

NOTE TECHNIQUE

CLIENT :	Municipalité de Saint-Zotique	
PROJET :	Programme décennal de dragage des canaux de Saint-Zotique – Compensation du poisson	Réf. WSP : 211-05356-00
OBJET :	Addenda à la proposition d'un projet de compensation de l'habitat du poisson (WSP, 2021)	DATE : 11 février 2022

1 MISE EN CONTEXTE

Ce document vise à répondre aux questions présentées dans la demande d'informations complémentaires pour le programme décennal de dragage des canaux sur le territoire de la municipalité de Saint-Zotique (la municipalité) (Annexe_2021-11-18_QC-PRO_AE et Engag2) qui ont été transmises à la Municipalité le 18 novembre 2021 par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC).

La Municipalité a demandé une autorisation pour draguer l'ensemble des canaux sur une superficie de 111 700 m². Sur la base d'une évaluation réalisée par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP), les pertes à compenser sont actuellement estimées à 9,6 ha (5,3 ha en pertes permanentes d'habitats [destruction] et 4,3 ha en détérioration). Nous sommes cependant d'avis que les travaux de dragage prévus n'occasionneront pas de perte permanente, ni de détérioration du milieu aquatique, mais plutôt une perturbation temporaire. Le dragage des canaux devrait même apporter des améliorations de l'habitat du poisson, comme une augmentation de la profondeur aux embouchures avec le lac Saint-François qui favorisera la circulation de l'eau et le retrait de matière organique riche en nutriments.

Les questions relatives aux travaux dans le Grand Marais seront répondues à la section 2. D'autres avenues de compensation potentielles seront présentées à la section 3. Ces avenues représentent des propositions préliminaires pour les fins de discussion avec les instances gouvernementales. La question concernant la consultation de la communauté mohawk d'Akwesasne sera traitée à la section 4. Un bilan des gains en habitat du poisson sera finalement présenté dans la dernière section.

2 RÉPONSES AUX QUESTIONS – TRAVAUX DANS LE GRAND MARAIS

- Q. A. *Justifier et préciser l'emplacement du marais filtrant et sa superficie approximative. Il doit également démontrer que cet aménagement ne constituera pas une entrave à la libre circulation du poisson.*
- R. A. Comme mentionné dans la proposition de WSP (2021), le ruisseau du Grand Marais transporte des charges élevées en nutriments et en sédiments, ce qui contribue à accélérer le processus d'eutrophisation dans les canaux du Grand Marais. Le marais filtrant serait situé en aval du point de confluence du ruisseau du Grand Marais, avec un cours d'eau ne portant pas de nom (figure 1). D'après le concept préliminaire présenté à la carte 1 de WSP (2021), le marais filtrant se terminerait en amont du pont du sentier de motoneige. Cet emplacement permettra de filtrer l'eau en provenance des deux cours d'eau qui drainent l'ensemble du bassin versant du Grand



Marais. De façon préliminaire, la superficie occupée par l'aménagement du marais filtrant serait d'environ 600 m².

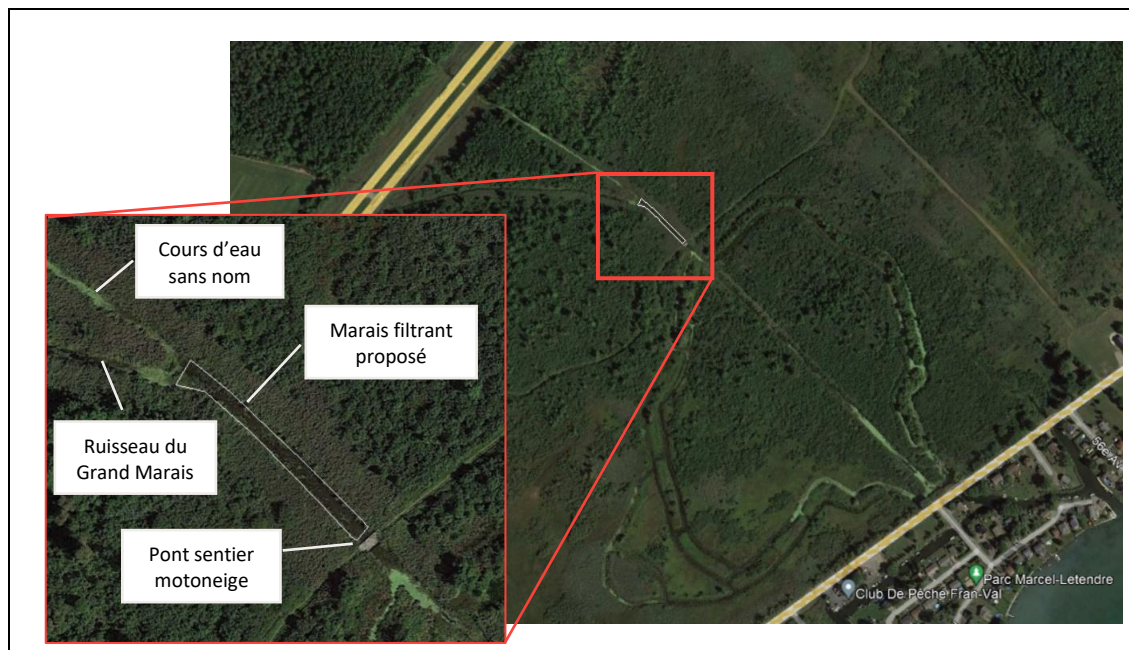


Figure 1 Emplacement du marais filtrant proposé

Dans la proposition de WSP (2021), il est mentionné qu'un marais filtrant surfacique à flux horizontal serait le type le plus approprié. Ce type de marais est généralement constitué d'un bassin d'eau libre peu profond où les eaux s'écoulent naturellement à travers les plantes émergentes et les plantes flottantes. Le marais artificiel ainsi créé vise à imiter un écosystème naturel dans lequel des conditions d'épuration optimales seraient présentes (p. ex. temps de rétention, espèces fixatrices). Un bassin de sédimentation pourrait également être aménagé avant le marais filtrant. Aucun obstacle à la migration des poissons n'est prévu. La libre circulation du poisson dans l'aménagement sera l'un des principaux critères de conception et la connectivité de l'habitat sera évaluée dans le cadre des suivis de performance du projet de compensation.

- Q. B. *Justifier en quoi l'excavation des canaux à l'intérieur du marais, est une intervention qui permettra un gain dans l'habitat du poisson et préciser la superficie approximative, la localisation et la description des interventions.*
- R. B. À plusieurs endroits, les canaux sont partiellement ou complètement obstrués par la végétation et les sédiments. Avant 2005, cette problématique était déjà présente et elle était la principale justification de l'aménagement proposé dans la fiche n° 406 de l'Atlas de restauration des rives du Saint-Laurent (PASL; Environnement Canada, 2016). Le manque de connectivité dans le Grand Marais limite l'accès des poissons à plusieurs secteurs du milieu, ce qui a pour effet de réduire la quantité d'habitat disponible. De plus, le manque de connectivité hydraulique contribue aussi à réduire la qualité de l'habitat, principalement au niveau des conditions physico-chimiques de l'eau. La quantité d'oxygène dissous, la température et le pH peuvent tous être négativement affectés par une diminution des apports d'eau.

L'analyse des photos aériennes montre qu'il existe plusieurs secteurs où la connectivité est limitée ou absente dans le Grand Marais (figure 2). La portion située au nord-ouest semble présenter un niveau de fermeture plus important. De plus, la connexion entre le ruisseau du Grand Marais et les canaux (extrême nord) apparaît particulièrement limitée, privant ainsi l'aménagement d'une bonne partie des apports en eaux en provenance du bassin versant. Il est également possible de constater que la largeur d'une grande proportion des canaux a beaucoup rétréci par rapport à ceux qui sont encore ouverts. Cette observation est pratiquement généralisée à l'ensemble du Grand Marais et constitue une perte d'habitat du poisson importante.

Dans la proposition contenue dans le PASL (Environnement Canada, 2016), l'excavation et le reprofilage des anciens canaux pour recréer des ouvertures et favoriser l'habitat du poisson devraient se faire sur une longueur linéaire de 6800 m par 9 m de largeur et par 1,5 m de profondeur. Cela équivaut à une superficie de 61 200 m². Cette estimation devra toutefois être réévaluée à l'aide de relevés bathymétriques ou d'arpentage à l'été 2022.

La figure 3 montre un exemple de coupe-type pour les interventions prévues dans les canaux existants. Bien que cette coupe puisse être modifiée selon les données récentes, les principaux critères de conception sont :

- excavation des canaux sur 8 à 10 m de largeur;
- profondeur d'excavation de 1,5 à 2 m;
- pente du talus de 3H :1V;
- déblais d'excavation disposés dans la bande riveraine afin de continuer les talus ou disposés à l'extérieur du marais dans un site autorisé (advenant une contamination par une EVEC);
- travaux réalisés en période de basses eaux ou en période hivernale;
- si requis, travaux de végétalisation des talus et des plateaux effectués en période estivale.

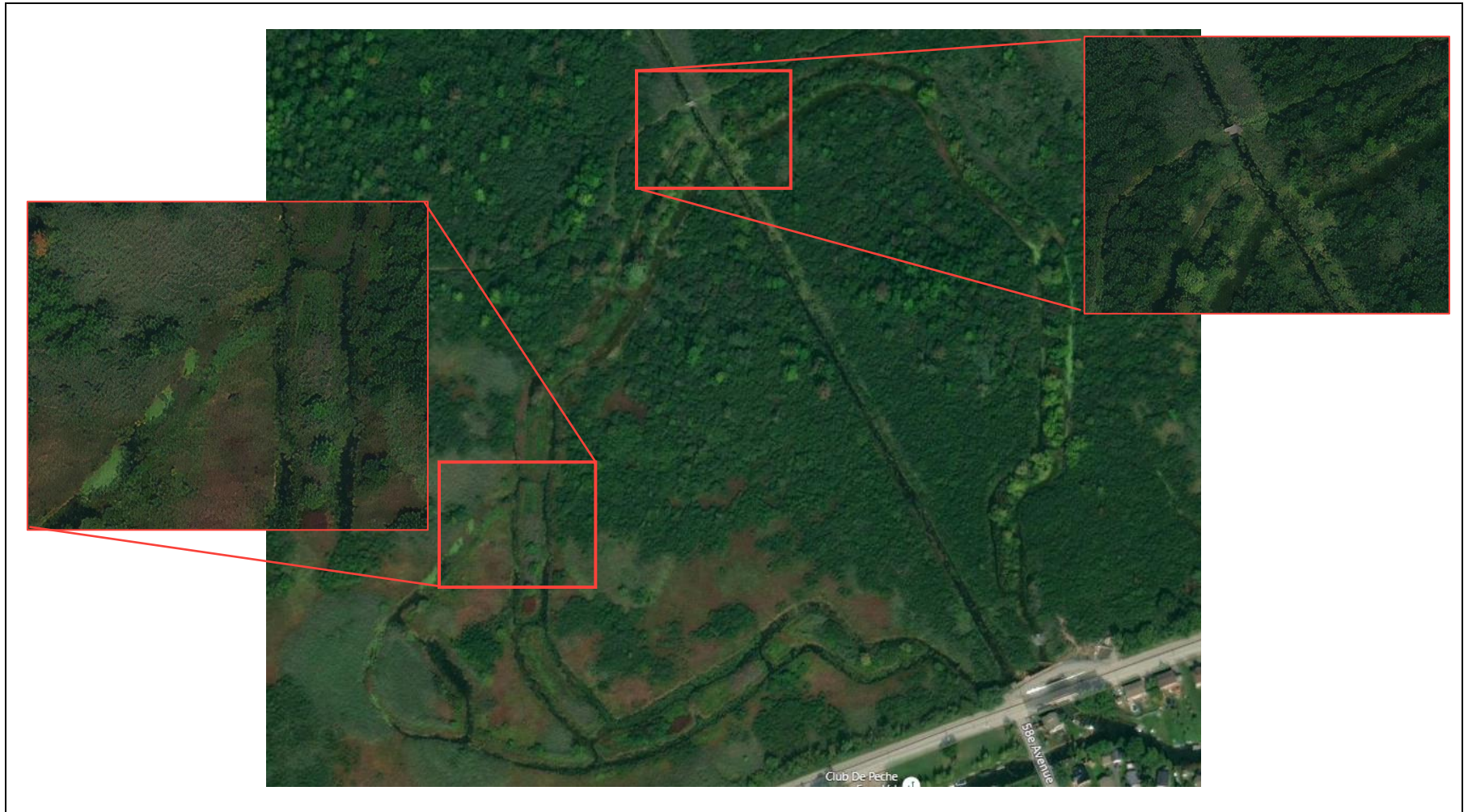


Figure 2 Localisation de certaines zones complètement ou partiellement obstruées par la végétation et/ou les sédiments

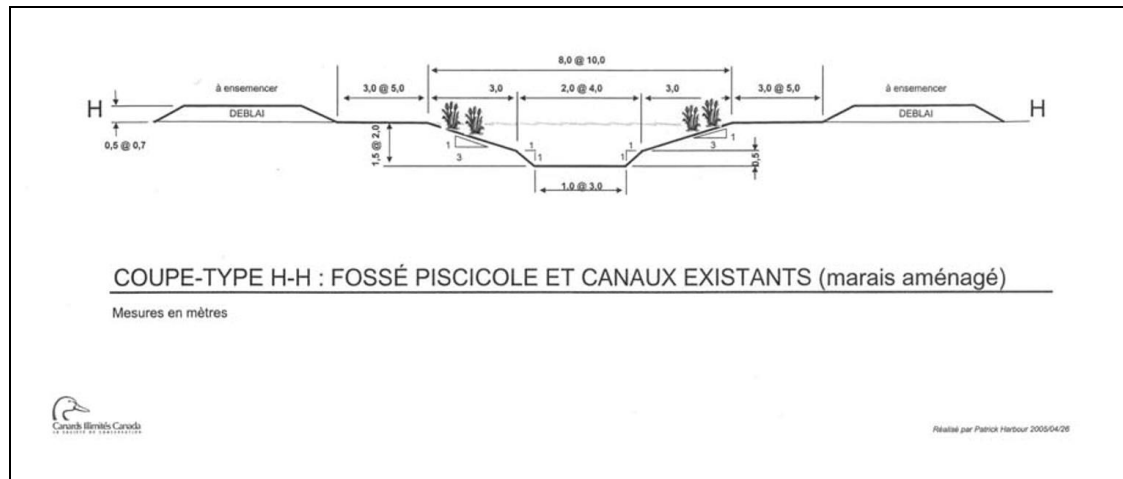


Figure 3 Exemple de coupe-type montrant les canaux après aménagement.

L'excavation des secteurs problématiques contribuera à augmenter la connectivité dans l'ensemble du marais, ce qui permettra de rendre cet habitat complètement accessible aux poissons. Les interventions visent aussi à assurer un apport en eau dans l'ensemble de l'aménagement pour améliorer de la qualité de l'eau. Enfin, l'excavation permettra d'avoir un gain direct en largeur d'habitat du poisson. Il est important de considérer l'ensemble des interventions proposées (marais filtrant, excavation, autres améliorations) pour évaluer l'impact du projet de compensation.

- Q. C. *Justifier la nécessité de créer des fosses pour le poisson et préciser les espèces visées par ces aménagements. Il faut démontrer que cette intervention constituera une valeur ajoutée dans l'habitat du poisson et fournir la description des interventions projetées, la superficie approximative et la localisation des fosses créées;*
- R. C. Cet aménagement permettra de diversifier les types d'habitat et de fournir des conditions de vie variées aux différentes espèces de poisson. Un plan d'eau naturel (lac ou cours d'eau) est généralement constitué d'habitats littoraux peu profonds et de zones plus profondes dans lesquels l'utilisation par les poissons diffère selon les espèces et les saisons. La création de fosses s'inscrit donc dans l'objectif de recréer des conditions naturelles à l'habitat de remplacement.

Les fosses ont comme principale fonction de créer des abris ou des refuges thermiques aux poissons. Les fosses peuvent notamment servir à la protection contre la prédation (fonction d'abris), tandis que les refuges procurent des conditions de vie optimales aux poissons (température et oxygène dissous). Un grand nombre d'espèces de poisson peuvent utiliser ce type d'habitat durant leur cycle de vie. Dans le cas du Grand Marais, l'aménagement de fosses vise toutes les espèces de poisson qui utilisent cet habitat. Sans s'y limiter, le grand brochet (*Esox lucius*), le doré jaune (*Sander vitreus*) et la perchaude (*Perca flavescens*) sont les principales espèces reconnues pour fréquenter ce milieu.

Des épisodes de mortalité hivernale et estivale ont déjà été observés de façon ponctuelle dans le Grand Marais, probablement en raison de la faible profondeur de l'eau. La création de fosses permettrait aux poissons de se réfugier lorsque la température de l'eau sera trop élevée ou advenant que le couvert de glace soit trop épais.

Les détails de conception des fosses de même que leur localisation ne sont pas encore connus. La figure 4 montre un exemple d'aménagement de fosse dans lequel une vue en plan et une coupe type standards sont présentées. La profondeur et les dimensions seront ajustées en fonction des caractéristiques du milieu lors de la conception détaillée.

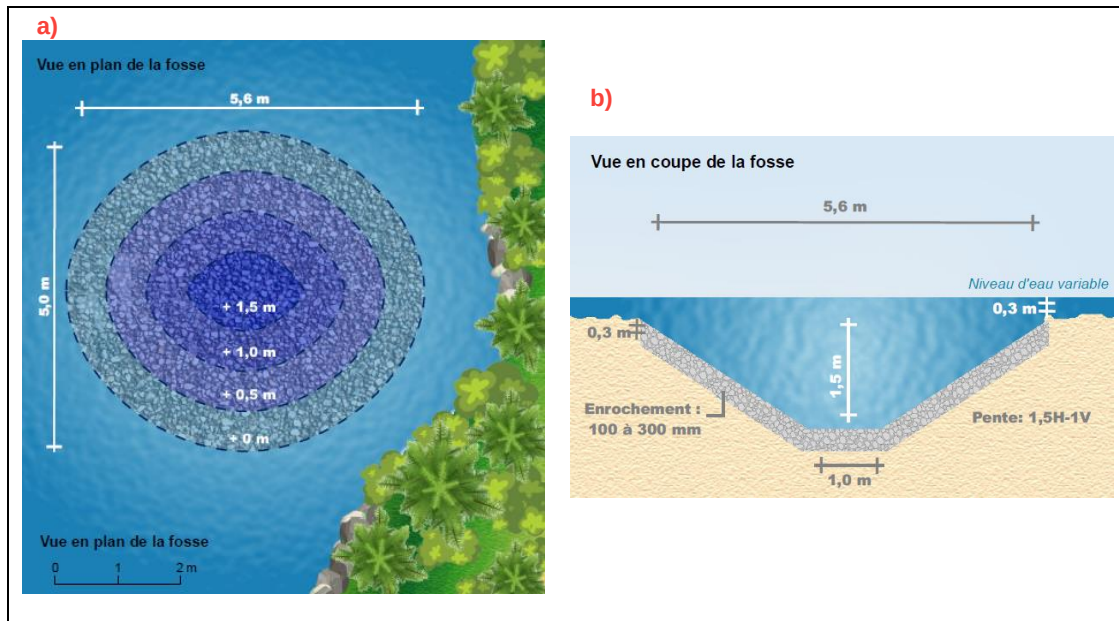


Figure 4 Exemple d'un aménagement de fosse : a) vue en plan; b) vue en coupe

Q. D. Préciser les espèces qui sont visées par le contrôle d'espèces exotiques envahissantes. Il faut démontrer que ces interventions auront des effets bénéfiques dans l'habitat du poisson et préciser la superficie et la localisation approximative de ces interventions;

R. D. À l'occasion d'une caractérisation réalisée par NAQ (2017), plusieurs espèces végétales exotiques envahissantes (EVEE) ont été observées dans différentes parties du milieu humide, soit le phragmite (*Phragmites australis*), le chèvrefeuille de Tartarie (*Lonicera tatarica*), le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica*), l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsus-ranae*) et iris faux-acore (*Iris pseudacorus*). Hormis le nerprun, ces espèces se trouvent sur les rives ou le littoral des canaux artificiels. Parmi ces espèces, le phragmite et l'hydrocharide grenouillette représente la plus grande menace pour les poissons principalement en raison de leur capacité à créer des colonies denses et étendues sous la ligne des hautes eaux.

L'une des principales problématiques du projet est la végétation trop dense qui limite la connectivité dans l'habitat. Une croissance excessive de la végétation est aussi responsable d'une diminution de la qualité de l'eau et du vieillissement accéléré des plans d'eau (eutrophisation). Il importe également de spécifier qu'une végétation composée d'espèces indigènes peut également représenter une menace pour les écosystèmes aquatiques, particulièrement lorsque les intrants de nutriments sont élevés.

Un contrôle de la croissance excessive des plantes en milieu aquatique peut avoir les effets bénéfiques suivants dans l'habitat du poisson :

- augmentation de la connectivité;
- amélioration ou maintien de la qualité de l'eau;
- ralentissement du vieillissement;
- amélioration ou maintien de l'intégrité écosystémique

Ainsi, l'une des principales interventions pour le contrôle de la végétation est la réduction des intrants en nutriments par la mise en place du marais filtrant. D'autres méthodes complémentaires pourront également être appliquées (p. ex. fauchage, bâchage, gestion des sols contaminés). Bien que nous connaissions l'emplacement de certaines colonies de plante, la localisation et l'ampleur des interventions en milieu aquatique demeurent à être précisées à la suite des relevés prévus à l'été 2022.

Q. E. Justifier en quoi les aménagements proposés à la section 2.3 de l'annexe A permettront d'apporter des gains dans l'habitat du poisson pour une superficie de 3,91 ha.

R. E. Le gain en habitat du poisson proposé dans WSP (2021) correspond à la superficie de l'ensemble des canaux (3,91 ha) évalué par NAQ en 2017. Cette superficie correspond à la situation qui prévalait en 2017 et non à la superficie projetée qu'aura le Grand Marais après les travaux proposés. Il est donc possible que la superficie après les travaux d'aménagement soit supérieure à 3,91 ha. Par exemple, la mise en place du marais filtrant avec une succession de bassins devrait fournir un gain supplémentaire en termes de superficie.

Sans s'y limiter, le projet de restauration du Grand Marais prévoit les interventions suivantes :

- aménagement d'un marais filtrant à l'embouchure des canaux;
- excavation des canaux obstrués (en longueur et en largeur);
- amélioration de l'habitat du poisson, comme la création de fosses ou autres aménagements pertinents;
- établissement d'une zone de conservation.

Nous jugeons que l'ensemble de ces interventions auront une influence positive sur la superficie complète d'habitat du poisson dans le Grand Marais, que ce soit au niveau de gain direct en termes de superficie, par l'amélioration des fonctions d'habitat ou dû à l'augmentation de la qualité de l'eau.

Il faut considérer que les travaux de dragage prévus occasionneront une perturbation occasionnelle de l'habitat du poisson et non une destruction complète du milieu aquatique en milieu terrestre. De plus, l'approfondissement des canaux, notamment au niveau des embouchures, permettra un meilleur échange avec le lac Saint-François, ce qui contribuera à empêcher la mortalité de poissons qui est présentement observée au printemps. Considérant la valeur écologique peu élevée à l'intérieur des canaux, le projet d'amélioration d'habitat tel que proposé devrait être en mesure de contrebalancer les impacts causés pour le projet de dragage selon un ratio plus élevé que 1 :1.

3 AVENUES DE COMPENSATION À EXPLORER

Par ailleurs, une recherche visant à trouver de nouvelles pistes de compensation a été réalisée afin de combler la balance des pertes d'habitats du poisson encourues par le programme décennal de dragage.

À cet effet, plusieurs organismes ont été contactés afin de trouver de nouvelles avenues de compensation, dont le Comité ZIP du Haut-Saint-Laurent (ZIP HSL) et le Conseil du bassin versant de la région de Vaudreuil-Soulanges (COBAVER-VS). Le tableau 1 présente les intervenants contactés dans le cadre des recherches d'avenue de compensation ainsi que leur réponse.

Tableau 1 Intervenants contactés dans le cadre des recherches de sites de compensation

INTERVENANT	PERSONNE-RESSOURCE	PROPOSITION
Ministère des Transports	Ève Goupil	Pas de proposition
Raison Region Conservation Authority (RRCA)	Brendan Jacobs	Différents projets de restauration et d'amélioration de l'habitat du poisson dans la portion ontarienne du lac Saint-François
Municipalité de Saint-Télesphore	Ève Levac-Noiseux	Pas de proposition
Municipalité de Rivière-Beaudette	-	Pas de retour
MRC Vaudreuil Soulanges	Élise Phoenix	Bonifier les marais qui sont présents au Grand Marais en créant de nouveaux couloirs d'habitats de poissons/frayères et contrôler les habitats de phragmites
Villes de Saint-Lazare et Hudson.	-	Pas de proposition Présentation d'un projet de compensation commun en cours de réalisation
Comité ZIP du Haut-Saint-Laurent	Erin O'Hare Guillaume Letournel	Projets de restauration et amélioration dans le lac Saint-François
Conseil du bassin versant de la région de Vaudreuil-Soulanges	Julie Cyr Maxime Minnebo	Correction d'obstacles infranchissables en cours d'eau

Les propositions soumises par le ZIP HSL et le COBAVER-VS sont présentées aux annexes A et B du présent document. Brièvement, ces projets sont :

- aménagement d'herbiers émergents dans le lac Saint-François (ZIP HSL) : 0,14 ha;
- renaturalisation des rives dans le lac Saint-François (ZIP HSL) : 0,84 ha;
- création d'abris à poisson dans le lac Saint-François (ZIP HSL) : 0,0135 ha (135 m²);
- aménagement d'un ponceau infranchissable sous réserve dans le ruisseau du Grand Marais (COBAVER-VS) : 0,25 ha;
- aménagement d'un obstacle infranchissable (station de pompage) dans le cours d'eau des Six Arpents (COBAVER-VS) : 0,52 ha;

Enfin, la *Politique sur l'application de mesures visant à compenser les effets néfastes sur le poisson et son habitat en vertu de la Loi sur les pêches* de Pêches et Océans Canada (MPO, 2019) et les *Lignes directrices pour la conservation des habitats fauniques* du MFFP (2015) ont été suivies pour évaluer la pertinence des propositions de compensation.

3.1 CRÉATION D'UNE PLAINE INONDABLE À PROXIMITÉ DU GRAND MARAIS

3.1.1 PROBLÉMATIQUE

Les rives du lac Saint-François ont été déboisées et cultivées dès la colonisation. Depuis quelques décennies, elles subissent une importante pression de développement urbain et domiciliaire. Le secteur de Saint-Zotique représente un secteur riverain urbanisé et très peu de rives naturelles ou végétalisées y sont présentes. Pour la majorité des terrains riverains habités, la configuration naturelle des milieux aquatiques et humides a été modifiée et certaines strates pouvant représenter des habitats importants pour la faune et la flore sont dorénavant absentes.

En parallèle, la mise en exploitation de la centrale de Beauharnois en 1932 a entraîné une hausse de 40 cm du niveau d'eau. Les fluctuations saisonnières du niveau d'eau ont été modifiées à partir de ce moment. Les fluctuations se sont progressivement atténuées pour se stabiliser depuis 1970. Actuellement, le niveau moyen annuel varie très peu (de 46,6 à 46,8 m), malgré les variations de volume qui y circulent. De mai à novembre, le lac demeure relativement stable et ne varie que d'environ 10 à 15 cm. Les niveaux les plus élevés se trouvent durant les mois d'hiver (janvier, février et mars).

À la suite de ces modifications, les habitats riverains du lac Saint-François, qui étaient à l'origine inondés au printemps (milieux humides et plaine inondable), ont ainsi fortement été réduits. Ces habitats sont pourtant essentiels à plusieurs espèces de poisson pour la reproduction et l'alevinage, telles que la perchaude, les ésoicidés et les achigans.

3.1.2 DESCRIPTION DU SITE

Le site visé par l'aménagement d'une plaine inondable est situé dans le Grand Marais à l'intérieur du lot 6 109 933 appartenant la Municipalité (figure 5).

La partie située en bordure de la rue Principale est constituée d'un marécage arbustif à aulne rugueux et phragmite. Ce type de milieu ne présente presque pas d'eau libre et l'aulne rugueux est l'espèce qui domine la strate arbustive. La strate herbacée est riche en espèces de graminées. La partie nord est composée d'un marécage arbustif à aulne rugueux qui occupe la plus grande superficie de la propriété. Il présente occasionnellement de l'eau libre en surface (NAQ, 2017).

3.1.3 PRÉSENTATION DU CONCEPT DE COMPENSATION PRÉLIMINAIRE

3.1.3.1 OBJECTIFS

- Convertir un habitat terrestre perturbé en habitat du poisson dans un secteur accessible à la population de Saint-Zotique et où la problématique associée à la dégradation des milieux riverains est présente.
- Réaliser ces aménagements à proximité des habitats qui seront impactés pour favoriser les espèces qui auraient pu être affectées par les pertes d'habitat.
- Réaliser des interventions stables et durables afin qu'elles puissent bénéficier à long terme à la communauté de poissons.
- Adopter une approche favorisant la biodiversité (inclusion de plusieurs espèces de poissons, d'oiseaux, de végétaux, de l'herpétofaune, etc.) pour que les interventions proposées puissent être bénéfiques à l'échelle de l'écosystème.

3.1.3.2 AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

Le projet propose d'aménager une plaine inondable (ou herbier émergent) adjacente aux canaux du Grand Marais sur plusieurs hectares. Le concept préliminaire est présenté à la figure 5. L'alimentation en eau se ferait par le canal situé entre la 57^e Avenue et la 56^e Avenue à partir du lac Saint-François. Un apport en eau supplémentaire pourrait aussi être créé via le ruisseau du Grand Marais.

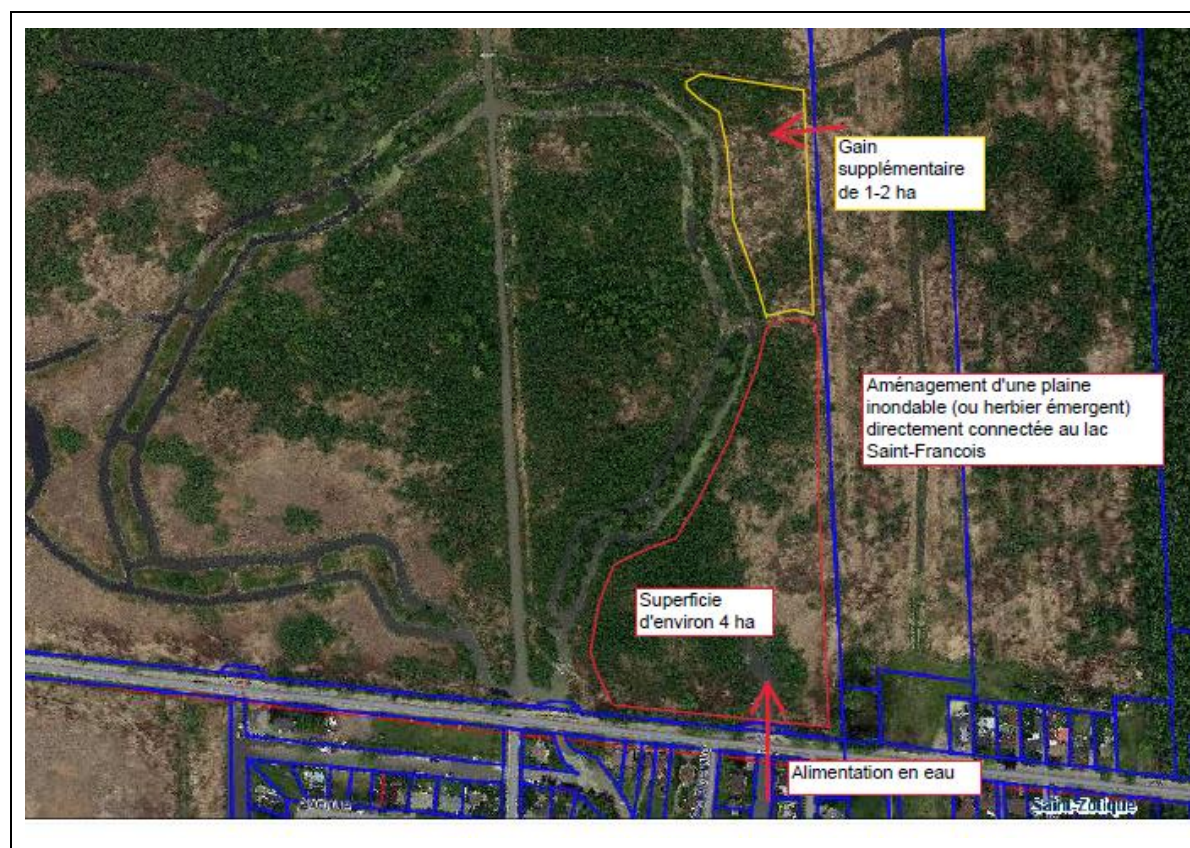


Figure 5 Schéma conceptuel pour la création d'une plaine inondable adjacente aux canaux du Grand Marais

Ce type d'habitat, qui a été largement réduit dans le secteur par le développement résidentiel et l'aménagement des rives, est particulièrement recherché par plusieurs espèces de poisson ayant besoin de la végétation aquatique pour se reproduire. Les critères utilisés pour la conception de l'aménagement seront déterminés à partir des exigences d'espèces de poisson susceptibles d'utiliser ce type d'aménagement pour leur reproduction.

Une analyse détaillée de la topographie et de l'hydraulique (niveau d'eau printanier du lac Saint-François et débit du ruisseau du Grand Marais) devra être effectuée pour poursuivre la conception de l'aménagement.

Il pourrait être nécessaire, notamment, d'aménager un ouvrage de rétention de l'eau (p. ex. seuils) pour s'assurer d'avoir un temps d'enneigement et une profondeur adéquate pour la reproduction des poissons. S'il y a lieu, ces ouvrages devront être franchissables par les poissons.

De façon préliminaire, voici quelques critères de conception importants :

- s'assurer d'avoir un temps d'enneigement et une profondeur adéquate pour la reproduction des espèces de poissons visées considérant que le niveau du lac Saint-François varie très peu;
- possibilité d'acheminer de l'eau provenant du ruisseau du Grand Marais, à condition que celle-ci soit de bonne qualité (faible en nutriment et en matières en suspension [MES]);
- l'eau devrait pouvoir se retirer en cours d'année afin d'éviter des problèmes de qualité d'eau sur un plan d'eau isolé et où l'apport d'eau serait limité;
- excavation de la partie du milieu humide envahi par le phragmite;
- contrôle des espèces végétales exotiques envahissantes (principalement le phragmite);
- possibilité de faire les travaux en plusieurs phases pour suivre les pertes;

3.1.3.3 GAIN EN HABITAT POISSON

Ce projet de compensation serait essentiellement de la création de nouveaux habitats, car ce serait du milieu terrestre qui serait reconverti en habitat aquatique. Ce nouveau milieu, pouvant à nouveau être inondé en période de crue, pourrait être recolonisé par des espèces de végétation aquatique (par plantation et colonisation naturelle).

Dépendamment, des analyses à venir et des besoins, le gain direct en habitat du poisson pourrait atteindre de 4 à 6 ha, selon le concept sélectionné.

4 CONSULTATION DE LA COMMUNAUTÉ MOHAWK D'AKWESASNE

Q. A. Consulter la communauté mohawk d'Akwesasne concernant l'identification des sites pour les travaux de compensation et transmettre au MELCC les préoccupations soulevées par la communauté et les actions prises pour y répondre, le cas échéant.

R. A. Tout d'abord, la municipalité de Saint-Zotique a communiqué et essayé d'échanger avec le Conseil des Mohawks d'Akwesasne (MCA) à quelques reprises depuis la fin mars 2021, puis à nouveau en ce début d'année. La municipalité est demeurée sans suivi.

La municipalité a tenté différentes alternatives afin d'obtenir une confirmation ou une approbation sur la proposition de projets de création ou d'amélioration de l'habitat du poisson sur le lac Saint-François (fleuve Saint-Laurent). La municipalité de Saint-Zotique a également demandé, ou à l'une de leur organisation environnementale, des suggestions de projets d'intervention positifs sur l'habitat du poisson dans le lac Saint-François.

Puis, un représentant de la Raisin Region Conservation Authority (RRCA) a été contacté, en Ontario, afin de connaître les projets concernant l'habitat du poisson sur lesquels ils ont travaillé ou participé, à proximité des frontières provinciales communes (notamment avec les mohawks). De plus, la municipalité leur a demandé s'ils avaient des propositions de projets à réaliser. Des discussions et des échanges de données ont été réalisés afin d'évaluer la possibilité de travailler conjointement sur un ou des projets opportuns. À la suite de l'analyse des documents reçus, la

municipalité n'est pas en mesure de conclure que l'un de leur projet pourrait correspondre aux exigences du MELCC. Si les travaux sont réalisés en sol ontarien, la municipalité s'interroge sur le potentiel d'acceptabilité des ministères du Québec sur la question.

5 BILAN DU PROGRAMME DE COMPENSATION PROPOSÉ

Il est difficile à cette étape d'évaluer précisément la superficie d'habitat du poisson qui sera améliorée par chacun des différents projets. Hormis le projet du Grand Marais, un volet de recherche et d'acquisition de connaissances est nécessaire afin de poursuivre le développement et la conception des aménagements. En plus du gain en superficie, les efforts consentis à la recherche et au développement devraient être considérés dans la valeur des projets. Le tableau 2 présente le bilan des projets proposés.

Tableau 2 Bilan des propositions de compensation

PROJETS PROPOSÉS	GAIN PROPOSÉ EN HABITAT DU POISSON (ha)
Restauration des canaux du Grand Marais	> 3,91
Aménagement d'herbiers émergents dans le lac Saint-François	0,14
Renaturalisation des rives dans le lac Saint-François	0,84
Création d'abris à poisson dans le lac Saint-François	0,0135
Aménagement d'un ponceau infranchissable sous réserve dans le ruisseau du Grand Marais	0,25
Aménagement d'un obstacle infranchissable (station de pompage) dans le cours d'eau des Six Arpents	0,52
Création d'une plaine inondable à proximité du Grand Marais	4 à 6
TOTAL	9,67 à 11,67

Cet éventail de projets devrait amplement être en mesure de compenser l'ensemble des pertes encourues pour les travaux de dragage, qui s'élèvent à 9,6 ha, si un ratio 1 : 1 est considéré. Rappelons que cette superficie de compensation est basée sur un dragage de l'ensemble des canaux. Dans le cadre du programme décennal, le dragage s'effectuera de façon graduelle selon les besoins ponctuels (sites problématiques pour la navigabilité des embarcations) sur une période de 10 ans. Les pertes surviendront sur une longue période de temps et n'atteindront pas nécessairement 9,6 ha. De plus, plusieurs sites, comme les embouchures, seront dragués de façon récurrente.

Pour cette raison, en fonction des dragages réalisés, le programme de compensation pourrait être composé d'un ou de plusieurs projets. Nous sommes également d'avis que le développement des projets de compensation devrait suivre la séquence des pertes. Les projets les plus complets, comme celui sur la restauration des canaux du Grand Marais, seraient développés et réalisés en premier. Les autres projets moins avancés seraient développés si nécessaires, en fonction des besoins futurs de dragage.

Il est aussi important de considérer que les travaux de dragage occasionneront une perturbation temporaire de l'habitat aquatique et ne constituent pas une perte permanente. Un ratio plus élevé que 1 :1 devrait donc être utilisé pour les projets où de la création d'habitat sera effectuée, d'autant plus que la valeur écologique des canaux n'est pas jugée élevée.

RÉFÉRENCES

ENVIRONNEMENT CANADA, PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT 2011-2026. 2016. Atlas de restauration des rives du Saint-Laurent. Données diffusées sur le portail de l'Observatoire global du Saint-Laurent – OGSL. [<https://ogsl.ca>]. Consulté le [AAAA-MM-JJ]

MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2015. *Lignes directrices pour la conservation des habitats fauniques (4e édition)*. Direction générale de la valorisation du patrimoine naturel. 41 p.

NATURE-ACTION QUÉBEC (NAQ), 2017. Rapport de caractérisation de la propriété Letendre : Grand marais de Saint-Zotique, Québec. Rapport scientifique réalisé pour Environnement Canada et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Nature-Action Québec, Beloeil, Québec. 15 p.

PÊCHES ET OCÉANS CANADA (MPO). 2019. *Politique sur l'application de mesures visant à compenser les effets néfastes sur le poisson et son habitat en vertu de la Loi sur les pêches*. Programme de protection du poisson et de son habitat. Ottawa. 20 p.

WSP. 2021. Dragage des canaux de Saint-Zotique, *Programme de compensation au Grand-Marais de Saint-Zotique*. Rapport produit pour la municipalité de Saint-Zotique. Réf. WSP : 211-05356-00. 11 pages.

PRÉPARÉ PAR



Tommy Larouche
Biologiste M. Sc.

RÉVISÉ PAR



Jean Lavoie
Géomorphologue M. A.

ANNEXE

A

**AVENUES DE COMPENSATION
PROPOSÉES PAR LA ZIP- HAUT
SAINT-LAURENT**



Projet de compensation d'habitat poisson

Présenté à

La municipalité de Saint-Zotique

Par le

Comité ZIP du Haut Saint-Laurent

Édifice Raphaël-Barrette

222, rue Alphonse-Desjardins, suite 202

Salaberry-de-Valleyfield (Québec) J6S 2N9

Tél. : 450 371-2492

Téléc. : 450 371-7599

Courriel : projets2@ziphs1.org

Site Web : www.ziphs1.org



1. Aménagement d'herbiers émergents

a. Problématique

Le contrôle des niveaux d'eau et l'artificialisation des rives du lac Saint-François entraîne un manque d'habitat nécessaire à l'implantation d'herbiers émergents comme les *Cyperaceae* ou les Quenouilles (*Typha latifolia*). Cette problématique a été constatée sur le terrain par l'équipe du Comité ZIP du Haut Saint-Laurent qui a caractérisé les habitats aquatiques du lac à l'été 2021. Le constat est en effet que les herbiers émergents sont très rares dû à la forte privatisation et urbanisation des rives. Ceci impacte directement les espèces de poisson comme les Esocidés et les Percidés qui ont besoin d'herbiers émergents pour se reproduire et/ou se nourrir.

b. Description du site

Plusieurs sites peuvent être favorables pour l'implantation d'herbiers émergents le long des berges du lac. Il est nécessaire d'avoir une baie calme ou bien la présence de structures (enrochements) pour que les herbiers se fixent de façon durable. Saint-Zotique comprend quelques zones qui peuvent répondre à ces spécificités. Voir carte en annexe.

c. Mise en place du projet

i. Objectifs

Pour que l'herbier puisse être utilisé par la faune aquatique, mais aussi pour qu'il s'établisse de façon durable, sa superficie doit atteindre 20 m² minimum. Il est possible de créer plusieurs patchs d'herbiers qui seront complémentaires et offriront une connectivité. Ainsi il est difficile d'estimer une superficie exacte sans une étude plus précise des possibilités. Une rapide analyse indique que 14 sites potentiels pourraient être utilisés ce qui donnerait une superficie de 280 m². Ce chiffre pourrait être augmenté à 1 400 m² (0.14 ha) si la surface de l'herbier est augmentée à 100 m², ce qui pourrait sembler réaliste. Néanmoins, chaque site aura certainement des superficies différentes.

ii. Aménagements

Il est difficile d'y répondre avec précision puisque l'équipe du ZIP HSL n'est pas composée d'ingénieurs et n'a jamais réalisé des plantations d'herbiers aquatiques. Mais l'idée pourrait être d'utiliser des plants de *Cyperaceae* (issus d'une pépinière) et de les planter dans le substrat manuellement. Si nécessaire, pour protéger l'herbier, un enrochement léger peut être disposé en avant de l'herbier pour casser les vagues et créer une zone de calme en arrière. Là encore la validation par un ingénieur est nécessaire.

iii. Gain en habitat poisson

Les herbiers seront utilisés pour la reproduction, l'alimentation et le repos de certaines espèces de poissons comme les Esocidés. En disposant des herbiers à différents endroits, une connectivité peut aussi être créée parallèlement aux rives. Enfin, ils peuvent aussi servir de protection des rives en diminuant l'impact des vagues sur les berges et participent à stabiliser les sédiments.

2. Renaturalisation des rives

a. Problématique

Les berges du lac Saint-François sont grandement artificialisées et sont peu fonctionnelles. Ce constat découle de la réalisation d'un IQBR réalisé à l'été 2021 par l'équipe du ZIP du Haut Saint-Laurent. De plus, les événements climatiques engendrent de l'érosion elle-même néfaste pour la qualité des habitats aquatiques. Par exemple, certaines espèces de poissons ont besoin d'ombre, pour se reposer, de chevelus racinaires pour se nourrir ou se reproduire. Or ces fonctions ne sont pas toujours réalisées dans le cas de rives artificielles.

b. Description du site

Les rives de Saint-Zotique sont privées et souvent aménagées par les riverains hormis certaines zones appartenant à la municipalité. Ces dernières sont également artificielles le long du lac Saint-François. Selon notre évaluation préliminaire, il y a 8 sites ayant un potentiel.

c. Mise en place du projet

i. Objectifs

Les berges de la municipalité pourraient être les zones de renaturalisation en utilisant des procédés de génie végétal afin de créer un écotone fonctionnel, c'est-à-dire de relier l'eau à la terre et donc de fournir un habitat utile aux espèces de poissons vivants à faible profondeur ou pour les alevins. Les terrains municipaux en rive correspondent à une longueur de berge de 1 679 m. En prenant en compte la zone aquatique de l'écotone de 5 mètres créée par l'aménagement, la superficie compensée pourrait atteindre 8 395 m² (8 ha).

ii. Aménagements

Dans un premier temps, les berges sont reprofilées afin d'offrir une pente douce à la façon d'une plage. Ensuite, plus en hauteur, les rives sont stabilisées par des procédés de génie végétal pour éviter l'érosion et assurer la pérennité de la pente douce. Enfin, des îlots flottants pourraient être ajoutés lorsque la profondeur dépasse 50 cm pour offrir un habitat aux poissons et casser les vagues avant qu'elles ne touchent la rive. Ces îlots correspondent à des plateformes servant de support à des plantes semi-aquatiques (racines dans l'eau) afin de créer une sorte de marais flottant.

iii. Gain en habitat poisson

La qualité de l'eau sera améliorée par la filtration de l'eau de ruissellement et la rétention des sédiments grâce au procédé de génie végétal. De plus, un gradient de pente douce offre des sites de reproduction pour des espèces qui se reproduisent dans le substrat sableux comme le fouille roche gris. Enfin, les petits poissons ou bien les juvéniles d'espèces plus grosses qui vivent en rive auraient un habitat fonctionnel où ils pourraient se cacher sous les îlots flottants, mais aussi y manger et au besoin se reproduire dans les racines des végétaux de l'îlot flottant.

3. Abris à poissons

a. Problématique

Certaines espèces de pêches sportives du lac Saint-François ont des populations qui fluctuent énormément depuis 1996 comme celle du doré jaune, de la perchaude et du grand brochet. Les causes de ces variations sont, au moins en partie, attribuables à la baisse généralisée des apports en nutriments et la diminution de la turbidité sans doute liée à l'arrivée de la moule zébrée. Cette dernière filtre l'eau et augmente sa transparence, ce qui aurait un impact négatif pour le doré jaune et limiterait son habitat. Pour les deux autres espèces, les caches se font parfois rares pour chasser à l'affût ou bien pour se reposer ce qui peut réduire leurs habitats respectifs. En effet, l'augmentation de la lumière est favorable aux herbiers qui sont parfois trop denses pour que le grand brochet et la perchaude puissent y vivre.

b. Description du site

Les sites sont identifiés grâce au travail d'acquisition de données de l'équipe du ZIP HSL à l'été 2021 qui comprend, la bathymétrie, la dureté du substrat au fond et le biovolume (hauteur de la végétation aquatique divisée par la hauteur d'eau). Les sites ciblés sont les zones sans herbiers aquatiques à substrat sablonneux de profondeur moyenne (2-6 mètres) pour diversifier le milieu et les zones profondes (10-12m) exposées au courant pour créer des zones de repos.

c. Mise en place du projet

i. Objectifs

Dépendamment du type d'aménagements (enrochement, métal...) la surface de l'abri sera différente. De plus, l'impact sur l'habitat protégé derrière l'abri est difficilement quantifiable. Mais il semble réaliste de dire que 15 m² pourront servir d'abris pour chaque emplacement. Ainsi, avec 9 sites potentiels, on atteindrait une superficie compensée de 135 m² qui pourraient s'avérer beaucoup plus importante si l'abri permet de créer un habitat favorable en aval.

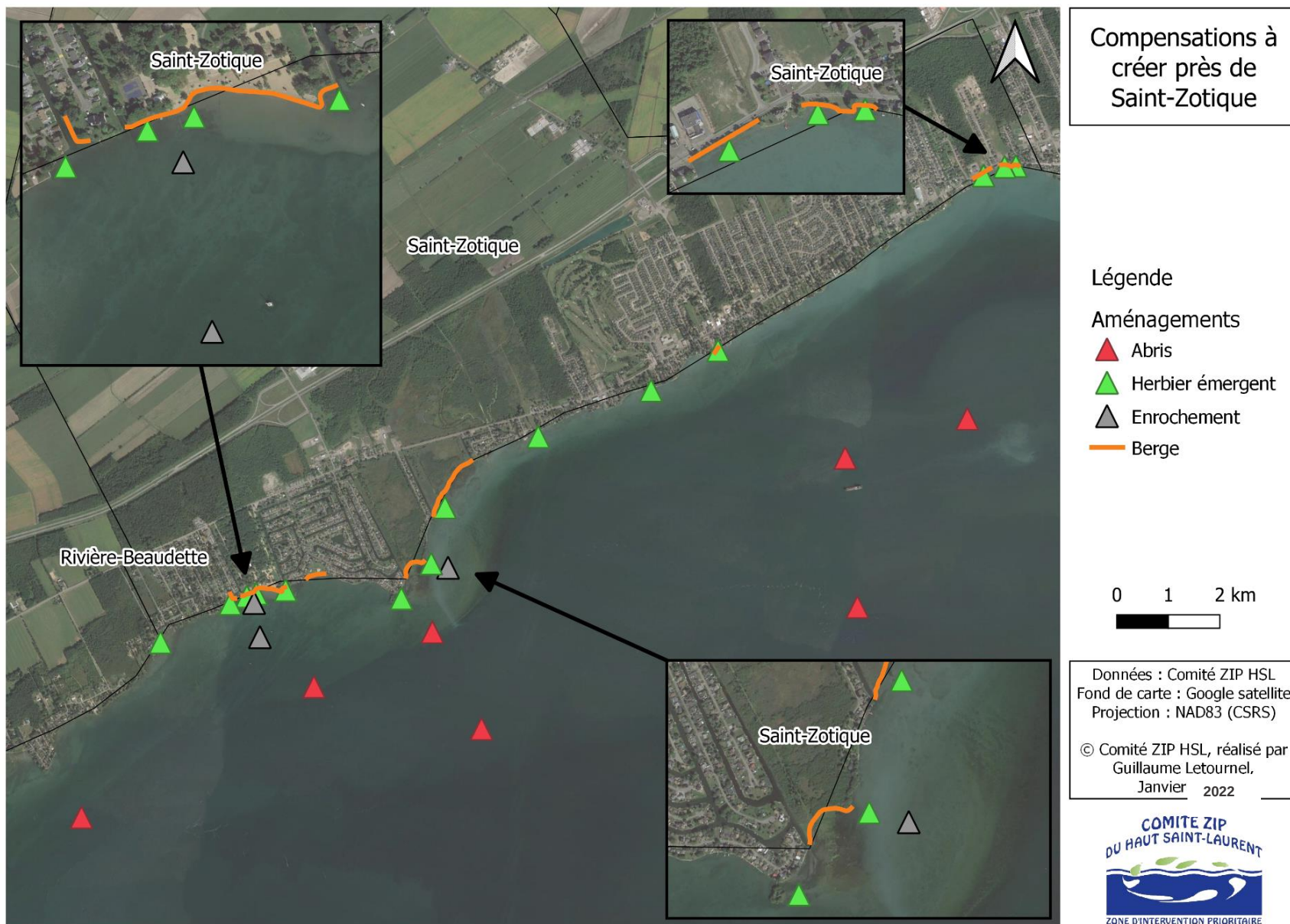
ii. Aménagements

Des enrochements sont proposés dans les zones où il existe peu d'herbiers à faible profondeur pour diversifier les milieux sablonneux. Plus en profondeur, des abris pourraient être installés et seraient notamment utilisés par le doré lorsque ces abris dépassent 12 mètres de fond. Le ZIP HSL a déjà réalisé ce genre d'aménagement et peut donc se baser sur son expérience. La composition des abris peut être des épaves comme c'est déjà le cas au lac Saint-François ou des structures construites l'occasion.

iii. Gain en habitat poisson

Les perchaudes et les brochets auront un nouvel habitat pour se cacher et chasser près des enrochements et pourront éventuellement gagner les abris en profondeur pour se tenir au frais pendant les chaudes journées d'été sans avoir à lutter contre le courant. Les dorés quant à eux pourraient éventuellement se reproduire sur les enrochements et également se reposer et chasser depuis les abris plus profonds sans que la lumière ne les dérange.

4. Annexes



ANNEXE

B

**AVENUES DE COMPENSATION
PROPOSÉES PAR LE CONSEIL DU
BASSIN VERSANT DE LA RÉGION
DE VAUDREUIL-SOULANGES**

1 AMÉNAGEMENT D'UN PONCEAU

1.1 PROBLÉMATIQUE

Sur les bassins versants Dix-Huits Arpents et du Grand Marais, environ 60 ponceaux, dont certains effondrés, ont été répertoriés. Les ponceaux doivent permettre l'écoulement libre des eaux, des glaces et des débris, ainsi que le maintien de la stabilité du cours d'eau et la libre circulation des poissons (MAPAQ, 2005). L'un d'entre eux, le M1801, est susceptible d'impacter le libre écoulement des eaux et la libre circulation de la faune piscicole.

La présence d'ouvrage dysfonctionnel peut entraîner les problématiques suivantes :

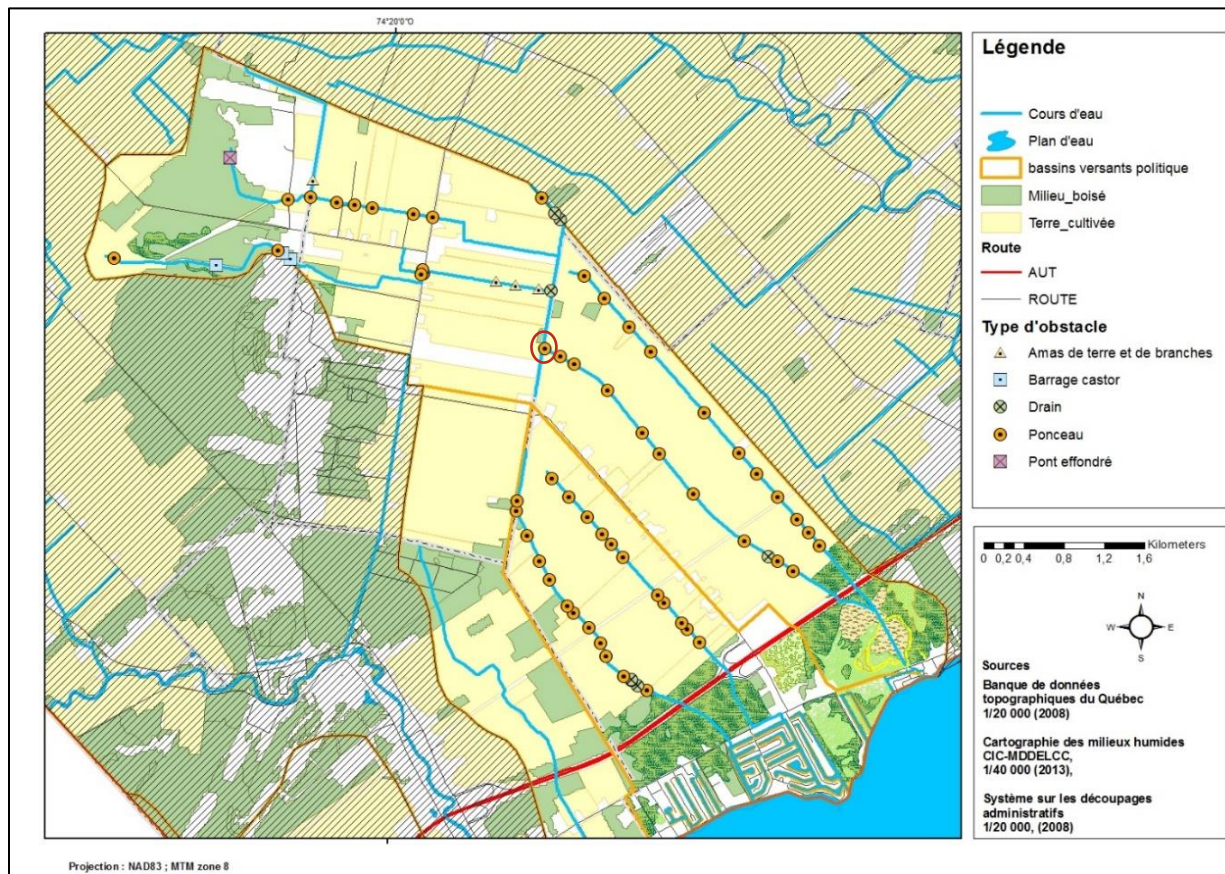
- Obstacle au déplacement de la faune et au transport sédimentaire (partiel ou total).
- Sapements des berges.
- Embâcles récurrents demandant un entretien journalier.
- Fosse de dissipation érosive.
- Homogénéisation des faciès et habitats en amont de l'obstacle appauvrissant la biodiversité.
- Dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau et risques d'accumulation de polluants dans les sédiments à long terme.
- Un réchauffement et une désoxygénation de l'eau dus aux écoulements ralentis

1.2 DESCRIPTION DU SITE

Le cours d'eau du Grand Marais représente 22,9 km. Son bassin versant est situé sur la plateforme des basses terres du Saint-Laurent où les couches sédimentaires sont composées de grès et de dolomie. Les aménagements de recalibrage, de rectification et d'aménagements du cours d'eau du Grand Marais ont modifié son fonctionnement au détriment de sa dynamique naturelle. La mauvaise installation d'un ponceau entraîne une rupture importante de la libre circulation de la faune piscicole. C'est le cas pour le ponceau M1081, situé sur le cours d'eau du Grand Marais, qui est considéré comme infranchissable, sous réserve (carte 2). Le ponceau est situé dans un contexte agricole, en amont comme en aval, à l'indice de qualité de la bande riveraine (IQBR) faible (COBAVER-VS, 2016). Il se trouve à 3876 m en amont de l'autoroute 20 et à 4220 m en amont des canaux de Saint-Zotique. La structure du ponceau est maintenue par un amas de pneus en caoutchouc, probablement pour stabiliser l'ouvrage. Une fosse de dissipation érosive pouvant déchausser l'ouvrage est en train de se créer (photos 1 et 2).

La présence des pneus visibles en berge sur les photos indique un problème de stabilisation, probablement dû à une érosion régressive. Un creusement est déjà en train de se former autour des pneus et l'installation de ces derniers ne réglera pas la problématique. La buse devrait être enfoncée *a minima* 10 % de son diamètre afin de favoriser la reprise du lit naturel, ce qui n'est pas le cas ici. Il doit y avoir un minimum de 20 cm d'eau dans la buse en période d'étiage, en tout temps. La hauteur d'eau lors de la photo prise au mois d'août, soit en période d'étiage, est d'environ 5 cm, ce qui est donc insuffisant pour le franchissement piscicole (MAPAQ, 2005).

Carte 1. Localisation du ponceau M101 (en rouge)



Photos 1 et 2 Vue sur la section aval du ponceau

1.3 PROPOSITION DE PROJET DE COMPENSATION

1.3.1 OBJECTIFS

La restauration ou l'effacement d'un ouvrage de franchissement désuet est susceptible d'entraîner les améliorations suivantes :

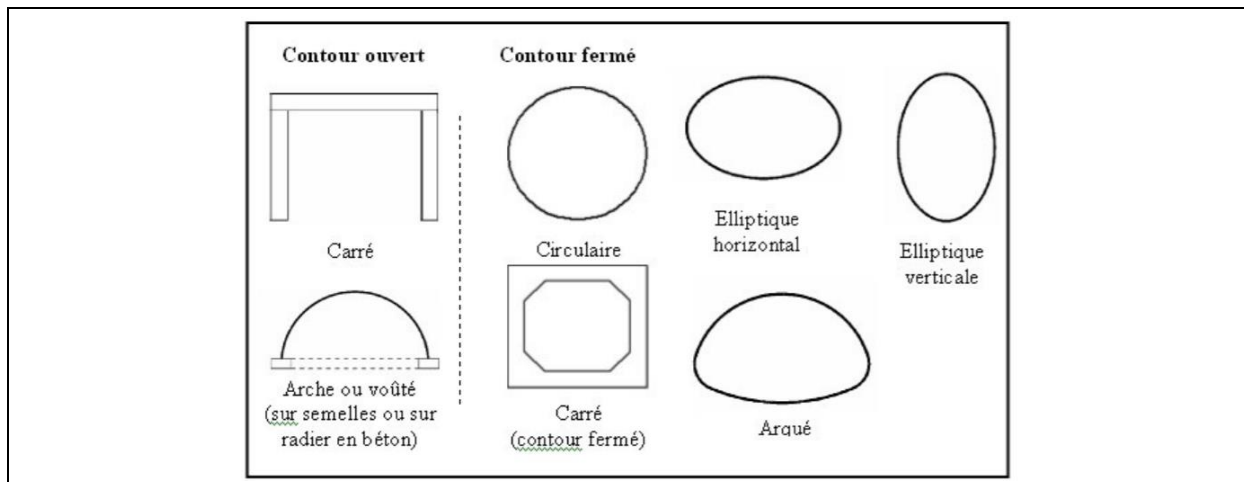
- Rétablissement de la continuité écologique piscicole et sédimentaire.
- Amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau.
- Amélioration de la dynamique naturelle du cours d'eau (hydraulique et hydromorphologique).
- Amélioration des faciès et des habitats du poisson.

1.3.2 AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

L'installation adéquate du ponceau permet de minimiser les coûts futurs en assurant la solidité, la durabilité et la stabilité de l'ouvrage. Une bonne installation du ponceau permet de réduire les impacts environnementaux (Martel, 2004). Pour ce faire, le professionnel se doit de :

- respecter les normes pour les dimensions des excavations;
- laisser dépasser le ponceau de la base du remblai;
- conserver l'orientation du cours d'eau pour le ponceau afin de se prévenir de l'érosion;
- enfouir le ponceau à 10 % de son diamètre pour favoriser la reprise du lit naturel (ceci a pour avantage de réduire le débit dans le ponceau et d'augmenter la stabilité de l'ouvrage);
- éviter de créer une chute ou une rupture de pente en respectant l'inclinaison du lit naturel. Dans les cas où la pente est importante, on peut prévoir des mesures de mitigation favorables aux poissons;
- s'assurer que la profondeur d'eau minimale est de 20 cm ou égale à celle retrouvée en aval pour permettre la circulation des poissons;
- garantir que le lit du cours d'eau ne soit pas diminué de plus de 20 %, ce qui pourrait favoriser l'érosion de la structure et des berges;
- utiliser des matériaux avec une granulométrie suffisante pour éviter le dégagement de particules fines (MAPAQ, 2005).

EXEMPLE DE DIFFÉRENTS TYPES DE FRANCHISSEMENT



(Vallois, 2008)

1.3.3 GAIN EN HABITAT DU POISSON

La mise en conformité du ponceau permettra de rétablir une connexion, entre le premier ponceau amont et le premier ponceau aval, d'un linéaire de 2051m. Le cours d'eau étant d'une largeur moyenne de 1,2 mètre, le gain pour l'habitat du poisson d'environ 0,25 hectare.

Le transport sédimentaire peut également être rétabli, améliorant ainsi la qualité des habitats connexes. Par ailleurs, une amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau, de la dynamique naturelle du cours d'eau et du faciès de l'habitat est attendue.

Tableau 1 Gain en habitat du poisson proposé

Nom du site	Type d'aménagements	Superficie d'influence	Remarques
Ponceau M1801	Restauration du franchissement de l'ouvrage	2 051 mètres linéaires 0,25 hectare	Aménagement impactant l'ensemble de la faune piscicole du cours d'eau

RÉFÉRENCES

- COBAVER-VS (2016) Caractérisation des bassins versants des cours d'eau Dix-Huit Arpents et Grand Marais
- MAPAQ. (2005). *Aménagement des ponceaux*.
https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Amenagement_des_ponceaux.pdf
- MARTEL, M.-J. (2004). Les traverses de cours d'eau, Progrès forestier, vol. Printemps, no, p. 20-26
- VALLOIS, I. (2008). Aménagement et entretien des ponceaux municipaux. 172p

2 AMÉNAGEMENT D'UN BRAS DE CONTOURNEMENT

2.1 PROBLÉMATIQUE

Sur les bassins versants Dix-Huit Arpents (incluant le cours d'eau des Six Arpents) et du Grand Marais, environ 80 obstacles ont été répertoriés. Les obstacles doivent permettre l'écoulement libre des eaux, des glaces et des débris, ainsi que le maintien de la stabilité du cours d'eau et la libre circulation des poissons (MAPAQ, 2005).

La présence d'un ouvrage scindant le cours d'eau peut entraîner les problématiques suivantes :

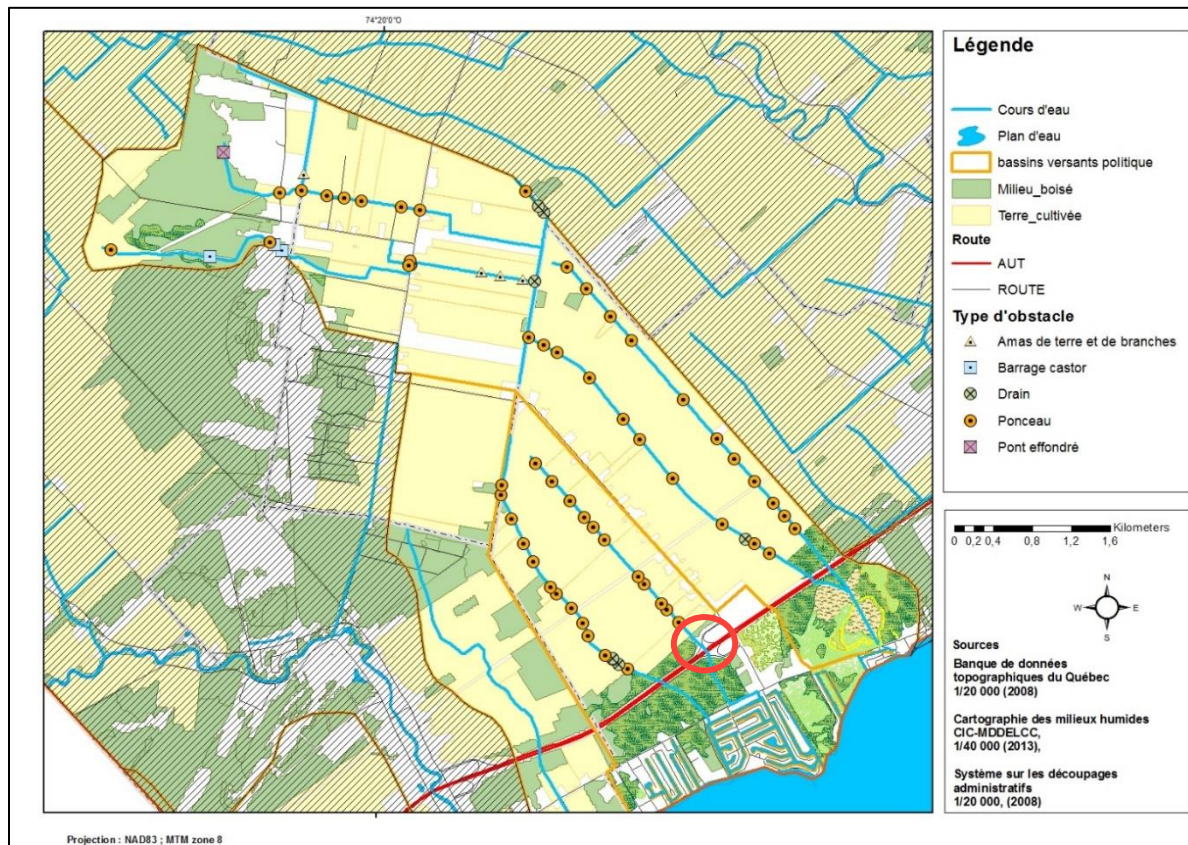
- obstacle au déplacement de la faune et au transport sédimentaire (partiel ou total);
- embâcles récurrents demandant un entretien régulier;
- homogénéisation des faciès et habitats en amont de l'obstacle appauvrissant la biodiversité;
- dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau et risques d'accumulation de polluants dans les sédiments à long terme;
- un réchauffement et une désoxygénation de l'eau dus aux écoulements ralentis, voire à la stagnation;

2.2 DESCRIPTION DU SITE

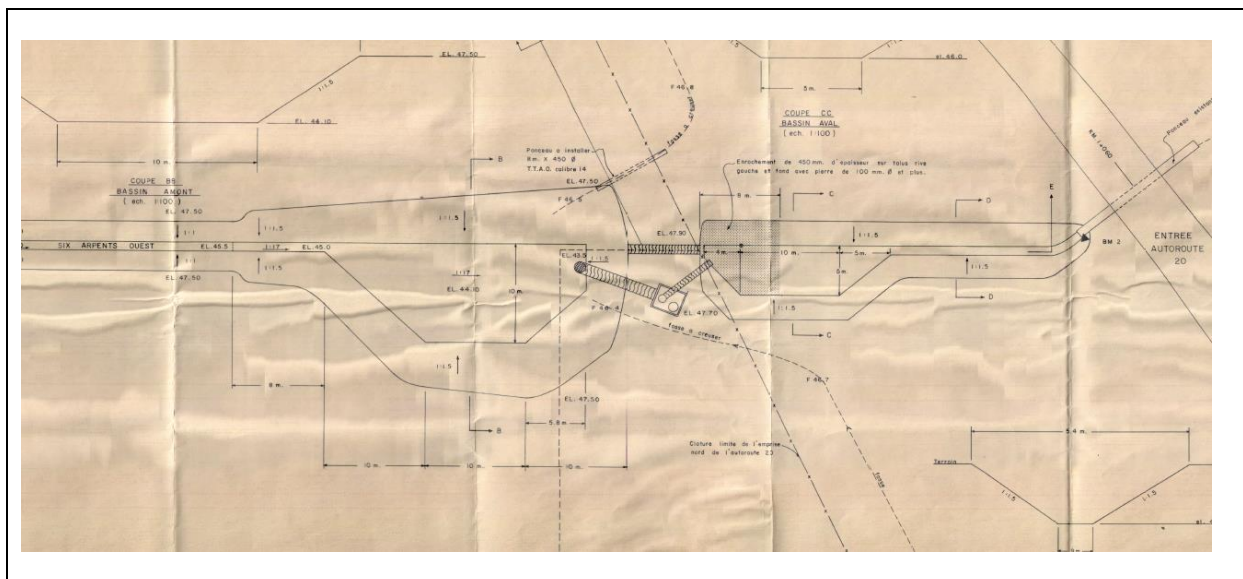
Le cours d'eau des Six Arpents représente 7,3 km². Son bassin versant est situé sur la plateforme des basses-terres du Saint-Laurent, où les couches sédimentaires sont composées de grès et de dolomie. Les aménagements de recalibrage, rectification et d'aménagements du cours d'eau des Six Arpents ont modifié son fonctionnement au détriment de sa dynamique naturelle. La présence d'un ouvrage peut entraîner une rupture importante de la libre circulation de la faune piscicole.

C'est le cas pour la station de pompage située en amont de la bretelle d'insertion de l'autoroute 20. Il s'agit du seul obstacle infranchissable du cours d'eau des Six Arpents (COBAVER-VS, 2016). La station de pompage est utilisée pour éviter l'inondation des champs agricoles en amont. La station pompe l'eau de sa réserve en cas de trop-plein hydraulique. Elle ne fonctionne pas en continu (communication Municipalité de Saint-Zotique, 2022). Le cours d'eau se situe en contexte forestier dans sa partie amont à la station, puis s'écoule sous l'autoroute 20 en aval avant de rejoindre un nouveau secteur forestier et les canaux de Saint-Zotique. L'ouvrage déconnecte deux cours d'eau : la partie amont fait 2 620 m et la partie aval, 854 m. Ce linéaire ne tient pas compte des canaux de Saint-Zotique. Au niveau de l'ouvrage, le Six Arpents disparaît dans la station de pompage sur une quinzaine de mètres. Sur la partie ouest, un fossé est présent et contourne en partie la station de pompage (voir les figures ici-bas).

Carte 2. Localisation de la station de pompage (en rouge)



Plan 1. Plan d'ensemble de la station de pompage (communication Municipalité St-Zotique)



Photographies (COBAVER-VS, 2022)



Photo 1 Vue sur la buse d'entrée de la station de pompage (à gauche) et sur l'entrée du fossé préexistant (à droite) depuis le bassin de rétention amont



Photo 2 Vue sur l'entrée de la station de pompage



Photo 3 Vue sur le bassin en aval de la station de pompage



Photos 4 et 5 Vue amont et aval du fossé périphérique à la station de pompage

2.3 PROPOSITION DE PROJET DE COMPENSATION

2.3.1 OBJECTIFS

La station de pompage est un frein majeur à la continuité piscicole sur le ruisseau de Six Arpents. L'installation d'un bras de contournement permettrait :

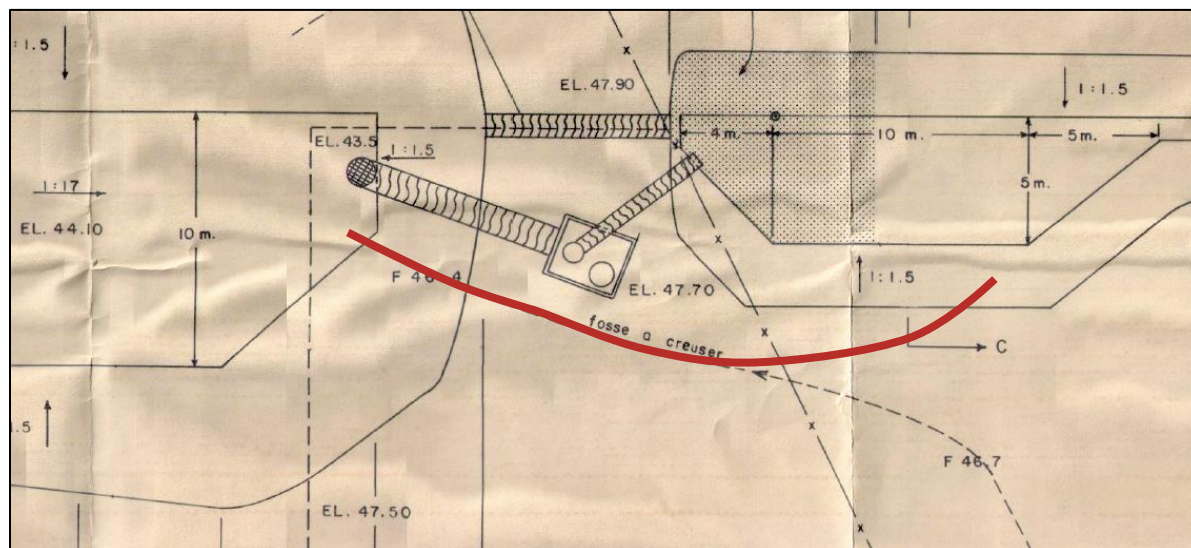
- le rétablissement de la continuité écologique piscicole et sédimentaire;
- l'amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau;
- l'amélioration de la dynamique naturelle du cours d'eau (hydraulique et hydromorphologique);
- l'amélioration des faciès et des habitats du poisson.

2.3.2 AMÉNAGEMENTS PROPOSÉS

La station de pompage est présentement infranchissable pour la faune piscicole. L'intégralité du cours d'eau des Six Arpents transite par cette station.

L'aménagement proposé est le surcreusement du fossé préexistant puis la déviation d'une partie du fossé pour rejoindre le bassin aval (en rouge sur le plan 2). Le fossé remplirait alors le rôle de bras de contournement en connectant les bassins amont et aval. Une étude de la bathymétrie du cours d'eau permettrait de caler le fond du bras de contournement, de manière à ce que la station de pompage puisse continuer à remplir son rôle.

Plan 2 Zoom sur la station de pompage, les bassins amont et aval et le fossé à creuser.



2.3.3 GAIN EN HABITAT DU POISSON

La mise en place d'un bras de contournement permettrait de rétablir la totalité de la continuité piscicole. Par ailleurs, un écoulement en eau continu, via le bras de contournement, serait susceptible d'impacter positivement la qualité physico-chimique du cours d'eau. Le cours d'eau étant d'une largeur moyenne de 1,5 mètre, le gain pour l'habitat du poisson est d'environ 0,52 hectare.

Le transport sédimentaire peut également être rétabli, améliorant ainsi la qualité des habitats connexes. Par ailleurs, une amélioration de la qualité physico-chimique de l'eau, de la dynamique naturelle du cours d'eau et du faciès de l'habitat est attendue.

Tableau 2 **Gain en habitat du poisson proposé**

Nom du site	Type d'aménagements	Superficie d'influence	Remarques
Station de pompage Six Arpents	Création d'un bras de contournement	5 180 mètres linéaires 0,52 hectare	Aménagement impactant l'ensemble de la faune piscicole du cours d'eau

RÉFÉRENCES

- COBAVER-VS (2016) Caractérisation des bassins versants des cours d'eau Dix-Huit Arpents et Grand Marais
- MUNICIPALITÉS DE SAINT-ZOTIQUE (2022). Communication orale
- MAPAQ. (2005). Aménagement des ponceaux.
https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Amenagement_des_ponceaux.pdf