

AVIS HYDROGÉOMORPHOLOGIQUE

RIVIÈRE TROIS-PISTOLES

Pour l'Organisme des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent (OBVNEBSL)

Gabrielle Beaudry, auxiliaire de recherche

Thomas Buffin-Bélanger, professeur d'hydrogéomorphologie

Laboratoire de recherche en géomorphologie et dynamique fluviale

Université du Québec à Rimouski

Novembre 2021

## **Équipe de travail**

### **Terrain**

Gabrielle Beaudry, auxiliaire de recherche UQAR

Marie-Camille St-Amour, Chargée de projet OBVNEBSL

### **Rédaction**

Gabrielle Beaudry, auxiliaire de recherche UQAR

### **Géomatique**

Gabrielle Beaudry, auxiliaire de recherche UQAR

### **Révision**

Marie-Camille St-Amour, Chargée de projet OBVNEBSL

Thomas Buffin-Bélanger, professeur d'hydrogéomorphologie

## **Table des matières**

|  |    |
|--|----|
| Équipe de travail.....   | 4  |
| 1. Introduction.....   | 1  |
| 2. Concepts théoriques concernant la dynamique deltaïque .....   | 2  |
| 3. Méthodologie .....  | 3  |
| 3.1 Cartographie de l'évolution spatio-temporelle de l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles .....           | 3  |
| 3.2 Évolution morphologique des bancs et du chenal principal de la rivière des Trois-Pistoles de 1963 à 2019 ..... | 3  |
| 3.3 Analyse des séries chronologiques des débits de la rivière des Trois-Pistoles .....                            | 4  |
| 3.4 Caractérisation ponctuelle de la vitesse d'écoulement .....  | 4  |
| 4. Résultats .....   | 5  |
| 4.1 Évolution spatio-temporelle de l'embouchure de 1963 à 2015 .....   | 5  |
| 4.2 Hydrologie .....   | 9  |
| 4.2.1. Débits moyens journaliers .....   | 9  |
| 4.2.2. Variabilité interannuelle des débits .....  | 11 |
| 4.2.3. Hydrogrammes annuels (1924-1971 vs 1972-2020) .....   | 12 |
| 4.3 Vitesse d'écoulement et température lors de l'échantillonnage.....   | 13 |
| 5. Discussion et conclusion.....   | 14 |
| Références.....  | 17 |
| Annexe 1.....  | 18 |

## **1. Introduction**

La population d'éperlans arc-en-ciel a connu une importante diminution au cours des six dernières décennies. Depuis, plusieurs rivières ont été abandonnées en tant qu'habitat de reproduction par cette espèce (Trencia et *al.*, 2005). La rivière des Trois-Pistoles en fait partie, malgré son excellent potentiel pour la fraie des éperlans arc-en-ciel (Texier, 2003). Texier (2003) suggère que la rivière des Trois-Pistoles possède toutes les caractéristiques essentielles à la fraie des éperlans arc-en-ciel. En effet, les éperlans ont des exigences particulières en matière de vitesses d'écoulement, de substrat, de profondeur et de température, et la rivière des Trois-Pistoles les satisfait toutes. Plus précisément, pour que les éperlans arc-en-ciel soient en mesure de remonter la rivière, les vitesses d'écoulement doivent se situer entre 0,1 et 1,5 m/s. Également, pour assurer une reproduction réussie, le substrat doit idéalement être composé de gravier fin à grossier, ou de sable et de galets et doit être dépourvu d'algues. La température doit également se situer entre 4 et 15°C pour que la reproduction soit possible (Brassard et Verreault, 1995).

La faible présence ou même l'absence de fraie dans la rivière Trois-Pistoles depuis 1990 peut être due à plusieurs événements isolés. En effet, les éperlans étant sensibles aux perturbations de leur environnement, certains événements auraient pu provoquer le délaissement de la rivière en tant que site de fraie. Un apport soudain en sédiments fins peut résulter de certains événements, pouvant ainsi provoquer le colmatage de la frayère ou une détérioration de la qualité de l'eau. Les événements suivants pourraient avoir causés des perturbations engendrant le délaissement de la rivière par les éperlans arc-en-ciel :

- Construction du pont de la 132 en 1973
- Détournement du ruisseau Renouf dans le ruisseau Bonhomme-Morency en 1977
- Glissement de terrain sur une berge de la Trois-Pistoles en 1983 ayant libéré 1557 m<sup>3</sup> de sédiments dans la rivière (Parent et *al.*, 2015)
- Enrochement du Bonhomme-Morency en 2008-2009

Ce rapport découle d'une collaboration entre l'Organisme des bassins versants du nord-est du Bas-Saint-Laurent (OBVNEBSL) et le Laboratoire de recherche en géomorphologie et dynamique fluviale de l'UQAR et **visé à apporter un regard hydrogéomorphologique sur la situation précaire de la reproduction des éperlans arc-en-ciel dans la rivière des Trois-Pistoles**. Ce regard comporte trois analyses : une analyse des photographies aériennes pour décrire l'évolution du delta de la rivière des Trois-Pistoles, une analyse des séries chronologiques des débits pour documenter tout changement important et une analyse des vitesses d'écoulement dans certains

transects de la rivière. Le rapport s'articule en quatre parties distinctes : une présentation des concepts théoriques nécessaires à la compréhension de l'évolution des deltas, la méthodologie, les résultats et la formulation de diverses hypothèses concernant le délaissement de la rivière des Trois-Pistoles par les éperlans arc-en-ciel pour la reproduction.

## **2. Concepts théoriques concernant la dynamique deltaïque**

L'exutoire de la rivière des Trois-Pistoles est caractérisé par la présence d'une dynamique deltaïque. La figure 1 expose une délimitation sommaire de la portion où cette dynamique peut sévir. Les deltas sont des formes d'accumulation sédimentaire résultants des processus hydrogéomorphologiques présents à l'interface entre le milieu fluvial et le milieu côtier de l'estuaire du Saint-Laurent. Les deltas se trouvent à la rencontre de l'eau douce chargée en sédiments et d'une grande étendue d'eau plus calme, comme un lac, un océan, ou dans le cas de la rivière des Trois-Pistoles, un grand estuaire. La perte de compétence du milieu fluvial vers le milieu lacustre ou côtier provoque l'accumulation des sédiments. Dans les milieux côtiers, les deltas se forment lorsque l'apport sédimentaire fluvial est plus élevé que l'érosion côtière (Charlton, 2008). Cet apport sédimentaire et la perte de compétence forment des bancs d'accumulation aux travers desquels sillonnent le chenal principal et les chenaux secondaires.



*Figure 1. Délimitation approximative du delta actuel de la rivière des Trois-Pistoles. Fond de carte : Google Earth*

Les deltas sont des formes très dynamiques qui évoluent en fonction de l'apport sédimentaire, de la vitesse d'écoulement et de la puissance de la marée et de la houle. Les changements qui surviennent au sein des deltas peuvent avoir une grande incidence sur la fraie des éperlans arc-en-ciel. En effet, puisque l'éperlan arc-en-ciel est un poisson anadrome, il passe une grande partie de sa vie en milieu estuarien et côtier et remonte la rivière au printemps pour frayer (Brassard et Verreault, 1995). Il doit donc traverser le delta pour se rendre au site de fraie. En raison de ses faibles capacités natatoires, l'éperlan arc-en-ciel peut se retrouver incapable de remonter la rivière si le courant est trop fort, en raison de la concentration de l'écoulement par exemple. L'étude de l'évolution spatio-temporelle du delta d'une rivière permet donc de mettre en lumière des changements morphologiques qui peuvent grandement influencer la montaison des éperlans arc-en-ciel.

### **3. Méthodologie**

#### **3.1 Cartographie de l'évolution spatio-temporelle de l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles**

Une cartographie des bancs d'accumulation et du ou des chenaux à l'embouchure de la rivière a été faite à l'aide de photographies aériennes prises aux années suivantes : 1963, 1973, 1978, 1990, 1995, 2007, ainsi que la mosaïque d'orthophotographies aériennes de 2015. Une photographie provenant de Google Earth a également été utilisée pour faire une cartographie de l'embouchure en 2019. Cette cartographie a été faite par l'entremise du logiciel ArcGIS.

#### **3.2 Évolution morphologique des bancs et du chenal principal de la rivière des Trois-Pistoles de 1963 à 2019**

La taille moyenne et le nombre de bancs d'accumulation ont été calculés sur les tracés fluviaux réalisés à l'étape 3.1, c'est-à-dire ceux de 1963, 1973, 1978, 1990, 1995, 2007, 2015 et 2019. Ensuite, trois mesures de largeur du chenal principal ont été faites sur ces mêmes tracés. Des transects de référence ont été délimités au préalable pour assurer l'uniformité des mesures d'une année à l'autre (Figure 2). La moyenne de ces trois mesures a ensuite été calculée pour chacune des années. Des figures d'évolution ont finalement été élaborées avec ces trois variables.

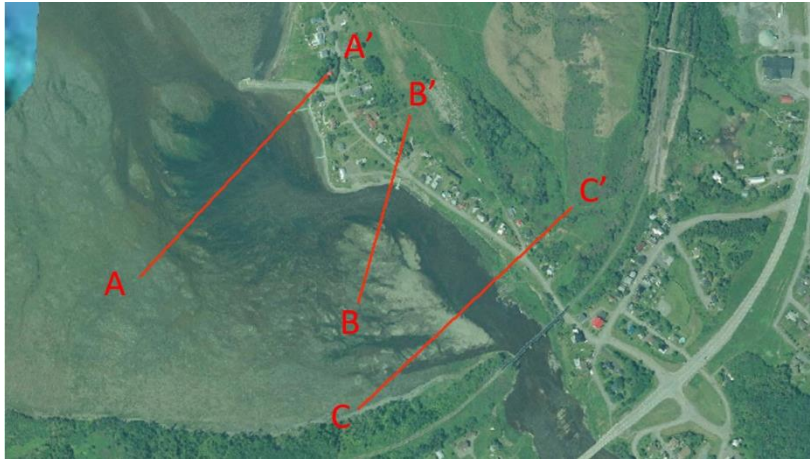


Figure 2. Transects de référence pour la mesure de largeur du chenal principal de l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles. Fond de carte : Mosaïque d'orthophotographies aériennes de l'inventaire écoforestier du Québec méridional

### 3.3 Analyse des séries chronologiques des débits de la rivière des Trois-Pistoles

L'analyse des séries chronologiques des débits de la rivière des Trois-Pistoles a été réalisée grâce aux données historiques du Centre d'expertise hydrique (CEHQ). Les débits moyens journaliers de 1924 à 2020 ont pu être utilisés. Afin d'établir un meilleur portrait de l'évolution temporelle des débits de la rivière des Trois-Pistoles, trois types d'analyses ont été faites. D'abord, un graphique des débits moyens journaliers a été fait. Ensuite, six indicateurs ont été sélectionnés pour illustrer l'évolution annuelle des débits. Ces indicateurs sont les débits moyens, minimaux, maximaux, médians annuels, ainsi que la fréquence de forts et de faibles débits par année. Ces deux derniers indicateurs ont été établis en fonction de seuils. Le plus petit débit annuel maximal ( $84,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a été utilisé pour calculer la fréquence de forts débits, alors que le plus grand débit annuel minimal ( $2,972 \text{ m}^3/\text{s}$ ) a servi au calcul du nombre de faibles débits par année. Dans le cas de ces indicateurs, la fréquence représente le nombre de jours par année où le seuil est dépassé. Finalement, deux hydrogrammes annuels ont été construits pour comparer deux périodes (1924 à 1971 et 1972 à 2020).

### 3.4 Caractérisation ponctuelle de la vitesse d'écoulement

Six mesures de vitesse d'écoulement ont été faites le 4 mai 2021 entre 9h15 et 9h30 à marée haute afin de s'assurer que les éperlans arc-en-ciel étaient en mesure de monter la rivière en période de fraie potentielle. Les six mesures ont été prises à deux endroits propices à la fraie, soit au niveau de la frayère historique en amont de la 132 (étoile jaune) et entre les deux ponts en aval (étoile rose) (Figure 3). Trois mesures ont été prises à chacun des sites à trois profondeurs différentes (20, 60 et

80%). La vitesse d'écoulement a été mesurée avec un *Flow Tracker*. La température de l'eau au moment de la prise de mesure était de 6,5 °C, ce qui rendait la fraie possible.



*Figure 3. Sites de mesure de la vitesse d'écoulement. En jaune : site de la frayère historique; En rose : site entre les deux ponts*

## **4. Résultats**

### **4.1 Évolution spatio-temporelle de l'embouchure de 1963 à 2015**

La cartographie de l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles pour les années 1963, 1978, 1990, 1995, 2007, 2015 (Figure 4) et 2019 (Figure 5) a permis d'en visualiser son évolution spatio-temporelle. La marée et le débit de la rivière jouent un rôle important dans l'apparence de l'embouchure et du chenal principal, notamment dans la taille des bancs d'accumulation et du chenal principal. L'état de la marée (haute, basse ou non disponible) ainsi que le débit journalier est inscrit sur chacune des photographies (Figure 4) afin de bonifier l'interprétation.



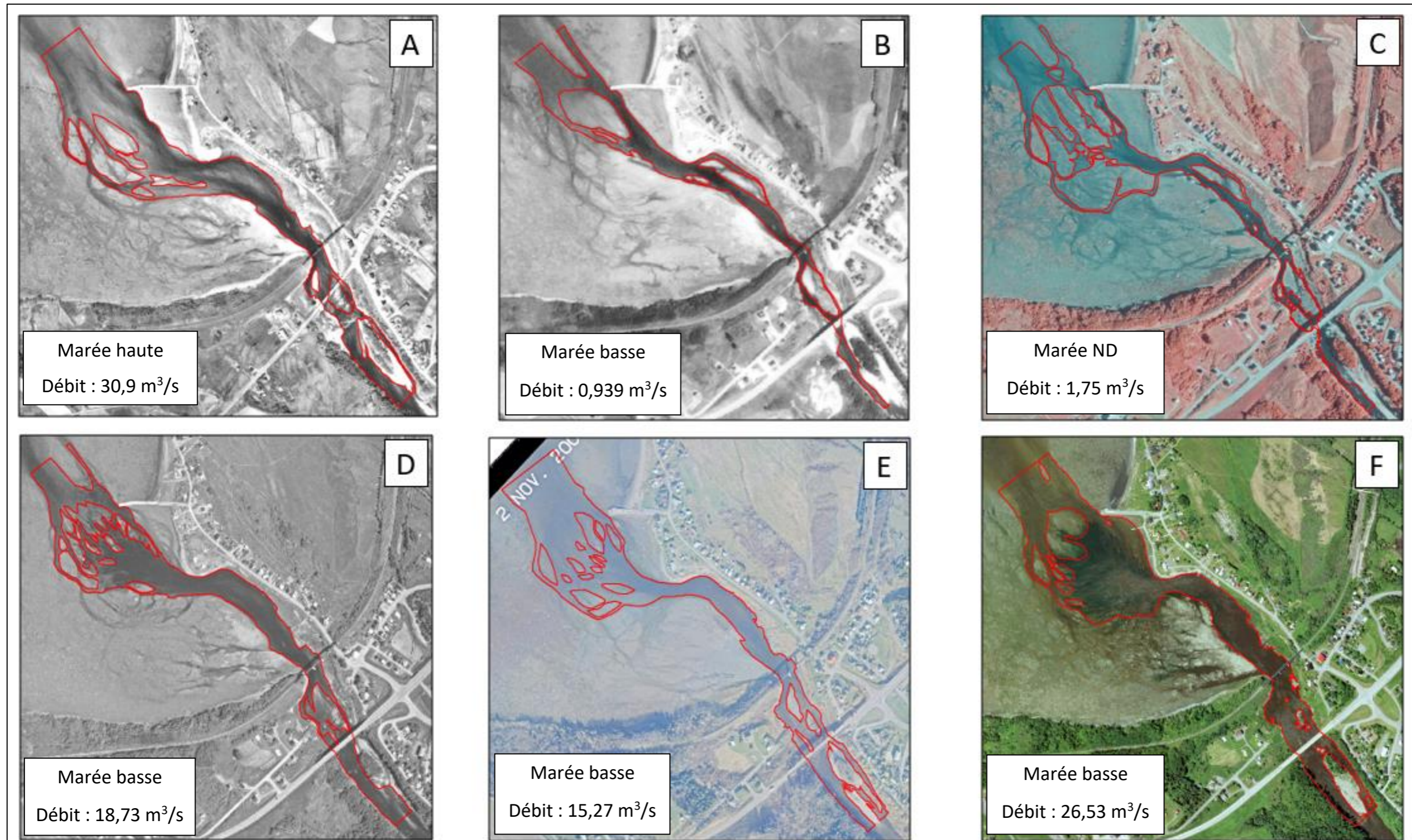


Figure 4. Cartographie de l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles pour les années 1963 (A), 1978 (B), 1990 (C), 1995 (D), 2007 (E) et 2015 (F), ainsi que l'état de la marée et le débit moyen journalier. Source des photographies aériennes : Gouvernement du Québec



Figure 5. Cartographie de l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles en 2019. Source : Google Earth

La Figure 6 illustre l'évolution temporelle du nombre et de la taille moyenne des bancs ainsi que de la largeur moyenne du chenal principal. La **disposition, le nombre et la taille des bancs** d'accumulation ont beaucoup changé avec le temps, de même que la largeur du chenal principal et des chenaux secondaires. En effet, la taille moyenne des bancs d'accumulation tend à diminuer avec les années (Figure 6). Bien sûr, la taille moyenne est affectée par les valeurs extrêmes de la taille des bancs. En effet, certains bancs sont beaucoup plus grands en 1990 qu'en 1995. Cependant, la présence de très petits bancs en 1990 fait en sorte que la taille moyenne est presque la même qu'en 1995. Parallèlement, les bancs sont les plus nombreux en 1990 et en 2007 (Figure 6). Le nombre de bancs tend à être plus élevé après 1990 (Figure 6). La taille du banc d'accumulation en amont du pont de la 132 est à son maximum en 1990 et 1995, et diminue ensuite progressivement jusqu'en 2015, permettant à l'écoulement de se faire vers la rive droite, à droite de l'île, à partir de 2007. La Figure 5 représente l'embouchure de la rivière Trois-Pistoles en 2019. Les bancs d'accumulation de l'embouchure sont légèrement plus petits et moins nombreux qu'en 2015. Au contraire, le banc d'accumulation en amont du pont de la 132 semble presque identique (Figure 6).

Pour ce qui est **de la largeur moyenne du chenal**, il est le plus étroit en 1978 et 1990 et s'élargit nettement à partir de 1995 (Figure 6). Ce dernier est à son maximum de largeur moyenne en 2015 et 2019 (Figure 6). De manière plus précise, le chenal a subi plusieurs modifications de largeur et d'emplacement depuis 1963 :

- Élargissement très important du transect A-A' (au niveau du brise-glace) en 2015-2019, alors qu'il est très étroit en 1990.
- Il s'est nettement rétréci au niveau de la pointe et concentré sur la rive droite;
- Il est plus large vers la rive droite au niveau du pont ferroviaire en 2019. (Figure 6, 7 et Annexe 1)

Malgré les changements dans sa largeur, le chenal principal s'écoule toujours vers la rive droite à l'embouchure. La Figure 7 illustre l'évolution spatio-temporelle du chenal principal durant les années 1963, 1990 et 2019. Une **migration du chenal vers la rive droite** est observable à travers les années. Cette migration est particulièrement accentuée légèrement en amont du brise-glace où le chenal s'est élargi.

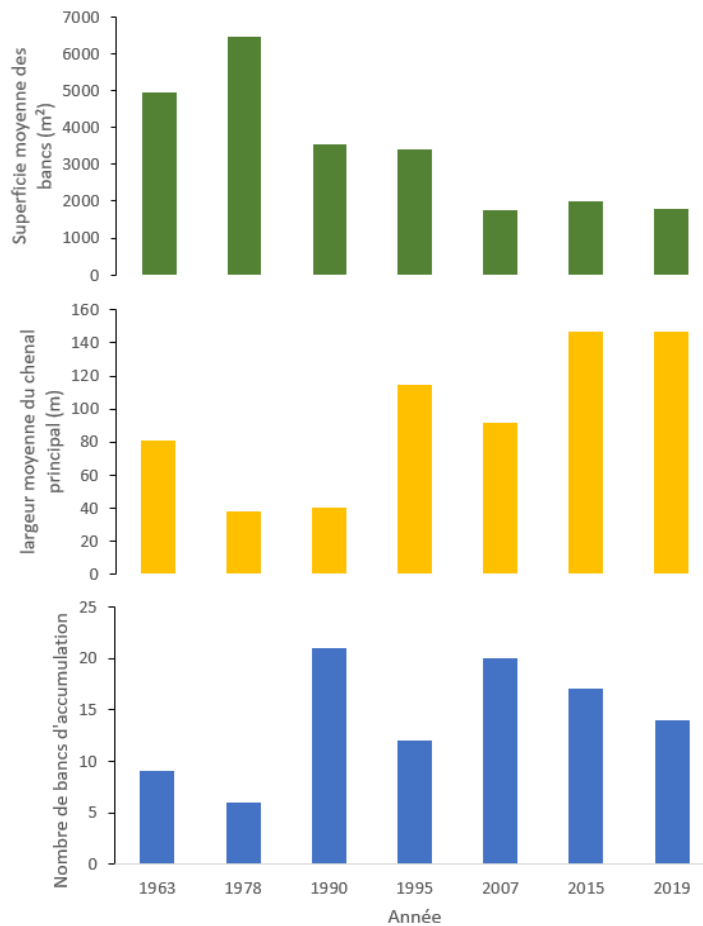


Figure 6. Évolution temporelle de la taille moyenne et du nombre de bancs d'accumulation ainsi que de la largeur moyenne du chenal principal de la rivière des Trois-Pistoles de 1963 à 2019

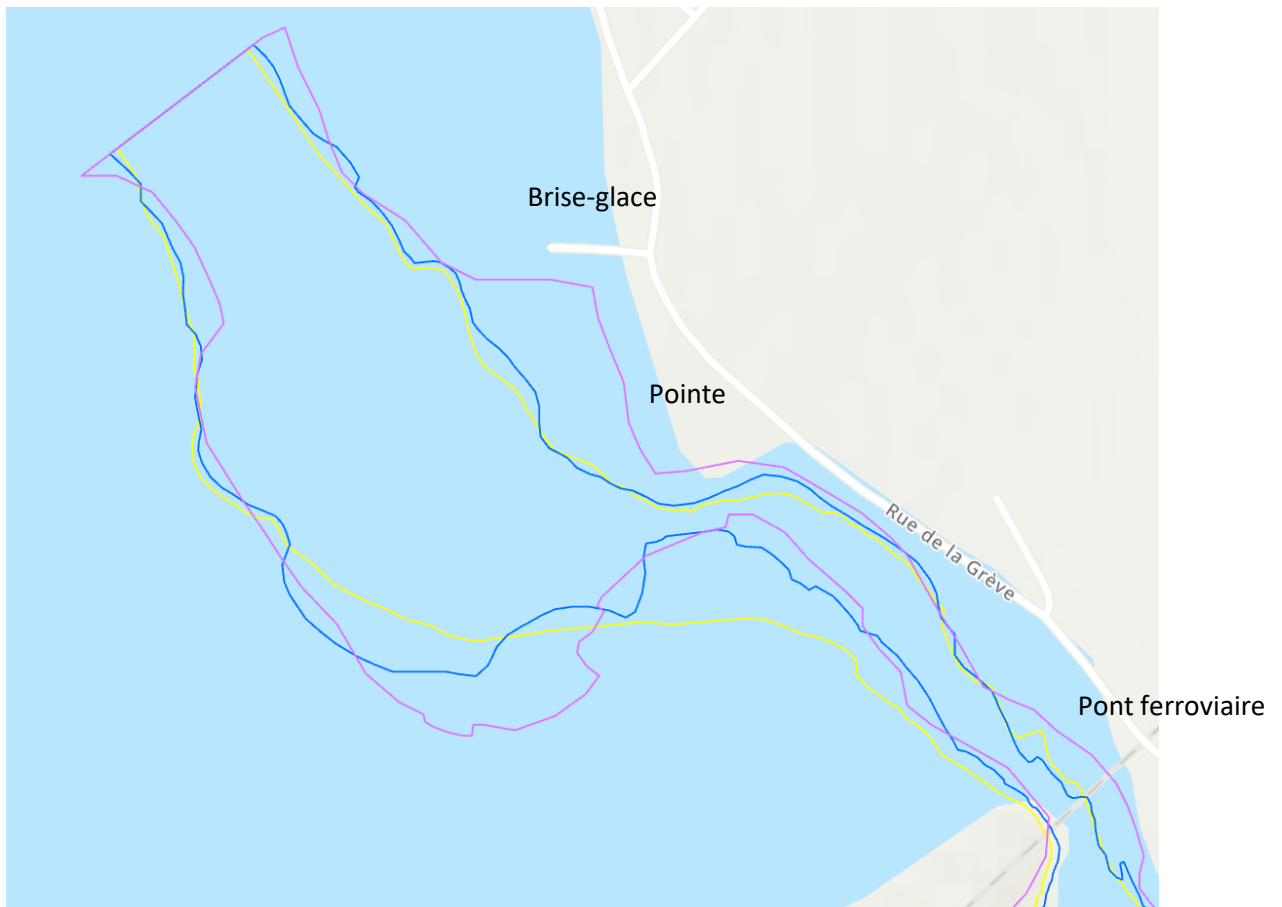


Figure 7. Évolution du chenal principal à l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles pour les années 1963 (jaune), 1990 (bleu) et 2019 (rose)

## 4.2 Hydrologie

### 4.2.1. Débits moyens journaliers

La Figure 7 illustre la variabilité temporelle des débits moyens journaliers de 1924 à 2020. Au sein de cette série temporelle, trois débits moyens journaliers se démarquent par leur magnitude (étoiles mauves). Ces derniers ont été enregistrés en 1942, en 1979 et en 2008. On remarque que l'intensité de ces forts débits augmente avec le temps. De plus, une légère tendance à l'augmentation est observable dans cette série temporelle, particulièrement parmi les débits plus élevés. Pour mieux cerner la variabilité interannuelle des débits, 6 indicateurs ont été extraits de cette série chronologique et sont analysés dans la section *variabilité interannuelle des débits*.

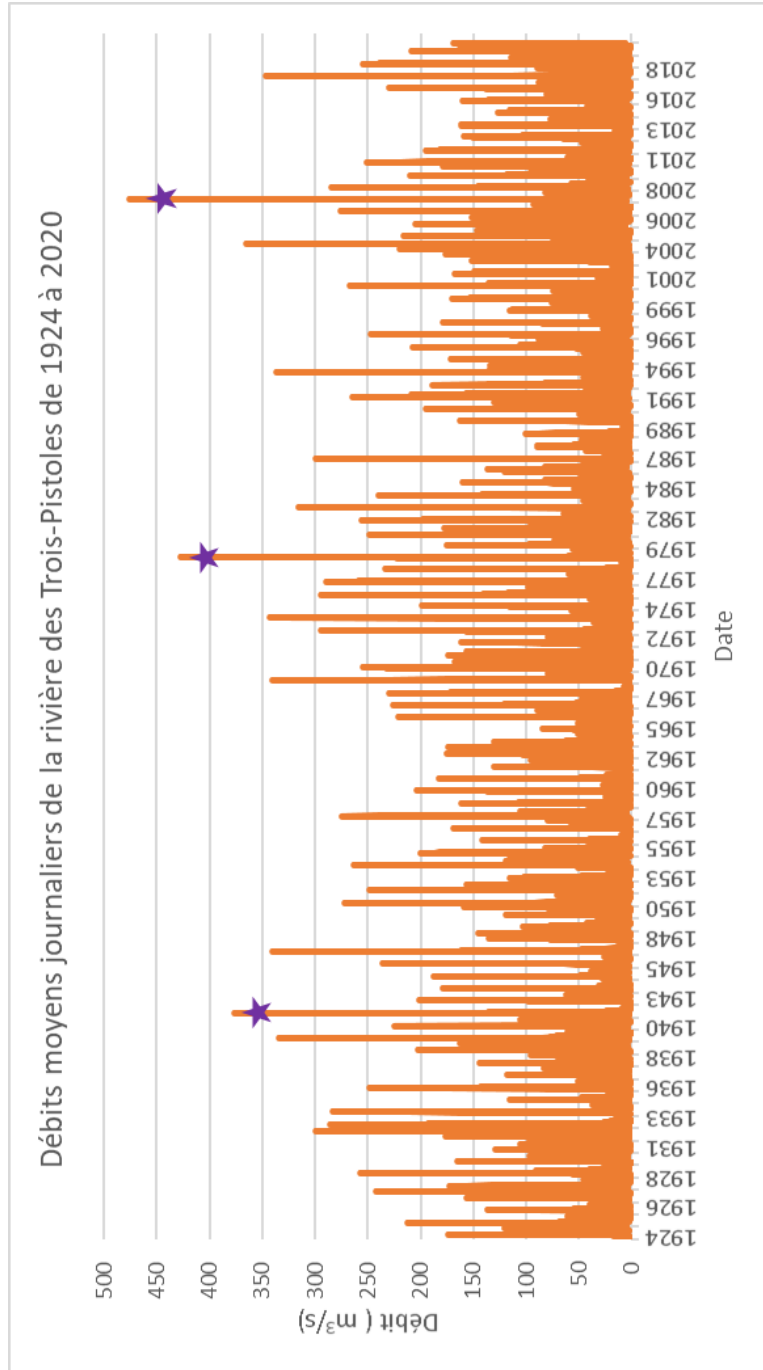


Figure 8. Débits moyens journaliers de la rivière des Trois-Pistoles de 1924 à 2020. Les étoiles mauves correspondent aux débits journaliers qui se démarquent particulièrement par leur magnitude, soit le 30 avril 1942, le 28 avril 1979 et le 30 avril 2008.

4.2.2. Variabilité interannuelle des débits

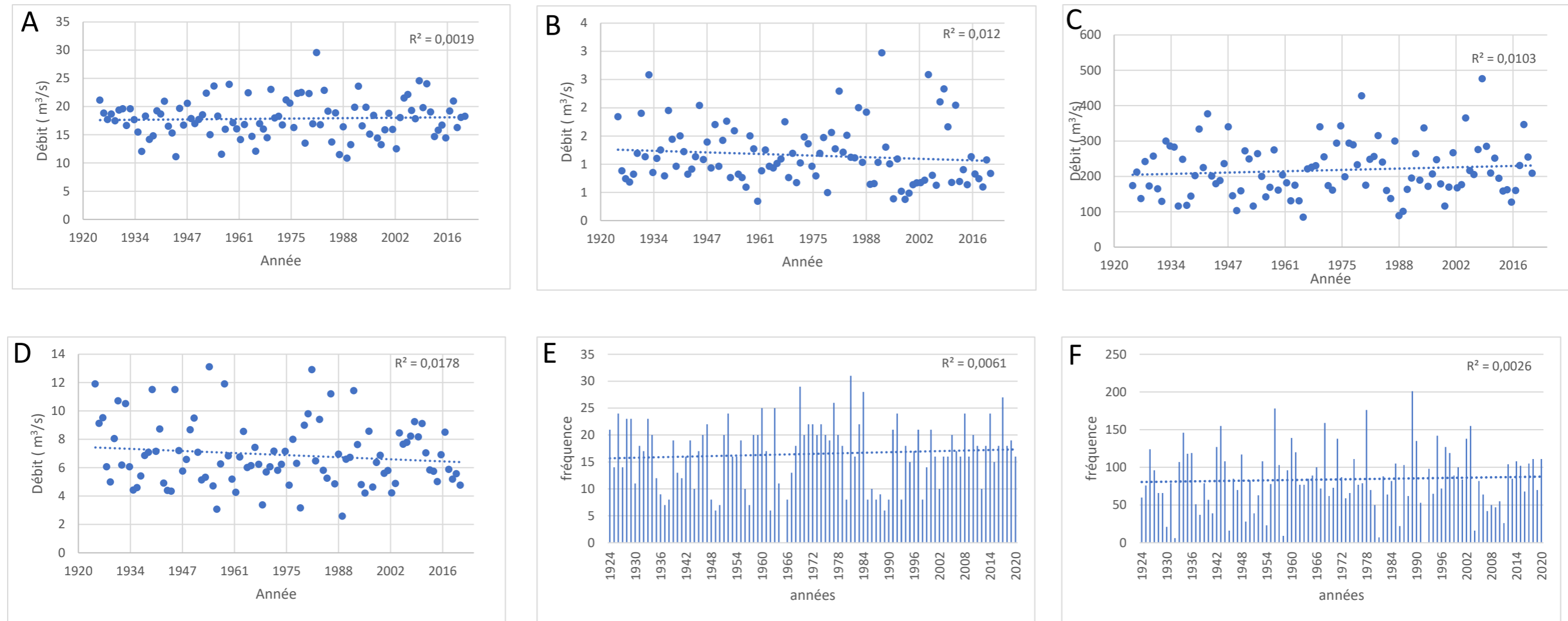


Figure 9. Variabilité interannuelle des débits de la rivière des Trois-Pistoles de 1924 à 2020 illustrée à l'aide de 6 indicateurs : les débits moyens (A), minimaux (B), maximaux (C) et médians annuels(D), ainsi que le nombre de jours par année avec des débits élevés (E) et faibles (F)

Les six indicateurs retenus pour l'analyse de la variabilité interannuelle des débits sont: les débits moyens, minimaux, maximaux et médians annuels, ainsi que la fréquence de débits élevés et faibles par année (Figure 9). La tendance interannuelle émane d'une régression linéaire et est différente d'un indicateur à l'autre. En effet, du côté des **débits moyens annuels**, on remarque une très légère augmentation avec le temps ( $R^2 = 0,0019$ ), tandis que les **débits médians annuels** ont connu une diminution temporelle ( $R^2 = 0,0178$ ). En ce qui concerne les **débits maximaux annuels**, une augmentation est observable avec le temps ( $R^2 = 0,0103$ ), tandis que la tendance temporelle des **débits minimaux** est à la baisse ( $R^2 = 0,012$ ). Les débits moyens ont connu de faibles changements, alors que les débits minimaux et maximaux ont connu des variations plus importantes, ce qui souligne une redistribution des volumes d'eau pendant l'année. De plus, les journées avec des débits très faibles et très élevés ont connu une légère tendance à la hausse avec les années dans la rivière des Trois-Pistoles (Figure 9 E et F).

#### 4.2.3. Hydrogrammes annuels (1924-1971 vs 1972-2020)

En plus d'avoir connu des changements sur le plan des indicateurs de variabilité interannuelle des débits, la rivière des Trois-Pistoles a subi une modification de son hydrogramme annuel. Ce changement est observable en isolant l'hydrogramme annuel de la période de 1924 à 1991 et celui de 1972 à 2020 (Figure 10). En effet, la crue printanière survient plus tôt et est accompagnée de débits de pointe plus élevés dans la période de 1972 à 2020. Également, la crue printanière est suivie d'une période de récession, étiage, qui atteint des débits plus faibles durant la période 1972-2020, en comparaison avec la précédente.

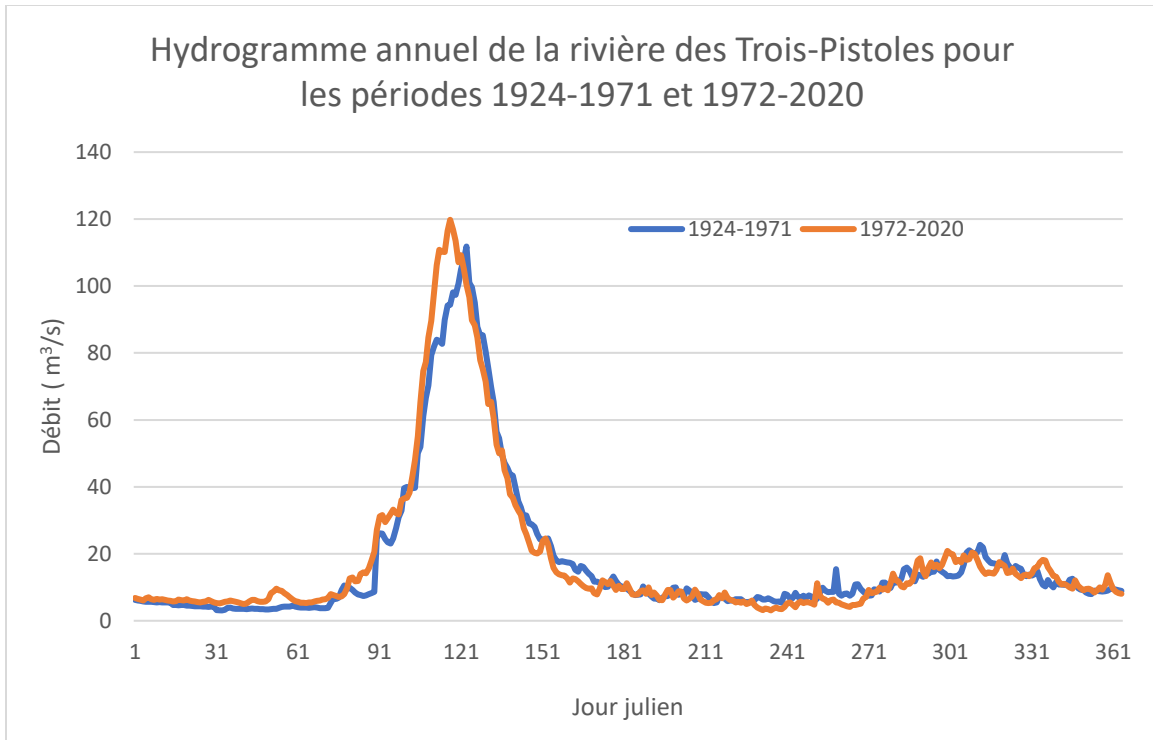


Figure 10. Hydrogramme annuel de la rivière des Trois-Pistoles pour les périodes 1924 à 1971 et 1972 à 2020

### 4.3 Vitesse d'écoulement et température lors de l'échantillonnage

Les mesures de vitesse d'écoulement ont été prises lorsque les conditions étaient idéales pour la montaison des éperlans arc-en-ciel dans la rivière des Trois-Pistoles, c'est-à-dire que la température était propice à la fraie (6,5°C) et que la marée était haute. Le débit moyen journalier était de 37,22 m<sup>3</sup>/sec le 4 mai. Les vitesses d'écoulement sont beaucoup plus élevées au site de la frayère historique. En revanche, toutes les mesures de vitesses d'écoulement se situent dans l'intervalle de vitesses acceptables pour l'éperlan, soit de 0,1 à 1,5 m/s (Brassard et Verreault, 1995) (Tableau 1). En se fiant à ces mesures, les éperlans auraient été en mesure de remonter la rivière à ce moment-là pour frayer.

Tableau 1. Vitesses d'écoulement prises à trois profondeurs différentes (20, 60 et 80%) à deux sites d'échantillonnage (Frayère historique et entre les deux ponts) le 4 mai 2021 entre 9h15 et 9h30 à marée haute

| Site d'échantillonnage | Vitesse d'écoulement à 20% de profondeur (m/s) | Vitesse d'écoulement à 60% de profondeur (m/s) | Vitesse d'écoulement à 80% de profondeur (m/s) |
|------------------------|--|--|--|
| Frayère historique     | 0,952  | 0,913  | 0,822  |
| Entre les 2 ponts      | 0,198  | 0,169  | 0,143  |



## **5. Discussion et conclusion**

En conclusion, ce rapport illustre l'évolution hydrogéomorphologique de la rivière Trois-Pistoles à travers le temps et vise à émettre des hypothèses concernant le délaissement de cet environnement propice à la reproduction par les éperlans arc-en-ciel. Son évolution géomorphologique est mise en lumière par une cartographie de l'embouchure de 1963 à 2019 montrant des changements au niveau de la taille, du nombre et de la disposition des bancs d'accumulation, ainsi que de la largeur et de la division du chenal. À la lumière des résultats présentés à la section précédente, plusieurs hypothèses peuvent être faites concernant la très faible utilisation de la frayère par l'éperlans arc-en-ciel dans la rivière Trois-Pistoles.

D'abord, si la **tendance à l'augmentation des débits maximaux** se maintient, ils pourront représenter un obstacle à la montaison des éperlans qui a souvent lieu en période de crue. En effet, les éperlans arc-en-ciel sont sensibles aux augmentations des débits en raison de faibles capacités natatoires (Brassard et Verreault, 1975).

Également, il y a une **modification de l'hydrogramme annuel moyen** (Figure 10), particulièrement au niveau de la crue :

- Une légère augmentation des débits moyens et maximaux, ainsi que de la fréquence annuelle de débits élevés avec le temps
- Une légère diminution des débits médians et minimaux, ainsi que de la fréquence annuelle de débits faibles avec le temps
- La crue survient plus tôt durant la période de 1972 à 2020 et atteint des débits de pointe plus élevés pour ensuite retrouver une période de récession représentée par des débits plus faibles que la période 1924-1971

Toutes ces modifications peuvent représenter un trop grand stress sur les éperlans arc-en-ciel essayant de remonter le courant à ce moment-là. Ces deux hydrogrammes (Figure 10) peuvent être comparés avec celui de 2021 (Figure 11), qui a connu une période de crue printanière comportant trois crues significatives. Malgré les valeurs élevées des débits de ces trois crues, des œufs d'éperlans ont été retrouvés dans la rivière, entre les deux ponts. Cela signifie que quelques éperlans ont réussi à monter dans la rivière. Par contre, les débits de la crue de 2021 semblent être plus bas que la moyenne de la période 1972 à 2020, qui pourrait expliquer que certains éperlans aient réussi à remonter contre le courant.

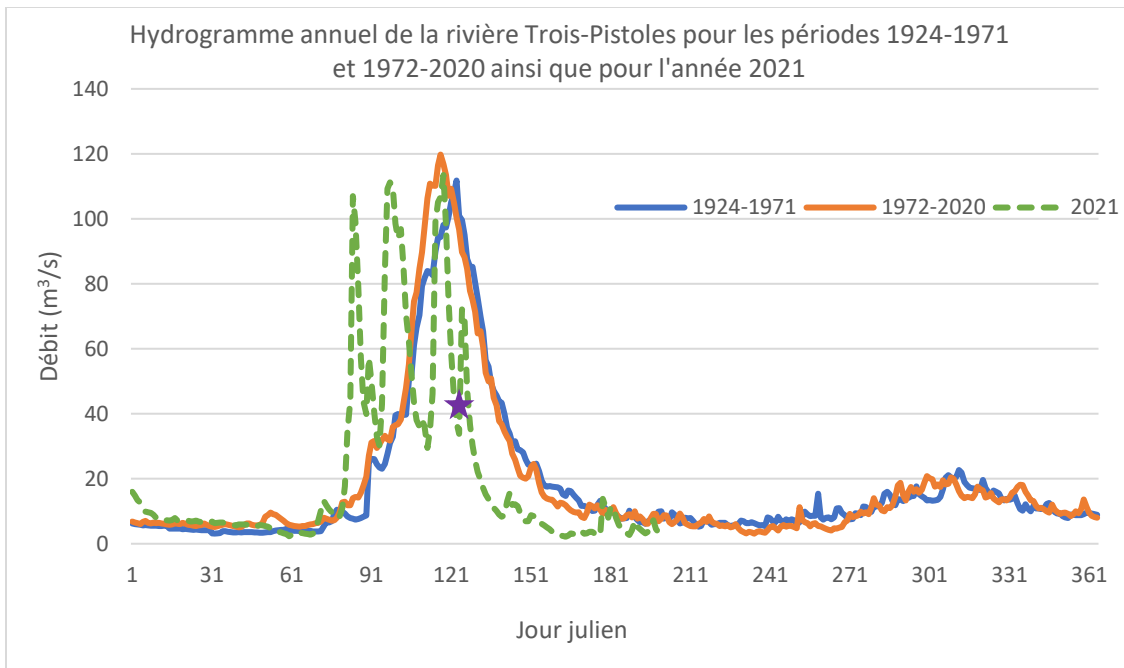


Figure 11. Hydrogramme annuel moyen de la rivière des Trois-Pistoles pour les périodes 1924 à 1971, 1972 à 2020, ainsi que celui de l'année 2021. L'étoile mauve correspond au moment de la prise de mesures de vitesses d'écoulement, soit le 4 mai 2021.

Ensuite, l'embouchure de la rivière des Trois-Pistoles peut avoir joué un rôle dans la désertion des éperlans sur la frayère **en 1990**. En effet, la multiplication du nombre de bancs d'accumulation et l'augmentation de la taille de certains d'entre eux, particulièrement en 1990 (Figure 5 C), pourrait avoir provoqué une concentration de l'écoulement à certains endroits, et ainsi augmenter les vitesses d'écoulement. Les modifications qu'a subi le chenal principal à l'embouchure de la rivière ont aussi contribué à la concentration de l'écoulement à certains endroits en 1990, particulièrement au niveau de la pointe située sur la rive droite. **La concentration de l'écoulement pourrait représenter un obstacle à la montaison des éperlans incapable alors de nager dans de telle vitesse.** C'est entre 1976 et 1985 que le cours d'eau Bonhomme-Morency a subi la majorité des ajustements morphologique suite à l'augmentation de son bassin versant (incision du lit, érosion des berges et migration latéral du chenal), apportant une quantité importante de matière en suspension à la rivière Trois-Pistoles (Parent, 2015). La source de la multiplication du nombre de bancs et de leur taille observée en 1990 pourraient provenir du ruisseau Bonhomme-Morency et des glissements de terrain important ayant eu lieu dans la rivière Trois-Pistole en 1983. Suite à 1990, la taille moyenne des bancs est à la baisse.

Il est important de ne pas sous-estimer l'impact d'évènements isolés sur l'utilisation ou non de la rivière par les éperlans arc-en-ciel pour la reproduction. Puisque les éperlans sont sensibles aux modifications de leur environnement, une perturbation peut rendre un habitat inadéquat pour l'espèce.

## Références

BRASSARD, C. et G. VERREAULT. (1995). Indice de qualité de l'habitat de reproduction de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) anadrome de l'estuaire sud du Saint-Laurent. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Service de l'aménagement et de l'exploitation de la faune. Direction régionale du Bas-St-Laurent. 33 p.

CHARLTON, R. (2008). Fundamentals of Fluvial Geomorphology. London, Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780203371084>

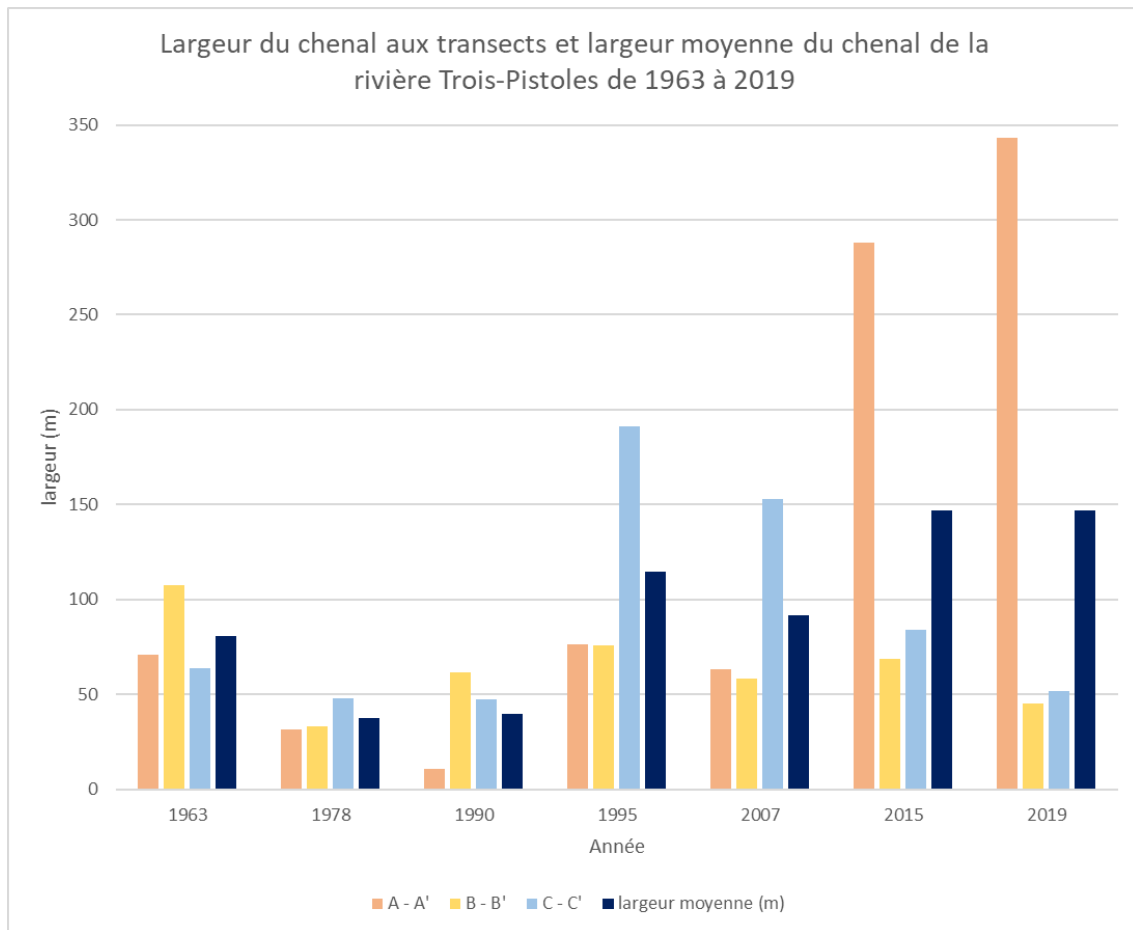
PARENT, V., BUFFIN-BÉLANGER, T. et C. NOZAIS. (2015). L'histoire d'un cours d'eau étouffé par un aménagement d'urgence : le cas du Bonhomme-Morency au Bas-Saint-Laurent. *L'Estuaire*. **75**: 28-43.

TEXIER, S. (2003). Inventaire des sites de frayère potentiels et réels de la population d'éperlans arc-en-ciel de la rive sud entre Lotbinière et Matane en 2003. Société de la faune et des parcs du Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la région du Bas-Saint-Laurent. 71 p.

TRENCIA, G., VERREAULT, G., LEGAULT, M. ET V. TREMBLAY. (2005). L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) anadrome du sud de l'estuaire du Saint-Laurent : Une population en voie de désignation comme espèce vulnérable. *Le naturaliste canadien*. **129** : 86-94.

## **Annexe 1**

*Modification du chenal aux transects et largeur moyenne du chenal de la rivière Trois-Pistoles de 1963 à 2019*



| Année | largeur du chenal aux transects (m) |        |        | largeur moyenne (m) |
|-------|-------------------------------------|--------|--------|---------------------|
|       | A - A'                              | B - B' | C - C' |                     |
| 1963  | 71,1                                | 107,6  | 64     | 80,9                |
| 1978  | 31,7                                | 33,2   | 48     | 37,6                |
| 1990  | 10,6                                | 61,7   | 47,7   | 40,0                |
| 1995  | 76,6                                | 75,9   | 191,2  | 114,6               |
| 2007  | 63,3                                | 58,3   | 153    | 91,5                |
| 2015  | 288,2                               | 68,7   | 84,2   | 147,0               |
| 2019  | 343,05                              | 45,4   | 51,6   | 146,7               |