

Programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

Étude d'impact sur l'environnement déposée à la ministre du
Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les
changements climatiques



Dossier 3211-02-309

Rapport principal



Par :

Marc Pelletier, géologue et océanographe
Mai 2018

Programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

Étude d'impact sur l'environnement déposée à la ministre
du Développement durable, de l'Environnement et de la
Lutte contre les changements climatiques

Dossier 3211-02-309

Municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

Rapport principal

Préparé par :

Marc Pelletier

Équipe de réalisation

Municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

Maire : Claude Leroux

Directrice générale : Marie Lili Lenoir

Responsable du dossier : Léo Quenneville

Inspecteur municipal : Jacques-M. Daigle

Marc Pelletier, expert en environnement aquatique

Chargé de projet : Marc Pelletier, géologue et océanographe

Biologiste responsable du volet biologie : Isabelle Picard, biologiste

Technicien volet végétation et benthos : Sylvie Normand, technicienne bio-écologie

Technicien en ichtyologie : Louis-Philippe Gagnon, technicien bio-écologie

Techniciens en bathymétrie et en échantillonnage : Réal Maltais et Vincent Pelletier

Révision du texte : Sophie Pelletier

Table des matières

1	Introduction	1
2	MISE EN CONTEXTE DU PROJET	2
2.1	LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE-AUX-NOIX.....	2
2.2	HISTORIQUE DE DÉVELOPPEMENT DES CANAUX.....	3
2.3	DESCRIPTION DES CANAUX.....	3
2.4	CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET.....	7
2.5	JUSTIFICATION DU PROJET.....	7
2.6	SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET.....	9
3	ÉTAT INITIAL DU MILIEU RÉCEPTEUR	10
3.1	ZONE D'ÉTUDE.....	10
3.2	MILIEU PHYSIQUE.....	11
3.2.1	Climat	11
3.2.2	Hydrologie et niveaux d'eau.....	14
3.2.3	Qualité de l'eau.....	16
3.2.4	Géologie et dépôts de surface	17
3.2.5	Topographie riveraine et bathymétrie.....	18
3.2.6	Bathymétrie.....	19
3.2.6.1	Canaux de la partie centrale	21
3.2.6.2	Canaux de la partie sud	23
3.2.6.3	Canaux de la partie nord	25
3.2.7	Nature et qualité des sédiments.....	27
3.2.7.1	Qualité chimique	35
3.3	MILIEU BIOLOGIQUE	41
3.3.1	Végétation aquatique.....	41
3.3.2	Faune aquatique.....	44
3.3.2.1	Poissons	46
3.3.2.2	Tortues	54
3.3.2.3	Couleuvres	55
3.3.2.4	Amphibiens	55
3.3.2.5	Mollusques et écrevisses	56
3.3.3	Benthos	57
3.3.4	Faune avienne.....	59
3.3.5	Mammifères	59
3.4	MILIEU HUMAIN	60
3.4.1	Profil socio-économique.....	60
3.4.1.1	MRC du Haut-Richelieu	60

3.4.1.2	Municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	61
3.4.2	Zonage et affectation du territoire	65
3.4.3	Plan d'urbanisme et affectation du sol de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	68
4	DESCRIPTION DU PROJET	71
4.1	VARIANTES DE VOLUMES DE DRAGAGES	71
4.2	LES ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE ET DE TRANSPORT	74
4.2.1	Équipements maritimes	74
4.2.1.1	Dragues mécaniques	74
4.2.1.2	Équipements hydrauliques	76
4.2.2	Dragues spéciales	78
4.2.3	Équipements terrestres	79
4.2.4	Équipements de transport	80
4.3	MODES DE DISPOSITION DES MATÉRIAUX	81
4.3.1	Gestion en milieu aquatique	81
4.3.2	Gestion en milieu terrestre	83
4.4	DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU PROJET RETENU	83
4.4.1	Méthode de dragage	83
4.4.2	Site de disposition	84
4.4.3	Méthode de transport	84
4.4.4	Échéancier des travaux	85
5	ANALYSE DES IMPACTS ET MESURES D'ATTÉNUATION	86
5.1	MÉTHODOLOGIE	86
5.1.1	Composantes du projet représentant des sources d'impact	86
5.1.2	Éléments du milieu potentiellement affectés	86
5.1.3	Évaluation des impacts	88
5.2	ÉVALUATION DES IMPACTS	90
5.2.1	Bathymétrie	91
5.2.2	Nature du fond	91
5.2.3	Hydrodynamique	92
5.2.4	Qualité de l'eau	92
5.2.5	Qualité de l'air	92
5.2.6	Végétation	93
5.2.7	Faune benthique et herpétofaune	93
5.2.8	Faune ichthyenne	93
5.2.9	Faune avienne	94
5.2.10	Qualité de vie	94
5.2.11	Utilisation du site	95
5.2.12	Activités récréotouristiques	95
5.2.13	Économie locale	95

5.3	MESURES D'ATTÉNUATION ET IMPACTS RÉSIDUELS	95
5.3.1	Réduction des volumes et des pertes et réduction des impacts sur la qualité de l'eau	96
5.3.2	Réduction impacts sur la circulation	96
5.3.3	Réduction des impacts sur la qualité de vie	96
5.3.4	Réduction des impacts liés à l'entretien et la gestion des résidus	96
5.3.5	Réduction des impacts sur la faune et la flore	97
5.3.6	Impacts résiduels	97
5.4	IMPACTS CUMULATIFS.....	97
6	PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI	98
6.1	RELEVÉS PRÉLIMINAIRES AUX TRAVAUX préparation des plans et devis et obtention des autorisations	98
6.2	SURVEILLANCE DES TRAVAUX	98
6.3	SUIVI ENVIRONNEMENTAL	99
6.3.1	Suivi bathymétrique	99
6.3.2	Suivi de la qualité de l'eau	99
7	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	100

Liste des tableaux

Tableau 2.1	Caractéristiques des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	6
Tableau 3.1	Qualité de l'eau en amont du site d'étude (source BQMA, MDDELCC, 2018).....	16
Tableau 3.2	Granulométrie des échantillons de sédiments.....	34
Tableau 3.3	Résultats des analyses chimiques	37
Tableau 3.4	Résultats des analyses chimiques (suite)	38
Tableau 3.5	Résultats des analyses chimiques (suite)	39
Tableau 3.6	Résultats des analyses chimiques (suite)	40
Tableau 3.7	Principales caractéristiques des herbiers aquatiques retrouvés dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017.....	44
Tableau 3.8	Classes de longueur utilisées pour la perchaude, le crapet soleil, le crapet de roche, le crapet arlequin, le grand brochet et l'achigan à grande bouche.	45
Tableau 3.9	Liste comparative des espèces de poissons répertoriés par secteur à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017	47
Tableau 3.10	Abondance relative des poissons capturés dans les canaux et leur embouchure à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017.....	48
Tableau 3.11	Caractéristiques des espèces capturées dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017.	52
Tableau 3.12	Détail des critères d'indice de qualité biologique (IIB) des poissons calculés dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017 et cote de qualité de l'habitat associée (basé sur La Violette et coll., 2003 ; Saint-Jacques, 1998).....	53

Tableau 3.13	Résumé des caractéristiques des échantillons et calcul des indices d'intégrités FBI et ISB ^m dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017.	58
Tableau 3.14	Taxons de benthos récoltés dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017.	58
Tableau 3.15	Répartition de la population au sein de la MRC du Haut-Richelieu	61
Tableau 3.16	Répartition des classes d'âge et de sexe. (tiré de CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu ,2010)	63
Tableau 3.17	Caractéristiques des familles. (Tiré de CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu ,2010).....	64
Tableau 3.18	Taux de pauvreté -2006. (Tiré de CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu ,2010).....	64
Tableau 3.19	Secteurs d'activités selon la population active. (Tiré de CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu ,2010)	64
Tableau 3.20	Professions la population active en %. (Tiré de CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu ,2010)	65
Tableau 4.1	Évaluation des volumes selon différents scénarios	72
Tableau 4.2	Volumes totaux de dragage	73
Tableau 4.3	Application des critères de qualité dans la gestion des sédiments issus du dragage (adapté de Environnement Canada et MDDEP, 2007).....	82
Tableau 4.4	Échéancier des travaux de dragage d'entretien.	85
Tableau 5.1	Grille d'interactions potentielles	87
Tableau 5.2	Matrice de détermination de l'importance de l'impact.....	89
Tableau 5.3	Valorisation des éléments du milieu.....	90
Tableau 5.4	Synthèse de l'importance des impacts environnementaux du projet	90

Liste des figures

Figure 2.1	Les canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.	4
Figure 2.2	Les canaux de la partie centrale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.	4
Figure 2.3	Les canaux de la partie sud de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.	5
Figure 2.4	Les canaux de la partie nord de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.	5
Figure 3.1	Zone d'étude.....	11
Figure 3.2	Température et précipitations mensuelles à Sabrevois située dans la zone d'étude. 12	
Figure 3.3	Répartition mensuelle de la vitesse du vent simulés à partir des données de la station de Saint-Jean-sur-Richelieu (source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/saint-jean-sur-richelieu_canada_6138495).....	13
Figure 3.4	Rose des vents simulée à partir des données de la station de Saint-Jean-sur-Richelieu (source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/saint-jean-sur-richelieu_canada_6138495).....	14
Figure 3.5	Variations du débit de la rivière Richelieu à la station des rapides Fryers à Carignan entre 1970 et 2012.....	15

Figure 3.6	Dépôts de surface.....	17
Figure 3.7	Topographie terrestre de la zone d'étude	19
Figure 3.8	Carte bathymétrique de la rivière Richelieu dans la zone d'étude. (Source : SHC, 2007).	20
Figure 3.9	Bathymétrie des canaux 1 à 5 de la partie centrale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	22
Figure 3.10	Bathymétrie des canaux 6 à 8 de la partie centrale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. 23	23
Figure 3.11	Bathymétrie des canaux 9 à 11 de la partie sud de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. 24	24
Figure 3.12	Bathymétrie des canaux 12 et 13 de la partie sud de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.	25
Figure 3.13	Bathymétrie des canaux 14 à 17 de la partie nord de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	26
Figure 3.14	Bathymétrie du canal 18 de la partie nord de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.....	27
Figure 3.15	Localisation des échantillons de sédiments (partie centrale).....	28
Figure 3.16	Localisation des échantillons de sédiments (partie sud a).....	29
Figure 3.17	Localisation des échantillons de sédiments (partie sud b).....	30
Figure 3.18	Localisation des échantillons de sédiments (partie nord a).	31
Figure 3.19	Localisation des échantillons de sédiments (partie nord b).	33
Figure 3.20	Sites d'observations des plantes aquatiques sur la rivière Richelieu.....	42
Figure 3.21	La MRC du Haut-Richelieu	60
Figure 3.22	Affectation du territoire de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	67
Figure 3.23	Affectation du sol. Aperçu global (tiré du plan d'urbanisme de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix).	69
Figure 3.24	Affectation du sol. Détail du village (tiré du plan d'urbanisme de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix).	70
Figure 4.1	Drague à benne preneuse	74
Figure 4.2	Dragues rétrocaveuses.....	76
Figure 4.3	Drague suceuse à tête désagrégatrice	77
Figure 4.4	Drague Amphibex.....	78
Figure 4.5	Équipements terrestres : pelles mécaniques et camions.....	79
Figure 4.6	Chaland à fond ouvrant pour le transport des matériaux dragués	80

Liste des annexes

Annexe A. BATHYMÉTRIE ET CARACTÉRISATION DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS

Annexe B. CARACTÉRISATION DE LA FAUNE ET LA FLORE AQUATIQUE DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX

Liste des acronymes et des abréviations

CEO	Concentration d'effets occasionnels
CSL	Centre Saint-Laurent (Environnement Canada)
ÉIE	Étude d'Impact sur l'Environnemental
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MES	Matières en suspension
MFFP	Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
MPO	Ministère des Pêches et Océans Canada
ONG	Organisation non gouvernementale
SEM	Seuil d'effet mineur
SEN	Seuil d'effets néfastes
SPIN	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

1 INTRODUCTION

La municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (SPIN), située dans la municipalité régionale de comté (MRC) du haut Richelieu, est considérée comme la capitale nautique du Québec, en raison de la présence de nombreuses marinas et de sa position stratégique à la source de la rivière Richelieu et à la sortie du lac Champlain. La municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix veut entretenir les canaux de son territoire qui subissent, depuis leur ouverture, un problème d'accumulation de sédiments à leur embouchure sur la rivière Richelieu. L'objectif du projet est de s'assurer qu'il y ait des profondeurs d'eau adéquates et sécuritaires pour la navigation de plaisance et les opérations courantes des nombreuses marinas. Ce programme d'entretien par dragage vise à résoudre la problématique de sédimentation en minimisant l'impact environnemental des travaux.

Ce projet comprend des dragages sur une superficie de plus de 5 000 m², et est donc assujéti à la procédure d'évaluation des impacts sur l'environnement en vertu de la section IV.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* [L.R.Q., Q-2] et de l'article 2b du *Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement* [Q.2, r.9]. Conformément à l'article 31.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, ce document constitue l'étude d'impact sur l'environnement nécessaire à l'obtention d'un décret du Conseil des ministres. L'étude d'impact a été préparée en conformité avec la directive finale du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), transmise au mois d'avril 2017 (dossier 3211-02-309) et modifiée par la *Loi concernant la conservation des milieux humides et hydriques* adoptée le 16 juin 2017.

Cette étude d'impact vient aussi soutenir les autres demandes d'autorisation qui pourraient être requises par les autorités suivantes :

- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune);
- Pêches et Océans Canada (MPO) (Loi sur les Pêches);
- Centre d'expertise hydrique (Loi sur le régime des eaux);
- Transports Canada (Loi sur la protection de la Navigation).

Ce rapport présente d'abord le contexte et la justification des travaux nécessaires (au chapitre 2). Les aspects physiques, biologiques et humains du milieu récepteur sont ensuite décrits (au chapitre 3). On présente ensuite les différentes alternatives du projet et le projet retenu au chapitre 4). L'analyse des impacts et les mesures d'atténuation sont présentées au chapitre 5 et finalement, la description des programmes de surveillance et de suivi environnementaux est présentée au dernier chapitre (chapitre 6)..

2 MISE EN CONTEXTE DU PROJET

2.1 LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE-AUX-NOIX

La municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (SPIN) est située le long de la rivière Richelieu près de la frontière entre le Canada et les États-Unis. La rivière Richelieu constitue la principale voie navigable entre la vallée du Saint-Laurent au Québec et les États-Unis et l'immense plan d'eau qu'est le lac Champlain. Il est possible de naviguer du lac Champlain jusqu'à New York et jusqu'à la côte est américaine, c'est donc dire l'importance de la rivière Richelieu comme voie de circulation nautique.

La municipalité s'est développée autour d'un système de canaux intérieurs entre lesquels ont été édifiées des infrastructures commerciales principalement axées vers le nautisme, ainsi que des résidences avec accès au plan d'eau. Au fil des ans, Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix est devenu la capitale du nautisme au Québec, comprenant onze marinas et trente commerces voués au nautisme, fournissant ainsi près de 250 emplois directs et indirects. La municipalité est dirigée par le maire et six conseillers tous élus. Les coordonnées de l'initiateur du projet sont les suivantes :

Municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

959, rue Principale
Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (Québec) J0J 1G0
Tél. : 450 291-3166
Fax : 450 291-5930
Courriel : info@ileauxnoix.qc.ca
Monsieur Claude Leroux, maire

Le consultant en environnement mandaté pour la réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement de ce projet est Marc Pelletier, Expert en Environnement Aquatique, dont les coordonnées sont les suivantes :

Marc Pelletier

1777, chemin du fleuve
Lévis (Québec) G6W 1Z6
Tél. : 418 951-2363
marcp@sympatico.ca

2.2 HISTORIQUE DE DÉVELOPPEMENT DES CANAUX

Le territoire du haut Richelieu et du lac Champlain a d'abord été exploré par Champlain en 1609. Le territoire a ensuite fait l'objet d'une première concession en 1733. Cette concession englobait tous les villages situés autour de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. La paroisse et la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix furent nées du démembrement de la paroisse de Saint-Valentin en 1898. Durant ces années, le Fort Lennox situé sur l'Île-aux-Noix était déjà voué à un usage nautique et touristique, puisqu'en 1899, un premier bateau à vapeur effectuait déjà la liaison Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix avec l'Île-aux-Noix.

À la suite de l'inondation de la rivière Richelieu en 1903 et dans les années suivantes, des représentations furent faites auprès des gouvernements pour que des ouvrages de régularisation soient construits. Des dragages d'approfondissement et d'élargissement de la rivière furent effectués en 1908, 1910 et 1911. Ces travaux furent repris en 1939, et les plus récents travaux d'élargissement remontent à 1942.

La construction des premiers canaux a commencé en 1955 par creusement par M. Gérald Fortin d'un canal menant jusqu'à la rivière. Plusieurs autres canaux ont, par la suite, été creusés et les matériaux du creusement servaient, par la suite, à l'élévation du terrain de part et d'autre, l'aménagement de rue et le lotissement des parcelles créées. Le développement André Gagnon, notamment entre les 59^e et 64^e avenues, a permis à ce moment d'augmenter considérablement la population de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. Ainsi, de 1961 à 1998 la population de SPIN a presque triplé, passant de 681 à 1864 habitants (Régis Langlois, 1997).

2.3 DESCRIPTION DES CANAUX

La municipalité compte actuellement 18 canaux principaux répartis dans trois zones (figure 2.1) :

- La partie centrale située au centre de la municipalité entre les 55^e et 67^e avenues et entre les 2^e et 4^e rues (8 canaux, figure 2.2);
- La partie nord entre la 79^e et la 97^e avenue (5 canaux, figure 2.3);
- La partie sud entre la 29^e et la 39^e avenue (5 canaux, figure 2.4).

Ces canaux sont caractérisés par une utilisation nautique, soit par des résidents propriétaires de quais privés ou soit par des marinas possédant plusieurs espaces à quais. Le tableau 2.1 présente les dimensions des canaux à entretenir ainsi que le nombre d'espaces à quai privés ou appartenant à des marinas. Les espaces à quai ont été estimés sommairement sur la base des quais présents sur la photographie aérienne de 2014 et ne constituent donc pas une évaluation précise de la capacité actuelle des canaux.

Figure 2.1 Les canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.



Figure 2.2 Les canaux de la partie centrale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

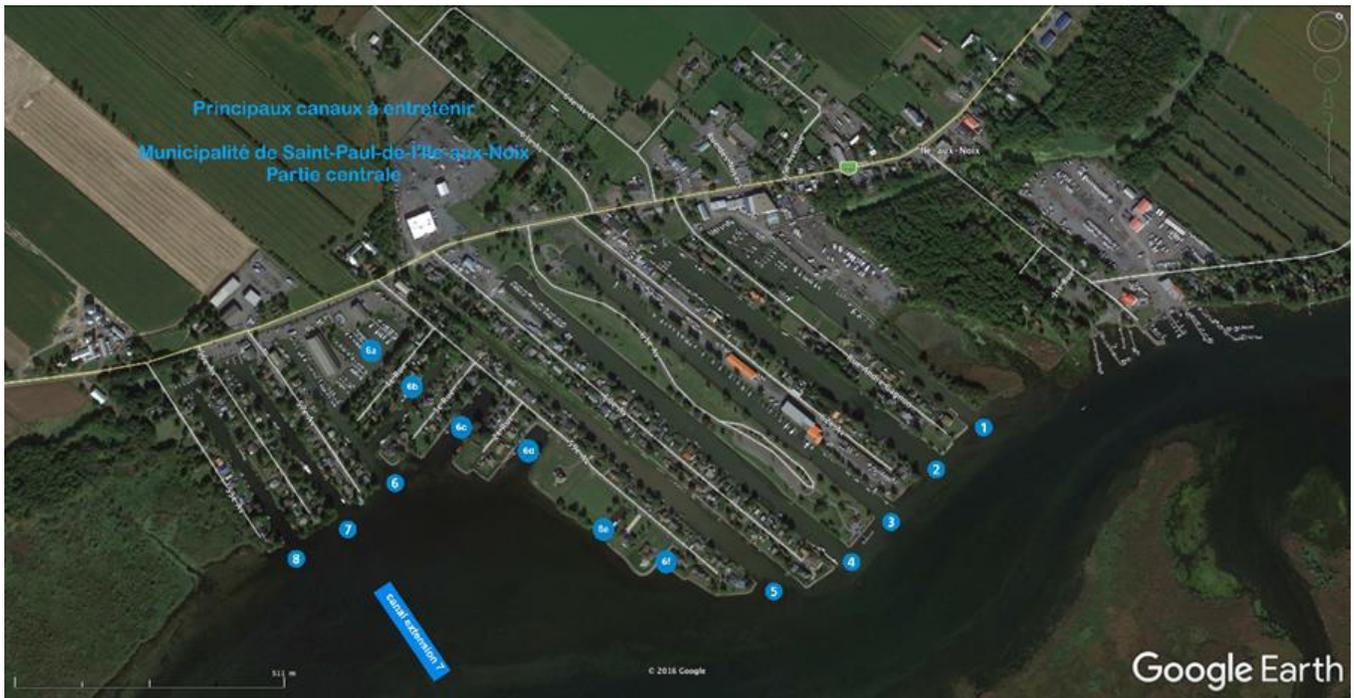


Figure 2.3 Les canaux de la partie sud de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

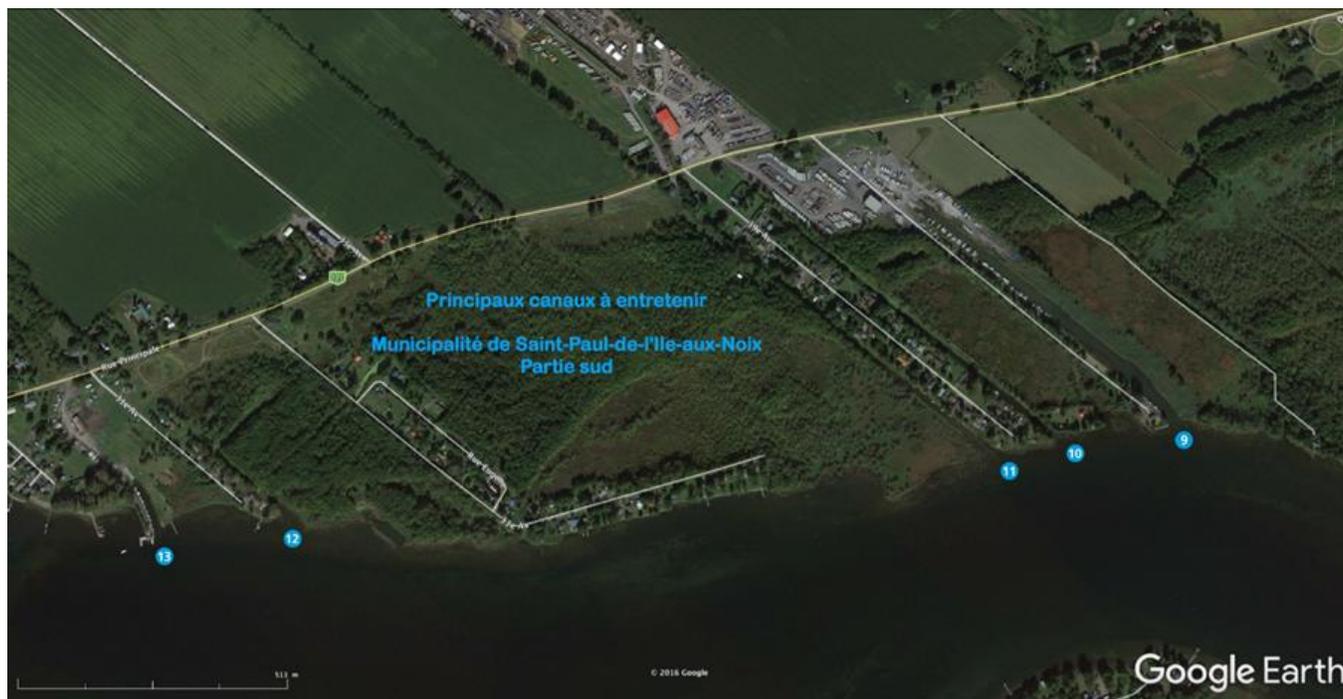


Figure 2.4 Les canaux de la partie nord de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

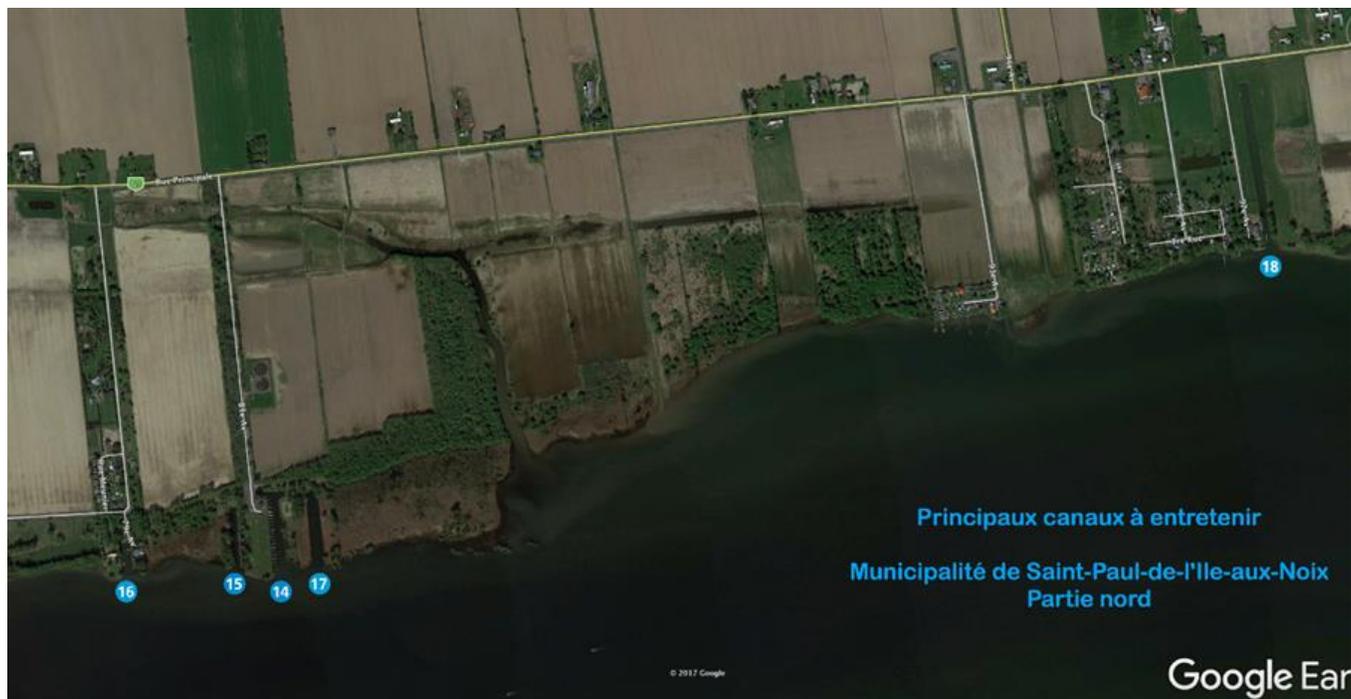


Tableau 2.1 Caractéristiques des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

<i>Zone</i>	<i>No canal</i>	<i>Largeur moyenne (m)</i>	<i>Longueur (m)</i>	<i>Surface (m²)</i>	<i>Nb quais commerciaux</i>	<i>Nb quais privés</i>	<i>Total</i>	<i>Particularités</i>	
Centre	1	45	630	28350	52	12	64		
	2	60	695	41700	19	34	53		
	3	45	805	36225	34	19	53		
	4	45	865	38925	26	28	54		
	5	40	940	37600		52	52	Ruisseau à la tête	
	canaux latéraux entre 5 et 6 (6d-6e-6f)		25	310	7750		11	11	
	6 (incluant 6a)		30	585	17550	74	17	91	
	canaux latéraux de 6 (6b-6c)		45	415	18675		38	38	
Sud	7	30	375	11250	13	30	43		
	canal extension 7		10	400	4000				Canal d'accès au chenal naturel
	8	35	385	13475	18	22	40		
	9	35	660	23100	35		35		
	10	20	650	13000		12	12		
	11	20	525	10500		17	17		
	12	15	325	4875		10	10		
	13	25	115	2875	15		15		
Nord	14	30	215	6450	27		27		
	15	35	160	5600	19		19		
	16	30	85	2550		4	4		
	17	30	185	5550			0		
	18	25	420	10500		2	2		
Total			9745	340500	332	308	640		

2.4 CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Depuis quelques années, le phénomène de sédimentation à la sortie de ces canaux ainsi que l'occurrence de très faibles niveaux d'eau rendent la navigation dans ces canaux très difficile, et dans certains cas, impossible. La sédimentation est particulièrement active à l'embouchure des canaux sur la rivière Richelieu. Ce phénomène affecte la majorité des canaux.

L'objectif du projet est donc de restaurer les profondeurs d'eau et les échanges d'eau, et donc de réhabiliter les conditions optimales de vie de la faune aquatique à l'intérieur des canaux et d'assurer la navigabilité des canaux en effectuant un dragage d'entretien périodique des embouchures de chacun de ces canaux.

2.5 JUSTIFICATION DU PROJET

L'histoire et le développement de la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix sont intimement liés au milieu aquatique. Dès l'arrivée des premiers colons, la rivière Richelieu a été utilisée pour la navigation et le transport maritime ainsi que pour la défense du territoire par diverses forces armées et les premières nations.

Dans les années 50, des riverains ont commencé à construire les premiers canaux, permettant ainsi une navigation plus facile vers la rivière Richelieu et l'Île-aux-Noix et ont entrepris la construction de bâtiments résidentiels et commerciaux. Le développement des infrastructures et d'un camping sur l'Île-aux-Noix, ainsi que de pourvoies le long des canaux et des rives du Richelieu s'ensuivirent. Par la suite, les marinas se sont installées progressivement pour donner à la municipalité le nom de Capitale du Nautisme au Québec.

Ainsi, une grande partie de l'économie de la municipalité repose sur l'activité nautique, que ce soit la vente, la réparation, l'hivernage et le gardiennage de bateaux et la présence de 11 marinas et de 30 commerces liés directement au nautisme. Le nautisme fournit actuellement environ 250 emplois, dont 100 emplois directs, et 150 emplois indirects.

Or, depuis la construction des canaux, le phénomène naturel d'accumulation des sédiments transportés par la rivière Richelieu a réduit considérablement les profondeurs d'eau dans certaines parties de ces canaux. Il rend donc la circulation des bateaux difficiles et parfois impossibles lors des périodes d'étiage, en particulier à l'automne lors de la rentrée des bateaux pour l'hivernage. De plus l'évolution actuelle dans les dimensions des bateaux naviguant à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix montre que les tirants d'eau ont augmenté considérablement au cours des dernières années. Cette augmentation ne fait qu'intensifier la problématique actuelle.

Les problèmes de navigabilité engendrée par ces accumulations entravent les opérations nautiques et engendrent à court et moyen terme des impacts négatifs sur l'activité nautique en général. Puisque l'activité nautique constitue l'activité principale de la municipalité, il est donc impératif de s'attaquer et de résoudre cette problématique. En effet, si on laisse cette problématique s'intensifier, on peut s'attendre à des conséquences désastreuses pour la municipalité, à savoir :

- La diminution de l'activité nautique;
- Le délaissement des marinas par les utilisateurs actuels;
- La perte d'emplois et de revenus de l'industrie et des commerces reliés au nautisme;
- La fermeture d'entreprises;

- La perte de valeur des propriétés riveraines;
- L'exode des touristes et des villégiateurs.

L'entretien des canaux s'avère donc un projet pleinement justifié et absolument nécessaire au développement et à la survie de l'activité principale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, à savoir le nautisme.

2.6 SOLUTIONS DE RECHANGE AU PROJET

Aucune solution de rechange ne permet malheureusement pas de contourner la solution du dragage. Seules différentes méthodes et techniques de dragage, de transport et de disposition sont étudiées et peuvent être évaluées afin de minimiser les impacts de ce projet. De plus, différentes mesures de mitigation sont envisagées afin de réduire les volumes à draguer et les impacts associés.

3 ÉTAT INITIAL DU MILIEU RÉCEPTEUR

3.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude d'impact environnemental et social du programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (SPIN) porte essentiellement sur les zones problématiques de dragage et de mise en dépôt des matériaux à draguer.

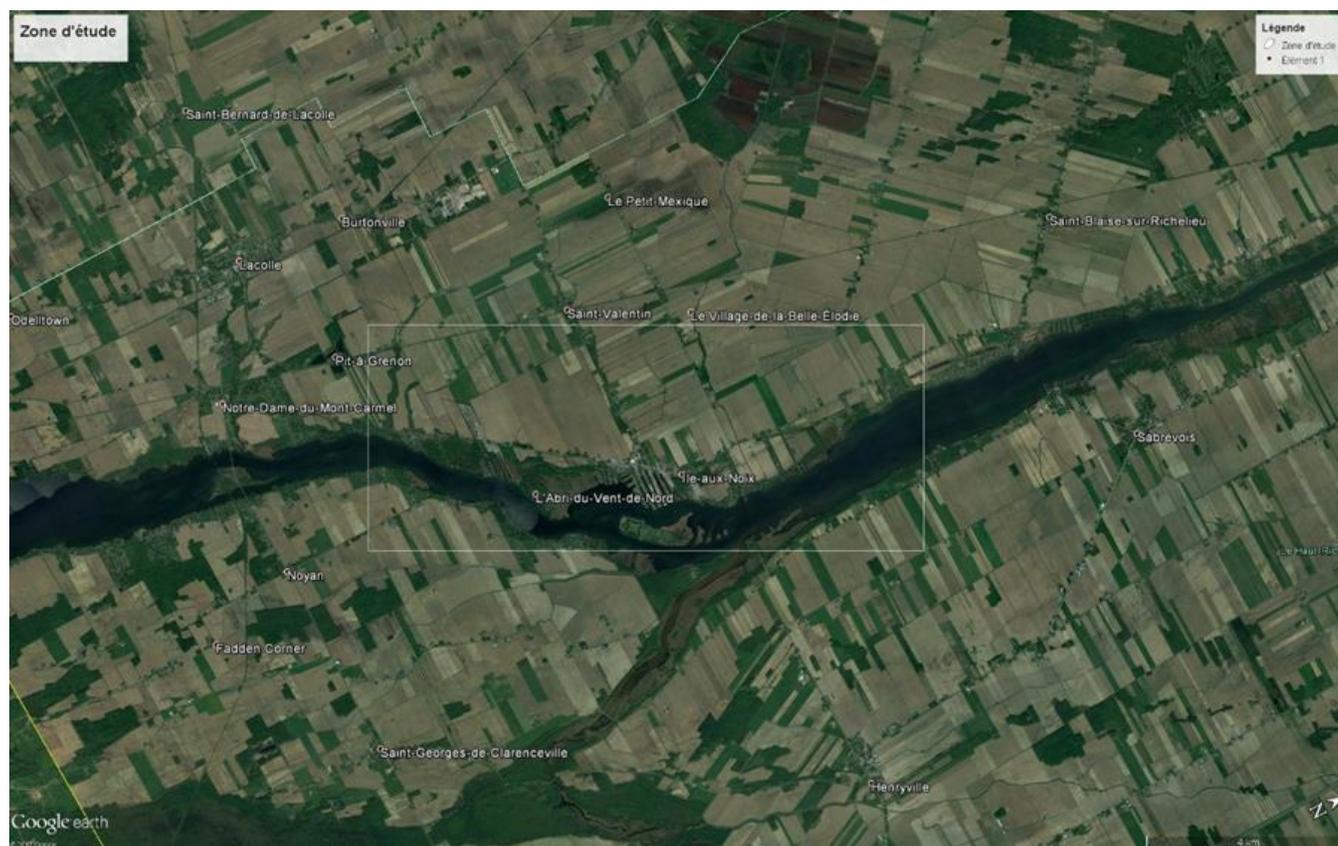
De façon générale, la zone d'étude doit couvrir tous les éléments du milieu qui risquent d'être affectés par le projet, particulièrement le milieu fluvial, riverain et tout ce qui s'y rattache. De plus, la portée potentielle du panache de dispersion dans le milieu aquatique est un aspect important à considérer. Enfin, la présence de zones de préservation ou de zones sensibles à proximité du site constitue un élément particulier à prendre en compte.

Pour les besoins de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE), la zone d'étude proposée est montrée à la figure 3.1. La zone d'étude comprend la presque totalité de la municipalité, soit sur une distance totale de 11 km, et elle comprend aussi la rivière Richelieu.

Afin de tenir compte des impacts potentiels du projet sur le milieu social, une zone d'étude élargie englobe la totalité de la MRC du Haut-Richelieu qui comprend les municipalités suivantes :

- Henryville;
- Lacolle;
- Mont-Saint-Grégoire;
- Noyan;
- Saint-Alexandre;
- Saint-Blaise-sur-Richelieu;
- Saint-Georges de-Clarenceville;
- Saint-Jean-sur-Richelieu;
- Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix;
- Saint-Sébastien;
- Saint-Valentin;
- Sainte-Anne-de-Sabrevois;
- Sainte-Brigitte-d'Iberville;
- Venise-en-Québec.

Figure 3.1 Zone d'étude



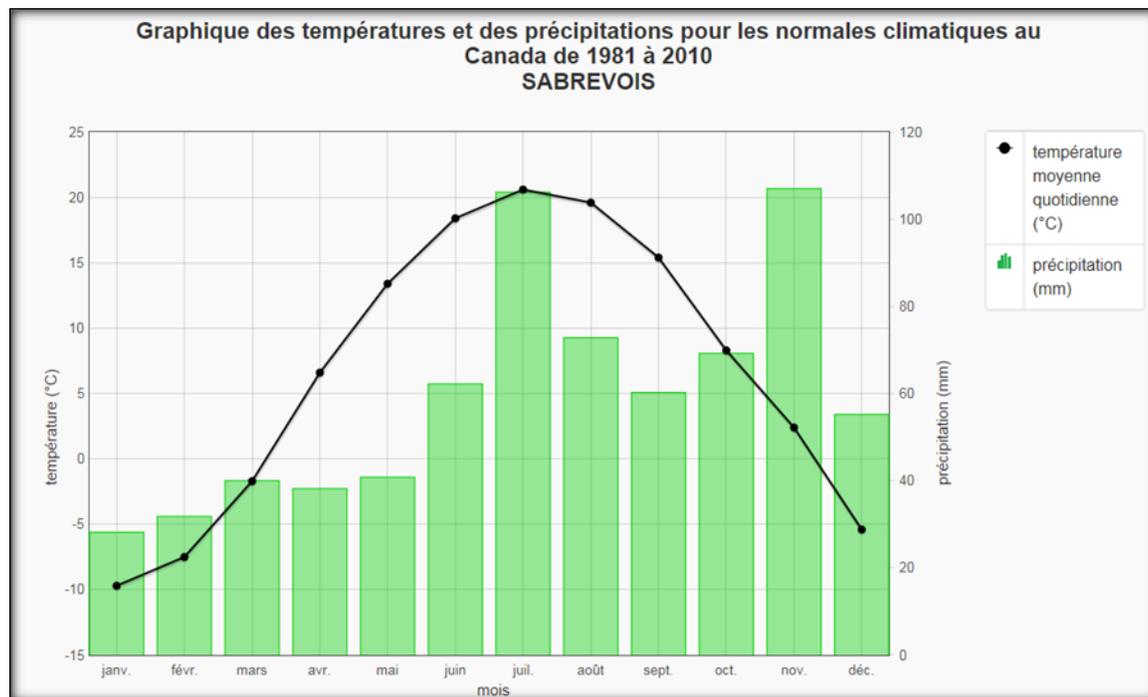
3.2 MILIEU PHYSIQUE

Cette section présente tous les éléments du milieu physique dans la zone d'étude afin de bien décrire le milieu d'insertion du projet et les éléments susceptibles d'être affectés ou affectant directement la nature du projet.

3.2.1 Climat

Tout le bassin versant de la rivière Richelieu est situé dans la partie la plus chaude et la plus humide de la province. Le climat tempéré de cette région est caractérisé par des précipitations variant de 893 à 1277 mm par année, dont environ 20 %, sous forme de neige. La température moyenne des stations du bassin versant est de -8,9 °C en hiver et de 20,8 °C en été. La zone d'étude est toutefois fortement influencée par le lac Champlain. Les précipitations sont maximales durant les mois de juillet et de novembre.

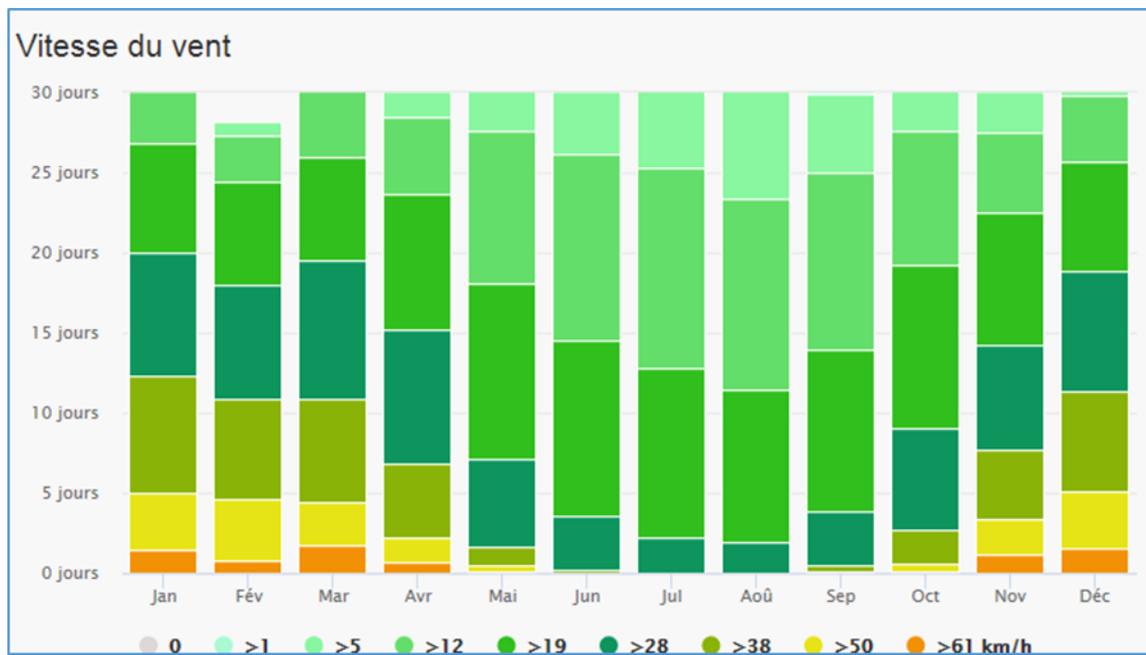
Figure 3.2 Température et précipitations mensuelles à Sabrevois située dans la zone d'étude.



En raison de ce climat clémente, la saison de croissance végétale terrestre débute dès le 15 avril et se termine vers le 31 octobre. La période sans gel varie entre 120 et 140 jours, ce qui favorise le développement de l'agriculture de cette région (COVABAR, 2015).

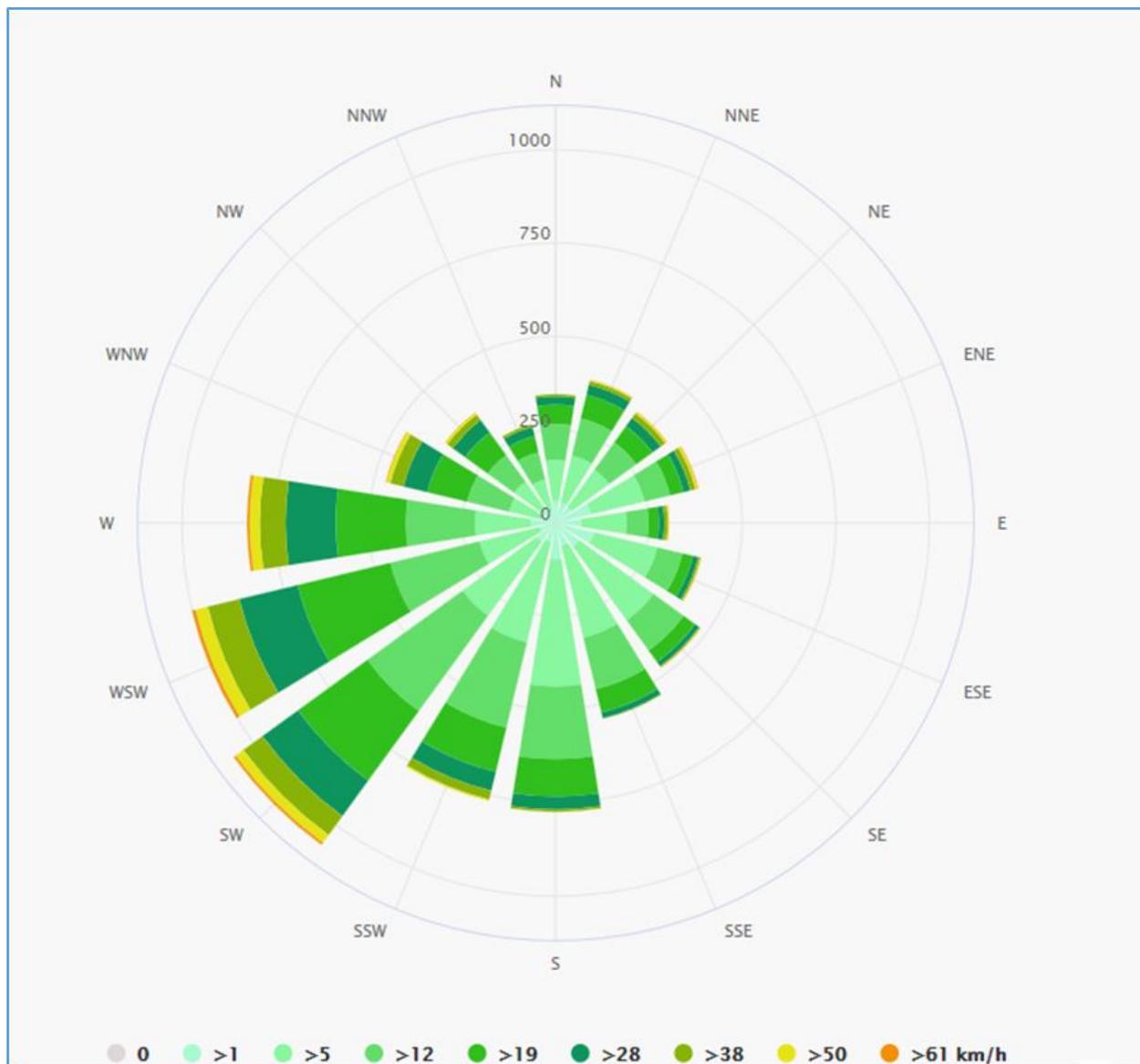
Les modèles de données sur les vents de la station de Saint-Jean-sur-Richelieu montrent que les vents les plus forts se produisent entre novembre et avril et qu'ils sont plus faibles durant l'été. Les directions dominantes varient entre le Sud-Ouest, l'Ouest-Sud-Ouest et l'Ouest.

Figure 3.3 Répartition mensuelle de la vitesse du vent simulés à partir des données de la station de Saint-Jean-sur-Richelieu



(source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/saint-jean-sur-richelieu_canada_6138495)

Figure 3.4 Rose des vents simulée à partir des données de la station de Saint-Jean-sur-Richelieu



(source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/modelclimate/saint-jean-sur-richelieu_canada_6138495)

3.2.2 Hydrologie et niveaux d'eau

La zone d'étude est traversée par la rivière Richelieu. Celle-ci alimente tous les canaux situés à proximité. La rivière Richelieu prend sa source du lac Champlain et la majeure partie du bassin versant de la rivière Richelieu, soit 84 % se trouve en territoire américain. La rivière Richelieu est le plus important tributaire de la rive-sud du fleuve Saint-Laurent. Le débit du Richelieu à la hauteur du barrage de Carignan a varié entre 40 m³/s en étiage et 1600 m³/s en crue durant la période de 1970 à 2012 (<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/regions/region16/16-monteregie.htm#21>). La figure 3.5 illustre les variations du débit à cet endroit.

Les variations du niveau d'eau à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix entre 2011 et 2017 sont illustrées à la figure 3.6. Ces niveaux d'eau sont exprimés en élévations géodésiques.

Les niveaux d'eau maximaux supérieurs à l'élévation de 30 m sont atteints généralement lors de la crue printanière soit autour de la mi-avril. Les niveaux baissent ensuite progressivement pour atteindre les niveaux les plus bas vers la mi-octobre. Les niveaux les plus bas enregistrés à la station de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix correspondent à l'élévation géodésique 28.35 m. Cette élévation correspond aussi au zéro des cartes bathymétriques produites par le Service Hydrographique du Canada. Cette élévation est aussi le niveau de référence utilisé pour la bathymétrie des canaux effectués en avril 2017 et pour l'analyse des besoins en dragage des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

Figure 3.5 Variations du débit de la rivière Richelieu à la station des rapides Fryers à Carignan entre 1970 et 2012.

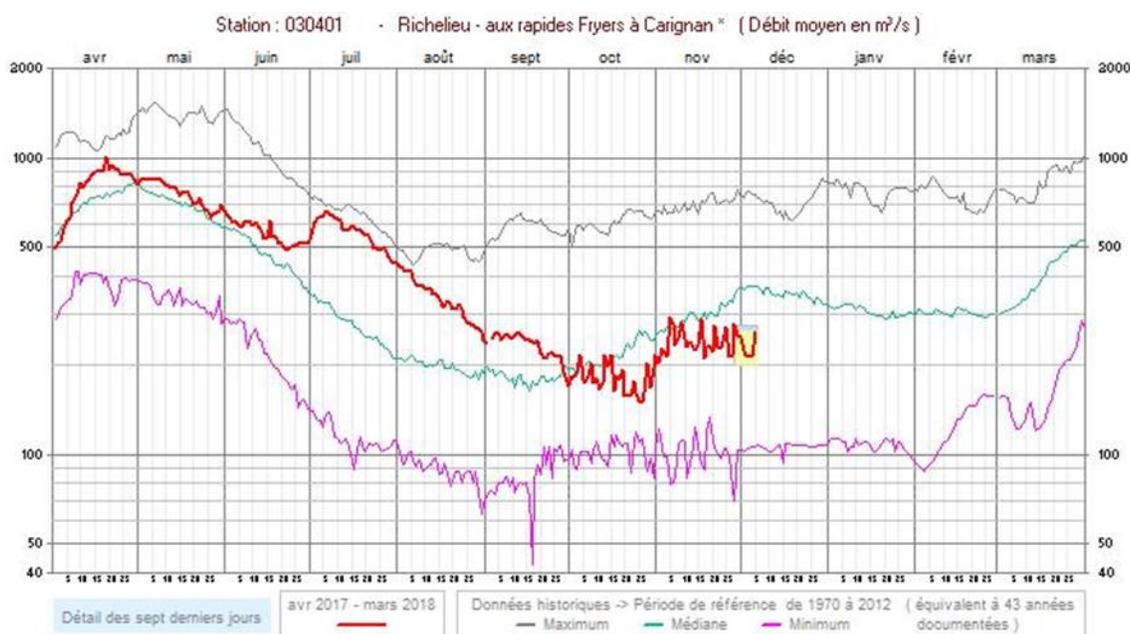
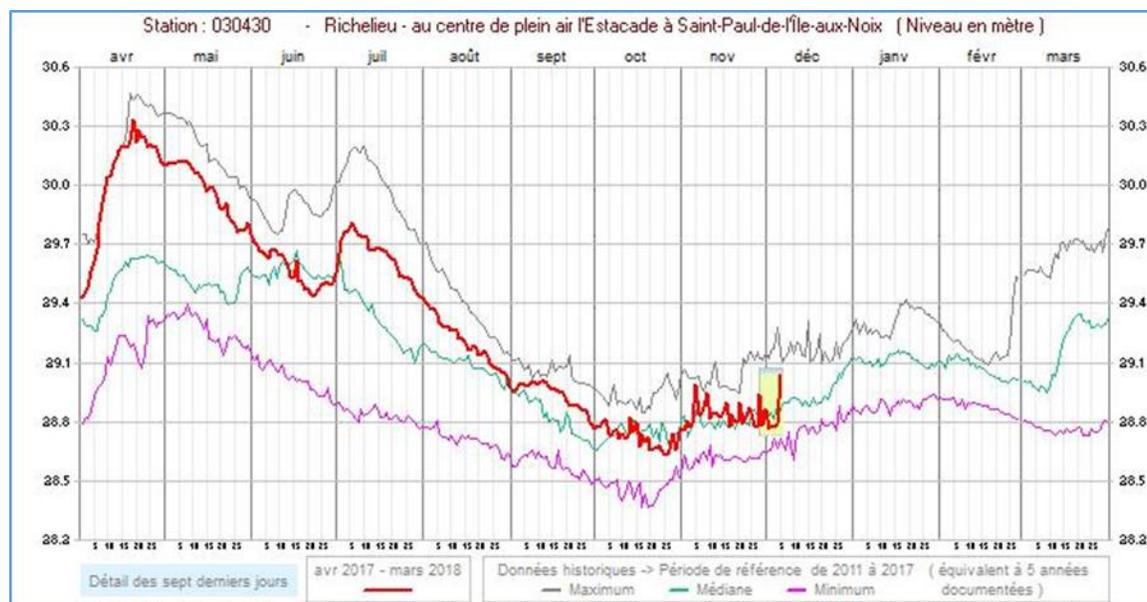


Figure 3.6 Variations du niveau d'eau de la rivière Richelieu à la station du centre de plein air de l'Estacade à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix entre 2011 et 2017.



3.2.3 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau dans le bassin de la rivière Richelieu peut être affectée par différents types de pollution d'origine industrielle, municipale ou agricole. La zone d'étude étant caractérisée par de grandes cultures céréalières la pollution d'origine agricole est potentiellement la plus importante. Les données de la banque de données sur la qualité du milieu aquatique (BQMA) du MDDELCC fournissent les résultats de la compilation des échantillonnages faits dans le bassin du Richelieu. Les données les plus récentes portent sur les années 2014 à 2016 et proviennent toutes d'une station située en amont de la zone à l'étude soit à Lacolle.

Les données montrent que la qualité de l'eau à Lacolle est de bonne qualité avec un indice de qualité (IQBP) moyen de 88, ce qui permet tous les usages de l'eau. Le tableau suivant présente les statistiques descriptives pour les paramètres analysés. La concentration des matières en suspension a varié de 0,5 à 11 mg/L (filtration à 1,2µm).

Tableau 3.1 Qualité de l'eau en amont du site d'étude (source BQMA, MDDELCC, 2018).

PARAMÈTRE	UNITÉ	N	MOYENNE	ECART	MINIMUM	C1	C5	C10	Q1	MÉDIANE	Q3	C90	C95	C99	MAXIMUM
AZOTE AMMONIACAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,09	0,09
AZOTE TOTAL (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0,35	0,12	0,12	0,12	0,16	0,19	0,23	0,35	0,44	0,48	0,52	0,55	0,55
CARBONE ORGANIQUE DISSOUS	mg/l	31	3,2	0,3	2,5	2,5	2,6	2,9	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7	4,0	4,0
CHLOROPHYLLE A ACTIVE	µg/l	15	2,10	0,79	0,68	0,68	0,68	0,92	1,45	2,27	2,74	2,86	3,47	3,47	3,47
CHLOROPHYLLE A TOTALE	µg/l	15	3,14	1,03	1,27	1,27	1,27	1,67	2,27	3,41	3,99	4,47	4,49	4,49	4,49
COLIFORMES FÉCAUX	UFC/100 ml	30	3	3	1	1	1	1	1	1	2	5	13	16	16
CONDUCTIVITÉ	µS/cm	31	175,8	21,3	140,0	140,0	150,0	160,0	160,0	170,0	180,0	200,0	220,0	250,0	250,0
NITRATES ET NITRITES (FILTRÉ OU NON)	mg/l	31	0,18	0,11	0,01	0,01	0,01	0,03	0,06	0,22	0,28	0,30	0,33	0,37	0,37
PH	pH	31	8,0		7,8	7,8	7,8	7,9	7,9	8,0	8,0	8,1	8,2	8,4	8,4
PHOSPHORE DISSOUS PERSULFATE	mg/l	8	0,006	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,004	0,006	0,009	0,011	0,011	0,011	0,011
PHOSPHORE TOTAL	mg/l	31	0,013	0,007	0,004	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,014	0,019	0,022	0,040	0,040
PHÉOPHYTINE A	µg/l	15	1,04	0,43	0,59	0,59	0,59	0,67	0,73	0,89	1,28	1,89	1,97	1,97	1,97
SOLIDES EN SUSPENSION	mg/l	31	1,8	1,9	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	2,0	3,0	4,0	11,0	11,0
TEMPÉRATURE	°C	30	9,5	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	6,0	19,0	22,5	24,0	24,0	24,0
TURBIDITÉ	UTN	31	1,2	0,6	0,3	0,3	0,4	0,6	0,8	1,1	1,5	1,8	2,3	3,2	3,2

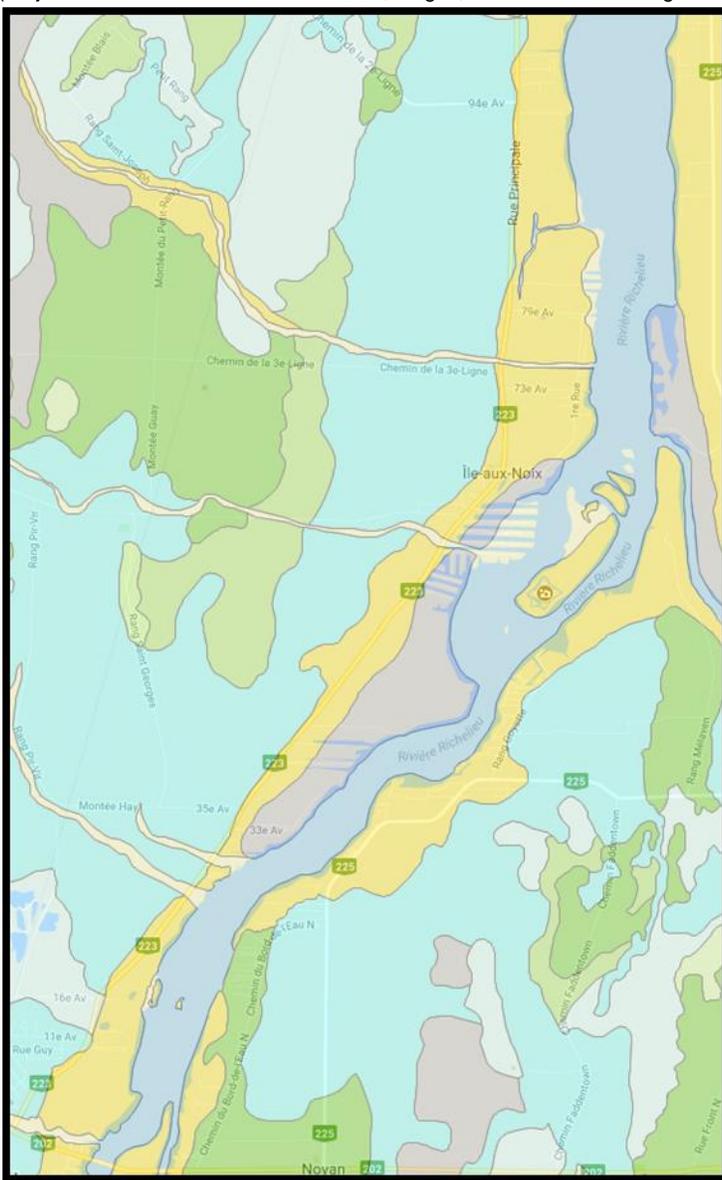
3.2.4 Géologie et dépôts de surface

La zone d'étude fait partie des Basses-Terres du Saint-Laurent. Le sous-bassement rocheux est d'âge paléozoïque et fait partie du groupe de Sainte-Rosalie. Les roches de ce groupe sont composées de mudrock, d'ardoise, de dolomie et de grès.

Les dépôts quaternaires de surface composant les rives du Richelieu dans la zone d'étude sont essentiellement des alluvions de terrasses fluviales de la rivière Richelieu dans les parties urbanisées de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix et des sédiments organiques de marécage et de marais dans les zones non affectées par le développement anthropique (figure 3-6).

Figure 3.6 Dépôts de surface

(En jaune : alluvions de terrasse fluviale, en gris; sédiment de marécage et de marais, en vert foncé : till, en bleu/gris : alluvions actuelles.)

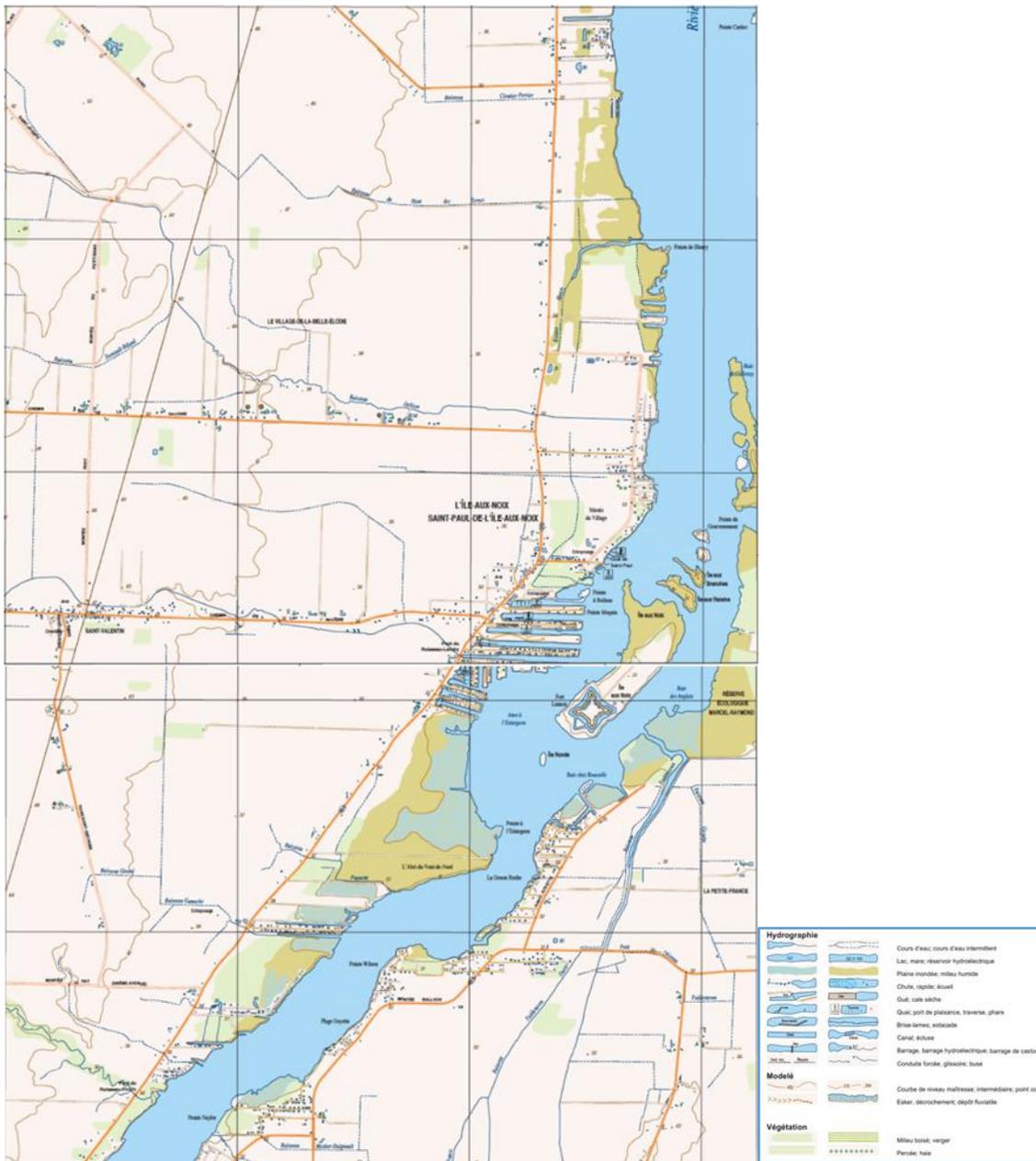


3.2.5 Topographie riveraine et bathymétrie

La zone d'étude se situe dans la vallée du Richelieu où le relief est peu accentué, les élévations étant toujours inférieures à 40 m et légèrement au-dessus de 30 m (figure 3-4).

L'élévation moyenne de la rivière Richelieu étant d'environ 29,5 m, les zones riveraines sont facilement inondables lors des crues atteignant des niveaux supérieurs à cette élévation moyenne. Les inondations survenues dans le bassin du Lac Champlain et de la rivière Richelieu entre la fin avril et le début de juin 2011 démontrent à quel point ces zones riveraines sont à risque. Pendant cette période, le niveau d'eau à la sortie du lac Champlain à Rouses Point dépassa 31 m (102 pieds).

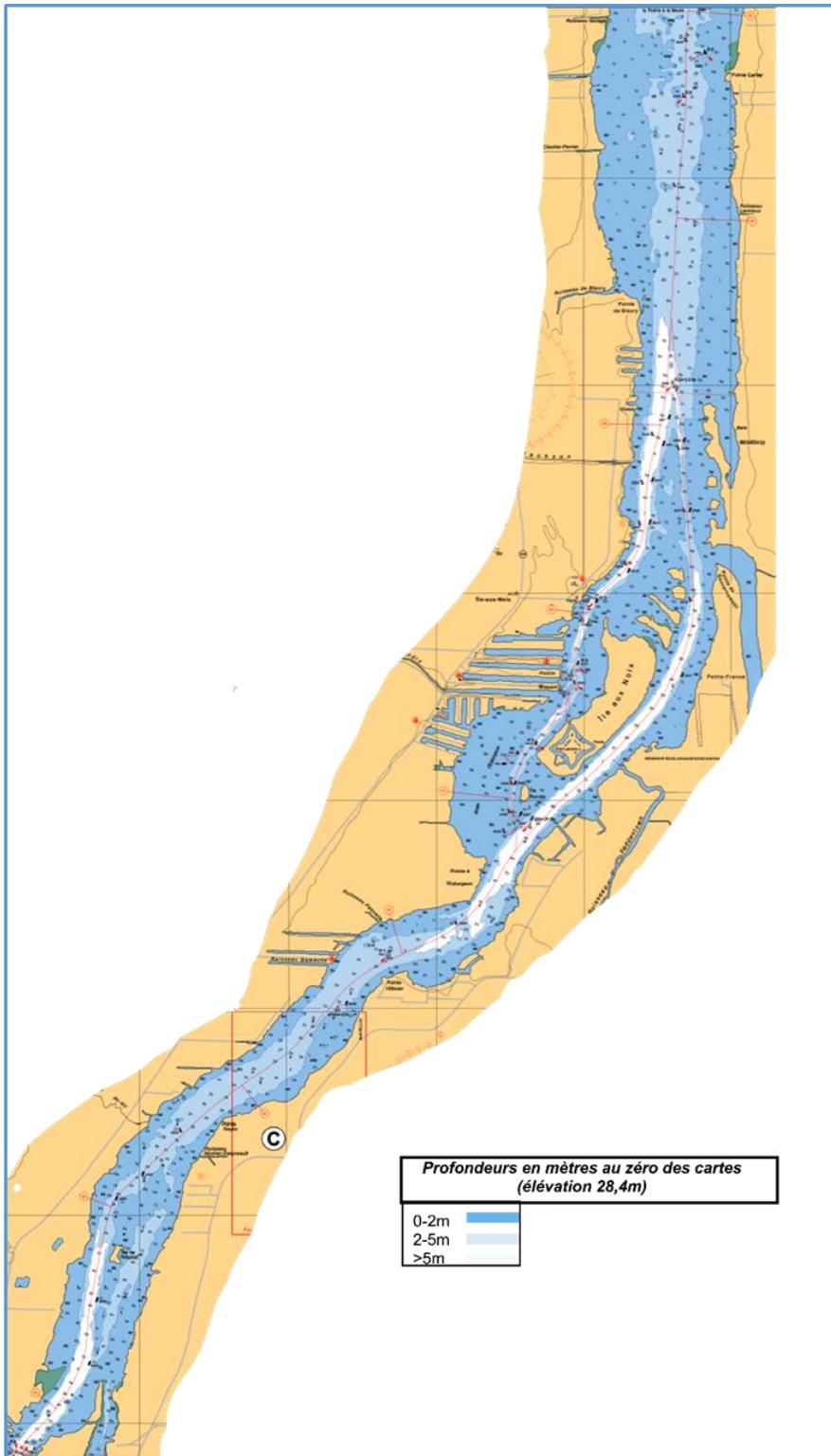
Figure 3.7 Topographie terrestre de la zone d'étude



3.2.6 Bathymétrie

Les profondeurs d'eau de la rivière Richelieu sont généralement peu importantes. Le chenal principal est caractérisé par des profondeurs variant de 2 à 7m dans les zones les plus profondes. Au droit de l'Île-aux-Noix, deux chenaux coexistent le plus profond étant situé à l'est de l'île. Le chenal situé à l'ouest de l'île entre la 39e et la 65e avenue est peu profond atteignant des profondeurs souvent inférieures à 3m.

Figure 3.8 Carte bathymétrique de la rivière Richelieu dans la zone d'étude. (Source : SHC, 2007).



À noter que les canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix n'ont pas fait l'objet de sondage précis par le Service Hydrographique du Canada. Pour pallier ce manque d'informations, nous avons réalisé une campagne de levés bathymétriques de tous les canaux qui devront être entretenus. La méthodologie détaillée et les résultats sont consignés dans un rapport sectoriel joint à l'annexe A (Pelletier, 2018). Les sections qui suivent présentent l'état de la bathymétrie pour la navigation et le nautisme. La numérotation des canaux est indiquée sur les figures suivantes (figure 3-10 à 3-15). Ces figures présentent aussi la localisation et la profondeur des zones à draguer. Le chapitre 4 présente la démarche détaillée d'élaboration des caractéristiques du projet d'entretien.

3.2.6.1 Canaux de la partie centrale

Les canaux 1 à 5 sont limités au nord par le marais du village et au sud par la 59^e avenue (figure 3.10). Les canaux 1 à 4 offrent des profondeurs intérieures maximales variant de 1,5 m à 2,5 m. Ces canaux permettent d'accéder aux marinas suivantes :

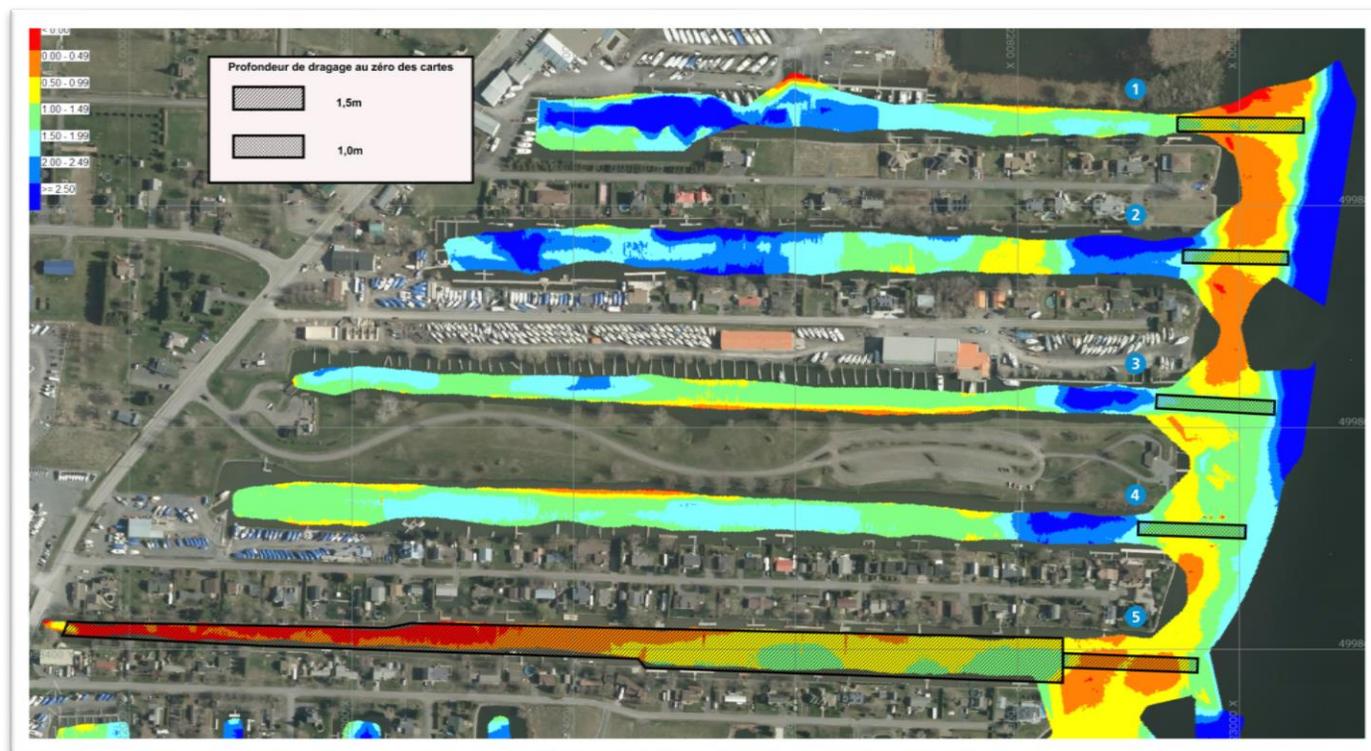
- Marina Daniel Masson (canal 1);
- Marina P.A. Gagnon et Marina Menui-Fibre (canal 2);
- Marine 360 (canal 3);
- Marina de Saint-Paul-de-L'Île-aux-Noix (canal 4).

Les canaux 3 et 4 sont aussi utilisés par Parcs Canada dont le parc occupe les terrains adjacents à la 61^e avenue.

La profondeur des embouchures des canaux 1 à 4 varie entre 0,5 et 1,5 m. Le canal 5 plus au sud est peu profond, car il est alimenté en eau par le Grand Ruisseau. Les profondeurs y varient de moins de 0,5 m dans la moitié intérieure à la sortie du Grand Ruisseau jusqu'à des profondeurs variant entre 0,5 à 1,5 m dans la moitié est se joignant au Richelieu. L'embouchure de ce canal est peu profonde et comprend deux zones de moins de 0,5 m.

Les zones à entretenir sont illustrées sur la figure 3.10. Elles correspondent aux embouchures des canaux 1 à 4 qui doivent être entretenues à la profondeur de 1,5 m. L'embouchure du canal 5 ainsi que le canal lui-même devraient être approfondis à 1,0 m, puisque lors des bas niveaux d'eau, il devient non navigable pour la plupart des embarcations.

Figure 3.9 Bathymétrie des canaux 1 à 5 de la partie centrale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix



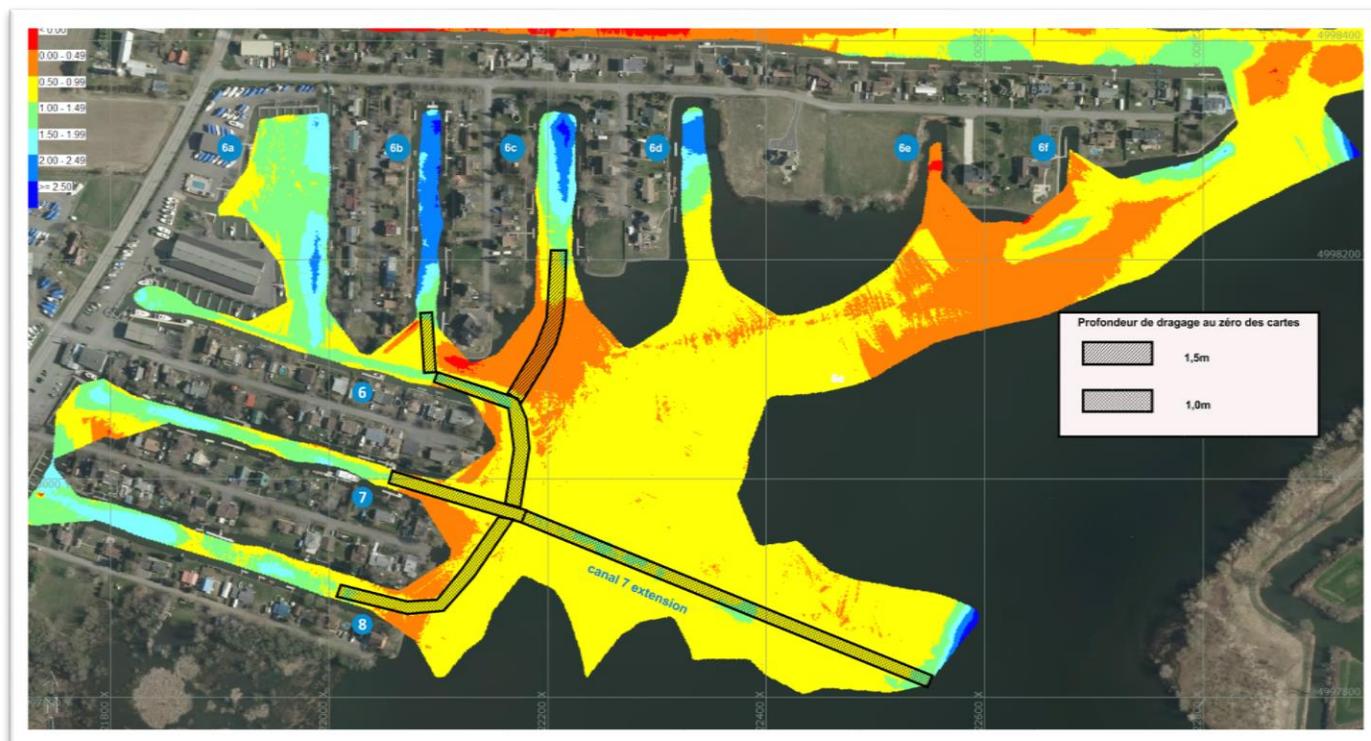
Les canaux 6 à 9 sont situés entre la 55^e avenue et la 59^e avenue (figure 3.11). Cette partie comprend aussi plusieurs canaux orientés nord-sud, numérotés de 6a à 6f entre la rue principale et les 2^e, 3^e et 4^e rue. La plupart de ces canaux, sauf les canaux 6e et 6f, sont caractérisés par des profondeurs intérieures variant entre 1,0 et 2,0 m avec quelques zones plus profondes de plus de 2,0 dans les canaux 6b, 6c et 6d.

Tous les canaux orientés est-ouest, en plus du canal 6a, comprennent des espaces à quais opérés par la marina Fortin. Les autres canaux sont essentiellement utilisés par les propriétaires des résidences riveraines.

Les profondeurs des entrées des canaux commerciaux 6 à 8 varient entre 0,5 et 1,0 m et elles devront être entretenues à une profondeur de 1,5 m. De plus les entrées de canaux 6b et 6c devraient aussi être approfondis à 1,0 m puisque leurs profondeurs varient de 0,0 m à 1,0 m. Les canaux plus à l'est (6d, 6e, 6f) sont beaucoup trop éloignés du chenal principal ou même de l'extension du canal 7 vers le chenal principal pour que leur entretien soit envisagé.

L'extension du canal 7 est le seul canal disponible qui permet aux embarcations des canaux 6 à 8 d'accéder au chenal de navigation principal de la rivière Richelieu qui longe le côté ouest de l'Île-aux-Noix. Ce canal traverse une vaste zone dont les profondeurs varient entre 0,5 m et 1,0 m et devra donc être entretenu à une profondeur minimale de 1,5 m.

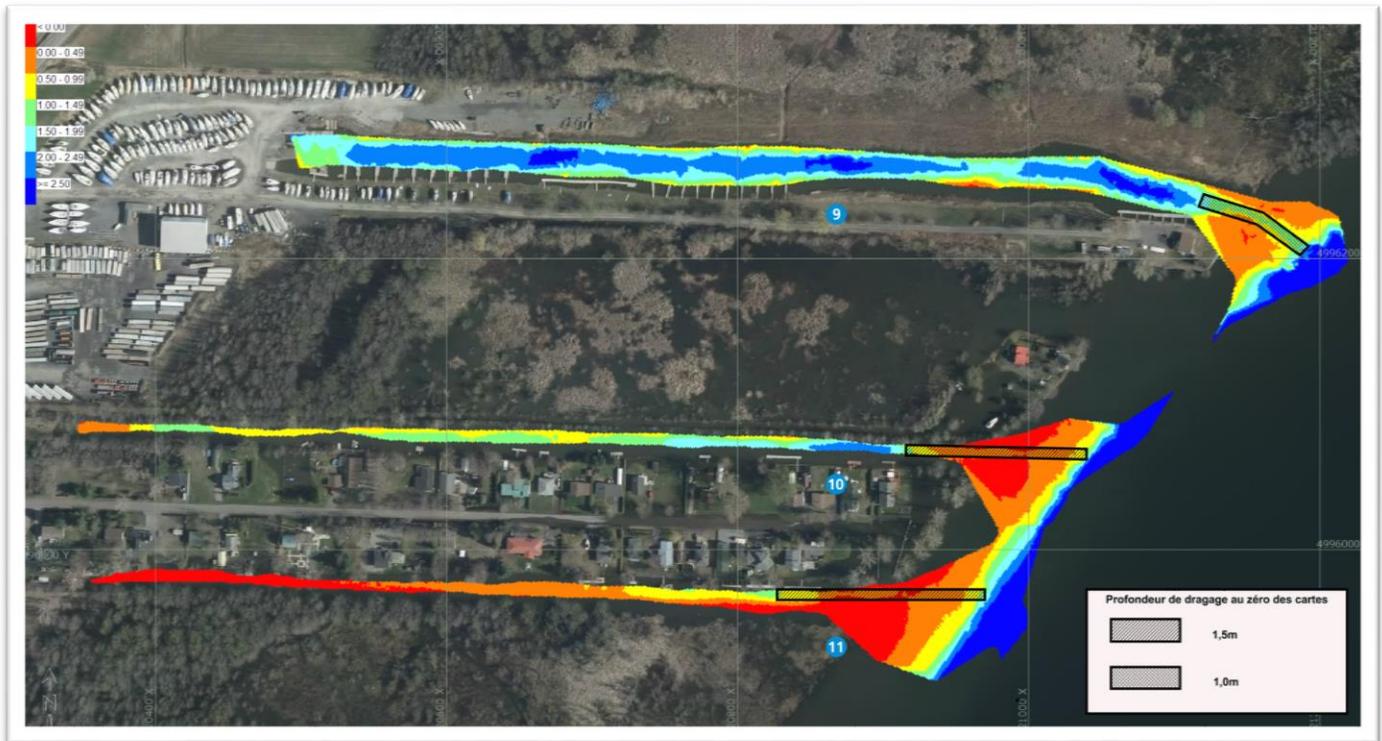
Figure 3.10 Bathymétrie des canaux 6 à 8 de la partie centrale de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.



3.2.6.2 Canaux de la partie sud

Cinq canaux se retrouvent dans la partie sud de la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix (figures 3.12 et 3.13). À l'exception du canal 9 qui est plus profond, tous ces canaux sont peu profonds et varient en profondeur entre 0,0 m et 1,5 m. Le canal 9 qui est opéré par la marina Bouée 514 (Marina Lennox) est caractérisé par des profondeurs maximales supérieures à 2,5 m. Par contre, toutes les embouchures nécessitent un entretien. Le canal 9 est limité à une profondeur de 1,0 m et devra donc être entretenu à 1,5 m. Les deux canaux plus au sud (les canaux 10 et 11) sont très peu profonds, particulièrement le canal 11 alimenté par le ruisseau Gamache. Ces canaux ont à peine 0,5 à 1,0 m de profondeur. Leur embouchure devra être approfondie à 1,0 m.

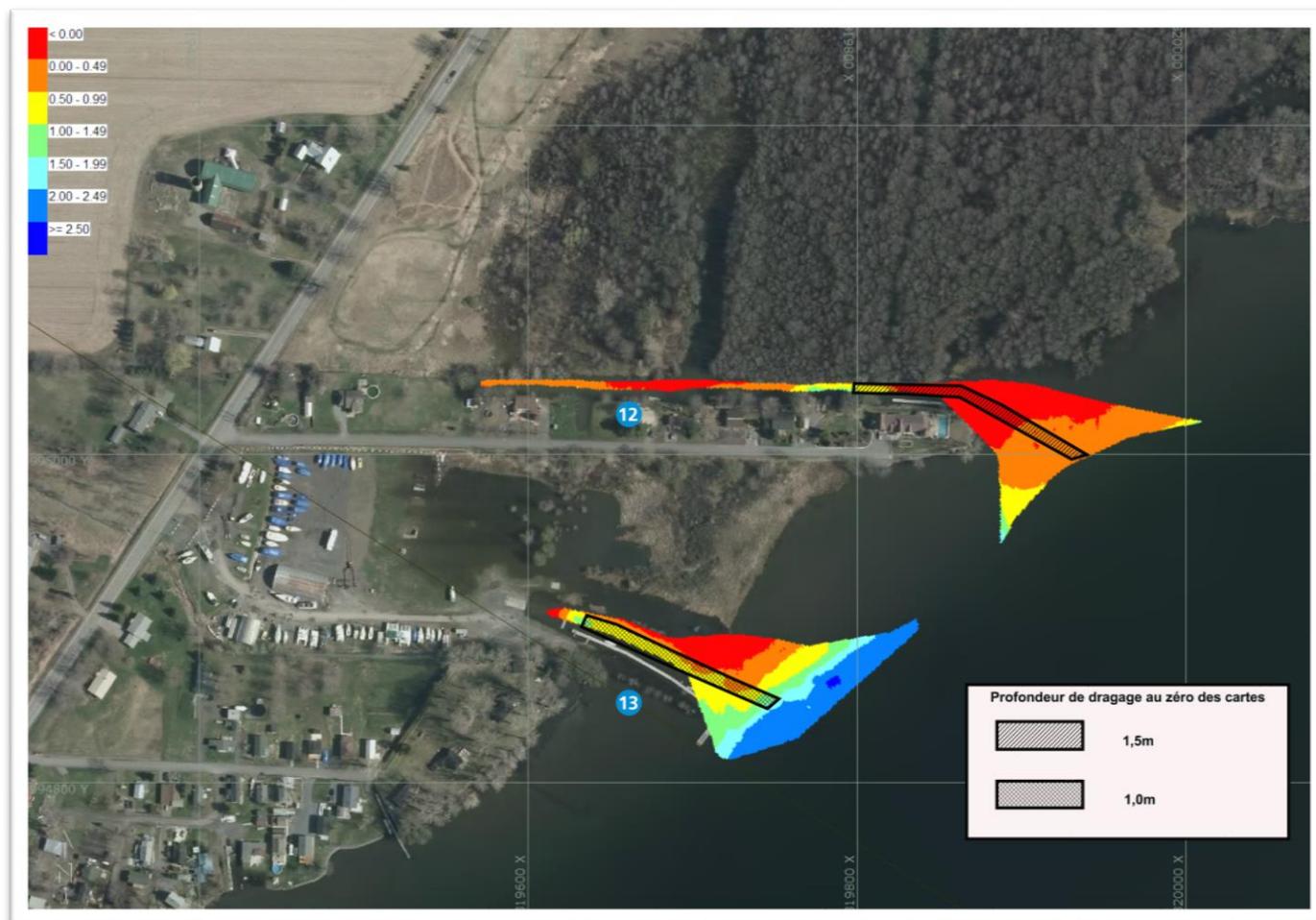
Figure 3.11 Bathymétrie des canaux 9 à 11 de la partie sud de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix



Les canaux 12 et 13 situés à l'extrémité sud sont aussi peu profonds soit des profondeurs maximales de 1,0 m (figure 3.13). Le canal 12 est très étroit et se termine dans une zone marécageuse. Son embouchure est caractérisée par une zone de moins de 0,0 m qui devra être approfondi à 1,0 m.

Le canal 13 est très court et abrite les opérations de la marina Éole inc. (Ben Marine inc.). Les profondeurs d'eau à l'intérieur comme à l'embouchure varient de 0,0 à 1,0 m. L'embouchure et une partie du canal devraient être approfondis à 1,5 m.

Figure 3.12 Bathymétrie des canaux 12 et 13 de la partie sud de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.



3.2.6.3 Canaux de la partie nord

Les canaux de la partie nord comprennent 2 canaux privés (16 et 18), 2 canaux commerciaux opérés par la Marina Le Refuge (14 et 15) et un canal encore vierge récemment acquis par M. Gilles Robert.

Les canaux 14 et 15, actuellement utilisés par la marina Le Refuge, disposent de profondeurs maximales variant de 1,5 m à plus de 2,5 m. Les profondeurs des embouchures varient de moins de 0,0 m à 1,0 m et devront donc être approfondies à 1,5 m pour permettre une libre circulation.

Le canal 17 situé au nord possède une profondeur maximale de 1,5 à 2,0 m, mais la profondeur de son embouchure est inférieure à 0,0 m. Pour l'instant, ce canal n'est pas utilisé, mais lorsqu'il sera en activité, il devra au moins être approfondi à la profondeur de 1,0 m.

Les canaux 16 et 18 sont deux canaux privés dont le canal d'accès est peu profond soit entre 0,0 m et 0,5 m. Ils devront être entretenus à 1,0 m.

Figure 3.13 Bathymétrie des canaux 14 à 17 de la partie nord de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

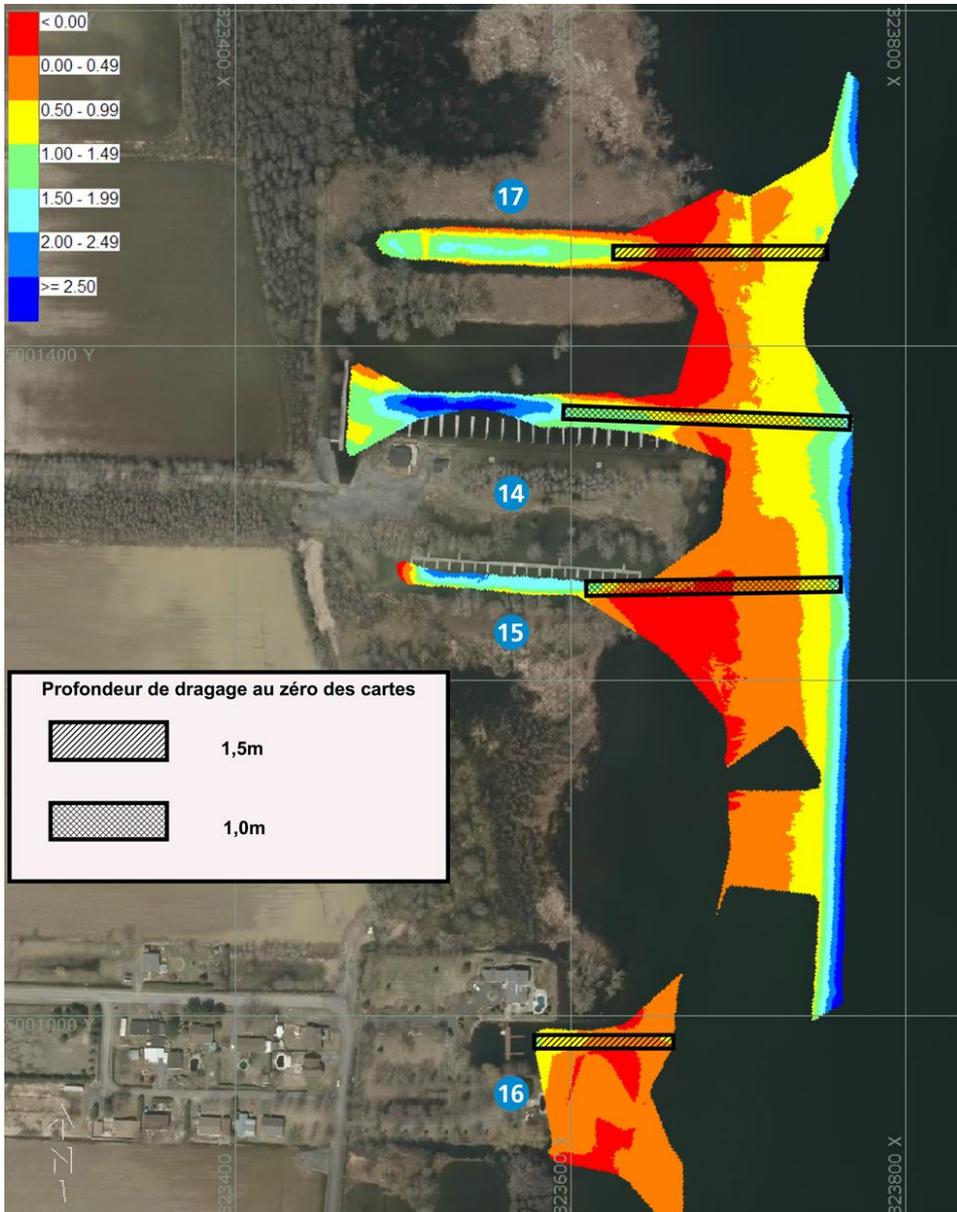
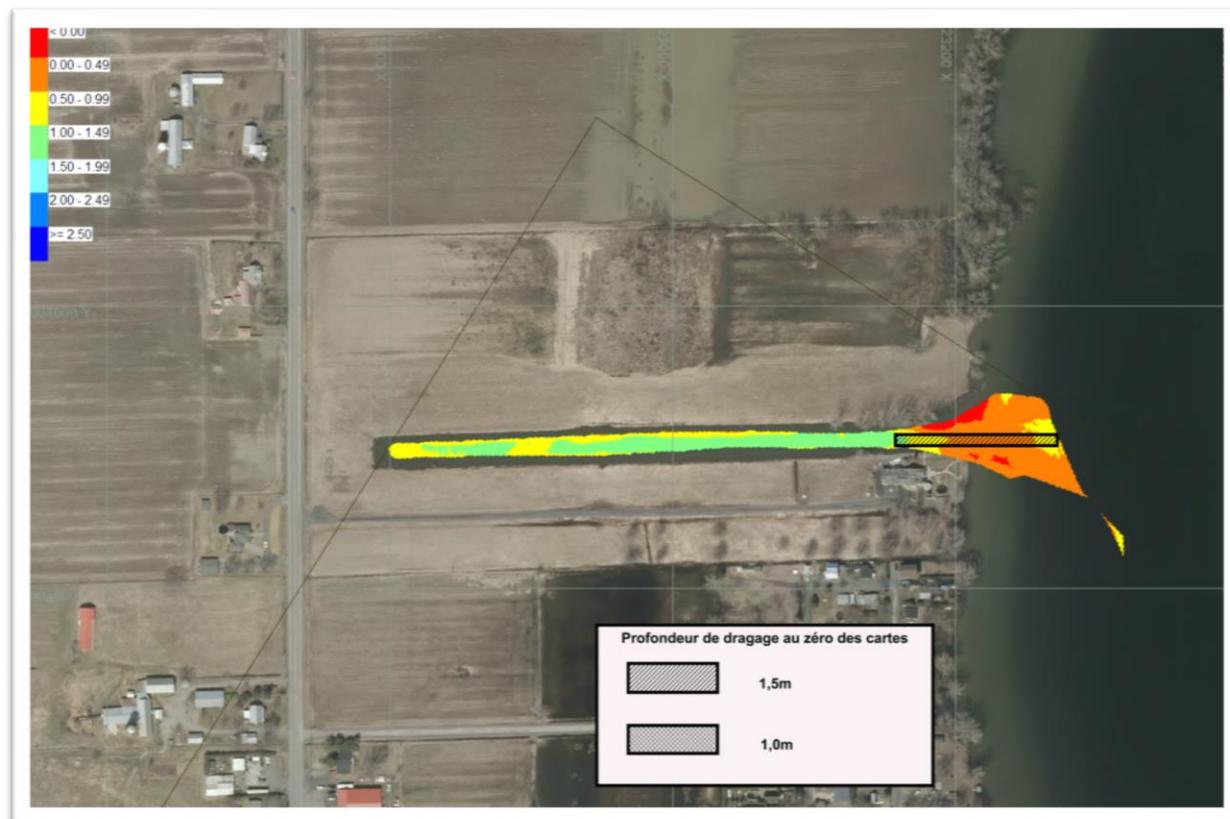


Figure 3.14 Bathymétrie du canal 18 de la partie nord de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix



3.2.7 Nature et qualité des sédiments

Une caractérisation de la nature et de la qualité des sédiments a été effectuée en avril 2017. En tout, 54 échantillons des sédiments de surface ont été recueillis et analysés. De plus, 12 prélèvements effectués pour des organismes privés ont été réalisés dans les canaux 9 et 16. Des échantillons supplémentaires ont été prélevés et analysés en mai 2018 afin de vérifier certaines teneurs situées près des critères de gestion pour les sols. Tous les résultats des analyses ont été regroupés selon le type d'analyse, soit granulométrique, soit chimique. La méthodologie détaillée et les résultats sont consignés dans un rapport sectoriel joint à l'annexe A (Pelletier, 2018). Les sections qui suivent présentent ces résultats. Les figures 3.16 à 3.20 illustrent la localisation des échantillons analysés.

Figure 3.15 Localisation des échantillons de sédiments (partie centrale).



Figure 3.16 Localisation des échantillons de sédiments (partie sud a).



Figure 3.17 Localisation des échantillons de sédiments (partie sud b).



Figure 3.18 Localisation des échantillons de sédiments (partie nord a).



Figure 3.19 Localisation des échantillons de sédiments (partie nord b).



Les résultats des analyses granulométriques montrent une bonne homogénéité dans la granulométrie des sédiments. Ceux-ci sont composés principalement de silt et de sable fin. La proportion en sable tend à augmenter à l'embouchure des canaux alors que la proportion en silt diminue proportionnellement. Ces sédiments sont peu triés avec une asymétrie vers les particules fines. Le tableau suivant présente les résultats des analyses.

Tableau 3.2 Granulométrie des échantillons de sédiments.

<i>Station</i>	<i>≥ sable fin</i>	<i>sable très fin et silt très grossier</i>	<i>≤ silt grossier</i>
1	25%	40%	36%
2	15%	46%	39%
3	13%	48%	39%
4	14%	37%	48%
5	14%	39%	47%
6	33%	43%	24%
7	14%	43%	44%
8	28%	33%	39%
9	18%	37%	45%
10	23%	36%	40%
11	16%	42%	42%
12	27%	32%	42%
13	15%	38%	47%
14	15%	45%	40%
15	15%	56%	29%
16	15%	51%	34%
17	8%	52%	40%
18	91%	6%	4%
19	10%	56%	33%
20	7%	46%	46%
21	9%	59%	32%
22	6%	52%	43%
23	8%	50%	41%
24	14%	53%	33%
25	21%	30%	49%
26	8%	51%	41%
27	10%	55%	35%
28	70%	20%	10%
29	10%	65%	25%
30	9%	61%	31%
31	7%	72%	21%
32	10%	68%	21%
33	17%	46%	36%
34	17%	40%	43%
35	12%	64%	24%
36	19%	56%	26%
37	12%	51%	37%
38	9%	52%	39%
39	12%	55%	34%
40	7%	49%	44%
41	11%	57%	32%
42	42%	49%	9%
43	9%	52%	38%
44	43%	44%	12%
45	9%	57%	34%
46	8%	43%	49%
47	9%	50%	41%
48	16%	50%	34%
49	8%	28%	64%
50	9%	44%	47%
51	13%	47%	40%
52	34%	40%	26%
53	10%	41%	49%
54	9%	39%	51%
55	22%	41%	37%
56	24%	40%	35%
57	21%	38%	41%
58	22%	44%	34%
59	23%	45%	32%
60	23%	43%	34%
61	26%	57%	17%
62	11%	46%	42%
63	4%	23%	73%
64	18%	46%	35%
65	27%	36%	37%
66	16%	41%	43%
Moyenne	18%	46%	36%

3.2.7.1 Qualité chimique

Les résultats des analyses chimiques de la qualité des sédiments sont utilisés principalement dans la sélection du mode de gestion des sédiments. Les sédiments excavés peuvent faire l'objet d'une gestion soit terrestre, donc disposés dans un site prévu à cet effet ou être rejetés en eau libre sur un site autorisé. Les critères utilisés en milieu terrestre proviennent du guide d'intervention — Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés du MDDELCC (2017). Ce guide rassemble les exigences, les façons de faire et les procédures d'intervention prévues à la Politique de réhabilitation des terrains contaminés.

Ces critères (A, B, C) utilisés pour l'évaluation et la gestion des sols et des sédiments sont définis comme suit :

- Critère A : Teneurs de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques. La limite de quantification est définie comme la concentration minimale qui peut être quantifiée à l'aide d'une méthode d'analyse avec une fiabilité définie.
- Critère B (valeurs limites réglementaires de l'annexe I du Règlement sur la Protection des Sols et des Terrains Contaminés (RPRT)) : Limite maximale acceptable pour des terrains résidentiels ou des terrains où se déroulent certains usages institutionnels (établissements d'enseignement primaire ou secondaire, centres de la petite enfance, garderies, centres hospitaliers, centres d'hébergement et de soin longue durée, centres de réadaptation, centres de protection de l'enfance ou de la jeunesse, établissements de détention) et le premier mètre des aires de jeu des parcs municipaux.
- Critère C (valeurs limites réglementaires de l'annexe II du RPRT) : Limite maximale acceptable pour des terrains industriels, commerciaux, institutionnels non sensibles et récréatifs (pistes cyclables et parcs municipaux, sauf le premier mètre des aires de jeu), de même que pour ceux destinés à former l'assiette d'une chaussée ou d'un trottoir en bordure de celle-ci.

Pour la gestion des sédiments en eau libre sur le territoire québécois, cinq critères permettent d'établir le niveau de contamination des sédiments marins au Québec : la concentration d'effets rares (CER), la concentration seuil produisant un effet (CSE), la concentration d'effets occasionnels (CEO), la concentration produisant un effet probable (CEP) et la concentration d'effets fréquents (CEF). Ces critères sont présentés aux tableaux des résultats analytiques (tableaux 3.3 à 3.6). Il est ainsi possible de définir trois plages de concentration de substances chimiques (Environnement Canada et MDDEP, 2007) :

- La plage des concentrations les plus faibles, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont rarement observés (classe 1);
- La plage des effets possibles, située entre la CSE et la CEP, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont parfois observés (classe 2);
- La plage des effets probables, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont fréquemment observés (classe 3).

Sous le seuil de la CEO, le rejet en eau libre est possible, car la probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est relativement faible. Lorsque la concentration mesurée est supérieure au seuil de la CEO, mais inférieure au seuil du CEF, le rejet en eau libre ne peut être considéré comme option valable que si l'innocuité des sédiments pour le milieu récepteur est démontrée par des tests de toxicité et que le dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur. Au-delà du seuil de la CEF, tout rejet de sédiments en eau libre est proscrit et les sédiments, s'ils sont dragués, doivent être traités ou confinés de façon sécuritaire.

Les tableaux 3.3 à 3.6 présentent les résultats des analyses effectuées par un laboratoire accrédité et comparent les résultats obtenus aux critères utilisés pour la gestion en milieu terrestre et en milieu aquatique.

Les résultats ne démontrent aucune contamination pour les paramètres inorganiques (métaux). Les composés organiques montrent certains dépassements des limites de quantification, lesquelles sont de 0,1 PPM pour les composés individuels d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Les dépassements portent uniquement sur le critère A des HAP, bien que dans la plupart des cas, il ne s'agit que d'une décimale supplémentaire suivant le 0,1 (0,15 à 0,19). Les stations suivantes présentent un dépassement significatif du critère A en HAP :

- Partie centrale : stations 1, 3, 9, 50, 51;
- Partie nord : station 63.

Donc sur les 66 stations échantillonnées, 60 stations sont de qualité supérieure à A et 6 sont dans la plage AB.

Tableau 3.3 Résultats des analyses chimiques

Paramètre	Unité	Limite de détection	Critères en eau douce (EC/MDEP 2007)					Critères de sol (MDELCC, 2017)			1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17																
			CER	CSE	CEO	CEP	CEF	A	B	C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Carbone organique total (par titrage)	%	0.05	-	-	-	-	-	-	17.9	20.8	29.0	13.0	13.3	1.5	12.4	9.2	8.7	9.3	11.9	8.5	8.4	11.9	6.9	6.9	6.9		
Matière organique par oxydation chimique	%	< 0.01	-	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	44.000	85.000	<100	<100	<100	<100	<100	<100		
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	<100	-	-	-	-	-	-	300	700	3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Métaux																											
Arsenic	mg/kg	0.7	4.1	5.9	7.6	17	23	6	30	50	2.3	3.0	2.6	3.0	2.7	1.4	2.8	3.2	2.4	3.3	3.2	3.4	2.6	2.8	1.4	2.3	2.6
Cadmium	mg/kg	0.3	0.33	0.6	1.7	3.5	12	1.5	5	20	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	<0.30	0.6	0.7	0.5	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	<0.30	0.5	0.6
Chrome	mg/kg	1	25	37	57	90	120	100	250	800	22	24	23	32	28	19	30	36	29	47	39	34	32	27	19	20	28
Cuivre	mg/kg	1	22	36	63	200	700	50	100	500	28	33	38	33	32	13	39	36	27	79	63	32	27	29	17	21	25
Mercurure	mg/kg	0.02	0.094	0.17	0.25	0.49	0.87	0.2	2	10	0.13	0.16	0.17	0.09	0.09	0.03	0.09	0.05	0.06	0.04	0.04	0.03	0.07	0.08	0.06	0.09	0.07
Nickel	mg/kg	2	ND	ND	47	ND	ND	50	100	500	18	21	20	27	23	17	24	31	25	32	28	29	27	24	13	17	22
Plomb	mg/kg	5	25	35.000	52	91.000	150	50	500	1000	13	15	16	28	52	8	13	11	12	18	17	10	8	9	8	11	13
Zinc	mg/kg	5	80	120	170	310	770	140	500	1500	64	75	66	74	73	44	82	74	70	136	112	73	63	65	40	60	77
Sommation des BPC congénères (41 composés)	mg/kg	0.012	0.025	0.034	0.079	0.28	0.78	0.2	1	10	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.016	<0.010	<0.012	0.109	<0.012	0.097	0.139	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																											
Acénaphtène	mg/kg	0.003	0.0037	0.0067	0.021	0.089	0.94	0.1	10	100	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.003	<0.006	<0.009	<0.009	<0.009	<0.012	<0.009	<0.009	<0.009	<0.003	0.014	<0.009
Acénaphtylène	mg/kg	0.003	0.0033	0.0059	0.03	0.13	0.34	0.1	10	100	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.012	<0.003	<0.006	<0.009	<0.009	<0.012	<0.009	<0.009	<0.009	<0.009	0.013	<0.006	<0.009
Anthracène	mg/kg	0.01	0.016	0.047	0.11	0.24	1.1	0.1	10	100	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.01	<0.02	<0.03
Benzo (a) anthracène	mg/kg	0.01	0.014	0.032	0.12	0.39	0.76	0.1	1	10	0.08	<0.04	0.12	<0.04	0.07	<0.01	<0.02	<0.03	0.09	0.04	<0.04	0.04	<0.03	<0.03	0.05	0.07	0.04
Benzo (a) pyrène	mg/kg	0.01	0.011	0.032	0.15	0.78	3.2	0.1	1	10	0.08	0.04	0.19	<0.04	0.07	<0.01	<0.02	<0.03	0.14	0.05	<0.04	0.05	<0.03	<0.03	0.07	0.1	0.06
Benzo (e) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	0.05	0.13	<0.04	0.06	<0.01	<0.02	<0.03	0.12	0.05	<0.04	0.05	<0.03	<0.03	0.05	0.07	0.05
Benzo (b) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.09	0.06	0.18	<0.04	0.07	<0.01	<0.02	<0.03	0.17	0.06	<0.04	0.06	<0.03	<0.03	0.07	0.09	0.07
Benzo (j) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.05	<0.04	0.10	<0.04	0.04	<0.01	<0.02	<0.03	0.09	<0.03	<0.04	0.03	<0.03	<0.03	0.04	0.04	0.04
Benzo (k,l) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	10	100	0.19	0.06	0.38	<0.04	0.11	<0.01	<0.02	<0.03	0.35	0.06	<0.04	0.09	<0.03	<0.03	0.15	0.18	0.14
Benzo (c) phénanthrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.07	0.05	0.15	<0.04	0.04	<0.01	<0.02	<0.03	0.11	0.04	<0.04	0.04	<0.03	<0.03	0.05	0.07	0.05
Chrysène	mg/kg	0.01	0.026	0.057	0.24	0.86	1.6	0.1	1	10	0.11	0.05	0.17	<0.04	0.07	<0.01	<0.02	<0.03	0.15	0.06	<0.04	0.07	<0.03	0.03	0.05	0.09	0.06
Dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg	0.003	0.0033	0.0062	0.043	0.14	0.20	0.1	1	10	0.028	0.024	0.052	<0.012	0.016	<0.003	<0.006	<0.009	0.042	0.011	<0.012	0.012	<0.009	<0.009	0.020	0.019	0.016
Dibenzo (a,i) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	0.01	0.02	<0.03
Dibenzo (a,h) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
Dibenzo (a,i) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
7,12-Diméthylbenzo (a) anthracène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
Fluoranthène	mg/kg	0.01	0.047	0.11	0.45	2.4	4.9	0.1	10	100	0.25	0.12	0.39	0.06	0.13	0.01	<0.02	0.03	0.34	0.1	<0.04	0.1	<0.03	0.06	0.09	0.14	0.12
Fluorène	mg/kg	0.01	0.010	0.021	0.061	0.14	1.2	0.1	10	100	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.05	<0.04	0.11	<0.04	0.05	<0.01	<0.02	<0.03	0.10	0.04	<0.04	0.04	<0.03	<0.03	0.04	0.06	0.04
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
Naphtalène	mg/kg	0.01	0.017	0.035	0.12	0.39	1.2	0.1	5	50	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
Phénanthrène	mg/kg	0.01	0.025	0.042	0.13	0.52	1.1	0.1	5	50	0.09	<0.04	0.07	0.04	<0.04	0.01	<0.02	<0.03	0.07	0.04	0.05	0.04	<0.03	0.04	0.02	0.09	0.06
Pyrène	mg/kg	0.01	0.029	0.053	0.23	0.88	1.5	0.1	10	100	0.17	0.07	0.21	0.05	0.12	0.01	<0.02	0.03	0.23	0.1	<0.04	0.09	<0.03	0.05	0.07	0.12	0.08
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.01	0.016	0.020	0.063	0.20	0.38	0.1	1	10	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	0.03	<0.03
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.02	<0.03	<0.03	<0.03	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.01	<0.02	<0.03
HAP totaux (somme bas & haut poids)	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	1.08	0.41	1.66	0.15	0.74	0.03	<0.02	0.06	1.53	0.59	0.05	0.82	<0.03	0.18	0.59	1.07	0.63

Tableau 3.5 Résultats des analyses chimiques (suite)

Paramètre	Unité	Limite de détection	Critères en eau douce (EC/MDEP 2007)					Critères de sol (MDELC 2017)			Stations																
			CER	CSE	CEO	CEP	CEF	A	B	C	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
Carbone organique total (par titrage)	%	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	2.4	2.3	4.7	8.3	4.7	5.8	3.8	1.1	4.4	1.1	4.3	6.7	4.4	3.3	17.0	4.8	
Matière organique par oxydation chimique	%	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	<100	-	-	-	-	-	300	700	3500	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	
Métaux																											
Arsenic	mg/kg	0.7	4.1	5.9	7.6	17	23	6	30	50	1.1	1.1	1.6	1.4	1.3	1.3	1.1	<0.7	1.3	0.9	1.2	2.3	2.0	1.6	3.7	1.5	
Cadmium	mg/kg	0.3	0.33	0.6	1.7	3.5	12	1.5	5	20	<0.30	<0.30	0.4	0.4	<0.30	0.3	0.3	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	0.6	0.5	0.4	0.6	<0.30	
Chrome	mg/kg	1	25	37	57	90	120	100	250	800	11	11	24	26	14	18	15	7	16	6	15	39	40	36	24	14	
Cuivre	mg/kg	1	22	36	63	200	700	50	100	500	10	9	24	22	14	17	14	5	14	4	14	29	25	21	38	16	
Mercure	mg/kg	0.02	0.094	0.17	0.25	0.49	0.87	0.2	2	10	0.03	0.03	0.05	0.07	0.04	0.05	0.04	<0.02	0.03	<0.02	0.04	0.05	0.04	0.03	0.09	0.04	
Nickel	mg/kg	2	ND	ND	47	ND	ND	50	100	500	8	9	19	17	10	13	11	5	12	5	12	24	25	22	24	13	
Plomb	mg/kg	5	25	35,000	52	91,000	150	50	500	1000	5	6	11	13	7	10	9	17	8	<5	9	15	13	11	10	6	
Zinc	mg/kg	5	80	120	170	310	770	140	500	1500	34	35	67	48	31	45	40	18	37	15	40	74	69	58	58	39	
Sommaire des BPC congénères (41 composés)	mg/kg	0.012	0.025	0.034	0.079	0.28	0.78	0.2	1	10	<0.010	<0.010	<0.010	0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.012	<0.010	<0.010	0.074	<0.010	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																											
Acénaphthène	mg/kg	0.003	0.0037	0.0067	0.021	0.089	0.94	0.1	10	100	<0.003	<0.003	<0.006	<0.006	<0.003	<0.006	<0.003	<0.003	<0.006	<0.003	<0.006	<0.009	<0.006	<0.006	<0.012	<0.009	
Acénaphthylène	mg/kg	0.003	0.0033	0.0059	0.03	0.13	0.34	0.1	10	100	<0.003	<0.003	0.007	<0.006	<0.003	<0.006	<0.003	<0.003	<0.006	<0.003	<0.006	<0.009	<0.006	<0.006	<0.012	0.01	
Anthracène	mg/kg	0.01	0.016	0.047	0.11	0.24	1.1	0.1	10	100	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Benzo (a) anthracène	mg/kg	0.01	0.014	0.032	0.12	0.39	0.76	0.1	1	10	<0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	0.03	0.02	0.05	0.06	
Benzo (a) pyréne	mg/kg	0.01	0.011	0.032	0.15	0.78	3.2	0.1	1	10	<0.01	0.01	0.03	<0.02	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.08	
Benzo (e) pyréne	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	0.01	0.03	<0.02	<0.01	<0.02	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	0.04	0.03	0.03	<0.04	0.07	
Benzo (b) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	0.02	0.03	<0.02	0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	0.04	0.04	0.03	0.05	0.1	
Benzo (j) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	0.02	<0.02	<0.01	<0.02	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	0.02	<0.02	<0.04	0.05	
Benzo (k) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	0.02	<0.02	<0.04	0.05	
Benzo (b,j,k) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	0.02	0.05	<0.02	0.01	0.02	0.03	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	0.04	0.03	0.03	0.05	0.2	
Benzo (c) phénanthrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	0.01	0.03	<0.02	0.02	<0.02	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	0.02	0.02	<0.04	0.08	
Chrysoène	mg/kg	0.01	0.026	0.057	0.24	0.86	1.6	0.1	1	10	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.03	<0.01	<0.02	0.03	<0.02	0.06	0.09		
Dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg	0.003	0.0033	0.0062	0.043	0.14	0.20	0.1	1	10	0.003	0.005	0.016	0.006	<0.003	0.006	0.003	<0.003	<0.006	<0.003	<0.006	0.01	0.008	0.007	<0.012	0.024	
Dibenzo (a,i) pyréne	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Dibenzo (a,h) pyréne	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Dibenzo (a,l) pyréne	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
7,12-Diméthylbenzo (a) anthracène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Fluoranthène	mg/kg	0.01	0.047	0.11	0.45	2.4	4.9	0.1	10	100	0.02	0.03	0.06	0.04	0.02	0.04	0.03	0.01	0.02	<0.01	0.03	0.06	0.07	0.04	0.14	0.21	
Fluorène	mg/kg	0.01	0.010	0.021	0.061	0.14	1.2	0.1	10	100	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Indéno (1,2,3-cd) pyréne	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	0.01	0.03	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	0.02	<0.02	<0.04	0.06	
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Naphthalène	mg/kg	0.01	0.017	0.035	0.12	0.39	1.2	0.1	5	50	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
Phénanthrène	mg/kg	0.01	0.025	0.042	0.13	0.52	1.1	0.1	5	50	0.01	0.01	<0.02	<0.02	0.03	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	0.03	<0.02	0.05	0.06	
Pyréne	mg/kg	0.01	0.029	0.053	0.23	0.88	1.5	0.1	10	100	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.03	0.02	<0.01	<0.02	<0.01	0.02	0.04	0.05	0.02	0.09	0.14	
1-Méthyl-naphthalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
2-Méthyl-naphthalène	mg/kg	0.01	0.016	0.020	0.063	0.20	0.38	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	0.04	
1,3-Diméthyl-naphthalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
2,3,5-Triméthyl-naphthalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.02	<0.03	<0.02	<0.02	<0.04	<0.03	
HAP totaux (somme bas & haut poids)	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.15	0.36	0.12	0.12	0.16	0.15	0.01	0.05	<0.01	0.05	0.26	0.41	0.2	0.49	0.96	

Note : les valeurs en jaune indique un dépassement du critère A Les valeurs en orange indique un dépassement du critère B

Tableau 3.6 Résultats des analyses chimiques (suite)

Paramètre	Unité	Limite de détection	Critères en eau douce (EC/MDDPE 2007)					Critères de sol (MDD/LCC 2017)			S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S60 S61 S62 S63 S64 S65 S66																
			CER	CSE	CEO	CEP	CEF	A	B	C	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	
Carbone organique total (par titrage)	%	0.05	-	-	-	-	-	-	3.6	2.1	8.1	8.4	6.5	4.4	12.4	8.3	2.5	5.1	1.46	3.02	5.45	2.30	2.88	1.80			
Matière organique par oxydation chimique	%	<0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.52	5.20	9.39	3.96	4.96	3.10			
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	<100	-	-	-	-	300	700	3500	<100	<100	<100	<100	<200	<100	<200	<200	<100	<100	<100	130	<100	<100	<100			
Métaux																											
Arsenic	mg/kg	0.7	4.1	5.9	7.6	17	23	6	30	50	2.0	2.1	2.6	2.6	2.1	1.8	2.4	2.9	0.8	1.8	1.1	1.6	2.6	1.1	1.6	1.9	
Cadmium	mg/kg	0.3	0.33	0.6	1.7	3.5	12	1.5	5	20	0.4	0.3	0.6	0.6	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.30	<0.1	0.1	0.3	<0.1	0.1	0.2	
Chrome	mg/kg	1	25	37	57	90	120	100	250	800	22	17	29	29	19	15	21	23	8	17	10	22	40	13	21	31	
Cuivre	mg/kg	1	22	36	63	200	700	50	100	500	19	14	32	33	23	18	22	23	6	19	7	13	25	6	9	13	
Mercure	mg/kg	0.02	0.094	0.17	0.25	0.49	0.87	0.2	2	10	0.03	0.04	0.07	0.07	0.05	0.05	0.06	0.06	0.02	0.04	0.02	0.03	0.06	0.02	0.03	0.03	
Nickel	mg/kg	2	ND	ND	47	ND	ND	50	100	500	17	14	23	23	16	12	17	19	6	13	8	15	27	8	14	19	
Plomb	mg/kg	5	25	35.000	52	91.00	150	50	500	1000	11	10	17	16	12	10	13	15	<5	9	4	8	14	6	7	8	
Zinc	mg/kg	5	80	120	170	310	770	140	500	1500	65	54	80	78	62	50	65	71	26	50	13	32	68	17	31	41	
Sommaire des BPC congénères (41 composés)	mg/kg	0.012	0.025	0.034	0.079	0.28	0.78	0.2	1	10	<0.010	<0.010	<0.012	<0.016	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.005	<0.007	<0.010	<0.005	<0.005	<0.005	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)																											
Acénaphthène	mg/kg	0.003	0.0037	0.0067	0.021	0.089	0.94	0.1	10	100	0.009	0.006	<0.009	<0.012	0.004	<0.003	0.004	0.004	<0.003	0.003	<0.003	<0.03	0.033	<0.003	<0.003	<0.003	
Acénaphthylène	mg/kg	0.003	0.0033	0.0059	0.03	0.13	0.34	0.1	10	100	<0.003	<0.003	<0.009	<0.012	0.009	0.011	0.011	0.009	<0.003	0.015	<0.003	<0.03	0.007	0.005	0.004	<0.003	
Anthracène	mg/kg	0.01	0.016	0.047	0.11	0.24	1.1	0.1	10	100	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	<0.01	0.02	<0.005	<0.05	0.02	0.008	0.006	<0.005	
Benzo (a) anthracène	mg/kg	0.01	0.014	0.032	0.12	0.39	0.76	0.1	1	10	0.05	0.03	0.04	0.04	0.04	0.06	0.03	0.03	<0.01	0.05	0.011	<0.05	0.10	0.025	0.015	0.006	
Benzo (a) pyrène	mg/kg	0.01	0.011	0.032	0.15	0.78	3.2	0.1	1	10	0.08	0.05	0.05	0.04	0.04	0.07	0.04	0.04	0.01	0.06	0.011	<0.05	0.19	0.031	0.015	0.007	
Benzo (e) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.01	0.05	0.010	<0.05	0.18	0.024	0.013	0.007		
Benzo (b) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.07	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.04	0.01	0.05	0.010	<0.05	0.24	0.024	0.013	0.007	
Benzo (j) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.04	0.02	0.03	0.03	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	
Benzo (k) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.04	0.03	0.03	0.03	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.12	<0.01	<0.01	<0.01	
Benzo (b,k) fluoranthène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.15	0.09	0.12	0.06	0.09	0.15	0.09	0.11	0.01	0.13	0.027	0.059	0.48	0.066	0.037	0.009	
Benzo (c) phénanthrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.05	0.03	<0.005	<0.005	<0.005	
Benzo (g,h,i) pérylène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.06	0.04	0.05	<0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	<0.01	0.04	0.010	<0.05	0.19	0.022	0.012	<0.005	
Chrysène	mg/kg	0.01	0.026	0.057	0.24	0.86	1.6	0.1	1	10	0.06	0.04	0.06	0.05	0.06	0.09	0.05	0.05	0.01	0.07	0.017	0.065	0.22	0.031	0.019	0.010	
Dibenzo (a,h) anthracène	mg/kg	0.003	0.0033	0.0062	0.043	0.14	0.20	0.1	1	10	0.019	0.009	0.017	<0.012	0.011	0.015	0.011	0.013	0.003	0.015	<0.003	<0.03	0.049	0.005	<0.003	<0.003	
Dibenzo (a,i) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.02	0.02	<0.03	<0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	<0.01	0.03	<0.01	<0.09	0.04	<0.01	<0.01	<0.01	
Dibenzo (a,j) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	<0.003	<0.03	<0.02	0.005	<0.003	<0.003	
Dibenzo (a,l) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.003	<0.03	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	
7,12-Diméthylbenzo (a) anthracène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	
Fluoranthène	mg/kg	0.01	0.047	0.11	0.45	2.4	4.9	0.1	10	100	0.09	0.08	0.13	0.13	0.1	0.15	0.07	0.08	0.02	0.11	0.028	0.149	0.57	0.058	0.036	0.017	
Fluorène	mg/kg	0.01	0.010	0.021	0.061	0.14	1.2	0.1	10	100	0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	0.05	0.03	0.04	<0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	<0.01	0.03	0.010	<0.05	0.16	<0.005	0.014	<0.005	
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	
Naphthalène	mg/kg	0.01	0.017	0.035	0.12	0.39	1.2	0.1	5	50	0.01	<0.01	<0.03	<0.04	0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	
Phénanthrène	mg/kg	0.01	0.025	0.042	0.13	0.52	1.1	0.1	5	50	0.04	0.03	0.04	<0.04	0.03	0.08	0.03	0.06	0.01	0.04	0.012	0.061	0.15	0.025	0.019	0.009	
Pyrene	mg/kg	0.01	0.029	0.053	0.23	0.88	1.5	0.1	10	100	0.07	0.05	0.08	0.1	0.08	0.11	0.06	0.06	0.02	0.09	0.022	0.104	0.38	0.047	0.026	0.014	
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0.01	0.016	0.020	0.063	0.20	0.38	0.1	1	10	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	0.02	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	<0.01	0.01	<0.005	<0.05	<0.02	0.007	0.006	0.011	
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.01	<0.01	<0.03	<0.04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.005	<0.05	<0.02	<0.005	<0.005	<0.005	
HAP totaux (somme bas & haut poids)	mg/kg	0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	0.66	0.52	0.6	0.47	0.64	0.95	0.61	0.71	0.09	0.78	0.10	0.38	2.43	0.24	0.14	0.06	

Note : les valeurs en jaune indique un dépassement du critère A Les valeurs en orangé indique un dépassement du critère B

3.3 MILIEU BIOLOGIQUE

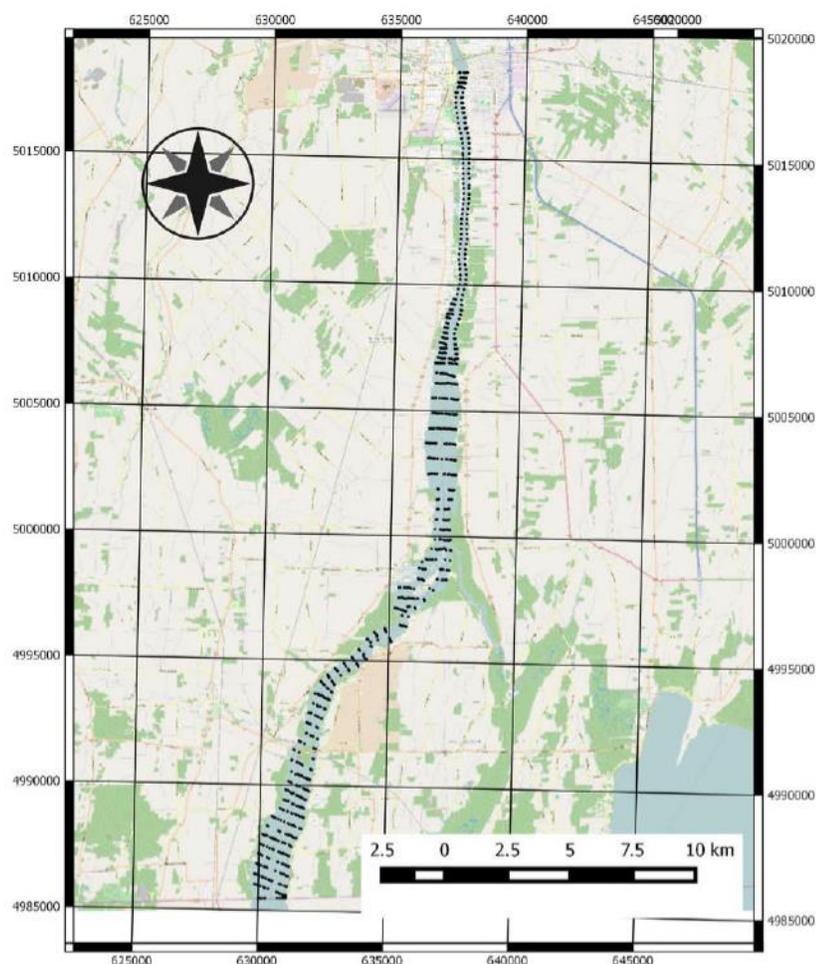
Cette section présente l'état actuel des ressources biologiques dans les zones d'intervention potentielles, soit dans les canaux à entretenir, et particulièrement celles qui risquent d'être affectées par le projet de dragage.

3.3.1 Végétation aquatique

Une campagne de travaux portant sur les substrats et les plantes aquatiques immergées dans une portion de 35 km de la rivière Richelieu couvrant la zone d'étude avait été réalisée par le Groupe Technique international du lac Champlain et de la rivière Richelieu (Groupe de travail technique international du lac Champlain et de la rivière Richelieu, 2015). La figure 3.21 illustre les levés effectués sur des transects transversaux dans la rivière Richelieu. Ces relevés comprennent des observations visuelles directes, et à l'aide d'une caméra sous-marine, l'analyse des signaux réfléchis d'un échosondeur et des prélèvements de plantes.

De manière générale, des plantes aquatiques immergées étaient présentes en eau peu profonde, mais elles étaient absentes lorsque la profondeur dépassait 2,5 m (8 pieds) près de Saint-Jean-sur-Richelieu. En remontant le cours de la rivière en direction de la frontière, la profondeur à laquelle il n'y avait plus de plantes, augmentait à 3,5 m (12 pieds). Les espèces de plantes aquatiques observées sur le terrain furent *Heterothera dubia*, *Vallisneria Americana*, *Myriophyllum spicatum*, *Myriophyllum verticillatum*, *Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton richardsonii*, *Alisma gramineum* et *Elodea Canadensis*.

Figure 3.20 Sites d'observations des plantes aquatiques sur la rivière Richelieu



Un inventaire de la flore aquatique spécifique à la zone d'étude a été réalisé en 2017. La méthodologie détaillée et la présentation des résultats sont présentées dans un rapport sectoriel distinct reporté à l'annexe B (Picard, 2018). Cet inventaire visait à dresser un portrait des principales espèces présentes et à caractériser la présence d'herbiers ainsi que leur densité dans chacun des canaux inventoriés. Les herbiers aquatiques ont été caractérisés les 4 et 5 juillet 2017 pendant la période de croissance des plantes aquatiques.

L'inventaire des herbiers aquatiques a été effectué sommairement et ne constitue pas un inventaire précis. Toutefois, l'ensemble des rives des canaux a été parcouru en bateau et les principales zones d'herbiers aquatiques ont été identifiées et caractérisées. En général, une caractérisation avait lieu en un minimum de deux points d'inventaires, soit au fond du canal et à l'embouchure. Des points de relevés végétaux supplémentaires ont été effectués aux endroits où les herbiers étaient présents ailleurs dans le canal. D'ailleurs, la majorité des herbiers étaient situés au fond des canaux et à leur embouchure, le centre demeurant normalement dégagé de végétation, en partie probablement à cause de la circulation maritime. Il était difficile, dans la plupart des cas, de bien observer l'herbier submergé à cause de la turbidité de

l'eau. Dans la majorité des cas, les herbiers émergés, flottants et submergés visibles étaient limités aux dix premiers mètres en rive.

Les herbiers aquatiques les plus denses, surtout ceux des strates submergées et flottantes, constituent des habitats importants pour les poissons comme aire d'alimentation, de reproduction et d'alevinage. De nombreuses observations de poissons dans ces herbiers ont d'ailleurs été effectuées. Les herbiers submergés et flottants les plus importants étaient situés dans les canaux n° 3, 5, 6,7, 8 11, 12, 16 et 18. Les autres canaux avaient des abondances relatives de végétation faibles (typiquement moins de 20 %) pour les herbiers submergés et flottants, bien que quelques herbiers émergés importants étaient présents dans les canaux 9, 14 et 15, mais leur importance pour la faune ichtyologique est considérée plus faible. Bien que dans plusieurs cas les plantes aquatiques n'aient pas été identifiées à l'espèce, la diversité semblait bonne. En effet, plus d'une quarantaine de taxons ont été répertoriés dans l'ensemble des canaux. Aucune des espèces répertoriées n'était à statut précaire (MDDELCC, 2015, 2014, 2012).

Les herbiers étaient dominés par les myriophylles (*Myriophyllum* sp.), le Nymphéa odorant (*Nymphaea odoratum*), la Cornifle nageante (*Ceratophyllum demersum*) et dans une moindre mesure, la lenticule mineure (*Lemna minor*), l'hydrocharide grenouillette (*Hydrocharis morsu-ranae*), les potamots (*Potamogeton* sp.) et les élodées (*Elodea* sp.). La communauté de plantes émergentes était dominée par le roseau commun (*Phragmites australis*), l'alpiste roseau (*Phalaris arundacinae*) et les sagittaires (*Sagittaria* spp.), ainsi que de façon plus localisée les quenouilles (*Typha* spp.), les scirpes (*Scirpus* spp.) et les rubaniers (*Sparganium* spp.). Ces espèces s'adaptent en général assez bien à la perturbation et aux eaux troubles, et ne demandant pas une luminosité importante. De plus, l'espèce dominante des herbiers submergés, le myriophylle, peut se disperser et se réimplanter facilement et naturellement après un arrachage.

Finalement, la présence d'au moins quatre espèces exotiques envahissantes a été remarquée, soit le roseau commun (*Phragmites australis*), le myriophylle à épi (*Myriophyllum spicatum*), le Lythrum salicaire (*Lythrum salicaria*) et l'alpiste roseau (*Phalaris arundacinae*). L'alpiste roseau et le roseau commun semblaient les plus communs et constituaient l'essentiel des herbiers émergés dans plusieurs canaux. La salicaire n'était présente qu'à deux endroits. Il a été difficile de déterminer l'envahissement du myriophylle à épis. En effet, l'identification à l'espèce n'a pas été déterminée pour tous les myriophylles. Toutefois, sur les cinq échantillons examinés, un seul était du myriophylle à épis.

Tableau 3.7 Principales caractéristiques des herbiers aquatiques retrouvés dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017.

Numéro du canal	% de recouvrement général des plantes				Densité des algues (0=nulle, 1 faible, 2 moyen, 3 élevée)	Nombre d'espèces répertoriées
	Strate émergée	Strate flottante	Strate submergée	% général herbier		
Canal 1	5 %	< 1 %	< 1 %	1 à 10 %	2	9
Canal 2	5 %	1 %	5 %	5 à 10 %	2	10
Canal 3	1 %	5 %	25 %	5 à 30 %	2	10
Canal 4	1 %	5 %	5 %	5 %	2	8
Canal 5	1 %	10-20 %	20 %	20 à 40 %	2	15
Canal 6	1 %	5 %	5-20 %	5 à 30 %	2	8
Canal 7	1 %	5- 10 %	10-20 %	15 à 25 %	2	6
Canal 8	1 %	1-10 %	10 %	2 à 20 %	2	7
Canal 9	40 %	5 %	5 %	10 à 20 %	2 à 3	5
Canal 10	1 %	5 %	5 %	5 à 10 %	1	13
Canal 11	5-10 %	20 %	10 %	10 à 40 %	1	14
Canal 12	1-30 %	30-40 %	20-30 %	40 à 90 %	1	12
Canal 13	15 %	5 %	5 %	10 à 25 %	2 à 3	9
Canal 14	10-20 %	10 %	1-5 %	20 à 30 %	2 à 3	17
Canal 15	15-30 %	5 %	1 %	20 à 40 %	2	15
Canal 16	1 %	25 %	40-60 %	> 50 %	3	5
Canal 17	1 %	5 %	10 %	5 à 10 %	2	12
Canal 18	25 %	25 %	20 %	10 à 40 %	3	11

La diversité variait grandement selon les canaux. Huit canaux abritaient une diversité supérieure à dix espèces (tableau 3.7). Ceux-ci étaient concentrés dans les secteurs nord et sud, et seul le canal 5 dans le secteur centre avait une diversité végétale élevée. L'abondance des algues était variable, les canaux les moins ombragés avaient une diversité végétale plus faible ayant une plus grande abondance relative d'algue. Le recouvrement de la végétation aquatique était globalement plutôt faible au centre, sauf dans le canal 5 et était globalement plus élevé au nord et au sud.

3.3.2 Faune aquatique

L'inventaire faunique visait principalement la faune ichthyologique, les tortues et les mulettes, mais les autres amphibiens, reptiles, écrevisses et le benthos (section suivante) ont été inclus afin de dresser un portrait faunique plus complet. L'inventaire se voulait avant tout qualitatif. Ainsi, les méthodes choisies ont été concentrées sur la détection des espèces, leur localisation et la détermination de leur abondance relative.

Un total de plus de cinq jours d'inventaire a été réalisé spécifiquement pour les poissons et les tortues. Plusieurs engins de capture ont été utilisés : le filet maillant, le gros et le petit verveux, ainsi que la grande seine et la petite seine. En plus des captures réalisées à l'aide des engins de capture, de nombreuses observations ont été également réalisées à l'aide de la recherche active. La recherche active a été réalisée en continu durant plus de sept jours. Toutes les observations visuelles de poissons, de tortues et d'anoures poissons ont été constamment notées, et certains spécimens pouvaient être capturés à l'épuisette au besoin pour les identifier. La méthodologie détaillée est présentée dans un rapport sectoriel (Picard, 2018). Tous les organismes capturés ont été dénombrés, identifiés à l'espèce, et des mesures

ont été prises selon le cas (longueur à la fourche, présence d'anomalies, poids si longueur à la fourche >100 mm). Certains organismes ont été identifiés au laboratoire avec une loupe binoculaire selon les critères des clés d'identification de Desroches (2010) et de Desroches et Picard (2013).

Pour les poissons de pêches sportives, l'indice de condition (K) a été calculé. L'indice de condition (K) se calcule comme suit :

$$K = 105 \times M / L_{\max}^3$$

où M = le poids en grammes et L_{\max} = la longueur maximale en mm

Les longueurs à la fourche (L_f) prises ont ainsi été converties à l'aide d'un facteur de conversion (F_c) afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux des autres études à l'aide de la formule suivante : $L_{\max} = F_c \times L_f$

Les facteurs de conversion (F_c) utilisés sont spécifiques à chaque espèce. Ils ont été tirés de la littérature et adaptés selon la morphologie des poissons si non disponibles. À des fins d'analyse et de comparaison, certaines espèces de poissons de pêche sportives ont été regroupées selon des catégories de taille qui correspondent à une proportion croissante du record mondial de longueur, dérivées de la littérature scientifique (Anderson et Neumann, 1996; Gabelhouse Jr, 1984). Les classes de taille sont identiques à celles utilisées par Vachon et coll. (2013). Les limites des différentes classes utilisées sont présentées au tableau 3.8 pour six espèces.

Tableau 3.8 Classes de longueur utilisées pour la perchaude, le crapet soleil, le crapet de roche, le crapet arlequin, le grand brochet et l'achigan à grande bouche.

Classe	% du record mondial	Perchaude	Crapet soleil	Crapet de roche	Crapet arlequin	Grand brochet	Achigan à grande bouche
Sous-stock (SS)	< 20 %	< 130 mm	< 80 mm	< 100 mm	< 80 mm	< 350 mm	< 200 mm
Stock (S)	20 à 26 %	130-199 mm	80-149 mm	100-179 mm	80-149 mm	350-529 mm	200-299 mm
Qualité (Q)	36 à 41 %	200-249 mm	150-199 mm	180-229 mm	150-199 mm	530-709 mm	300-379 mm
Préférée (P)	45 à 55 %	250-299 mm	200-249 mm	230-279 mm	200-249 mm	710-859 mm	380-509 mm
Mémorable (M)	59 à 64 %	300-379 mm	250-299 mm	280-329 mm	250-299 mm	860-1119 mm	510-629 mm
Trophée (T)	74 à 80 %	> 380 mm	> 300 mm	> 330 mm	> 300 mm	> 1120 mm	> 630 mm

L'ensemble des données sur les poissons capturés ont été compilées pour déterminer un indice d'intégrité biologique (IIB) global. Les présents relevés regroupent plusieurs stations et ont été effectués par plusieurs méthodes différentes. L'indice a été calculé à l'aide des critères utilisés et la manière de calculer présentée par La Violette et coll. (2003). Les informations sur le niveau trophique et la tolérance à la pollution des différentes espèces sont tirées de Saint-Jacques (1998), de même que les seuils de chaque critères.

Les tortues capturées ont été identifiées à l'espèce, mesurées, pesées, et leur stade de maturité et leur sexe, déterminés. Le sexe des tortues a été déterminé par la présence de caractères sexuels secondaires (Cagle 1954; Mosimann et Bider 1960; Ernst et coll. 1994; Desroches et Rodrigue 2004). Le stade (adulte ou immature) a été déterminé selon la présence ou non des caractères sexuels secondaires et selon la

taille des individus. À des fins d'analyse, les tortues peintes de plus de 9 cm de longueur de dossière sont considérées adultes dans la population (Desroches et Rodrigue, 2004; Desroches et Picard, 2007).

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un vernier à coulisses ou d'un vernier forestier, selon la taille des tortues qui ont été pesées à l'aide de balances à ressort, en les plaçant dans un sac accroché à la balance. Chaque tortue capturée a également été examinée pour noter les malformations, les blessures, les parasites et les autres anomalies.

Les moules vivantes étaient identifiées sur place, mesurées et remises à l'eau à l'endroit exact de leur capture. Pour les coquilles vides de moules, leur nombre par espèce (nombre de spécimens complets, nombre de valves isolées et nombre de fragments) était comptabilisé, et la qualité de la nacre (mortalité récente ou vieille coquille) a été évaluée. Des coquilles de référence ont été récoltées.

3.3.2.1 Poissons

Abondance et diversité

En tout, 23 espèces de poissons ont été répertoriées et aucune espèce n'était à statut précaire (tableau 3.9). La diversité d'espèce variait de 10 à 17 selon les secteurs. Celle-ci semblait davantage reliée à l'effort d'échantillonnage, le nombre d'engins et la diversité d'habitat présent qu'à la présence de canaux exceptionnels en terme de diversité et d'abondance. En effet, les deux secteurs avec la plus grande diversité sont également ceux avec le plus grand effort d'échantillonnage, et le canal 18, où la diversité la plus faible était également celle qui comprenait le moins grand nombre de stations et d'engins utilisés.

Plus de 1106 poissons ont été capturés avec les différents engins de pêche, en plus des très nombreuses observations effectuées (tableau 3.10). La seine a permis la capture de toutes les espèces sauf la tanche (*Tinca tinca*) et le gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*), en plus de permettre la capture de plus du trois quarts des spécimens. Les filets maillant et les verveux auront été utiles pour capturer les adultes et les gros spécimens que la seine ne permet généralement pas de capturer et pour quantifier de façon plus standardisée l'abondance de ceux-ci.

Trois espèces dominaient nettement les captures, soit le crapet soleil (*Lepomis gibbosus*), le crapet arlequin (*Lepomis macrochirus*) et la perchaude (*Perca flavescens*). Parmi les autres grosses espèces présentes en bon nombre (> 1 % des captures), on retrouvait la marigane noire (*Pomoxis nigromaculatus*), l'achigan à grande bouche (*Micropterus salmoides*), la barbotte brune (*Ameiurus nebulosus*), le crapet de roche (*Ambloplites rupestris*), le poisson-castor (*Amia calva*) et le grand brochet (*Esox lucius*). Parmi les petits poissons, on retrouvait surtout le crayon d'argent (*Labidesthes sicculus*), le méné jaune (*Notemigonus crysoleucas*), le méné à museau arrondi (*Pimephales notatus*), le fondule barré (*Fundulus diaphanus*) et le méné bleu (*Cyprinella spiloptera*). Ces espèces communes sont toutes typiques de plans d'eau à courant lents et à fond vaseux et à végétation plutôt abondante (Desroches et Picard, 2013).

Deux des espèces observées sont des espèces exotiques envahissantes, soit la tanche (*Tinca tinca*) et le gardon rouge (*Scardinius erythrophthalmus*). La tanche était la plus commune et la plus largement répartie. Quant au gardon rouge, il n'a été capturé qu'à deux reprises à l'embouchure de deux canaux (1 et 16).

Certaines espèces étaient localisées et peu communes, présentes seulement dans un secteur et comportant moins de 5 captures. Le fouille-roche zébré (*Percina caprodes*), le raseux-de-terre (*Etheostoma sp.*) et l'achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*) étaient localisés dans le secteur plus rocheux et sablonneux. Le lépisosté osseux (*Lepisosteus osseus*) et le brochet d'Amérique (*Esox americanus americanus*), pourtant typiques des habitats d'herbiers aquatiques, n'ont été capturés que sur les rivages du Richelieu à proximité des canaux, mais non directement dans ceux-ci. Le baret (*Morone americana*) était, quant à lui, localisé dans la fosse plus profonde au bout du canal 3.

Tableau 3.9 Liste comparative des espèces de poissons répertoriés par secteur à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017

Nom français	Nom scientifique	Secteur centre		Secteur sud		Secteur nord	
		Canaux 1 à 5	Canaux 6 à 8	Canaux 9 à 11	Canaux 12 et 13	Canaux 14 à 17	Canal 18
Lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>				X		
Poisson-castor	<i>Amia calva</i>	X		X	X	X	X
Gaspareau	<i>Alosa pseudoharengus</i>	X		X	X	X	X
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	X	X	X		X	
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	X		X	X	X	X
Gardon rouge	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	X				X	
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>				X	X	
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	X		X		X	
Méné non identifié	<i>Cyprinidés sp.</i>	X	X	X	X	X	X
Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	X	X	X	X	X	
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	X	X	X		X	
Brochet d'Amérique	<i>Esox americanus americanus</i>		X				
Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>	X	X		X	X	X
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	X		X	X		
Baret	<i>Morone americana</i>	X					
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	X	X	X	X	X	X
Crapet arlequin	<i>Lepomis macrochirus</i>	X	X	X	X	X	X
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	X	X		X	X	
Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	X		X		X	X
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>		X				
Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	X	X	X	X	X	X
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	X	X	X	X	X	X
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>		X				
Raseux-de-terre	<i>Etheostoma sp.</i>				X		
NOMBRE TOTAL D'ESPÈCES		17	13	13	14	16	10
Nombre de stations de filets maillants		4	2	3	1	3	1
Nombres de stations de verveux		7	7	4	3	8	0
Nombre de stations de seines		3	3	3	4	4	1
NOMBRE TOTAL DE STATIONS		14	12	10	8	15	2

Tableau 3.10 Abondance relative des poissons capturés dans les canaux et leur embouchure à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix en 2017.

Nom français	Nom latin	Nombre de spécimens observés				% du nombre total de mentions
		Verveux	Seine	Filet maillant	Autre	
Lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>	0	4	0	0	0,36 %
Poisson-castor	<i>Amia calva</i>	9	1	1	2	1,17 %
Gaspereau	<i>Alosa pseudoharengus</i>	0	1	7	0	0,72 %
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	3	0	8	0	0,99 %
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	1	5	0	plusieurs	0,54 %
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	1	8	42	plusieurs	4,58 %
Gardon rouge	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	4	0	2	0	0,54 %
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>	0	70	0	1	6,38 %
Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	5	2	6	4	1,53 %
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	1	6	6	plusieurs	1,17 %
Brochet d'Amérique	<i>Esox americanus americanus</i>	0	1	0	0	0,09 %
Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>	0	114	0	plusieurs bancs	10,24 %
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	0	56	0	0	5,03 %
Baret	<i>Morone americana</i>	0	3	2	0	0,45 %
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	58	190	3	beaucoup	22,55 %
Crapet arlequin	<i>Lepomis macrochirus</i>	19	202	4	beaucoup	20,22 %
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	11	4	2	0	1,53 %
Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	0	23	7	plusieurs	2,70 %
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	0	2	0	0	0,18 %
Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	3	21	4	beaucoup	2,52 %
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	13	127	39	plusieurs	16,08 %
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	0	2	0	0	0,18 %
Raseux-de-terre	<i>Etheostoma sp.</i>	0	3	0	0	0,27 %
Nombre total de captures		128	845	133	7 + (plusieur dizaines)	100 %

Les canaux sont probablement utilisés comme une aire de reproduction pour les espèces se reproduisant dans les herbiers, comme les crapets, les brochets, la perchaude, le méné jaune, le fondule barré, le crayon d'argent, l'achigan à grande bouche, la barbotte brune, le poisson-castor, le lépisosté osseux et peut-être d'autres comme le méné bleu. Toutes les espèces se reproduisent au printemps ou au début de l'été (Desroches et Picard, 2013). Ces espèces fréquentent aussi probablement le secteur comme aire d'alevinage, puisque les alevins ou juvéniles de toutes ces espèces ont été observés à l'exception du méné bleu. On rapporte d'ailleurs au moins un site de fraie confirmé pour le grand brochet et le brochet d'Amérique dans le canal 1, situé dans le secteur centre, et un site de fraie pour le grand brochet dans l'embouchure du ruisseau Gamache se déversant dans le canal 11, au sud du territoire (MRNF, 2007b). Finalement, la plaine inondable du ruisseau Bleury, dont l'embouchure est située au nord des canaux 14 à 17 dans le secteur nord, est répertoriée comme un site de fraie pour l'achigan à grande bouche, la perchaude, la marigane noire, la barbotte brune, le poisson-castor et le grand brochet (MRNF, 2007b).

Le nombre de poissons capturés par les filets maillants était moins de 5 poissons/filets-heure pour l'ensemble des filets, sauf celui placé au large des canaux du centre (6 poissons/filet-heure) et celui placé dans le canal 10 (17,4 poissons/filets-heure), dans le secteur sud. Il est difficile de comparer le nombre de captures par unités d'effort (CPUE) avec d'autres études aux filets maillants de la région, puisque la majorité des études sont réalisées avec des filets maillants placés toute la nuit. Même si nous savons l'heure exacte de pose et de levé du filet, il est impossible de transformer les données en divisant par le nombre d'heures, puisque le nombre de captures n'est pas corrélé nécessairement avec la durée de déploiement d'un filet maillant. En effet, l'efficacité de capture d'un filet n'augmente pas de façon linéaire dans le temps, mais suit plutôt une courbe exponentielle. Toutefois, on peut comparer avec d'autres études réalisées à l'aide d'une méthodologie semblable dans d'autres endroits. Dans des inventaires réalisés au lac Brome, au lac Davignon et au marais de la rivière aux Cerises, des filets maillants expérimentaux ont été posés également de jour en période estivale pour des durées médianes de pêche de 1 à 3 heures (Picard, 2017 a, 2014a, b). Au lac Brome, un CPUE médian de 2,5 a été observé en août (Picard, 2014 a), de 3,43 au lac Davignon en août (Picard, 2017 a), et de 6,2 poissons/heure-filet en moyenne en juillet au marais de la rivière aux cerises (Picard, 2014b), ce qui est comparable aux résultats de la présente étude. L'abondance observée des poissons dans les verveux de 4,4 poissons/verveux-nuit en moyenne est également comparable à l'abondance observée dans d'autres études (Picard, 2017 a, 2014 b).

Toutes les espèces répertoriées ont déjà été mentionnées dans le secteur à l'étude (MFFP, 2015), à l'exception du gardon rouge. Cette espèce exotique envahissante a été introduite dans les Grands Lacs à la fin des années 80 et aurait atteint le fleuve Saint-Laurent au Québec en 1990 (Desroches et Picard, 2013). Sa présence nouvelle dans les captures réalisée dans la région semble suggérer une expansion de son aire de distribution dans la rivière Richelieu.

Un grand nombre d'autres espèces ont été rapportés dans la rivière Richelieu en amont et en aval du secteur à l'étude (MFFP, 2015). Les inventaires réalisés dans le ruisseau Landry (ruisseau se déversant directement dans le canal 5) et dans les ruisseaux Bleury et Le Marais (ruisseaux se déversant à proximité des canaux au nord) ont permis de répertorier au moins huit espèces absentes de nos échantillons (MFFP, 2015). Toutefois, l'effort important d'échantillonnage effectué durant l'été 2017 semble suggérer fortement leur absence ou une faible présence dans les canaux, du moins durant la période estivale. La diversité est probablement variable dans le temps et plus importante au printemps lors de la fraie de beaucoup d'espèces, mais nous considérons notre inventaire représentatif des espèces résidentes les plus communes dans les canaux.

Certaines autres espèces de poissons répertoriées dans les tributaires de la région ou la rivière Richelieu (MFFP, 2015) pourraient donc se retrouver dans les canaux. Autre autres, le meunier noir (*Catostomus commersoni*), l'épinoche à cinq épines (*Culea inconstans*), l'ombre de vase (*Umbra limi*), la carpe commune (*Cyprinus carpio*) et probablement d'autres ménéés fréquentent probablement les canaux et les marais du secteur, et sont donc susceptibles de se retrouver dans le marais à l'étude.

Bien que onze espèces à statut précaire de poissons aient été répertoriées directement dans le bassin de la rivière Richelieu (COVABAR, 2015 ; MFFP, 2015), et que deux d'entre elles, soit le méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*) et le chevalier de rivière (*Moxostoma carinatum*), ont fait l'objet d'une mention dans le secteur (CDPNQ, 2007), le potentiel de présence de celles-ci est considéré faible étant donné la faible qualité des habitats présents dans les canaux. En effet, on retrouvait dans les canaux essentiellement des habitats de marais peu oxygénés, avec un substrat mou dominé par un mélange de sable/limon recouvert de sédiments organiques, un courant presque nul et une végétation aquatique abondante. Les rives très artificialisées limitaient également le potentiel d'habitats de qualité pour les poissons.

Le dard de sable (*Ammocrypta pellucida*), le fouille-roche gris (*Percina copelandi*), le bec-de-lièvre (*Exoglossum maxillingua*), le méné à tête rose (*Notropis rubellus*), le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*) et le chevalier de rivière, six espèces à statut précaire connues de la rivière Richelieu (MFFP, 2007a; COVABAR, 2015; MFFP, 2015; Desroches et Picard, 2013), préfèrent habituellement les habitats avec un fond de sable ou de gravier et sans végétation (Desroches et Picard, 2013), et sont probablement davantage présentes dans le chenal de la rivière Richelieu que dans les canaux étudiés. Ce type d'habitat était presque totalement absent de la zone d'inventaire, à part quelques rares plages sablonneuses de petite taille sur les rivages aux embouchures de quelques canaux. L'esturgeon jaune (*Acipenser fulvescens*) fréquente aussi probablement le chenal de la rivière en zone plus profonde, et son potentiel de présence dans les canaux artificiel est considéré à peu près nul, tout comme pour l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*), peu commune dans le sud du Québec (Desroches et Picard, 2013). La mention de l'aloise savoureuse (*Alosa sapidissima*) dans le Richelieu (MFFP, 2015), est probablement anecdotique, puisque cette espèce se retrouve surtout dans le fleuve (Desroches et Picard, 2013). De plus, cette espèce n'apparaît pas dans les mentions d'espèces du secteur (CDPNQ, 2017) et les Clupéidés ont tous été identifiés à la loupe binoculaire.

Toutefois, le méné d'herbe (*Notropis bifrenatus*), une espèce considérée préoccupante au Canada et susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec, pourrait se retrouver potentiellement dans les herbiers aquatiques du secteur (MFFP, 2017; COSEPAC, 2017; COVABAR, 2015). Il existe d'ailleurs plusieurs mentions historiques de cette espèce dans les herbiers de ce tronçon de la rivière Richelieu (CDPNQ, 2017). Cette espèce affectionne les herbiers aquatiques composés de plantes à feuilles minces (Picard et Desroches, 2015). Le brochet maillé (*Esox niger*), est également typique également des habitats d'herbiers, mais normalement surtout distribué dans les marais situé à l'Est du territoire. La mention dans la rivière Richelieu est probablement anecdotique et aucune mention n'apparaît dans le secteur adjacent aux canaux (CDPNQ, 2017). Il fréquente habituellement des sites différents de ceux du grand brochet pour éviter la compétition. L'abondance des grands brochets dans nos canaux limite probablement le potentiel de présence. De plus, l'effort de recherche important dans les herbiers, à la seine et par la recherche active, n'a permis aucune capture ou observation de brochet maillé ou du méné d'herbe. Ces deux espèces sont normalement facilement inventoriées à des dates similaires lorsqu'elles sont présentes, autant par la seine que par l'épuisette (ex. : Picard, 2014a, 2017b; Picard et Desroches, 2015).

Anomalies, tailles et indices de condition

Plus de 390 poissons ont été mesurés et examinés et 208 ont été pesés. Une analyse des classes de longueur est ainsi présentée pour six espèces de pêche sportive ainsi que deux principaux indicateurs de l'état de santé des poissons, soit l'indice de condition K et la présence d'anomalies de type DELT. Une analyse du taux d'infestation des parasites a été également effectuée.

Analyse des classes de longueur des espèces sportives

Pour la perchaude et les crapets, la classe de taille maximale était qualifiée de qualité, et ce, pour un très petit nombre de spécimen (10 % ou moins environ), confirmant la petite taille des spécimens et le faible intérêt pour la pêche sportive pour ces espèces dans les canaux. Le grand brochet avait également une classe de taille maximale pouvant être qualifiée de qualité, mais le nombre de spécimens de cette catégorie était plus important, montrant un potentiel plus intéressant pour la pêche sportive. Finalement, les achigans à petite bouche capturés étaient tous très petits, atteignant une taille qualifiée de sous-stock. Les poissons fréquentant les canaux sont ainsi de petite taille en général.

Anomalies de type DELT

Le nombre d'anomalies de type DELT (déformation, érosion, lésion et tumeurs) atteignait un peu moins de 18 % globalement (tableau 3.11). Ces anomalies étaient principalement des érosions des nageoires légères (caudale surtout), trois cas d'érosion très élevée en plus de cinq cas de lésions sur le corps et trois cas de déformation. Si on ne considère que ces cas importants, le taux atteint tout de même 2,8 %. Au moins deux poissons présentaient des anomalies de type DELT multiples, soit 0,5 %. Aucune tumeur n'a été observée. En excluant les espèces avec un échantillon trop petit, les espèces les plus touchées, toutes avec plus de 10 % (en ordre d'importance) étaient le crapet de roche, le crapet soleil, la perchaude, le grand brochet, la tanche, le crapet arlequin et la marigane noire. Les autres espèces de poissons étaient peu ou pas touchées. Il est difficile d'analyser géographiquement les données puisque les tailles des échantillons et les espèces capturées variaient grandement. Notons toutefois que sur les 11 cas de déformations, de lésions et d'érosion importante, 8 cas ont été observés dans le secteur centre où la circulation maritime et le nombre de bateaux sont les plus importants.

Même en excluant les cas d'érosion légère, le taux de DELT est tout de même relativement élevé si on compare aux autres études réalisées ailleurs au Québec. Une population en santé contiendrait moins de 2 % d'anomalies de type DELT et un taux d'anomalies de plus de 5 % est souvent associé aux milieux contaminés (Karr, 1991). Dans le cas de la perchaude qui est souvent parmi les plus étudiées, les taux de DELT étaient de 8 % sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent et 12 % pour la rive nord (La Violette et coll., 2003). Par contre dans le sud de la province, le taux de DELT est souvent plus faible, soit environ 2,5 % pour la perchaude dans une étude dans la rivière Yamaska (La Violette, 1999) et de 0,8 % dans le lac Brome (Picard, 2014a). Toutefois, en 1998, des taux semblables avaient été détectés par Saint-Jacques dans le richelieu, dont un taux de 15,5 % pour la station en aval et un taux de 18,3 % pour la station en amont. Des taux largement supérieurs, dépassant 20 %, ont été observés dans une station de la rivière Richelieu (Saint-Jacques, 1998) et dans la rivière Yamaska (Picard et Ipiña, 2016). Il est fort probable que les canaux étudiés soient soumis à une pollution importante causée par la présence d'un grand nombre de bateaux, ainsi que le drainage de nombreuses terres agricoles dans les fossés et tributaires se déversant dans ces canaux.

Parasites

Quant au taux de poissons avec des parasites, celui-ci est relativement bas, soit moins de 7 % (tableau 3.11). Les parasites observés étaient essentiellement des points noirs (n=20), quelques cas de sangsues et d'autres parasites enkystés. Les espèces les plus touchées étaient la perchaude, la barbotte brune et le grand brochet, mais il s'agissait dans presque tous les cas d'infestation faibles. Il est difficile de comparer le taux de parasitisme observé à celui d'autres études. Les autres études n'incluent généralement pas les infestations légères de points noirs et donc obtiennent des taux de parasitisme plus bas (Richard, 1996; La Violette, 1999). Toutefois, pour les quelques études incluant les taux d'infestation légers de points noirs, le taux d'infestation de parasites semble en général beaucoup plus élevé que notre étude, au-dessus de 15 % (Houde, 2007 ; Théberge et Côté, 2007 ; Théberge et coll., 2008 ; Picard, 2014a, b).

Indice de condition

L'interprétation de l'indice de condition K doit considérer l'espèce étudiée à cause des morphologies différentes. Toutefois, globalement on considère que des poissons avec des poids relatifs inférieurs à 0,80 sont en mauvaise condition (Wright, 2000). La seule espèce ayant un indice inférieur est le grand brochet (tableau 3.11). Pour les autres espèces analysées, les indices de condition se situent au-dessus de 1, soit dans les moyennes (ex : MLCP, 1974 ; Picard, 2017a ; Picard, 2014a). Les indices de conditions des

crapets, au-dessus de 2, sont même élevés, quoique des valeurs supérieures à 2,4 aient déjà été observées (ex : Picard, 2014a).

Pour la perchaude, où de nombreuses études ont été effectuées, l'indice de condition moyen de 1,28 est relativement élevé. Par exemple, l'indice de condition K était de $0,99 \pm 0,10$ au réservoir Choinière (Proulx et Bolduc, 2013), de 1,0 au lac Davignon (Picard, 2017a), de 1,02 à 1,18 dans le Nord-du-Québec (Paradis et Lévesque, 2003; Bélisle et coll., 2001), de 1,06 à 1,22 au lac Magog (Ouellette, 2013 ; MLCP, 1974) de 1,17 à 1,19 dans la rivière Saint-Maurice (Houde, 2007), de 1,19 à 1,23 dans le fleuve Saint-Laurent (Magnan et coll., 2008) et de $1,43 \pm 0,25$ au lac Brome (Picard, 2014a).

Tableau 3.11 Caractéristiques des espèces capturées dans les canaux à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix en 2017.

Nom français	Nom latin	Nombre de poissons mesurés et examinés (pesés ¹)	% anomalies de type DELT	% poissons avec des parasites	Longueur à la fourche en mm (moyenne arrondie)	Indice de condition K (moyenne)
Lépisosté osseux	<i>Lepisosteus osseus</i>	3 (0)	0 %	0 %	94-107 ²	ND ⁴
Poisson-castor	<i>Amia calva</i>	11 (10)	0 %	0 %	137-754 (510)	0,95-1,23 (1,05)
Gaspereau	<i>Alosa pseudoharengus</i>	9 (5)	0 %	11,11 % ³	37-143 (100)	0,98-1,42 (1,22)
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	10 (10)	20,00 %	0 %	156-508 (371)	1,24-1,74 (1,51)
Méné jaune	<i>Notemigonus crysoleucas</i>	43 (39)	4,61 %		25-177 (102)	0,57-1,97 (1,28)
Gardon rouge	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	5 (5)	0 %	0 %	185-283 ²	1,52-1,72 (1,60)
Méné à museau arrondi	<i>Pimephales notatus</i>	1 (0)	0 %	0 %	59 ²	ND
Méné bleu	<i>Cyprinella spiloptera</i>	3 (0)	33,33 % ³	0 % ³	48-64 ²	ND
Barbotte brune	<i>Ameiurus nebulosus</i>	13 (11)	7,69 %	15,28 %	122-325 (246)	1,02-1,65 (1,35)
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	13 (8)	23,07 %	15,38 %	88 – 696 (338)	0,56-0,77 (0,62)
Brochet d'Amérique	<i>Esox americanus americanus</i>	1 (0)	0 %	0 %	85 ²	ND
Crayon d'argent	<i>Labidesthes sicculus</i>	4 (0)	0 %	0 %	68-75 ²	ND
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	4 (0)	0 %	0 %	46-69 ²	ND
Baret	<i>Morone americana</i>	5 (5)	40,00 % ³	0 %	105-227 ²	1,15-1,63 (1,45)
Crapet soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	79 (25)	30,38 %	3,80 %	58-153 (97)	1,13-2,61 (2,01)
Crapet arlequin	<i>Lepomis macrochirus</i>	59 (14)	13,56 %	1,69 %	44-186 (83)	1,26-2,62 (2,01)
Crapet de roche	<i>Ambloplites rupestris</i>	17 (10)	35,29 %	5,88 %	60-223 (114)	0,81-2,42 (1,75)
Marigane noire	<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	14 (10)	14,29 %	0 %	79-213 (117)	1,04-1,92 (1,52)
Achigan à petite bouche	<i>Micropterus dolomieu</i>	1 (0)	0 %	0 %	44 ²	ND
Achigan à grande bouche	<i>Micropterus salmoides</i>	22 (6)	4,55 %	4,55 %	27-148 (78)	1,12-1,67 (1,37)
Perchaude	<i>Perca flavescens</i>	72 (50)	23,61 %	19,44 %	40-219 (143)	0,76-1,94 (1,28)
Fouille-roche zébré	<i>Percina caprodes</i>	1 (0)	0 %	0 %	86 ²	ND
Raseux-de-terre	<i>Etheostoma sp.</i>	0	ND	ND	ND	ND
TOTAL		390 (208)	17,95 %	6,92 %	ND	ND

1 Nombre de poissons pesés et pour lesquels l'indice de condition a pu être calculé

2 Échantillon trop petit pour permettre le calcul des moyennes.

3 Échantillon trop petit pour permettre l'obtention d'un taux représentatif

4 ND = Non disponible ou non calculé

Indice d'intégrité biologique

Finalement, l'ensemble des données a été regroupé pour permettre le calcul d'un indice d'intégrité biologique (IIB) simplifié pour les poissons. L'indice d'intégrité biologique (IIB) global pourrait être qualifié de faible (tableau 3.12).

L'analyse de l'ensemble des critères montre que les valeurs obtiennent le plus souvent la cote associée faible, sauf pour la diversité d'espèces indigènes, l'abondance relative des poissons tolérants, des omnivores et des piscivores. La composition en espèce des communautés piscicoles et la biomasse faible observées dans les canaux, semblent confirmer la présence d'une intégrité biologique faible dans les canaux, déjà notée par la grande proportion d'anomalies de type DELT.

Lorsqu'on compare aux données de Saint-Jacques (1998), bien que la méthodologie exacte du calcul de l'indice diffère quelque peu, on remarque quand même que ses stations situées en aval du Richelieu récoltaient un indice qualifié de moyen (> 65 %). En effet, on retrouvait la présence d'espèces intolérantes et de catostomidés dans les échantillons des pêches (Saint-Jacques, 1998), ce qui n'est pas le cas dans nos échantillons et explique une bonne partie de notre valeur obtenue de faible.

Tableau 3.12 Détail des critères d'indice de qualité biologique (IIB) des poissons calculés dans les canaux à Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix en 2017 et cote de qualité de l'habitat associée (basé sur La Violette et coll., 2003 ; Saint-Jacques, 1998)

Numéro du critère	Description ¹	Calculs	Cote associée ¹	Cote traditionnelle ¹
1	Nombre d'espèces indigènes	21 espèces	Élevée	5
2	Nombre d'espèces de dards	Critère rejeté pour le Saint-Laurent (La Violette et coll., 2003)	N/A	N/A
3	Nombre d'espèces de crapets	Critère rejeté pour le Saint-Laurent (La Violette et coll., 2003)	N/A	N/A
4	Nombre de catostomidés	0 espèce	Faible	1
5	Nombre d'espèces intolérantes ²	0 espèce	Faible	1
6	Abondance relative de poissons tolérants ²	21 %	Moyen	3
7	Abondance relative d'omnivores ²	12,5 %	Élevé	5
8	Abondance relative de cyprinidés insectivores ²	0,54 %	Faible	1
9	Abondance relative de piscivores ²	5,5 %	Élevé	5
10	Biomasse totale des espèces indigène, capturées au filet, excluant les tolérants	Le BUE estimé pour l'ensemble des filets maillants de moins de 500g/filet-heure.	Faible ?	1 ?
11	Abondance relative de phytophiles simples ²	10,9%	Faible	1
12	Proportion avec anomalies de type DELT	18 %	Faible	1
Valeur de l'indice d'intégrité biologique des habitats (IIB) global (max 50)			Faible	24 ? (= 48 %)

¹ Les critères utilisés et la manière de les calculer est basé sur La Violette et coll., 2003, qui avaient déjà fait une modification des critères traditionnels (tel que présenté dans Barbour, 1999 par exemple) et sur Saint-Jacques, 2003 ² La classification des différentes espèces de poissons selon leur tolérance à la pollution, leur mode d'alimentation et leur mode de reproduction est basée sur La Violette et coll. (2003).

3.3.2.2 Tortues

Deux espèces de tortues ont été capturées, soit la tortue peinte (*Chrysemys picta*) et la tortue serpentine (*Chelydra serpentina*). Deux adultes tortues serpentes ont été capturées, une femelle de 277 mm de carapace dans l'embouchure du canal 9 et un mâle de 237 mm de carapace dans le canal 11, tous les deux situés dans le secteur sud du territoire à l'étude. Notons que la tortue serpentine est considérée comme préoccupante au Canada (COSEPAC, 2017). Un total de 52 tortues peintes ont été observées dans tous les secteurs, mais la grande majorité de ces mentions (=41) proviennent du secteur sud. La grande navigation maritime dans le secteur centre limite fort probablement la présence des tortues dans le secteur centre et le secteur nord. Aucun site de nidification n'a été répertorié, et la majorité des rives des canaux étant constituées d'enrochements artificiels, le potentiel de ponte est relativement faible, directement sur les rives, à l'exception de la rive nord du canal 10, dans le secteur sud, où le chemin de gravier présente un potentiel de ponte intéressant. Toutefois, les nombreux stationnements de graviers, les accotements des routes ainsi que les terrains privés en haut des talus pourraient aussi présenter des potentiels de ponte intéressants. Il est probable que les sites de pontes soient plus individuels et isolés que communautaires comme on peut l'observer.

Un total de 46 tortues peintes ont pu être sexées, mesurées et examinées pour les maladies montrant une population relativement en santé. La structure de taille des individus est normale et la moyenne de longueur de carapace de 144 ± 16 mm est dans les normales comparativement à d'autres études (Picard, 2014c : Picard et Desroches, 2013). Deux juvéniles ont été capturés montrant la présence d'un recrutement. Un total de 31 mâles et 13 femelles ont été capturés, soit un sexe-ratio de 2,4 : 1. Cette déviation du ratio 1 : 1 est probablement causée simplement au biais envers les mâles connus pour les verveux (Ream et Ream 1966; Whillans et Crossman 1977; Browne 2003; Desroches et Picard, 2007) et non le reflet d'une différence réelle dans la population. Des taux biaisés du sex-ratio en faveur des mâles semblent la norme pour cette espèce. En effet 85 % des études rapportées par Gibbons (1990) pour cette espèce avaient des sex-ratios légèrement biaisés en faveur des mâles. Les sex-ratios varient en général de 1 : 1 à 3 : 1 (Bider et Hoek, 1971; Ernst, 1971; Bayless, 1975; MacCulloch et Secoy, 1983; Congdon et coll., 1986; Mitchell, 1988; Gibbons, 1990; Desroches et Picard, 2007). Il est connu que les mâles sont plus souvent capturés à cause de leurs plus grands déplacements (MacCulloch et Secoy, 1983).

Les tortues capturées semblaient en bonne santé, mais deux cas de blessure de la carapace par hélice de bateau sur des femelles tortues peintes, ainsi que deux cas de blessures sur la dossière et une amputation d'une patte antérieure sur des mâles aux causes non déterminées ont été observées. Le taux de 10 % de blessures peut sembler important, mais des taux similaires ont été observés dans des populations naturelles (ex. : 14 % dans un étang au marais aux Cerises (Picard, 2014c). Une femelle tortue peinte avait également une carapace déformée. Ce taux de déformation, soit 2 %, est faible comparativement aux taux rapportés dans la littérature en général (Rothschild et coll., 2013; Picard, 2014 c). Le parasitisme par les sangsues était aussi relativement faible, même si la présence de sangsues chez trois tortues serpentes (=27 %) a été constatée, un type de parasite commun de cette espèce de tortue (Desroches et Rodrigue, 2004). Les taux sont comparables à celui d'autres études. MacCulloch (1981) a documenté des taux de parasitisme pour la tortue peinte variant de 4 à 39 % pour divers sites. Il mentionne également que les taux de parasitisme sont fortement influencés par la date pour un site en Saskatchewan. Les taux calculés en juillet étaient beaucoup plus élevés (plus de 50 %) que ceux calculés en mai, juin ou août.

Deux espèces à statut précaires de tortues ont été inventoriées historiquement dans la région, soit la tortue-molle à épines (*Apalone spinifera*) et la tortue géographique (*Graphemys geographica*) (CDPNQ, 2017). Des individus de tortue-molle à épines, une espèce désignée menacée au Québec (MFFP, 2016), auraient été aperçus près de l'Île-aux-Noix historiquement (avant les années 70) (AARQ, 1988). Un individu de tortue géographique aurait aussi été aperçu dans la rivière du Sud en face du secteur à l'étude (AARQ, 1988-). Le potentiel de présence de ces deux espèces dans les canaux est probablement très faible étant donné leurs mœurs farouches (Desroches et Rodrigue, 2004) et la grande circulation maritime dans les canaux et le dérangement humain important provenant des zones résidentielles. On retrouve également peu de sites pour se faire chauffer au soleil, et les herbiers de faible superficie constituent probablement des habitats peu propices pour les tortues en général. De plus, des inventaires dans la région n'ont pas permis de répertorier ces espèces récemment (ex. : Desroches, 2004) et on les retrouve surtout dans le lac Champlain en amont de la rivière Richelieu (Desroches et Rodrigue, 2004).

3.3.2.3 Couleuvres

Aucune couleuvre n'a été observée, malgré l'effort de recherche. En effet, les couleuvres se faisant chauffer sur les enrochements des rives des canaux où les couleuvres y nagent étaient recherchées. Commune dans les marais et répertoriée en bon nombre dans la région (Desroches, 2004; SHNVSL, 2017), la couleuvre rayée (*Thamnophis sirtalis*) fréquente fort probablement les marais du secteur. L'autre espèce de couleuvre fréquentant les milieux aquatiques (Desroches et Rodrigue, 2004), soit la couleuvre d'eau (*Nerodia sipedon*), possède un potentiel de présence assez faible. En effet, dans le sud de la Montérégie, l'espèce n'a été rapportée récemment qu'à l'étang Streit, à Philipsburgh (Bider et Matte, 1991; J.-F. Desroches, obs. pers., 2001; SHNVSL, 2017), du côté est du lac Champlain. Malgré des efforts de recherche importants, elle n'a pas été répertoriée dans la rivière du Sud sur l'autre rive du territoire à l'étude (Desroches, 2004). Cette espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec (MFFP, 2017), a subi des déclin substantiels en Montérégie (Desroches et Rodrigue, 2004). Bien que les habitats aquatiques retrouvés dans certains canaux puissent convenir à la couleuvre d'eau, l'hibernation a lieu en milieu terrestre (Desroches et Rodrigue, 2004). La très grande artificialisation et la faible superficie des habitats terrestres sont sans doute des facteurs limitants pour cette espèce et les couleuvres en général. Les autres espèces de couleuvres présentes au Québec sont plus terrestres et seule la couleuvre à ventre rouge (*Storeria occipitomaculata*) est peut-être présente dans les enrochements adjacents aux canaux.

3.3.2.4 Amphibiens

Trois espèces d'anoures (ordre des grenouilles, rainettes et crapauds) ont été inventoriées : la grenouille verte (*Lithobates clamitans*), la grenouille léopard (*Lithobates pipiens*) et le ouaouaron (*Lithobates catesbiana*). La grenouille verte est la plus abondante et celle qui est la plus présente dans tous les secteurs. La grenouille léopard n'a été répertoriée que dans deux canaux, soit le canal 8 dans le secteur centre et le canal 13, dans le secteur sud. Cette espèce est probablement plus répartie que les données laissent entendre puisque l'espèce se reproduit au printemps, limitant les possibilités d'écoute de chants. Le ouaouaron n'a été répertorié que dans le canal 16 dans le secteur nord. Malgré le fait que les inventaires ont été effectués pendant la période de chant, aucun mâle chanteur n'a pu être entendu. L'espèce est probablement présente ailleurs, mais son abondance est probablement faible dans les habitats inventoriés. Ces trois espèces se reproduisent probablement dans les herbiers aquatiques présents dans les canaux. Notons qu'aucun têtard n'a pu être aperçu et que l'abondance des poissons limite probablement l'abondance des anoures dans les canaux.

Aux trois espèces répertoriées, s'ajoutent probablement la rainette crucifère (*Pseudacris crucifer*), la rainette versicolore (*Hyla versicolor*) et le crapaud d'Amérique (*Anaxyrus americanus*). Ces espèces fréquentent fort probablement les marais du secteur à l'étude, puisqu'elles ont été inventoriées dans des habitats similaires dans la région (ex. : Desroches, 2004). Ces espèces, abondantes, ne sont pas à statut

précaire (MFFP, 2017; COSEPAC, 2017; Desroches et Rodrigue, 2004). La seule espèce d'anoure à statut précaire répertoriée pour le bassin de la rivière Richelieu est la rainette faux-grillon (*Pseudacris triseriata*) (COVABAR, 2015). La présence de cette espèce est toutefois limitée à une mince bande au sud de Montréal et du fleuve et à Contrecoeur, situés bien au nord du site inventorié (Picard, 2015).

3.3.2.5 Mollusques et écrevisses

L'inventaire des mollusques et des écrevisses a été effectué de façon opportuniste et ne constitue donc pas un inventaire complet. L'effort a été mis surtout sur la détection de la présence de mulettes. Aucune écrevisse n'a été observée, et les mollusques étaient relativement rares. Quelques moules zébrées (*Dreissena polymorpha*) de très petites tailles ont été observées, mais la densité était relativement faible dans le secteur centre. Cette espèce exotique envahissante, déjà connue pour être présente dans la rivière Richelieu, a besoin de roches ou autres objets pour se fixer (Desroches et Picard, 2013). Bien qu'aucun effort spécifique de recherche ne visait les gastéropodes, trois espèces d'escargots aquatiques ont également été observées, soit une limnée (*Stagnicola catascopium*), une paludine rayée (*Viviparus georgianus*) dans le secteur sud, et, au large du secteur centre, une petite planorbe (*Gyraulus sp.*)

Un effort de recherche particulier a été fait pour détecter la présence de mulettes (mollusques bivalves d'eau douce de la famille des Unionidés), puisque ces macroinvertébrés sont généralement considérés comme de bons indicateurs d'intégrité écologique. En effet, les mulettes sont connues pour leur vulnérabilité à la dégradation des habitats aquatiques, ainsi que leur faible taux de recrutement impliquant la présence de leurs espèces de poissons-hôtes. Elles jouent un rôle unique et essentiel dans l'épuration des lacs et des rivières, car elles filtrent et digèrent les organismes microscopiques et les particules de matière organique en suspension (Armstrong, 1997). La destruction d'habitats aquatiques, la pollution ou l'introduction d'espèces exotiques dans les cours d'eau et plans d'eau ont mis en danger 55 % des espèces de moules d'eau douce indigènes en Amérique du Nord (Armstrong, 1997). Plusieurs espèces de mulettes au Québec ont présentement un statut précaire (COSEPAC, 2017; MFFP, 2017). Toutefois, les habitats aquatiques du secteur semblent peu propices à leur présence étant donné la faible qualité d'habitat présent et le faible nombre d'observations. Le substrat très mou limite probablement le potentiel, de même que la qualité d'eau relativement faible. Malgré les efforts de recherche importants, aucune mulette vivante n'a été observée durant l'été dans les canaux directement et seules deux lampsiles rayées (*Lampsilis radiata*) ont été capturées avec la benne en septembre. Toutefois, plusieurs mulettes vivantes ou mortes (profondeur trop importante pour permettre leur capture) ont été observées sur le fond de la rivière Richelieu durant la visite en septembre. Même les coquilles sur les rives étaient rares. De vieilles coquilles ont été trouvées dans seulement deux secteurs, sur des rivages adjacents à la rivière Richelieu et aucune à l'intérieur des canaux comme tels. Une vieille coquille d'elliptio de l'Est (*Elliptio complanata*) a été trouvée dans le rivage adjacent au canal 10, dans le secteur sud. Un amoncellement de coquilles a été trouvé sur le rivage juste au nord de l'embouchure du canal 17, dans le secteur nord. Elles appartenaient à trois espèces, soit plusieurs elliptios de l'Est et lampsiles rayées et un spécimen d'anodonte cylindrique (*Anodontoidea ferussacianus*). Les autres espèces présentes dans les habitats à substrat très mous sont les anodontes (*Pyganodon grandis* et *Pyganodon cataracta*), deux espèces très communes (Desroches et Picard, 2013). Possiblement des elliptios d'autres espèces (*Elliptio crassidens* et *Elliptio dilatata*), deux espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables au Québec (MFFP, 2017), pourraient être présentes dans le chenal de la rivière Richelieu, mais il est peu probable que ces espèces soient présentes dans les faibles profondeurs caractéristiques des canaux et vu la faible qualité de l'habitat en général.

3.3.3 Benthos

L'échantillonnage du benthos a été réalisé en combinant deux méthodes : la benne et le filet troubleau, afin de permettre la détection d'une plus grande diversité d'organismes. Ces échantillons ont été récoltés à 6 stations. Les échantillons de benthos ont été identifiés en laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire. Un sous-échantillon contenant entre 50 et 100 organismes par échantillon a été identifié. Les organismes étaient identifiés à la famille pour les insectes et au moins à l'ordre pour les autres classes d'organismes.

Les résultats ont ensuite servi à mesurer l'indice de santé du benthos (ISB^m), tel que développé pour les cours d'eau à substrats mous par le MDDEFP (2012). Cet indice offre une cote unique qui qualifie l'état de santé des macroinvertébrés benthiques habitant un cours d'eau et qui se sont adaptés aux cours d'eau à substrats mous. Cet indice est constitué de six variables : le nombre total de taxons, le nombre de taxons POET (plécoptères, odonates, éphéméroptères et trichoptères), le pourcentage d'insectes, le pourcentage d'EPT (éphéméroptères, plécoptères et trichoptères), le pourcentage de taxons tolérants (annélides, chironomidae, gastéropodes pulmonés, crustacés isopodes, amphipodes, ostracodes et copépodes) et l'indice biotique d'Hilsenhoff (MDDEFP, 2012). La variante utilisée de l'indice biotique d'Hilsenhoff se base sur l'identification à la famille (FBI). Le FBI se calcule comme suit :

$$FBI = \sum x_i * t_i / n$$

où x_i = nombre d'individus d'un taxon identifié
 t_i = tolérance de ce même taxon
 n = nombre total d'individus dans l'échantillon

Les variables sont ensuite standardisées avec les formules présentées dans le document de référence (MDDEFP, 2012). La moyenne de ces variables standardisées permet d'obtenir le ISB^m. Cet indice, ainsi que les variables standardisées, s'accompagne d'une échelle variant de 0 à 100 qui se sépare en quatre classes de qualité. La borne principale se situe à 81,6 %. Une donnée supérieure ou égale à 81,6 % se trouve dans la classe de qualité « bonne » et est considérée comme ayant un « bon » état de santé. Les données situées sous le biocritère appartiennent à la classe de qualité « précaire » (54,4 à 81,5), de « mauvaise » (27, 2 à 54,3) ou de « très mauvaise » (< 27,1) (MDDEFP, 2012).

Un total de 894 organismes ont été triés dans les 6 stations (= 12 échantillons) inventoriées. La diversité de taxons était plus importante dans les échantillons récoltés en rive avec le filet troubleau, avec une moyenne de 13 taxons, que ceux récoltés dans les chenaux (seulement 11,5 taxons en moyenne). Le calcul de l'indice d'intégrité montre que toutes les stations sur les rives ont une cote qualifiée de mauvaise, à l'exception de la station B6 prélevée à l'aide du troubleau dans le secteur nord, ayant une cote de qualité qualifiée de précaire (tableau 3.13). Les stations de bennes, prélevées au centre des canaux, ont une cote de qualité de mauvaise pour quatre canaux, et de très mauvaise pour deux canaux, confirmant ainsi la faible intégrité de l'habitat, déterminé avec l'indice d'intégrité benthique pour les poissons (IIB). Ce faible indice est principalement causé par la faible abondance et la faible diversité des taxons appartenant aux odonates, aux plécoptères, aux éphéméroptères et aux trichoptères, qui sont les taxons les plus sensibles à la pollution. En effet, ces organismes étaient absents de 6 des 12 échantillons prélevés, dont dans la moitié des échantillons prélevés dans les canaux.

Tableau 3.13 Résumé des caractéristiques des échantillons et calcul des indices d'intégrités FBI et ISB^m dans les canaux à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix en 2017.

Station	Nombre d'organismes triés	Nombre de taxon	Nombre POET	% Insectes	% EPT	% organismes tolérants	FBI	ISB ^m
B1-Troubleau	98	13	3,00	21,43	12,24	41,84	2,30	49,40
B1-Benne	53	14	2,00	41,51	18,87	69,81	2,51	50,06
B2-Troubleau	70	13	2,00	21,43	10,00	47,14	2,34	46,89
B2-Benne	46	12	2,00	32,61	10,87	58,70	2,46	47,35
B3-Troubleau	68	10	0,00	30,88	0,00	72,06	2,72	38,83
B3-Benne	76	10	0,00	2,63	0,00	93,42	2,92	26,44
B4-Troubleau	103	13	2,00	30,10	14,56	40,78	2,26	51,50
B4-Benne	53	11	2,00	13,21	3,77	83,02	2,79	34,89
B5-Troubleau	98	11	2,00	23,47	2,04	46,94	2,24	45,49
B5-Benne	65	12	0,00	1,54	0,00	80,00	2,80	29,78
B6-Troubleau	101	18	3,00	44,55	8,91	34,65	2,17	59,34

Les diptères de la famille des Chironomidae et les crustacés de la famille des Gammaridae étaient présents dans la presque totalité des échantillons (tableau 8). On retrouvait également, parmi les taxons dominants, les trichoptères de la famille des Leptoceridae, plusieurs crustacés (Hyaellidae, Cladocères, certains bivalves (moules zébrées, Planorbidae, escargots prosobranches), ainsi que quelques vers annélides de l'ordre des Haplotaxida. Plus de 45 % des organismes récoltés étaient des crustacés, récoltés en abondance.

Tableau 3.14 Taxons de benthos récoltés dans les canaux à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix en 2017.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Abondance/ espèce	Nombre d'échantillon avec présence
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	2	1
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ephemerellidae	4	1
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Ephemeridae	5	2
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1	1
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	4	3
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	46	7
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	2	2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	82	11
Arthropoda	Insecta	Diptera	Culicidae	1	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Curculionidae	1	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae	1	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Gyrinidae	20	1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Halplidae	1	1
Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	31	3
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Nepidae	1	1
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Notonectidae	1	1

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Abondance/ espèce	Nombre d'échantillon avec présence
Arthropoda	Insecta	Megaloptera	Sialidae	2	2
Arthropoda	Crustacea*	Amphipoda	Gammaridae	114	11
Arthropoda	Crustacea*	Amphipoda	Hyalellidae	63	9
Arthropoda	Crustacea*	Cladocera		116	6
Arthropoda	Crustacea*	Copepoda		10	4
Arthropoda	Crustacea*	Isopoda	Asellidae	33	6
Arthropoda	Crustacea*	Ostracoda		75	4
Arthropoda	Arachnida	Acari		25	8
Arthropoda	Arachnida	Araignée		1	1
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Dreissenidae	19	9
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Sphaeriidae	15	5
Mollusca	Bivalvia	Unionoidea		2	2
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Planorbidae	1	1
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Physidae	19	6
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Planorbidae	36	8
Mollusca	Gastropoda	Prosobranchia		39	10
Annelida	Clitellata	Hirudinida	Hirudinidae	1	1
Annelida	Clitellata	Arhynchobdellida	Erpobdellidae	1	1
Annelida	Clitellata	Haplotaxida		49	5
Annelida	Clitellata	Haplotaxida	Tubificidae	52	6
Platyhelminthes	-	-		18	4

3.3.4 Faune avienne

L'Avibase, disponible sur internet (<https://avibase.bsc-eoc.org/avibase.jsp?lang=FR&pg=home>) inclut toutes les espèces inventoriées dans la vallée du Richelieu. En tout, 277 espèces ont été recensées, dont 6 espèces à statut précaire. Selon les données EPOQ citées dans COVBAR (2015), la Paruline azurée (*Dendroica cerulea*), la Pie-grièche migratrice (*Lanius ludovicianus*) et le Râle jaune (*Coturnicops noveboracensis*) seraient des espèces menacées. Le Faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) et le Petit blongios (*Ixobrychus exilis*) seraient des espèces vulnérables.

Cette dernière espèce paraît présente dans la zone d'étude selon les informations fauniques fournies par le Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP, 2017). Le Petit blongios serait présent dans la partie nord près des canaux 14 à 17 et au sud du canal 8 à la Pointe à l'Esturgeon.

3.3.5 Mammifères

Nous ne possédons pratiquement aucune donnée spécifique sur les espèces de mammifères qui habitent dans la zone d'étude. Les statistiques de piégeage dans le bassin du Richelieu indiquent la présence d'une quinzaine d'espèces de mammifères dont les plus communs sont le castor (*Castor canadensis*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*). Le rat musqué affectionne tout particulièrement les canaux en milieu agricole (COVBAR, 2015). De plus, selon les cartes fauniques du MFFP, certaines zones des canaux de la municipalité constituent un habitat pour le rat musqué.

De la grande faune, on observe fréquemment le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), mais peu d'orignaux (*Alces alces*) et d'ours noir (*Ursus americanus*). Parmi les autres espèces, on retrouve le renard roux (*Vulpes vulpes*), la belette (*Mustela nivalis*), le raton laveur (*Procyon lotor*), l'écureuil gris (*Sciurus carolinensis*), le tamia rayé (*Tamias striatus*), le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), le castor (*Castor canadensis*), la loutre de rivière (*Lutra canadensis*), la martre d'Amérique (*Martes americana*), la moufette rayée (*Mephitis mephitis*), le vison d'Amérique (*Mustela vison*), le pékan (*Martes pennanti*) et le coyote (*Canis latrans*).

3.4 MILIEU HUMAIN

3.4.1 Profil socio-économique

3.4.1.1 MRC du Haut-Richelieu

La municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix se situe au centre de la MRC du Haut-Richelieu (figure 3.22). Elle est entourée des municipalités de Saint-Valentin, Saint-Blaise-sur-Richelieu, Sainte-Anne-de-Sabrevois, Henryville, Noyan et Lacolle. Le tableau 3.15 montre la répartition de la population dans les municipalités de la MRC du Haut-Richelieu.

Figure 3.21 La MRC du Haut-Richelieu

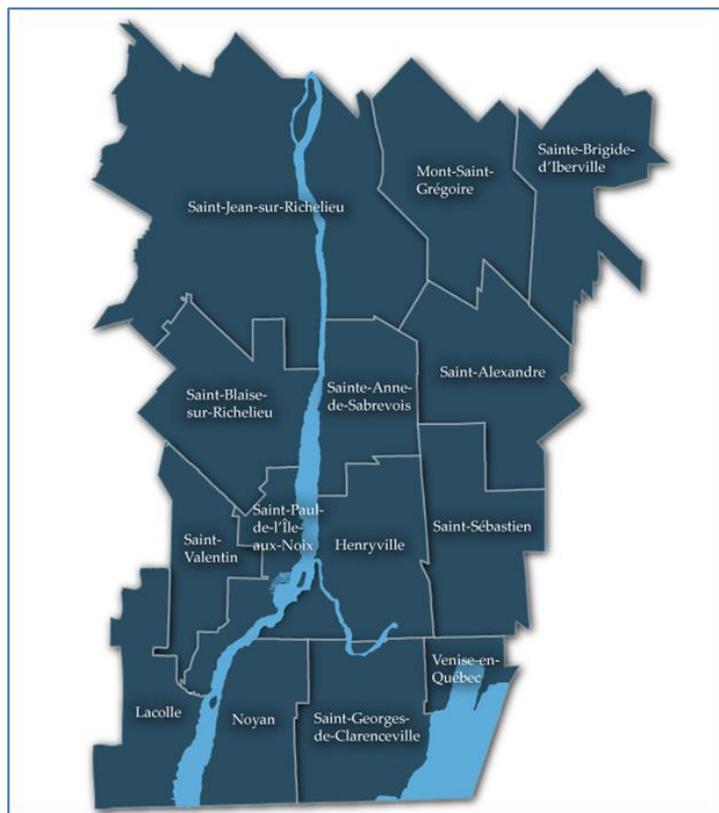


Tableau 3.15 Répartition de la population au sein de la MRC du Haut-Richelieu

Municipalité	Habitants	Municipalité	Habitants
Henryville	1 561	Sainte-Brigide-d'Iberville	1 271
Lacolle	2 560	Saint-Georges-de-Clarenceville	1 119
Mont-Saint-Grégoire	2 917	Saint-Jean-sur-Richelieu	89 607
Noyan	1 367	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	1 952
Saint-Alexandre	2 367	Saint-Sébastien	662
Saint-Blaise-sur-Richelieu	1 993	Saint-Valentin	490
Sainte-Anne-de-Sabrevois	1 906	Venise-en-Québec	1 321

Source : CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu 2010

Alors que la ville centre Saint-Jean-sur-Richelieu possède une population de près de 90 000 habitants la population de chacune des autres municipalités, dont Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, est toujours inférieure à 3 000 habitants. La population de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, en 2010, était de 1 952 habitants. La plupart de ces municipalités sont à vocation agricole.

Le Haut-Richelieu est très bien desservi par le réseau routier, soit par les autoroutes 10 et 35 et l'autoroute 15 par les routes 133, 221, 223 et 104. L'efficacité de ces liens autoroutiers est un avantage majeur pour les importations et les exportations, faisant du Haut-Richelieu une plaque tournante du transport de marchandises entre les grandes villes de l'est américain, soit Montréal, Québec, New York, Boston et Toronto.

Au niveau maritime, la rivière Richelieu constitue le seul lien direct entre New York et le Saint-Laurent, ce qui fait qu'on y trouve la plus grande concentration de trafic maritime de plaisance au Québec. D'ailleurs, la plus grosse marina du Québec se trouve à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. En outre, cette région cumule environ 50 % des ventes de bateaux de plaisance au Québec.

La MRC du Haut-Richelieu est caractérisée par une production agricole très importante puisqu'elle se classe au deuxième rang des MRC pour ses recettes en production agricole.

3.4.1.2 Municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

Reconnue comme la Capitale nautique du Québec la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix est située directement sur les rives de la rivière Richelieu. Sa zone agricole occupe près de 85 % de sa superficie totale. De plus fait à noter 7 % de sa superficie agricole est considérée en zone inondable.

3.4.1.2.1 Économie et services

Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix est reconnu principalement comme étant la Capitale nautique du Québec. Son économie repose en grande partie sur les activités nautiques, puisqu'on y retrouve plusieurs entreprises directement liées à ce secteur : les fabricants de bateaux, la conception de toile et de canevass, le lettrage, le transport et les marinas. En effet, la municipalité compte 9 marinas situées en bordure de la rivière Richelieu et à l'intérieur des canaux. Le secteur nautique fournit environ 100 emplois directs et 150 emplois indirects. De plus, le lieu historique du Fort-Lennox est relié à la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix par un traversier qui offre des traversées régulières en saison.

Outre le secteur nautique, la municipalité compte aussi sur le secteur manufacturier représenté par le Centre du camion Gamache et Gamex, les plus gros employeurs de la municipalité, et sur le secteur agricole composé de 16 fermes.

Les services médicaux sont principalement dispensés par l'Hôpital du Haut-Richelieu à Saint-Jean-sur-Richelieu et par divers hôpitaux de la Rive-Sud de Montréal, auxquels s'ajoutent les CLSC des Jardins de Napierville, de Vallée-des-Forts de Saint-Jean-sur-Richelieu, mais aussi la Coopérative de santé du Lac Champlain.

La municipalité possède son propre service d'incendie doté de 40 pompiers à temps partiel. Le service d'incendie de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix comprend sept unités d'urgence, ainsi qu'un équipement sophistiqué servant au sauvetage nautique, tant sur l'eau que sur la glace. De plus, ce service d'incendie fait aussi l'objet d'une entente intermunicipale avec les municipalités de Saint-Valentin et Saint-Blaise-sur-Richelieu pour desservir leur municipalité. La garde côtière auxiliaire assure également la sécurité des usagers de la rivière durant la saison.

3.4.1.2.2 Qualité de vie

La municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix compte plusieurs organismes communautaires reconnus comme étant très actifs, dont le Club de l'Âge d'Or qui compte 210 membres. Le Club Optimiste veille, par son implication locale, à l'épanouissement et au développement de la jeunesse. Des activités familiales ont lieu tout au long de l'année. Ce club compte 92 membres actifs dans la municipalité. Le Cercle de Fermières, qui a pour mission de favoriser le développement de la famille et de la femme, compte une soixantaine de membres. Quant au Comité d'aide à la Famille, il offre le dépannage alimentaire tout au long de l'année. Le Comité des Loisirs et la bibliothèque sont aussi d'autres organismes communautaires d'importance de la municipalité (CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010).

Du point de vue touristique, la localité dispose d'avantages naturels certains comme la rivière Richelieu, en plus d'offrir aux visiteurs plusieurs attraits à caractère historique. Le Fort Lennox, situé sur l'île aux Noix, a été construit par les Britanniques au début du XIX^e siècle dans le but de contrer une possible invasion américaine. Aujourd'hui, le Fort est un lieu historique ouvert au public et animé par des guides auquel on accède par traversier, ce qui permet aux visiteurs de profiter d'une balade sur la rivière Richelieu. Chaque année, le Fort Lennox reçoit entre 45 000 et 50 000 visiteurs. Des visites guidées sont offertes tous les jours en saison. Le public peut également assister à des démonstrations d'armes militaires. Les samedis et les dimanches après-midi, de la fête du Canada à la fête du Travail, le personnel d'interprétation revêt des costumes du XIX^e siècle et anime les lieux.

Le Blockhaus de la rivière Lacolle, situé à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, est un ouvrage militaire défensif. C'est la seule construction de ce genre au Québec qui a conservé sa structure originale, construite dans le but de protéger la scierie et le phare érigés sur la rivière Lacolle. Il abrite maintenant un bureau d'accueil touristique qui agit comme porte d'entrée des touristes américains qui empruntent la route 223 pour venir au Canada. Le personnel offre aussi une visite guidée et donne des explications historiques sur les événements entourant le Blockhaus. De plus, on retrouve à cet endroit une halte cycliste pour les amateurs de vélo.

La municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix offre à la population plusieurs types d'activités : le badminton, le ballon-panier et le jeu de palet. Pour ceux qui préfèrent le plein air, on peut y pratiquer des sports tels que le volley-ball, le soccer, la pétanque, le hockey et la balle-molle. Enfants, adolescents et adultes participent à ces activités sportives. L'été, sur une période de huit semaines, un groupe d'animateurs s'occupent du camp de jour. Par ailleurs, on y retrouve deux campings.

Le Centre de plein air l'Estacade, situé dans la partie sud de la municipalité, accueille chaque été un nombre important de jeunes où s'y déroule des activités surtout axées vers le nautisme : des croisières sur le Richelieu, de la voile, de la planche à voile, de la pêche et du ski nautique. En outre, la piste cyclable La Vallée-des-Forts traverse la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. Cette portion de la Route Verte débute dans l'État de New York et se termine à Saint-Jean-sur-Richelieu, totalisant 49 km.

3.4.1.2.3 Indicateurs socio-économiques

Les tableaux suivants permettent d'émettre les constatations suivantes relatives au contexte actuel de la municipalité par rapport au reste de la MRC du Haut-Richelieu et du Québec en général selon les données les plus récentes du profil socioéconomique de 2010 (CLD et du Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010) :

La population de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix a augmenté de 5 % entre 2001 et 2006. Cette faible augmentation montre un vieillissement important et une augmentation du nombre de résidants de plus de 75 ans (tableau 3.16). La population en 2017 s'établissait à 1935 personnes, une baisse de 45 personnes depuis 2016 (Statistiques Canada 2017). La population de plus de 15 ans représentait en 2006 84,7 % et 84,6 % en 2016, donc peu d'enfants pour la relève de la municipalité. La population vieillissante aura besoin de plus de services en transports, de soins de santé et d'autres services de proximité.

Tableau 3.16 Répartition des classes d'âge et de sexe. (Tiré de CLD et du Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010.)

Caractéristique	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix			MRC du Haut-Richelieu			Québec		
	1996	2001	2006	1996	2001	2006	1996	2001	2006
Total	1 845	1 935	1 995	97 539	100 755	108 890	7 138 795	7 237 480	7 546 130
0-4 ans	110	100	75	6 805	5 305	5 450	455 420	375 765	375 270
5-14 ans *	265	265	235	13 880	14 215	13 785	916 770	915 810	877 235
15-19 ans	105	120	115	6 875	6 870	7 245	494 170	462 070	475 005
20-24 ans	70	70	90	5 350	6 495	6 515	453 815	487 405	472 170
25-54 ans *	795	780	800	44 685	44 805	47 290	3 307 015	3 275 705	3 313 740
55-64 ans *	260	335	325	8 600	10 280	13 730	650 905	760 905	952 420
65-74 ans *	175	185	245	7 000	7 425	8 145	519 675	547 185	583 705
75 ans et plus *	60	85	120	4 355	5 365	6 735	341 025	412 630	496 590
Âge médian	N/D	42,3	45,3	N/D	37,9	40,6	N/D	38,8	41
Population de 15 ans et plus (%)	79,4	81,4	85,0	78,8	80,6	82,3	80,7	82,2	83,4

Le revenu médian des familles de la municipalité en 2006 était de 50 738 \$. Il est plus faible que ceux de la MRC et du Québec avec une différence négative de près de 9 000 \$ (tableau 3.17). Le revenu médian des particuliers de la municipalité en 2015 s'établissait à 27 456 \$. Le revenu médian des familles s'établissait quant à lui à 69 248 \$ en 2015.

Ce faible revenu moyen engendre un taux de pauvreté important pour la municipalité. En 2006, celui-ci était de 10,1 % après impôts, mais ce taux augmente à 14,9 % avant impôts en raison du nombre élevé d'emplois saisonniers liés au nautisme. Le pourcentage des personnes à faible revenu après impôts en 2015 fut de 13,7 %, ce qui dénote une augmentation de la pauvreté. De plus, l'augmentation des revenus des particuliers est plus lente que la moyenne provinciale.

Tableau 3.17 Caractéristiques des familles. (Tiré de CLD et du Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010.)

Caractéristique	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix			MRC du Haut-Richelieu			Québec		
	1996	2001	2006	1996	2001	2006	1996	2001	2006
Total des familles	535	595	585	27 440	28 770	31 645	1 640 535	2 019 555	2 121 610
Nbr. de familles avec couple marié	360	365	300	16 955	15 920	15 745	1 240 270	1 175 440	1 156 930
Nbr. moyen de personnes - Familles avec couple marié	N/D	2,9	2,7	N/D	N/D	2,9	N/D	3,1	3
Nbr. de familles avec couple en union libre	145	175	240	6 490	8 240	10 730	472 415	508 520	611 850
Nbr. moyen de personnes - Familles avec couple en union libre	N/D	2,7	3	N/D	N/D	3	N/D	2,9	2,9
Nbr. de familles monoparentales	30	60	45	3 995	4 615	5 170	309 440	335 595	352 825
Nbr. moyen de personnes - Familles monoparentales	N/D	3,2	2	N/D	N/D	2,5	N/D	2,5	2,5
Familles monoparentales - Parent sexe féminin	25	60	35	3 195	3 635	4 070	252 515	267 565	274 885
Nbr. moyen de personnes - Familles monoparentales - Parent est de sexe féminin	N/D	3,2	2	N/D	N/D	2,5	N/D	2,5	2,5
Familles monoparentales - Parent sexe masculin	10	0	10	800	980	1 105	56 920	68 025	77 935
Parent est de sexe masculin	N/D	0	0	N/D	N/D	2,4	N/D	2,4	2,4
Revenu médian des familles (\$)	34 894	44 184	50 738	41 720	49 667	59 035	42 891	50 242	58 678
Revenu médian des familles avec couple (\$)	N/D	46 248	46 537	N/D	53 576	64 174	N/D	54 938	63 327
Revenu médian des familles monoparentales (\$)	N/D	18 449	43 773	N/D	N/D	37 781	N/D	30 718	37 195

Tableau 3.18 Taux de pauvreté -2006. (Tiré de CLD et du Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010.)

Lieu	Personnes à faible revenu avant impôts	Personnes à faible revenu après impôts	Personnes de 18 ans et - avant impôts*	Personne de 18 ans et - après impôts*
Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix	14,9	10,1	19,5	9,8
MRC du Haut-Richelieu	11,7	8,0	10,6	7,0
Québec	17,2	12,5	17,6	12,5

Tableau 3.19 Secteurs d'activités selon la population active. (Tiré de CLD et Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010.)

Caractéristique (en nombre)	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix			MRC du Haut-Richelieu			Québec		
	1996*	2001*	2006*	1996	2001	2006*	1996*	2001*	2006*
Total de la population active expérimentée	725	900	855	48 095	51 435	57 990	3 373 305	3 644 380	3 929 670
Agriculture et autres industries primaires	30	35	20	2 030	2 075	2 240	125 200	143 740	145 985
Industrie de la fabrication et de la construction	175	230	220	11 430	13 525	14 155	744 395	809 025	779 215
Commerce de gros et de détail	180	215	195	9 250	8 155	9 520	604 040	581 810	645 220
Finance et services immobiliers	15	20	30	1 925	2 200	2 755	176 795	186 830	211 230
Soins de santé et enseignement	70	105	80	6 870	8 095	9 735	583 350	613 070	712 600
Services commerciaux	205	225	170	3 250	7 590	9 020	885 890	610 290	673 565
Autres services	50	70	140	13 340	9 795	10 565	253 635	699 615	761 855

Caractéristique (%)	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix			MRC du Haut-Richelieu			Québec		
	1996*	2001*	2006*	1996	2001	2006*	1996*	2001*	2006*
Agriculture et autres industries primaires	4,1	3,9	2,3	4,2	4,0	3,9	3,7	3,9	3,7
Industrie de la fabrication et de la construction	24,1	25,6	25,7	23,8	26,3	24,4	22,1	22,2	19,8
Commerce de gros et de détail	24,8	23,9	22,8	19,2	15,9	16,4	17,9	16,0	16,4
Finance et services immobiliers	2,1	2,2	3,5	4,0	4,3	4,8	5,2	5,1	5,4
Soins de santé et enseignement	9,7	11,7	9,4	14,3	15,7	16,8	17,3	16,8	18,1
Services commerciaux	28,3	25,0	19,9	6,8	14,8	15,6	26,3	16,7	17,1
Autres services	6,9	7,8	16,4	27,7	19,0	18,2	7,5	19,2	19,4

Le secteur professionnel le plus important est celui de « métier, transport et machinerie » avec 33,3 % (tableau 3.20). Par contre, la catégorie qui montre la plus forte augmentation est celle-ci : « art, culture et loisirs ». Cette augmentation est sûrement liée directement à l'importance du nautisme à Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, ce qui la différencie du reste de la MRC.

Tableau 3.20 Professions de la population active en %. (Tiré de CLD et du Conseil économique du Haut-Richelieu, 2010.)

Caractéristique (%)	Total			Hommes			Femmes		
	1996	2001	2006	1996	2001	2006	1996	2001	2006
	Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix								
Gestion	10,3	7,8	8,8	14,0	10,3	8,5	5,1	4,2	10,4
Affaires, finance et administration	18,6	14,5	14,6	3,5	6,5	3,2	40,7	26,4	27,3
Sciences naturelles	3,4	2,2	2,3	5,8	1,9	4,3	0,0	2,8	0,0
Secteur de la santé	2,1	3,9	2,3	0,0	0,0	0,0	5,1	9,7	5,2
Sciences sociales, enseignement, admin. publique	1,4	1,7	2,3	2,3	0,0	2,1	0,0	4,2	5,2
Arts, culture, sports et loisirs	2,8	2,8	4,1	2,3	0,0	3,2	3,4	6,9	6,5
Ventes et services	23,4	28,5	22,2	16,3	23,4	20,2	33,9	36,1	24,7
Métiers, transport et machinerie	26,9	20,7	33,3	45,3	32,1	51,1	0,0	2,8	10,4
Professions propres au secteur primaire	4,8	3,4	1,7	4,7	5,6	0,0	5,1	0,0	0,0
Transformation, fabrication et services d'utilité publique	6,2	15,1	8,2	4,7	19,6	7,4	8,5	8,3	10,4
	MRC du Haut-Richelieu								
Gestion	9,7	7,9	7,9	12,0	9,4	9,3	6,8	6,2	6,3
Affaires, finance et administration	18,1	16,8	17,3	9,2	9,0	9,1	29,2	26,2	26,7
Sciences naturelles	4,0	5,1	5,3	6,0	7,3	7,7	1,5	2,3	2,5
Secteur de la santé	5,1	5,5	6,2	1,5	1,6	1,8	9,8	10,2	11,2
Sciences sociales, enseignement, admin. publique	5,4	6,8	7,8	3,9	4,1	3,7	7,4	10,0	12,4
Arts, culture, sports et loisirs	1,9	1,5	1,9	1,6	1,0	1,4	2,2	1,9	2,5
Ventes et services	24,9	24,1	22,9	20,6	20,2	18,8	30,3	28,9	27,6
Métiers, transport et machinerie	15,6	18,0	18,6	26,1	30,0	32,4	2,4	3,5	2,8
Professions propres au secteur primaire	4,1	3,2	3,1	6,0	4,6	4,6	1,6	1,6	1,3
Transformation, fabrication et services d'utilité publique	11,2	11,0	9,0	13,1	12,6	11,1	8,8	9,0	6,6

3.4.2 Zonage et affectation du territoire

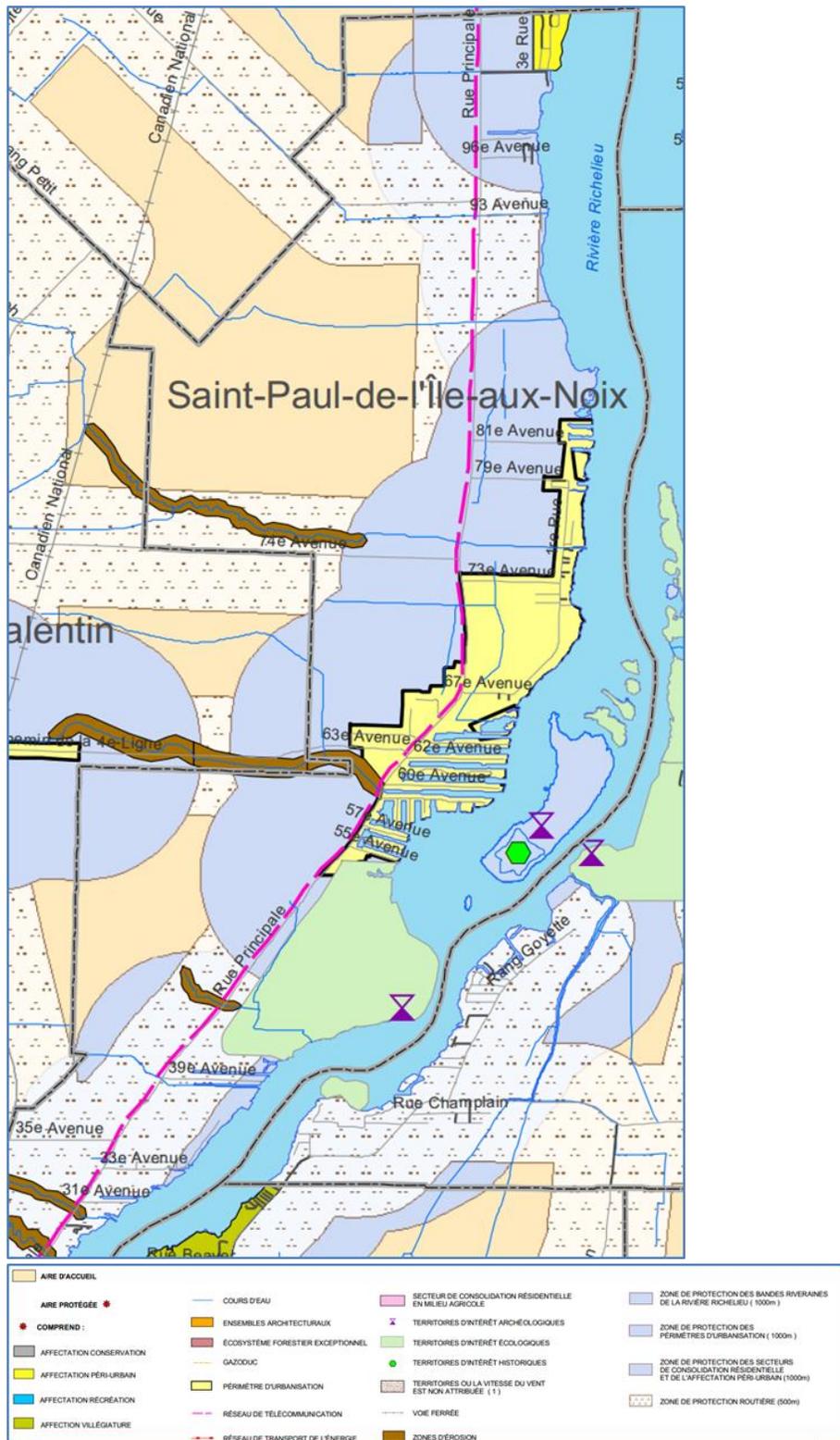
Le schéma d'aménagement et de développement de la MRC du Haut-Richelieu est entré en vigueur le 25 juin 2004 (règlement 371). Ce document de planification établit les lignes directrices de l'organisation physique du territoire d'une MRC. Il présente notamment les grandes orientations d'aménagement et de développement, les grandes affectations du territoire, les zones de contraintes ainsi que les zones et les pôles d'intérêt de la MRC.

Les lignes de force identifiées par la MRC du Haut-Richelieu se regroupent sous les thèmes suivants :

- Les aires agricoles;
- Les aires de concentrations récréotouristiques;
- Les tendances de développement industriel;
- Les pôles de développement industriel;
- Les caractéristiques du développement commercial;
- La répartition des équipements et des services publics;
- Les agglomérations urbaines.

La figure 3.23 localise les principales affectations du territoire de la MRC du Haut-Richelieu dans la zone d'étude. Le territoire densément habité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix entre les 55^e et 81^e avenues qui regroupe la majorité des canaux de la partie centrale et de la partie nord de la municipalité est en territoire urbanisé ou périurbain. Les zones extrêmes nord et sud sont soit en territoire de protection des bandes riveraines, soit de périmètres d'urbanisation.

Figure 3.22 Affectation du territoire de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix



Dans ce schéma d'aménagement, la MRC du Haut-Richelieu identifie la rivière Richelieu et le lac Champlain comme les pierres angulaires ainsi que le cœur du développement économique, touristique et récréatif de la région. Le schéma d'aménagement de la MRC du Haut-Richelieu présente Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix comme l'une des aires à concentration récréotouristiques principale de la MRC et comme un pôle touristique spécialisé en navigation. En effet, selon ce schéma la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, elle est une base importante pour la navigation de plaisance dans la MRC dont le potentiel de croissance touristique est grand et son développement, encore largement exploitable. Le schéma recommande de privilégier l'émergence de projets structurants à l'intérieur des pôles touristiques tels que celui de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

3.4.3 Plan d'urbanisme et affectation du sol de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix

Le plan d'urbanisme de la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix a été révisé et adopté en 2006. Le plan d'urbanisme qui remplit plusieurs fonctions :

- c'est un outil de gestion du territoire qui sert à coordonner, prioriser et guider les décisions et les interventions dans la municipalité;
- c'est un plan de gestion qui identifie les interventions à mettre en place;
- il joue le rôle de pivot entre le schéma d'aménagement de la MRC et la réglementation d'urbanisme locale.

En termes d'organisation spatiale, on y retrouve deux entités principales : le noyau villageois correspondant, de façon générale, au périmètre d'urbanisation et le territoire agricole environnant. Le noyau villageois comprend plusieurs fonctions, soit résidentielle, commerciale, industrielle, institutionnelle et récréotouristique.

Les cartes 3.24 et 3.25 illustrent l'affectation du sol de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. Les sept grandes affectations du territoire municipal sont aussi basées sur les composantes du concept d'aménagement :

- Résidentielle;
- Commerciale mixte;
- commerciale;
- Publique et institutionnelle;
- Agricole;
- Consolidation péri-urbaine;
- Territoires d'intérêt écologiques.

À l'analyse de ces cartes, il appert que l'intérieur des canaux est toujours le siège d'activités commerciales principalement liées au nautisme et à la présence de marinas. Pour les autres canaux situés en zone résidentielle, ils sont tous caractérisés par la présence d'activités nautiques et de structures flottantes d'accueil des bateaux.

Figure 3.23 Affectation du sol. Aperçu global (tiré du plan d'urbanisme de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix).

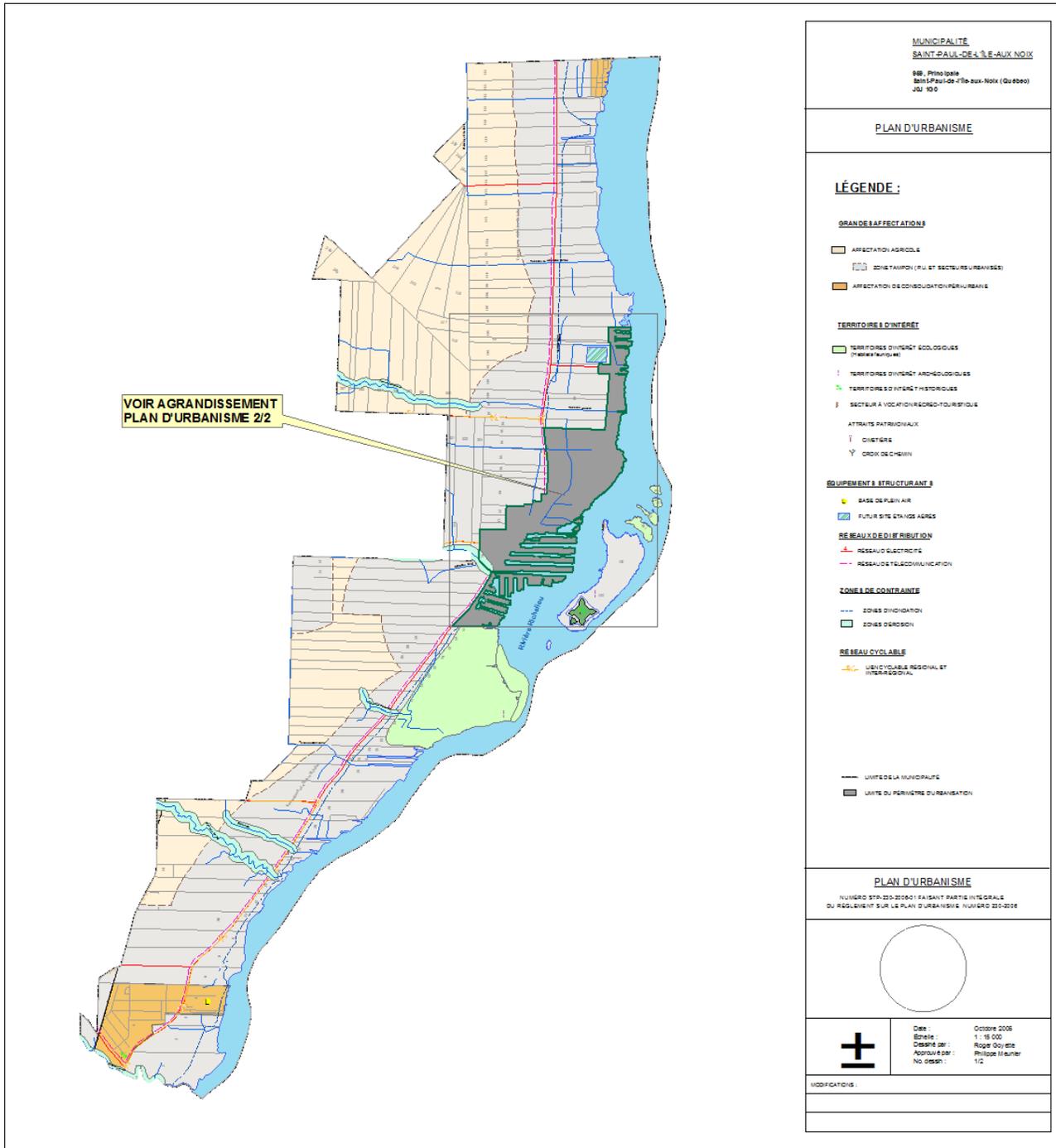
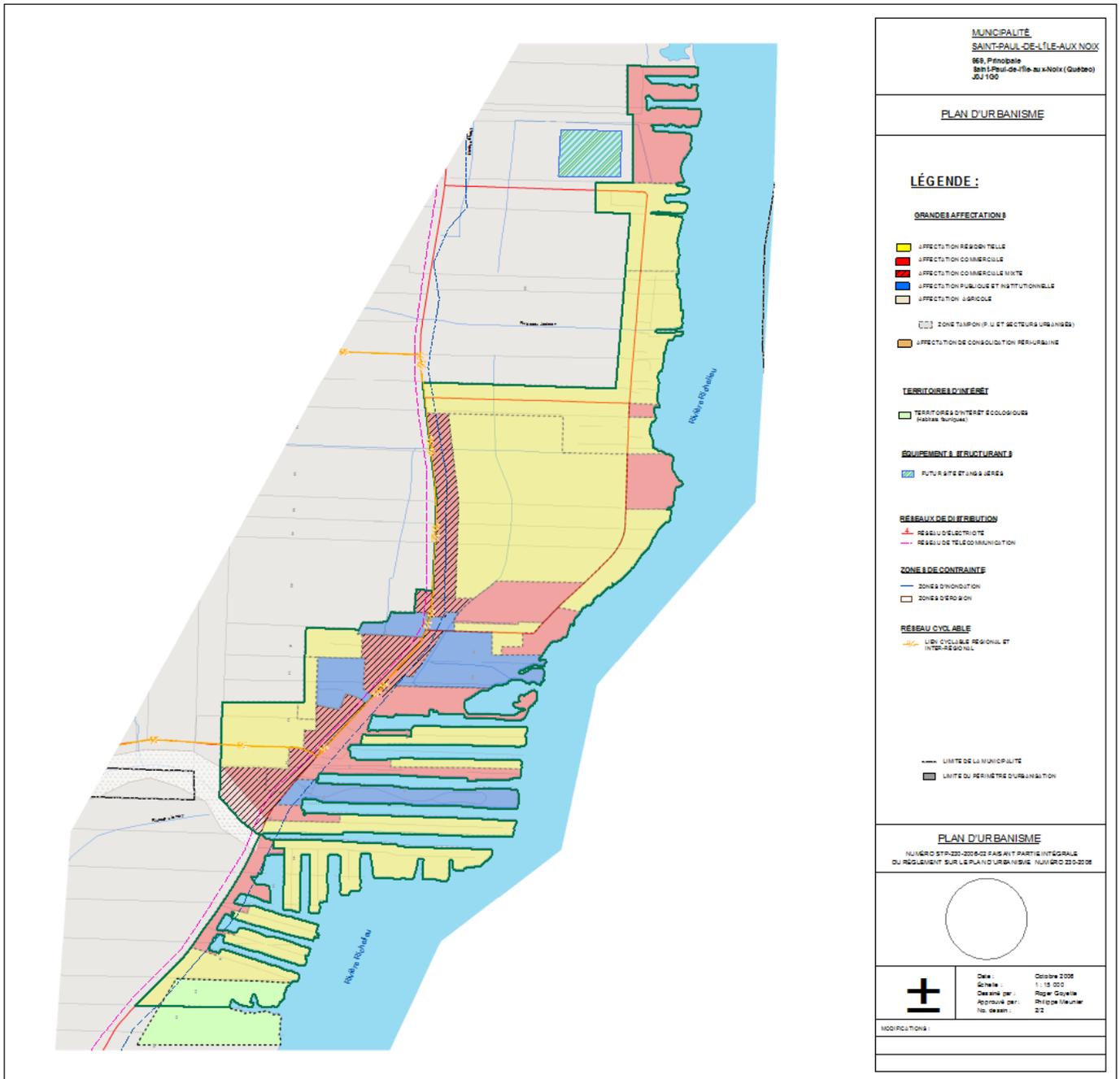


Figure 3.24 Affectation du sol. Détail du village (tiré du plan d'urbanisme de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix).



4 DESCRIPTION DU PROJET

Cette section décrit les alternatives considérées et l'alternative retenue pour la réalisation du programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. L'analyse des alternatives et la sélection finale sont basées sur des critères techniques, économiques et environnementaux.

Les sections qui suivent décrivent d'abord les variantes de volumes à excaver. La section suivante présente les méthodes et les équipements disponibles. Les dernières sections décrivent ensuite les critères de sélection applicables, et finalement, les alternatives les plus appropriées.

4.1 VARIANTES DE VOLUMES DE DRAGAGES

L'évaluation des volumes de dragage en vue de l'entretien des canaux a été effectuée à partir de la bathymétrie effectuée au printemps 2017. À la suite de l'analyse des résultats de cette bathymétrie, plusieurs scénarios impliquant des largeurs, des longueurs et des profondeurs différentes d'excavation ont été quantifiées et analysées afin de déterminer les caractéristiques finales des zones d'entretien.

Puisque la problématique principale des canaux se trouve à l'embouchure des canaux où les faibles profondeurs limitent l'entrée des bateaux naviguant depuis et vers l'intérieur, les caractéristiques des volumes de dragage touchent essentiellement ces embouchures. Il existe cependant deux exceptions, soit le canal 5, où l'apport du Grand Ruisseau a réduit les profondeurs sur toute la longueur du canal, et l'extension du canal 7 qui constitue le canal principal vers le chenal de navigation.

Le tableau 4.1 synthétise l'évaluation des volumes selon les scénarios étudiés avec les caractéristiques suivantes :

- Largeur : 10,15 et 20 m;
- Profondeur : 1,0 et 1,5 m;
- Longueur : suffisante pour relier les profondeurs équivalentes aux deux extrémités.

La profondeur de 1 m permet généralement aux bateaux de moins de 30 pieds de circuler librement, car leur tirant d'eau est généralement moindre que 1 m (3 pieds). La profondeur de 1,5 m permet quant à elle d'accueillir des bateaux de plus de 30 pieds et de moins de 55-60 pieds et certains voiliers de plus faible tirant d'eau. Le dragage des embouchures à une profondeur supérieure à 1,5 m serait inutile, car les profondeurs intérieures des canaux ne permettent pas la circulation d'embarcations dont le tirant d'eau est supérieur à 1,5 m. La largeur de ces bateaux de moins de 30 pieds est d'environ 2,5 m et peut aller jusqu'à environ 4,5 m pour les bateaux de 45 à 50 pieds.

Tableau 4.1 Évaluation des volumes selon différents scénarios

<i>Volume (m³)</i>				<i>Surface (m²)</i>				<i>Épaisseur moyenne (m)</i>			
Largeur	10m	15m	20m	Largeur	10m	15m	20m	Largeur	10m	15m	20m
Canaux commerciaux (profondeur à 1,5m)	largeur déjà au maximum			Canaux commerciaux (profondeur à 1,5m)	largeur déjà au maximum			Canaux commerciaux (profondeur à 1,5m)	largeur déjà au maximum		
1	799	1242	1685	1	1369	1917	2416	1	0.58	0.65	0.70
2	150	275	358	2	709	1036	1352	2	0.21	0.27	0.27
3	260	411	560	3	1074	1539	1938	3	0.24	0.27	0.29
4	313	487	666	4	939	1398	1812	4	0.33	0.35	0.37
6	1032	1032	2031	6	1623	2269	2849	6	0.64	0.45	0.71
7	998	1552	2072	7	1439	2084	2660	7	0.69	0.74	0.78
extension canal 7 (10m)	2538	2538	2538	extension canal 7 (10m)	4471	4471	4471	extension canal 7 (10m)	0.57	0.57	0.57
8	1918	2660	3224	8	2329	3171	3798	8	0.82	0.84	0.85
9	457	794	1115	9	806	1206	1529	9	0.57	0.66	0.73
13	943	1213	1213	13	1073	1334	1334	13	0.88	0.91	0.91
14	1223	1624	2202	14	1745	2227	2777	14	0.70	0.73	0.79
15	1679	2425	2425	15	1387	1971	1971	15	1.21	1.23	1.23
Total	12309	16253	20090	Total	18964	24623	28906	Moyenne	0.62	0.64	0.68
Canaux résidentiels (profondeur à 1,0m)				Canaux résidentiels (profondeur à 1,0m)				Canaux résidentiels (profondeur à 1,0m)			
5	732	1029	2612	5	1223	1745	2343	5	0.60	0.59	1.12
5_canal_à 7m de la rive	10949	10949	10949	5_canal_à 7m de la rive	17977	17977	17977	5_canal_à 7m de la rive	0.61	0.61	0.61
6b	115	115	115	6b	546	546	546	6b	0.21	0.21	0.21
6c	798	798	798	6c	1559	1559	1559	6c	0.51	0.51	0.51
10	811	1127	1127	10	1051	1386	1386	10	0.77	0.81	0.81
11	1191	1568	2274	11	1484	1879	2524	11	0.80	0.83	0.90
12	1620	1620	1620	12	1386	1386	1386	12	1.17	1.17	1.17
16	444	648	648	16	550	797	797	16	0.81	0.81	0.81
17	657	985	1405	17	1131	1623	2211	17	0.58	0.61	0.64
18	575	829	829	18	1046	1442	1442	18	0.55	0.57	0.57
Total	17891	19666	22376	Total	27950	30338	32169	Moyenne	0.66	0.67	0.74
Grand Total	30200	35920	42466	Grand Total	46914	54961	61075	Moyenne	0.64	0.66	0.71

À la suite de l'analyse des résultats avec les autorités municipales, les zones et les profondeurs de dragage suivantes ont été jugées suffisantes pour combler les besoins actuels :

- Canaux commerciaux :
 - Largeur du canal d'accès : 10 m;
 - Longueur du canal d'accès : dans la plupart des cas une longueur permettant de relier les isocontours de 1,5 m à l'intérieur et à l'extérieur de l'embouchure;
 - Profondeur de la zone de dragage : 1,5 m (au zéro des cartes).
- Canaux privés et résidentiels :
 - Largeur du canal d'accès : 10 m;
 - Longueur du canal d'accès : dans la plupart des cas une longueur permettant de relier les isocontours de 1,0 m à l'intérieur et à l'extérieur de l'embouchure;
 - Profondeur de la zone de dragage : 1,0 m (au zéro des cartes).
- Canal 5-partie intérieure :
 - Largeur du canal d'accès : Toute la surface du canal jusqu'à la limite des quais flottants;
 - Longueur du canal d'accès : toute la longueur du canal jusqu'à la limite des quais en amont;
 - Profondeur de la zone de dragage : 1,0 m (au zéro des cartes).
- Extension du canal 7 menant au chenal principal :
 - Largeur du canal d'accès : 10 m;
 - Longueur du canal d'accès : de la zone draguée à la sortie du canal 7 jusqu'au chenal principal (profondeur de 1,5 m);
 - Profondeur de la zone de dragage : 1,5 m (au zéro des cartes).

Le tableau 4.2 présente les volumes associés aux caractéristiques retenues. Afin de prendre en compte le surdragage et l'accumulation à venir avant les travaux, le volume a été augmenté de 30 %, et les surfaces associées ont aussi été augmentées de 10 %. La profondeur moyenne est de l'ordre de 79 cm avec l'addition de ces contingences.

Tableau 4.2 Volumes totaux de dragage

<i>Volume (m³)</i>		<i>Surface (m²)</i>		<i>Épaisseur moyenne (m)</i>	
Canaux commerciaux (profondeur à 1,5m)	12309	Canaux commerciaux (profondeur à 1,5m)	18964	Canaux commerciaux (profondeur à 1,5m)	0.62
Canaux résidentiels (profondeur à 1,0m)	17891	Canaux résidentiels (profondeur à 1,0m)	27950	Canaux résidentiels (profondeur à 1,0m)	0.66
Total	30200	Total	46914	Moyenne	0.64
Total + surdragage (30%)	39259	Total +10%	51605	Moyenne +0.15m	0.79

Le volume total après contingence est donc estimé à près de 40 000 m³.

4.2 LES ÉQUIPEMENTS DE DRAGAGE ET DE TRANSPORT

Parmi les équipements qui peuvent extraire les sédiments des canaux, on distingue les équipements maritimes et terrestres. Les sections suivantes présentent ces différents équipements.

4.2.1 Équipements maritimes

4.2.1.1 Dragues mécaniques

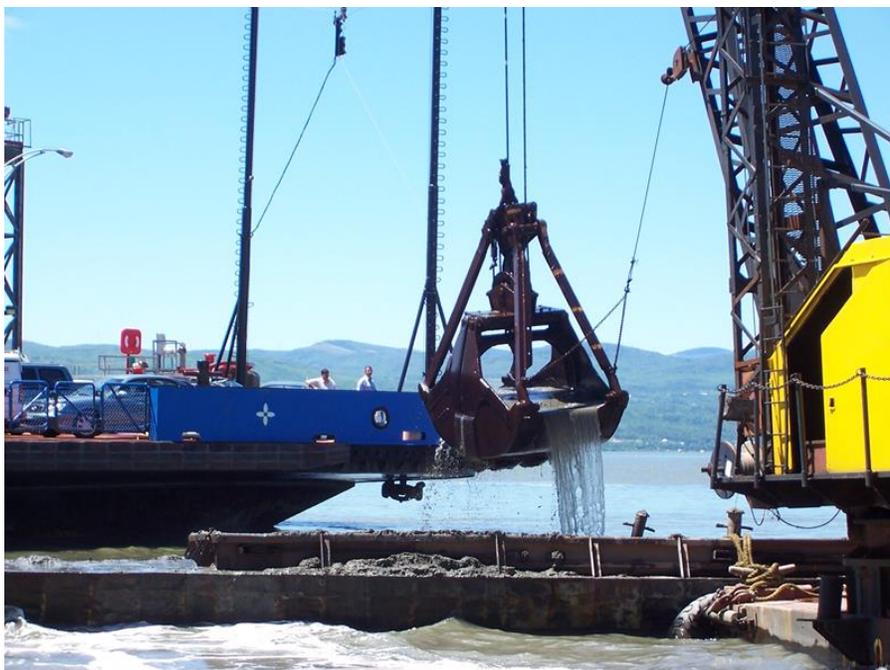
Les dragues mécaniques sont conçues pour tous les types de matériaux aussi durs que meubles. Elles prélèvent les sédiments par l'application directe d'une force mécanique sur le fond. Le principal avantage de ce type d'équipement est que les matériaux dragués conservent pratiquement les propriétés physiques in situ, ce qui réduit le volume de matériaux à transporter, à traiter ou à mettre en dépôt, en plus de minimiser le contenu en eau. Les dragues mécaniques peuvent être opérées et manœuvrées dans des zones restreintes et confinées. Elles sont très utiles en présence d'obstacles et de débris. Elles ont toutefois un rendement relativement modeste (<300 m³/h) qui diminue lorsque la profondeur du site à draguer augmente.

Il existe actuellement deux types de dragues mécaniques susceptibles d'opérer dans les cours d'eau : la drague à benne preneuse et la drague rétrocaveuse. Dans les deux cas, cet équipement est monté sur une barge ou un chaland.

Drague à benne preneuse

Ces dragues sont montées sur une grue laquelle repose sur un chaland. Ces dragues sont utilisées pour extraire tous les types de sédiments (fins consolidés, sables ou graviers). La benne descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans les matériaux à draguer sous l'effet de son propre poids et de l'action du mécanisme de fermeture. Après la remontée, les déblais de dragage sont déchargés en relâchant le câble fermant la benne (figure 4.1).

Figure 4.1 Drague à benne preneuse



La drague à benne preneuse est particulièrement appropriée pour l'excavation de petits volumes ou pour l'entretien des petites installations portuaires. En effet, ce type de drague possède une bonne facilité de manœuvre ainsi qu'un contrôle d'opération efficace sur des surfaces restreintes. D'autre part, les bennes de grandes dimensions sont également en mesure de réaliser des travaux d'envergure. En fait, c'est l'un des types de drague les plus répandus dans le monde.

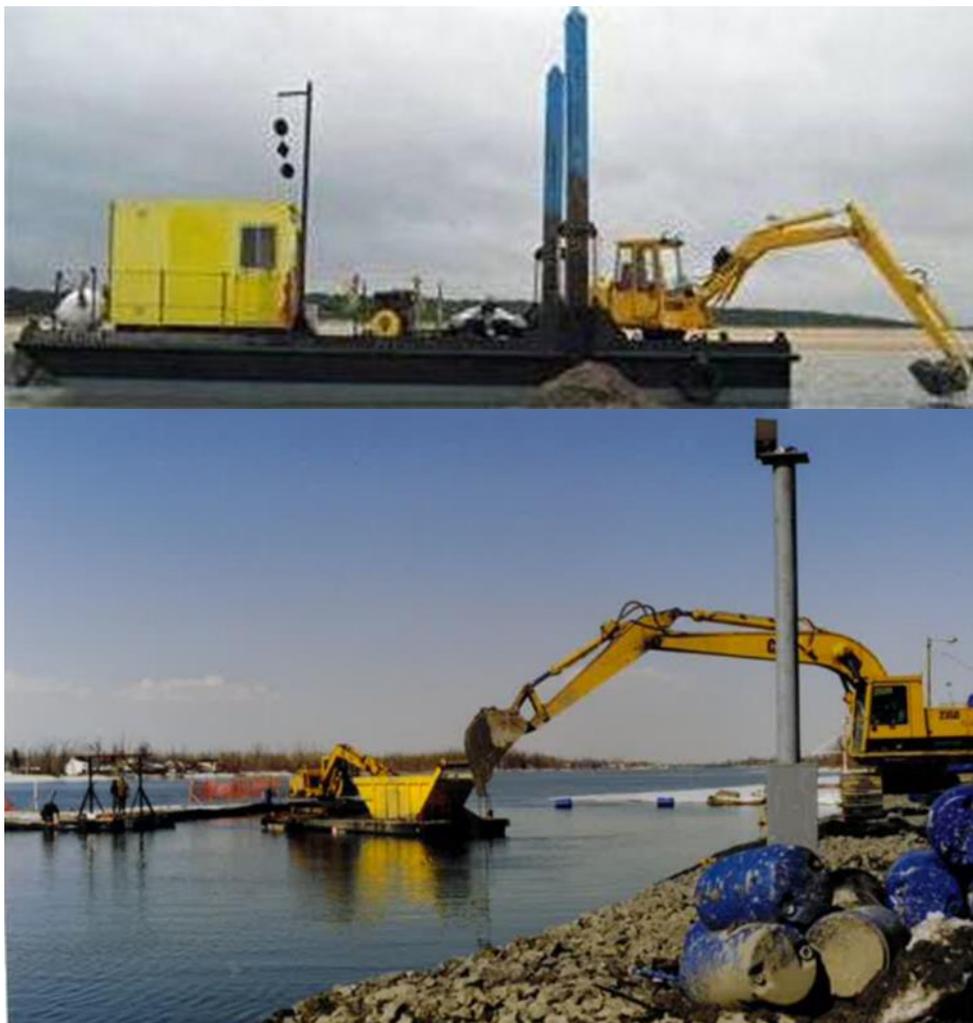
La drague à benne preneuse est surtout efficace dans les sables et les graviers fins et dans les sédiments fins cohésifs et peu cohésifs ainsi que dans les sites difficilement accessibles. Son rendement diminue toutefois lorsque les sédiments sont plus grossiers. En effet, les gros cailloux peuvent empêcher la benne de se refermer complètement, ce qui crée une fuite des sédiments plus fins. Elle a un rendement moyen dans les vagues et la houle.

La capacité des bennes varie de 0,75 m³ à 6,0 m³ et le rythme de travail est de l'ordre de 20 à 30 cycles à l'heure selon la profondeur et les caractéristiques du substrat.

Les dragues à benne preneuse peuvent générer une remise en suspension importante des sédiments lors de l'impact de la benne sur le fond, lors de la pénétration de la benne et à la montée de la benne, d'où peuvent s'échapper les sédiments dragués.

Drague rétrocaveuse

La drague rétrocaveuse consiste essentiellement en une pelle hydraulique installée sur le pont renforcée d'un chaland (figure 4.2). Le godet de la drague est fixé à un bras de manœuvre articulé sur la flèche, et les matériaux sont extraits en ramenant le godet vers la drague. Les produits de dragage sont déposés sur les rives ou dans les chalands.

Figure 4.2 Dragues rétrocaveuses

La drague rétrocaveuse peut normalement opérer jusqu'à une profondeur d'environ 6 à 12 m et récupérer des sédiments de toutes tailles, depuis les cailloux et le gravier, le sable fin au sable grossier, jusqu'aux silts à l'argile compacte. Elle est habituellement équipée de godets dont la capacité varie de 1 m³ à 3 m³. Cette technique permet une très grande précision, car le godet est fixé directement à la flèche sans être mobile comme dans le cas de la benne preneuse.

Cette drague peut toutefois occasionner des pertes importantes de matériaux dragués, car le matériel n'est pas complètement isolé de l'eau et, pour cette raison, elle est moins utilisée pour l'excavation de sédiments fins moins cohésifs.

4.2.1.2 Équipements hydrauliques

Les dragues hydrauliques aspirent et refoulent les sédiments sous forme de boues liquides à l'aide de pompes puissantes. Elles sont généralement montées sur des barges équipées de pompes raccordées à des pipelines de refoulement montés sur flotteurs. Les boues liquides, contenant généralement entre 10

à 20 % de matières solides (en poids), sont évacuées à des distances variables du site d'extraction à l'aide de pipelines.

Les dragues hydrauliques sont généralement plus productives que les dragues mécaniques; leur rendement peut atteindre 7 600 m³/h et plus. Leur performance sur le plan de la remise en suspension des sédiments au site de l'excavation est de beaucoup supérieure à celle des dragues mécaniques, mais elle génère beaucoup de remises en suspension au point d'évacuation à cause de la forte teneur en eau (80-90 %). Il existe actuellement deux types de dragues hydrauliques susceptibles d'opérer sur la rivière Richelieu : la drague suceuse simple et la drague suceuse à désagrégateur.

Drague suceuse simple

La drague suceuse simple opère par aspiration à l'aide d'une pompe et se déplace généralement à l'aide d'un système de câbles d'ancrage. Il existe divers modèles de drague suceuse simple de dimensions et de puissances variées qui possèdent un excellent rendement. Ces dragues sont généralement utilisées pour l'extraction de la boue, des sables (peu compacts) et même des graviers. Leur rendement est proportionnel au diamètre des élinde (tube métallique servant de conduite d'aspiration), à la puissance de la pompe, à la vitesse de déchargement et à la nature des matériaux dragués.

Drague suceuse à désagrégateur

Cette drague suceuse est dotée d'un puissant appareil rotatif (désagrégateur) monté à l'extrémité de l'élinde visant à désagréger le matériel avant de l'aspirer. Le désagrégateur fragmente les matériaux durs et cohésifs en morceaux plus petits qui sont pompés par une tête aspiratrice. Il existe plusieurs types de têtes désagrégatrices adaptées aux différents types de sédiments (figure 4.3).

Figure 4.3 Drague suceuse à tête désagrégatrice



Comme la plupart des dragues, la drague suceuse à désagrégateur est généralement équipée de deux pieux descendus dans le fond marin ou encore de son propre système de locomotion (comme dans la figure 4.3).

L'efficacité du dragage dépend de l'équilibre entre l'action mécanique du désagrégateur et de la suction hydraulique. La variabilité du rendement dépend aussi de la granulométrie des matériaux dragués, de la profondeur d'excavation et de la taille de la drague. Les dragues de ce type sont utilisées dans le monde entier principalement à cause de leur rendement et de leur souplesse d'utilisation.

4.2.2 Dragues spéciales

Il existe un type de drague spécialisée multifonction conçue au Québec, soit une drague à godet pompe (Amphibex, figure 4.4).

Figure 4.4 Drague Amphibex.



La drague amphibie Amphibex est une pelle rétrocaveuse montée sur un ponton et équipée de stabilisateurs ainsi que d'une hélice. Elle peut donc opérer de façon autonome, aussi bien sur terre que dans l'eau ou dans les zones marécageuses. En plus d'un godet excavateur conventionnel, cette drague peut également être munie d'un godet-pompe hydraulique : deux pompes à déblais situées dans le godet permettent de pomper en continu les matières délogées. Pour éviter l'obstruction des conduites, des lames coupantes sont logées à l'entrée de la pompe afin d'assurer le déchetage des racines ou de la végétation. Le mélange pompé est refoulé dans un pipeline pouvant mesurer jusqu'à plus de 500 m.

Cet équipement peut effectuer le dragage, la récupération des matériaux et faciliter leur dépôt sécuritaire en rive ou en milieu terrestre. L'appareil est capable d'effectuer des excavations depuis de très faibles profondeurs jusqu'à 6,5 mètres.

4.2.3 Équipements terrestres

Les équipements d'excavation terrestre peuvent être utilisés soit à partir des zones émergées naturelles ou remblayées près de la zone d'excavation ou encore à partir de la glace en hiver lorsque le couvert de glace est assez épais pour supporter le poids des équipements.

Figure 4.5 Équipements terrestres : pelles mécaniques et camions



4.2.4 Équipements de transport

Les équipements de transport sont utilisés pour déplacer les sédiments dragués vers le site de rejet ou de dépôt. Sur l'eau, les matériaux de dragage peuvent être déposés dans des petites barges (voir figure 4.2) ou des chalands de plus grande taille, appelés « marie-salopes » (figure 4.6).

Figure 4.6 Chalands à fond ouvrant pour le transport des matériaux dragués



Les chalands, parfois automoteurs, sont munis de fond plat ou de fonds ouvrants et peuvent se déplacer dans des profondeurs de plus de trois mètres. Il est toutefois possible de les utiliser lorsque le niveau d'eau est haut lors des crues afin de déposer les sédiments à des endroits autrement inaccessibles. Les sédiments mis dans une barge à fond plat doivent être évacués à l'aide d'une pelle hydraulique ou à l'aide d'une pompe et d'un pipeline. Dans les zones de moindre profondeur, des barges de plus petit tirant d'eau doivent être utilisées (figure 4.2).

L'autre technique, largement utilisée mondialement, est le pipeline qui permet de transporter les sédiments dans des zones peu profondes inaccessibles par barge ou par chaland. Avec ces pompes, le transport de sédiment se fait à plusieurs kilomètres, mais peut entraver la circulation et les activités maritimes.

Dans le cas où les sédiments ne peuvent pas être déposés dans la zone riveraine, ils devront être transportés vers un site de dépôt en milieu terrestre avec des camions. Ce mode de transport est courant lors d'excavation en milieu aquatique peu profond ou riverain (voir figure 4.5).

4.3 MODES DE DISPOSITION DES MATÉRIAUX

Avant de procéder à l'évaluation et la sélection de la technique et des équipements de dragage et de transport, il faut déterminer où seront disposés les matériaux issus du dragage. La gestion des matériaux de dragage peut s'effectuer soit en milieu aquatique, soit en milieu terrestre. Une réglementation et des critères spécifiques à chacun de ces modes de gestion doivent être appliqués. Les critères applicables réfèrent essentiellement à la nature et à la qualité des matériaux dragués.

4.3.1 Gestion en milieu aquatique

Ce type de gestion comprend le rejet en eau libre, le dépôt en rive et le confinement en eau libre. Pour évaluer le potentiel de ce type de gestion, la qualité des sédiments doit d'abord être évaluée à partir des critères élaborés par la gestion des sédiments au Québec (tableau 4.3 tiré de Environnement Canada et MDDEP, 2007). Les critères numériques applicables sont présentés dans les tableaux des résultats d'analyse de la qualité des sédiments (tableaux 3.3 à 3.6).

Au Québec cinq critères permettent d'établir le niveau de contamination des sédiments au Québec, soit la concentration d'effets rares (CER), la concentration seuil produisant un effet (CSE), la concentration d'effets occasionnels (CEO), la concentration produisant un effet probable (CEP) et la concentration d'effets fréquents (CEF). Ces critères sont présentés au tableau 4.3. Il est ainsi possible de définir trois plages de concentration de substances chimiques :

- La plage des concentrations les plus faibles, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont rarement observés (classe 1);
- La plage des effets possibles, située entre la CSE et la CEP, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont parfois observés (classe 2);
- La plage des effets probables, à l'intérieur de laquelle des effets biologiques défavorables sont fréquemment observés (classe 3).

Sous le seuil de la CEO, le rejet en eau libre est possible, car la probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est relativement faible. Lorsque la concentration mesurée est supérieure au seuil de la CEO, mais inférieure au seuil du CEF, le rejet en eau libre ne peut être considéré comme option valable

que si l'innocuité des sédiments pour le milieu récepteur est démontrée par des tests de toxicité et que le dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur.

Au-delà du seuil de la CEF, tout rejet de sédiments en eau libre est proscrit et s'ils sont dragués, ils doivent être traités ou confinés de façon sécuritaire.

Tableau 4.3 Application des critères de qualité dans la gestion des sédiments issus du dragage (adapté de Environnement Canada et MDDEP, 2007)

CRITÈRES DE QUALITÉ		GESTION DES SÉDIMENTS RÉSULTANT DE TRAVAUX DE DRAGAGE*
CEF	Classe 3 Effets biologiques défavorables fréquemment observés	La probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est très élevée. Le rejet en eau libre est proscrit. Les sédiments doivent être traités ou confinés de façon sécuritaire.
CEP		La probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est relativement élevée; elle augmente avec la concentration. Le rejet en eau libre ne peut être considéré comme option valable que si l'innocuité des sédiments pour le milieu récepteur est démontrée par des tests de toxicité et que le dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur.
CEO	Classe 2 Effets biologiques défavorables parfois observés	
CSE		
CER	Classe 1 Effets biologiques défavorables rarement observés	La probabilité de mesurer des effets biologiques néfastes est relativement faible. Les sédiments peuvent être rejetés en eau libre ou être utilisés à d'autres fins dans la mesure où le dépôt ne contribue pas à détériorer le milieu récepteur.

Le rejet en eau libre, qu'il soit situé au large ou en rive, nécessite donc que les sédiments soient de bonne qualité (sous le critère CEO ou sous le CEF avec tests de toxicité négatifs et dont la qualité est égale ou supérieure au site de disposition). Cependant, le rejet en eau libre, s'il est situé au large, doit préférablement se situer dans un site de dépôt déjà utilisé et approuvé.

En cas de dépôt en rive, ce type de gestion est généralement utilisé pour des aménagements à des fins bénéfiques telles que la recharge de plage ou la création d'habitats fauniques.

Quant au confinement en milieu aquatique, il n'est utilisé que lorsque la qualité des sédiments est mauvaise et dépasse le critère CEP. Généralement, on dépose les sédiments contaminés dans une dépression et on les recouvre avec du sédiment propre.

4.3.2 Gestion en milieu terrestre

La gestion en milieu terrestre est soumise aux critères établis dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains* (MDDELCC, 2017). Cette politique établit les usages possibles en fonction du niveau de contamination des sols et sédiments. Trois niveaux sont définis pour chacun des contaminants potentiels, soit les critères A, B et C. Les critères ABC sont présentés dans les tableaux des résultats d'analyse de la qualité des sédiments (tableaux 3.3 à 3,6).

Les matériaux dont la qualité est supérieure ou égale aux critères A peuvent être utilisés sans restriction sur tout terrain. Par contre, les matériaux dont la qualité se situent entre les critères A et B ne peuvent être disposés que dans certains sites et sous certaines conditions précises comme dans des lieux d'enfouissement technique (LET), des lieux d'enfouissement de sols contaminés (LESC) ou encore des lieux d'enfouissement de débris de construction ou de démolition.

4.4 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU PROJET RETENU

4.4.1 Méthode de dragage

L'analyse des méthodes de dragage applicables au projet d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix s'est basée sur les paramètres suivants :

- Tirant d'eau.

Les dragues et autres équipements associés doivent être de faible tirant d'eau pour pouvoir exécuter les travaux dans des profondeurs souvent inférieures à 1 m.

- Dimensions.

Les dragues et autres équipements associés doivent être de petites dimensions pour opérer à l'intérieur des secteurs de dragage qui seront d'une largeur de 10 m.

- Pourcentage de solides dans la boue.

Les équipements de dragage doivent permettre de réduire au minimum le volume total et le pourcentage d'eau présent avec les matériaux.

- Remise en suspension.

Les équipements doivent permettre de réduire la remise en suspension au site de dragage au minimum.

- Disponibilité.

Certaines dragues spécialisées sont peu ou tout simplement indisponibles au Québec. Elles ont donc été éliminées. Les dragues mécaniques sont toujours disponibles au Québec.

Les méthodes de dragage généralement utilisées dans le Saint-Laurent, telles que les dragues mécaniques de grand volume montées sur chaland et les barges de transport, ne pourront être utilisées dans le cadre de ce projet, car leur tirant d'eau est généralement supérieur à 1 m. De plus, les dimensions des chalands et des barges de transport sont trop grandes pour exécuter de tels travaux. Par contre, l'utilisation de bennes ou de pelles hydrauliques opérées à partir de la rive ou encore à partir de petit chaland à faible tirant d'eau sera privilégiée.

Les dragues hydrauliques doivent prélever une grande proportion d'eau pour pouvoir aspirer les sédiments. Cette proportion d'eau varie de 10 à 20 % pour les dragues hydrauliques classiques et peut aller jusqu'à 50 % pour la drague Amphibex dont les pompes sont situées sur le godet.

Cette caractéristique fait en sorte que les sédiments deviennent très fluides, et le volume de matériaux à disposer augmente considérablement. On doit donc gérer ces matériaux comme un liquide qui doit être soit décanté dans un espace confiné, soit dispersé dans le milieu aquatique. En vue de diminuer le volume de matériaux à gérer et l'impact du rejet en eau libre, ces méthodes de dragage n'ont pas été retenues.

Bien entendu, les équipements et les méthodes utilisées seront déterminés à la suite des ententes prises avec les entrepreneurs spécialisés, et ce, en fonction des différents lots de travail qui composeront le programme d'entretien décennal.

4.4.2 Site de disposition

Puisqu'il n'existe actuellement aucun site de rejet aquatique utilisé et autorisé dans la rivière Richelieu, et que les sections riveraines sont, soit d'affectation résidentiel, soit commercial ou d'intérêt écologiques et protégées, et qu'elles n'offrent donc pas de surface pouvant accueillir les matériaux, les matériaux devront être disposés dans des sites plus éloignés correspondant à leur qualité, et ce, en fonction de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains*.

Les matériaux non contaminés (de qualité supérieure au critère A) pourront être acheminés dans des sites tels que des carrières, gravières et sablières ou encore sur des terres agricoles comme amendement sous réserve d'une autorisation avec la Commission de la Protection du Territoire Agricole (CPTAQ).

4.4.3 Méthode de transport

Les matériaux excavés seront transbordés en milieu terrestre, soit par le déplacement de petites barges de transport vers la rive ou lorsque le site de dragage sera à proximité de la rive par dépôt direct dans les bennes des camions de transport. Le transbordement des matériaux pourra, au besoin, nécessiter l'utilisation d'une pelle mécanique pour effectuer le transbordement d'une barge de transport aux camions de transport.

Les matériaux seront transportés vers le site de disposition finale par camionnage. Afin d'éviter les pertes de liquide pendant le transport, les matériaux devront au préalable avoir été égouttés, autrement, l'entrepreneur en charge des travaux devra prévoir l'utilisation de camions à benne étanche.

4.4.4 Échéancier des travaux

Le tableau suivant présente l'échéancier préliminaire des travaux d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix.

Tableau 4.4 Échéancier des travaux de dragage d'entretien.

<i>Mois/année</i>	<i>Travaux</i>	<i>Canaux</i>	<i>Volume (m³) incluant le surdragage</i>
2018-2019	Finalisation de la procédure d'évaluation environnementale, préparation des devis de dragage, appel d'offres et négociation des contrats.		
Automne 2019 à automne 2020	Dragage et disposition des matériaux	Commerciaux	16000
Automne 2020 à printemps 2021	Dragage et disposition des matériaux	Résidentiels	23260
Automne 2021 à printemps 2022	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Automne 2022 à printemps 2023	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Automne 2023 à printemps 2024	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Automne 2024 à printemps 2025	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Automne 2025 à printemps 2026	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Printemps 2026 à automne 2027	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Printemps 2027 à automne 2028	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)
Printemps 2028 à automne 2029	Suivi bathymétrique et dragage d'entretien	Commerciaux et résidentiels	2000 (estimé)

5 ANALYSE DES IMPACTS ET MESURES D'ATTÉNUATION

Cette section présente l'analyse des impacts potentiels du projet de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. L'analyse des impacts consiste à identifier et évaluer les relations entre d'un côté les composantes du projet tel que défini à la section 4 et de l'autre les différents éléments du milieu récepteur tel que décrit à la section 3.

Les sections suivantes présentent d'abord la méthodologie utilisée, puis l'analyse des impacts et finalement les mesures d'atténuation à mettre en place et les impacts résiduels. La dernière section présente les impacts cumulatifs.

5.1 MÉTHODOLOGIE

Dans un premier temps, le projet, tel que décrit au chapitre 4, a été subdivisé en ses principales composantes, puis celles-ci ont été mises en confrontation face aux différents éléments du milieu récepteur tel que décrit au chapitre 3. Cette confrontation conduit à une grille d'interactions potentielles. Cette grille a servi ensuite à identifier les impacts prévisibles du projet. Une fois identifiés, les impacts potentiels ont été évalués et décrits au moyen de critères qualitatifs.

Lorsque nécessaire, des mesures d'atténuation visant à minimiser les impacts négatifs ou à augmenter les impacts positifs ont ensuite été proposées. Les impacts persistants après l'application de ces mesures d'atténuation sont appelés des impacts résiduels. Le bilan environnemental global des impacts du projet a finalement été déterminé sur la base de ces impacts résiduels.

5.1.1 Composantes du projet représentant des sources d'impact

Les composantes du projet susceptibles de créer des impacts sur le milieu sont :

- La mobilisation et la démobilitation des équipements;
- L'opération de dragage comprenant l'extraction et le transport à la rive;
- Le transbordement et le transport de la rive vers le site de mise en dépôt;
- Le ravitaillement et l'entretien des équipements comprenant la gestion des matières résiduelles.

5.1.2 Éléments du milieu potentiellement affectés

Les principaux éléments du milieu potentiellement affectés par ce projet sont :

Milieu physique :

- Bathymétrie;
- Nature du fond;
- Hydrodynamique;
- Qualité de l'eau;
- Qualité de l'air.

Milieu biologique :

- Végétation;
- Faune benthique et herpétofaune;
- Faune ichthyenne;
- Faune avienne.

Milieu humain :

- Qualité de vie (bruit et paysage);
- Utilisation du site (commercial et de plaisance);
- Activités nautiques et récréotouristiques;
- Économie locale et régionale.

La grille des interrelations potentielles est présentée au tableau 5.1

Tableau 5.1 Grille d'interactions potentielles

Éléments du milieu	Composantes du projet			
	Mobilisation et démobilisation	Dragage	Transport	Ravitaillement Entretien
Milieu physique				
Bathymétrie		X		
Nature du fond		X		
Hydrodynamique		X		
Qualité de l'eau		X	X	X
Qualité de l'air		X	X	
Milieu biologique				
Végétation		X		
Faune benthique et herpétofaune		X		
Faune ichthyenne		X	X	
Faune avienne		X		
Milieu humain				
Qualité de vie	X	X	X	X
Utilisation du site	X	X	X	
Activités nautiques et récréotouristiques		X	X	
Économie locale		X	X	

5.1.3 Évaluation des impacts

L'évaluation des impacts s'est basée sur les critères suivants :

- Type :
 - Positif (amélioration ou bonification);
 - Négatif (détérioration);
 - Neutre (améliorations ≈ détériorations).
- Importance elle-même fonction de :
 - Intensité :
 - Faible (modification peu perceptible);
 - Moyenne (altération significative de certaines caractéristiques);
 - Forte (altération importante, destruction d'un ou de plusieurs éléments constituants).
 - Étendue :
 - Ponctuelle (zone des travaux, perceptible par nombre restreint de personnes);
 - Locale (dépasse la zone des travaux et touche les zones adjacentes ou la communauté locale);
 - Régionale (dépasse largement la zone des travaux et les zones adjacentes et touche les communautés régionales).
 - Durée :
 - Courte : durée des travaux et moins de 3 ans;
 - Moyenne : 3 à 10 ans;
 - Longue : >10 ans.
 - Valorisation (appréciation de l'élément portant sur l'unicité, la rareté ou sa valeur écologique, économique et sociale)
 - Forte;
 - Moyenne;
 - Faible.

L'importance absolue (sans valorisation) et relative (avec valorisation) de chaque impact a été cotée faible, moyen ou fort, selon les caractéristiques des effets appréhendés. La combinaison de ces quatre critères (intensité, étendue, durée et valorisation) permet de déterminer l'importance de l'impact. Ces quatre critères ont tous le même poids dans l'évaluation de l'importance relative de l'impact. On distingue trois classes d'importance relative de l'impact. Le tableau 5.2 précise le cheminement d'évaluation de l'importance de l'impact.

Tableau 5.2 Matrice de détermination de l'importance de l'impact

Intensité	Étendue	Durée	Importance absolue	Importance relative selon la valorisation		
				Forte	Moyenne	Faible
Forte	Régionale	Longue Moyenne Courte	Forte Forte Moyenne	Forte Forte Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Locale	Longue Moyenne Courte	Forte Forte Moyenne	Forte Forte Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
Moyenne	Régionale	Longue Moyenne Courte	Forte Forte Moyenne	Forte Forte Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Locale	Longue Moyenne Courte	Forte Moyenne Moyenne	Forte Moyenne Moyenne	Moyenne Moyenne Moyenne	Faible Faible Faible
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
Faible	Régionale	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
	Locale	Longue Moyenne Courte	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Moyenne Moyenne Faible	Faible Faible Faible
	Ponctuelle	Longue Moyenne Courte	Faible Faible Faible	Faible Faible Faible	Faible Faible Faible	Faible Faible Faible

La valeur des éléments du milieu (tableau 5.3) varie de faible à forte, et est jugée d'après le cadre environnemental dans lequel se situe le projet en prenant en compte les préoccupations du milieu. Ainsi, une valeur faible a été attribuée aux composantes physiques, sauf la bathymétrie, qui est ici la variable la plus valorisée puisqu'elle est l'élément qu'on veut modifier par ce projet. Une valeur moyenne a été attribuée à la plupart des composantes biologiques sauf la faune ichthyenne et avienne. Enfin, les composantes du milieu humain ont été les plus valorisées. L'évaluation de la valeur de ces éléments est très spécifique à cette zone d'étude et pourrait différer dans un autre contexte.

Tableau 5.3 Valorisation des éléments du milieu

Valeur	Éléments du milieu
Faible	Nature du fond
	Hydrodynamique
	Faune benthique et herpétofaune
	Végétation
Moyenne	Qualité de l'air
	Qualité de l'eau
	Qualité de vie
Forte	Bathymétrie
	Faune avienne
	Faune ichthyenne
	Utilisation du site
	Activités récréotouristiques
	Économie locale

5.2 ÉVALUATION DES IMPACTS

Le tableau 5.4 présente la synthèse de l'évaluation des impacts du programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix. Il précise, pour chacun des éléments du milieu, l'intensité, l'étendue, la durée, la valorisation et l'importance de chacun des impacts. Les sections qui suivent décrivent ces impacts de façon détaillée.

Tableau 5.4 Synthèse de l'importance des impacts environnementaux du projet

Éléments du milieu	Type d'impact		Importance de l'impact		
	Positif/négatif ou neutre	Variables		Valorisation	Impact
Milieu physique					
Bathymétrie	Positif	Intensité Étendue Durée	Forte Locale Moyenne	Forte	Fort
Nature du fond	Neutre	Intensité Étendue Durée	Faible Locale Moyenne	Faible	Faible
Hydrodynamique	Positif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Locale Longue	Faible	Faible
Qualité de l'eau	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Ponctuelle Courte	Moyenne	Faible
Qualité de l'air	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Locale Courte	Moyenne	Faible

Éléments du milieu	Type d'impact		Importance de l'impact		
	Positif/négatif ou neutre	Variables		Valorisation	Impact
Milieu biologique					
Végétation	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Ponctuelle Moyenne	Faible	Faible
Faune benthique et herpétofaune	Négatif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Ponctuelle Moyenne	Faible	Faible
Faune ichthyenne	Négatif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Locale Courte	Forte	Moyen
Faune avienne	Négatif	Intensité Étendue Durée	Faible Ponctuelle Courte	Forte	Faible
Milieu humain					
Qualité de vie	Négatif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Locale Courte	Moyenne	Moyen
Utilisation du site	Positif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Régionale Longue	Forte	Fort
Activités récréotouristiques	Positif	Intensité Étendue Durée	Moyenne Régionale Longue	Forte	Fort
Économie locale	Positif	Intensité Étendue Durée	Forte Régionale Longue	Forte	Fort

5.2.1 Bathymétrie

Le dragage modifiera la bathymétrie des canaux d'accès en augmentant les profondeurs dans les embouchures des canaux. Ces dragages permettront d'assurer en tout temps des conditions de navigation sécuritaires pour les plaisanciers, ce qui constitue un impact positif de forte intensité en raison de l'importance de l'accumulation actuellement observée dans certains secteurs des canaux d'accès. L'étendue de la répercussion est considérée locale puisqu'elle touche tous les canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, laquelle constitue le cœur de la municipalité. Considérant la durée moyenne de la répercussion et de la forte valorisation de cet élément, **l'impact positif du projet sur la bathymétrie des canaux d'accès est jugé fort.**

5.2.2 Nature du fond

L'enlèvement des accumulations de sédiments très fins et parfois très organiques modifiera la nature des matériaux à cet endroit. Les matériaux se trouvant sous les accumulations sont cependant de même type que ce que l'on retrouve en surface. L'impact n'est donc ni positif ni négatif; il est considéré neutre. L'intensité est jugée faible puisqu'il est probablement peu perceptible. L'étendue est locale et la durée moyenne.

Avec une faible valorisation de l'élément, **l'impact neutre sur la nature du fond est jugé faible.**

5.2.3 Hydrodynamique

Puisque la bathymétrie est modifiée, la circulation des courants risque d'être affectée. Puisque les sections transversales dans l'entrée des canaux seront augmentées, les échanges d'eau entre la rivière et l'intérieur des canaux seront aussi augmentés proportionnellement. Cependant, puisque les canaux sont fermés, les courants déjà très lents ne seront que légèrement augmentés.

L'intensité de l'impact est donc jugée moyenne. L'étendue sera locale et la durée sera longue. Compte tenu de la faible valorisation de cet élément, **l'impact positif est jugé faible.**

5.2.4 Qualité de l'eau

Les opérations de dragage, de transport et de transbordement affectent la qualité de l'eau par la perte de sédiments dans la colonne d'eau. Le transport est la source la moins importante et est généralement négligeable lorsque les équipements de transport sur l'eau sont étanches. L'opération de dragage est l'activité considérée comme la plus dommageable pour la qualité de l'eau.

Lors des opérations de dragage la concentration de matière en suspension (MES) et la turbidité augmentent en raison de l'impact du godet ou de la benne sur le fond, des pertes entre les mâchoires de la benne ou de la surface du godet lors de la remontée et de la surverse à la sortie de l'eau et au dépôt dans la barge de transport.

Selon la littérature et les suivis réalisés au Québec, les pertes lors de ces opérations sont estimées entre 1 et 3 % du volume dragué (Pelletier, 2003).

Les mesures effectuées lors de différents programmes de surveillance et de suivi environnemental depuis 2001 (Pelletier, 2003) portant sur des activités de dragage ont permis de démontrer que la limite du panache de turbidité se trouve généralement à moins de 500 m de distance de la drague et que le panache varie en fonction :

- De l'importance des pertes;
- De la granulométrie et de la cohésion des sédiments;
- De la dynamique hydraulique au site.

Donc de façon générale, l'impact des activités de dragage est d'intensité faible, d'étendue ponctuelle et de courte durée. **L'impact sur la qualité de l'eau est donc jugé faible étant donné que la qualité de l'eau est moyennement valorisée.**

Il est à noter cependant qu'après les travaux et conséquemment à l'augmentation des échanges d'eau entre la rivière et l'intérieur des canaux la qualité de l'eau à l'intérieur des canaux sera améliorée.

5.2.5 Qualité de l'air

Les activités de dragage et de transport vers un site de disposition risquent d'entraîner des effets négatifs sur la qualité de l'air, principalement en raison des émissions de gaz à effet de serre par les échappements des moteurs de la machinerie et aussi par l'émission de poussières lors du transport des matériaux vers le site de disposition finale.

Cet élément est généralement moyennement valorisé, mais l'impact est de faible Intensité, d'étendue locale et d'une durée correspondant à l'opération des équipements. **L'impact global sur la qualité de l'air est donc jugé faible.**

5.2.6 Végétation

Les activités de dragage sont susceptibles d'affecter la végétation lorsque les fonds à draguer supportent une végétation aquatique. Seule la partie extérieure du canal 7 qui joint les canaux intérieurs au chenal de navigation principal était recouverte d'une végétation submergée relativement dense et l'intérieur de canal 5. Cependant la végétation de ce canal déborde largement les limites actuelles du canal et donc se régénèrera rapidement dès le printemps suivant.

Les espèces présentes sont également communes, et l'abondance des plantes aquatiques dans le secteur devrait sans problème permettre une recolonisation rapide. Notons finalement que le dragage des sédiments pourrait améliorer la colonisation d'une végétation submergée au fond du chenal. La forte turbidité, causée par le brassage des sédiments, ainsi que l'arrachage à cause des hélices, nuit actuellement à la croissance optimale de la végétation dans les chenaux.

Ainsi, cet impact est de faible intensité, d'étendue ponctuelle et de durée moyenne. De faible valorisation la **végétation subira donc un faible impact négatif.**

5.2.7 Faune benthique et herpétofaune

Le dragage aura un impact négatif sur la faune benthique et sur l'herpétofaune, susceptible d'être présente sur les aires de dragage des canaux. Toutefois, l'impact dans les zones de dragage sera peu important, étant donné que ces fonds sont constamment remis en suspension par les déplacements des bateaux et l'agitation générée par leurs hélices. De plus, la caractérisation du benthos a révélé des cotes de qualité de mauvaises à très mauvaises confirmant la faible intégrité benthique. Le dragage des sédiments pourrait même améliorer la qualité de l'habitat benthique en diminuant le brassage de sédiments qui affecte probablement négativement la qualité de l'habitat présentement.

Quant au potentiel de présence d'espèces de tortues géographiques à statut précaire, il a été jugé très faible compte tenu de leurs mœurs farouches. Il pourrait toutefois y avoir fréquentation occasionnelle, en déplacement, de tortues serpentine et peintes, répertoriées dans le secteur dans les zones riveraines et secteur d'herbiers aquatiques en rive. Les autres espèces herpétofauniques ne sont généralement pas présentes dans les aires prévues pour le dragage.

L'évaluation de l'impact sur la faune benthique et l'herpétofaune est donc jugée d'intensité moyenne à cause de la faible concentration d'organismes dans les canaux. L'étendue est ponctuelle et de durée moyenne. La valorisation de cet élément est faible. **Cet impact négatif sur la faune benthique et l'herpétofaune est donc jugé de faible importance.**

5.2.8 Faune ichthyenne

Le dragage et le rejet des sédiments auront un impact négatif sur la faune ichthyenne, principalement à cause de l'augmentation de la turbidité et de la concentration en MES. Toutefois, la période de réalisation des travaux (automne-hiver) permet d'éviter les périodes critiques pour les poissons et reste conforme aux périodes autorisées pour la réalisation de travaux en milieu aquatique par le MFFP, soit du 1^{er} août au 1^{er} mars.

D'autre part, les espèces présentes dans ce secteur sont déjà habituées à des conditions très variables de concentrations en MES, particulièrement dans les zones riveraines et peu profondes fortement affectées par l'agitation par les vagues de bateau. L'indice d'intégrité faible, le taux d'anomalies un peu élevé et l'absence d'espèces considérées intolérantes à la pollution démontrent que la qualité d'habitat aquatique du point de vue de l'ichtyofaune est de faible qualité.

De plus, les espèces présentes sont relativement communes dans la région et sont caractéristiques des habitats vaseux et d'herbiers aquatiques. Il s'agit d'espèces tolérantes ou de tolérance intermédiaire à la pollution et à l'augmentation de matières en suspension.

Il est à noter de plus que les inventaires ichtyologiques n'ont pas permis de répertorier des espèces de poissons à statut précaire ni d'espèces considérées intolérantes à la pollution.

Ainsi, considérant l'intensité moyenne de la perturbation, son étendue locale et sa courte durée, **l'impact des travaux sur la faune ichthyenne est jugé moyen malgré sa forte valorisation.**

5.2.9 Faune avienne

Au cours des activités de dragage et de transport des sédiments vers le site de rejet en eaux libres, les oiseaux (rassemblements ou colonies) peuvent être dérangés par les déplacements des barges et des équipements de transbordement et de transport terrestre, ainsi que par le bruit généré par les moteurs. Cependant, les oiseaux paraissent s'habituer rapidement à la présence et au fonctionnement des équipements nécessaires au dragage et au transport des sédiments (Environnement Canada, 1994).

De nombreuses études réalisées ont démontré que des oiseaux aquatiques continuent de couvrir à 50 mètres d'une drague en opération (Campbell, 1988) et que des activités de dragage intenses d'une moyenne 85 000 m³ par jour n'ont eu que des effets mineurs sur le comportement et la distribution des populations d'oiseaux dans la Baie McKinley (Ward, 1981 cité dans Environnement Canada, 1994). De plus, les oiseaux sont des animaux mobiles capables d'éviter temporairement les zones de perturbation. Les oiseaux se déplacent dès que des éléments perturbent leur habitat et reviennent ensuite rapidement après la fin de la perturbation sans subir d'effets.

En conséquence bien que la zone des travaux soit un habitat pour la faune avienne, **l'impact du dragage sur la faune avienne est de faible** intensité, d'étendue ponctuelle et de courte durée, ce qui résulte en un impact jugé faible même si cet élément biologique est fortement valorisé.

5.2.10 Qualité de vie

Les travaux de dragage et de transport se produiront au cœur même de la municipalité, où la concentration résidentielle et commerciale est maximale. Plusieurs résidences les plus rapprochées des canaux se trouvent à moins de 200 m des travaux prévus. La qualité de l'air a déjà été traitée dans les aspects physiques des impacts du projet et a été jugée de faible importance.

Le principal irritant est le bruit généré par les opérations qui se dérouleront pendant le jour. La perturbation sera effective durant toute la durée des travaux, puisque le transport des sédiments est effectué simultanément aux opérations de dragage. La durée de l'impact est jugée courte.

Les émissions sonores des équipements de dragage et de transport se limiteront à leur environnement proche et seront de courte durée. L'étendue de la perturbation est donc locale. Cet impact est jugé d'intensité moyenne compte tenu de la distance entre les résidences et l'activité de dragage et de courte durée. Compte tenu de la valorisation moyenne de cet élément, **l'impact négatif sur la qualité de vie est jugé d'importance moyenne.**

5.2.11 Utilisation du site

Comme spécifié dans la description du milieu, les sites de dragage sont utilisés essentiellement pour la navigation par les embarcations de plaisance. Bien que les travaux de dragage constituent une entrave à la navigation lors de la période des travaux l'impact global sur la navigation est positif et de longue durée. De plus l'entrave est minimisée par le fait que les travaux se dérouleront après la saison de haute fréquentation nautique soit durant l'automne et l'hiver.

L'intensité de cet impact est jugée moyenne, et son étendue régionale puisque ce programme permettra une utilisation accrue et sécuritaire pour tous les plaisanciers naviguant dans la région du Haut-Richelieu. De plus la durée de cet impact est longue. **Puisque la valorisation de cet élément est très forte, l'impact positif sur l'utilisation du site est jugé fort.**

5.2.12 Activités récréotouristiques

L'impact du dragage sur les activités récréotouristiques via une utilisation accrue et permanente du site sera positif puisque ces activités seront maintenues, et même possiblement augmentées. Cet impact positif en phase d'exploitation surpasse de beaucoup l'impact négatif presque négligeable de la baisse d'attrait et de l'entrave à la circulation des bateaux lors des travaux. De plus, l'impact négatif sur la pêche récréative est très faible, car les espèces de poissons de pêche sportive dans ce secteur sont de faibles tailles, ce qui limite de beaucoup le potentiel de pêche sportive.

L'impact positif du dragage sur les activités récréotouristiques est jugé d'intensité moyenne, d'étendue régionale et de longue durée. Puisque cet élément est fortement valorisé par la population locale, **l'impact positif sur les activités récréotouristiques est jugé fort.**

5.2.13 Économie locale

L'impact du programme décennal de dragage sur l'économie locale et régionale est positif, car la navigabilité des canaux constitue un élément essentiel de la vocation nautique intrinsèque à la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix, et donc aux retombées économiques. En effet, le nautisme est l'un des piliers de l'économie de la municipalité. De plus, la valeur des propriétés riveraines aux canaux est directement reliée à la possibilité d'accéder aux activités nautiques via l'utilisation des canaux.

L'intensité de l'impact du dragage est donc forte, de portée régionale et de longue durée. Cet élément est fortement valorisé par la population de sorte que **l'impact positif sur l'économie locale est jugé fort.**

5.3 MESURES D'ATTÉNUATION ET IMPACTS RÉSIDUELS

Les principales mesures d'atténuation s'appliquant au programme de dragage d'entretien sont présentées dans les sections suivantes.

5.3.1 Réduction des volumes et des pertes et réduction des impacts sur la qualité de l'eau

- Réduction du surdragage et optimisation des opérations de dragage par la détermination optimale des surfaces et des volumes de dragage. Cette optimisation a déjà été initiée en partie et continuera tout au long du programme par un suivi bathymétrique régulier;
- Réduction des pertes lors de l'opération de dragage par un contrôle de la vitesse de descente et de remontée de la benne, par l'utilisation d'une benne étanche et par la réduction des surverses lors du remplissage des barges et des camions de transport;
- Utilisation de barges et de camion de transport étanches avec des bâches afin de diminuer les pertes lors du transport vers le site de mise en dépôt;
- Contrôle précis des opérations de dragage par un positionnement précis au moyen d'un système de localisation automatisée;
- Utilisation de rideaux de turbidité entourant les zones de dragage et de transbordement;
- Éviter de faire les travaux par mauvais temps extrêmes avec agitation importante du plan d'eau.

5.3.2 Réduction impacts sur la circulation

- Installer une signalisation adéquate pour assurer la sécurité des usagers pendant les travaux (déplacements sur le site, déplacements piétonniers et cyclistes);
- Émettre un avis à la navigation aux autorités responsables;
- Pendant toute la durée des travaux, nettoyer les chemins d'accès empruntés par les véhicules de transport afin d'enlever toute accumulation de débris;
- Durant les travaux de dragage, utiliser des embarcations conformes à la réglementation afin d'assurer la sécurité nautique.

5.3.3 Réduction des impacts sur la qualité de vie

- Prévoir les travaux dans les zones à draguer en dehors de la saison à fort achalandage, soit en automne et au début de l'hiver;
- Établir un horaire de travail d'au maximum 12 heures par jour (de 7 h à 19 h) du lundi au samedi;
- Communiquer aux autorités et aux résidents l'horaire et la localisation des travaux et des zones affectés;
- Minimiser le bruit par l'installation d'écran antibruit temporaire et l'organisation du chantier et des travaux en conséquence;
- S'abstenir de laisser en marche la machinerie non utilisée.

5.3.4 Réduction des impacts liés à l'entretien et la gestion des résidus

- Effectuer le plein de carburant, la lubrification et l'entretien des équipements dans des zones prévus à cet effet et le plus éloigné possible de l'eau;
- Utiliser des huiles biodégradables pour la lubrification;
- Disposer des trousse d'urgence en cas de déversements accidentels;
- Gérer les déchets selon la réglementation en vigueur.

5.3.5 Réduction des impacts sur la faune et la flore

- Effectuer les travaux en dehors des périodes de restriction, soit du 1^{er} mars au 1^{er} aout;
- S'assurer de l'absence de poisson ou d'herpétofaune à l'intérieur des rideaux de turbidité et dans les zones de transbordement.

5.3.6 Impacts résiduels

Les impacts négatifs résiduels après l'application des mesures de mitigation seront donc :

Sur le milieu physique :

- Une faible diminution de la qualité de l'eau et de la qualité de l'air;
- Une faible modification de la nature du fond et de l'hydrodynamique.

Sur le milieu biologique :

- Un faible impact sur la végétation, la faune benthique, herpétologique et avienne;
- Un impact moyen sur la ichtyenne.

Sur le milieu humain :

- Un impact moyen sur la qualité de vie.

Les impacts positifs ont un fort impact sur la bathymétrie et un fort impact sur l'utilisation du site, les activités récréo-touristiques et l'économie locale.

5.4 IMPACTS CUMULATIFS

Les diverses activités de dragage sur le Richelieu peuvent interagir entre elles de façon concomitante ainsi qu'avec d'autres activités, telles que la navigation, la pêche ou même le rejet d'eaux usées municipales. Les effets biophysiques et socio-économiques alors générés doivent être appréhendés de façon multiplicative. C'est ce que l'on appelle les effets cumulatifs.

Dans la zone d'étude, aucune autre activité liée au dragage n'est à prévoir pour l'instant, et par conséquent, aucun impact cumulatif n'est à prévoir.

Les autres sources d'effets sur la qualité de l'eau, tels que des rejets d'eaux usées ou des travaux maritimes ne représentent aucun effet additif avec ce projet, puisque les rares rejets sont déjà traités avant d'être introduits à la rivière et que les travaux maritimes sont absents dans cette zone.

6 PROGRAMME DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI

6.1 RELEVÉS PRÉLIMINAIRES AUX TRAVAUX PRÉPARATION DES PLANS ET DEVIS ET OBTENTION DES AUTORISATIONS

Pour chacune des campagnes de dragage qui sera effectuée dans le cadre du programme décennal de dragage d'entretien, une demande d'autorisation sera déposée auprès du ministère de l'Environnement en vertu de l'article 22 de la Loi sur la Qualité de l'Environnement (L.R.Q. Chap. Q-2). Cette demande sera accompagnée d'une carte bathymétrique indiquant la zone à draguer et une brève description des travaux à effectuer indiquant les volumes à draguer, le site de disposition, la période de réalisation prévue ainsi que la personne responsable d'assurer la surveillance des travaux de dragage. De plus, pour chaque dragage, des avis de début et de fin des travaux seront donnés au ministère du Développement durable et de la lutte contre les changements climatiques et à la Garde côtière canadienne.

L'élaboration des plans et devis comprendra la description précise de l'envergure des travaux et de la méthodologie préconisée ainsi que toutes les mesures d'atténuation et les obligations légales et réglementaires applicables aux travaux. Un échéancier cadre sera aussi présenté.

6.2 SURVEILLANCE DES TRAVAUX

Chacun des dragages devra faire l'objet d'une surveillance qui visera essentiellement à s'assurer que les surfaces et les volumes dragués correspondent à ceux prévus, que les matériaux soient déposés au site de disposition et que toutes les mesures d'atténuation soient appliquées. De plus, la surveillance permet aussi de s'assurer que toutes les lois, les règlements et les autres considérations environnementales mentionnées dans les plans et les devis seront respectés par le ou les entrepreneurs responsables des travaux.

Une personne désignée par le promoteur supervisera l'ensemble des travaux et aura la responsabilité de surveiller les travaux, en plus de vérifier que :

- Seules les surfaces déterminées sont draguées, et ce, à la profondeur retenue;
- Tous les équipements et les systèmes de localisation sont en bon état et que l'entretien de la machinerie se fasse dans les zones prévues à cet effet et selon les normes;
- L'approvisionnement des équipements en carburant se fasse à un endroit sécuritaire et déterminé à l'avance;
- Le système de fermeture de la benne et des barges utilisées est en bon état de marche;
- Le rideau de turbidité est bien installé;
- Les barges ne soient pas surchargées et qu'elles ne présentent pas de problèmes de surverse;
- Les opérations ne causent qu'une entrave minimale à la navigation;
- Les travaux soient interrompus lorsque les conditions météorologiques se détériorent;
- Les sédiments soient déversés selon le plan de disposition;
- Toutes les autres mesures d'atténuation et autres obligations légales et réglementaires soient suivies.

Le surveillant devra faire un rapport journalier des activités et un rapport final couvrant tous les éléments techniques et environnementaux des travaux. En cas d'inefficacité de certaines mesures de mitigation, il

devra en avertir l'entrepreneur et la municipalité. Cette dernière pourra alors, à la suite d'une entente avec l'entrepreneur, mettre en place des mesures alternatives de réduction des impacts. En cas de non respect de certaines clauses du devis de dragage, le surveillant devra avertir l'entrepreneur et la municipalité du non-respect, et cette dernière devra alors être en mesure d'intervenir.

6.3 SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Le programme de suivi environnemental permet de vérifier les mesures de protection de l'environnement et de mesurer certains impacts résiduels.

6.3.1 Suivi bathymétrique

Un suivi des profondeurs d'eau au site de dragage sera réalisé par des relevés bathymétriques avant et après chaque dragage. Des points de contrôles périodiques seront suivis annuellement au printemps, à l'ouverture des opérations des marinas afin de suivre l'évolution de l'accumulation naturelle.

6.3.2 Suivi de la qualité de l'eau

Un suivi de la qualité de l'eau sera réalisé lors des premiers dragages afin de déterminer l'ampleur du panache de turbidité et de matières en suspension (MES) générées par les activités de dragage, de transbordement et de transport. Ce suivi a été réalisé par des mesures in situ de la turbidité et par des prélèvements, et l'analyse des MES sera ensuite réalisée dans des échantillons d'eau.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Anderson, A. R. et R. N. Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. Pages 447-482 dans M. B.R. et D. W. Willis, (éditeurs). Fisheries techniques, 2^e édition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Armstrong, M. 1997. La moule d'eau douce, Rapport des Associés de la biodiversité pour le Bureau de la Convention sur la biodiversité, Environnement Canada, Ottawa.

Atlas des Amphibiens et Reptiles du Québec (AARQ). 1988-.. Atlas des amphibiens et reptiles du Québec : banque de données active depuis 1988 alimentée par des bénévoles et professionnels de la faune. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.

Bayless, L. E. 1975. Population parameters for *Chrysemys picta* in a New York pond. The American Midland Naturalist 93(1) : 168-176.

BEAULIEU, Michel. 2016. Guide d'intervention - Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, ISBN 978-2-550-76171-6, 210 p

Bélisle, F., F. Lévesques, M. Laplante, et S. Beudet. 2001. Diagnose de la population de doré jaune (*Stizostedion vitreum* M.) du Lac Chiboumau en 1998 et 1999. Rapport scientifique, GÉNIVAR Société de commandite et Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune du Nord-du-Québec en collaboration avec les Ressources intégrées de Chiboumau inc. 102 p.

Bider, J. R. et W. Hoek. 1971. An efficient and apparently unbiased sampling technique for population studies of painted turtles. Herpetologica 27(4) : 481-484.

Bider, J.R. et S. Matte (compilé par). 1991. Atlas des amphibiens et des reptiles du Québec. Société d'histoire naturelle de la vallée du St -Laurent et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec, 429 p.

Browne, C. L. 2003. The status of turtle populations in Point Pelee National Park. Thèse de maîtrise, département de Biologie, Lakehead University, ThunderBay, Ontario, 112 pages.

Cagle, F. R. 1954. Observations on the life cycle of Painted Turtles (Genus *Chrysemys*). The American Midland Naturalist 52(1): 225-235.

CAMPBELL, L.H. 1988. THE IMPACT OF RIVER ENGINEERING ON WATER BIRDS ON AN ENGLISH LOWLAND RIVER. BIRD STUDY 35 :91-96

Centre de donnée sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ). 2017. Extraction de la banque de donnée le 29 mai 2017. Espèces à risque dans un rayon de 5 km. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Québec, 10 pages.

CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC CDPNQ (2009) DONNÉES SUR LES ESPÈCES MENACÉES EN LIGNE. [HTTP://WWW.CDPNQ.GOUV.QC.CA/PRODUITS.HTM#](http://www.cdpnq.gouv.qc.ca/produits.htm#)

CENTRE LOCAL DE DÉVELOPPEMENT ET CONSEIL ÉCONOMIQUE DU HAUT-RICHELIEU. 2010. PROFIL SOCIO-ÉCONOMIQUE DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE-AUX-NOIX. 50 pages.

Congdon, J. D., J. L. Greene et J. W. Gibbons. 1986. Biomass of freshwater turtles: a geographic comparison. *The American Midland Naturalist* 115(1): 165-173.

COSEPAC. 2017. Base de données des espèces sauvages évaluées par le COSEPAC. Adresse du site internet : http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/searchform_f.cfm [consulté le 1 novembre 2017].

COVABAR, 2015. Plan directeur de l'eau - Portrait du bassin versant de la Rivière Richelieu et de la zone Saint-Laurent, août 2015. Beloeil.

Desroches, J.-F. 2004. Inventaire des amphibiens et des reptiles de la rivière du Sud. Rapport présenté à Canards Illimités inc., Québec, 41 p. + 3 annexes.

Desroches, J.-F. 2010. Clé d'identification pratique des poissons d'eau douce du Québec. Cégep de Sherbrooke, Sherbrooke. 80 p.

Desroches, J.-F. et I. Picard. 2013. Poissons d'eau douce du Québec et des Maritimes. Éditions Michel Quintin Waterloo. 471 p.

Desroches, J.-F. et I. Picard. 2007. Évaluation de l'incidence des routes sur les populations de tortues en Outaouais, Québec. Société d'histoire naturelle de la vallée du Saint-Laurent. Rapport présenté au Ministère des Transports du Québec. Rapport # RTQ-07-02. 135 pages.

Desroches, J.-F. et D. Rodrigue. 2004. Amphibiens et reptiles du Québec et des Maritimes. Éditions Michel Quintin, Waterloo, 288 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC, 2007, CRITÈRES POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS AU QUÉBEC ET CADRES D'APPLICATION : PRÉVENTION, DRAGAGE ET RESTAURATION. 39 PAGES.

ENVIRONNEMENT CANADA ,2002. GUIDE D'ÉCHANTILLONNAGE DES SÉDIMENTS DU SAINT-LAURENT POUR LES PROJETS DE DRAGAGE ET DE GÉNIE MARITIME. VOLUMES 1 ET 2 DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT. RÉGION DU QUÉBEC.

ENVIRONNEMENT CANADA ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, 1992. CRITÈRES INTÉRIMAIRES POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS DU SAINT-LAURENT. CENTRE SAINT-LAURENT ET MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC. 28 PAGES.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1994. RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES DU DRAGAGE ET DE LA MISE EN DÉPÔT DES SÉDIMENTS. SECTION DU DÉVELOPPEMENT
Programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix – Étude d'impact sur l'environnement
Mai 2018

TECHNOLOGIQUE. DIRECTION DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, RÉGIONS DU QUÉBEC ET DE L'ONTARIO. ENVIRONNEMENT CANADA.

Ernst, C. H., J. E. Lovich et R. W. Barbour. 1994. Turtles of the United States and Canada. Smithsonian Institution Press, Washington et London, É.-U., 578 pages.

Galbelhouse Jr, D. W. 1984. A length-categorization system to assess fish stocks. North American Journal of Fisheries Management 4:273-285.

Gibbons, J. W. 1968. Reproductive potential, activity, and cycles in the Painted Turtle, *Chrysemys picta*. Ecology 49(3): 399-409.

GROUPE DE TRAVAIL TECHNIQUE INTERNATIONAL DU LAC CHAMPLAIN ET DE LA RIVIÈRE RICHELIEU. 2015. Vers un système opérationnel en temps réel de prévision des inondations et de cartographie des plaines inondables pour le lac Champlain et la rivière Richelieu. Projet de rapport préparé pour la Commission Mixte Internationale. 85 pages

HOROWITZ, A.J., 1991. A PRIMER ON SEDIMENT-TRACE ELEMENT CHEMISTRY. LEWIS PUBLISHERS, 136 P.

Karr, J. R. 1991. Biological Integrity : A long neglected aspect of water resource management. Ecological Applications 1:66-84.

Houde, L. 2007. Changements dans la communauté de poissons de la rivière Saint-Maurice après retrait des billes flottées. Rapport technique, Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la Mauricie. 34 pages et annexe

LANGLOIS, RÉGIS. 1997. SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE-AUX-NOIX, SES ORIGINES SON HISTOIRE, 224 P.

La Violette, N. 1999. Le bassin de la rivière Yamaska : les communautés ichthyologiques et l'intégrité biotique du milieu. Section 6. Rapport no EA-14, Ministère de l'Environnement, Direction des écosystèmes aquatiques. 70 p.

La Violette, N., D. Fournier, P. Dumont et Y. Mailhot, 2003. Caractérisation des communautés de poissons et développement d'un indice d'intégrité biotique pour le fleuve saint-laurent, 1995-1997. Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune: pp: 237 p.

MacCulloch, R. D. et D. M. Secoy. 1983. Demography, growth, and food of western painted turtles, *Chrysemys picta bellii* (Gray), from southern Saskatchewan. Canadian Journal of Zoology 61(7): 1499-1509.

Magnan, P., Y. Mailhot et P. Dumont. 2008. État du stock de perchaude du lac Saint-Pierre en 2007 et efficacité du plan de gestion de 2005. Comité avisier scientifique sur la gestion de la perchaude du lac Saint-Pierre, Université du Québec à Trois-Rivières et ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. iv + 28 pages + annexes

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. 2017. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés et son Plan d'action 2017-2021 , 2017, 34 PAGES.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC). 2015. Liste des espèces floristiques vasculaires susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables.

Programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix – Étude d'impact sur l'environnement
Mai 2018

Adresse du Site internet : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/listes/vasculaires.pdf> [consulté le 1 décembre 2017].

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC). 2014. Liste des plantes vasculaires vulnérables. Site internet [consulté le 15 décembre 2017]. : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/listes/vulnerables-floristiques.pdf>

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte aux changements climatiques (MDDELCC). 2012. Liste des plantes vasculaires menacées. Adresse du Site internet : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/listes/menacees-floristiques.pdf> [consulté le 15 décembre 2017].

Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, de La Faune et des Parcs (MDDEFP), 2012. Élaboration d'un indice d'intégrité biotique basé sur les macroinvertébrés benthiques et mise en application en milieu agricole – Cours d'eau peu profonds à substrat meuble, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ISBN 978-2-550-65630-2 (PDF), 62 p. (incluant 10 annexes).

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP). 2017. « Liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec et liste des espèces de la faune susceptibles d'être désignées comme menacées ou vulnérables ». Adresse du site internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>. [consulté le 1 décembre 2017].

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. 2015. Banque de données des résultats de pêches expérimentales - "Feuilles de pêche" - données de 1928 à aujourd'hui. Direction de la gestion de la faune de l'Estrie, de Montréal, de la Montérégie et de Laval. ~270 000 enregistrements.

Ministère des Loisirs, de la Chasse et de la Pêche (MLCP). 1974. Ichtyologie P.I.E. 74. Lac Magog. Ministère des Loisirs de la Chasse et de la Pêche. Ministère des Richesses Naturelles. Service de la qualité des eaux. Division "Limnologie". 31 p.

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF). 2007b. Banque de donnée du MRNF sur les lieux de reproduction du poisson. Direction de l'aménagement de la faune de Montréal, éditeur. Banque de données et cartes.

Mitchell, J. C. 1988. Population ecology and life histories of the freshwater turtles *Chrysemys picta* and *Sternotherus odoratus* in an urban lake. Herpetological Monographs 2: 40-61.

Moisan, J., 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010 – Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-58416-2 (version imprimée), 82 p. (incluant 1 ann.).

Ouellette, D. 2013. Compilation de données de perchaudes récoltées par des étudiants en techniques de bioécologie entre 2009 et 2013. Cégep de Sherbooke, Sherbrooke. Banque de donnée.

Paradis, J. et F. Lévesques. 2003. Diagnose de la population de doré jaune dans le lac Regnault-réserve faunique assinica entre 1996 et 1998. Rapport scientifique, GENIVAR Groupe Conseil inc. pour la Société de la Faune et des Parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune, région Nord-du-Québec. 78 p.

Pelletier, Marc. 2018. Bathymétrie et analyses de al qualité des sédiments. Rapport sectoriel soumis à la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix dans le cadre du projet « PROGRAMME DÉCENNAL DE DRAGAGE

Programme décennal de dragage d'entretien des canaux de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix – Étude d'impact sur l'environnement
Mai 2018

D'ENTRETIEN DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX ». 15p.

PELLETIER M. 2003, "THE IMPACT OF DREDGING ON WATER QUALITY: MYTHS AND REALITY". 2E SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LES SÉDIMENTS CONTAMINÉS. QUÉBEC, CANADA. 24-26 MAI, 2003

Picard, I. 2017. CARACTÉRISATION DE LA FAUNE ET LA FLORE AQUATIQUE DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX. Rapport présenté dans le cadre du projet « PROGRAMME DÉCENNAL DE DRAGAGE D'ENTRETIEN DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX ». Étude réalisée pour le compte de la municipalité de Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix. 56 p. + 11 annexes

Picard, I. 2017a. Inventaire de la faune aquatique du lac Davignon. Étude réalisée pour le compte du Comité de sauvegarde du bassin versant du lac Davignon. 38 p. + 11 annexes.

Picard, I. 2015. Portrait détaillé de la rainette faux-grillon en Montérégie en 2014 : 10 ans plus tard. Rapport présenté à Ciel et Terre, Longueuil, Québec. 88 pages + 8 annexes.

Picard, I. 2014a. Portrait des populations de poissons du lac Brome, été 2013. Rapport présenté à Renaissance Lac Brome. vii + 52 pages + 7 annexes.

Picard, I. 2014b. Portrait détaillé des populations de poissons du marais de la Rivière aux Cerises. Rapport présenté à L'Association du Marais-de-la-Rivière-aux-Cerises. 51 pages + 5 annexes.

Picard, I. 2014c. Portrait des populations de tortues du marais de la Rivière aux Cerises. Rapport présenté à L'Association du Marais-de-la-Rivière-aux-Cerises. 29 pages + 4 annexes

Picard, I. et J.-F. Desroches. 2013. Characteristics of a painted turtle (*Chrysemys picta*) and snapping turtle (*Chelydra serpentina*) population – a nine years study. Conférence présentée au congrès annuel du Réseau Canadien des amphibiens et reptiles (CHS), 15 septembre 2013 à Orford, Québec.

Picard, I. et Z. Ipina. 2016. Suivi de la faune ichtyologique de la rivière Yamaska-Rapport d'étape. Rapport présenté à la Ville de St-Hyacinthe.

Proulx, M. et F. Bolduc. 2013. Diagnose de la population de perchaudes du réservoir Choinière, parc national de la Yamaska: rapport préliminaire décembre 2013. Réalisée pour la direction du parc national de la Yamaska, Sépaq, LVM, Québec, 27 pages + annexes.

Ream, C. et R. Ream. 1966. The influence of sampling methods on the estimation of population structures in painted turtles. *The American Midland Naturalist* 75: 325-338.

Richard, Y. 1996. Le bassin versant de la rivière Saint-François : Les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu. Ministère de L'Environnement et de la Faune du Québec. Direction des écosystèmes aquatiques. 70 p. + 10 annexes

Rothschild, B.M., H.-P. Schultze et R. Pellegrini. 2013. Osseous and other hard tissue pathologies in turtles. *Dans : D. Brinkman, J. Gardner, et P. Holroyd (éditeurs.), Morphology and Evolution of Turtles*, 501–534. Springer, New York.

RIEUSSEC, ERWAN, 2008. ANALYSE COMPARATIVE DES DIFFÉRENTS MODES DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE EN MILIEU TERRESTRE ET MARIN. ESSAI EFFECTUÉ EN VUE DE L'OBTENTION DU GRADE DE MAÎTRE EN ENVIRONNEMENT (M.ENV.) UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE. 95 PAGES + ANNEXES

Saint-Jacques, N., 1998. Le bassin de la rivière richelieu : Les communautés ichtyologiques et l'intégrité biotique du milieu. Ministère de l'Environnement et de la Faune. Direction des écosystèmes aquatiques, Québec : pp : 42 p. + 11 annexes.

Théberge, M. et C. Côté. 2008. Développement de l'indice d'intégrité biotique pour le ruisseau Bibeau, été 2007. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Direction de l'aménagement de la faune de Laval-Lanaudière-Laurentides. 35 p. + 9 annexes.

Théberge, M., C. Côté, et C. Greaves. 2008. Développement de l'indice d'intégrité biotique pour le ruisseau Vacher, été 2006. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune de Laval-Lanaudière-Laurentides, Secteur Faune. 33 p. + 9 annexes

Whillans, T. H. et E. J. Crossman. 1977. Morphological parameters and spring activities in a Central Ontario population of Midland Painted Turtles, *Chrysemys picta marginata*. Canadian Field-Naturalist 91(1) : 47-57.

Annexe A

Pelletier, Marc. 2018. Bathymétrie et analyses de la qualité des sédiments. Rapport sectoriel soumis à la municipalité de Saint-Paul-de-l'Île-aux-Noix dans le cadre du projet « PROGRAMME DÉCENNAL DE DRAGAGE D'ENTRETIEN DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX ».

15 p.

Annexe B

Picard, I. 2017. CARACTÉRISATION DE LA FAUNE ET LA FLORE AQUATIQUE DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX. Rapport présenté dans le cadre du projet « PROGRAMME DÉCENNAL DE DRAGAGE D'ENTRETIEN DES CANAUX DE LA MUNICIPALITÉ DE SAINT-PAUL-DE-L'ÎLE- AUX-NOIX ». Étude réalisée pour le compte de la municipalité de Saint-Paul-de l'Île-aux-Noix. 56 p. + 11 annexes
