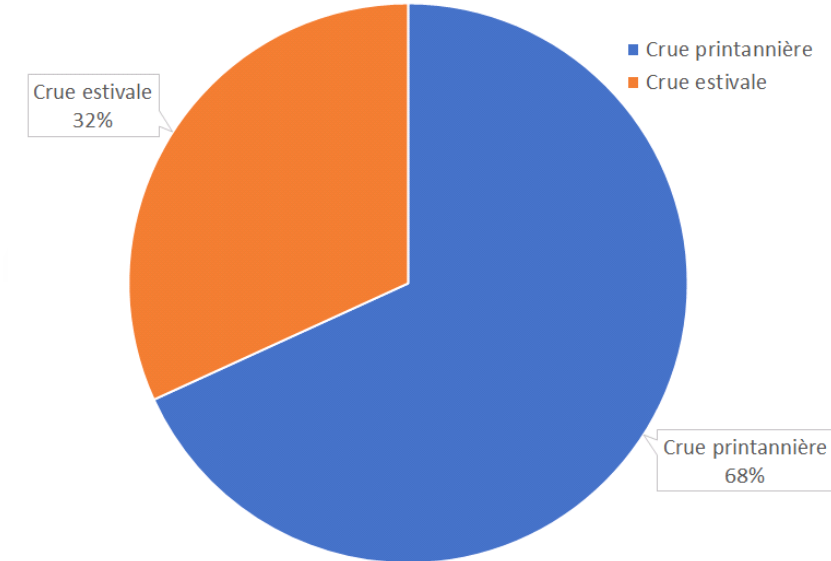
**Débits journaliers
(1969-2019)**



**Débits journaliers
(1998-2019)**



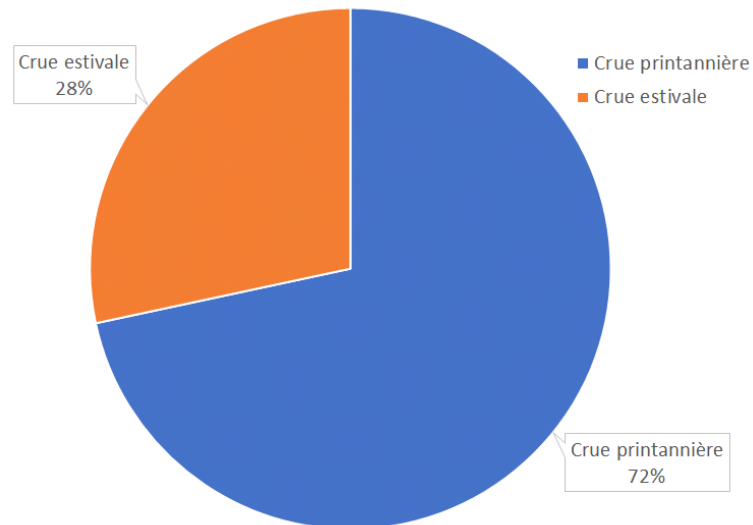
**Débits instantanés
(1998-2019)**



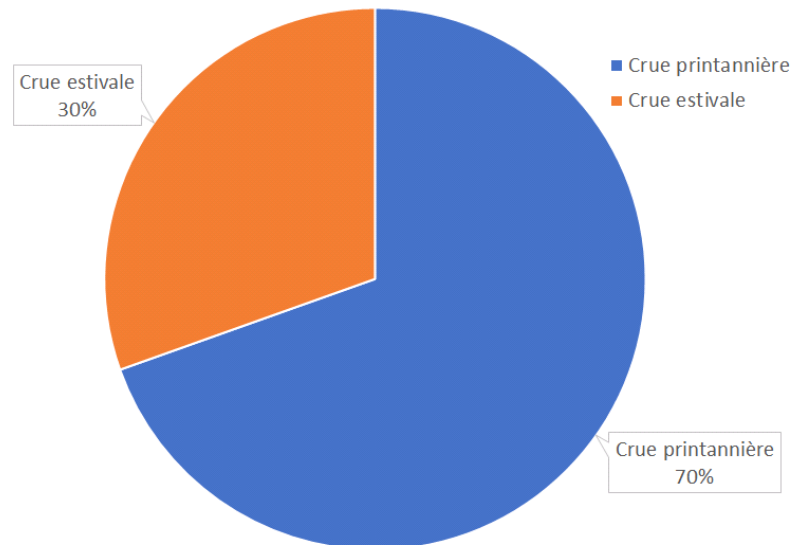
II- ANALYSE DE L'OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

Occurrence saisonnière des débits de la rivière Montmorency

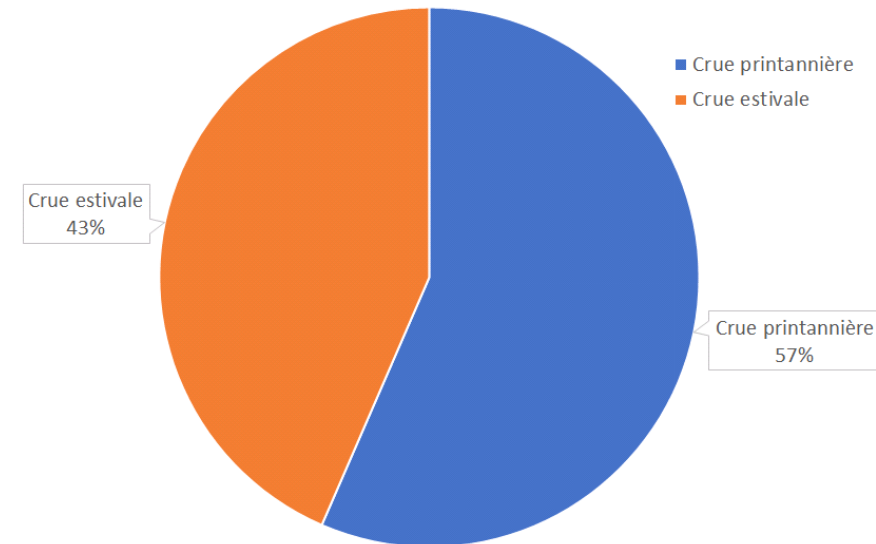
**Débits journaliers
(1924-2019)**



**Débits journaliers
(1997-2019)**



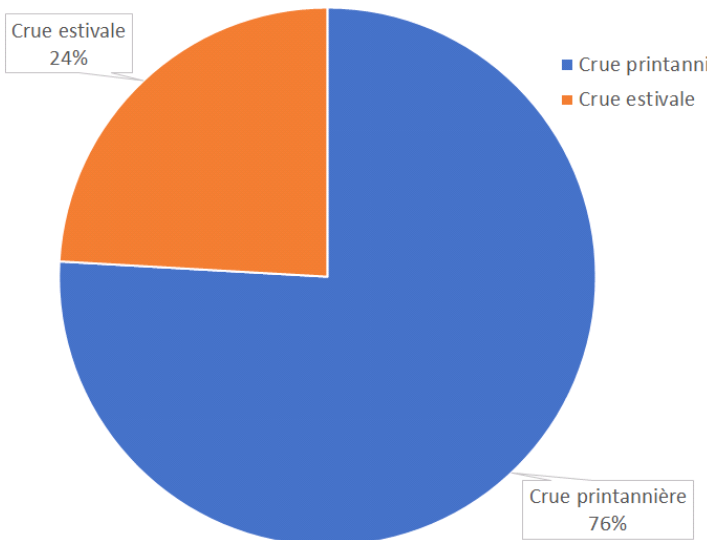
**Débits instantanés
(1997-2019)**



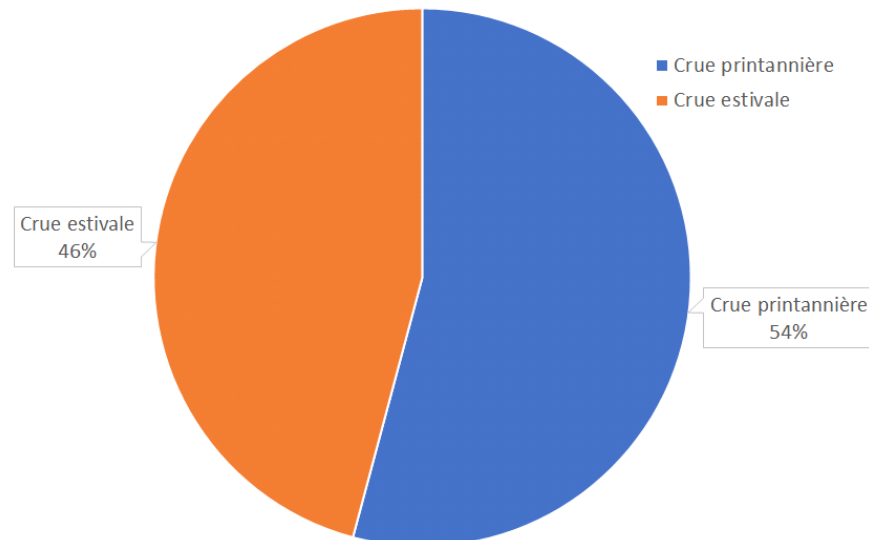
II- ANALYSE DE L'OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

Occurrence saisonnière des débits de la rivière Jacques-Cartier

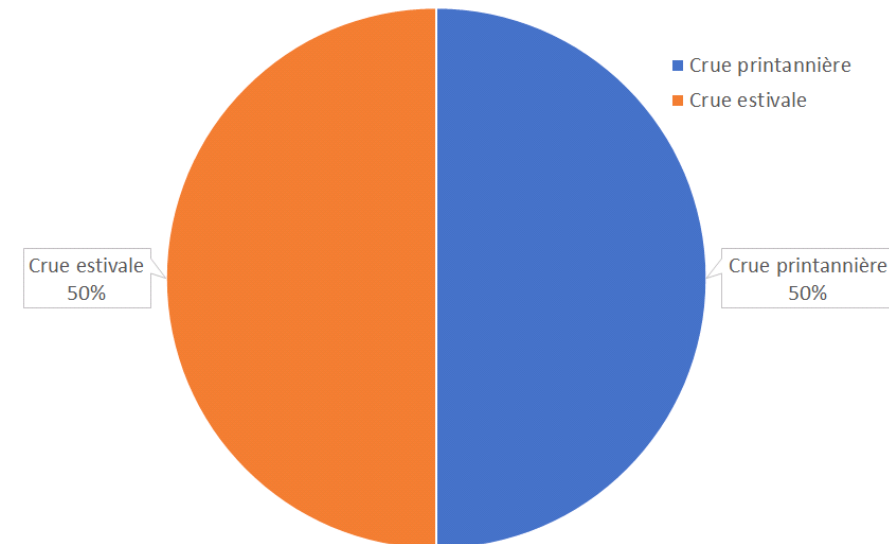
**Débits journaliers
(1925-2019)**



**Débits journaliers
(1994-2019)**

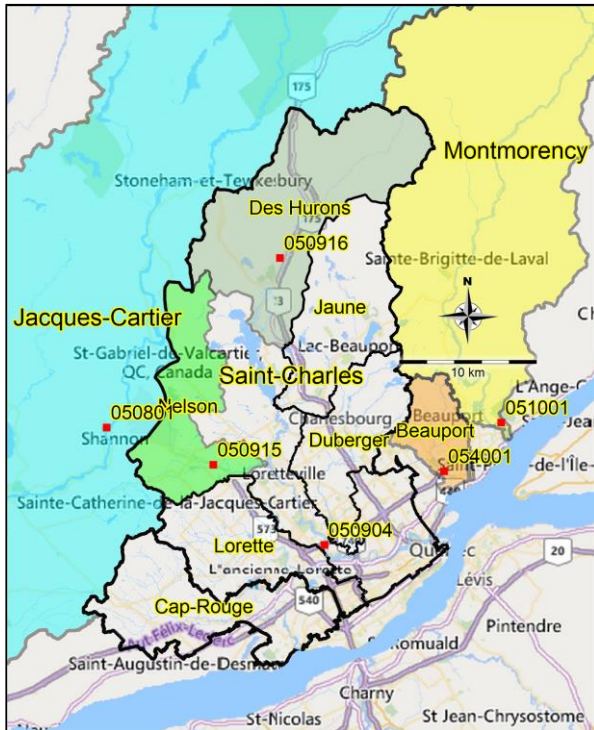


**Débits instantanés
(1994-2019)**



III- OCCURRENCE SAISONNIÈRE DES DÉBITS EXTRÊMES

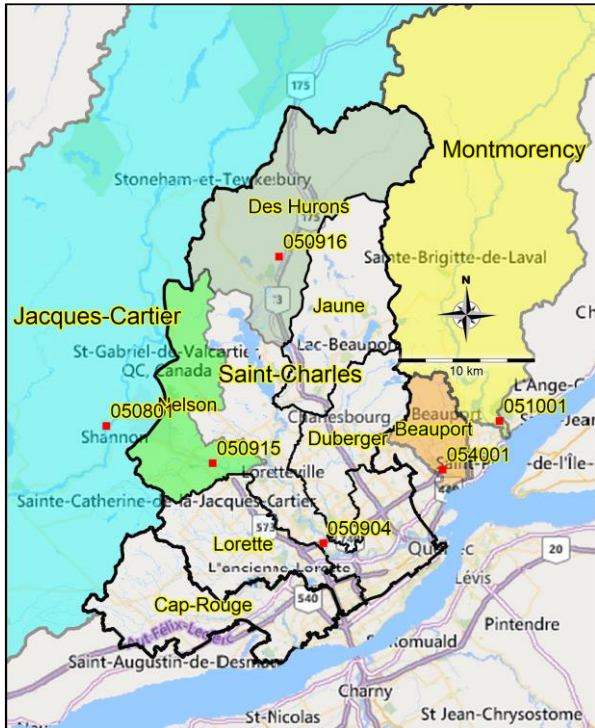
Date du maximum observé pour tout l'historique de chaque cours d'eau de la région



Rivière	Date évènement extrême max	
	Débits journaliers	Débits instantanés
Beauport	Avril-2008	Sept-2008 (21.6 m ³ /s)
Nelson	Avril-2019	Avril-2019 (22.6 m ³ /s)
Hurons	Avril-2014	Nov-2017 (105 m ³ /s)
Saint-Charles	Avril-2008	Avril-2014 (97.9 m ³ /s)
Montmorency	Avril-1979	Nov-2017 (671 m ³ /s)
Jacques-Cartier	Avril-1979	Mai-2014 (892 m ³ /s)

III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Étapes de l'analyse fréquentielle



- ❑ Tests de stationnarité, d'homogénéité et d'indépendance sur les séries chronologiques;
- ❑ La méthode des **L-moments** a été programmée sous l'environnement MATLAB;
- ❑ La distribution généralisée des valeurs extrêmes (**GEV**) a été utilisée;
- ❑ Les méthodes **locales** et **régionales** ont été appliquées pour générer les quantiles.

III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Analyse préliminaire des séries chronologiques

Séries de débits journaliers

Stations	Tests		
	d'indépendance	d'homogénéité	stationnarité
Beauport	Oui	Oui	Oui
Nelson	Oui	Oui	Oui
Hurons	Oui	Oui	Oui
Saint-Charles	Oui	Oui	Oui
Montmorency	Oui	Oui	Oui
Jacques-Cartier	Oui	Oui	Oui

Séries de débits instantanés

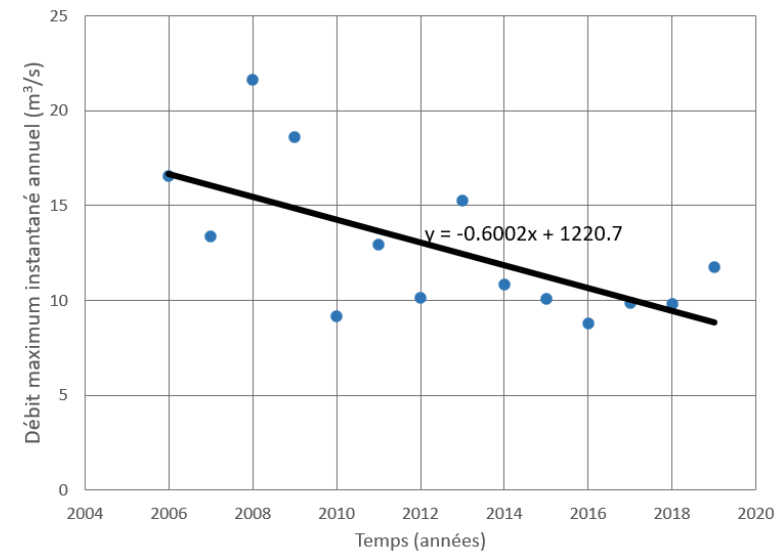
Stations	Tests		
	d'indépendance	d'homogénéité	stationnarité
Beauport	Oui	Oui	Non
Nelson	Oui	Oui	Oui
Hurons	Oui	Non	Non
Saint-Charles	Oui	Oui	Non
Montmorency	Oui	Oui	Oui
Jacques-Cartier	Oui	Oui	Oui

- ❑ Les séries chronologiques des données journalières respectent les 3 critères;
- ❑ Les séries de débits instantanés de Beauport, des Hurons et St-Charles ne sont pas stationnaires ;
- ❑ La série de débits instantanés des Hurons n'est pas homogène.

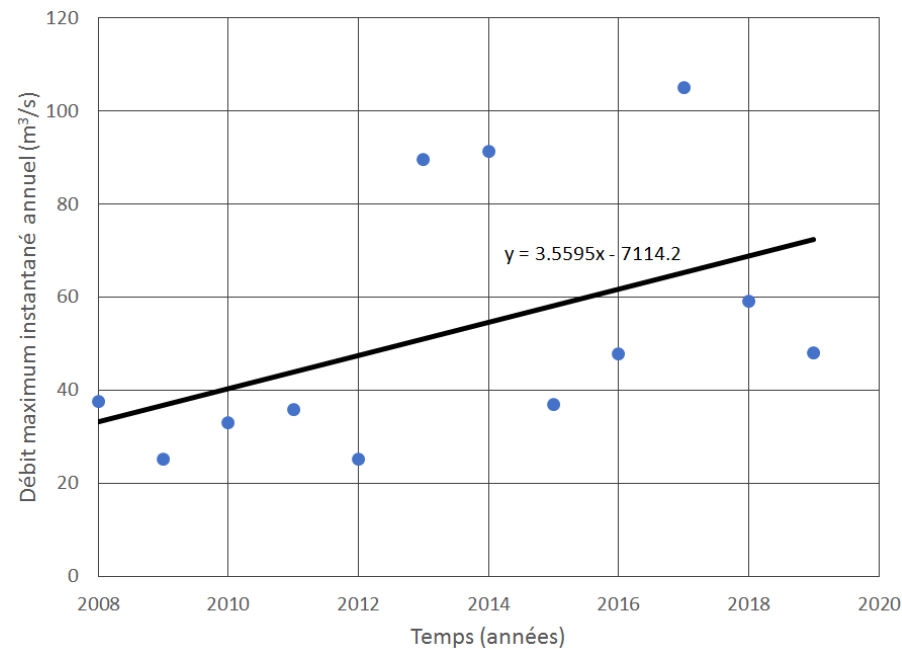
IV- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Tendances significatives dans les séries chronologiques instantanées de trois (3) cours d'eau

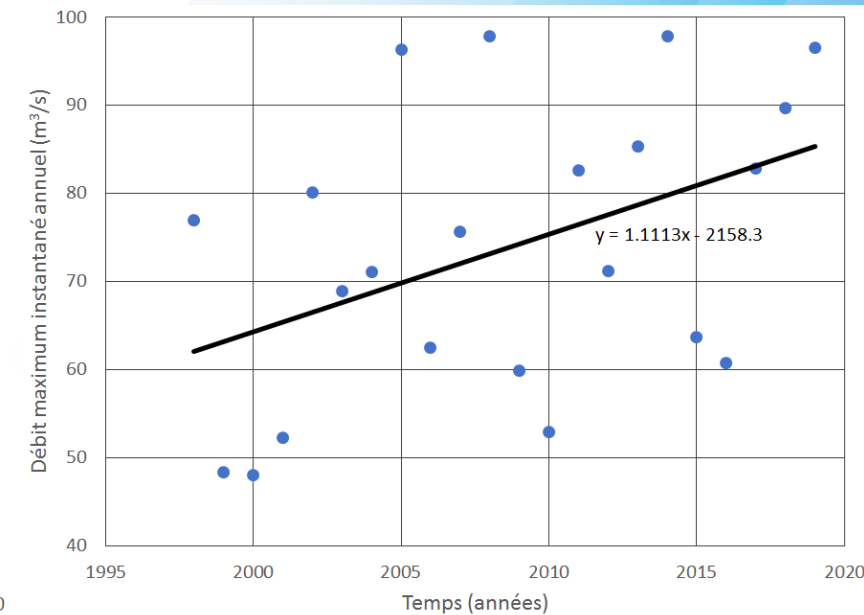
Rivière Beauport



Rivière des Hurons



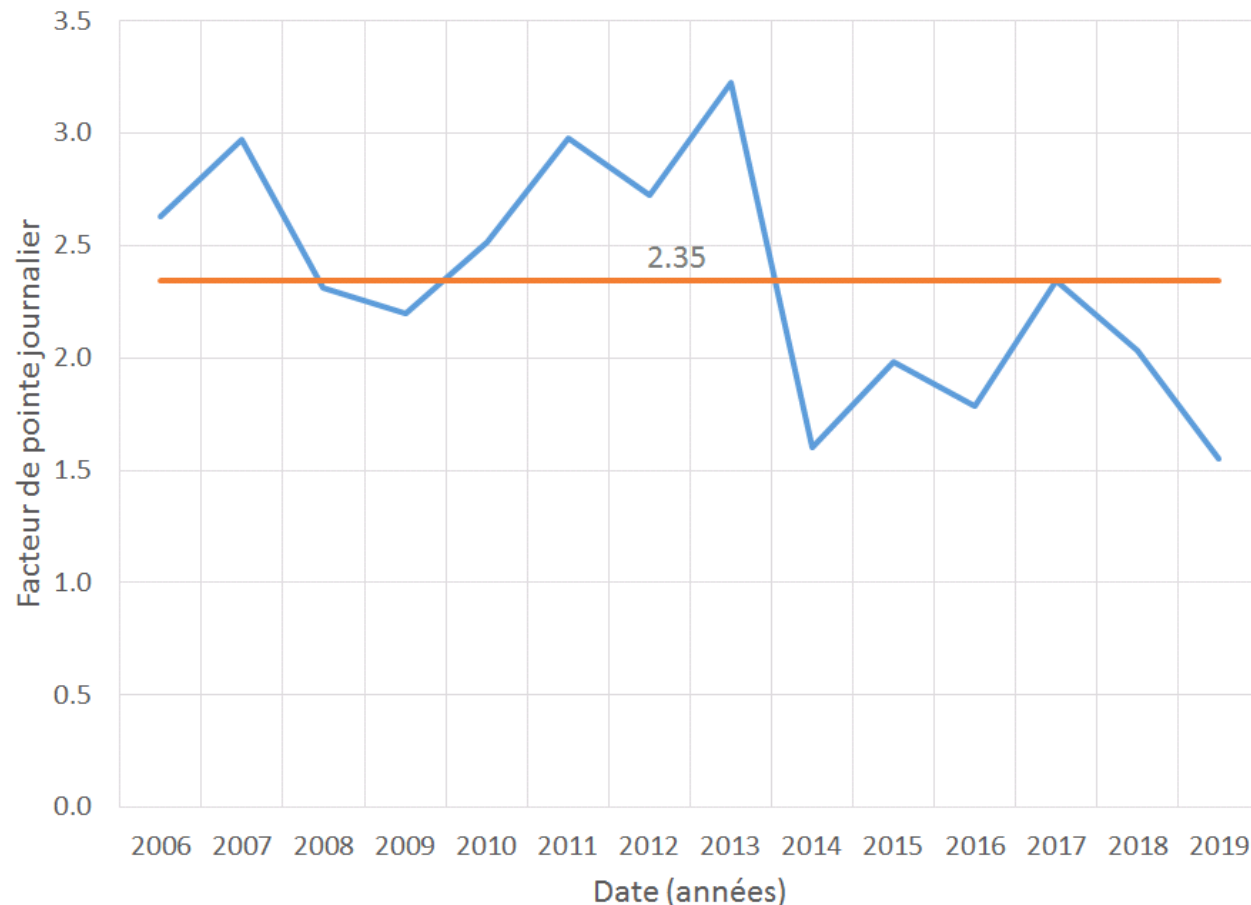
Rivière Saint-Charles



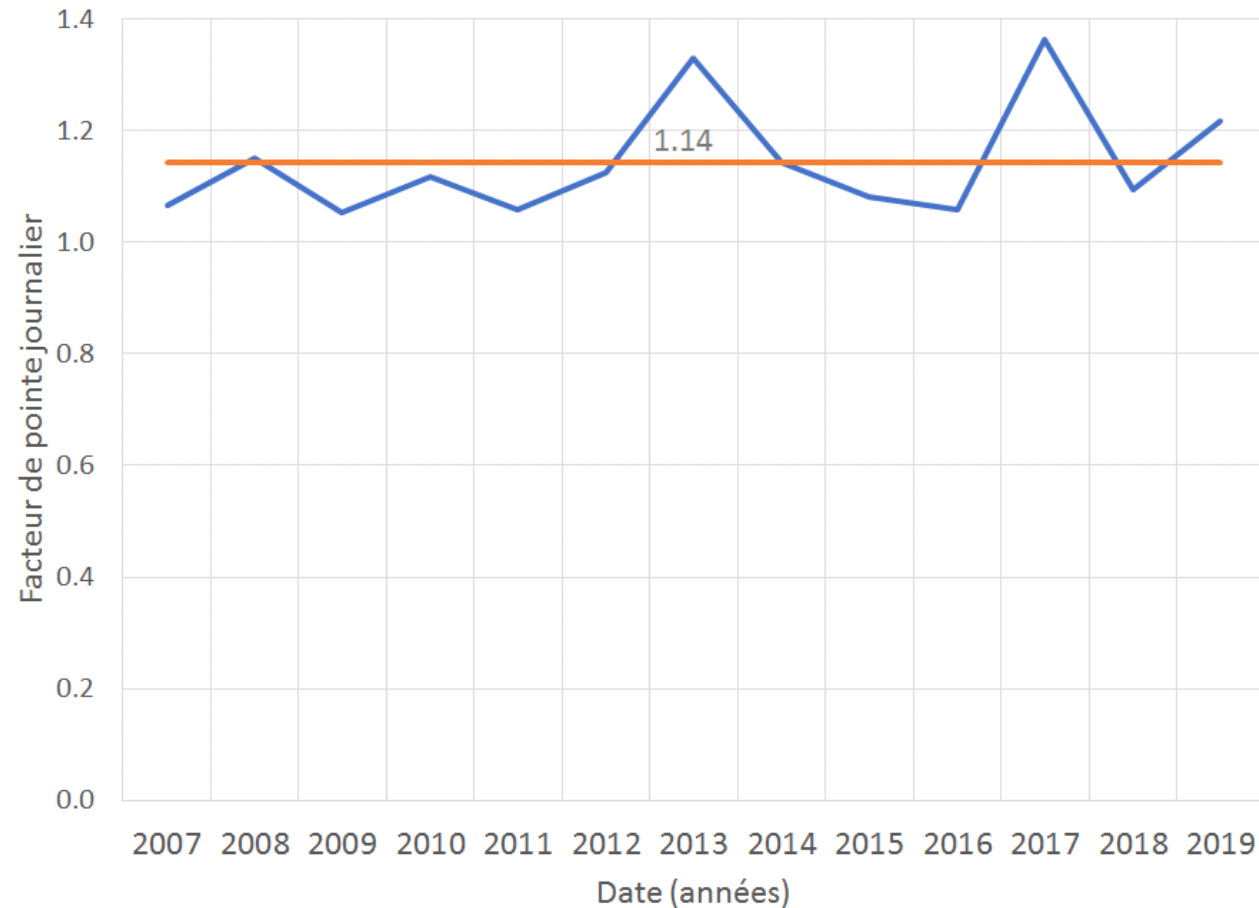
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Calcul du facteur de pointe moyen journalier

Rivière Beauport



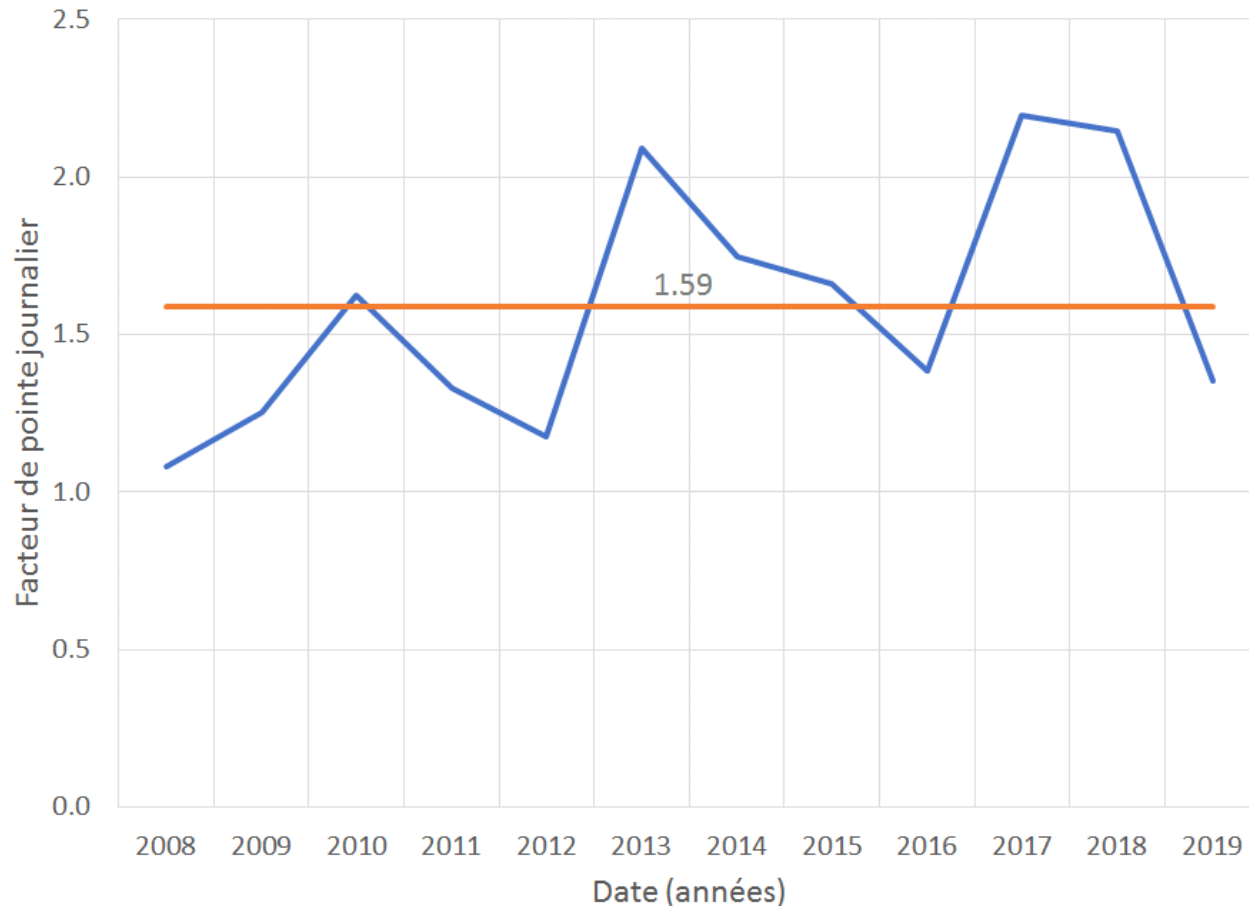
Rivière Nelson



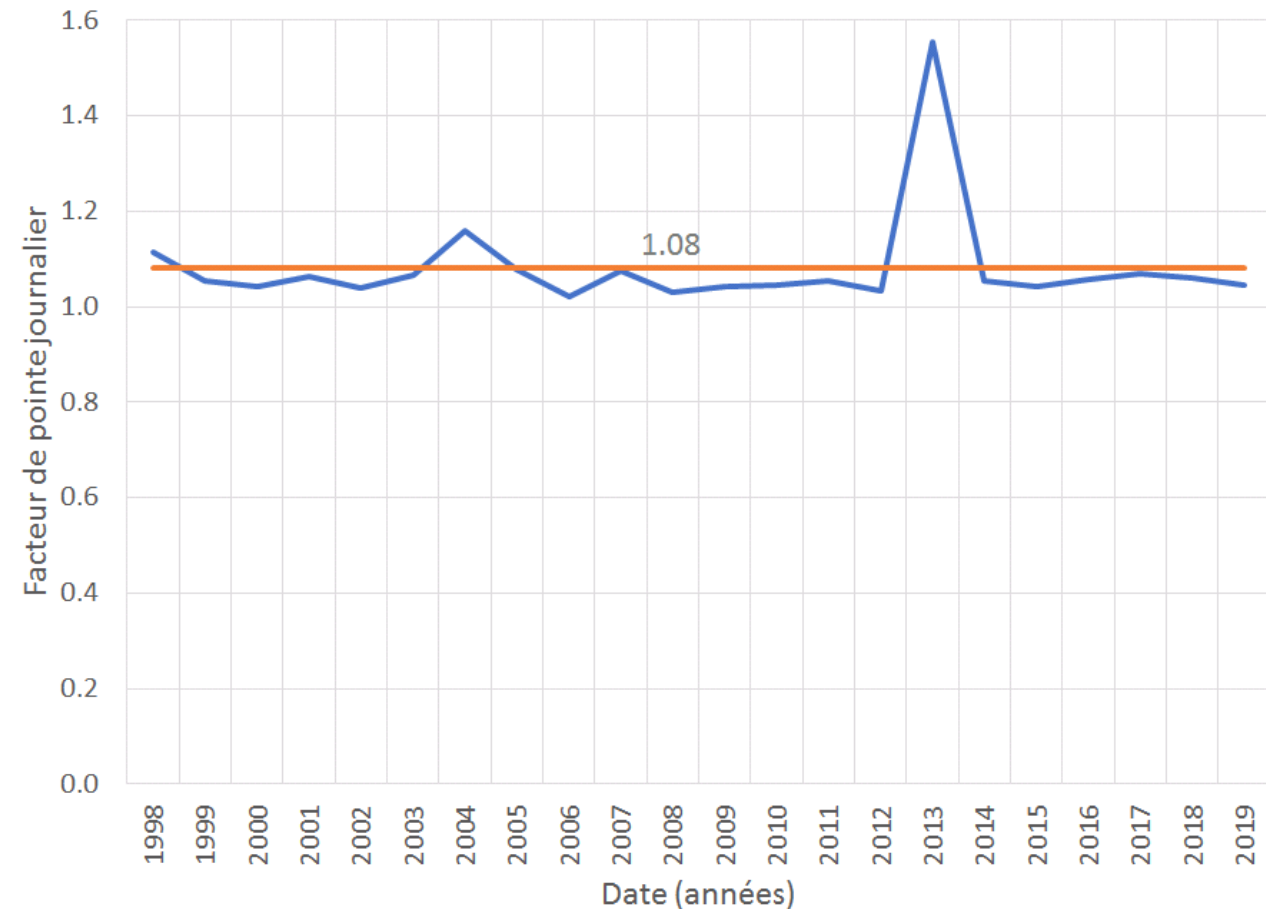
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Calcul du facteur de pointe moyen journalier

Rivière des Hurons



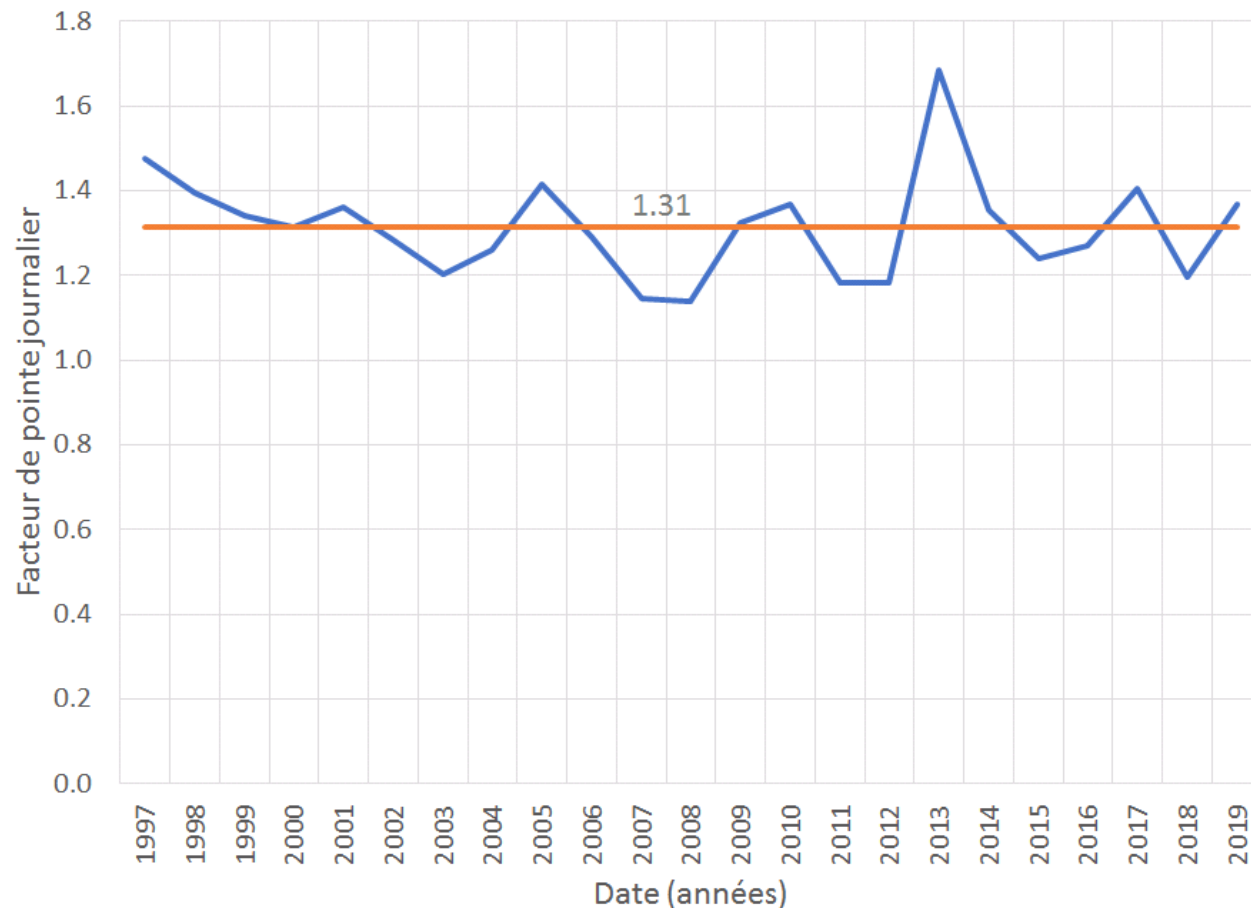
Rivière Saint-Charles



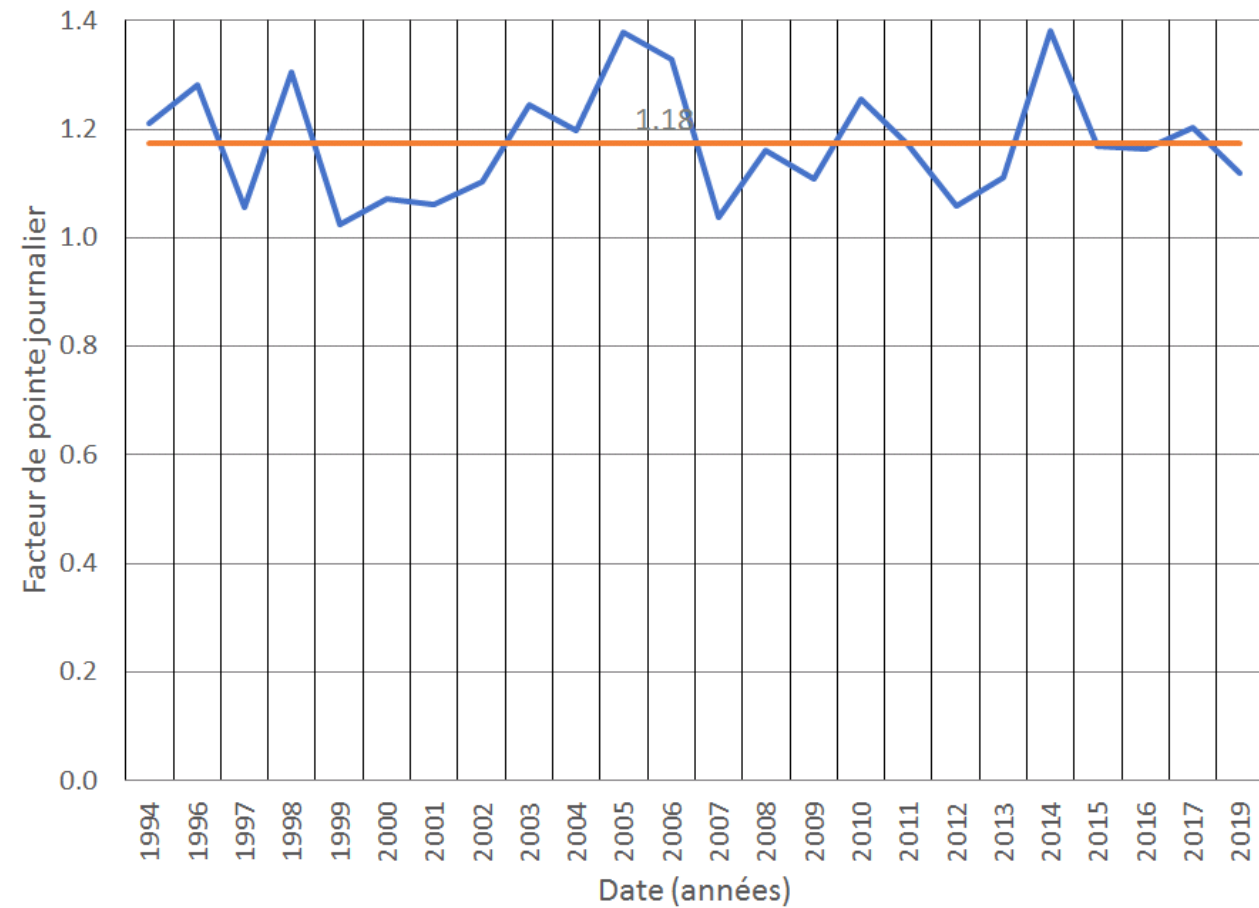
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Calcul du facteur de pointe moyen journalier

Rivière Montmorency



Rivière Jacques-Cartier



III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Calcul du Facteur de Pointe moyen Journalier (FPJ)

Paramètre	Rivières considérées					
	Beauport	Nelson	Hurons	St-Charles	Montmorency	Jacques-Cartier
FPJ	2.35	1.14	1.59	1.08	1.31	1.18

- ❑ Le FPJ de la rivière **Beauport** est **très élevé** à cause du caractère **urbain** de son bassin versant;
- ❑ Le FPJ calculé pour la rivière des **Hurons** est **très élevé** pour un bassin versant de type naturel.
- ❑ Les FPJ des rivières Nelson, Saint-Charles et Jacques-Cartier ont un ordre de grandeur standard.

III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Adéquation de la distribution et homogénéité de la région

Adéquation de la distribution GEV choisie

Statistique	Distribution	Critère
	GEV	
Z	1.32	Si $ Z \leq 1.64$ la distribution est adéquate
		Si $ Z > 1.64$ la distribution est inadéquate

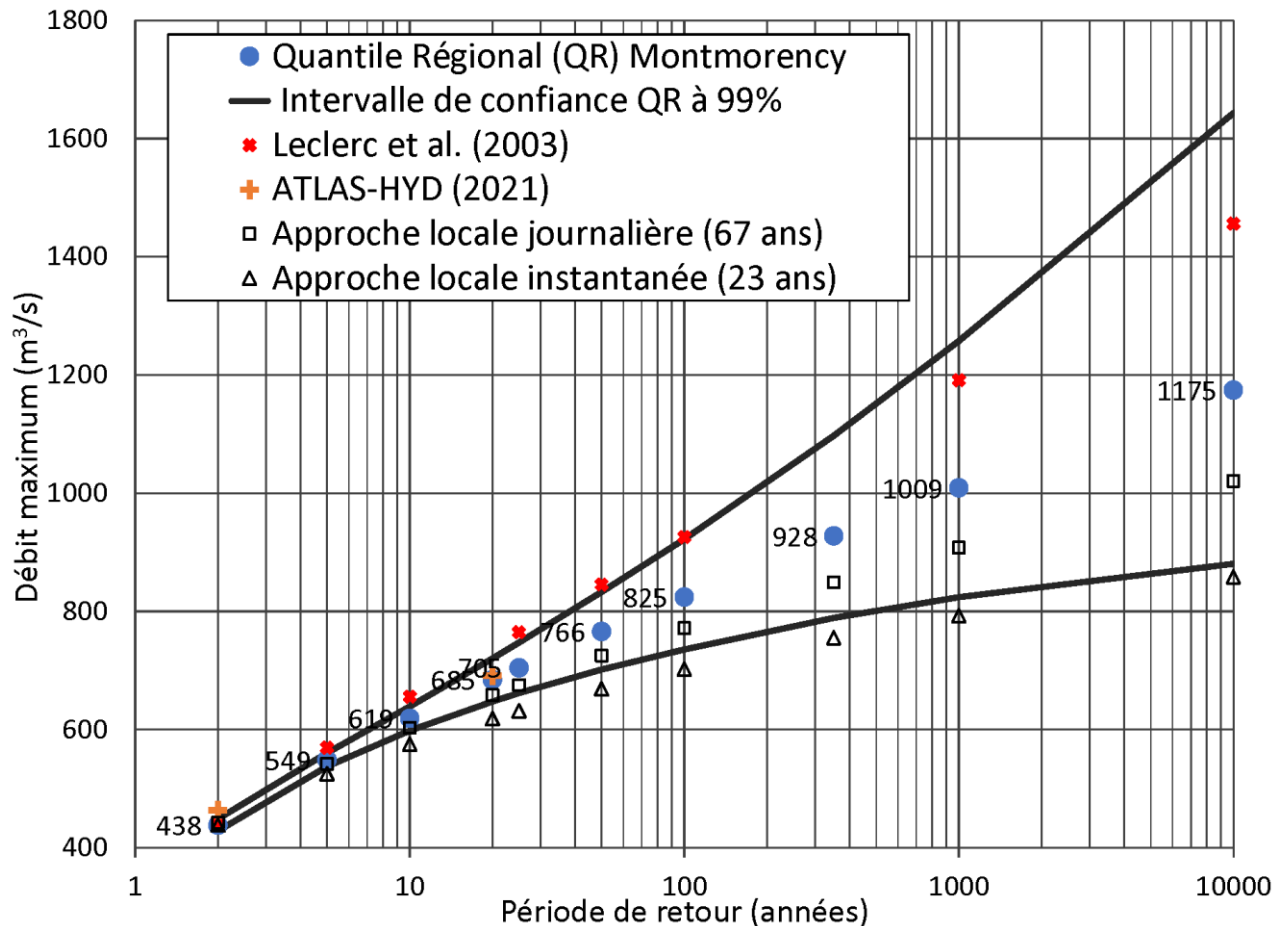
Homogénéité de la région formée par les données journalières

Statistique	Distribution	Critères
	GEV	
H	1.879	si $H < 2$ la région est raisonnablement homogène
		si $2 < H < 3$ la région est possiblement hétérogène
		Si $H > 3$ la région est définitivement hétérogène

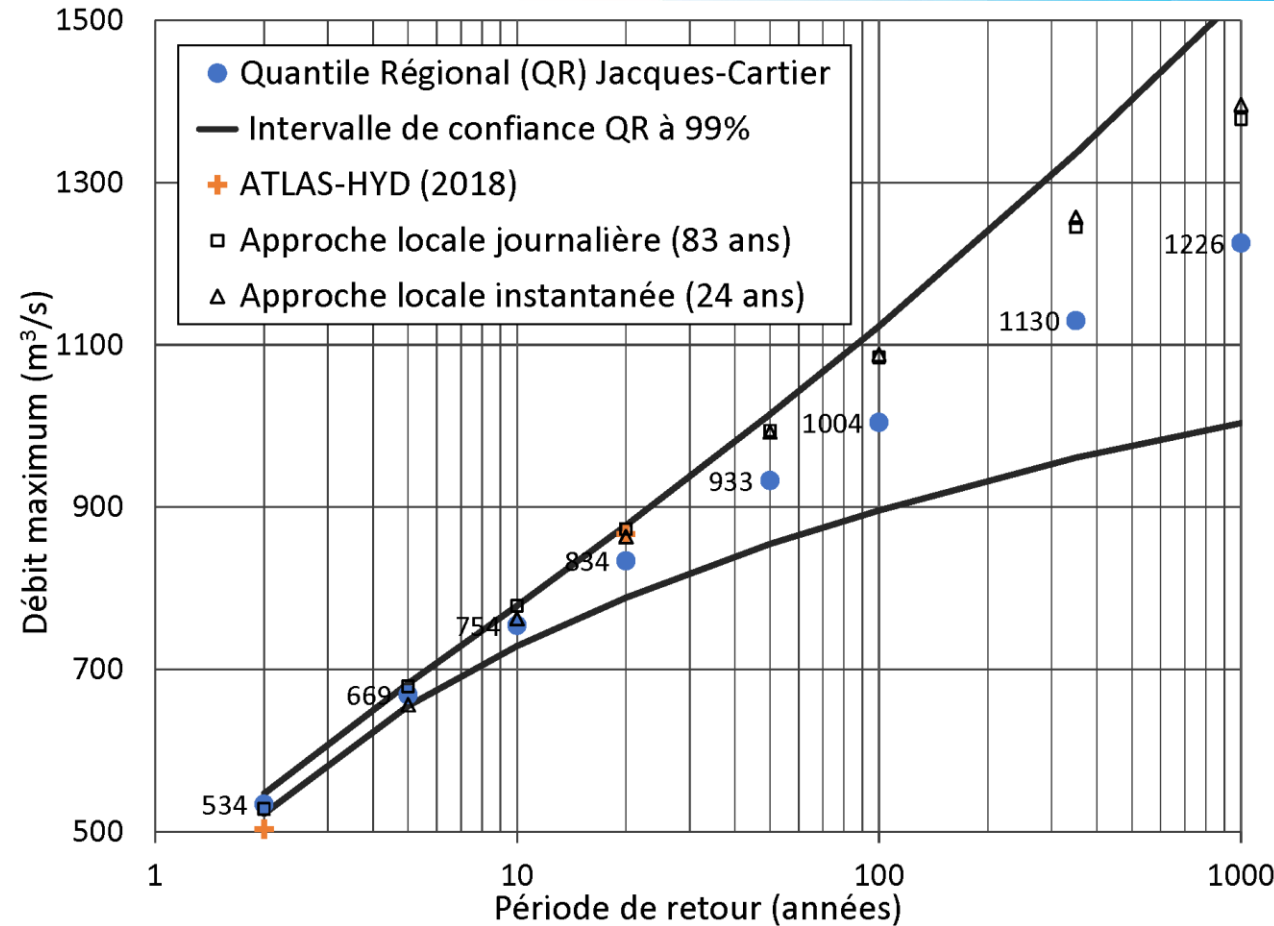
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Courbes débits-fréquence obtenues

Rivière Montmorency



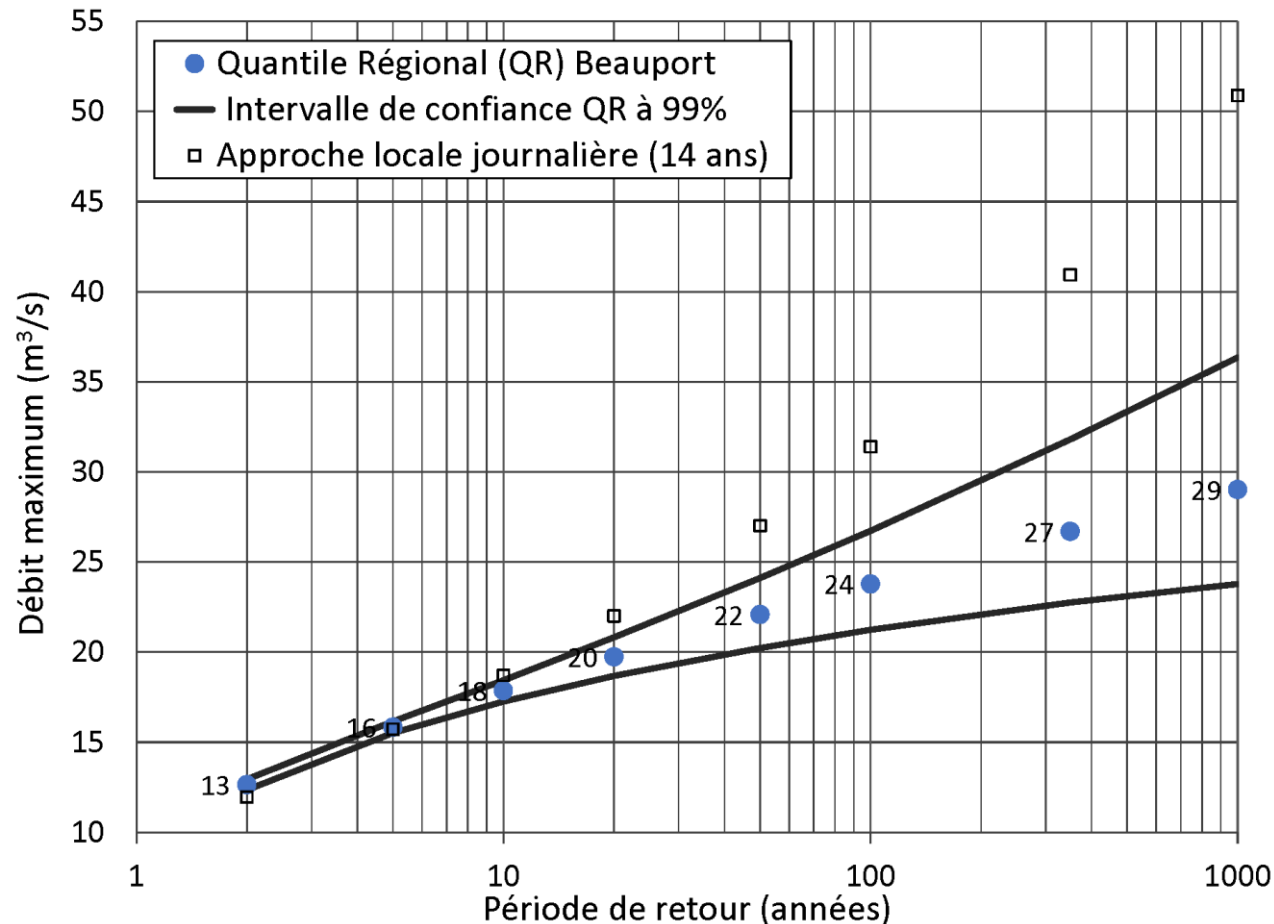
Rivière Jacques Cartier



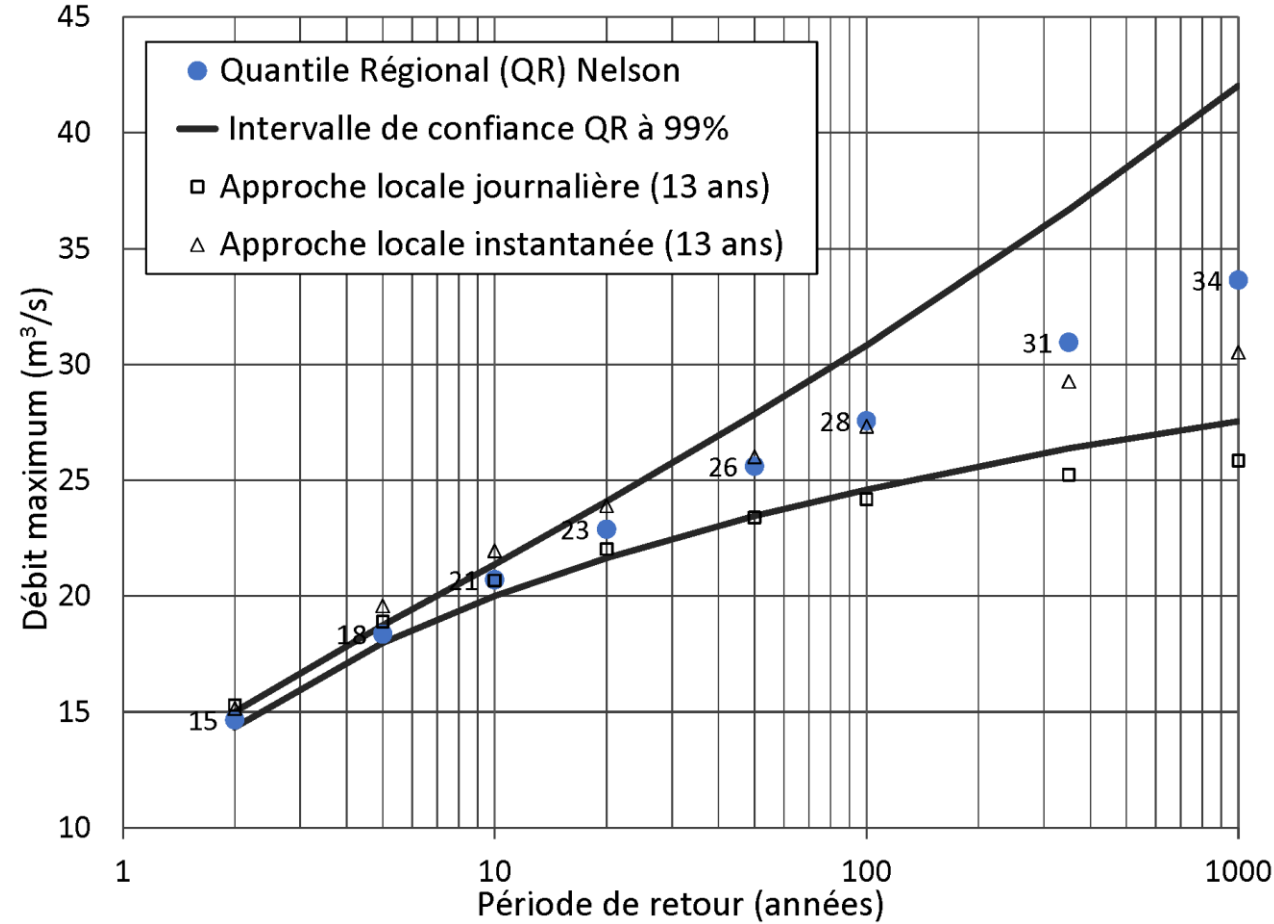
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Courbes débits-fréquence obtenues

Rivière Beauport



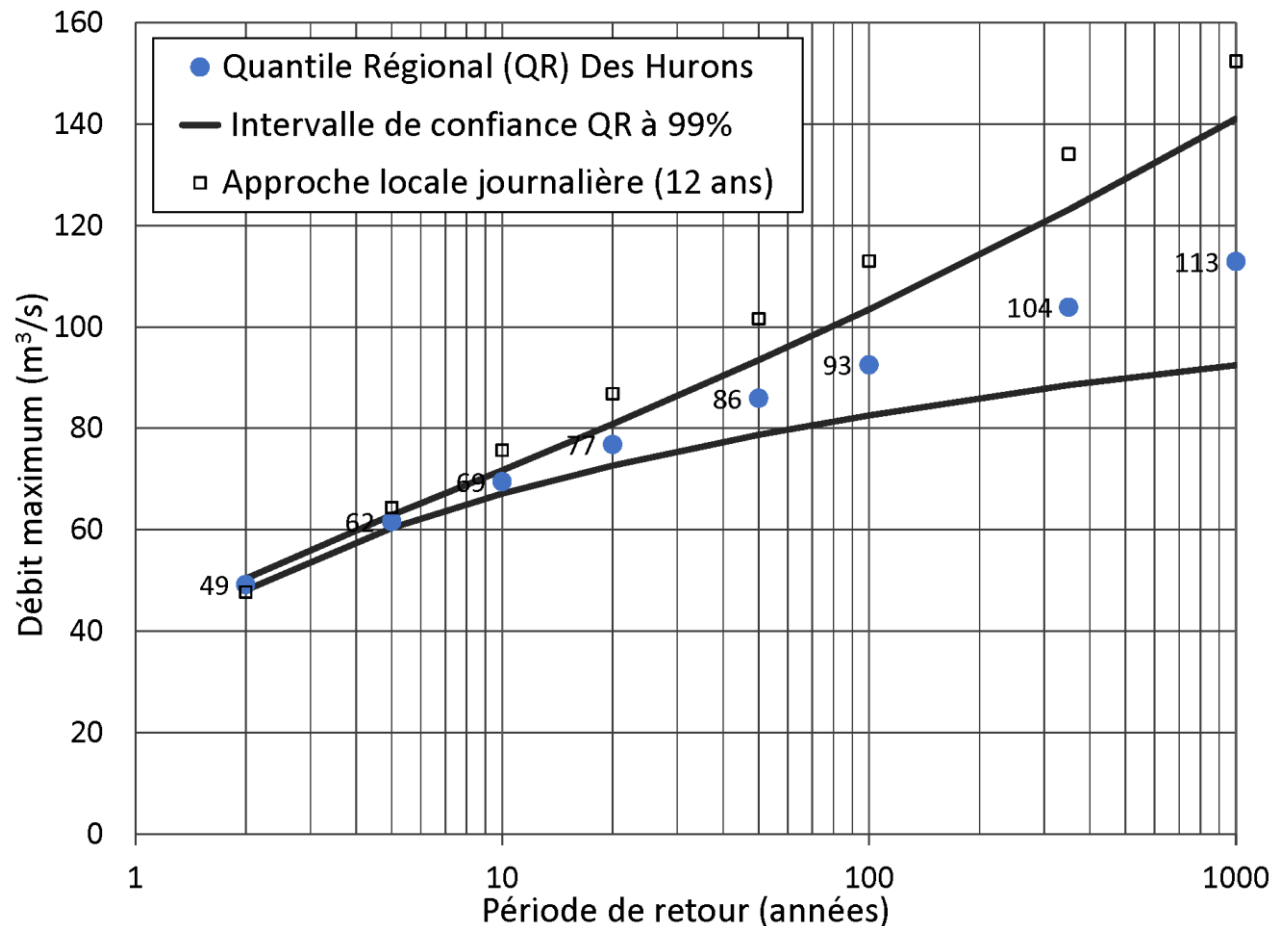
Rivière Nelson



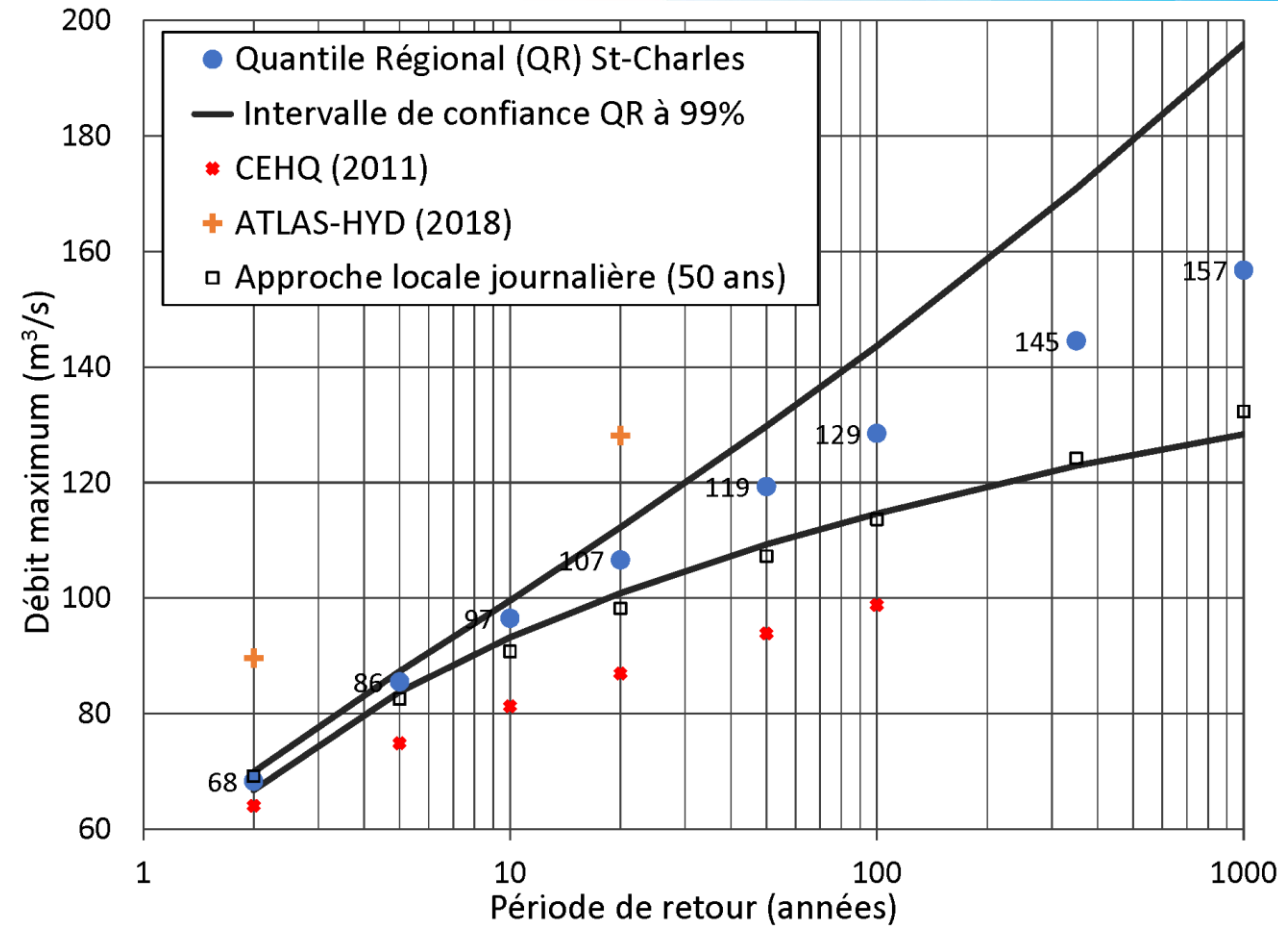
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Courbes débits-fréquence obtenues

Rivière des Hurons



Rivière Saint-Charles



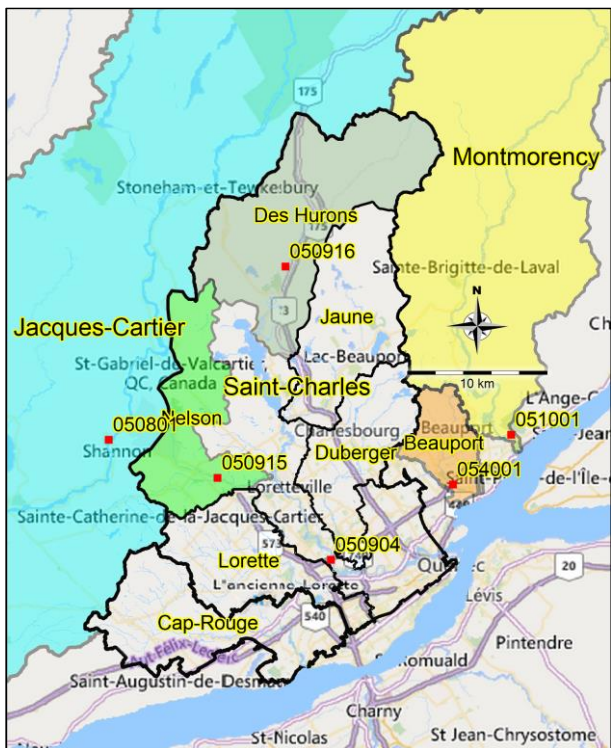
III- ANALYSE FRÉQUENTIELLE DES DÉBITS EXTRÊMES

Débits spécifiques (DS) des différentes récurrences

Période de retour	Débits spécifiques des différentes rivières (l/s/km ²)					
	Beauport	Nelson	Hurons	St-Charles	Montmorency	Jacques-Cartier
2 ans	529	251	652	187	396	267
5 ans	663	314	816	234	496	335
10 ans	747	355	920	264	559	378
20 ans	826	392	1017	292	618	418
25 ans	850	403	1048	301	637	430
50 ans	924	438	1138	327	692	467
100 ans	995	472	1226	352	745	503

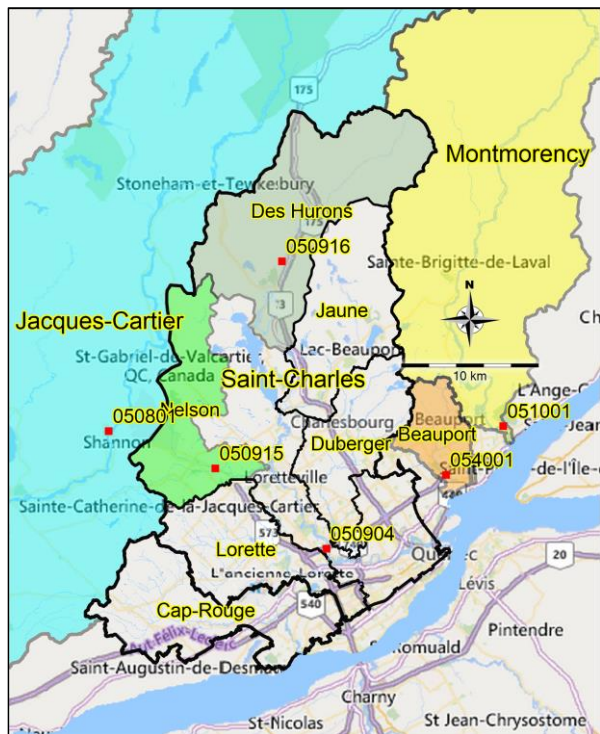
- ❑ Beauport : valeurs de DS très élevées suite à l'urbanisation;
- ❑ Saint-Charles valeurs de DS faibles dues au barrage Cyrille-Delage;
- ❑ Des Hurons : valeurs de DS très élevées (supérieurs à ceux d'un bassin urbain) pour un bassin versant de type naturel.

IV- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS



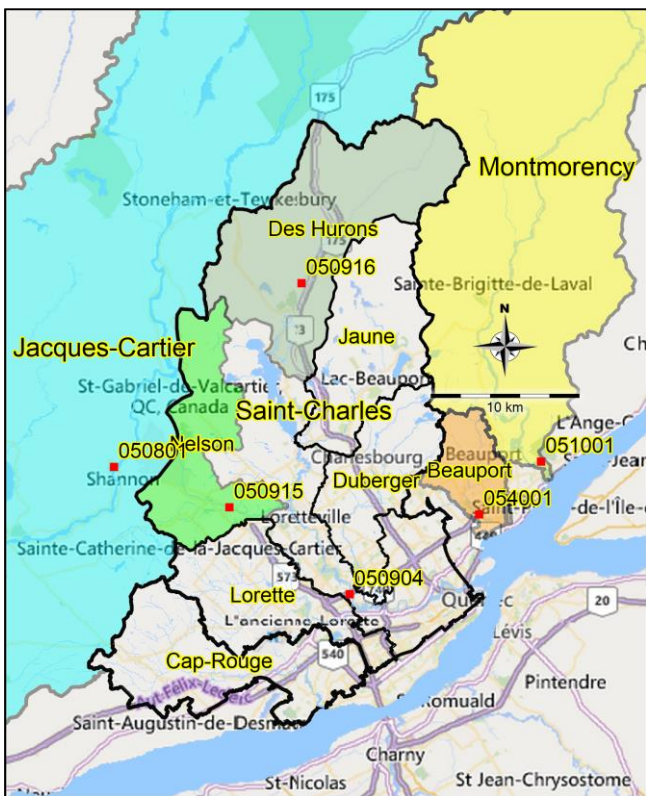
- ❑ En considérant les débits journaliers extrêmes, toutes les rivières affichent un **régime printanier**. Cependant, Beauport, des Hurons et Montmorency montrent qu'environ un tiers des événements a lieu pendant la période estivale;
- ❑ L'étude montre également une **augmentation de l'occurrence des événements extrêmes journaliers durant la période estivale** sur les trois dernières décennies (1990-2019): +70% pour Montmorency, +153% pour St-Charles et +128% pour Jacques-Cartier.
- ❑ En considérant les débits instantanés extrêmes seule la **rivière Beauport** montre un **régime majoritairement estival**, cela est probablement lié à son **urbanisation**;

IV- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS



- ❑ Les débits instantanés extrêmes des rivières **des Hurons**, **Montmorency** et **Jacques-Cartier** sont partagés (environ 50%) entre le régime printanier et estival;
- ❑ Les données instantanées extrêmes montrent finalement que seules les rivières **Nelson** et **Saint-Charles** gardent un régime majoritairement **printanier**;
- ❑ L'analyse de l'occurrence saisonnière montre finalement que la part des débits extrêmes qui survienne durant l'été est assez importante (Beauport (33 à 83%), Hurons (33 à 50%), Nelson (15 à 23%) St-Charles (18 à 32%), Montmorency (28% à 43%) et Jacques-Cartier (24% à 50%)) ce qui ne disqualifie pas l'utilisation des modèles pluie-débit.

IV– CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS



- ❑ Les quantiles des débits extrêmes ont été estimés par la méthode régionale ce qui permet une extrapolation pour des récurrences rares (100 et 350 ans) utilisées pour délimiter les zones inondables;
- ❑ Les quantiles estimés ont été comparés à ceux d'autres auteurs/méthodes et peuvent servir de comparaison aux résultats des modèles pluie-débit;
- ❑ L'analyse fréquentielle met en exergue la particularité de certains cours d'eau de la région comme la rivière Saint-Charles dont le débit est laminé par le barrage Cyrille-Delage et la rivière des Hurons dont les débits spécifiques sont très élevés pour un bassin majoritairement naturel.

MERCI!

Questions?