



Référence ACEE : 80103



# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Volume 3 - Études sectorielles





# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

VOLUME 3 – ÉTUDES SECTORIELLES

**Administration portuaire du Saguenay**

## **Version finale**

Projet n° : 151-05819-00

Date : Mai 2016



---

## **WSP Canada Inc.**

125, rue Racine Est  
Saguenay (Québec) G7H 1R5

Téléphone : +1 418-698-4488  
Télécopieur : +1 418-698-6677  
[www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com)





---

# LISTE DES ÉTUDES

Étude sectorielle n° 1 : Contexte géologique, géomorphologique et océanographique

Étude sectorielle n° 2 : Modélisation de la dispersion atmosphérique

Étude sectorielle n° 3 : Étude sur le dynamitage

Étude sectorielle n° 4 : Habitat du poisson - Milieu marin

Étude sectorielle n° 5 : Faune aviaire



**Étude sectorielle n° 1 : Contexte géologique,  
géomorphologique et océanographique**



ADMINISTRATION PORTUAIRE DU SAGUENAY

# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

CONTEXTE GÉOLOGIQUE,  
GÉOMORPHOLOGIQUE ET OCÉANOGRAPHIQUE

MAI 2016



# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

## CONTEXTE GÉOLOGIQUE, GÉOMORPHOLOGIQUE ET OCÉANOGRAPHIQUE

**Administration portuaire du Saguenay**

### **Version finale**

Projet n° : 151-05819-00

Date : Mai 2016

—

### **WSP Canada Inc.**

1890, avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau (Québec) G4Z 0A8

Téléphone : +1 418-589-8911

Télécopieur : +1 418-589-2339

**[www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com)**





---

# SIGNATURES

## PRÉPARÉ PAR



---

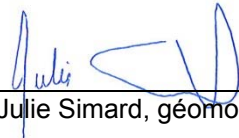
Jean-François Bernier, géomorphologue, M. Sc.

## RÉVISÉ PAR



---

François Quinty, géographe, M. Sc.



---

Julie Simard, géomorphologue, Ph. D.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.



---

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

### WSP CANADA INC.

Directeur de projet	Jean Lavoie, géomorphologue, M.A.
Chargée de projet	Julie Simard, géomorphologue, Ph. D.
Rédaction	François Quinty, géographe, M. Sc. Jean-François Bernier, géomorphologue, M. Sc. Michel Belles-Isles, ichtyologiste, Ph. D. Julie Malouin, biologiste Annie Bérubé, biologiste
Travaux de terrain	Dominic Gauthier, biologiste Carlos Alfredo Delgado, technicien Félix Dionne-Guertin, plongeur
Secrétariat	Julie Korell

### GRUPE CONSEIL NUTSHIMIT-NIPPOUR

Cartographie	Dominique Gagnon, technicien en géomatique Jean-François Savard, technicien en géomatique
--------------	--

### Référence à citer :

---

WSP. 2016. *Terminal maritime en rive nord du Saguenay. Contexte géologique, géomorphologique et océanographique*. Rapport produit pour Administration portuaire du Saguenay. 57 p. et annexes.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	MISE EN CONTEXTE .....	1
1.2	ZONE D'ÉTUDE .....	1
1.3	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....	1
<b>2</b>	<b>CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE.....</b>	<b>5</b>
2.1	RELIEF ET BATHYMÉTRIE .....	5
2.1.1	CONTEXTE RÉGIONAL.....	5
2.1.2	RELIEF DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE.....	9
2.1.2.1	TOPOGRAPHIE.....	9
2.1.2.2	BATHYMÉTRIE .....	9
2.2	GÉOLOGIE, STRUCTURE ET SISMICITÉ.....	10
2.3	DÉPÔTS MEUBLES .....	11
2.3.1	MILIEU TERRESTRE .....	11
2.3.2	MILIEUX CÔTIER ET MARIN.....	12
2.3.2.1	CONTEXTE GÉNÉRAL .....	12
2.3.2.2	DÉPÔTS EN MILIEU CÔTIER.....	12
2.3.2.3	DÉPÔTS SUBAQUATIQUES .....	13
<b>3</b>	<b>DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE .....</b>	<b>17</b>
3.1	DYNAMIQUE TERRESTRE.....	17
3.1.1	APPORT DES RIVIÈRES.....	17
3.1.1.1	APPORT RÉGULIER.....	17
3.1.1.2	CRUES EXTRÊMES.....	17
3.1.2	APPORT DES MOUVEMENTS DE MASSE .....	17
3.1.2.1	ORIGINE CLIMATIQUE .....	17
3.1.2.2	ORIGINE SISMIQUE .....	18
3.2	DYNAMIQUE CÔTIÈRE.....	18
3.2.1	MOUVEMENTS DE MASSE .....	18
3.2.2	TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CÔTIER AU SITE D'ÉTUDE .....	19
3.3	SUBAQUATIQUE (MARIN) .....	19
3.4	SYNTHÈSE – PÉRIODICITÉ .....	20

<b>4</b>	<b>QUALITÉ PHYSICOCHIMIQUE DES SOLS ET DES SÉDIMENTS .....</b>	<b>23</b>
4.1	QUALITÉ DES SOLS .....	23
4.2	QUALITÉ DES SÉDIMENTS EN EAU DOUCE (TERRESTRE) .....	23
4.2.1	MÉTHODOLOGIE .....	23
4.2.2	RÉSULTATS .....	25
4.3	QUALITÉ DES SÉDIMENTS EN MILIEU MARIN .....	25
4.3.1	MÉTHODOLOGIE .....	25
4.3.2	RÉSULTATS .....	26
<b>5</b>	<b>MARÉES ET NIVEAUX D'EAU .....</b>	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>DYNAMIQUE DES MASSES D'EAUX .....</b>	<b>33</b>
6.1	CONDITIONS GÉNÉRALES .....	33
6.2	CIRCULATION DES COURANTS AU SITE D'ÉTUDE .....	34
6.2.1	MÉTHODOLOGIE .....	34
6.2.2	RÉSULTATS .....	35
<b>7</b>	<b>VENTS ET VAGUES .....</b>	<b>37</b>
7.1	VENTS .....	37
7.2	VAGUES .....	37
<b>8</b>	<b>RÉGIMES DES GLACES .....</b>	<b>39</b>
8.1	CONDITIONS GÉNÉRALES .....	39
8.2	CARACTÉRISATION DU RÉGIME DES GLACES À L'ANSE À PELLETIER .....	39
<b>9</b>	<b>QUALITÉ DE L'EAU .....</b>	<b>41</b>
9.1	MILIEU TERRESTRE .....	41
9.1.1	MÉTHODOLOGIE .....	41
9.1.2	RÉSULTATS .....	43
9.1.2.1	HYDROGÉOLOGIE .....	43
9.1.2.2	PHYSICOCHIMIE DE L'EAU .....	43
9.2	MILIEU MARIN .....	44

9.2.1	MÉTHODOLOGIE .....	44
9.2.2	RÉSULTATS.....	44
9.2.2.1	TEMPÉRATURE ET CONDUCTIVITÉ DE L'EAU .....	44
9.2.2.2	PHYSICOCHIMIE DE L'EAU .....	45

<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>53</b>
--	-----------

## TABLEAUX

TABLEAU 1.	CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DES SÉDIMENTS DANS LA RIVIÈRE SAGUENAY.....	26
TABLEAU 2.	STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES ÉCHANTILLONS DE SÉDIMENTS EN MILIEU MARIN .....	27
TABLEAU 3.	TABLE DES MARÉES POUR LA STATION DE PORT-ALFRED (SHC, 2016).....	31
TABLEAU 4.	SPÉCIFICATIONS POUR LES DIFFÉRENTS SCÉNARIOS (CNRC-OCRE, 2016B) .....	34
TABLEAU 5.	PARAMÈTRES DE QUALITÉ DE L'EAU DE SURFACE EN MILIEU DULCICOLE.....	42
TABLEAU 6.	RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'EAU DE SURFACE PRÉLEVÉS EN MAI ET EN SEPTEMBRE 2014 .....	47
TABLEAU 7.	RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES ÉCHANTILLONS D'EAU DE SURFACE PRÉLEVÉS EN OCTOBRE 2015 .....	49
TABLEAU 8.	COMPARAISON ENTRE LES STATIONS 06090002 ET 06070006 DE LA BQMA ET LA ZONE D'ÉTUDE POUR CERTAINS PARAMÈTRES DE LA QUALITÉ DE L'EAU.....	52

## FIGURES

FIGURE 1.	APERÇU DU RELIEF ET DE LA BATHYMÉTRIE DÉTAILLÉE DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE. L'ÉTOILE REPRÉSENTE L'EMPLACEMENT DU QUAI PROJETÉ (SPOT IMAGERY, 2016; LOCAT ET LEVESQUE, 2009).....	6
FIGURE 2.	BATHYMÉTRIE DE L'ENSEMBLE DU FJORD DU SAGUENAY (CNRC, 2007) .....	9
FIGURE 3.	GÉOLOGIE DU SUBSTRAT ROCHEUX DE LA RÉGION DU SAGUENAY ET LIMITES DU GRABEN DU SAGUENAY (MODIFIÉE DE THIVIERGE <i>ET AL.</i> , 1983 DANS LOCAT ET LEVESQUE, 2009); LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE EST DÉLIMITÉE PAR LE CARRÉ ROUGE .....	10
FIGURE 4.	DÉPÔTS DE SURFACE DE LA ZONE D'ÉTUDE RÉGIONALE (DAIGNEAULT <i>ET AL.</i> , 2011).....	12
FIGURE 5.	ANSE COMPOSÉE DE SABLE ET GRAVIER AU SITE D'ÉTUDE.....	20
FIGURE 6.	SITE DE LA STATION D'ÉCHANTILLONNAGE DE L'EAU DE SURFACE ET DES SÉDIMENTS (STATION RT-05).....	24
FIGURE 7.	SUBDIVISION DE LA RIVIÈRE SAGUENAY ET DISTRIBUTION DES MASSES D'EAU LE LONG DES TRONÇONS (GAGNON, 1995).....	33

FIGURE 8.	COURBE DE PROBABILITÉ DU DÉBIT DE LA RIVIÈRE SAGUENAY (CNRC-OCRE, 2016B) (CMS = MÈTRES CUBES/SECONDE).....	34
FIGURE 9.	PROFILS DE TEMPÉRATURE ET DE SALINITÉ EN FONCTION DE LA PROFONDEUR AUX STATIONS E1 ET E2 EN OCTOBRE 2015 SELON LA MARÉE .....	46

---

## CARTES

CARTE 1.	LOCALISATION ET PRÉSENTATION DU MILIEU PHYSIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE .....	3
CARTE 2.	TOPOGRAPHIE ET BATHYMÉTRIE DÉTAILLÉE DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	7
CARTE 3.	NATURE DES DÉPÔTS TERRESTRES, CÔTIERS ET SUBAQUATIQUES AU SITE À L'ÉTUDE.....	15

---

## ANNEXES

ANNEXE A	RÉSULTATS D'ANALYSES EN LABORATOIRE POUR LA QUALITÉ DES SÉDIMENTS EN EAU DOUCE
ANNEXE B	RAPPORT SUR LES COURANTS DU CNRC
ANNEXE C	RAPPORT DE L'ANALYSE DES VENTS DU CNRC RAPPORT SUR LES COURANTS DU CNRC
ANNEXE D	RÉSULTATS D'ANALYSES EN LABORATOIRE POUR LA QUALITÉ DE L'EAU TERRESTRE ET MARINE



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 MISE EN CONTEXTE

L'Administration portuaire du Saguenay (ci-après désignée Port de Saguenay) désire étendre ses activités par l'aménagement d'un nouveau terminal maritime, afin de desservir la rive nord de la rivière Saguenay. Les installations du terminal maritime comprendront les principaux éléments suivants, soit : un quai, un chargeur de navires, des silos et systèmes de manutention (convoyeurs), ainsi qu'un chemin d'accès au quai pour les besoins d'opération et de maintenance. Des installations sont également prévues pour l'approvisionnement en eau, la collecte des eaux de ruissellement et le traitement des eaux sanitaires pour des bâtiments administratifs et de services. Ces installations seront alimentées à partir d'une nouvelle ligne d'alimentation électrique qui sera construite par Hydro-Québec.

Le Port de Saguenay est une entité fédérale régie par les lois fédérales. Aussi, l'activité du projet présenté étant de juridiction fédérale à l'intérieur des attributions du Port de Saguenay, le projet est assujéti à une évaluation environnementale fédérale en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE 2012).

## 1.2 ZONE D'ÉTUDE

Deux zones d'étude ont été définies dans le cadre de la présente étude sectorielle, et ce, afin de bien décrire la dynamique hydrosédimentaire et océanographique (carte 1). La zone régionale englobe le fjord du Saguenay sur pratiquement toute sa longueur, soit de Saint-Fulgence à Tadoussac. Elle s'étend au nord, en milieu terrestre, jusqu'aux monts Valin de manière à inclure le secteur du bassin versant qui influence le plus fortement le site projeté des installations portuaires. Cette zone, qui couvre 4,8 km<sup>2</sup>, permet de décrire la dynamique générale à l'échelle du Saguenay dans laquelle s'inscrit la dynamique locale.

La zone d'étude locale a été définie de manière à inclure les éléments qui sont susceptibles d'être directement affectés par le projet. Elle permet de décrire avec un plus grand degré de détail les caractéristiques propres au site du futur quai, ainsi que les secteurs adjacents en amont et en aval. La zone d'étude locale couvre une superficie de 3 000 km<sup>2</sup>.

## 1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de l'évaluation environnementale, WSP a été mandatée afin de décrire le contexte géologique, géomorphologique et océanographique, lequel s'inscrit en tant qu'étude complémentaire à l'étude d'impact environnemental (ÉIE). L'objectif de cette étude est de dresser un portrait de la dynamique sédimentaire et océanographique du milieu physique. Ces deux éléments peuvent interagir entre eux sur de nombreux points. Par exemple, les sédiments influencent directement la qualité de l'eau ainsi que le milieu dans lequel évolue la faune aquatique qui constitue une composante valorisée (CV). Par contre, cette dynamique résulte de la conjonction de plusieurs éléments et processus qui relèvent surtout du milieu physique et qui se manifestent à différentes échelles spatiales et temporelles. Ainsi, ce rapport est divisé en huit sections qui illustrent ces divers processus et interactions ayant lieu dans l'environnement terrestre, côtier et marin relié au site à l'étude. Chaque section présente l'approche méthodologique qui lui est propre ainsi que les résultats en découlant.



**Localisation et présentation du milieu physique de la zone d'étude locale**

Sources :  
BDGA, 1:1 000 000, MRNF Québec  
BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Limites administratives, SDA, 2013-08  
Composantes du projet, WSP 2016  
Équidistance des courbes : 10 mètres

Fichier : 15-0076\_LocGeomorpho\_160518.mxd

0 100 200 m

MTM, fuseau 7, NAD83



Carte 1  
Mai 2016

**Principales composantes du projet**

- Dôme d'entreposage (130 000 t)
- Silo d'entreposage (70 000 t)
- Chemin d'accès permanent
- Convoyeur
- Quai
- Aire d'entreposage et stationnement
- Limite de propriété
- Zone d'étude locale
- Zone d'étude régionale

**Milieu physique**

- Cours d'eau intermittent
- Cours d'eau permanent
- Lac / rivière

**Élévations**

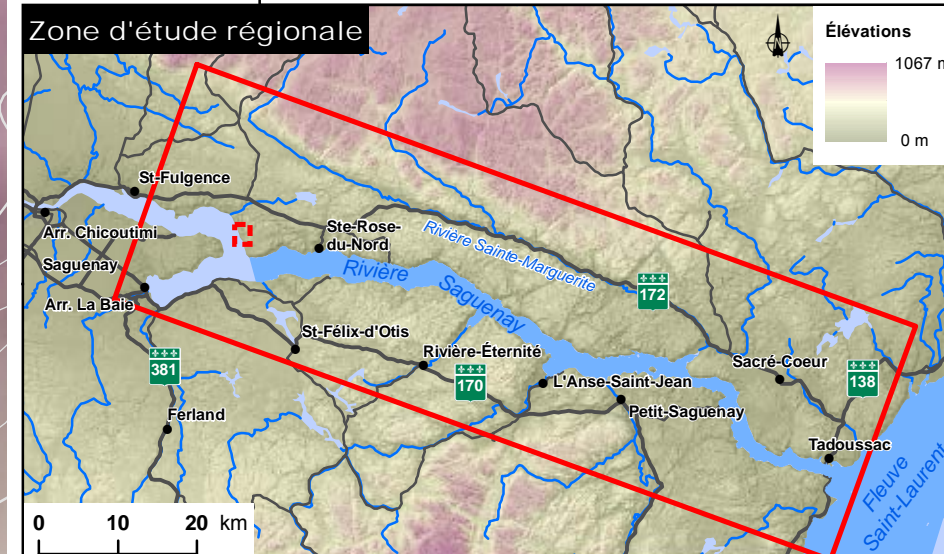
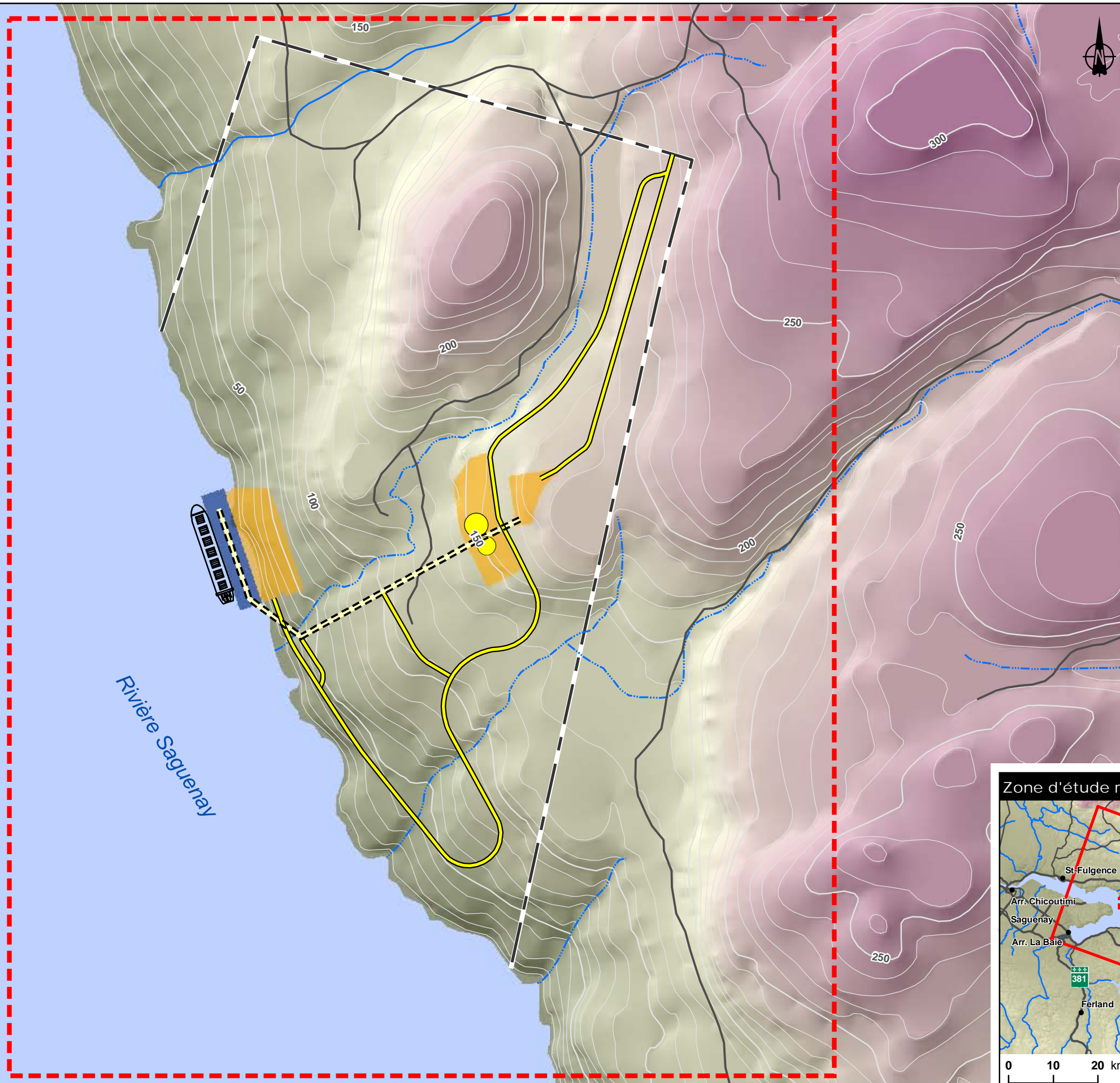


**Réseau routier**

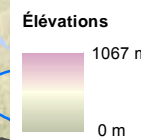
- Route secondaire / Chemin forestier

**Limites**

- Parc marin du Saguenay—Saint-Laurent



Zone d'étude régionale



0 10 20 km



## 2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE

### 2.1 RELIEF ET BATHYMÉTRIE

#### 2.1.1 CONTEXTE RÉGIONAL

Le fjord du Saguenay est une vallée étroite et profonde qui incise le rebord du Bouclier canadien. La vallée du Saguenay est surplombée, au nord, par le massif des monts Valin, qui culmine à 984 m d'altitude. Le relief de ce massif est accidenté, caractérisé par des collines arrondies et des vallées encaissées. Dans le secteur des installations portuaires projetées, le relief est moins prononcé et le sommet des collines ne dépasse pas les 270 m d'altitude. En contrepartie, les versants des collines plongeant dans le fjord forment des parois abruptes qui font en sorte que les rives sont souvent escarpées. Pour cette raison, le littoral est très linéaire et parfois entrecoupé de petites anses très encaissées (figure 1; carte 2).

La vallée fluviale que forme le fjord du Saguenay se divise en trois unités physiographiques distinctes en fonction des facteurs géologiques et géomorphologiques, soit le Saguenay inférieur compris entre Tadoussac et l'île Saint-Louis, le Saguenay moyen qui s'étend jusqu'à la confluence entre la baie des Ha! Ha! et le bras nord et le Saguenay supérieur qui constitue la partie amont (Locat et Levesque, 2009) (figure 2). Le Saguenay inférieur comporte plusieurs seuils et bassins profonds qui créent un relief sous-marin très variable, avec des profondeurs qui varient de 20 à plus de 240 m (figure 2). Le Saguenay moyen forme, quant à lui, une vallée étroite dont la bathymétrie est plus régulière et qui atteint une profondeur maximale de 276 m (Gagnon, 1995).

La zone d'étude prévue pour l'implantation des installations portuaires se situe dans l'unité physiographique du Saguenay supérieur. Le secteur sud de ce tronçon est délimité par le pied d'un immense talus subaquatique localisé directement en aval de la confluence de la vallée de la baie des Ha! Ha! et du Bras-Nord (figure 1). La profondeur y passe d'une centaine de mètres à plus de 240 m de l'amont vers l'aval (Locat et Levesque, 2009). Le modèle bathymétrique montre qu'à cet endroit, la morphologie de la vallée sous-marine est constituée d'immenses chenaux incisés dans le talus sur plusieurs dizaines de mètres de profondeur et que le fond de ces chenaux est tapissé de rides de plusieurs mètres de hauteur (figure 1). Enfin, le modèle bathymétrique indique que les talus subaquatiques qui bordent la rive nord du Saguenay sont particulièrement abrupts et profondément incisés, formant ainsi des chenaux le long des pentes.

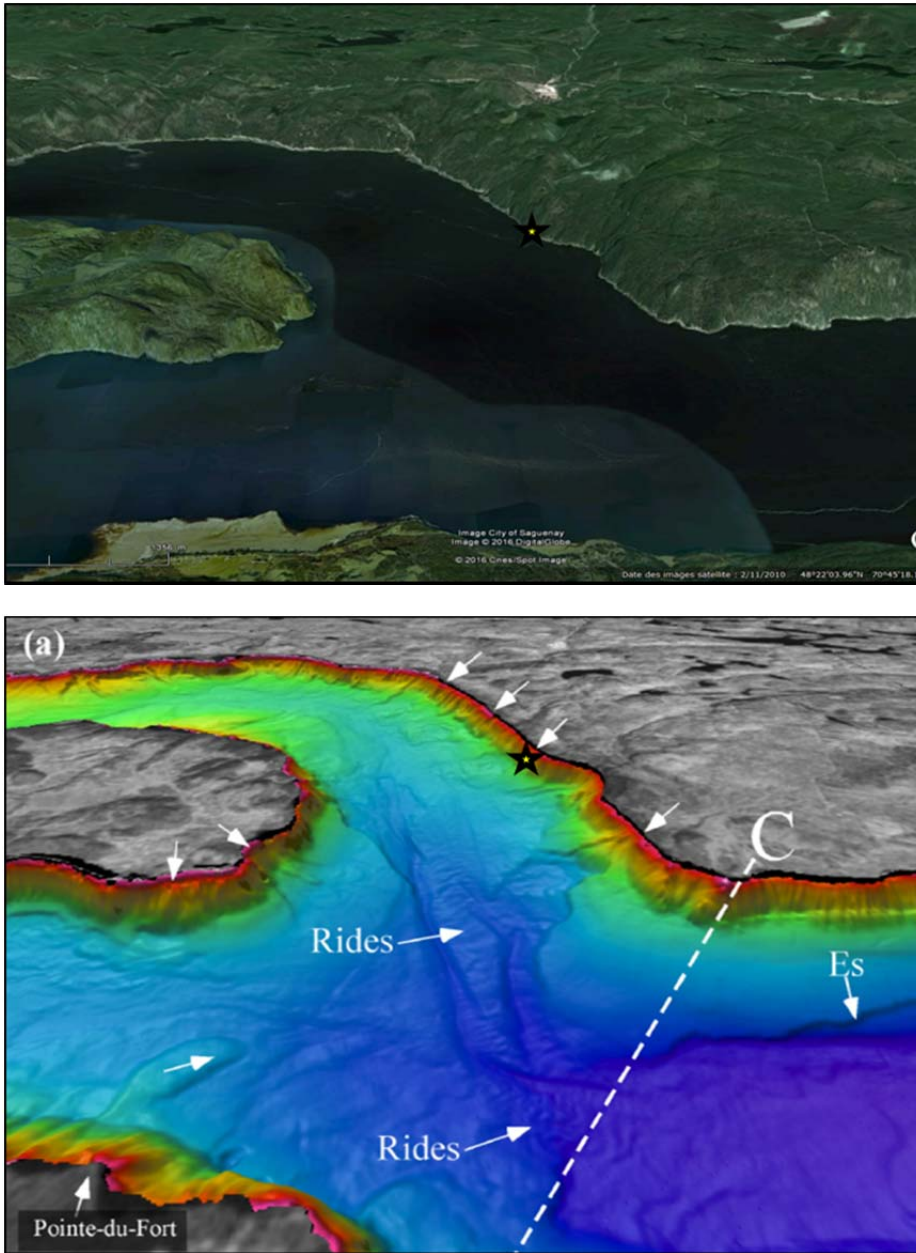


Figure 1. Aperçu du relief et de la bathymétrie détaillée de la zone d'étude locale. L'étoile représente l'emplacement du quai projeté (Spot Imagery, 2016; Locat et Levesque, 2009)

**Topographie et bathymétrie  
détaillée de la zone d'étude**

**Sources :**

Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Topographie et bathymétrie, WSP, 2015  
Équidistance des courbes : 10 m

Fichier : 15-0076\_Topographie\_160518.mxd

0 80 160 m  
MTM, fuseau 7, NAD83

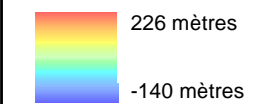


Carte 2  
Mai 2016

**Milieu physique**

- Niveau moyen de l'eau
- Limite extrême de pleine mer
- - - Cours d'eau intermittent
- Cours d'eau permanent

Élévation au niveau moyen des mers

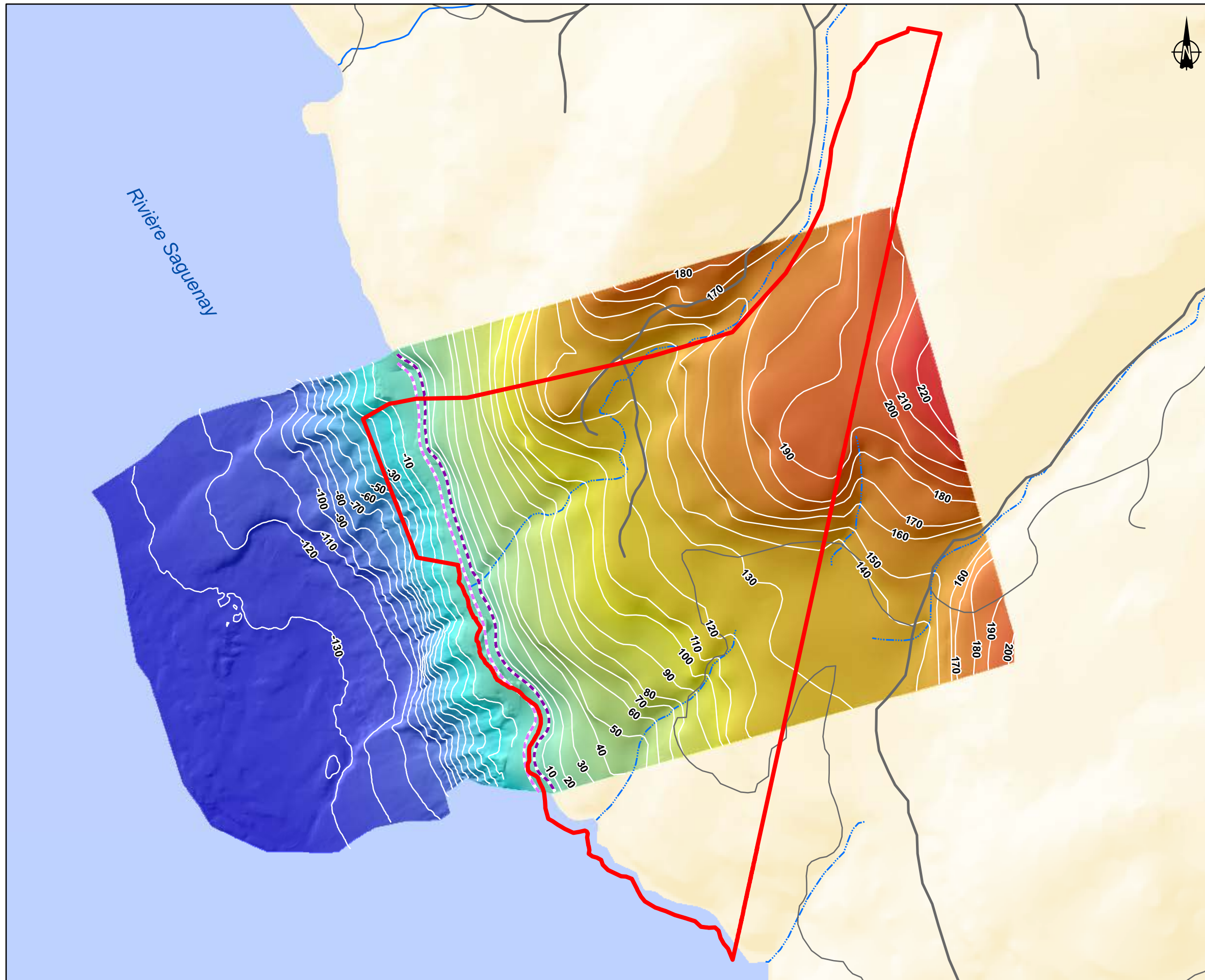


**Infrastructures**

- Chemin forestier
- Chemin non carrossable / sentier

**Composantes du projet**

- ▭ Zone d'étude restreinte





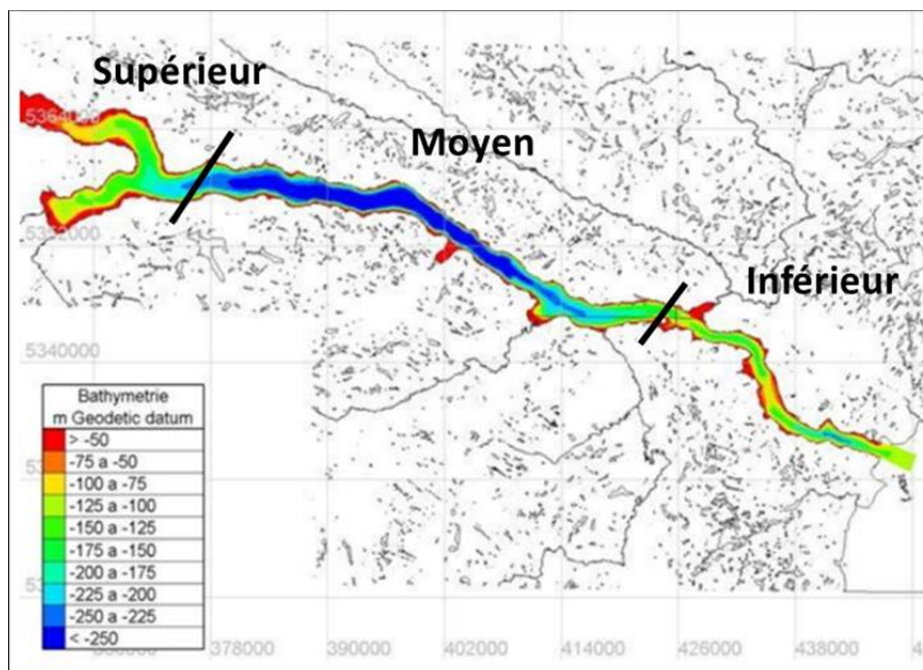


Figure 2. Bathymétrie de l'ensemble du fjord du Saguenay (CNRC, 2007)

## 2.1.2 RELIEF DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE

### 2.1.2.1 TOPOGRAPHIE

La section la plus élevée de la zone d'étude locale est composée de collines allant jusqu'à 250 m d'altitude (carte 2). Entre ces sommets arrondis par le passage des glaciers se trouvent de petites vallées perpendiculaires à la rivière Saguenay dans lesquelles s'écoulent des ruisseaux de faible débit qui se déversent dans le fjord. À une altitude de 120 à 140 m, les pentes fortes des collines laissent place à un petit plateau qui a possiblement favorisé l'accumulation de sédiments lors de l'épisode de la mer de Laflamme. Cette section plane débouche sur un talus qui plonge vers la surface de l'eau selon une pente abrupte typique du fjord dont l'inclinaison dépasse 22° à certains endroits (carte 2). Par conséquent, ces versants très pentus peuvent être propices à des processus gravitaires lors de précipitations torrentielles ou lors de séismes majeurs.

### 2.1.2.2 BATHYMÉTRIE

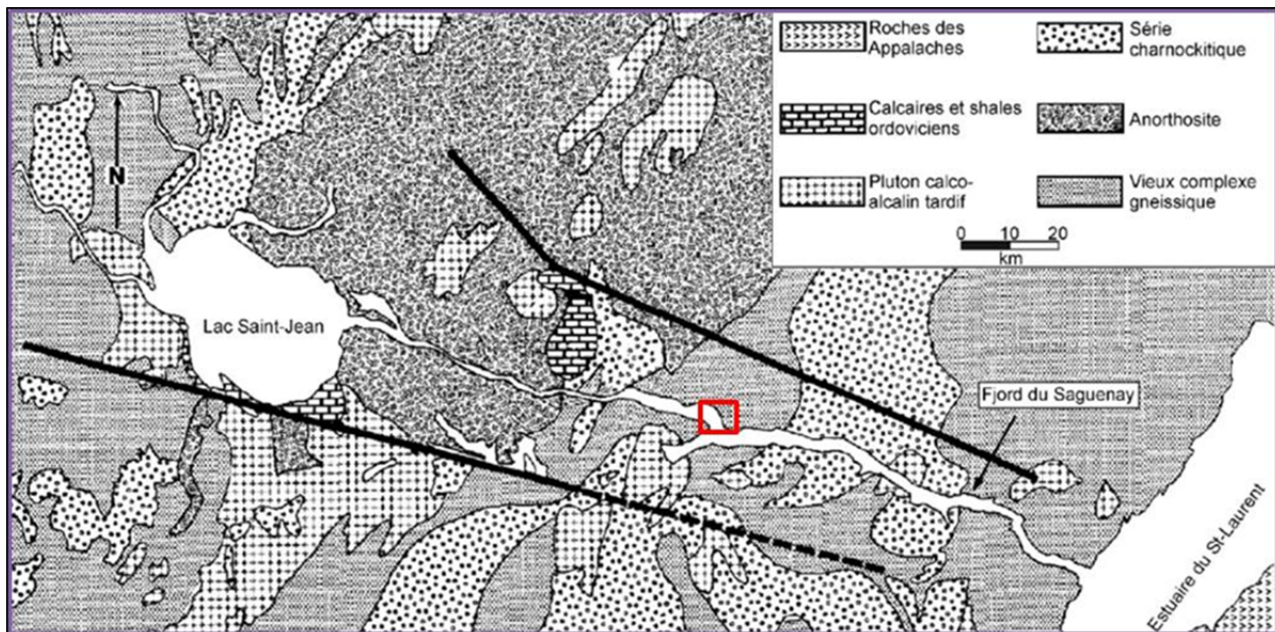
La bathymétrie du site d'étude se caractérise par la présence d'un étroit plateau de 40 à 80 m de largeur qui s'étend de la ligne de rivage jusqu'à une profondeur d'environ 5 m. À cette profondeur, se trouve une rupture de pente qui cède place à une pente d'environ 60° qui s'étend jusqu'à une profondeur de plus de 115 m où le relief sous-marin s'adoucit et devient plus ou moins plat, avec une pente inférieure à 3°.

Le haut de pente (5 et 40 m) et la mi-pente (40 à 100 m) sont incisés de plusieurs petites cicatrices de glissements de terrain subaquatiques de 25 à 30 m de largeur qui s'ouvrent sur des ravins. À la mi-pente, une cicatrice de glissements de terrain subaquatique d'une largeur de près de 500 m se localise en plein centre de la zone d'étude. Au pied de ce glissement, une légère remontée bathymétrique indique la

présence d'un immense cône de débris qui s'étend au-delà de la zone d'étude (carte 2) (Seaforth Geosurveys, 2014)

## 2.2 GÉOLOGIE, STRUCTURE ET SISMICITÉ

La région au nord du Saguenay fait partie de la Province géologique de Grenville. Dans ce secteur, le substratum rocheux est constitué de roches précambriennes métamorphiques d'origines ignée et sédimentaire (principalement des charnokites et des gneiss) et de roches intrusives (anorthosites) (Thivierge *et al.*, 1983 dans Locat et Levesque, 2009) (figure 3). La zone d'étude locale se situe directement dans le complexe gneissique. À proximité du cap à l'Est, les roches sont constituées de gneiss granitoïdes à orthopyroxène (charnockite, mangérite, jotunite et syénite à hypersthène), alors que plus au nord en progressant vers l'Anse-à-Pelletier, elles sont davantage formées de migmatite (MRN, 2002). Il est tenu pour acquis que le substrat rocheux devrait être de la même nature lithologique en milieu subaquatique que le long des rives, en raison du contexte géologique structural (Seaforth Geosurveys, 2014).



**Figure 3. Géologie du substrat rocheux de la région du Saguenay et limites du graben du Saguenay (modifiée de Thivierge *et al.*, 1983 dans Locat et Levesque, 2009); la zone d'étude locale est délimitée par le carré rouge**

Le fjord du Saguenay occupe le centre du fossé d'effondrement (complexe de failles normales) que constitue le graben du Saguenay (figure 3). La formation de cette profonde vallée découle de l'effondrement tectonique créé par la formation d'un rift synchrone à l'ouverture de l'océan Iapetus au début du Cambrien il y a 500 millions d'années (Landry et Mercier, 1992). Sur le plan structural, la profondeur de la vallée du Saguenay dépasserait le millier de mètres. L'immense dépression forme un axe particulièrement favorable aux processus d'érosion, entre autres lors des cycles d'englaciation. La vallée constitue également, par endroits, un piège à sédiments (Locat et Syvitski, 1991; Praeg et Syvitski, 1991).

Puisque la marge continentale de l'Est du Canada est passive, l'activité sismique dans la zone d'étude régionale est liée à des particularités structurales d'une échelle plus étendue, telles que la présence de failles qui constituent des zones dynamiques très localisées dans la croûte terrestre. Directement au site d'étude, les failles sont très anciennes (950 millions d'années) et sont considérées comme étant stables, ne

présentant donc que très peu de risques sismiques. En contrepartie, le graben du Saguenay est bordé au nord par le bloc tectonique de Jacques-Cartier, délimité par la faille de Kénogami et au sud-est, par le rift du Saint-Laurent et la zone sismique de Charlevoix-Kamouraska. Ces composantes tectoniques sont susceptibles de produire des séismes.

La région à l'étude fait donc partie d'une des zones sismiques les plus actives de l'Est du Canada, soit une zone cotée 3 qui montre une plus grande probabilité qu'un séisme survienne (RNCAN, 2016). Selon la base nationale de données sismologiques, plus de 64 séismes avec des magnitudes variant entre 0,5 et 5,9 ont été enregistrés depuis 1985 à l'intérieur d'un rayon de 50 km autour du site d'étude. De ceux-ci, neuf ont été ressentis. Le plus puissant est le séisme survenu le 25 novembre 1988 dont l'épicentre a été localisé à environ 47 km au nord-ouest du site d'étude (RNCAN, 2016). Il a été démontré que, bien que sa magnitude ait été modérée, ce séisme a déclenché des éboulis rocheux, liquéfié des sols et provoqué des glissements de terrain dans un rayon de 200 kilomètres autour du site d'étude (Mitchell *et al.*, 1990 ; Du Berger *et al.*, 1991 ; Lamontagne, 2002). Néanmoins, il est convenu que très peu de séismes majeurs (magnitude > 3) sont survenus et que celui de 1988 reste une exception (Doig, 1998; Tuttle et Atkinson, 2010). Selon Doig (1998), la récurrence de séismes de très forte amplitude pour la région est de 350 à 1000 ans.

En contrepartie, plus de 200 tremblements de terre se produisent chaque année dans la zone sismique de Charlevoix-Kamouraska (RNCAN, 2016). Historiquement, cette zone a été sujette à cinq séismes de magnitude égale ou supérieure à 6 (1663 M = 7 ; 1791 M = 6 ; 1860 M = 6 ; 1870 M = 6,5 ; 1925 M = 6,2). La distribution des événements historiques et récents montre une concentration de tremblements de terre entre La Malbaie et Rivière-du-Loup, soit à plus de 90 km du site d'étude, avec une récurrence aux 75 ans pour les séismes de magnitude supérieure à 6 (Doig, 1998).

## 2.3 DÉPÔTS MEUBLES

### 2.3.1 MILIEU TERRESTRE

La région du Saguenay a connu plusieurs cycles glaciaires au cours du quaternaire et les derniers épisodes sont responsables de la mise en place de la majeure partie des dépôts de surface. Ainsi, au cours de la dernière glaciation (Wisconsin), la zone d'étude a été complètement recouverte par les glaciers. Selon Dyke *et al.*, (2002), l'inlandsis laurentidien s'est retiré d'abord des hautes terres adjacentes au Saguenay (11 000 et 10 000 ans avant aujourd'hui) et une langue glaciaire résiduelle a persisté dans le fjord du Saguenay. Le retrait de cette langue glaciaire dans la vallée du Saguenay a été immédiatement suivi de l'invasion de la mer postglaciaire de Laflamme qui a occupé tout le bassin du Saguenay ainsi que le lac Saint-Jean. Le niveau de la mer a atteint la cote actuelle de 160 m d'altitude dans la zone d'étude locale (Lasalle et Tremblay, 1978). Cette limite marine permet de distinguer deux ensembles de dépôts distincts avec d'une part, les hautes terres du Bouclier canadien où dominent les dépôts d'origine glaciaire et, d'autre part, les basses terres du Saguenay où les sédiments marins dominent à la surface, bien qu'ils puissent recouvrir les dépôts glaciaires à maints endroits.

Les dépôts d'origine glaciaire des hautes terres sont principalement des tills d'ablation ou de fond qui forment un diamicton, c'est-à-dire un mélange hétérogranulométrique de sédiments. Ces tills sont épais à la base des collines et deviennent plus minces en altitude, de sorte que de nombreux affleurements rocheux sont présents sur les sommets et les pentes abruptes qui bordent le Saguenay, comme c'est le cas sur le site d'étude (figure 4). En ce qui concerne les basses terres du Saguenay, les argiles glaciomarines dominent dans les petites vallées et dans les dépressions. Ce type de dépôt peut même atteindre plus de 40 m d'épaisseur par endroits (Daigneault *et al.*, 2011). Les dépôts argileux sont présents dans les secteurs au nord de la zone d'étude, alors que directement sur le site, se trouvent quelques plaquages de dépôts plus sableux de moins de 2 m d'épaisseur (figure 4). Compte tenu de la faible épaisseur des dépôts de surface et de la proximité de la surface rocheuse, l'eau ruisselle davantage et les

écoulements souterrains sont limités sur le site d'étude. Pour leur part, les sols demeurent généralement minces et peu développés et se classent parmi les régosols et les podzols.

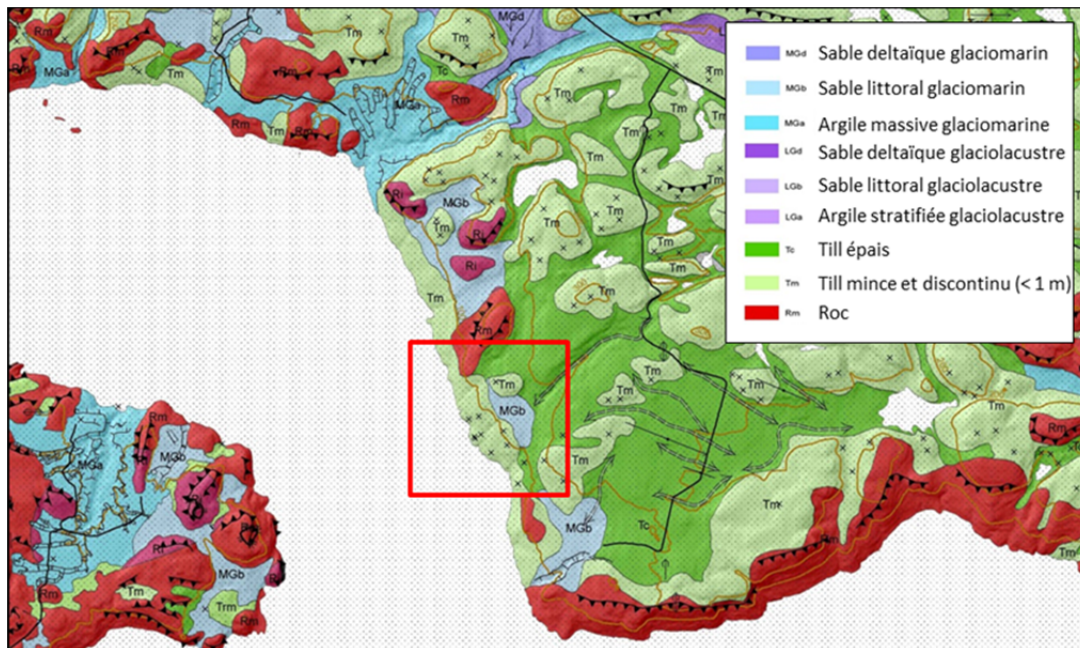


Figure 4. Dépôts de surface de la zone d'étude régionale (Daigneault *et al.*, 2011)

## 2.3.2 MILIEUX CÔTIER ET MARIN

### 2.3.2.1 CONTEXTE GÉNÉRAL

Le fjord du Saguenay est constitué d'une succession de fosses profondes partiellement comblées par des dépôts quaternaires d'une épaisseur pouvant dépasser 900 m, avec un maximum de 1 300 m atteint dans le Saguenay moyen (Praeg et Syvitski, 1991; Locat et Levesque, 2009; St-Onge *et al.*, 2012). En ce qui concerne la zone d'étude locale, plus de 500 m d'épaisseur de sédiments recouvrent l'assise rocheuse du fjord entre Grande-Anse et le site d'étude (Praeg et Syvitski, 1991). Les travaux sismiques réalisés dans le Saguenay ont permis d'identifier cinq unités sismostratigraphiques, toutes associées à différents épisodes sédimentaires attribuables au dernier cycle glaciaire et aux processus de transport sédimentaire actuels (Syvitski et Praeg, 1989; Syvitski et Schafer, 1996; St-Onge *et al.*, 2012). L'unité sismostratigraphique la plus récente se compose de turbidites récentes et revêt un intérêt particulier puisqu'elle informe sur les modalités de la sédimentation actuelle dans le fjord. Cette unité témoigne d'événements associés aux épisodes sédimentaires catastrophiques reliés aux glissements de terrain en milieux terrestre et subaquatique, ainsi qu'à des épisodes de crues.

### 2.3.2.2 DÉPÔTS EN MILIEU CÔTIER

Sur le site projeté des installations portuaires, les berges sont principalement formées de roc fracturé possédant une pente très forte allant jusqu'à 22° (carte 3). Cette section rocheuse occupe également l'estran qui mesure en moyenne une trentaine de mètres. Par conséquent, cette mince bande rocheuse abrupte favorise la manifestation des processus gravitaires (glissements) au sein de la rivière.

Le rivage de la zone d'étude locale comporte aussi trois petites anses enclavées (carte 3). À ces endroits, une couverture de sable et de gravier mince et discontinue repose sur le roc. Ces sédiments grossiers recouvrent une bande dont la largeur ne dépasse guère plus de 20 m ainsi que l'estran (30 m) lors de la marée basse. Cette pauvreté en sédiments côtiers suggère que la majeure partie du transport sédimentaire régulier (non catastrophique) doit transiter par les zones plus profondes du Saguenay. En d'autres mots, l'impact de la dérive littorale sur la dynamique sédimentaire doit être faible dans le secteur visé pour les installations portuaires.

### 2.3.2.3 DÉPÔTS SUBAQUATIQUES

À l'instar des berges et de l'estran, le roc reste très près de la surface (< 2 m) dans la zone subaquatique. La surface rocheuse comprise dans la portion de rivage entre 0 et 75 m de profondeur est très irrégulière, mais s'incline globalement vers l'ouest. En raison de cette irrégularité, quelques buttes de roc à peine couvertes de sédiments affleurent par endroits près du rivage ainsi qu'en profondeur (carte 3).

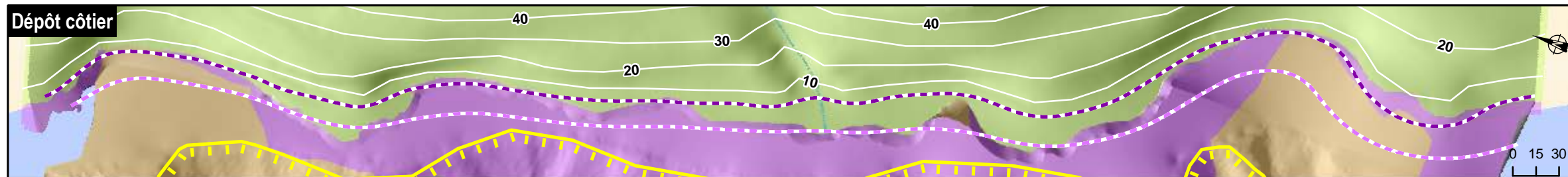
La répartition et l'épaisseur des sédiments sont fortement influencées par la topographie subaquatique. Ainsi, la topographie irrégulière de la surface du roc et la présence d'escarpements issus des glissements de terrain et du ravinement qui entaillent les sédiments font en sorte que l'épaisseur des sédiments est très variable, tant latéralement, le long de la zone d'étude, que tout le long de la pente. Au centre de la zone d'étude locale, du rivage jusqu'à une profondeur de plus de 80 m, le roc affleure à plusieurs endroits et est sporadiquement recouvert de till discontinu ou de plaquages localisés d'argile de moins de 2 m d'épaisseur tandis qu'à d'autres endroits, un dépôt de till de 3 à 20 m d'épaisseur recouvre le roc (carte 3). Aux extrémités nord et sud de la zone d'étude locale, le socle rocheux est recouvert de till délavé (sable et gravier) dont l'épaisseur, d'un minimum de 2 m, augmente avec la profondeur. Dans les zones les plus profondes, la pente se radoucit et est recouverte de dépôts qui forment l'énorme cône de débris provenant d'un glissement de terrain majeur.

Ce contexte géomorphologique témoigne de façon non équivoque que la dynamique sédimentaire est très active dans ce secteur. Ainsi, le Saguenay est alimenté en sédiments de trois façons distinctes :

- 1) apports réguliers en sédiments provenant des affluents et de l'érosion des berges;
- 2) apports extrêmes en sédiments provenant du bassin hydrographique du Saguenay lors de crues exceptionnelles;
- 3) contributions catastrophiques en sédiments provenant de glissements de terrain tant en milieu terrestre que subaquatique.



**Dépôt côtier**



Administration portuaire du Saguenay  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay

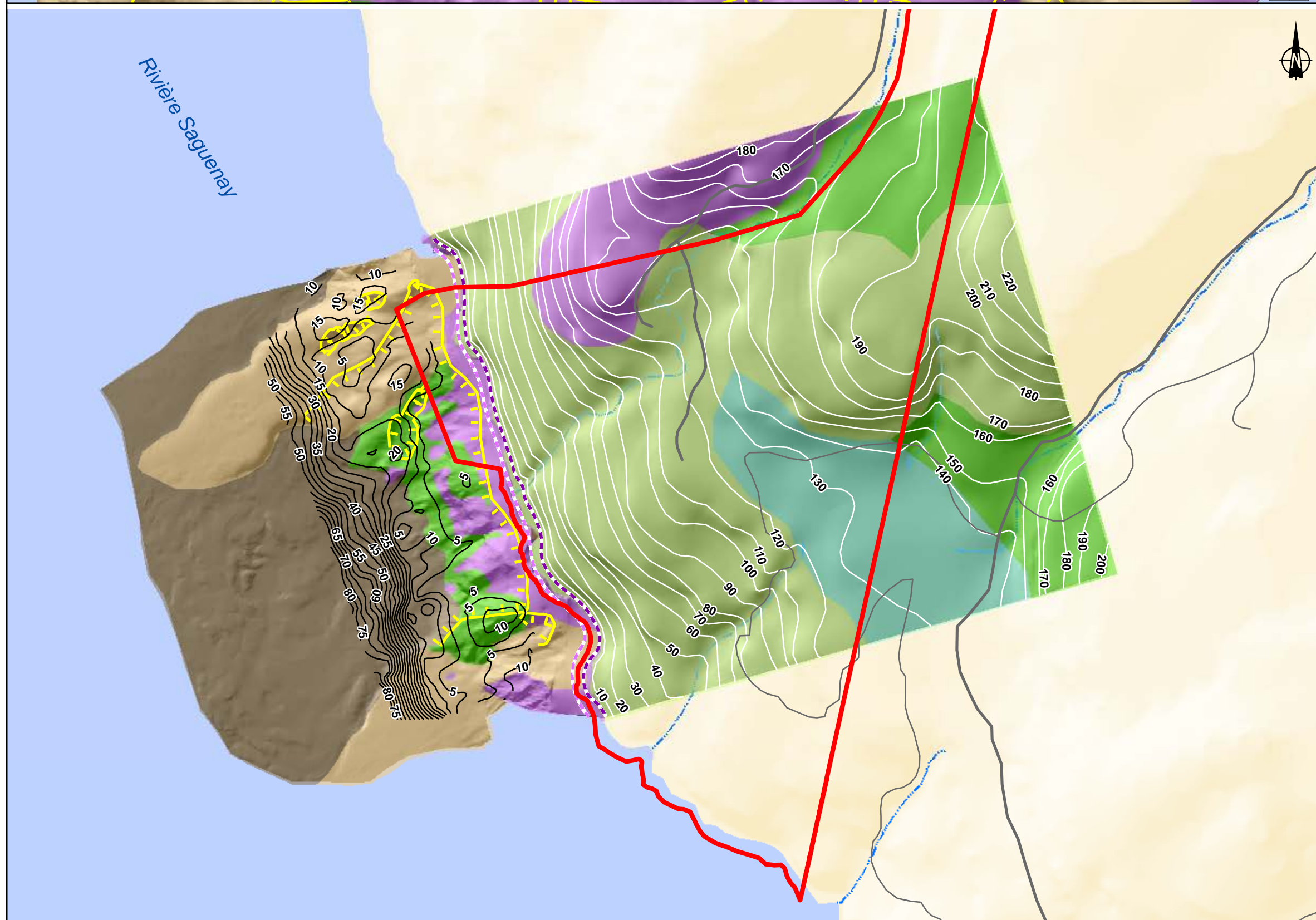
**Nature des dépôts terrestres, côtiers et subaquatiques au site à l'étude**

Sources :  
Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Topographie et bathymétrie, WSP, 2015  
Dépôts, WSP, 2015  
Équidistance des courbes : 10 m  
Fichier : 15-0076\_Depo\_160518.mxd



0 80 160 m  
MTM, fuseau 7, NAD83

Carte 3  
Mai 2016



- Dépôts**
- 5— Courbe isopaque des sédiments (Épaisseur en mètre)  
Équidistance au 5 mètres
  - — Cicatrice de glissement subaquatique
- | Dépôt de surface           | Dépôt subaquatique  |
|----------------------------|---------------------|
| Till épais (> à 1m)        | Till                |
| Till mince (< à 1m)        | Sable et gravier    |
| Sable littoral glaciomarin | Dépôt de glissement |
| Roc                        | Roc                 |
- Milieu physique**
- - - Niveau moyen de l'eau
  - - - Limite extrême de pleine mer
  - - - Cours d'eau intermittent
  - - - Cours d'eau permanent
- Infrastructures**
- - - Chemin forestier
  - - - Chemin non carrossable / sentier
- Composantes du projet**
- Zone d'étude restreinte



## 3 DYNAMIQUE HYDROSÉDIMENTAIRE

### 3.1 DYNAMIQUE TERRESTRE

#### 3.1.1 APPORT DES RIVIÈRES

##### 3.1.1.1 APPORT RÉGULIER

La rivière Saguenay est associée au bassin versant du Saguenay-Lac-Saint-Jean, lequel possède une superficie de 78 000 m<sup>2</sup>. Son débit est estimé à 1 500 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, mais celui-ci peut atteindre jusqu'à 5 000 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> lors des crues printanières (Syvitski et Schafer, 1996). Les cours d'eau les plus importants du bassin versant se jettent dans le lac Saint-Jean dont le débit est contrôlé par un barrage. En aval du barrage, les principaux tributaires de la rivière Saguenay possèdent un débit annuel moyen variant de 10 à 50 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (Brooks et Lawrence, 2000; CERM-PACES, 2013). Cependant, aucune donnée n'est disponible sur l'apport en sédiment régulier par ces cours d'eau vers le Saguenay. Le printemps et l'été semblent être les saisons où l'apport en sédiments est le plus soutenu, puisque Schafer et Smith (1987) ont démontré que la sédimentation pendant ces périodes était 60 % plus élevée que pendant le reste de l'année. De plus, il est important de noter que la présence de nombreux barrages sur la majorité de ces rivières doit limiter le transport des sédiments vers le fjord (Brooks et Lawrence, 2000).

##### 3.1.1.2 CRUES EXTRÊMES

Comme en témoigne l'unité sismographique récente observée par Schafer *et al.*, (1980) et St-Onge *et al.* (2012), la rivière Saguenay peut être sujette aux crues extrêmes. En effet, la région du fjord a connu quelques épisodes catastrophiques lors du dernier siècle qui demeurent bien visibles au sein des sédiments subaquatiques (St-Onge *et al.*, 2012). L'exemple le plus récent d'une telle crue est celle générée par les précipitations torrentielles de juillet 1996. Ce phénomène a provoqué un apport majeur de sédiments au sein du Saguenay via la baie des Ha! Ha! et le bras nord et a affecté l'environnement côtier sur une superficie de plus de 20 km<sup>2</sup> (Pelletier *et al.*, 1999). L'intensité de cette crue éclair a été illustrée par une augmentation drastique du débit de la rivière Saguenay, lequel est passé de 1 600 à 5 500 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> en 48 heures (Gilbert, 1997).

Il n'existe aucune donnée sur l'apport des sédiments par les divers tributaires au moment de cette crue, hormis des études hydrologiques dans la vallée de la rivière des Ha! Ha! qui ont indiqué que le bilan net des sédiments transportés, toutes granulométries confondues, a été d'environ 15 millions de tonnes (Lapointe *et al.*, 1998). Même si la plupart des matériaux grossiers se sont déposés à l'endroit du delta de la rivière, plusieurs études océanographiques réalisées en 1996 et en 1997 ont confirmé la présence d'une couche sédimentaire grisâtre d'épaisseur variable s'étendant sur toute la superficie de la baie des Ha! Ha! et dans une partie du bras nord du fjord (Pelletier *et al.*, 1999; Locat *et al.*, 2000). De plus, l'avalion soudaine de la rivière des Ha! Ha! engendrée par ce déluge a permis de former des méga-rides spectaculaires sur le front du delta nouvellement modifié par ces apports majeurs de sédiments (Lapointe *et al.*, 1998).

#### 3.1.2 APPORT DES MOUVEMENTS DE MASSE

##### 3.1.2.1 ORIGINE CLIMATIQUE

Des mouvements de masse historiques ayant une origine climatique ont été observés dans le bassin versant de la rivière Saguenay (Tavenas *et al.*, 1971; Syvitski et Schafer, 1996). D'ailleurs, un des plus

importants glissements de terrain de la province de la période historique a eu lieu dans ce secteur. En 1971, à la suite de fortes précipitations en période de dégel printanier, un décrochement majeur s'est produit à Saint-Jean-Vianney. Ce glissement s'est déclenché à l'intérieur du cratère d'un glissement encore beaucoup plus grand qui serait lié au séisme de 1663 (Tavenas *et al.*, 1971). À la suite des précipitations intenses, une liquéfaction complète des argiles de la mer de Laflamme s'est produite générant une coulée qui a atteint une vitesse approximative de 26 km/h. Cette argile, aussi appelée argile de Leda, est reconnue pour ses propriétés géotechniques qui la rendent propice à engendrer des mouvements de masse (Hurtubise *et al.*, 1957; Crawford et Eden 1967; Chagnon 1968; La Rochelle *et al.*, 1970; Tavenas *et al.*, 1971).

Le glissement de terrain de 1971 a généré plus de 6,9 millions de m<sup>3</sup> de sédiments, créant un cratère d'une superficie de 268 000 m<sup>2</sup> (Tavenas *et al.*, 1971). Environ 5,4 millions de m<sup>3</sup> du volume déplacé ont atteint la rivière aux Vases ainsi que le Petit Bras et parcouru environ trois kilomètres pour se déverser dans la rivière Saguenay. Des photographies aériennes ont pu illustrer l'érosion causée par cette immense coulée (9,5 m de hauteur) et permis d'identifier des dépôts laissés sur les rives dans la section supérieure du fjord. Subséquemment, ce glissement a favorisé la sédimentation d'une mince couche de couleur grisâtre associée à une argile remaniée au sein du bras nord du Saguenay (Schafer et 2004, 1988).

### 3.1.2.2 ORIGINE SISMIQUE

Des études ont déjà démontré que la région du Saguenay est un secteur à risque où d'importants séismes ( $M \geq 7$ ) peuvent être possibles. Locat *et al.* (2000) ont d'ailleurs confirmé que les événements passés ont laissé diverses signatures morphologiques terrestres et subaquatiques. Des travaux effectués par Urgeles *et al.* (2001) et Bergeron et Locat (1989) ont aussi montré qu'un mouvement de masse (coulée, glissement et liquéfaction) d'origine sismique ne pouvait se produire dans cette région sans un événement d'une intensité majeure ( $M > 6,5$ ). Toutefois, quelques indices de glissement de terrain, de rupture et de liquéfaction associés au séisme de 1988 ont été observés dans la baie des Ha! Ha! et le bras nord (Lefebvre *et al.*, 1992), alors que l'intensité de ce séisme n'a atteint que  $M = 5,9$ ; la proximité de son épocentre avec le Saguenay expliquerait pourquoi un tremblement d'intensité moindre aurait pu générer quelques petits glissements (St-Onge *et al.*, 2012). Des travaux sur le terrain ont répertorié plusieurs autres cas de liquéfaction qui seraient antérieurs au séisme de 1988 (Tuttle *et al.*, 1990; St-Onge *et al.*, 2012).

Abondamment évoqué dans la littérature, le séisme de 1663 aurait été l'un des plus gros tremblements de terre répertoriés dans l'est du Canada (Tuttle et Atkinson, 2010). Il aurait causé le glissement de terrain mentionné précédemment et dans lequel le village de Saint-Jean-Vianney s'est bâti (Tavenas *et al.*, 1971). Ce mouvement de masse aurait affecté 20 km<sup>2</sup> (comparativement à 0,268 km<sup>2</sup> pour celui de 1971) et mis en transport plus de 206 millions de m<sup>3</sup> de sédiments, lesquels ont atteint le bras nord du Saguenay (Tavenas *et al.*, 1971). Cet événement catastrophique aurait engendré d'immenses courants hyperpycniaux, lesquels ont déposé une épaisse couche (15 m) de sédiment sableux et argileux sur près de 75 % du fjord (St-Onge *et al.*, 2012). Plusieurs autres glissements d'origine sismique ont été détectés par St-Onge *et al.* (2012) puisque 11 autres séismes entre 3 700 et 7 200 BP ayant généré un apport sédimentaire assez important pour laisser des unités d'épaisseurs variables (7 à 229 cm) dans le fjord ont pu être identifiés.

## 3.2 DYNAMIQUE CÔTIÈRE

### 3.2.1 MOUVEMENTS DE MASSE

La topographie au site projeté des installations portuaires se caractérise principalement par des pentes de fortes inclinaisons qui favorisent grandement la possibilité de glissement de terrain, notamment en tenant compte qu'un mouvement de masse peut être généré sur une pente de seulement 5° (Syvitski et Schafer, 1996). Un versant abrupt représente un facteur important, puisque la contrainte nécessaire pour déplacer

un matériau diminue avec l'augmentation de l'angle de la pente (Martin, 2002). Compte tenu des dépôts de surface présents au sein de la zone d'étude locale, les glissements potentiels seraient probablement de type pelliculaire et de petite taille. En d'autres mots, la mince couche de till (< 1 m) qui recouvre le roc pourrait se détacher lors de précipitations extrêmes comme celles de 1996 (carte 3). Par ailleurs, des études dendrogéomorphologiques réalisées dans les Laurentides et la Côte-Nord ont associé plusieurs glissements pelliculaires aux événements de 1996 dans un contexte physiographique similaire (Baillargeon, 2013; Dagenais Du Fort, 2014). Outre ce risque, les autres dépôts plus épais ne semblent pas être une menace face à une liquéfaction soudaine ou à un séisme, puisqu'ils ne sont pas constitués d'argile sensible et se retrouvent sur des pentes relativement faibles (carte 3).

### 3.2.2 TRANSPORT SÉDIMENTAIRE CÔTIER AU SITE D'ÉTUDE

À l'endroit de la zone d'étude locale, le transport sédimentaire côtier serait pratiquement nul. En se basant sur la cartographie des dépôts de surface côtiers (carte 3), la dominance des affleurements rocheux indique que très peu de sédiments ont la possibilité de se déposer et demeurer sur les pentes fortes qui caractérisent le roc. Les rares lieux où une dynamique sédimentaire semble active, sont ceux qui correspondent aux quelques petites anses tapissées de sable et gravier ainsi que de quelques blocs (figure 5). Les particules les plus grossières sont vraisemblablement amenées ou érodées par des processus glaciels et les crues printanières tandis que les particules fines sont transportées par l'action des vagues et des marées. Il est également probable que les petits ruisseaux à proximité fournissent des sédiments sableux, lesquels nourrissent, par dérive littorale, les anses adjacentes (carte 3).

### 3.3 SUBAQUATIQUE (MARIN)

Plusieurs travaux ont tenté de calculer le taux de sédimentation au fond du fjord et ils arrivent à des conclusions semblables (Smith et Walton, 1980; Perret, 1994; Zhang, 2000; St-Onge *et al.*, 1999). Selon ces différents auteurs, le taux de sédimentation diminue vers l'aval ainsi qu'avec la hauteur de la colonne d'eau. Ceci est une particularité du Saguenay qui favorise un mode de transport plutôt orienté vers une suspension des particules (sous forme de plume) que par une traction au niveau du lit. Ainsi, les particules grossières restent en amont et le taux de sédimentation diminue vers l'aval (Syvitski et Farrow, 1989). Dans les faits, le taux de sédimentation est estimé à 7 cm/an près de Saint-Fulgence dans le tronçon supérieur, à 0,2 à 0,4 cm/an près de Saint-Basile-de-Tableau dans le Saguenay moyen et finalement à 0,1 cm/an au plus profond du bassin inférieur. Aussi, la concentration des particules en suspension au sein du Saguenay a pu être évaluée et est en moyenne 3 mg l<sup>-1</sup> avec un maximum de 24 mg l<sup>-1</sup> (St-Onge *et al.*, 2012).



**Figure 5.** Anse composée de sable et gravier au site d'étude

Il est important de préciser que les séismes jouent un rôle déterminant dans la mise en transport et le remaniement des dépôts subaquatiques. Par exemple, le mouvement de masse subaquatique identifié dans la zone d'étude serait lié au séisme de 1988 (Locat et Levesque, 2009) (carte 3). Avec une cicatrice de 500 m de diamètre, ce mouvement de masse a produit un champ de débris composé de blocs de matériel hétéroclite, lequel s'étend encore plus loin que la zone couverte par la bathymétrie (Seaforth Geosurveys, 2014) (carte 3). Quelques cicatrices plus récentes sont également présentes sur les pentes supérieures et intermédiaires.

D'autre part, le séisme de 1663 aurait causé des glissements terrestres et subaquatiques qui recouvrent actuellement la majorité du bassin supérieur (Syvitski et Schafer, 1996). Le glissement de 1663 à Saint-Jean-Vianney aurait également endigué l'amont du Saguenay avec environ 0,2 km<sup>3</sup> de matériel créant ainsi un lac temporaire (Legget et Lasalle, 1978). Ce barrage aurait cédé lors de la période de crue printanière et aurait généré une inondation de 28 jours et un panache hyperpycnal d'une durée de 11 jours (Mulder *et al.*, 1998). Par conséquent, une turbidite de plusieurs mètres (15 m en moyenne) a tapissé la majorité du fond de la rivière Saguenay et a formé un large cône d'accumulation couvert de méga-rides juste avant la confluence avec la baie des Ha! Ha! (St-Onge *et al.*, 2012; Mulder *et al.*, 1998).

### 3.4 SYNTHÈSE – PÉRIODICITÉ

Dans l'ensemble, le fjord du Saguenay agit comme registre des phénomènes naturels (p. ex., séismes, pluies diluviennes, etc.), ce qui permet de mieux évaluer les risques potentiels sur une future infrastructure sur ce territoire. À cet égard, la dynamique hydrosédimentaire dans le Saguenay implique trois éléments principaux, c'est-à-dire, les apports réguliers en sédiment provenant des tributaires et de l'érosion des berges, les apports extrêmes en sédiments provenant du bassin versant lors de crues exceptionnelles et les contributions catastrophiques en sédiments issues de glissements de terrain tant en milieu terrestre que subaquatique lors de phénomènes sismiques ou climatiques.

Par contre, de tels événements sont rares, ponctuels et difficiles à prévoir. Pour qu'un mouvement de masse majeur lié à un séisme se produise dans le secteur à l'étude, une magnitude > 6,5 sur l'échelle de Richter serait nécessaire Urgeles et al. (2002). Or, selon Doig (1998), la récurrence de séismes de très forte amplitude pour la région est de 350 à 1 000 ans. Les glissements liés aux phénomènes climatiques sont aussi difficiles à prévoir, car il est impossible d'entrevoir une périodicité des extrêmes

météorologiques, surtout en contexte de changements climatiques. L'absence de dépôts sensibles dans la zone d'étude locale limite, de ce fait, les chances qu'un glissement majeur survienne à cet endroit.

En résumé, la majorité de l'apport sédimentaire passe généralement par le bras nord du Saguenay, lequel draine le lac Saint-Jean en amont. Des crues éclaircies liées à des précipitations torrentielles, comme le déluge du Saguenay l'a montré en 1996, peuvent aussi faire transiger des quantités importantes de sédiments via d'autres affluents. Parallèlement, le milieu côtier semble très peu dynamique et assez stable sur le plan sédimentaire à l'emplacement choisi pour les installations portuaires, puisque les dépôts sont très minces et relativement stables malgré la présence de pentes abruptes ( $> 22^\circ$ ). En ce qui concerne le milieu subaquatique, on y note un taux de sédimentation assez élevé, mais très variable (0,1 à 7 cm/an) sur la longueur totale de la rivière (St-Onge *et al.*, 2012). Il appert que les différentes catastrophes naturelles affectent grandement les sédiments subaquatiques, soit sous forme de décrochements subaquatiques, ou par la création de turbidites et de méga-rides à la suite d'un grand apport de sédiments. Une cicatrice de glissement associée au séisme de 1988 a été observée directement au site d'étude. Ce mouvement de masse a permis d'exposer de nombreux affleurements rocheux et contribuer ainsi à la stabilité du versant. En définitive, la dynamique hydrosédimentaire de la zone d'étude locale se caractérise par des apports sédimentaires faibles et stables ponctués d'événements majeurs.



## 4 QUALITÉ PHYSICOCHIMIQUE DES SOLS ET DES SÉDIMENTS

### 4.1 QUALITÉ DES SOLS

Le site projeté des installations portuaires est presque uniquement recouvert de dépôts d'origine glaciaire, le reste étant constitué de sables littoraux glaciomarins et d'affleurements rocheux (carte 3). Ces dépôts n'ont pas permis le développement de sols propices à l'agriculture. D'ailleurs, ce secteur ne se situe pas en zone agricole selon la Commission de protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ, 2016). Les sols appartiennent à la classe des podzols et se caractérisent par un bon drainage (Raymond, 1971).

Compte tenu de la dominance des tills glaciaires localement, les caractéristiques chimiques des sols devraient correspondre aux teneurs de fond pour la province de Grenville (MDDELCC, 2016a). Aucune activité industrielle ne s'exerce dans le bassin versant immédiat du site des installations portuaires. Une scierie de Produits forestiers Résolu se trouve le long de la route 172 à environ 5 km au nord du site, mais aucune activité n'y a cours présentement. Aucun site contaminé ni dépôt de sols et de résidus industriels n'est répertorié dans la zone d'étude locale (MDDELCC, 2016b; 2016c).

### 4.2 QUALITÉ DES SÉDIMENTS EN EAU DOUCE (TERRESTRE)

Préalablement à la description des conditions actuelles, une recherche des critères et recommandations a été réalisée afin de comparer les conditions existantes avec les prescriptions de la réglementation et des normes prescrites par les autorités en la matière (ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec, Environnement Canada et Conseil canadien des ministres de l'Environnement).

Les informations ont été obtenues par recherche documentaire. L'information décrivant les conditions existantes en ce qui concerne les sédiments en eau douce de la zone locale provient d'un échantillonnage sur le terrain et des analyses des échantillons par un laboratoire accrédité.

L'information sur les sédiments en eau douce provient essentiellement d'un échantillonnage effectué sur le terrain, aucune autre donnée n'étant disponible pour la zone étudiée. Les données utilisées pour établir les conditions existantes à l'égard des sédiments en eau douce sont considérées fiables.

#### 4.2.1 MÉTHODOLOGIE

Un échantillon de sédiments a été récolté le 21 juillet 2015 dans le cours d'eau T2, à l'intérieur des limites de la zone d'étude locale. La même station a servi pour l'échantillonnage des sédiments et de l'eau douce (station RT-05) (figure 6).

La méthode de collecte des sédiments est inspirée des procédures du guide du CCME (2011). Le prélèvement a été fait à une profondeur de 0,1 m à l'aide d'une pelle ronde. La faible profondeur justifiait l'usage d'une pelle au lieu d'une benne. Un échantillon du substrat du cours d'eau a été prélevé et subdivisé en autant de sous-échantillons que le nombre de contenants nécessaires aux analyses. Le transfert dans les contenants a été fait à l'aide d'une spatule stérilisée.

La liste des paramètres mesurés a été établie et adaptée à partir du document *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application : prévention, dragage et restauration* (EC et MDDEP, 2007).



**Figure 6. Site de la station d'échantillonnage de l'eau de surface et des sédiments (station RT-05)**

Les paramètres de qualité analysés sont les suivants :

- Hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>);
- Métaux extractibles totaux : Al, As, Be, Cd, Ca, Cr, Cu, Co, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Hg, Pb, Na, Zn;
- Soufre;
- Carbone organique total;
- Humidité.

Les valeurs des paramètres mesurés sur le terrain ont été comparées aux valeurs seuils utilisées dans le cadre de la gestion des sédiments au Québec. Ces valeurs correspondent aux valeurs de référence calculées par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement, soit : la concentration seuil produisant un effet (CSE) et la concentration produisant un effet probable (CEP) (EC ET MDDEP, 2007). Pour certains des paramètres pour lesquels il n'existe pas de critère associé à la gestion des sédiments, la valeur mesurée a été comparée aux critères génériques établis pour la protection des sols et la réhabilitation des terrains contaminés (MDDELCC, 2016a). Les teneurs de fond associées au critère A et correspondant aux concentrations naturelles observées dans la province géologique de Grenville (où se retrouve la zone d'étude) ont servi de valeurs de référence.

Les paramètres ainsi comparés sont les suivants (la valeur entre parenthèses indique le seuil du critère A pour la province de Grenville; sauf indication contraire, les valeurs sont en mg/kg) :

- Le cobalt (20);
- Le manganèse (770);
- Le soufre (0,04 g/g);
- Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (300).

Enfin, certains paramètres analysés ont été comparés aux valeurs de référence disponibles, soit les valeurs préindustrielles connues de ces paramètres pour les sédiments du tronçon fluvial du fleuve Saint-Laurent (EC et MDDEP, 2007). Les paramètres ainsi comparés aux valeurs de référence du fleuve sont les suivants (la valeur entre parenthèses indique la valeur de référence en mg/kg, sauf indication contraire) :

- Aluminium (23 000);
- Béryllium (0,82);
- Calcium (15 000);
- Fer (30 000);
- Magnésium (10 000);
- Sodium (850);
- Carbone organique total (1,3 %).

## 4.2.2 RÉSULTATS

L'ensemble des paramètres analysés présente des valeurs inférieures au plus contraignant des seuils auxquels ils ont été comparés (CSE et CEP). Les paramètres comparés aux valeurs de critères de qualité des sols et aux valeurs de référence des sédiments du fleuve Saint-Laurent montrent des valeurs pouvant être associées à un milieu naturel de qualité. Plusieurs éléments analysés affichent des valeurs en deçà du seuil de détection. C'est le cas, entre autres, des contaminants critiques comme le mercure, le plomb, l'arsenic, le cadmium et les hydrocarbures pétroliers.

Le tableau des résultats d'analyses en laboratoire est présenté à l'annexe A.

## 4.3 QUALITÉ DES SÉDIMENTS EN MILIEU MARIN

### 4.3.1 MÉTHODOLOGIE

Afin de caractériser la qualité du milieu et de déceler la présence de contaminants, un échantillonnage de sédiments a été effectué à trois stations positionnées à l'aide de la caméra sous-marine afin d'éviter les secteurs à substrat rocheux. Un duplicata a également été prélevé à une des stations pour les besoins du contrôle de la qualité. Les sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne Van Veen le 21 octobre 2015. Les coordonnées géographiques des stations échantillonnées ainsi que les principales caractéristiques de chaque échantillon sont présentées au tableau 1.

Après chaque prélèvement, le contenu de l'échantillonneur a été transvidé dans un contenant, homogénéisé, puis transféré dans les contenants fournis par le laboratoire d'analyse et dûment identifié au numéro de la station, à la date de prélèvement et au numéro de projet. La procédure de nettoyage des outils d'échantillonnage, telle que présentée au Cahier 5 d'*Échantillonnage des sols* du Centre d'Expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ, 2010), a été appliquée entre chacune des stations. Les quantités d'Alconox disponibles n'étant pas suffisantes, il a été convenu d'effectuer l'étape 1 de la procédure simplement avec l'eau et la brosse. Une attention particulière a toutefois été portée afin de s'assurer de l'absence de souillure avant le nettoyage à l'acétone et à l'hexane (étape 2). Ainsi, les équipements d'échantillonnage, soit la benne, les seaux, les bols et autres, ont été rincés et nettoyés à l'eau de mer, rincés à l'acétone, à l'hexane, puis à l'acétone à nouveau et à l'eau de mer afin d'éviter toute contamination d'une station à l'autre.

Les échantillons prélevés ont été conservés au réfrigérateur (4° C), puis expédiés à un laboratoire de Saguenay pour l'analyse des paramètres suivants :

- Granulométrie/sédimentologie;
- Métaux lourds (scan des métaux: Al, Sb, Ag, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Sn, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Se, Na, Ti, U, V et Zn);

- Dureté totale;
- Phosphore total;
- Mercure;
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP);
- Carbone organique total (COT);
- Biphényles polychlorés (BPC) congénères.

Ce laboratoire est accrédité par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et possède son système de contrôle de la qualité.

**Tableau 1. Caractéristiques des stations d'échantillonnage des sédiments dans la rivière Saguenay**

Station	SB1	SB3		SB4
Échantillon	SB1	SB3	SB3-D	SB4
<b>Échantillonnage</b>				
Date	21/10/2015	21/10/2015	21/10/2015	21/10/2015
Heure	16 h 30	17 h 30	17 h 45	18 h 40
Profondeur	37 m	27 m	27 m	32 m
Remplissage de la benne	80 %	80 %	90 %	70 %
Nbre coups de benne	1	1	1	1
<b>Coordonnées géographiques</b>				
Latitude	48° 23' 50,9" N	48° 24' 12,1" N		48° 23' 52,0" N
Longitude	70° 43' 20,3" O	70° 43' 34,3" O		70° 43' 20,6" O
<b>Caractéristiques de l'échantillon</b>				
Granulométrie	Vase	Vase	Vase	Vase
Odeur	Aucune	Légère mauvaise odeur	Aucune	Aucune
Note particulière	Une dizaine d'essais réalisés avant d'obtenir un substrat meuble. La localisation de la station n'est pas la même que celle du benthos pour SB1.		Duplicata	Sédiments différents de celui observé lors de l'échantillonnage du benthos.

### 4.3.2 RÉSULTATS

Les résultats d'analyses ont été compilés et comparés aux critères génériques de qualité des sédiments (EC et MDDELCC, 2007) et aux critères du CCME (2016) pour les sédiments marins et estuariens. Les résultats sont résumés au tableau 2.

Dans l'ensemble, les sédiments de la zone d'étude sont de bonne qualité, mais quelques composés HAP et quelques métaux dépassent les concentrations d'effets rares et les concentrations seuils produisant un effet. La teneur en carbone organique total est relativement faible et varie entre 1,7 et 2,4 %.

Tableau 2 Statistiques descriptives des échantillons de sédiments en milieu marin

Substance	Unité	Limite de détection (LDR)	SB1				SB3				SB3-dup				SB4				Critères génériques de qualité des sédiments (EC et MDELC 2008)					Critères du CCME (2016)	
			22 octobre 2015		22 octobre 2015		22 octobre 2015		22 octobre 2015		22 octobre 2015		22 octobre 2015		Eau saumâtre et salée					Sédiments marins et estuariens					
			prof.: 37 m		prof.: 27 m		prof.: 27 m		prof.: 27 m		prof.: 32 m		prof.: 32 m		Concentration d'effets rares (mg/kg)	Concentration seuil produisant un effet (mg/kg)	Concentration d'effets occasionnels (mg/kg)	Concentration produisant un effet probable (mg/kg)	Concentration d'effets fréquents (mg/kg)	Recommandations provisoires pour la qualité des sédiments (mg/kg)	Concentration produisant un effet probable (mg/kg)				
<b>% humidité</b>			50		46		45		48																
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>																									
Naphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,017	0,035	0,12	0,39	1,2	<b>0,0346</b>	<b>0,391</b>							
Acénaphthylène	mg/kg	0,003	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0033	0,0059	0,031	0,13	0,34	<b>0,00587</b>	<b>0,128</b>							
Acénaphthène	mg/kg	0,003	0,012	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,0037	0,0067	0,021	0,089	0,94	<b>0,00671</b>	<b>0,0889</b>							
Fluorène	mg/kg	0,01	<b>0,03</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,021	0,061	0,14	1,2	<b>0,0212</b>	<b>0,144</b>							
Phénanthrène	mg/kg	0,01	<b>0,23</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,023	0,087	0,25	0,54	2,1	<b>0,0867</b>	<b>0,544</b>							
Anthracène	mg/kg	0,01	<b>0,07</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016	0,047	0,11	0,24	1,1	<b>0,0469</b>	<b>0,245</b>							
Fluoranthène	mg/kg	0,01	<b>0,34</b>	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,027	0,11	0,5	1,5	4,2	<b>0,113</b>	<b>1,494</b>							
Pyrène	mg/kg	0,01	<b>0,24</b>	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,041	0,15	0,42	1,4	3,8	<b>0,153</b>	<b>1,398</b>							
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0,01	<b>0,12</b>	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,027	0,075	0,28	0,69	1,9	<b>0,0748</b>	<b>0,693</b>							
Chrysène	mg/kg	0,01	<b>0,14</b>	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,037	0,11	0,3	0,85	2,2	<b>0,108</b>	<b>0,846</b>							
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0,01	0,25	0,1	0,1	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08														
Benzo(e)pyrène	mg/kg	0,01	0,11	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04														
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0,01	<b>0,09</b>	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,034	0,089	0,23	0,76	1,7	<b>0,0888</b>	<b>0,763</b>							
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0,01	0,07	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02														
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg	0,003	<b>0,013</b>	0,005	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,0033	0,0062	0,043	0,14	0,2	<b>0,00622</b>	<b>0,135</b>							
Benzo(ghi)peryène	mg/kg	0,01	0,07	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02														
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,016	0,02	0,063	0,2	0,38	<b>20,2</b>	<b>201</b>							
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01														
<b>Biphényles polychlorés (BPC)</b>																									
BPC totaux	mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,012	0,022	0,059	0,19	0,49	<b>0,0215</b>	<b>0,189</b>							
<b>Paramètres inorganiques</b>																									
Carbone organique total	% g/g	0,05	2,4	2	2	1,7	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9														
<b>Métaux et métalloïdes</b>																									
Aluminium	mg/kg	1000	16 000	16 000	16 000	15 000	15 000	16 000	16 000	16 000	16 000														
Antimoine	mg/kg	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2														
Argent	mg/kg	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2														
Arsenic	mg/kg	2	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	4,3	7,2	19	42	150	<b>7,24</b>	<b>41,6</b>							
Baryum	mg/kg	5	94	94	94	100	100	97	97	97	97														
Béryllium	mg/kg	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5														
Bore	mg/kg	5	37	34	34	34	34	32	32	32	32														
Cadmium	mg/kg	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,32	0,67	2,1	4,2	7,2	<b>0,7</b>	<b>4,2</b>							
Calcium	mg/kg	30	9 000	9 300	9 300	10 000	10 000	9 300	9 300	9 300	9 300														
Chrome	mg/kg	2	<b>40</b>	<b>38</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>42</b>	30	52	96	160	290	<b>52,3</b>	<b>160</b>							
Cobalt	mg/kg	1	10	10	10	12	12	11	11	11	11														
Cuivre	mg/kg	2	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	11	19	42	110	230	<b>18,7</b>	<b>108</b>							
Etain	mg/kg	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5														
Fer	mg/kg	500	26 000	22 000	22 000	23 000	23 000	26 000	26 000	26 000	26 000														
Magnésium	mg/kg	10	9 000	8 900	8 900	9 400	9 400	9 600	9 600	9 600	9 600														
Manganèse	mg/kg	2	370	310	310	400	400	320	320	320	320														
Mercuré	mg/kg	2	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	0,051	0,13	0,29	0,7	1,4	<b>0,13</b>	<b>0,7</b>							
Molybdène	mg/kg	1	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2														
Nickel	mg/kg	0,05	24	24	24	26	26	26	26	26	26	ND	ND	ND	ND	ND									
Plomb	mg/kg	50	10	10	10	10	10	10	10	10	10	18	30	54	110	180	<b>30,2</b>	<b>112</b>							
Potassium	mg/kg	5	5 100	5 000	5 000	5 600	5 600	5 400	5 400	5 400	5 400														
Sélénium	mg/kg	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10														
Sodium	mg/kg	10	9 500	8 800	8 800	9 100	9 100	9 800	9 800	9 800	9 800														
Zinc	mg/kg	5	67	65	65	70	70	70	70	70	70	70	120	180	270	430	<b>124</b>	<b>271</b>							
<b>Éléments traces et éléments lourds</b>																									
Titane	mg/kg	300	1 300	1 200	1 200	1 200	1 200	1 300	1 300	1 300	1 300														
Uranium	mg/kg	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5														
Vanadium	mg/kg	5	63	59	59	67	67	65	65	65	65														



En ce qui a trait aux métaux lourds, les valeurs de chrome, de cobalt, de mercure et d'arsenic sont toutes au-dessus de la concentration d'effets rares. Dans le cas de l'arsenic, les concentrations dépassent même légèrement le seuil produisant un effet et la recommandation provisoire pour la qualité des sédiments du CCME. Toutes les autres valeurs de métaux détectés se situaient en dessous de ces deux critères. Quant aux BPC, aucune valeur n'a été détectée dans les échantillons.

Dans les sédiments prélevés aux stations SB3 et SB4, quelques HAP dépassent les concentrations d'effets rares. Ces dépassements sont peu significatifs, car les dépassements demeurent proches de ce seuil. Certains dépassements se situent même entre la limite de détection et la limite de quantification (benzo(a)anthracène et dibenzo(a,h)anthracène). Par contre, l'échantillon SB1 montre que les concentrations de plusieurs HAP dépassent le seuil produisant un effet sur la faune benthique. La toxicité de ces HAP va de modérée (phénanthrène, anthracène, fluoranthène) à élevée (benzo(a)anthracène, dibenzo(a,h)anthracène), quelques-uns sont des cancérigènes confirmés (benzo(a)anthracène, chrysène, dibenzo(a,h)anthracène) et la plupart sont des mutagènes. La majorité des HAP présente un fort caractère hydrophobe et tend à s'adsorber aux particules organiques en suspension et à s'accumuler dans les sédiments et les sols particulièrement pour les composés lourds (HAP à 4 et 5 cycles comme le pyrène, le chrysène, le benzo(a)pyrène, etc.) possédant une très faible solubilité dans l'eau. Il en résulte une persistance à long terme des HAP dans les sédiments côtiers qui présentent alors une menace toxique pour les organismes benthiques puisque leur forte hydrophobicité favorise leur bioaccumulation dans les tissus biologiques (Pelletier *et al.*, 2009). Les HAP observées dans les sédiments du fjord proviendraient de l'industrie de l'aluminium. L'utilisation du procédé Söderberg dans les alumineries aurait fortement contribué à la contamination historique des sédiments du Saguenay par les HAP. Depuis, on observe un enfouissement lent, mais constant des sédiments fortement contaminés apportés au fjord dans les années 1960 et 1970 par des sédiments moins contaminés. Les résultats d'analyse des échantillons prélevés suggèrent que la contamination des sédiments par les HAP n'est pas constante dans la zone d'étude et que certains secteurs seraient plus contaminés que d'autres.



## 5 MARÉES ET NIVEAUX D'EAU

Le fjord est soumis à un régime de marées de type semi-diurne. À la station de Port-Alfred, la plus près du site projeté pour les installations portuaires, le niveau d'eau calculé à partir des données prédites pour la pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) est de 6,3 m alors que le niveau de pleine mer supérieure de marée moyenne (PMSMM) est de 5,0 m. Le marnage varie de 4,2 m en période de marée moyenne à 6,6 m en période de grande marée (tableau 3). Les niveaux d'eau extrêmes atteints lors des pleines et basses mers sont respectivement 7,0 et -1,1 m.

**Tableau 3. Table des marées pour la station de Port-Alfred (SHC, 2016)**

	Niveau géodésique (m)	Niveau marégraphique (m) <sup>1</sup>	Marnage (m)
Marnage de grandes marées			6,6
Marnage de marées moyennes			4,2
Extrême de pleine mer	4,4	7,0	
Pleine mer supérieure, grande marée (PMSGM)	3,7	6,3	
Pleine mer supérieure, marée moyenne (PMSMM)	2,4	5,0	
Niveau moyen de l'eau	0,1	2,7	
Basse mer inférieure, marée moyenne	-1,8	0,8	
Basse mer inférieure, grande marée	-2,9	-0,3	
Extrême de basse mer	-3,7	-1,1	

1 : Le niveau du zéro des cartes équivaut à l'élévation géodésique de -2,648 m.

Source : Service hydrographique du Canada (SHC, 2016).

Des données marégraphiques amassées en 2015 par le ministère de Pêches et Océans Canada (MPO) entre le 16 et le 22 août au quai Marcel-Dionne à Grande-Anse ont été comparées aux données de marées hautes et basses pour cette même période à Port-Alfred (PA). Un léger écart d'environ 0,3 m est remarqué entre les deux. Également, il a été démontré qu'il existe un déphasage de la marée entre la baie des Ha! Ha! et celle du Bras-du-Nord (Moreau *et al.*, 2007).



## 6 DYNAMIQUE DES MASSES D'EAUX

### 6.1 CONDITIONS GÉNÉRALES

D'un point de vue océanographique, la rivière Saguenay se divise en trois tronçons (Gagnon, 1995). Le premier, le haut Saguenay, est compris entre le lac Saint-Jean et Shipshaw et est soumis à une dynamique fluviale régularisée par la présence des barrages qui se trouvent à chaque extrémité, soit ceux de l'Île-Maligne et de Shipshaw (figure 7). Le débit annuel sortant du lac Saint-Jean est d'environ 1 600 m<sup>3</sup>/s et compte pour la majeure partie du débit du Saguenay puisqu'il n'augmente que d'environ 25 % (2 100 m<sup>3</sup>/s) sur le reste de son cours jusqu'à Tadoussac (Gagnon, 1995).

Le moyen Saguenay s'étend de Shipshaw à Saint-Fulgence et s'apparente à un estuaire fluvial qui subit l'influence des marées, mais dont la colonne d'eau est composée d'eau douce. Le dernier tronçon du Saguenay, dans lequel seront construites les installations portuaires, est situé dans la partie du bas Saguenay-fjord. Ce tronçon est caractérisé par une circulation estuarienne typique des fjords à grands débits. Les masses d'eau sont stratifiées et en surface s'écoule une couche d'eau douce d'environ 5 à 15 m d'épaisseur tandis qu'en profondeur, se trouve la couche d'eau salée provenant de l'estuaire du Saint-Laurent.

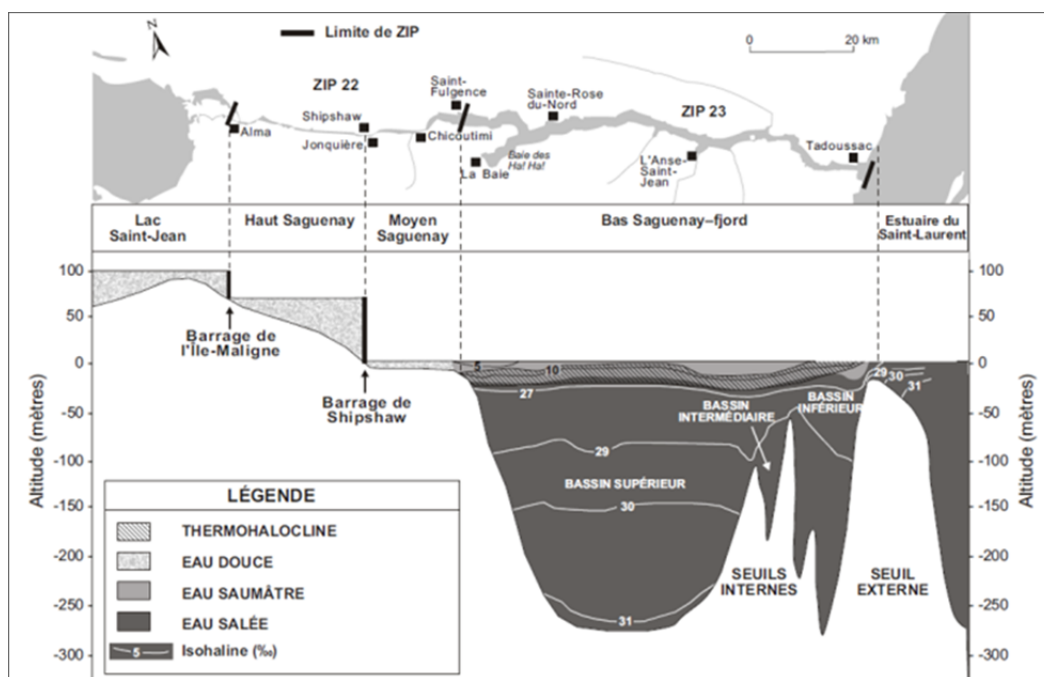


Figure 7. Subdivision de la rivière Saguenay et distribution des masses d'eau le long des tronçons (Gagnon, 1995)

Les connaissances concernant les courants ainsi que la circulation des masses d'eau sont pratiquement inexistantes à l'échelle du fjord et sont fragmentaires en ce qui concerne le tronçon du Saguenay où se trouve la zone d'étude locale. Quelques études indiquent que les courants sont faibles et sous l'influence du jeu des marées et, dans une moindre mesure, sous l'influence de l'écoulement fluvial du Saguenay. Dans le Saguenay de façon générale et spécifiquement au site d'étude, en période de marée basse, les courants d'eau fluvial en surface et les courants de sous-surface d'eau marine s'écoulent donc tous les

deux vers l'aval. Cependant, à marée montante, l'écoulement des eaux marines se dirige vers l'amont, ce phénomène n'influençant que très peu la direction aval de l'écoulement fluvial en surface (CNRC-OCRE, 2016a).

## 6.2 CIRCULATION DES COURANTS AU SITE D'ÉTUDE

Une évaluation de la variation temporelle du débit d'eau douce pour la période de 1972 à 2001 a permis de démontrer que les débits d'eau douce les plus hauts observés annuellement sont en mai, et ceux-ci seraient de l'ordre de trois à cinq fois plus importants que les débits obtenus en période hivernale (CNRC-OCRE, 2016b). La courbe de durée de débit présentée dans le rapport du CNRC permet également d'y voir la proportion du temps associée à une valeur de débit d'eau douce donnée. D'après la figure 8, il existe une forte probabilité ( $\geq 95\%$ ) que le débit d'eau douce soit d'égal ou inférieur à 1 500 cms.

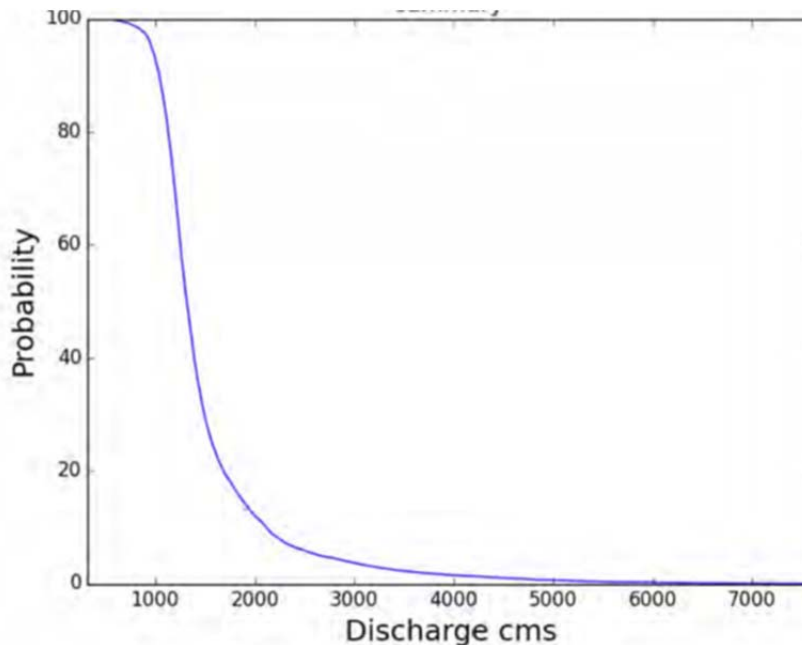


Figure 8. Courbe de probabilité du débit de la rivière Saguenay (CNRC-OCRE, 2016b) (CMS = mètres cubes/seconde)

### 6.2.1 MÉTHODOLOGIE

Plus près de la zone d'étude, des données de courant de surface ont été recueillies à l'aide d'un ADCP. Les données obtenues à une station fixe le 27 octobre 2015 ont d'ailleurs été utilisées afin de calibrer le modèle numérique élaboré par le CNRC pour illustrer les vitesses de courant estimées près de la zone d'étude en fonction de débits d'eau douce distincts (tableau 4).

Tableau 4. Spécifications pour les différents scénarios (CNRC-OCRE, 2016b)

Scénario	Débit d'eau douce (m/s)	Note
1	4 297	Débit maximal observé annuellement
2	1 907	Débit maximal observé en mars
3	1 244	Moyenne de débit observé en mars
4	1 120	Débit observé le 27 octobre 2015

## 6.2.2 RÉSULTATS

Selon une étude du potentiel hydrolie (SDÉH, 2009), les vitesses des courants dans la zone d'étude seraient toutes inférieures à 10 cm/s. Cette situation s'expliquerait par la localisation de la zone dans un secteur large (3 km) et profond (145 m). Les courants mesurés au terminal maritime de Grande-Anse montrent des vitesses similaires et qui varient en fonction des marées (Groupe-Conseil LaSalle, 2011). Selon ces mêmes données, confirmées par de nombreuses observations de terrain, il se crée beaucoup de contre-courants le long des rives en condition d'étal (Groupe-conseil LaSalle, 2011). Directement au-devant du site d'étude, les courants en profondeur (122 m), influencés uniquement par la marée, sont légèrement plus rapides avec des vitesses mesurées variant entre 11 et 22 cm/s (Moreau *et al.*, 2007).

Des données ont été recueillies directement au site d'étude en 2014 et en 2015, puis modélisées sous différentes conditions hydrologiques, soit période de crue printanière (scénario 1 : débits en apport d'eau douce de 4 297 m<sup>3</sup>/s), en période d'apport maximal en eau douce pour le mois de mars (scénario 2 = débits de 1 907 m<sup>3</sup>/s), en situation d'écoulement moyen en mars (scénario 3 = débits de 1 244 m<sup>3</sup>/s) et en situation d'écoulement vers la fin octobre (scénario 4 = débit de 1 120 m<sup>3</sup>/s). Globalement, compte tenu de la morphologie de la vallée du Saguenay et de la bathymétrie au site d'étude, le modèle indique que les courants ont tendance à être moins rapides au centre du Saguenay et leur vitesse augmente le long de la rive gauche, soit à partir du site d'étude ou directement en aval du site d'étude (annexe B). Ainsi, tous les scénarios indiquent que le long de cette rive, tant en surface qu'en profondeur, la vitesse des courants est plus forte (CNRC-OCRE, 2016a).

Les résultats du modèle montrent clairement que la vitesse des courants de surface diminue en fonction de la réduction des apports en eau douce (CNRC-OCRE, 2016a). Le modèle estime qu'en crue, les vitesses de courant de surface estimées au-devant du site d'étude sont comprises entre 0,2 et 0,4 m/s, avec une probabilité de 50 % que les courants dépassent une vitesse de 0,31 m/s, alors qu'en conditions d'étiage, la vitesse des courants en surface varie entre 0,12 et 0,29 m/s, avec une probabilité de 50 % que les courants dépassent une vitesse de 0,20 m/s (figure 9). Tous les scénarios indiquent également que la vitesse des courants à la mi-profondeur a tendance à diminuer, sauf en période de marée montante pour le scénario 4 (octobre), où la vitesse des courants à la mi-profondeur semble augmenter (CNRC-OCRE, 2016a). Enfin, au-devant du site d'étude, la direction globale des courants est majoritairement SSE.



## 7 VENTS ET VAGUES

### 7.1 VENTS

Les résultats préliminaires d'une modélisation portant sur les vents pour le site d'étude montrent que pour trois scénarios de pointes de vent maximales, la provenance des vents est fort variable, soit ONO, SE et ESE ou NE (CNRC-OCRE, 2016b) (annexe C).

D'après les données historiques de vents en provenance de l'aéroport de Bagotville, plus de 50 % des vents soufflent de l'est ou de l'ouest et la force de ces vents serait de l'ordre de 40 km/h. D'après une modélisation, les pointes de vent maximales estimées au site du terminal seraient de près de 80 km/h de direction NO. Ces conditions de vents estimées sont similaires à celles de celles de l'aéroport de Bagotville soit près de l'ordre de 80 km/h de direction NO.

### 7.2 VAGUES

Il existe peu de données sur les vagues pour le Saguenay et la zone d'étude locale. Les vagues sont en majeure partie engendrées par les vents. D'ailleurs, la portion du Bras du nord où se trouve le site des installations portuaires projetées, présente des fetchs relativement courts dans la plupart des directions. Le fetch maximal est de 15 km en direction ONO d'où peuvent provenir des pointes de vent maximales. Le site étant adossé à l'est à une paroi abrupte d'une altitude de près de 270 m, il est complètement protégé des autres pointes de vent qui proviennent des autres directions.



## 8 RÉGIMES DES GLACES

### 8.1 CONDITIONS GÉNÉRALES

Il existe très peu de données disponibles qui renseignent sur la dynamique des glaces dans le secteur de l'anse à Pelletier, entre Saint-Fulgence et Sainte-Rose-du-Nord. Selon plusieurs sources d'information, durant l'hiver, le Saguenay se couvre d'une épaisseur de glace qui varie d'un endroit à l'autre le long de son cours. Selon des mesures effectuées sur une période de vingt-sept ans par le Service canadien des glaces dans la baie des Ha! Ha!, l'épaisseur des glaces varie entre 60 et 102 cm pour une moyenne de 75 cm vers la fin de l'hiver. Puisque la rivière Saguenay se trouve plus au nord et qu'elle est plus étroite que le fleuve Saint-Laurent, la glace s'y forme plus rapidement et, par conséquent, la glace y est aussi un peu plus épaisse.

Dans les secteurs les plus à l'ouest, la glace se forme vers la fin novembre ou le début décembre. Elle s'étend jusqu'au fleuve Saint-Laurent pendant la troisième semaine de décembre et elle devient solide une à deux semaines plus tard et persiste tout l'hiver. À titre informatif, la pêche blanche qui se pratique en face du secteur de La Baie exige une épaisseur de glace de 30 cm et débute entre la fin décembre et la mi-janvier.

Une voie navigable est maintenue jusqu'aux installations portuaires de Port-Alfred et de Grande-Anse. Les concentrations de glace sur la partie basse de la rivière Saguenay diminuent vers le sud en raison des actions mécaniques qu'exercent la marée et les courants (Musée du Fjord, 2002). Enfin, tous les ans à la mi-mars, la Garde côtière canadienne procède à des opérations de déglacage sur la rivière Saguenay afin de prévenir les embâcles et les inondations pouvant être créés lors du dégel printanier.

### 8.2 CARACTÉRISATION DU RÉGIME DES GLACES À L'ANSE À PELLETIER

Les données photographiques prises à partir de stations fixes et à pas de temps régulier ont permis de décrire le cycle saisonnier (2015-2016) d'englacement et de déglacement du Saguenay au-devant du site d'étude, soit l'Anse à Pelletier. L'englacement débute par un amoncellement de plaques de glace apportées le long du rivage surtout pendant les hautes marées. Ces plaques de glace reposent sur les rives à marée basse et se figent sur la zone intertidale, de sorte que le couvert de glace demeure intégral tout au long de l'hiver et s'ennoie quotidiennement lors des hautes marées. Vers la mi-février l'épaisseur du couvert de glace est suffisamment importante pour empêcher la migration d'eau libre en surface.

Tel que discuté dans la section précédente, plusieurs navires circulent sur le Saguenay tout au long de l'hiver, toujours escortés d'un brise-glace de la Garde côtière canadienne. La présence d'un brise-glace suggère que le couvert de glace, à l'échelle du secteur de Saint-Fulgence, est épais et uniforme d'une rive à l'autre, sauf qu'un chenal d'eau libre ou faiblement recouvert de glace est entretenu tout au long de l'hiver.

L'apparition d'eau libre sur le couvert de glace vers la mi-mars survient principalement en raison des grandes marées. L'apparition graduelle de trous de fonte et la présence d'eau libre sur le couvert de glace dans l'anse à Pelletier marquent le début de la fonte thermique du couvert de glace. Un ralentissement de la fonte du couvert de glace est immédiatement observé à la suite de la période de grandes marées, mais le couvert de glace demeure fragmenté. Malgré la fragmentation thermique partielle du couvert de glace, le processus de déglacement du Saguenay est plutôt d'ordre mécanique. Ainsi, le 23 mars 2016, le brise-glace de la garde côtière a commencé le déglacement du secteur en réalisant plusieurs transects sud-nord depuis le sud-ouest jusqu'au nord-est. Le processus de déglacement mécanique s'étire sur deux jours après quoi le secteur étudié demeure libre de glace de manière permanente.



## 9 QUALITÉ DE L'EAU

### 9.1 MILIEU TERRESTRE

#### 9.1.1 MÉTHODOLOGIE

La qualité de l'eau douce a été analysée pour plusieurs paramètres en fonction des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique (MDDEFP, 2013; CCME, 2014). La référence à ces critères se justifie dans le cadre de l'étude d'impacts du projet de terminal maritime puisqu'ils concernent l'eau de cours d'eau dont l'usage n'est pas destiné à la consommation humaine.

À noter que les valeurs prescrites par le CCME sont des recommandations. Une recommandation étant une valeur de concentration exprimée sous forme numérique ou un énoncé circonstancié visant la protection et le maintien d'une utilisation désignée des eaux (CCMRE, 1987 dans CCME, 2001). On entend par critère de qualité chimique de l'eau une concentration seuil uniquement basée sur les effets nuisibles des substances qui, si elle est dépassée, risque d'entraîner la perte complète ou partielle de l'usage pour lequel le critère a été défini (MDDEFP, 2013).

Les critères retenus par le MDDELCC proviennent des recommandations du CCME et d'agences environnementales d'autres provinces et de l'extérieur du Canada. Parmi l'ensemble des recommandations pour chaque paramètre, les critères ayant été adoptés par la réglementation québécoise et sur lesquels est basée la présente analyse sont ceux qui présentent les seuils les plus sévères. La comparaison des résultats d'analyse avec les critères du MDDELCC assure ainsi que l'évaluation est faite au minimum en vertu des recommandations du CCME.

Dans le cas de contaminants chimiques, l'évaluation a été faite en fonction de la concentration maximale qui ne produira aucun effet néfaste sur les organismes aquatiques et leur progéniture en cas d'exposition continue (effet chronique) ou de la concentration maximale d'exposition de courte durée sans effet grave (effet aigu) (MDDEFP, 2013). La valeur la plus conservatrice entre ces deux critères a été utilisée pour évaluer la qualité de chaque paramètre.

Les paramètres évalués par analyse en laboratoire sont indiqués au tableau 5.

L'échantillonnage pour la qualité de l'eau a été complété lors de la campagne de caractérisation des cours d'eau le 21 juillet 2015. La qualité de l'eau a été évaluée pour une seule station, identifiée RT-05, localisée dans le cours d'eau T2 (figure 6). Cette station se situe à 500 m en amont de l'embouchure du cours d'eau dans la rivière Saguenay, dans une section d'écoulement rapide caractérisée par un substrat de cailloux, gravier et sable. La profondeur de l'eau au moment de récolter l'échantillon était de 0,07 m.

Tableau 5. Paramètres de qualité de l'eau de surface en milieu dulcicole

Catégorie	Élément
<b>Paramètres conventionnels</b>	Alcalinité totale (mg/L)
	Carbone organique dissous (mg/L)
	Carbone organique total (mg/L)
	Demande chimique en oxygène (DCO) (mg/L)
	Demande biologique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) (mg/L) 3 à 21 °C (moy)
	Dureté totale (mg/L)
	Matières en suspension (MES) (mg/L)
	Solides dissous totaux (mg/L)
	Turbidité (NTU)
	pH
<b>Ions majeurs et nutriments</b>	Azote ammoniacal [total] (NH <sub>3</sub> + NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (mg/L)
	Azote organique (N Kjeldahl total moins N ammoniacal) (mg/L)
	Azote Kjeldahl total (azote total moins NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> et NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) (mg/L)
	Calcium (Ca) (mg/L)
	Chlorures (mg/L)
	Cyanures totaux (mg/L)
	Fluorures (mg/L)
	Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/L)
	Nitrites et nitrates (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/L)
	Phosphore total (P) (mg/L)
	Potassium (K) mg/L
	Sodium (Na) (mg/L)
	Sulfates (mg/L)
<b>Métaux et métalloïdes</b>	Aluminium (Al) [total] (mg/L)
	Arsenic (As) [total] (mg/L)
	Cadmium (Cd) [total] (mg/L)
	Chrome (Cr) [total] (mg/L)
	Cuivre (Cu) [total] (mg/L)
	Fer (Fe) [total] (mg/L)
	Magnésium (Mg) [total] (mg/L)
	Manganèse (Mn) [total] (mg/L)
	Mercuré (Hg) [total] (mg/L)
	Nickel (Ni) (total) (mg/L)
	Plomb (Pb) [total] (mg/L)
	Sodium (Na) (mg/L)
	Soufre (S) (mg/L)
	Zinc (Zn) [total] (mg/L)

La localisation de la station a été enregistrée à l'aide d'un GPS. La récolte des échantillons a été effectuée selon les protocoles du CCME en utilisant des instruments et des contenants stérilisés (CCME, 2011). Les échantillons ont été conservés au froid dans une glacière jusqu'à la livraison au laboratoire la journée même où ils ont été récoltés. Les résultats détaillés et le rapport d'assurance qualité du laboratoire sont présentés à l'annexe D.

En plus de la récolte d'un échantillon d'eau pour analyse en laboratoire, certains paramètres physicochimiques de la qualité de l'eau ont été mesurés *in situ*. Les mesures ont été prises au centre du

cours d'eau à 50 % de la profondeur. Les paramètres mesurés à l'aide d'un appareil YSI-556 étaient la température, l'oxygène dissous, le pH et la conductivité.

## 9.1.2 RÉSULTATS

### 9.1.2.1 HYDROGÉOLOGIE

La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean possède des milieux aquifères très variés, lesquels résultent de son évolution géologique particulière. En effet, fortement influencée par le graben du Saguenay, la géomorphologie régionale a créé un immense bassin qui engendre un écoulement convergeant allant du socle rocheux fracturé précambrien aux dépôts granulaires quaternaires (Rouleau *et al.*, 2011).

Tant les eaux de surface que les eaux souterraines se dirigent vers l'importante zone de décharge que forme la rivière Saguenay. Au cours de leur cheminement des altitudes élevées jusqu'à leur décharge, les eaux souterraines peuvent parfois passer d'un type d'aquifère à un autre. Étudié en profondeur dans le cadre du projet CERM-PACES (2013), ce contexte hydrogéologique régional est favorable aux échanges hydriques entre le roc fracturé et les dépôts granulaires. Ainsi, la somme de ces facteurs résulte également en une bonne diversité hydrogéochimique des eaux souterraines sur le territoire du Saguenay (Walter *et al.*, 2011).

### 9.1.2.2 PHYSICOCHEMIE DE L'EAU

Il importe de préciser que les valeurs mesurées correspondent aux valeurs de référence du milieu naturel. Il n'y a pas de source connue ou observée de contamination du cours d'eau caractérisé. Il est important de rappeler que les cours d'eau décrits sont intermittents et qu'ils n'alimentent aucune source d'approvisionnement en eau douce de résidence ou autre construction anthropique.

L'ensemble des paramètres a été comparé aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique du MDDEFP (2013) (effets chroniques et toxicité aiguë). Ces critères ont été retenus, car ils représentent une estimation juste du seuil sans effets indésirables des substances dans un milieu naturel. Les concentrations dans le milieu au-dessus du critère de vie aquatique chronique (CVAC), peuvent causer un effet indésirable à long terme. Il faut toutefois noter que de légers écarts au-dessus du CVAC ne causeront pas nécessairement d'effets sur les organismes aquatiques surtout si la durée et l'intensité de ces dépassements sont limitées et s'il y a des périodes de compensation où la concentration dans le milieu est inférieure à celle du critère. Le critère de vie aquatique aigu (CVAA), quant à lui, représente la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés.

L'analyse de la qualité de l'eau pour les hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) présente une valeur globale de 340 µg/l. Cette valeur excède le critère de qualité pour la protection de la vie aquatique (effet aigu) pour le pétrole brut (130 µg/l) et pour l'huile « Bunker » C (110 µg/l) considérés individuellement. La concentration dépasse aussi le critère d'effet chronique global pour les produits hydrocarbures pétroliers établi à 100 µg/l (MDDEFP, 2013). L'analyse effectuée ne permet cependant pas de déterminer les valeurs individuelles de concentration des différents composés. L'analyse ne permet pas de préciser non plus si ces composés sont d'origine biogénique naturelle ou s'ils proviennent d'une source de contamination.

La teneur en aluminium (210 µg/l) excède le critère de protection de la vie aquatique, effet chronique, établi à 87 µg/l (MDDEFP, 2013). Des analyses plus poussées seraient nécessaires pour déterminer l'origine de l'aluminium retrouvé dans l'échantillon. Cependant, il est probable que cette concentration corresponde au taux naturel d'aluminium dans l'eau, cette valeur étant inférieure aux concentrations moyennes d'aluminium total mesurées dans les lacs et les cours d'eau de référence canadiens (entre 50 et 470 µg/l) (EC-SC, 2000).

La teneur mesurée en calcium (5,9 mg/l) n'a pas d'effet aigu ou chronique sur la vie aquatique, mais cette valeur attribue un degré moyen de sensibilité du milieu à l'acidification (MDDEFP, 2013).

L'eau de ce cours d'eau présente des valeurs en deçà des critères de qualité pour la protection de la vie aquatique pour l'ensemble des autres métaux et métalloïdes extractibles.

En ce qui concerne les paramètres conventionnels et les ions majeurs et nutriments analysés, les valeurs inférieures aux critères de qualité pour la protection de la vie aquatique témoignent d'une eau de bonne qualité (une valeur inférieure au critère signifie que le paramètre n'a pas d'effet aigu ou chronique sur la vie aquatique).

Les paramètres mesurés in situ lors du prélèvement des échantillons le 21 juillet 2015 correspondent à des valeurs d'un cours d'eau de bonne qualité. En raison de son pH acide et de sa sensibilité à l'acidification associée à la faible alcalinité, le cours d'eau est toutefois sensible aux modifications qui pourraient diminuer son pH.

## 9.2 MILIEU MARIN

### 9.2.1 MÉTHODOLOGIE

Des mesures de la température et de la conductivité de l'eau entre la surface et une profondeur d'environ 30 m ont été effectuées en septembre et en octobre 2015 dans le cadre de campagnes de terrain visant à documenter plusieurs caractéristiques du milieu physique du secteur à l'étude. Lors de la première campagne (septembre 2015), les mesures ont été effectuées au moyen d'un appareil multisonde de marque et modèle YSI 556 (2012) muni d'un câble de 30 m de longueur, alors qu'une sonde RBR Concerto a été utilisée lors de la seconde campagne de relevés (octobre 2015). En septembre, les relevés ont été effectués à la station E2 située en amont. Les mesures d'octobre ont été effectuées à deux stations, soit E2 en amont et E1 en aval de la zone d'étude locale. Les coordonnées géographiques des deux stations sont les suivantes :

- Station Aval (E1) : 48° 23' 46,5" N – 70° 43' 17,5" O;
- Station Amont (E2) : 48° 24' 11,1" N – 70° 43' 32,9" O.

Les mesures ont été réalisées à marée basse et à marée haute à chaque station pour un total de quatre relevés. Les données ont été utilisées pour dresser des profils de température et de salinité en fonction de la profondeur. Les données de conductivité ont été transformées en salinité en utilisant l'algorithme d'Aminot et Kérouel (2004).

### 9.2.2 RÉSULTATS

#### 9.2.2.1 TEMPÉRATURE ET CONDUCTIVITÉ DE L'EAU

Les profils des températures et des conductivités mesurées lors de la campagne d'octobre sont présentés à la figure 10 en fonction des marées. En raison d'un problème de calibration de la sonde, les résultats de septembre ne sont pas présentés.

Les profils illustrent bien le fait qu'à partir de Saint-Fulgence, les eaux douces de la rivière Saguenay se mélangent aux eaux salées du fjord sous l'effet de la forte turbulence créée par les marées dans cette partie peu profonde du Saguenay. À la hauteur de la zone d'étude, le mélange des eaux est moins intense de sorte que les eaux saumâtres formées à la tête du fjord s'écoulent au-dessus des eaux salées en une mince couche superficielle dont la salinité n'augmente que très graduellement au fur et à mesure que l'on

se dirige vers l'aval. En période d'eau libre, on retrouve ainsi deux couches d'eau ayant des caractéristiques très différentes dans le fjord du Saguenay. Une couche mince (5 à 7 mètres d'épaisseur au niveau de la zone d'étude) d'eaux saumâtres (salinité de 10 PSU), relativement chaudes (environ 7 °C au moment des mesures) et turbides occupe la surface et une énorme masse d'eaux salées (29 PSU), froides (env. 2 °C) et plus limpides occupant la majeure partie du volume du fjord. La frontière entre les deux masses d'eaux est très nette et porte le nom de thermo-halocline. Au niveau de cette couche d'environ 1 à 5 m d'épaisseur, la température chute rapidement à moins de 5 °C et la salinité passe de 10 à 25 PSU.

Ce portrait demeure assez constant avec le cycle des marées, peu de différences ayant été observées entre les relevés de marée haute et ceux de marée basse.

### 9.2.2.2 PHYSICOCHIMIE DE L'EAU

Les résultats des analyses de la qualité de l'eau en laboratoire sont présentés au tableau 6 pour les échantillons prélevés en mai et en septembre 2014 et au tableau 7 pour les échantillons prélevés en octobre 2015 alors que les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe D.

De la même façon que pour l'eau douce, l'ensemble des paramètres a été comparé aux critères de qualité de l'eau pour la protection de la vie aquatique du MDDEFP (2013) (effets chroniques et toxicité aiguë). Ces critères ont été retenus, car ils représentent une estimation juste du seuil sans effets indésirables des substances dans un milieu naturel. Les concentrations dans le milieu au-dessus du critère de vie aquatique chronique (CVAC), peuvent causer un effet indésirable à long terme. Il faut toutefois noter que de légers écarts au-dessus du CVAC ne causeront pas nécessairement d'effets sur les organismes aquatiques surtout si la durée et l'intensité de ces dépassements sont limitées et s'il y a des périodes de compensation où la concentration dans le milieu est inférieure à celle du critère. Le critère de vie aquatique aigu (CVAA), quant à lui, représente la concentration maximale d'une substance à laquelle les organismes aquatiques peuvent être exposés pour une courte période de temps sans être gravement touchés.

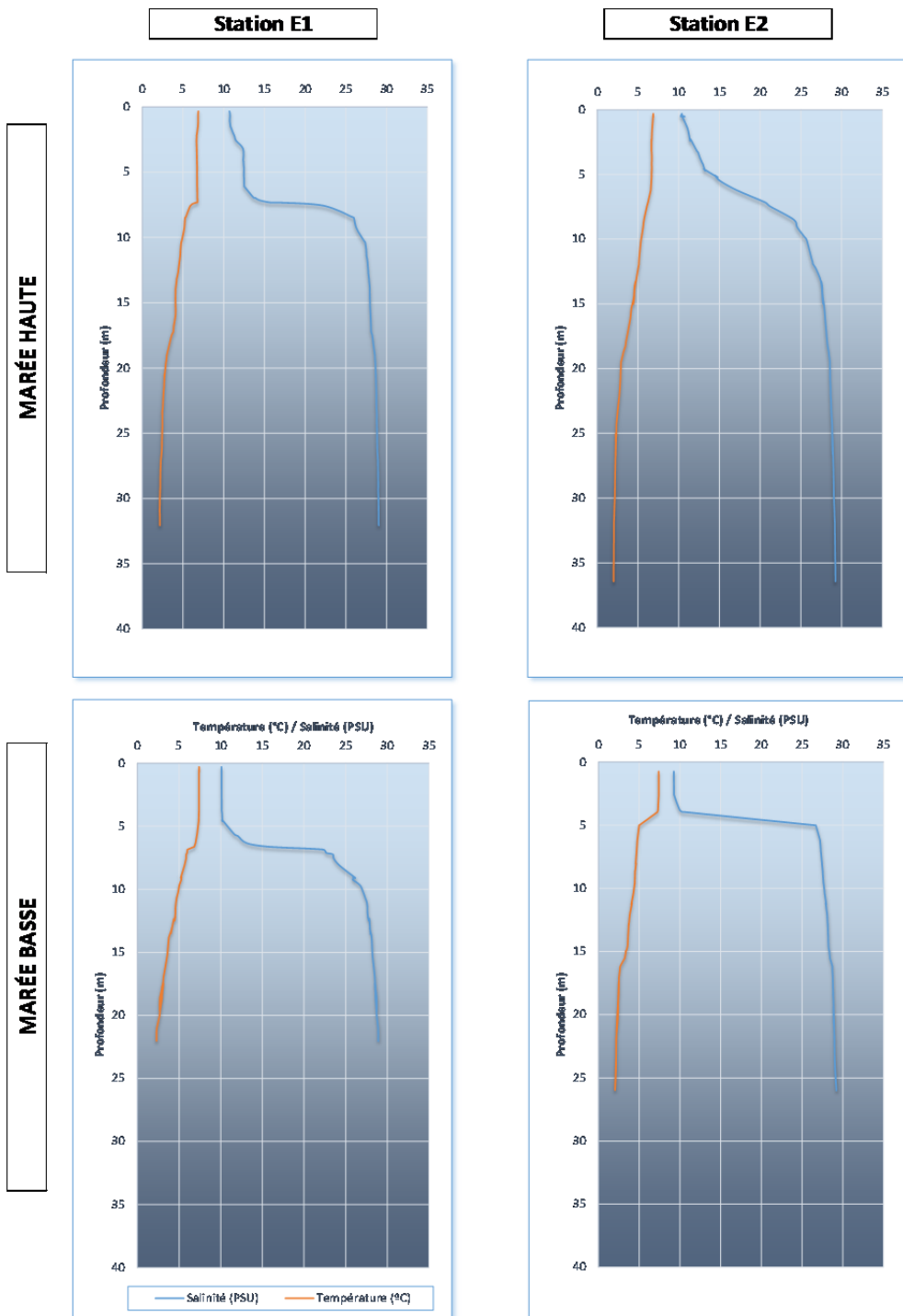


Figure 9. Profils de température et de salinité en fonction de la profondeur aux stations E1 et E2 en octobre 2015 selon la marée

Tableau 6 Résultats de l'analyse des échantillons d'eau de surface prélevés en mai et en septembre 2014

Substances	Unité	Limite de détection (LDR)	M-MB-1	M-MB-2	M-MB-3	M-MB-3DUP	M-MM-1	M-MM-2	M-MM-3	M-MM3DUP	S-MB-1	S-MB-2	S-MB-2DUP	S-MB-3	S-MB-3DUP	Critères génériques de qualité de l'eau du MDDELCC (mg/l) - Eau saumâtre et salée		
			mai-14	mai-14	mai-14	mai-14	mai-14	mai-14	mai-14	mai-14	mai-14	sept-14	sept-14	sept-14	sept-14	sept-14	Protection de la vie aquatique (effet chronique)	Protection de la vie aquatique (toxicité aiguë)
			prof.: 30 m Marée basse	prof.: 15 m Marée basse	prof.: 0,3 m Marée basse	prof.: 0,3 m Marée basse	prof.: 30 m Marée montante	prof.: 15 m Marée montante	prof.: 0,3 m Marée montante	prof.: 0,3 m Marée montante	prof.: 0,3 m Marée montante	prof.: 0,3 m Marée montante	prof.: 30 m Marée basse	prof.: 15 m Marée basse	prof.: 15 m Marée basse	prof.: 0,3 m Marée basse	prof.: 0,3 m Marée basse	
<b>Paramètres inorganiques</b>																		
Alcalinité totale	mg/L	1	92	14	11	N/A	99	16	11	N/A	97	110	-	35	N/A	(a)	-	
Azote ammoniacal	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	N/A	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	3,1 (b)	21 (b)	
Azote total Kjeldahl	mg/L	1	<1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	<1	N/A	<1	N/A	-	N/A	N/A			
Bromure	mg/L	0,1 à 1	40	0,7	0,3	N/A	2	2	0,4	N/A	56	48	-	9	N/A			
Carbone organique total	mg/L	0,2	3,7	7,7	7,7	N/A	3,9	8,6	7,9	N/A	1,8	2	-	6,1	N/A			
Chlorures	mg/L	0,05 à 0,5	12 000	190	110	N/A	14 000	820	140	N/A	15 000	15 000	-	3 100	N/A	(c)	(c)	
Cyanures totaux	mg/L	0,01	<0,01	N/A	N/A	N/A	<0,01	N/A	N/A	N/A	<0,01	N/A	-	N/A	N/A			
Dureté totale	mg/L	1	105	77	47	-	5 300	270	58	57	5 300	5 200	5 400	1 200	-			
Fluorure	mg/L	0,1	0,7	N/A	N/A	N/A	0,8	N/A	N/A	N/A	0,9	N/A	-	N/A	N/A	1,5	4	
Matières en suspension (MES)	mg/L	2	3	6	5	N/A	3	9	6	N/A	63	170	-	13	N/A	augm. 10% (d)	augm. 25 (e)	
Nitrite et nitrate	mg/L	0,02 à 10	<0,2	0,13	0,14	N/A	<0,2	<0,2	0,13	N/A	<10	<10	-	<1	N/A	3,6 (nitrates)	-	
Orthophosphate	mg/L	0,01	0,03	N/A	N/A	N/A	0,02	N/A	N/A	N/A	0,03	N/A	-	N/A	N/A			
pH											7,59	7,73	-	7,54	N/A	7,0-8,7 (f)		
Phosphore total	mg/L	0,01 à 0,05	0,02	0,02	0,02	-	0,06	0,02	<0,01	0,01	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	-	0,03 (g)		
Sulfates	mg/L	0,5 à 5	1400	27	15	N/A	1600	100	19	N/A	2100	2100	-	440	N/A	2 000 (h)	2 000 (h)	
Sulfures	mg/L	0,02	<0,02	N/A	N/A	N/A	<0,02	N/A	N/A	N/A	<0,02	N/A	-	N/A	N/A			
Turbidité	NTU	0,1	1,1	4,7	4,9	N/A	0,9	4,9	5,4	5,4	0,2	0,2	-	2,5	N/A	2 (i)	8 (i)	
<b>Métaux et métalloïdes</b>																		
Aluminium	mg/L	0,04 à 0,2	0,33	0,31	0,3	-	0,05	0,32	0,35	0,38	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	0,087	0,75	
Antimoine	mg/L	0,02 à 0,1	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,5	1,5	
Argent	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,0001	0,001155	
Arsenic	mg/L	0,05 à 0,3	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	0,036	0,069	
Baryum	mg/L	0,02 à 0,1	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	1,9 (j)	5,5 (j)	
Béryllium	mg/L	0,002 à 0,01	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,08 (j)	0,72 (j)	
Bore	mg/L	0,05 à 0,3	0,07	<0,05	<0,05	-	3,3	0,19	<0,05	<0,05	3,3	3,3	3,5	0,8	-	1	28	
Cadmium	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,0093	0,043	
Calcium	mg/L	0,5	10	7,9	5,9	-	350	20	6,6	6,6	340	330	350	74	-	(k)		
Chromé	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,05	1,1	
Cobalt	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,1	0,37	
Cuivre	mg/L	0,009 à 0,05	<0,009	<0,009	<0,009	-	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,0037	0,0058	
Etain	mg/L	0,05 à 0,3	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-			
Fer	mg/L	0,1 à 0,5	0,4	0,4	0,4	-	<0,1	0,4	0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	-	1,3		
Magnésium	mg/L	0,5	21	14	7,8	-	1100	54	10	9,9	1100	1100	1100	230	-			
Manganèse	mg/L	0,01 à 0,05	0,02	0,02	0,02	-	<0,01	0,02	0,02	0,02	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	6,5 (j)	14 (j)	
Mercuré	mg/L	0,0001 à 0,0005	<0,0001	<0,0001	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-	0,0011	0,0021	
Molybdène	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	-	3,2	29	
Nickel	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,0083	0,075	
Plomb	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,0085	0,22	
Potassium	mg/L	0,5	6,2	4,4	2,5	-	360	17	3,1	3,1	340	330	340	72	-			
Sélénium	mg/L	0,05 à 0,3	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-	0,071	0,3	
Sodium	mg/L	0,5	155	110	55	-	7600	430	73	72	9200	9000	9200	1900	-			
Zinc	mg/L	0,02 à 0,1	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	0,086	0,095	
<b>Éléments traces et éléments lourds</b>																		
Titane	mg/L	0,05 à 0,3	<0,05	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	-			
Uranium	mg/L	0,02 à 0,1	<0,02	<0,02	<0,02	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-			
Vanadium	mg/L	0,01 à 0,05	<0,01	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	0,012	0,11	

(a) La sensibilité du milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité : élevée < 10 mg/L; moyenne 10-20 mg/L; faible > 20 mg/L  
 (b) Le critère a été choisi en fonction des paramètres conservateurs suivants : pH = 7,8, température maximale = 10°C, salinité = 10 g/kg, ce qui correspond aux conditions les plus difficiles.  
 (c) 60 (U.S.EPA, 1988b; U.S.EPA, 2006a) Ce critère de qualité ne sera probablement pas suffisamment protecteur lorsque les chlorures sont associés au potassium, au calcium ou au magnésium plutôt qu'au sodium. En plus, puisque les organismes d'eau douce tolèrent les chlorures seulement sur une plage restreinte sans subir de toxicité aiguë, un dépassement du critère de qualité pourra nuire à un bon nombre d'espèces. Ce critère de qualité est en révision.  
 (d) Le critère de qualité est défini par une augmentation moyenne maximale de 5 mg/L par rapport à la concentration naturelle ou ambiante (non influencée par une source ponctuelle de matières en suspension, par une pluie importante ou par la fonte) selon le contexte. En eau turbide, le critère de qualité (en révision) est défini soit par une augmentation maximale en tout temps de 25 mg/L par rapport à la concentration ambiante lorsque celle-ci est de 25 à 250 mg/L ou par une augmentation de 10 % par rapport à la concentration ambiante lorsque celle-ci est supérieure à 250 mg/L mesurée à un moment donné.  
 (e) Le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 25 mg/L par rapport à la concentration naturelle ou ambiante (non influencée par une source ponctuelle de matières en suspension, par une pluie importante ou par la fonte) selon le contexte.  
 (f) 7,0 à 8,7 (CCME, 1999; CCME, 2002) Cette concentration s'applique aux eaux saumâtres et salées. Le pH des eaux marines et estuariennes devrait se situer à l'intérieur d'une plage de 7,0 à 8,7 unités de pH, à moins qu'il soit démontré qu'un pH différent est le résultat d'un processus naturel. À l'intérieur de cette plage, le pH ne devrait pas varier de plus de 0,2 unité par rapport au pH naturel anticipé à une période déterminée. Lorsque le pH se situe en dehors de cette plage, les activités humaines ne devraient pas causer un changement de plus de 0,2 unité par rapport au pH naturel anticipé à cette période. Tout changement devrait tendre vers la plage recommandée.  
 (g) OMOEE, 1994) Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. Cette valeur protectrice pour les cours d'eau, n'assure pas toujours la protection des lacs en aval  
 (h) la valeur de ce critère a été établie pour une dureté supérieure à 500 mg/l et une concentration de chlorures maximale selon le tableau de l'annexe 14 du MDDELCC, soit 500 mg/L  
 (i) (CCME, 2002) En eau limpide(\*), le critère de qualité est défini par une augmentation moyenne maximale de 2 uTN par rapport à la valeur naturelle ou ambiante (non influencée par une source ponctuelle affectant la turbidité de l'eau, par une pluie importante ou par la fonte) selon le contexte. En eau turbide(\*), le critère de qualité est défini soit : (en révision) : par une augmentation maximale en tout temps de 8 uTN par rapport à la valeur ambiante lorsque celle-ci est de 8 à 80 uTN; soit par une augmentation de 10 % par rapport à la valeur ambiante lorsque celle-ci est supérieure à 80 uTN mesurée à un moment  
 (j) Les valeurs de ces critères ont été établies à partir de l'annexe 12 avec une dureté de 400 mg/L  
 (k) (Pommen(B.C.MOE), 1991; Nagpal(B.C.MOELP), 1995) La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec la concentration en calcium. Sensibilité élevée -> Concentration < 4 mg/L; sensibilité moyenne -> concentration 4-8 mg/L et sensibilité faible -> concentration > 8 mg/L. Il existe aussi un indicateur de la sensibilité pour l'alcalinité



**Tableau 7 Résultats de l'analyse des échantillons d'eau de surface prélevés en octobre 2015**

Substances	Unité	Limite de détection (LDR)	E2-1H	E2-2H	E2-3H	E2-1B	E2-2B	E2-3B	E1-1B	E1-2B	E1-3B	E1-1H	E1-2H	E1-3H	Critères génériques de qualité de l'eau du MDDELCC (mg/l) - Eau saumâtre et salée			
			20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	20 octobre 2015	Protection de la vie aquatique (effet chronique)	Protection de la vie aquatique (toxicité aiguë)
			prof.: 0,3 m	prof.: 9 m	prof.: 29m	prof.: 0,3 m	prof.: 9 m	prof.: 29m	prof.: 0,3 m	prof.: 9 m	prof.: 29m	prof.: 0,3 m	prof.: 9 m	prof.: 29m	prof.: 0,3 m	prof.: 9 m	prof.: 29m	
			Marée haute	Marée haute	Marée haute	Marée basse	Marée basse	Marée basse	Marée basse	Marée basse	Marée basse	Marée haute	Marée haute	Marée haute				
<b>Paramètres inorganiques</b>																		
Alcalinité totale	mg/L	1	38	84	100	40	98	110	42	92	98	33	97	110	(a)	-		
Azote ammoniacal	mg/L	0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,03	<0,02	3,1 (b)	21 (b)		
Azote total Kjeldahl	mg/L	0,4	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	0,42	<0,40	<0,40				
Bromure	mg/L	10	18	43	58	14	50	55	17	45	59	12	57	57				
Carbone organique total	mg/L	0,2	5,7	2,7	1,6	5,7	2	1,6	5,4	2,4	1,8	5,7	2,3	1,7				
Chlorures	mg/L	5	4 700	13 000	16 000	4 900	15 000	16 000	5 200	14 000	16 000	3 900	15 000	16 000	(c)	(c)		
Cyanures totaux	mg/L	0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003				
Dureté totale	mg/L	100	1 400	4 400	5 400	1 600	5 500	6 000	1 900	4 800	5 400	1 400	4 500	4 900				
Fluorure	mg/L	0,1	0,4	0,6	0,8	0,3	0,8	0,9	0,4	0,8	0,8	0,3	0,8	0,9	1,5	4		
Matières en suspension (MES)	mg/L	2	6	16	17	15	47	42	8	21	19	6	10	26	augm. 10% (d)	augm. 25 (e)		
Nitrates	mg/L	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	3,6			
Nitrites	mg/L	2 à 10	<2	<10	<10	<2	<10	<10	<2	<10	<10	<2	<10	<10	0,02	0,06		
Orthophosphate	mg/L	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08	<0,05				
pH		N/A	7,67	7,64	7,71	7,47	7,61	7,62	7,68	7,74	7,76	7,65	7,73	7,74	7,0-8,7 (f)			
Phosphore total	mg/L	0,02	0,02	0,05	0,06	0,02	0,06	0,06	0,02	0,05	0,06	0,02	0,05	0,06	0,03 (g)			
Sulfates	mg/L	50	640	1 700	2 200	660	2 100	2 300	720	1 900	2 200	540	2 000	2 300	2 000 (h)	2 000 (h)		
Sulfures	mg/L	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				
Turbidité	NTU	0,1	0,8	0,3	0,4	1,2	0,4	1,6	0,8	0,6	0,7	1	0,5	0,8	2 (i)	8 (i)		
<b>Métaux et métalloïdes</b>																		
Aluminium	mg/L	0,01 à 0,1	0,11	0,041	0,022	0,012	<0,1	<0,1	0,11	0,035	0,022	0,13	0,029	0,13	0,087	0,75		
Antimoine	mg/L	0,001 à 0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,5	1,5		
Argent	mg/L	0,001 à 0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0001	0,001155		
Arsenic	mg/L	0,001 à 0,01	<0,001	0,0012	0,0014	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	0,0013	0,0014	<0,001	0,0013	0,0015	0,036	0,069		
Baryum	mg/L	0,002 à 0,02	0,0084	0,0083	0,0081	0,0091	<0,02	<0,02	0,0087	0,0081	0,0079	0,0089	0,0081	0,0081	1,9 (j)	5,5 (j)		
Béryllium	mg/L	0,002 à 0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,08 (j)	0,72 (j)		
Bore	mg/L	0,05 à 0,5	1,1	2,8	3,5	1,2	3,8	4,4	1,3	3,1	3,3	1	3,2	3,4	1	28		
Cadmium	mg/L	0,0002 à 0,002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,002	<0,002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0093	0,043		
Calcium	mg/L	5 à 50	100	290	350	120	360	390	120	300	350	95	300	320	(k)			
Chrome	mg/L	0,005 à 0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,05	<0,05	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	1,1		
Cobalt	mg/L	0,001 à 0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,1	0,37		
Cuivre	mg/L	0,001 à 0,01	<0,001	<0,001	<0,001	0,0013	<0,01	<0,01	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,0037	0,0058		
Etain	mg/L	0,002 à 0,02	0,0043	0,0026	0,0043	0,014	<0,02	<0,02	0,007	0,0079	0,0042	0,007	0,0039	0,0041				
Fer	mg/L	0,06 à 0,6	0,16	<0,06	<0,06	0,19	<0,6	<0,6	0,14	0,062	<0,06	0,17	<0,06	<0,06	1,3			
Magnésium	mg/L	1 à 10	290	890	1 100	320	1 100	1 200	380	970	1 100	290	920	1 000				
Manganèse	mg/L	0,001 à 0,01	0,0066	0,0036	0,011	0,007	<0,010	0,011	0,006	0,0032	0,0038	0,0067	0,0031	0,0068	6,5 (j)	14 (j)		
Mercurure	mg/L	0,0001 à 0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0011	0,0021		
Molybdène	mg/L	0,001 à 0,01	0,0027	0,0081	0,0097	0,0032	<0,001	<0,001	0,0033	0,0089	0,0097	0,0026	0,0093	0,0096	3,2	29		
Nickel	mg/L	0,002 à 0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0083	0,075		
Plomb	mg/L	0,0005 à 0,005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,00063	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0085	0,22		
Potassium	mg/L	0,5 à 5	100	310	400	100	350	380	120	350	400	94	370	400				
Sélénium	mg/L	0,003 à 0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,03	<0,03	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,071	0,3		
Sodium	mg/L	50	2 300	7 100	8 800	2 900	9 300	10 000	3 100	7 800	8 800	2 300	7 400	8 100				
Zinc	mg/L	0,007 à 0,07	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,07	<0,07	<0,007	0,013	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	0,086	0,095		
<b>Éléments traces et éléments lourds</b>																		
Titane	mg/L	0,01 à 0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1	<0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01				
Uranium	mg/L	0,001 à 0,01	<0,001	0,0021	0,0025	<0,001	<0,01	0,0023	<0,001	0,0023	<0,001	<0,001	0,0023	0,0025				
Vanadium	mg/L	0,002 à 0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,012	0,11		

(a) La sensibilité du milieu à l'acidification varie avec l'alcalinité : élevée < 10 mg/L; moyenne 10-20 mg/L; faible > 20 mg/L  
(b) Le critère a été choisi en fonction des paramètres conservateurs suivants : pH = 7,8, température maximale = 10°C, salinité = 10 g/kg, ce qui correspond aux conditions les plus difficiles.  
(c) 60 (U.S.EPA, 1988b; U.S.EPA, 2006a) Ce critère de qualité ne sera probablement pas suffisamment protecteur lorsque les chlorures sont associés au potassium, au calcium ou au magnésium plutôt qu'au sodium. En plus, puisque les organismes d'eau douce tolèrent les chlorures seulement sur une plage restreinte sans subir de toxicité aiguë, un dépassement du critère de qualité pourra nuire à un bon nombre d'espèces. Ce critère de qualité est en révision.  
(d) Le critère de qualité est défini par une augmentation moyenne maximale de 5 mg/L par rapport à la concentration naturelle ou ambiante (non influencée par une source ponctuelle de matières en suspension, par une pluie importante ou par la fonte) selon le contexte. En eau turbide, le critère de qualité (en révision) est défini soit par une augmentation maximale en tout temps de 25 mg/L par rapport à la concentration ambiante lorsque celle-ci est de 25 à 250 mg/L ou par une augmentation de 10 % par rapport à la concentration ambiante lorsque celle-ci est supérieure à 250 mg/L mesurée à un moment donné.  
(e) Le critère de qualité est défini par une augmentation maximale de 25 mg/L par rapport à la concentration naturelle ou ambiante (non influencée par une source ponctuelle de matières en suspension, par une pluie importante ou par la fonte) selon le contexte.  
(f) 7,0 à 8,7 (CCME, 1999; CCME, 2002) Cette concentration s'applique aux eaux saumâtres et salées. Le pH des eaux marines et estuariennes devrait se situer à l'intérieur d'une plage de 7,0 à 8,7 unités de pH, à moins qu'il soit démontré qu'un pH différent est le résultat d'un processus naturel. À l'intérieur de cette plage, le pH ne devrait pas varier de plus de 0,2 unité par rapport au pH naturel anticipé à une période déterminée. Lorsque le pH se situe en dehors de cette plage, les activités humaines ne devraient pas causer un changement de plus de 0,2 unité par rapport au pH naturel anticipé à cette période. Tout changement devrait tendre vers la plage recommandée.  
(g) OMOEE, (1994) Ce critère de qualité vise à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. Cette valeur protectrice pour les cours d'eau, n'assure pas toujours la protection des lacs en aval  
(h) la valeur de ce critère a été établie pour une dureté supérieure à 500 mg/l et une concentration de chlorures maximale selon le tableau de l'annexe 14 du MDDELCC, soit 500 mg/L  
(i) (CCME, 2002) En eau limpide(\*), le critère de qualité est défini par une augmentation moyenne maximale de 2 uTN par rapport à la valeur naturelle ou ambiante (non influencée par une source ponctuelle affectant la turbidité de l'eau, par une pluie importante ou par la fonte) selon le contexte.  
(j) Les valeurs de ces critères ont été établies à partir de l'annexe 12 avec une dureté de 400 mg/L  
(k) (Pommen(B.C.MOE), 1991; Nagpal(B.C.MOELP), 1995) La sensibilité d'un milieu à l'acidification varie avec la concentration en calcium. Sensibilité élevée -> Concentration < 4 mg/L; sensibilité moyenne -> concentration 4-8 mg/L et sensibilité faible -> concentration > 8 mg/L. Il existe aussi un indicateur de la sensibilité pour l'alcalinité.



Quelques variables analysées dépassent le CVAC et sont mises en exergue (surlignés en vert) dans les tableaux 6 et 7. Il s'agit du phosphore total, des sulfates et du bore. Ces dépassements sont, à première vue, peu significatifs et ne semblent pas représentatifs de problématiques particulières. En revanche, aucun dépassement du CVAA n'a été observé.

En ce qui concerne le phosphore total, les dépassements enregistrés se situent entre la limite de détection et la limite de quantification des méthodes d'analyse utilisées. Il s'agit donc de dépassements peu importants. De plus, aucun dépassement du critère n'a été observé dans les prélèvements de surface (0,3 m de profondeur). Les dépassements s'observent uniquement dans les couches d'eau salée, à des profondeurs où les vitesses d'écoulement sont faibles et favorisent l'accumulation des éléments nutritifs comme le phosphore lié aux fines particules en suspension dans l'eau. Cet élément nutritif a ainsi moins de chance d'être assimilé par les plantes ou le phytoplancton et d'être intégré dans la chaîne alimentaire en raison de la faible luminosité qui règne à ces profondeurs. Rappelons que le critère CVAC pour le phosphore vise à évaluer la détérioration d'un lac et à limiter la croissance excessive d'algues et de plantes aquatiques dans les ruisseaux et les rivières. Il ne s'applique donc pas réellement à l'eau de mer.

De la même manière, les quelques concentrations de sulfates dépassant le critère CVAC ne sont pas significatives. D'une part, ces dépassements se situent légèrement au-dessus du critère et d'autre part, ils ne sont observés uniquement que dans les échantillons prélevés aux profondeurs de 9 mètres ou plus, soit en eau salée. Or, les sulfates sont un des principaux constituants de l'eau de mer avec le sodium, le magnésium, le potassium et le chlorure. Les concentrations naturelles de sulfates dans l'eau de mer sont d'environ 3 000 mg/L.

Pour ce qui est du bore, les échantillons prélevés en surface affichent des concentrations d'environ 1 mg/L dépassant parfois cette limite et, par conséquent le critère CAVC. Ces dépassements sont relativement peu importants. Dans les échantillons prélevés en profondeur, les concentrations se situent plutôt autour de 3 à 4 mg/L. Ces valeurs semblent normales puisque dans l'eau de mer, la concentration de bore se situe entre 4 et 5 mg/L. (Gast et Thompson, 1959; Gassaway, 1967). Dans les eaux côtières du Canada, les concentrations de bore se situent apparemment entre 3,7 et 4,3 mg/L (Afghan *et al.*, 1972).

Les résultats des échantillons prélevés en surface ont été comparés aux données des stations 06090002 (Chicoutimi) et 06070006 (Rivière à Mars) de la Banque de qualité du milieu aquatique (BQMA) du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), afin de vérifier s'ils sont représentatifs des principaux cours d'eau susceptibles d'influencer la qualité de l'eau de la zone d'étude. Cette banque de données constitue une source de données importante sur la qualité de l'eau qui collige toutes les données que le Ministère a recueillies sur les milieux aquatiques du Québec depuis 1979 pour les paramètres physicochimiques de base et les nutriments. Le tableau 8 fournit, pour les principaux paramètres, les valeurs médianes, minimales et maximales de ces deux stations ainsi que les valeurs minimales et maximales observées lors des différentes campagnes d'échantillonnage de la présente étude.

**Tableau 8. Comparaison entre les stations 06090002 et 06070006 de la BQMA et la zone d'étude pour certains paramètres de la qualité de l'eau**

PARAMÈTRE	UNITÉ	Station 06090002 Chicoutimi				Station 06070006 Rivière à Mars				Présente étude	
		N	MIN	MÉDIANE	MAX	N	MIN	MÉDIANE	MAX	MIN	MAX
Azote ammoniacal	mg/l	26	0,01	0,02	0,11	31	0,01	0,01	0,04	<0,02	0,02
Azote total	mg/l	26	0,21	0,44	1,00	31	0,09	0,24	1,10	<0,40	0,42
Nitrites et nitrates	mg/l	26	0,12	0,21	0,58	31	0,01	0,07	1,10	<1	0,14
pH	pH	26	7,3	7,8	8,2	31	7,1	7,7	8,5	7,5	7,8
Phosphore total	mg/l	26	0,009	0,023	0,130	31	0,005	0,011	0,220	<0,01	0,02
Turbidité	UTN	26	1,6	4,9	57,0	31	1,1	2,0	58,0	0,8	5,4

Les résultats indiquent que les échantillons prélevés en surface sont généralement plus près des données enregistrées à la station 06090002 (Chicoutimi), ce qui signifie que la rivière Saguenay joue un rôle prépondérant dans la qualité de l'eau de la zone d'étude au-dessus de la thermo-halocline.

En ce qui concerne les échantillons prélevés en profondeur, ils illustrent les caractéristiques d'un milieu marin. En effet, plusieurs variables comme la dureté, les bromures, les chlorures, les fluorures, les sulfates, le sodium, le potassium, le magnésium, le calcium et le bore augmentent de façon marquée avec la profondeur et démontrent l'influence de la masse d'eau salée sous-jacente. À l'inverse, la concentration en aluminium diminue avec la profondeur indiquant que l'eau en provenance du Saguenay représente le principal apport de cet élément. En ce qui concerne les matières en suspension (MES) et la turbidité, les valeurs les plus élevées se retrouvent aux profondeurs entre 9 et 15 m, près de la thermo-halocline. Cette couche représente une zone de mélange entre l'eau saumâtre de la couche supérieure et la couche salée profonde.

Peu de différences sont observées entre les prélèvements effectués à marée montante et ceux effectués lors de la marée descendante. Les principales différences s'observent pour les MES dans et sous la thermo-halocline qui, lors de la campagne de 2015, sont passées de valeurs autour de 15 mg/L lors de la marée haute à environ 35 mg/L lors de la marée basse. La turbidité suivait le même patron.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFGHAN, B.K., GOULDEN, P.D. et RYAN, J.F. 1972. Automated fluoro-metric method for determination of boron in waters, detergents and sewage effluents. *Water Res.*, 6 : 1475.
- AMINOT, A. et KÉROUEL, R. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. *Paramètres et analyses*. P 74-78.
- BAILLARGEON, S. 2013. *Dendrochronologie des glissements pelliculaires dans trois vallées glaciaires de la région de Québec*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 34 p.
- BERGERON, M., et LOCAT, J. 1989. Analyses géotechniques à rebours de glissement sous-marin, Fjord du Saguenay, Québec. Rapport, GGL-89-40, 50 p.
- BROOKS, G.R. et LAWRENCE, D.E. 2000. Geomorphic effects of flooding along reaches of selected rivers in the Saguenay region, Québec, July 1996. *Géographie physique et Quaternaire*, 54 (3) : 281-299.
- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC (CEAEQ). 2010. *Cahier 5 : Échantillonnage des sols. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. 66 p.
- CERM-PACES. 2013. *Atlas des eaux souterraines du Saguenay-Lac-Saint-Jean*. Centre d'études sur les ressources minérales, Université du Québec à Chicoutimi, 44 p.
- CHAGNON, J.Y. 1968. Les coulées d'argile dans la province de Québec. *Nat. Can.*, 95 : 1327-1343.
- CNRC-OCRE, 2016a. Numerical Simulation of Currents in the Saguenay Fjord. *Ocean, Coastal and Genie River Engineering*. Interim report no. 3 (March 25, 2016).
- CNRC-OCRE, 2016b. Assessment of wind on the Saguenay fjord region. *Ocean, Coastal and Genie River Engineering*. Letter report no. 1 (February, 25 2016). 48 p.
- COMMISSION DE PROTECTION DU TERRITOIRE AGRICOLE DU QUÉBEC (CPTAQ). 2016. Index. ([[http://www.cptaq.gouv.qc.ca/index.php?id=176&no\\_cache=1](http://www.cptaq.gouv.qc.ca/index.php?id=176&no_cache=1)] consulté le 13 avril 2016)
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DES RESSOURCES ET DE L'ENVIRONNEMENT (CCMRE). 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*. Préparées par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux.
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME). 2011. *Manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyse de la qualité de l'eau au Canada*. PN 1462. ISBN 978-1-896997-79-7 PDF. 211 p.
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT (CCME). 2016. *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. 41 p.
- CRAWFORD, C.B. et EDEN, W.J. 1967. Stability of natural slopes in sensitive clays. *Am. Soc. Civil Eng.*, 93 : 419-436.
- DAGENAIS DU FORT, E. 2014. *Dendrogéomorphologie et dynamique des glissements pelliculaires dans la Réserve faunique de Port-Cartier-Sept-îles, Côte-Nord, Québec*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 95 p.
- DAIGNEAULT, R.-A., COUSINEAU, P.A., LEDUC, É., BEAUDOIN, G., MILETTE, S., HORTH, N., ROY, D.W., LAMOTHE, M. et ALLARD, G. 2011. *Cartographie des formations superficielles réalisées dans le territoire municipalisé du Saguenay – Lac-Saint-Jean (Québec) entre 2009 et 2011*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. MB2011-11.
- DOIG, R. 1998. 3000-year paleoseismological record from the region of the 1988 Saguenay, Quebec, earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88: 1198- 1203.

- DU BERGER, R., ROY, D. W., LAMONTAGNE, M., WOUSSEN, G., NORTH, R.G., et WETMILLER, R. J. 1991. The Saguenay (Quebec) earthquake of November 25, 1988: seismological data and geological setting. *Tectonophysics*, 186 : 59-74.
- DYKE, A.S., J.T. ANDREWS, P.U. CLARK, J.H. ENGLAND, G.H. MILLER, J. SHAW ET J.J. VEILLETTE. 2002. The Laurentide and Innuitian ice sheets during the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews*, 21, p. 9-31.
- ENVIRONNEMENT CANADA (EC) ET MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC (MDDEP). 2007. *Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application prévention, dragage et restauration*. 39 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA (EC) et SANTÉ CANADA (SC). 2000. *Chlorure d'aluminium, nitrate d'aluminium et sulfate d'aluminium. Liste des substances d'intérêt prioritaire. État de la science*. 98 p. et annexes.
- GAGNON, M. 1995. *Bilan régional – Secteur du Saguenay – Zones d'intervention prioritaire (ZIP) 22 et 23*. Édité par M.-J. AUCLAIR, Centre Saint-Laurent, Environnement Canada région du Québec, Décembre 1995.
- GASSAWAY, J.D. 1967. New method for boron determination in sea water and some preliminary results. *Int. J. Oceanol. Limnol.*, 1 : 85.
- GAST, J.A. et THOMPSON, T.G. 1959. Evaporation of boric acid from sea water. *Tellus*, 11 : 344.
- GILBERT, D. 1997. *Conditions océanographiques dans le golfe du Saint-Laurent en 1996*. Pêches de l'Atlantique, Rapport sur l'état des stocks G4-01. Ministère des Pêches et des Océans Canada.
- GROUPE-CONSEIL LASALLE. 2011. *Courants aux abords des quais et optimisation des conditions d'accostage*. Rapport pour Port-Saguenay – Terminal de Grande-Anse. 32 p.
- HURTUBISE, J.E., GADD, N.R., et MEYERHOF, G.G. 1957. Les éboulements de terrain dans l'est du Canada. Proc. 4<sup>th</sup> Int. Conf. Soil Mech. *Found. Eng.*, 2 : 325-329.
- LAMONTAGNE, M. 2002. An overview of some significant eastern Canadian earthquakes and their impacts on the geological environment, buildings and the public. *Natural Hazards*, 26 : 55-67.
- LANDRY, B. et MERCIER, M. 1992. *Notions de géologie*. Mont-Royal, Modulo, 3e édition revue et augmentée, 565 p.
- LAPOINTE, M.F., SECRETAN, Y., DRISCOLL, S.N., BERGERON, N., et LECLERC, M. 1998. Response of the Ha! Ha! River to the flood of July 1996 in the Saguenay Region of Quebec : large-scale avulsion in a glaciated valley. *Water Resour. Res.*, 34 : 2383-2392.
- LA ROCHELLE, P., CHAGNON, J.Y. et LEFEBVRE, G. 1970. Regional geology and landslides in the marine clay deposits of eastern Canada. *Can. Geotech. J.*, 7 : 145-156.
- LASALLE, P. et TREMBLAY, G. 1978. *Dépôts meubles Saguenay-Lac-Saint-Jean*. Ministère des Richesses naturelles, Direction générale de la recherche géologique. Rapport géologique 191, 61p.
- LEFEBVRE, G., LEBOEUF, D., HORNYCH, P. et TANGUAY, I. 1992. Slope failures associated with the 1988 Saguenay earthquake, Qc. Canada. *Revue Canadienne de Géotechnique*, 29 : 117-130.
- LEGGET, R.F. et LASALLE, P. 1978. Soil studies at Shipshaw, Quebec: 1941 and 1969. *Canadian Geotechnical Journal*, 15 : 556-564.
- LOCAT, J. et LEVESQUE, C. 2009. Le fjord du Saguenay : une physiographie et un registre exceptionnel. *Revue des Sciences de l'Eau* : 22 (2) : 135-157.
- LOCAT, J. et SYVITSKI, J. 1991. Le fjord du Saguenay et le golfe du Saint-Laurent : étalons pour l'évaluation des changements globaux au Québec. *Coll. Environ. Geol.*, 12 : 309-318.

- LOCAT, J., URGELES, R., SCHMITT, T., HOAREAU, L., MARTIN, F. HILL, P., LONG, B., SIMPKIN, P., KAMMERER, E., SANFAÇON, R. 2000. The morphological signature of natural disasters in the Upper Saguenay Fjord area, Québec, Canada. *Proceedings of the 53<sup>rd</sup> Canadian Geotechnical Conference*, Montreal, QC, p. 109-116.
- MARTIN, F. 2002. *Caractérisation géotechnique et étude du comportement cyclique des sédiments marins de la baie des Ha! Ha!, Fjord du Saguenay, Québec*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 104 p.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES. 2002. *Carte géologique du Québec*. Ministère des Ressources naturelles, DV 2002-2006, échelle 1 : 2 000 000.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MDDEFP). 2013. *Critères de qualité de l'eau de surface*, 3<sup>e</sup> édition, Québec. Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-68533-3 (PDF). 510 p. et 16 annexes.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC). 2016a. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Annexe 2, Tableau 2. [[http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/annexe\\_2\\_tableau\\_2.htm](http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/politique/annexe_2_tableau_2.htm)] Consulté le 15 avril 2016.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC). 2016b. *Répertoire des terrains contaminés*. [<http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/sol/terrains/terrains-contamines/resultats.asp>] Consulté le 15 avril 2016.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES (MDELCC). 2016c. *Répertoire des dépôts de sols et de résidus industriels*. [[http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/sol/residus\\_ind/resultats.asp](http://www.mdelcc.gouv.qc.ca/sol/residus_ind/resultats.asp)] Consulté le 15 avril 2016.
- MITCHELL, D., TINAWI, R. et LAW, T. 1990. Damage caused by the November 25, 1988 Saguenay earthquake. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 17 (3) : 338-365.
- MOREAU A.-L., LOCAT, J., LONG, B. et OUELLET, Y. 2007. Caractéristiques des conditions benthiques existant dans la partie amont du fjord du Saguenay (Québec, Canada). *Revue canadienne de Géotechnique*. 44 : 618-629.
- MULDER, T., SYVITSKI, J.P.M., SKENE, K.I. 1998. Modeling of erosion and deposition by turbidity currents generated at river mouths. *Journal of Sedimentary Research*, 68: 124-137.
- MUSÉE DU FJORD. 2002. Musée virtuel. [http://www.virtualmuseum.ca/sgc-cms/expositions-exhibitions/fjord/francais/e\\_glaces\\_f.html](http://www.virtualmuseum.ca/sgc-cms/expositions-exhibitions/fjord/francais/e_glaces_f.html). Page consultée en février 2016.
- PELLETIER, E., DEFLANDRE, B., NOZAI, C., TITA, G., DESROSIERS, G. GAGNÉ, J.P. et MUCCI, A. 1999. Crue éclair de juillet 1996 dans la région du Saguenay (Québec). 2. Impacts sur les sédiments et le biote de la baie des Ha! Ha! et du fjord du Saguenay. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 56 : 2136-2147.
- PELLETIER, E., DESBIENS, I., SARGIAN, P., CÔTÉ, N., CURTOSI, A. et ST-LOUIS, R. 2009. Présence des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les compartiments biotiques et abiotiques de la rivière et du fjord du Saguenay. *Revue des Sciences de l'eau*, vol. 22, no 2, pp. 235-251.
- PERRET, D. 1994. *Diagenèse précoce des sédiments fins du fjord du Saguenay*. Thèse de doctorat, Université Laval, 412 p.
- PRAEG, D.B. et SYVITSKI, J.P.M. 1991. *Marine geology of Saguenay Fjord*. Commission géologique du Canada, Open File, 2395, 14 feuillets.

- RAYMOND, R. 1971. Pédologie de la région de Chicoutimi. Ministère de l'Agriculture et de la Colonisation. *Bulletin technique n° 16*, 120 p. et cartes.
- RESSOURCES NATURELLES CANADA. 2016. *Informations sur les séismes nationaux et internationaux*. [En ligne] <http://www.seismescanada.rncan.gc.ca/index-fra.php> page consultée en février 2016.
- ROULEAU, A., WALTER, J., DAIGNEAULT, R., CHESNAUX, R., ROY, D., GERMANEAU, D., LAMBERT, M., MOISAN, A. et NOEL, D. 2011. Un aperçu de la diversité hydrogéologique du territoire du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec). *GeoHydro* 2011.
- SCHAFER, C., SMITH, J.M. et LORING, D.H. 1980. Recent sedimentation events at the head of the Saguenay Fjord, Canada. *Environ. Geol.*, 3 : 139-150.
- SCHAFER, C.T. et SMITH, J.N. 1987. Hypothesis for a submarine landslide and cohesionless sediment flows resulting from a 17th century earthquake triggered landslide in Quebec, Canada. *Geo-Marine Letters*, 7: 31-37.
- SCHAFER, C.T. et SMITH, J.N. 1988. Evidence of the Occurrence and Magnitude of Terrestrial Landslides in Recent Saguenay Fjord Sediments. In: El-Sabh, Mohammed I., Murty, Tad S. (Eds.) *Natural and Man-Made Hazards*. Proceedings of the International Symposium held at Rimouski, Quebec, Canada, 3–9 August, 1986, p. 137-145.
- SEAFORTH GEOSURVEYS. 2014. *Bathymetric and seismic marine survey Saguenay Fjord, Québec*. 53 p.
- SERVICE HYDROGRAPHIQUE CANADIEN (SHC). 2015. Marées, courants et niveaux d'eau. <http://marees.gc.ca/fra/accueil>. Page consultée en novembre 2015.
- SMITH, J.N. et WALTON, A. 1980. Sediment accumulation rates and chronologies measured in the Saguenay Fjord using Pb-210 dating method. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44 : 225-240.
- SOCIÉTÉ DE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE HYDROLIENNE (SDEH). 2009. *Étude de potentialité hydrolienne de la rivière Saguenay*. 12 p. + Annexes.
- SPOT IMAGERY. 2016. Google Earth.
- ST-ONGE, G., LEDUC, J., BILODEAU, G., DE VERNAL, A., DEVILLERS, R., HILLAIRE-MARCEL, C., LOUCHEUR, V., MARMEN, S., MUCCI, A., et ZHANG, D., 1999. Caractérisation des sédiments récents du fjord du Saguenay à partir de traceurs physiques, géochimiques, isotopiques et micropaléontologiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 53 (3).
- ST-ONGE, G., CHAPRON, E., MULSOW, S., SALAS, M., VIEL, M., DEBRET, M., FOUCHER, A., MULDER, T., WINIARSKI, T., DESMET, M., COSTA, P. J. M., GHALEB, B., JAOUEN, A. et LOCAT, J. 2012. Comparison of earthquake-triggered turbidites from the Saguenay (Eastern Canada) and Reloncavi (Chilean margin) Fjords: Implications for paleoseismicity and sedimentology. *Sedimentary Geology*, 243-244 : 89-107.
- SYVITSKI, J.P.M. et FARROW, G.E. 1989. Fjord sedimentation as an analogue for small hydrocarbon-bearing fan deltas. Dans WHATELEY, M.K.G. et PICKERING, K.T. (Éd.), *Deltas : Sites and Traps for Fossil Fuels*. *Geological Society Special Publication*, 44 : 21-43.
- SYVITSKI, J.P.M. et SCHAFER, C.T. 1996. Evidence for earthquake-triggered basin collapse in Saguenay Fjord, Canada. *Sedimentary Geology*, 104 : 127-153.
- TAVENAS, F., CHAGNON, J.Y et LA ROCHELLE, P. 1971. The Saint-Jean-Vianney landslide : Observations and eyewitnesses accounts. *Canadian Geotechnical Journal*, 8 : 463-478.
- THIVIERGE, S., ROY, D.-W., CHOWN, E.H. et GAUTHIER, A. 1983. Évolution du complexe alcalin de Saint-Honoré (Québec) après sa mise en place. *Miner. Deposita*, 18 : 267-283.

- TUTTLE, M., LAW, K.T., SEEBER, L. et JACOB, K. 1990. Liquefaction and ground failure induced by the 1988 Saguenay, Quebec. *Revue Canadienne de géotechnique*, 8 : 463-478.
- TUTTLE, M. et ATKINSON, G. 2010. Localization of Large Earthquakes in the Charlevoix Seismic Zone, Quebec, Canada, during the Past 10,000 Years. *Seismological Research Letters*, 81 : 140-147.
- URGELES, R., LOCAT, J., LEE, H.J. et KONRAD, J.-M. 2001. The Saguenay Fjord : integrating marine geotechnical and geophysical data for spatial slope stability hazard analysis. In: M. MAHMOUD (ed.). 2001 – Odyssée de la terre. Comptes rendus de la 54e conférence canadienne de géotechnique et de la 2<sup>e</sup> conférence conjointe AIH et SCG sur l'eau souterraine, p. 768-775.
- URGELES, R., LOCAT, J., LEE, H.J. et MARTIN, F. 2002. The Saguenay Fjord, Quebec, Canada : integrating marine geotechnical and geophysical data for seismic slope stability and hazard assessment. *Marine Geology*, 185 : 319-340.
- WALTER, J., ROY, D.W., ROULEAU, A., DAIGNEAULT, R., GERMANEAU, D. 2011. Hydrogéochimie des eaux souterraines de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean : résultats préliminaires. *GeoHydro* 2011.
- ZHANG, D. 2000. *Flux de radio-isotopes à courte période dans les bassins marins marginaux de l'Est canadien*. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, 193 p.



# Annexe A

**RÉSULTATS D'ANALYSES EN LABORATOIRE POUR LA QUALITÉ  
DES SÉDIMENTS EN EAU DOUCE**



ANNEXE A-1

**MILIEU MARIN**

---



Votre # du projet: 151-05819-00  
No. de site: fjord du Saguenay  
Votre # Bordereau: 128674-01-01

**Attention: Julie Malouin**

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
BAIE - COMEAU  
1890, Avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau, QC  
CANADA G4Z 0A8

**Date du rapport: 2015/11/05**  
# Rapport: R2070317  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B564987**

**Reçu: 2015/10/23, 10:00**

Matrice: SÉDIMENT  
Nombre d'échantillons reçus: 4

Analyses	Quantité	Date de l'	Date	Méthode de laboratoire	Référence Primaire
		extraction	Analysé		
Métaux extractibles totaux*	4	2015/10/29	2015/10/29	QUE SOP-00132	MA 200-Met 1.2 R5 m
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (1)*	4	2015/10/28	2015/10/29	STL SOP-00120	MA400-HAP 1.1 R4 m
BPC Totaux (1)*	4	2015/11/02	2015/11/03	STL SOP-00133	MA400-BPC 1.0 R5 m
Granulométrie et sédimentométrie (2)	4	N/A	N/A		
Carbone organique total par titrage*	4	2015/10/29	2015/10/29	QUE SOP-00153	MA. 405 – C 1.1 r1 m

Lorsque la méthode de référence comprend le suffixe « m », cela signifie que les méthodes d'analyse contiennent les modifications validées provenant des méthodes de référence précises appliquées pour améliorer la performance.

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

- (1) Cette analyse a été effectuée par Maxxam -Ville St. Laurent  
(2) Cette analyse a été effectuée par Maxxam Analytics - Bedford

\* Maxxam détient l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDELCC.

clé de cryptage

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets  
Martine Bergeron, Chargée de projets  
Courriel: MBERGERON@maxxam.ca  
Téléphone (514)448-9001 Ext:6445

=====  
Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les « signataires » requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### HAP PAR GCMS (SÉDIMENT)

ID Maxxam		BO2107	BO2148	BO2149	BO2150		
Date d'échantillonnage		2015/10/22 16:30	2015/10/22 17:30	2015/10/22 17:45	2015/10/22 18:40		
# Bordereau		128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01		
	Unités	SB1	SB3	SB3-D	SB4	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	50	46	45	48	N/A	N/A
<b>HAP</b>							
Naphtalène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Acénaphtylène	mg/kg	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	1527807
Acénaphthène	mg/kg	0.012	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	1527807
Fluorène	mg/kg	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Phénanthrène	mg/kg	0.23	0.01	0.01	0.01	0.01	1527807
Anthracène	mg/kg	0.07	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Fluoranthène	mg/kg	0.34	0.06	0.04	0.04	0.01	1527807
Pyrène	mg/kg	0.24	0.04	0.03	0.03	0.01	1527807
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.12	0.03	0.02	0.02	0.01	1527807
Chrysène	mg/kg	0.14	0.06	0.04	0.04	0.01	1527807
Benzo(b+j+k)fluoranthène	mg/kg	0.25	0.10	0.08	0.08	0.01	1527807
Benzo(e)pyrène	mg/kg	0.11	0.05	0.04	0.04	0.01	1527807
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.09	0.03	0.02	0.02	0.01	1527807
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	0.07	0.02	0.02	0.02	0.01	1527807
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg	0.013	0.005	0.003	0.003	0.003	1527807
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	0.07	0.03	0.02	0.02	0.01	1527807
2-Méthylnaphtalène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
1-Méthylnaphtalène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Benzo(c)phénanthrène	mg/kg	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
3-Méthylcholanthrène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
7,12-Diméthylbenzanthracène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Dibenzo(a,i)pyrène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Dibenzo(a,l)pyrène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
Dibenzo(a,h)pyrène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
1,3-Diméthylnaphtalène	mg/kg	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
2,3,5-Triméthylnaphtalène	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1527807
<b>Récupération des Surrogates (%)</b>							
D10-Anthracène	%	96	94	99	94	N/A	1527807
D12-Benzo(a)pyrène	%	89	92	93	90	N/A	1527807
D14-Terphenyl	%	92	94	95	92	N/A	1527807
D8-Acenaphthylene	%	95	96	98	96	N/A	1527807
D8-Naphtalène	%	83	82	85	86	N/A	1527807
LDR = Limite de détection rapportée							
Lot CQ = Lot contrôle qualité							
N/A = Non Applicable							

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SÉDIMENT)

ID Maxxam		BO2107	BO2148	BO2149	BO2150		
Date d'échantillonnage		2015/10/22 16:30	2015/10/22 17:30	2015/10/22 17:45	2015/10/22 18:40		
# Bordereau		128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01		
	Unités	SB1	SB3	SB3-D	SB4	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	50	46	45	48	N/A	N/A
<b>MÉTAUX</b>							
Aluminium (Al)	mg/kg	16000	16000	15000	16000	1000	1528303
Antimoine (Sb)	mg/kg	<2	<2	<2	<2	2	1528303
Argent (Ag)	mg/kg	<2	<2	<2	<2	2	1528303
Arsenic (As)	mg/kg	9	7	8	8	2	1528303
Baryum (Ba)	mg/kg	94	94	100	97	5	1528303
Béryllium (Be)	mg/kg	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	1528303
Bore (B)	mg/kg	37	34	34	32	5	1528303
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	1528303
Calcium (Ca)	mg/kg	9000	9300	10000	9300	30	1528303
Chrome (Cr)	mg/kg	40	38	42	42	2	1528303
Cuivre (Cu)	mg/kg	17	17	18	19	1	1528303
Cobalt (Co)	mg/kg	10	10	12	11	2	1528303
Etain (Sn)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	5	1528303
Fer (Fe)	mg/kg	26000	22000	23000	26000	500	1528303
Magnésium (Mg)	mg/kg	9000	8900	9400	9600	10	1528303
Manganèse (Mn)	mg/kg	370	310	400	320	2	1528303
Molybdène (Mo)	mg/kg	<2	<2	<2	3	2	1528303
Nickel (Ni)	mg/kg	24	24	26	26	1	1528303
Mercure (Hg)	mg/kg	0.08	0.08	0.06	0.07	0.05	1528303
Potassium (K)	mg/kg	5100	5000	5600	5400	50	1528303
Plomb (Pb)	mg/kg	10	10	10	10	5	1528303
Sélénium (Se)	mg/kg	<10	<10	<10	<10	10	1528303
Sodium (Na)	mg/kg	9500	8800	9100	9800	10	1528303
Titane (Ti)	mg/kg	1300	1200	1200	1300	300	1528303
Uranium (U)	mg/kg	<5	<5	<5	<5	5	1528303
Vanadium (V)	mg/kg	63	59	67	65	5	1528303
Zinc (Zn)	mg/kg	67	65	70	70	5	1528303
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable							

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

**PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (SÉDIMENT)**

ID Maxxam		BO2107	BO2148	BO2149	BO2150		
Date d'échantillonnage		2015/10/22 16:30	2015/10/22 17:30	2015/10/22 17:45	2015/10/22 18:40		
# Bordereau		128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01		
	Unités	SB1	SB3	SB3-D	SB4	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	50	46	45	48	N/A	N/A
<b>CONVENTIONNELS</b>							
Carbone organique total (titrage)	% g/g	2.4	2.0	1.7	1.9	0.05	1528348
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable							

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

**BPC CONGÉNÈRES (SÉDIMENT)**

ID Maxxam		BO2107	BO2148	BO2149	BO2150		
Date d'échantillonnage		2015/10/22 16:30	2015/10/22 17:30	2015/10/22 17:45	2015/10/22 18:40		
# Bordereau		128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01		
	Unités	SB1	SB3	SB3-D	SB4	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	50	46	45	48	N/A	N/A
<b>BPC</b>							
CL3-IUPAC-17+18	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL3-IUPAC-28+31	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL3-IUPAC-33	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL4-IUPAC-52	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL4-IUPAC-49	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL4-IUPAC-44	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL4-IUPAC-74	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL4-IUPAC-70	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-95	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-101	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-99	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-87	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-110	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-82	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-151	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-149	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-118	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-153	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-132	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL5-IUPAC-105	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-138+158	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-187	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-183	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-128	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-177	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-171	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-156	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-180	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-191	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL6-IUPAC-169	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL7-IUPAC-170	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL8-IUPAC-199	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL9-IUPAC-208	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
LDR = Limite de détection rapportée							
Lot CQ = Lot contrôle qualité							
N/A = Non Applicable							

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### BPC CONGÉNÈRES (SÉDIMENT)

ID Maxxam		BO2107	BO2148	BO2149	BO2150		
Date d'échantillonnage		2015/10/22 16:30	2015/10/22 17:30	2015/10/22 17:45	2015/10/22 18:40		
# Bordereau		128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01	128674-01-01		
	Unités	SB1	SB3	SB3-D	SB4	LDR	Lot CQ
CL8-IUPAC-195	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL8-IUPAC-194	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL8-IUPAC-205	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL9-IUPAC-206	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
CL10-IUPAC-209	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Trichlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Tétrachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Pentachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Hexachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Heptachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Octachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Nonachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
Décachlorobiphényles totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
BPC Totaux	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	1529856
<b>Récupération des Surrogates (%)</b>							
2,3,3',4,6-Pentachlorobiphényle	%	101	102	97	94	N/A	1529856
2',3,5-Trichlorobiphényle	%	99	99	94	92	N/A	1529856
22'33'44'566'-Nonachlorobiphényle	%	107	106	103	98	N/A	1529856
LDR = Limite de détection rapportée							
Lot CQ = Lot contrôle qualité							
N/A = Non Applicable							

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

## REMARQUES GÉNÉRALES

Tous les résultats sont calculés sur une base sèche excepté lorsque non-applicable.

État des échantillons à l'arrivée: BON

### HAP PAR GCMS (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité (blanc fortifié et blanc de méthode), ni pour les surrogates.

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

### BPC CONGÉNÈRES (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité (blanc fortifié), ni pour le blanc. Les résultats des échantillons ont été corrigés pour le pourcentage de récupération des surrogates.

Les résultats bruts non-arrondis sont utilisés dans le calcul des "BPC" totaux. Ce résultat total est alors arrondi à deux chiffres significatifs.

**Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse**

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
1527807	AP5	Blanc fortifié	D10-Anthracène	2015/10/28	97	%		
			D12-Benzo(a)pyrène	2015/10/28	102	%		
			D14-Terphenyl	2015/10/28	95	%		
			D8-Acenaphthylene	2015/10/28	100	%		
			D8-Naphtalène	2015/10/28	91	%		
			Naphtalène	2015/10/28	98	%		
			Acénaphthylène	2015/10/28	100	%		
			Acénaphène	2015/10/28	101	%		
			Fluorène	2015/10/28	96	%		
			Phénanthrène	2015/10/28	101	%		
			Anthracène	2015/10/28	102	%		
			Fluoranthène	2015/10/28	100	%		
			Pyrène	2015/10/28	103	%		
			Benzo(a)anthracène	2015/10/28	103	%		
			Chrysène	2015/10/28	106	%		
			Benzo(b+j+k)fluoranthène	2015/10/28	107	%		
			Benzo(e)pyrène	2015/10/28	109	%		
			Benzo(a)pyrène	2015/10/28	106	%		
			Indéno(1,2,3-cd)pyrène	2015/10/28	101	%		
			Dibenz(a,h)anthracène	2015/10/28	104	%		
			Benzo(ghi)pérylène	2015/10/28	106	%		
			2-Méthylnaphtalène	2015/10/28	97	%		
			1-Méthylnaphtalène	2015/10/28	88	%		
			Benzo(c)phénanthrène	2015/10/28	102	%		
			3-Méthylcholanthrène	2015/10/28	100	%		
			7,12-Diméthylbenzanthracène	2015/10/28	84	%		
			Dibenzo(a,i)pyrène	2015/10/28	89	%		
			Dibenzo(a,l)pyrène	2015/10/28	92	%		
			Dibenzo(a,h)pyrène	2015/10/28	96	%		
			1,3-Diméthylnaphtalène	2015/10/28	97	%		
2,3,5-Triméthylnaphtalène	2015/10/28	89	%					
1527807	AP5	Blanc de méthode	D10-Anthracène	2015/10/29	88	%		
			D12-Benzo(a)pyrène	2015/10/29	96	%		
			D14-Terphenyl	2015/10/29	97	%		
			D8-Acenaphthylene	2015/10/29	99	%		
			D8-Naphtalène	2015/10/29	91	%		
			Naphtalène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Acénaphthylène	2015/10/29	<0.003		mg/kg	
			Acénaphène	2015/10/29	<0.003		mg/kg	
			Fluorène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Phénanthrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Anthracène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Fluoranthène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Benzo(a)anthracène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Chrysène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Benzo(b+j+k)fluoranthène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Benzo(e)pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Benzo(a)pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Indéno(1,2,3-cd)pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg	
			Dibenz(a,h)anthracène	2015/10/29	<0.003		mg/kg	
Benzo(ghi)pérylène	2015/10/29	<0.01		mg/kg				
2-Méthylnaphtalène	2015/10/29	<0.01		mg/kg				

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités			
1528303	JB3	MRC		1-Méthylnaphtalène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				Benzo(c)phénanthrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				3-Méthylcholanthrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				7,12-Diméthylbenzanthracène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				Dibenzo(a,i)pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				Dibenzo(a,l)pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				Dibenzo(a,h)pyrène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				1,3-Diméthylnaphtalène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				2,3,5-Triméthylnaphtalène	2015/10/29	<0.01		mg/kg			
				Aluminium (Al)	2015/10/29		94	%			
				Antimoine (Sb)	2015/10/29		99	%			
				Argent (Ag)	2015/10/29		110	%			
				Arsenic (As)	2015/10/29		106	%			
				Baryum (Ba)	2015/10/29		109	%			
				Béryllium (Be)	2015/10/29		102	%			
				Bore (B)	2015/10/29		113	%			
				Cadmium (Cd)	2015/10/29		105	%			
			1528303	JB3	Blanc fortifié		Calcium (Ca)	2015/10/29		109	%
							Chrome (Cr)	2015/10/29		116	%
	Cuivre (Cu)	2015/10/29					104	%			
	Cobalt (Co)	2015/10/29					107	%			
	Etain (Sn)	2015/10/29					99	%			
	Fer (Fe)	2015/10/29					105	%			
	Magnésium (Mg)	2015/10/29					101	%			
	Manganèse (Mn)	2015/10/29					113	%			
	Molybdène (Mo)	2015/10/29					114	%			
	Nickel (Ni)	2015/10/29					110	%			
	Mercure (Hg)	2015/10/29					95	%			
	Potassium (K)	2015/10/29					110	%			
	Plomb (Pb)	2015/10/29					115	%			
	Sélénium (Se)	2015/10/29					95	%			
	Sodium (Na)	2015/10/29					101	%			
	Titane (Ti)	2015/10/29					106	%			
	Vanadium (V)	2015/10/29					114	%			
	Zinc (Zn)	2015/10/29					108	%			
	Aluminium (Al)	2015/10/29					101	%			
	Antimoine (Sb)	2015/10/29					100	%			
	Argent (Ag)	2015/10/29					107	%			
	Arsenic (As)	2015/10/29					103	%			
	Baryum (Ba)	2015/10/29					99	%			
	Béryllium (Be)	2015/10/29					104	%			
	Bore (B)	2015/10/29					98	%			
	Cadmium (Cd)	2015/10/29					99	%			
	Calcium (Ca)	2015/10/29					103	%			
	Chrome (Cr)	2015/10/29					100	%			
	Cuivre (Cu)	2015/10/29					102	%			
	Cobalt (Co)	2015/10/29					98	%			
	Etain (Sn)	2015/10/29					94	%			
	Fer (Fe)	2015/10/29		99	%						
	Magnésium (Mg)	2015/10/29		100	%						
	Manganèse (Mn)	2015/10/29		105	%						
	Molybdène (Mo)	2015/10/29		98	%						
	Nickel (Ni)	2015/10/29		101	%						

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
				Mercuré (Hg)	2015/10/29		100	%
				Potassium (K)	2015/10/29		105	%
				Plomb (Pb)	2015/10/29		101	%
				Sélénium (Se)	2015/10/29		103	%
				Sodium (Na)	2015/10/29		96	%
				Titane (Ti)	2015/10/29		106	%
				Uranium (U)	2015/10/29		102	%
				Vanadium (V)	2015/10/29		96	%
				Zinc (Zn)	2015/10/29		103	%
1528303		JB3	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2015/10/29	<20		mg/kg
				Antimoine (Sb)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Argent (Ag)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Arsenic (As)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Baryum (Ba)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Béryllium (Be)	2015/10/29	<0.5		mg/kg
				Bore (B)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Cadmium (Cd)	2015/10/29	<0.2		mg/kg
				Calcium (Ca)	2015/10/29	52,		mg/kg
						LDR=30		
				Chrome (Cr)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Cuivre (Cu)	2015/10/29	<1		mg/kg
				Cobalt (Co)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Etain (Sn)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Fer (Fe)	2015/10/29	<10		mg/kg
				Magnésium (Mg)	2015/10/29	<10		mg/kg
				Manganèse (Mn)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Molybdène (Mo)	2015/10/29	<2		mg/kg
				Nickel (Ni)	2015/10/29	<1		mg/kg
				Mercuré (Hg)	2015/10/29	<0.05		mg/kg
				Potassium (K)	2015/10/29	<50		mg/kg
				Plomb (Pb)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Sélénium (Se)	2015/10/29	<10		mg/kg
				Sodium (Na)	2015/10/29	<10		mg/kg
				Titane (Ti)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Uranium (U)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Vanadium (V)	2015/10/29	<5		mg/kg
				Zinc (Zn)	2015/10/29	<5		mg/kg
1528348		MCC	MRC	Carbone organique total (titrage)	2015/10/29		100	%
1529856		CB5	Blanc fortifié	2,3,3',4,6-Pentachlorobiphényle	2015/11/03		91	%
				2',3,5-Trichlorobiphényle	2015/11/03		90	%
				22'33'44'566'-Nonachlorobiphényle	2015/11/03		102	%
				BPC Totaux	2015/11/03		100	%
1529856		CB5	Blanc fortifié DUP	2,3,3',4,6-Pentachlorobiphényle	2015/11/03		88	%
				2',3,5-Trichlorobiphényle	2015/11/03		87	%
				22'33'44'566'-Nonachlorobiphényle	2015/11/03		101	%
				BPC Totaux	2015/11/03		98	%
1529856		CB5	Blanc de méthode	2,3,3',4,6-Pentachlorobiphényle	2015/11/03		92	%
				2',3,5-Trichlorobiphényle	2015/11/03		90	%
				22'33'44'566'-Nonachlorobiphényle	2015/11/03		107	%
				CL3-IUPAC-17+18	2015/11/03	<0.01		mg/kg
				CL3-IUPAC-28+31	2015/11/03	<0.01		mg/kg
				CL3-IUPAC-33	2015/11/03	<0.01		mg/kg
				CL4-IUPAC-52	2015/11/03	<0.01		mg/kg

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
			CL4-IUPAC-49	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL4-IUPAC-44	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL4-IUPAC-74	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL4-IUPAC-70	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-95	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-101	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-99	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-87	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-110	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-82	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-151	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-149	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-118	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-153	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-132	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL5-IUPAC-105	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-138+158	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-187	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-183	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-128	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-177	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-171	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-156	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-180	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-191	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL6-IUPAC-169	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL7-IUPAC-170	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL8-IUPAC-199	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL9-IUPAC-208	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL8-IUPAC-195	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL8-IUPAC-194	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL8-IUPAC-205	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL9-IUPAC-206	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			CL10-IUPAC-209	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Trichlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Tétrachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Pentachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Hexachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Heptachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Octachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Nonachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg
			Décachlorobiphényles totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
			BPC Totaux	2015/11/03	<0.01		mg/kg

LDR = Limite de détection rapportée

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Surrogate: Composé se comportant de façon similaire aux composés analysés et ajouté à l'échantillon avant l'analyse. Sert à évaluer la qualité de l'extraction.

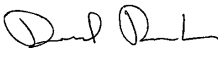

Réc = Récupération

Dossier Maxxam: B564987  
Date du rapport: 2015/11/05

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

David Provencher, B.Sc., Chimiste, Québec


Phuc Khanh Tuong, B.Sc., Chimiste


Tien Nguyen Thi, B.Sc., Chimiste

---

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



Maxxam Analytics International Corporation o/a Maxxam Analytics  
 889, Montée de Liosse, Saint-Laurent, Québec Canada H4T 1P5 Tel:(514) 448-9001 Toll-Free:800-563-8266 Fax:(514) 448-9199 www.maxxam.ca

Bordereau de Transmission d'Échantillons

Page of

ADRESSE DE FACTURATION:		Information Rapport		Information Projet		À l'usage du laboratoire seulement	
Compagnie	#4835 WSP Canada Inc.	Compagnie	#4047 WSP CANADA Inc-Bale-Comeau	N° de cotation		# dossier Maxxam	# Commande:
Attention de	COMPTE PAYABLE	Attention de	Julie Malouin	N° de commande			129874
Adresse	5355, boulevard des Gradins Québec QC G2J 1C6	Adresse	1890, Avenue Charles-Normand Bale-Comeau QC G4Z 0A8	N° de projet	151-05819-00	Bordereau de Transmission d'Échantillons	Chargé(e) de Projets
Téléphone	(418) 623-2254	Téléphone	(418) 589-8911 x1263	Nom du projet	fjord du Saguenay		
Courriel	payables-canada@wspgroup.com	Courriel	Julie.Malouin@wspgroup.com	# de site			
				Échantillonneur			Marlene Bergeron

Critères et Réglements <input type="checkbox"/> Pollution <input type="checkbox"/> RDS <input type="checkbox"/> RMD <input type="checkbox"/> REIMR Autre (spécifier)	Essai de pompe <input type="checkbox"/> 24h (Art. 6.146.2) <input type="checkbox"/> 48h (Art. 8.2) <input type="checkbox"/> 72h (Art. 8.145.2) <input type="checkbox"/> Rép. Pâtes & Papiers (Art.134) <input type="checkbox"/> Rép. Pâtes & Papiers (Art.112)	Rég. CLM <input type="checkbox"/> Égout sanitaire Art.30 <input type="checkbox"/> Égout pluvial Art.11 <input type="checkbox"/> Qualité Eau Potable <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Non-municipality	Instructions spéciales Eau possible réglementée ? (O/N) Métaux & filtrer au labo ? (O/N)	Analyses demandées Carbone organique total Al, Sb, Ag, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Sn Métaux extractibles totaux HAP BPC Totaux Granulométrie et sédimentométrie Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Se, Na, Ti, U, V, Zn Mercure	Délais requis S.V.P. notifier à l'avance en cas de projet urgent: Délai Régulier (Sera applicable si le délai de l'urgence n'est pas précisé) <input checked="" type="checkbox"/> Délai Régulier = 5 Jours ouvrables pour la plupart des analyses. S.V.P. Veuillez noter que le délai pour certaines analyses telles que le DBO5 et les Dioxydes-Furannes est > 5 jours - Contactez votre chargé de projets pour les détails. Délai rapide (SI applicable à tous les échantillons) Délai Rapide: _____ Heure Requise: _____ <input type="checkbox"/> Veuillez noter que tout échantillon reçu après 16h00, sera considéré comme reçu le lendemain (jour ouvrable) à 09h00.
---	---	---	--	---	--

Remarque: Pour les échantillons d'eau potable soumis à la réglementation - S.V.P. utiliser le formulaire client rattaché à l'eau potable  
 Conserver les échantillons en milieu froid (< 10°C) de l'échantillonnage à la livraison chez Maxxam

Étiquette codée de l'échantillon	Identification de l'échantillon	Date d'échantillon	Heure	Métro	Eau possible réglementée ? (O/N)	Métaux & filtrer au labo ? (O/N)	Carbone organique total	Al, Sb, Ag, As, Ba, Be, B, Cd, Ca, Cr, Co, Cu, Sn	Métaux extractibles totaux	HAP	BPC Totaux	Granulométrie et sédimentométrie	Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, K, Se, Na, Ti, U, V, Zn	Mercury	# of Boîtes	Commentaires
1	SB1	22oct	16h30	SED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	+ 1 ziploc
2	SB3	22oct	17h30	SED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	+ 1 ziploc	
3	<i>duplicata de SB3</i> SB3-D	22oct	17h45	SED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	+ 1 ziploc	
4	SB4	22oct	18h40	SED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	3	+ 1 ziploc	
6																
7																
8																
9																
10																

DÉSSAIGI PAR: (Signature) <i>Dennis Goss</i>	Date: (AAAA/MM/JJ) 2015/10/23	Heure 10h10	REÇU PAR: (Signature) <i>Martine Lejeune</i>	Date: (AAAA/MM/JJ) 23-10-2015	Heure 10:10	Conténants utilisés et non soumis <input type="checkbox"/>	Retourné au laboratoire Courriel de Conservation <input type="checkbox"/>	Température (°C) de Réception 7 = 7 = 7 = 7	Scellé légal intact sur la glacière <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
---	----------------------------------	----------------	---	----------------------------------	----------------	---	---	--	--

\* IL EST DE LA RESPONSABILITÉ DE LA PERSONNE RAPPORTANT L'ÉCHANTILLON DE S'ASSURER DE L'EXACTITUDE DU BORDEREAU DE TRANSMISSION. UN MANQUEMENT À CETTE PROCÉDURE PEUT SE TRADUIRE PAR UN RETARD DANS LE DÉLAI ANALYTIQUE.

ANNEXE A-2

**MILIEU TERRESTRE**

---



Votre # de commande: 371567  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # Bordereau: E-906441

**Attention: François Richard**

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
1738, Ouiatchouan  
C.P. 239  
Mashteuiatsh, QC  
CANADA G0W 2H0

**Date du rapport: 2015/07/29**  
# Rapport: R2029701  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B540975**

Reçu: 2015/07/22, 10:24

Matrice: SÉDIMENT  
Nombre d'échantillons reçus: 5

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Référence Primaire
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)*	5	2015/07/27	2015/07/27	STL SOP-00172	MA.400-HYD. 1.1 R1 m
Métaux extractibles totaux*	5	2015/07/28	2015/07/29	STL SOP-00006	MA200-Mét 1.2 R5 m
Huiles et graisses totales***	5	2015/07/27	2015/07/28	STL SOP-00174	MA400-HGT 1.1 R1 m
Soufre*	5	N/A	2015/07/28	STL SOP-00028	MA310-CS 1.0 R3 m
Carbone organique total (1)**	5	2015/07/28	2015/07/29	STL SOP-00068	MA310-CS 1.0 R3 m

Matrice: EAU DE SURFACE  
Nombre d'échantillons reçus: 5

Analyses	Quantité	Date de l' extraction	Date Analysé	Méthode de laboratoire	Référence Primaire
Alcalinité totale (pH final 4.5)***	5	N/A	2015/07/23	STL SOP-00038	SM 22 2320-B m
Anions*	5	N/A	2015/07/23	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
Demande biochimique en oxygène (5 jours)*	5	2015/07/23	2015/07/28	STL SOP-00008	MA315-DBO 1.1 R3 m
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)*	3	2015/07/23	2015/07/24	STL SOP-00173	MA400-HYD 1.1 R1 m
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)*	2	2015/07/23	2015/07/25	STL SOP-00173	MA400-HYD 1.1 R1 m
Cyanures totaux*	5	2015/07/24	2015/07/27	STL SOP-00035	MA300-CN 1.2 R3 m
Demande chimique en oxygène*	4	2015/07/27	2015/07/27	STL SOP-00009	MA315-DCO 1.1 R3 m
Demande chimique en oxygène*	1	2015/07/28	2015/07/28	STL SOP-00009	MA315-DCO 1.1 R3 m
Carbone Organique Dissous (3)***	5	2015/07/23	2015/07/23	STL SOP-00243	SM 21 5310-B m
Fluorures*	5	N/A	2015/07/23	STL SOP-00038	SM 22 4500-F m
Matières en suspension*	5	2015/07/27	2015/07/27	STL SOP-00015	MA104 - S.S. 2.0 m
Métaux extractibles totaux(basse limite)*	5	2015/07/24	2015/07/24	STL SOP-00006	MA200-Mét 1.2 R5 m
Azote ammoniacal*	5	N/A	2015/07/24	STL SOP-00040	MA300-N 2.0 R2 m
Nitrate et/ou Nitrite*	5	N/A	2015/07/23	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
Azote organique (mg/L)	5	N/A	2015/07/28		
pH (2)*	5	N/A	2015/07/22	QUE SOP-00142	MA.303-TitrAuto 2.1m
Sulfures (exprimés en S2-) (2)*	5	2015/07/24	2015/07/24	QUE SOP-00107	SM 21 4500-S2- D m
Solides totaux dissous*	5	2015/07/27	2015/07/27	STL SOP-00050	MA115-S.D. 1.0 R4 m
Azote total KJELDAHL (TKN)*	5	2015/07/27	2015/07/28	STL SOP-00043	MA300-NTPT 2.0 R1 m

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

**HYDROCARBURES PAR GCFID (SÉDIMENT)**

ID Maxxam					BC9462	BC9475	BC9476	BC9477	BC9478		
Date d'échantillonnage					2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		
# Bordereau					E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		
	UNITÉS	A	B	C	AVC-01	LN-02	AME-03	AME-04	RT-05	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	-	-	-	20	21	26	14	17	N/A	N/A
<b>HYDROCARBURES PÉTROLIERS</b>											
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500	230	<100	<100	<100	<100	100	1485516
<b>Récupération des Surrogates (%)</b>											
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-	88	87	86	85	87	N/A	1485516
LDR = Limite de détection rapportée											
Lot CQ = Lot contrôle qualité											
N/A = Non Applicable											

ID Maxxam						BC9478		
Date d'échantillonnage						2015/07/21		
# Bordereau						E-906441		
	UNITÉS	A	B	C		RT-05 Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	-	-	-		17	N/A	N/A
<b>HYDROCARBURES PÉTROLIERS</b>								
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	mg/kg	300	700	3500		<100	100	1485516
<b>Récupération des Surrogates (%)</b>								
1-Chlorooctadécane	%	-	-	-		87	N/A	1485516
LDR = Limite de détection rapportée								
Lot CQ = Lot contrôle qualité								
N/A = Non Applicable								

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SÉDIMENT)

ID Maxxam					BC9462	BC9475	BC9476	BC9477	BC9478		
Date d'échantillonnage					2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		
# Bordereau					E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		
	UNITÉS	A	B	C	AVC-01	LN-02	AME-03	AME-04	RT-05	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	-	-	-	20	21	26	14	17	N/A	N/A
<b>MÉTAUX</b>											
Aluminium (Al)	mg/kg	-	-	-	3800	3300	4100	3200	4200	20	1486095
Arsenic (As)	mg/kg	6	30	50	<2	<2	<2	<2	<2	2	1486095
Béryllium (Be)	mg/kg	-	-	-	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	1486095
Cadmium (Cd)	mg/kg	1.5	5	20	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.2	1486095
Calcium (Ca)	mg/kg	-	-	-	2400	1800	2500	1800	2000	30	1486095
Chrome (Cr)	mg/kg	85	250	800	5	3	9	5	20	2	1486095
Cuivre (Cu)	mg/kg	40	100	500	2	1	4	4	4	1	1486095
Cobalt (Co)	mg/kg	15	50	300	3	4	3	<2	3	2	1486095
Fer (Fe)	mg/kg	-	-	-	6500	5900	8200	5200	8900	10	1486095
Magnésium (Mg)	mg/kg	-	-	-	1600	920	1800	1100	1300	10	1486095
Manganèse (Mn)	mg/kg	770	1000	2200	160	330	160	92	130	2	1486095
Molybdène (Mo)	mg/kg	2	10	40	<2	<2	<2	<2	<2	2	1486095
Nickel (Ni)	mg/kg	50	100	500	7	3	7	5	7	1	1486095
Mercure (Hg)	mg/kg	0.2	2	10	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.05	1486095
Plomb (Pb)	mg/kg	50	500	1000	<5	5	<5	<5	<5	5	1486095
Sodium (Na)	mg/kg	-	-	-	220	66	210	170	170	10	1486095
Zinc (Zn)	mg/kg	110	500	1500	34	32	33	21	25	5	1486095
LDR = Limite de détection rapportée											
Lot CQ = Lot contrôle qualité											
N/A = Non Applicable											

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

**PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (SÉDIMENT)**

ID Maxxam					BC9462	BC9475	BC9476	BC9477	BC9477	BC9478		
Date d'échantillonnage					2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		
# Bordereau					E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		
	UNITÉS	A	B	C	AVC-01	LN-02	AME-03	AME-04	AME-04 Dup. de Lab.	RT-05	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	-	-	-	20	21	26	14	14	17	N/A	N/A
<b>CONVENTIONNELS</b>												
Carbone organique total	% g/g	-	-	-	<0.5	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.5	1486442
Soufre (S)	% g/g	<b>0.04</b>	0.1	<b>0.2</b>	<0.01	0.02	0.01	<0.01	N/A	<0.01	0.01	1486011
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable												

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

**HYDROCARBURES LOURDS (SÉDIMENT)**

ID Maxxam		BC9462	BC9475	BC9476	BC9477	BC9478		
Date d'échantillonnage		2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		
# Bordereau		E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		
	UNITÉS	AVC-01	LN-02	AME-03	AME-04	RT-05	LDR	Lot CQ
% HUMIDITÉ	%	20	21	26	14	17	N/A	N/A
<b>HUILES ET GRAISSES</b>								
Huiles et graisses totales	mg/kg	630	450	330	310	450	100	1485672
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable								

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:




Anne-Marie Giroux, Analyste I


Dochka Koleva Hristova, B.Sc., Chimiste


Jonathan Fauvel, B.Sc, Chimiste

Karyn Vaucher


Miryam Assayag, B.Sc. Chimiste


Madina Hamrouni, B.Sc., Chimiste


Nouredine Chafiaai, B.Sc., Chimiste

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

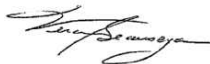

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION (SUITE)

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:


Tien Nguyen Thi, B.Sc., Chimiste

Veronic Beausejour, B.Sc., Chimiste, Superviseur

---

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



# Annexe B

RAPPORT SUR LES COURANTS DU CNRC



## Numerical Simulation of Currents in the Saguenay Fjord

Interim Report #3 - March 25, 2016

Prepared for: Saguenay Port Authority

Prepared by: NRC-OCRE

### Introduction

This interim report provides a concise description of the set-up and calibration of the three-dimensional numerical model developed to simulate flows and water levels in the Saguenay Fjord. Numerical results from simulations of several different scenarios are also presented and discussed. The study focuses on the hydrodynamics at Grande Anse (GA), Port Alfred (PA), and at two other sites being considered by Énergie Saguenay (ES) and Arianne Phosphate (AP) for future port facilities and marine operations.

The Saguenay Fjord is approximately 110 km long and stretches between the communities of Chicoutimi, located 60 km below Lac Saint-Jean where the fjord transitions to the Saguenay River, and Tadoussac, where the fjord meets the St Lawrence River Estuary (see Figure 1). The fjord varies in width from approximately 1.5 to 4 km, while the depth varies from ~15m near Tadoussac to over 275 m near Cap Trinité. The fjord is notable for its complex and strongly-stratified flows, with denser seawater at lower depths below less-dense freshwater near the surface. The sketch shown in Figure 2 depicts the more buoyant freshwater moving downstream near the surface over the denser seawater at lower depths. Over 90% of the water volume in the fjord is estimated to be salt water.

The tides are semi-diurnal (twice daily) and the spring tide range near the project sites (near Saint-Fulgence) is on the order of 6 m. The annual average inflow of freshwater is ~1,300 m<sup>3</sup>/s, and peak inflow during the spring freshet can exceed 5,000 m<sup>3</sup>/s. During winter a solid ice cover forms over the upper part of the fjord, including near Saint-Fulgence. During winter, commercial ships accessing port facilities in Chicoutimi, Port Alfred, and other locations further upstream are escorted by ice breaking vessels operated by the Canadian Coast Guard. In most years, the ice cover weakens, breaks up, and is swept downstream during mid-March. Ice breaking vessels are normally deployed during March to initiate and assist with the ice clearing operations. Further details on the hydrographic and oceanographic conditions are provided in Bourgault et al. (2011), de Vernal et al. (2011), and Urgeles et al. (2002).

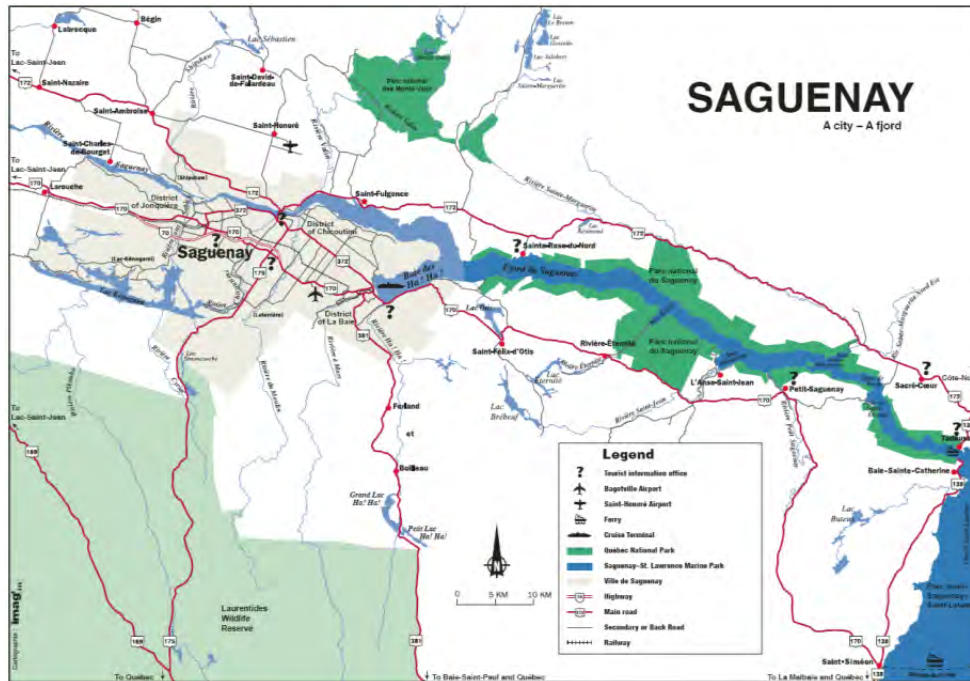


Figure 1. Saguenay fjord regional map.

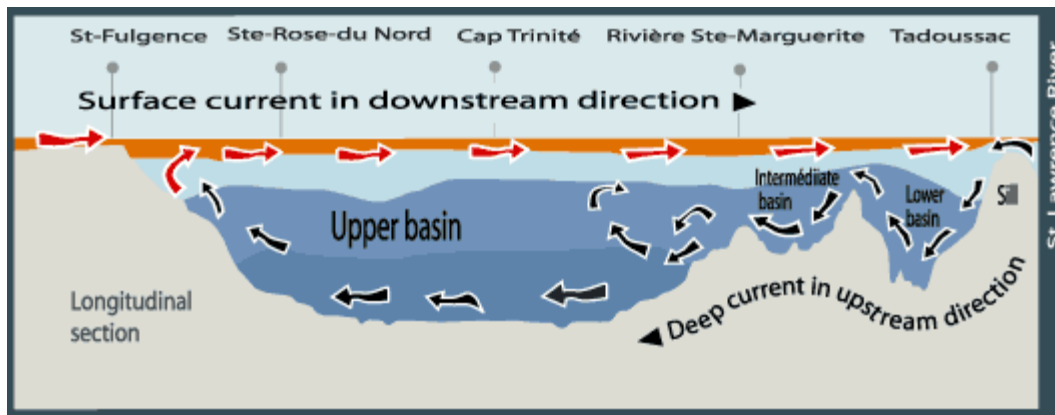


Figure 2. General flow circulation in the Saguenay Fjord (<http://www.virtualmuseum.ca>)

The Saguenay Port Authority currently operates the Grande-Anse Marine Terminal (see Figure 3). Originally built as a forestry-product terminal, in more recent years it has handled tonnage consisting of wood pulp, paper, de-icing salt, caustic soda, liquid tar, and general cargo. Its isolation from the urban area makes it a popular site for the location of major industries.

Énergie Saguenay is developing a new natural gas liquefaction, storage, and transshipment facility to export LNG from supply sources in North America. The new LNG export terminal will be built near the existing Grand-Anse Terminal on land leased from the Saguenay Port Authority (see Figure 4).

A new onshore mining operation being developed by Ariane Phosphate requires a third marine facility on the north-east shore, approximately 8km from the Grande-Anse wharf (see Figure 4). Figure 5 and

Figure 6 show preliminary design drawings for the new loading wharf, while the shoreline and topography in the area can be seen in Figure 7.



Figure 3. Grande-Anse Marine Terminal.

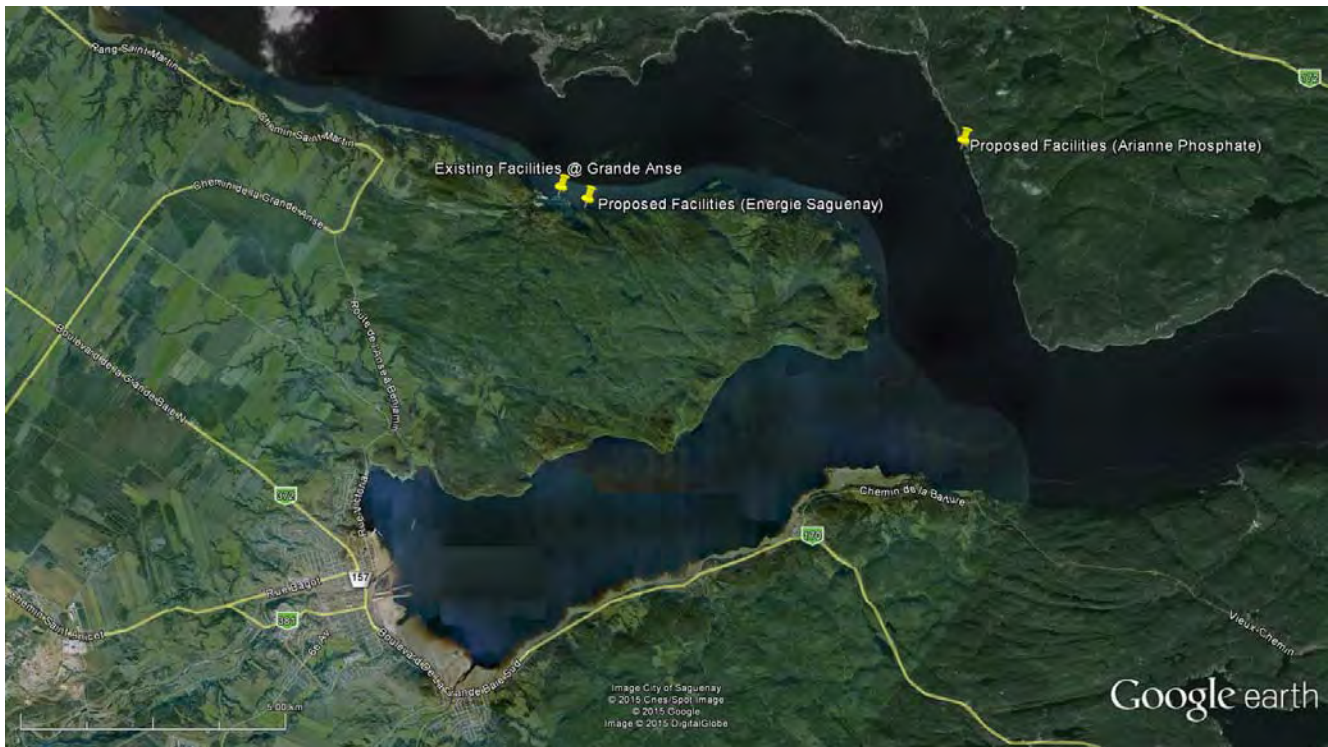


Figure 4. Study area and location of three sites.

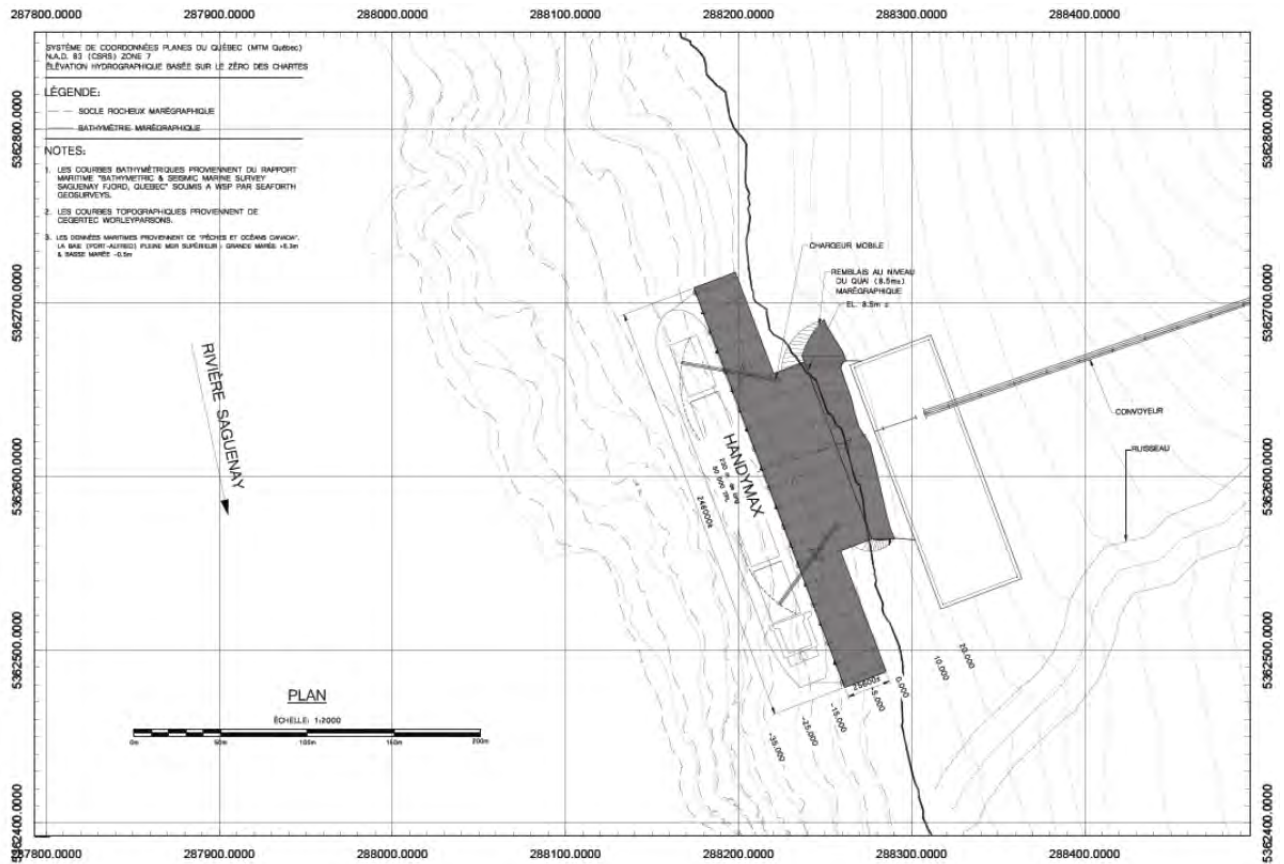


Figure 5. General layout of the proposed loading wharf (courtesy Portha).

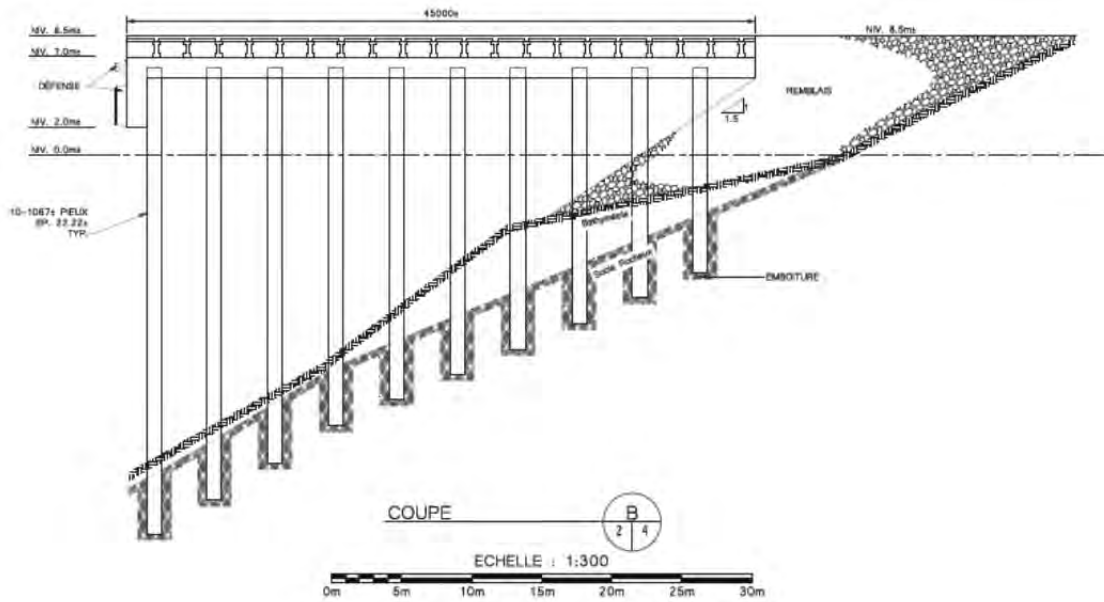


Figure 6. Proposed loading wharf, x-section B (courtesy Portha).



**Figure 7. Photos of the north-east shoreline in the study area (courtesy Portha).**

The Saguenay fjord is a complex and dynamic body of water where freshwater and seawater combine, mixed by the tides. The fjord is notable for its complex and strongly-stratified flows, with freshwater at the surface flowing over denser seawater at lower depths. Salinity profiles measured in the vicinity of the study sites indicate a well stratified water body, with freshwater (density  $\sim 1000 \text{ kg/m}^3$ ) over the upper 5-10 m, and seawater (density  $> 1025 \text{ kg/m}^3$ ) below 10-15 m depth. On ebb tides, when water levels are falling, both the freshwater at the surface and the seawater below tend to move downstream together. However, during flood tides, when water levels are rising, the denser seawater reverses and flows upstream while the freshwater in many areas may continue moving downstream. Low tides and high tides, which both occur twice daily, are transitional periods between these two conditions. The tongue of freshwater near the surface is most pronounced at the upstream end of the fjord, but tends to decay and dissipate with distance downstream as the freshwater mixes with the seawater below. The character of the near surface flows are also influenced by the size of the tide and the strength of the upstream freshwater inflow. For all of these reasons, the three-dimensional flows in the fjord are particularly challenging to model numerically.

The hydrodynamic model developed for this study has been designed and configured as much as possible to provide useful predictions of the surface currents in the region of interest mentioned above. However, due to the complexities described above, the numerical simulations of near surface current are not exact and should be associated with a moderate degree of uncertainty. Velocity predictions in other locations, particularly at intermediate depths near the strong halocline, may well be less reliable.

### ***Coordinate System and Datum***

The common Canadian Geodetic Vertical Datum (CGVD28) is employed as vertical datum in this work. All elevation data were either provided in or converted to this datum. All elevations in this document are referenced to this vertical datum unless otherwise stated. The NAD83 (CSRS) UTM Zone 19N is employed as coordinate system for this study. All geographic information system (GIS) data were either provided in or converted to this coordinate system. In this report locations are specified using either their UTM Zone 19N coordinates or in terms of latitude (degrees North of the equator) and longitude

(degrees east of Greenwich, U.K.). The international System of Units (SI) is employed in the study unless otherwise stated.

## Observed Tides, River Discharge, Currents and Salinity

Information on tides, river flows, currents and salinity that has been reviewed and referenced in setting up and calibrating the 3D hydrodynamic model is reviewed in this Section.

### River Discharge

A flow-duration curve for the total upstream freshwater inflow to the Saguenay Fjord was generated based on analysis of measured discharge data from 5 sources, including the outflow from the dam at Shipshaw and four other important tributaries. The five discharge sources are mapped in Figure 8 while Table 1 shows the period of data availability for each location. The data for sources 1, 2, 3 and 5 was provided by Division Énergie Électrique of Rio Tinto Alcan, while the data for source 4 was obtained from the Hydat database (Water Survey Canada) for gauge stations 02RH029 and 02RH061.

Data from locations 1 – 4 are available for the 41-year period from 1972 to 2012. The time-varying total discharge for the period 1972 to 2001 is plotted in Figure 9. The peak freshwater discharge that generally occurs during May is typically three to five times larger than the base discharge flowing during winter months. The flow-duration curve of total upstream freshwater discharge developed for this period is shown in Figure 10. This figure shows the percentage of time that the inflow is likely to equal or exceed a certain value. The average inflow is 1,310 cms while the inflow exceeded 1% of the time is 6,493 cms. The inflow during the month of March when the ice-cover breaks up was also investigated. Based on this analysis, the mean inflow during March is 1244 cms while the maximum recorded inflow during March is 1907 cms.

**Table 1 : Period of available discharge data from different sources**

Location	Name	Period of the available data
1	Chute-à-Caron1	1943/01/01-2015/12/15
2	Chute-à-Caron2	1943/01/01-2015/12/15
3	Rivière aux sables	1972/01/01-2015/12/15
4	Shipshaw1	1943/01/01-2015/12/15
5	Shipshaw2, 13 <sup>th</sup> turbine	2011/09/13-2015/12/15

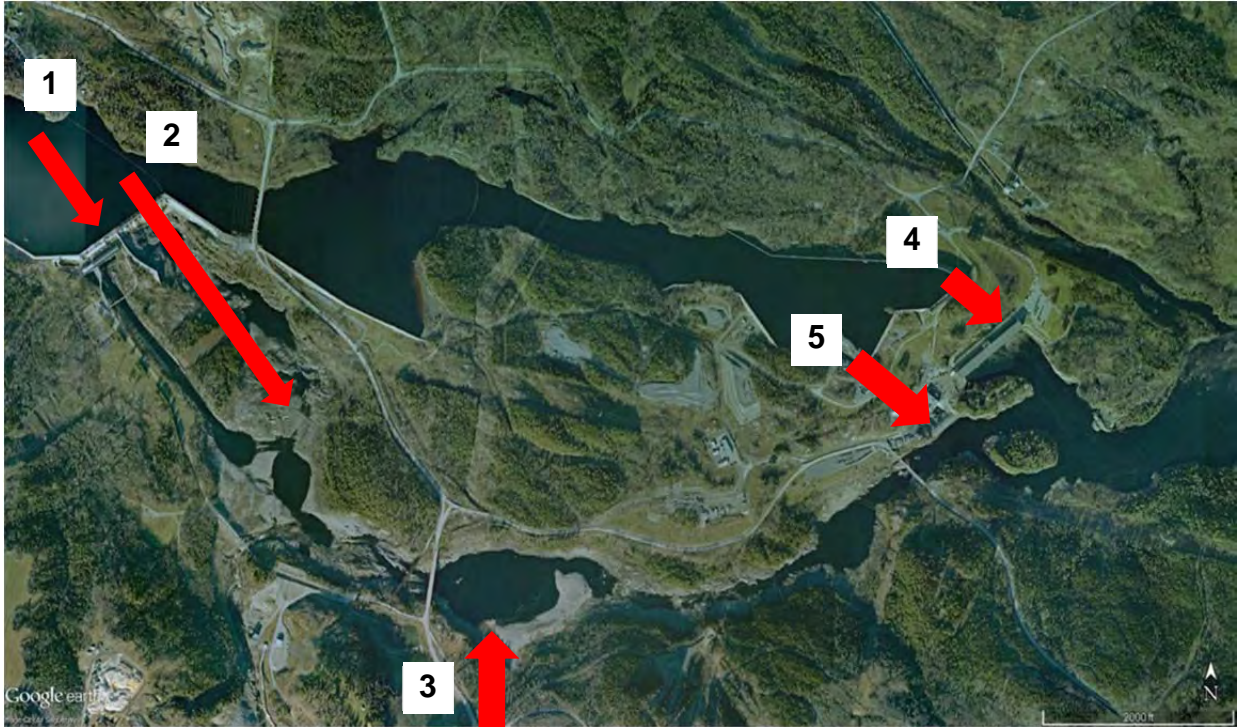


Figure 8: Map of upstream freshwater inflow sources

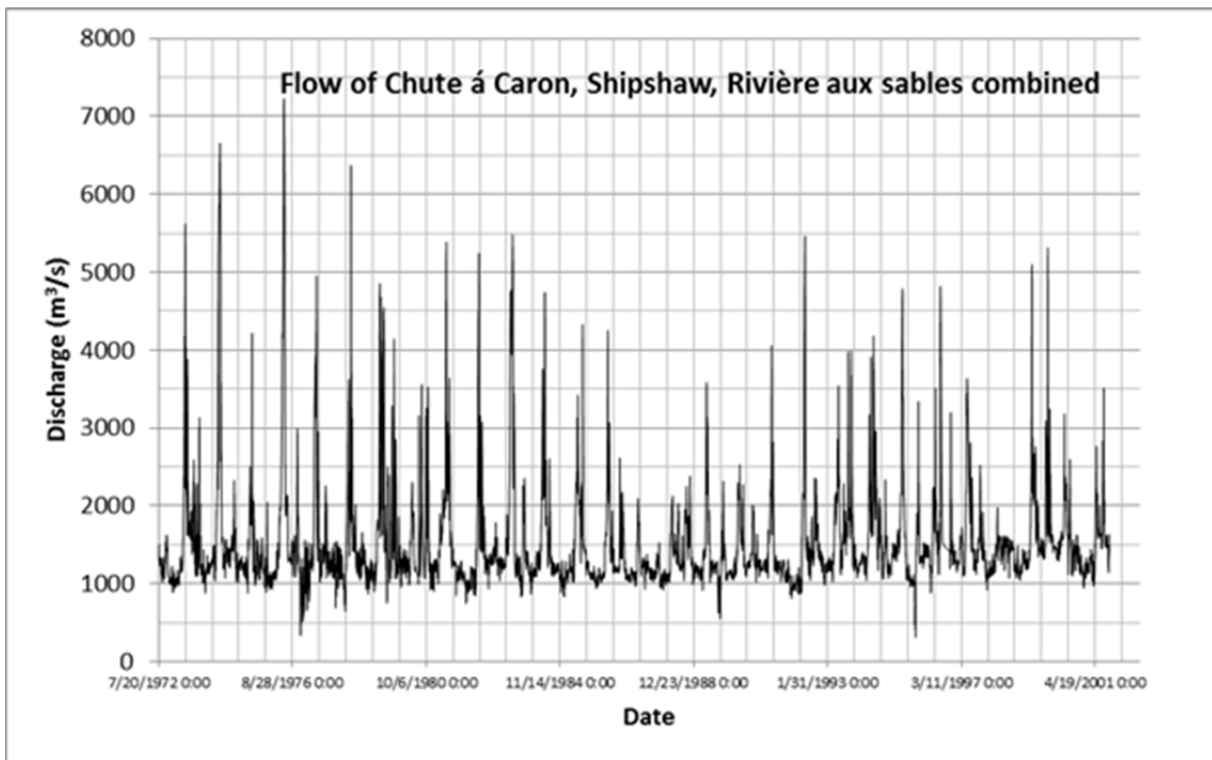


Figure 9. Saguenay River discharge at Shipshaw from 1972 - 2001.

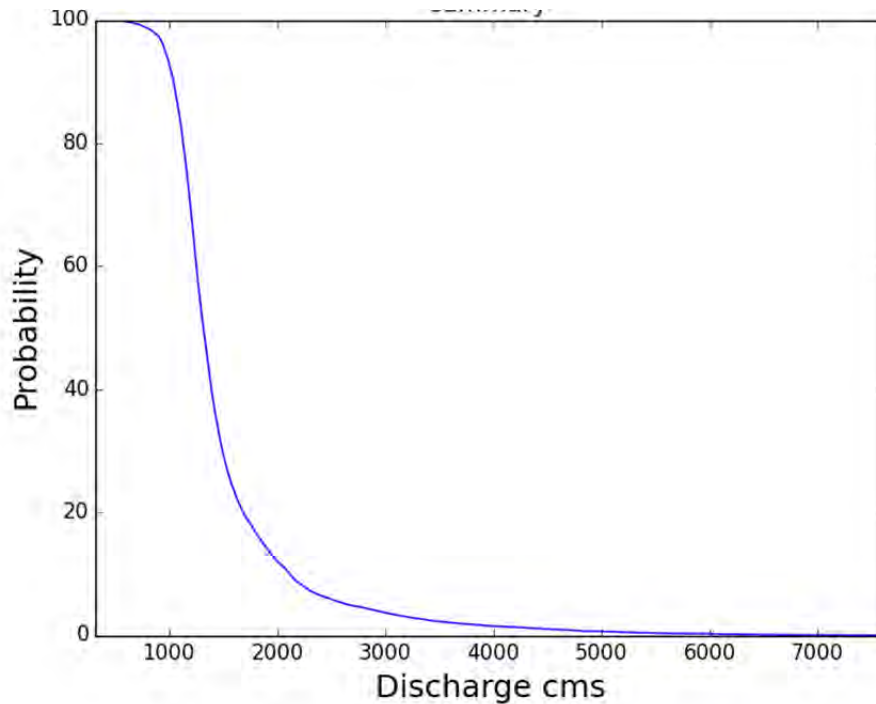


Figure 10: Flow-duration curve of freshwater inflow for 1972 to 2012

## ***Tides***

Information on the tides at the stations shown in Figure 11 is available from Fisheries and Oceans Canada. The downstream boundary of the hydrodynamic model was forced using a time-history of water levels derived from tide data for Les Escoumins, Trois-Pistoles, St-Simeon, Pointe-Au-Pic, St-Irenee , Green Island, Gros Cacouna, Riviere-Du-Loup, Ile-Aux-Lievres and Pointe-Aux-Orignaux. The tide data was referenced to MSL and not local chart datum. Spatial interpolation was used to estimate the water level along the offshore model boundary from the constituent data for these stations. Tide data for Tadoussac, Port-Alfred and Chicoutimi was used for calibration and validation of the hydrodynamic model.

The tides at Tadoussac and Port Alfred during October 2015 are shown in Figure 12. The tides in the region are semi-diurnal. The tides at Port Alfred are between 0.5 to 1.0 m larger than the tides at Tadoussac. The Spring tides at Port Alfred can exceed 6 m while the Neap tide range can be less than 2.5 m.



Figure 11: Location of the available tidal stations

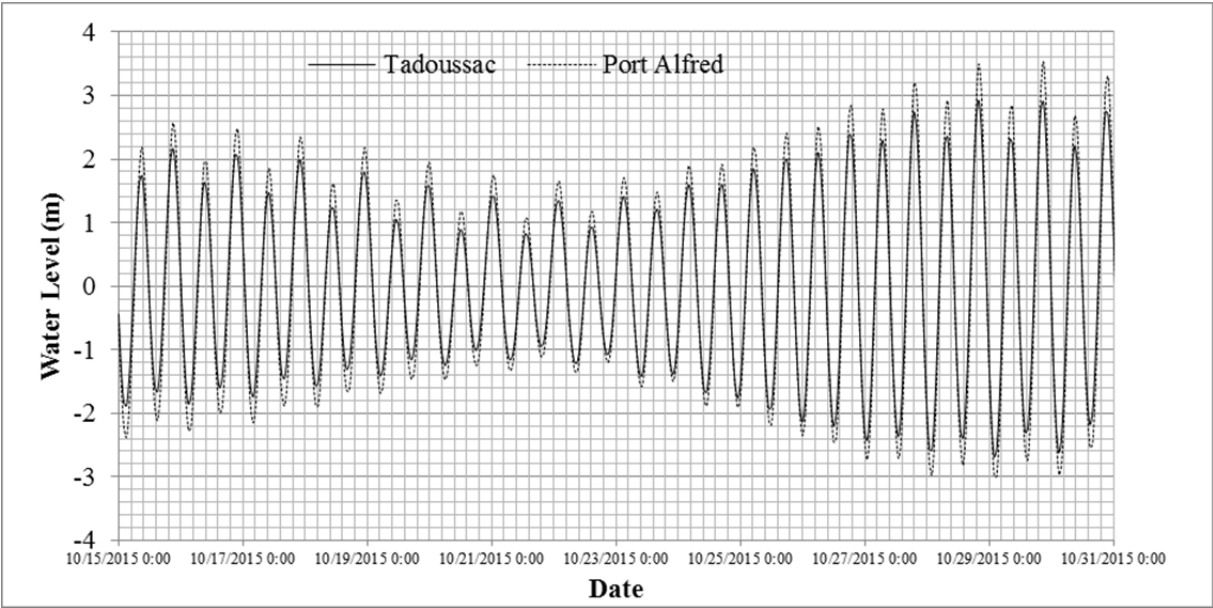


Figure 12: Observed tides at Tadoussac and Port Alfred, 15-30 October 2015.

**Surface Current**

The currents near the Grande Anse wharf have been measured on two occasions using an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) instrument. A mobile survey was conducted on 23 November 2015

wherein the ADCP unit was mounted to a boat and used to measure water current along six shore-perpendicular transects. Data was collected for a ~3 minute duration at roughly five stations along each transect. The measurement points are indicated by yellow circles in Figure 13. Velocities measured by a stationary upward looking ADCP deployed in ~17 m water depth near Grande Anse (Lat. +48.4021°, Lon. -70.8339°) are available for the period from Oct 27 to Oct 29, 2015 (red circle in Figure 13). The raw data from the stationary deployment is shown below in Figure 14.

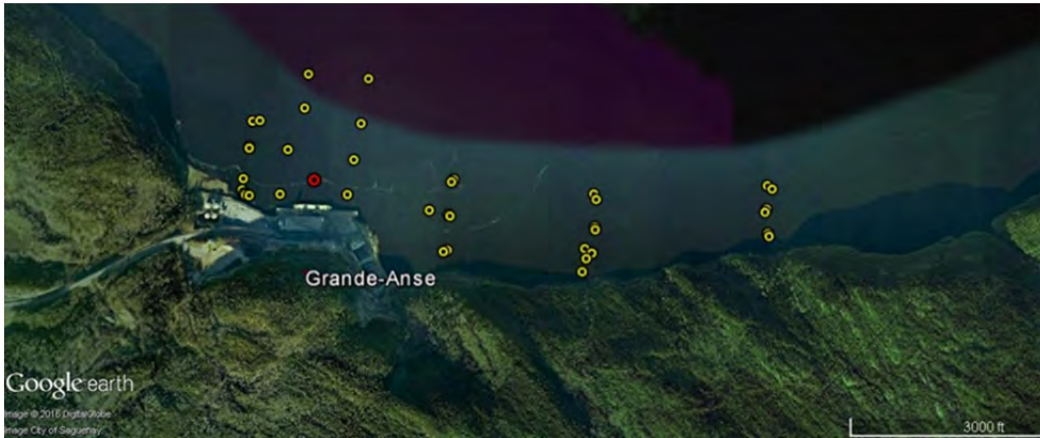


Figure 13 : Location of ADCP data (yellow circles denote mobile survey points, red circle denotes stationary deployment).

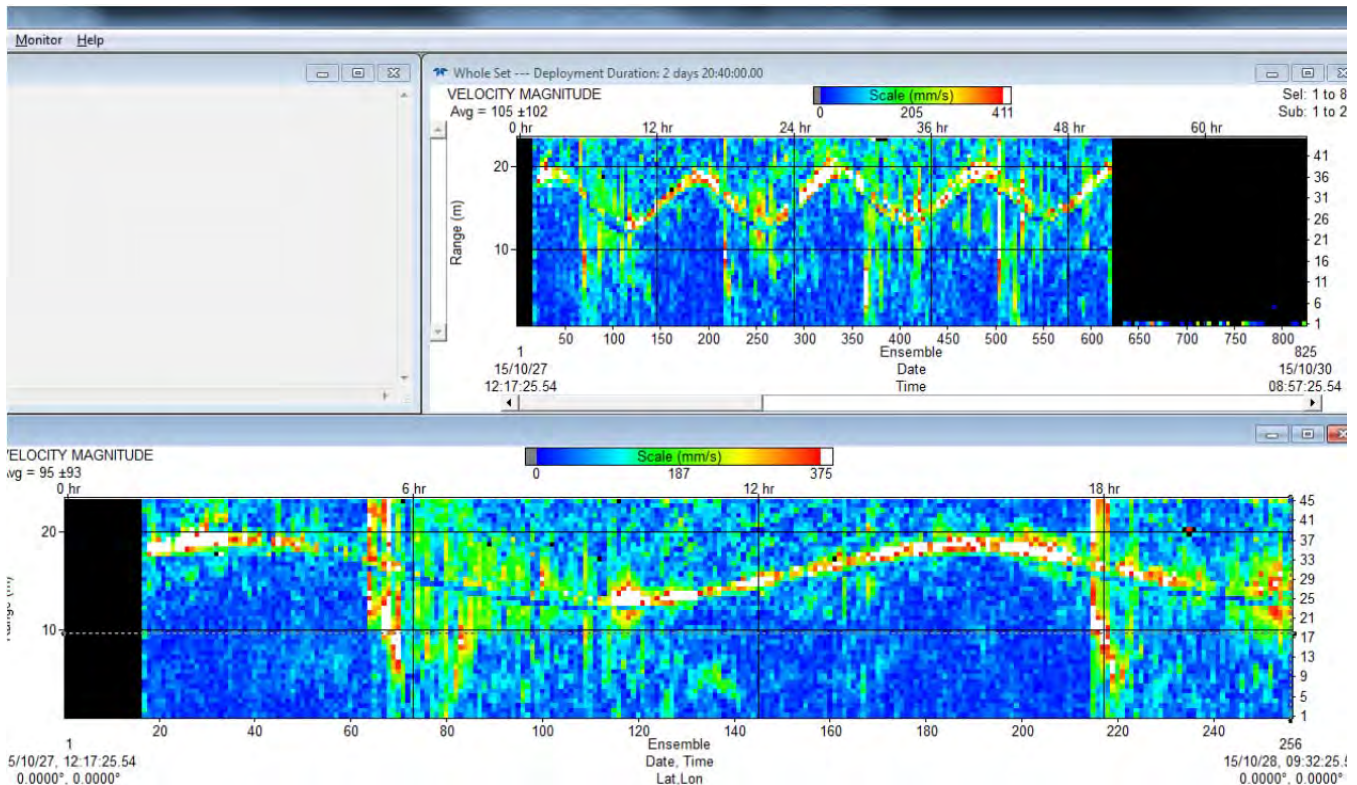


Figure 14 : Raw data from stationary ADCP deployment near Grande Anse.

The raw ADCP data from the stationary deployment has been analyzed to estimate the speed of the near-surface current over the deployment. The analysis involved following the free-surface as it moves vertically with the tide and low-pass filtering the raw data to remove high-frequency noise. The resulting best estimate of near-surface flow speed over this period is plotted in Figure 15.

Since ADCP units are known to be somewhat unreliable near the free surface (due to issues related to the reflection of sound waves from the water surface), this data is expected to be somewhat uncertain. Nevertheless, it provides an indication or estimate of the near-surface current at the Grande Anse site over this 2-day period. The data has been used for calibrating the numerical model, as described later in this report.

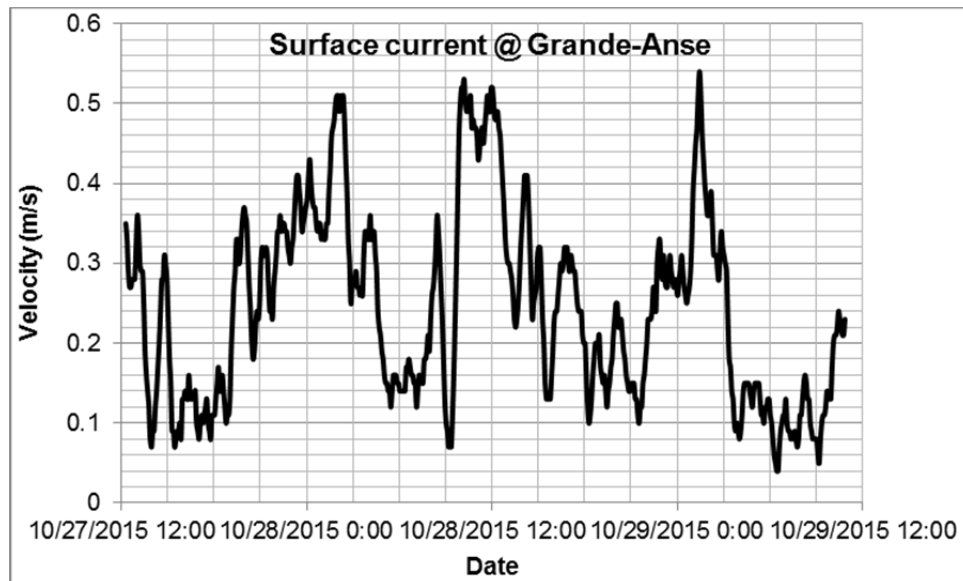


Figure 15 : Near surface current estimated from ADCP data near Grande-Anse

## Salinity Profiles

Twenty-five vertical profiles of salinity have been measured in the region of interest during 2014 and 2015. The measurement locations are mapped in Figure 16 and the location and time of each measurement is summarized in Table 2 together with the corresponding upstream freshwater discharge. The vertical salinity profiles are plotted in Figure 17 and Figure 18.

All the profiles show that the water column in the fjord is strongly stratified, with freshwater or near freshwater (salinity < 10 PPT) at the surface, and seawater (salinity > 25 PPT) at lower depths. The thickness of the freshwater layer and the gradient of the transition from freshwater to seawater varies with time and location. In general, the thickness of the freshwater layer varies from a minimum of approximately 3 m when the freshwater discharge is low, up to 15 m when the freshwater discharge is exceptionally high (SVP13-SVP18).

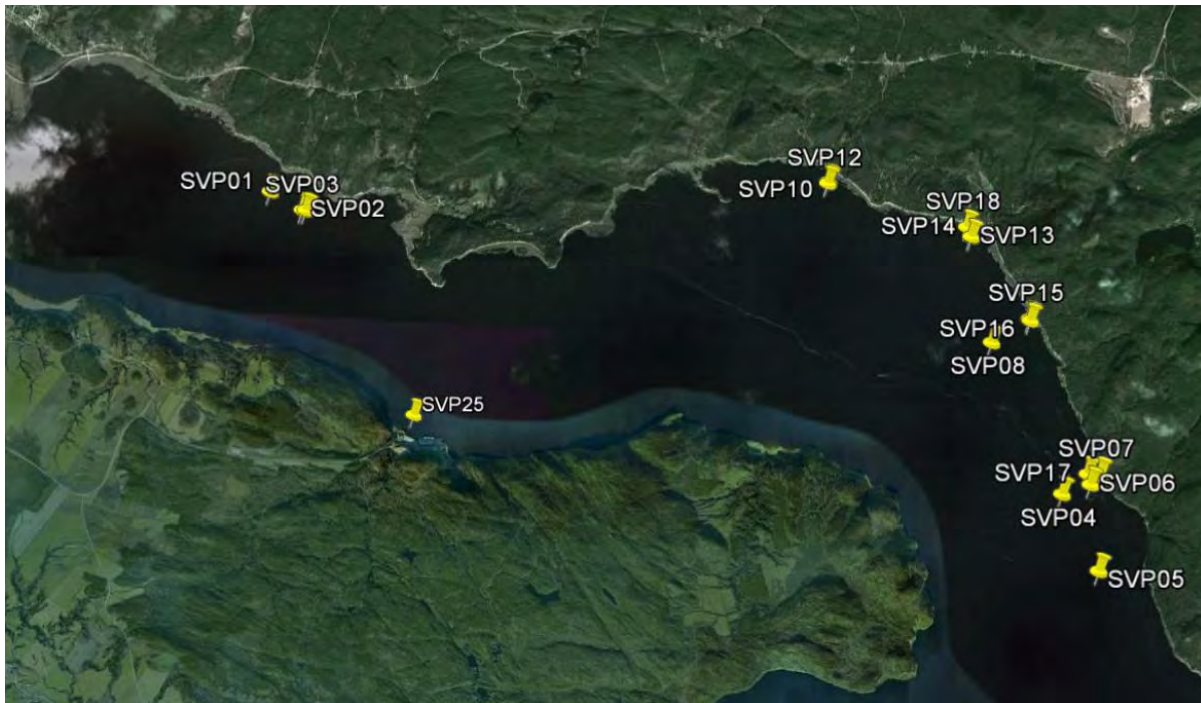


Figure 16: Location of the salinity profile measurements.

Table 2: Summary of measured salinity profile data.

ID	Measurement Date	Time	Location	Upstream discharge (cms)
SVP01	01 May 2014	19:59	Lat. 48 25 41, Lon. -70 51 37	1546
SVP02	01 May 2014	20:34	Lat. 48 25 33.28, Lon. -70 51 17.16	1546
SVP03	01 May 2014	20:42	Lat. 48 25 33.20, Lon. -70 51 14.97	1546
SVP04	02 May 2014	14:02	Lat. 48 23 38.15, Lon. -70 43 43.00	1655
SVP05	02 May 2014	13:20	Lat. 48 23 08.10, Lon. -70 43 23.35	1655
SVP06	02 May 2014	16:50	Lat. 48 23 41.88, Lon. -70 43 25.95	1655
SVP07	02 May 2014	17:03	Lat. 48 23 45.70, Lon. -70 43 20.04	1655
SVP08	02 May 2014	21:21	Lat. 48 24 38.72, Lon. -70 44 21.37	1655
SVP09	03 May 2014	16:55	??	1732
SVP10	03 May 2014	19:54	Lat. 48 25 45.203, Lon. -70 45 57.304	1732
SVP12	03 May 2014	22:50	Lat. 48 25 44.435, Lon. -70 45 57.808	1732
SVP13	22 May 2014	14:39	Lat. 48 25 22.08, Lon. -70 44 31.56	5521
SVP14	22 May 2014	14:51	Lat. 48 25 22.08, Lon. -70 44 31.56	5521
SVP15	22 May 2014	15:51	Lat. 48 24 48.31, Lon -70 43 58.08	5521
SVP16	22 May 2014	16:36	Lat. 48 23 45.96, Lon. -70 43 27.48	5521
SVP17	23 May 2014	07:55	Lat. 48 25 26.04, Lon. -70 44 34.08	5378
SVP18	23 May 2014	09:03	Lat. 48 24 47.52, Lon. -70 43 57.72	5378
SVP19	17 September 2014	11:41	??	1366
SVP20	17 September 2014	15:37	??	1366
SVP21	17 September 2014	15:49	??	1366
SVP22	28 October 2015	07:15	near Grande Anse	1116
SVP23	28 October 2015	07:23	near Grande Anse	1116
SVP24	28 October 2015	07:31	near Grande Anse	1116
SVP25	28 October 2015	07:41	near Grande Anse	1116

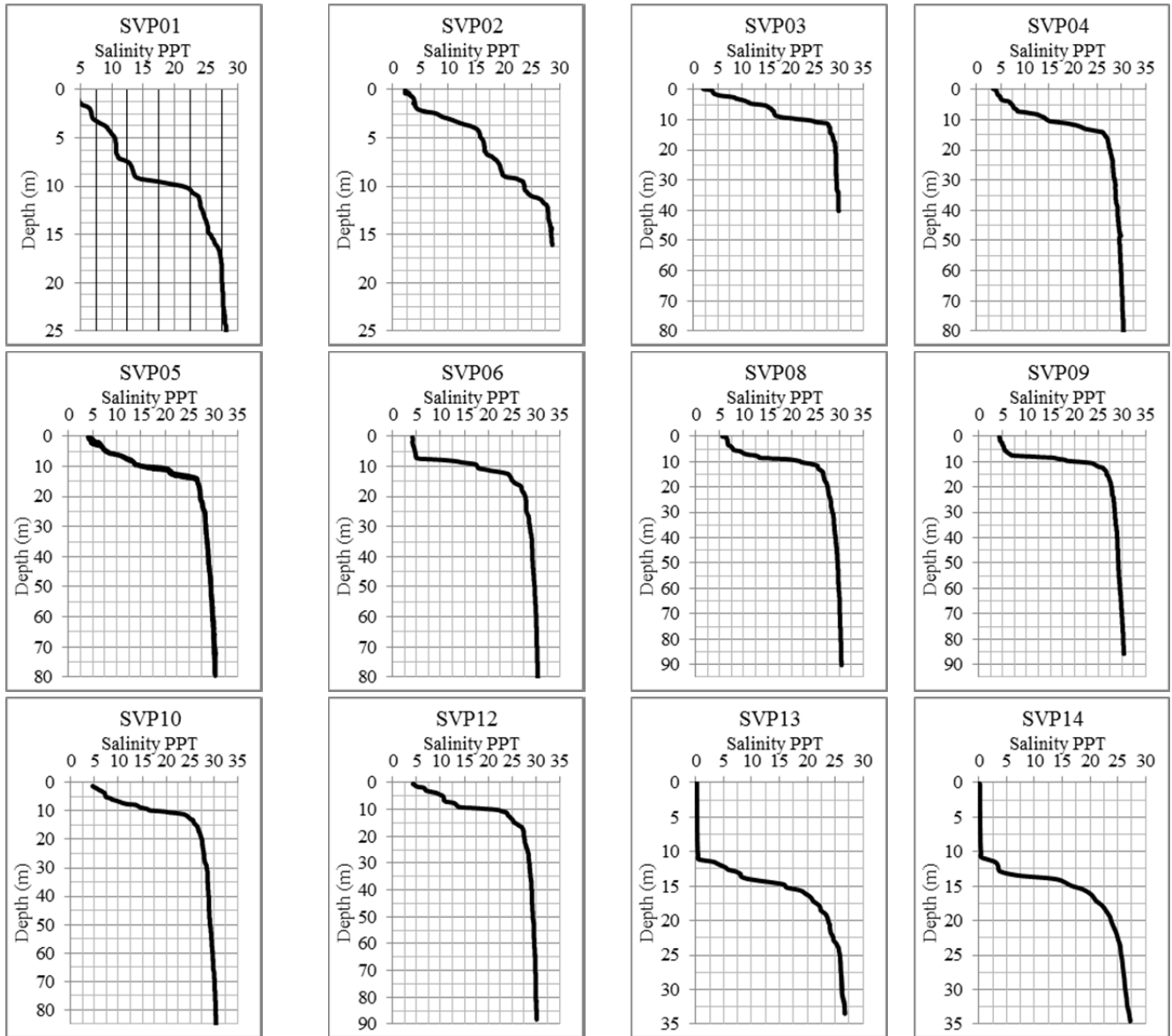


Figure 17: Salinity profiles SVP01-SVP14.

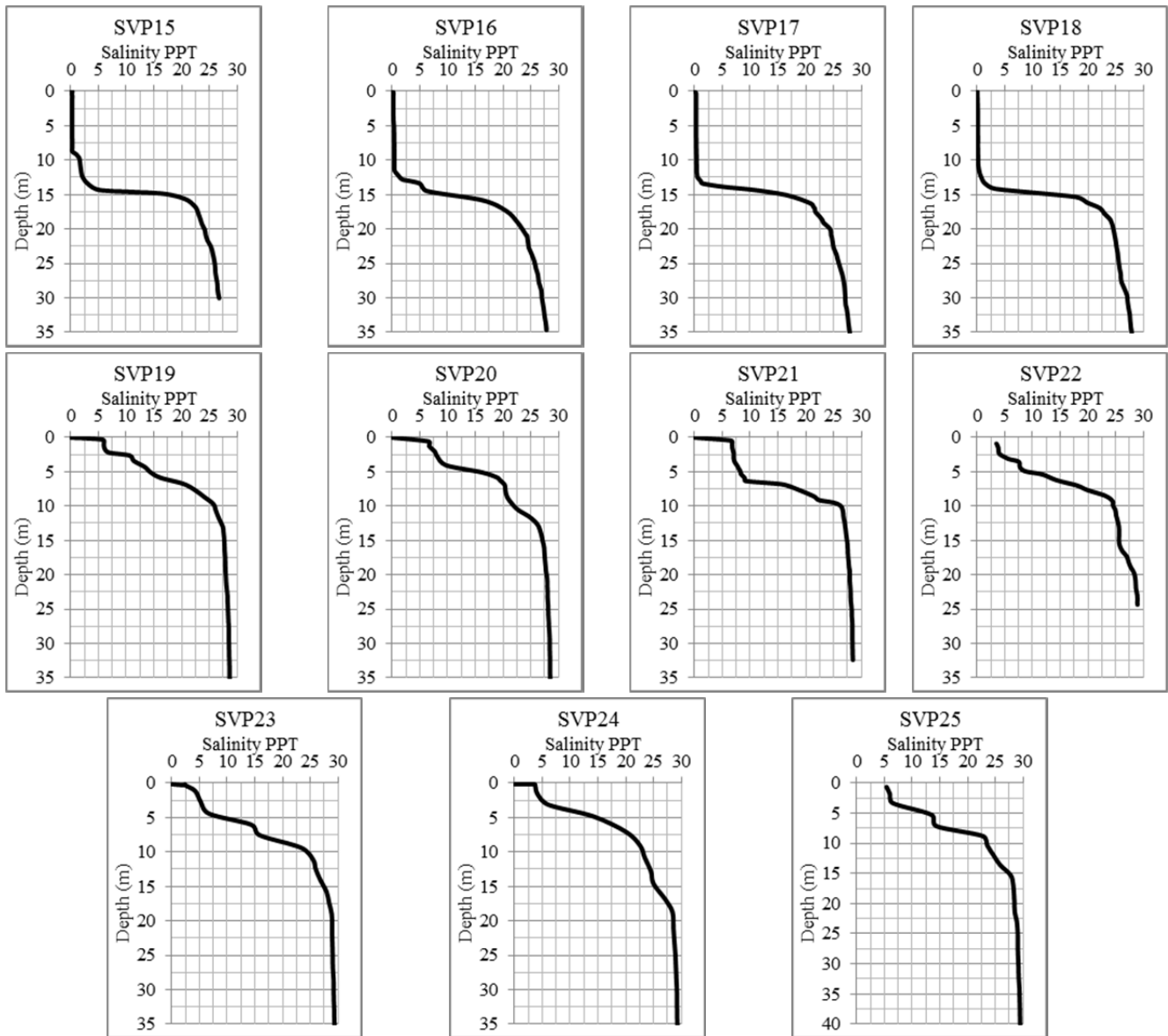


Figure 18: Salinity profiles SVP15-SVP25.

## Telemac Modelling System

A three-dimensional numerical model based on the TELEMAC-3D solver from the TELEMAC System (v7.0) was developed to simulate the hydrodynamics in the Saguenay Fjord. The model employs finite-element methods to solve the Navier-Stokes equations, in either the hydrostatic or non-hydrostatic form, over a computational domain subject to initial conditions and time-varying boundary conditions. In two-dimensions (plan) the computational domain is represented by an unstructured mesh of triangular elements. Discretization in the third dimension (depth) is achieved by defining a constant number of layers, whose thickness can vary with space and time depending on the local water depth. The unstructured grid allows the size of the elements to vary in space: a fine mesh can be used to improve

accuracy in areas of interest and in areas with high velocities and/or strong spatial gradients, while a coarse mesh can be used in less important areas in order to reduce computation time and cost. Further details on the TELEMAC system are provided in Hervouet (2007). The TELEMAC System was originally created by the Laboratoire national d'hydraulique et environnement d'Électricité de France (EDF) but is now managed by a consortium of core organizations under the OpenTELEMAC-MASCARET umbrella ([www.opentelemac.org](http://www.opentelemac.org)).

## Hydrodynamic Model Setup

### *Computational Grid*

The model extends from a point ~700 m downstream from the Chute-à-Caron dam at Shipshaw down to the St-Lawrence estuary. The model domain includes the entire Saguenay fjord and small portion of the St-Lawrence River, see Figure 19. Some shallow tidal flats in the upper part of the fjord were excluded in order to simplify and speed-up the numerical computations. The exclusion of the tidal flats is believed to have little influence on the water levels and currents in the region of interest.

To minimize numerical errors and computational cost, the total number of grid cells and the distribution of the cell sizes were chosen based on a sensitivity analysis. The final mesh has 22,838 triangular elements and 12,456 nodes in each layer. The horizontal resolution varies from 15 m near the upstream boundary and increases gradually to 1,000 m at the St. Lawrence River. The horizontal resolution near the sites of interest (Arianne Phosphate, Grande Anse and Énergie Saguenay) is refined to 40 m. The configuration of the triangular mesh in several areas is shown in Figure 20.

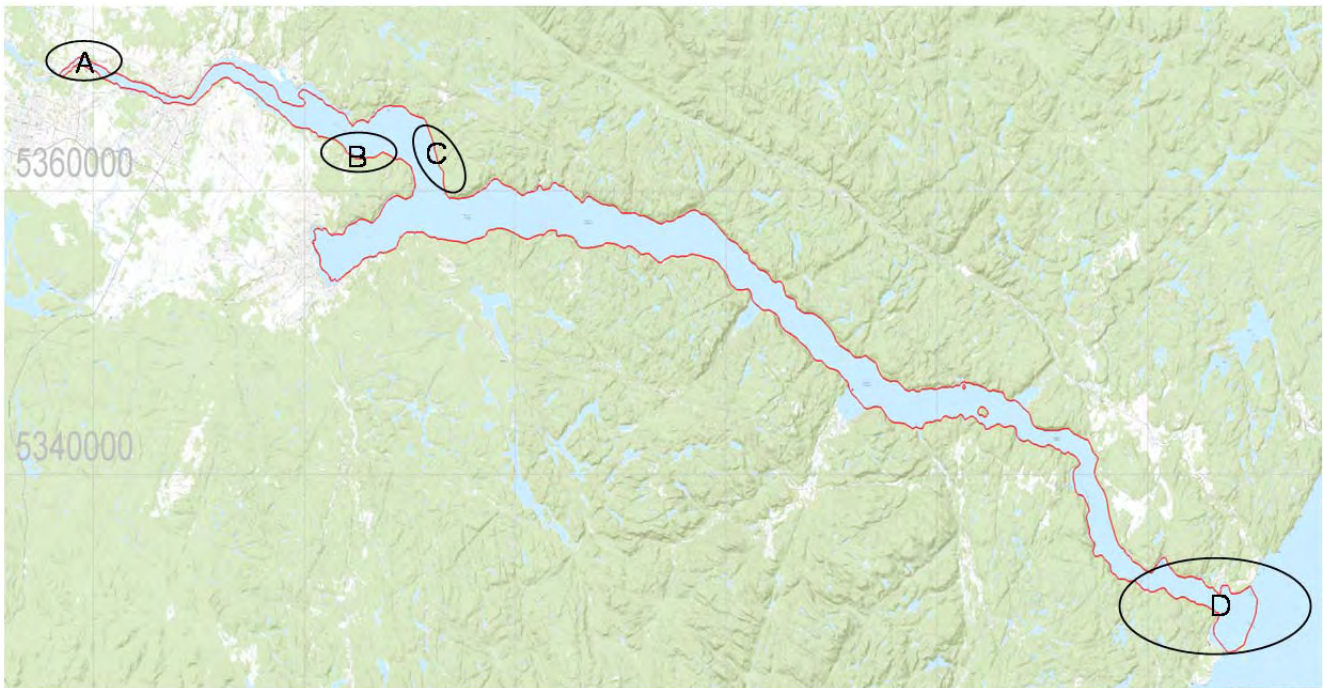


Figure 19: Computational Domain

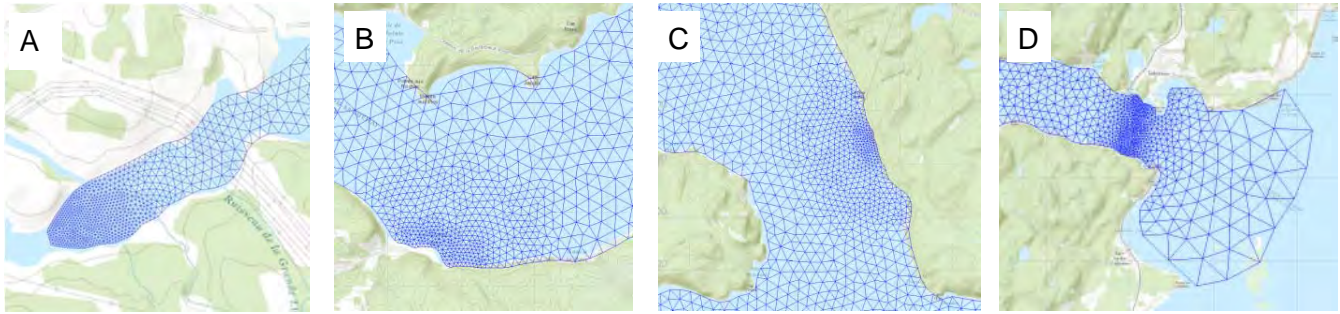


Figure 20: Examples of the triangular mesh (horizontal discretization). Locations A-D shown in Figure 19.

Initially, the water column throughout the domain was discretized into 11 layers. Results from these initial simulations suggested that additional layers would be required in order to simulate the strong density stratification that exists in the fjord. In the final set-up, the water column throughout the domain is discretized into 21 layers. As shown in Figure 21 the layers are unevenly distributed throughout the water depth; a finer layer thickness was specified in the upper part of the water column near the free surface, a medium thickness was used near the bottom, while the largest layer thickness was specified over the middle portion of the water column, away from the upper and lower boundaries.

The computational time step for the final simulations was 10 seconds.

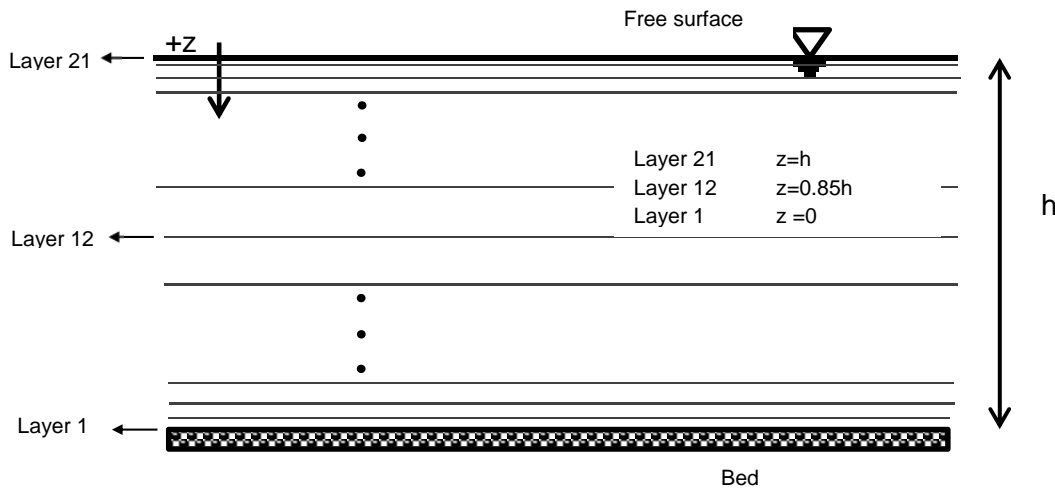


Figure 21: Schematic of the vertical discretization of the computational domain

## Bathymetry

Information on the bathymetry throughout the domain was assembled from several sources. In many areas, the bathymetry information was obtained from available navigational charts published by the Canadian Hydrographic Service (CHS). High resolution data from bathymetric surveys was available in the four sub-regions shown in Figure 22. The information from these sources was reference to a

common datum and merged to form a single digital elevation model. Figure 23 shows the bathymetry in the region of interest for the present study.



Figure 22: Regions where the bathymetry was based on high-resolution bathymetric surveys.

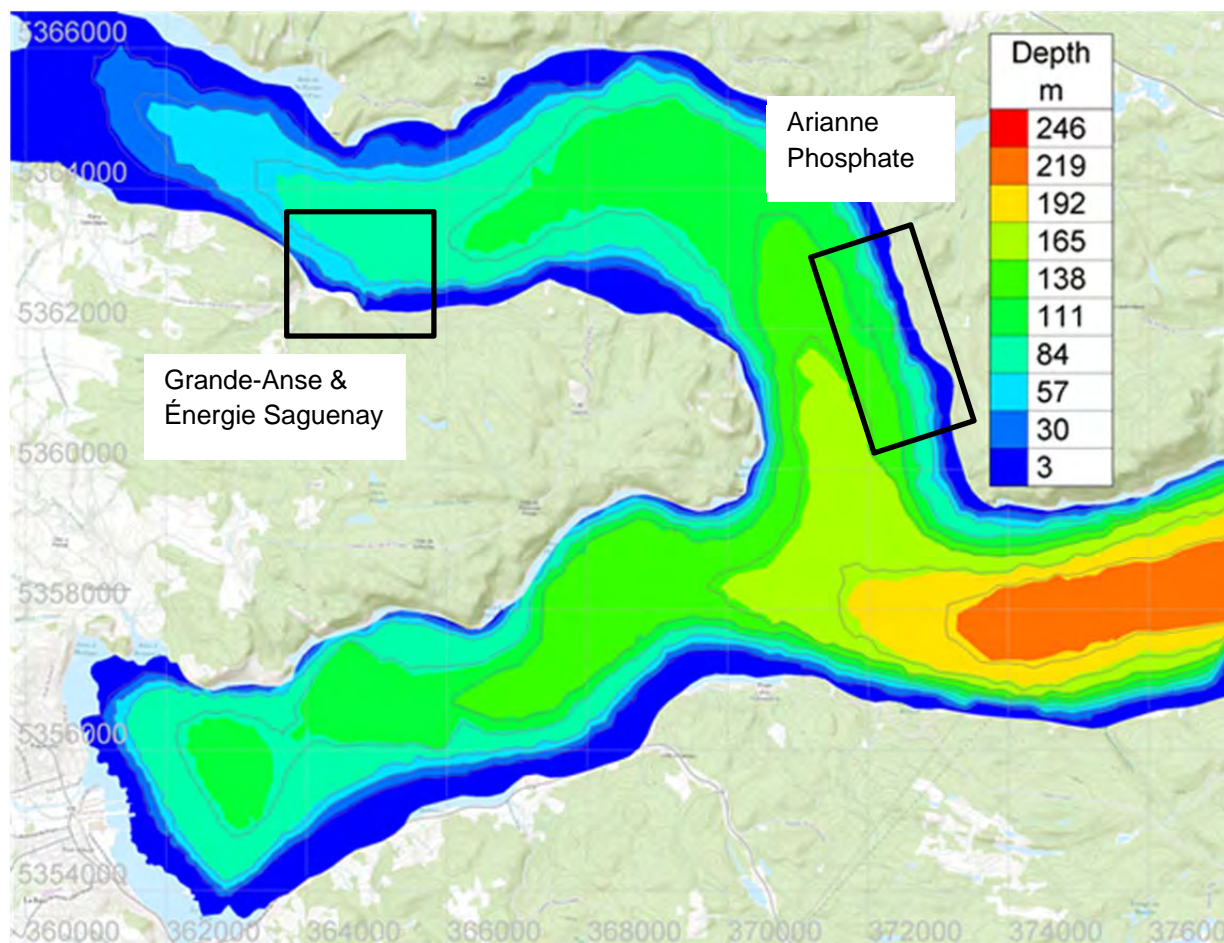
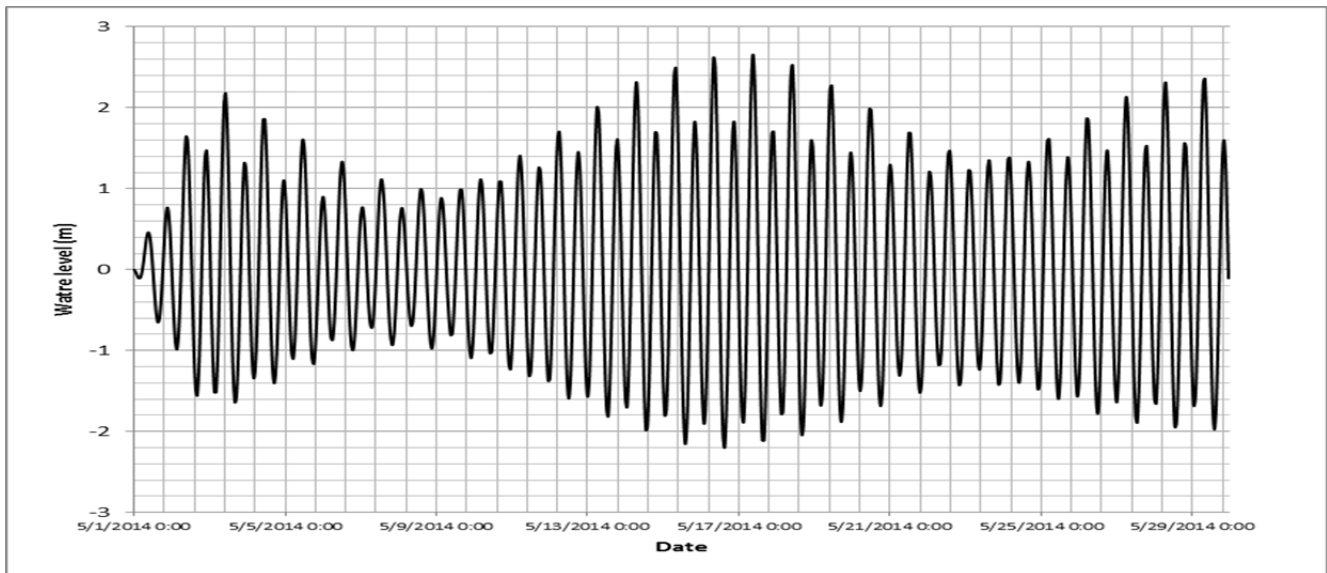


Figure 23: Bathymetry over the region of interest.

## Boundary Conditions and Initial Conditions

The model was set-up with two dynamic boundaries. Time-varying water levels were prescribed at the down-stream boundary in the St-Lawrence Estuary, while a steady inflow (discharge) of fresh-water was specified at the upstream boundary near Shipshaw.

The model was initially run for a 1 month warm-up period to establish realistic equilibrium conditions for the density stratification and salinity gradient throughout the domain. The one month warm-up simulation was conducted using a constant upstream freshwater inflow of 2,000 cms and the tides during May 2014. The tide signal used to force the downstream model boundary is plotted in Figure 24.



**Figure 24:** Tide signal used to force the downstream model boundary during the warm-up simulation.

The equilibrium condition computed in the model at the end of the warm-up simulation is depicted in Figure 25 and Figure 26. Figure 25 shows the spatial variation in salinity at the free surface, while Figure 26 shows the vertical distribution of salinity with depth at seven points (A-G) within the domain. Point A is located near the upstream boundary at Shipshaw, point B is located upstream of the Grande Anse wharf, point C is located downstream of Grande Anse, point G is located near the downstream boundary in the St. Lawrence, and points D – F are distributed along the lower part of the fjord between points C and G. In the model, the surface salinity varies gradually from 0 PPT (pure freshwater) at location A (near the upstream boundary) to 30 PPT (pure seawater) at location G (near the downstream boundary), as expected. The surface salinity at location B (upstream from Grande Anse) is less than ~3 PPT, while the surface salinity at location C (downstream from Grande Anse) is ~12 PPT. The modelled salinity profile at location A near the upstream boundary shows only freshwater, as expected, while the modelled salinity profile at location G in the St. Lawrence shows pure seawater, again as expected. The modelled salinity profile at location B shows a strongly stratified water column comprised of a thin layer of near freshwater at the surface over a much thicker layer of near seawater at depth, and is generally consistent with the form of the measured salinity profiles presented in Figure 17 and

Figure 18. In the model, the transition from freshwater to seawater at location B occurs over the upper 5 m of the water column. The salinity/density stratification is considerably less pronounced in the lower parts of the fjord, below location D.

The equilibrium condition obtained from the one month warm-up simulation was used as the initial condition for subsequent model runs.

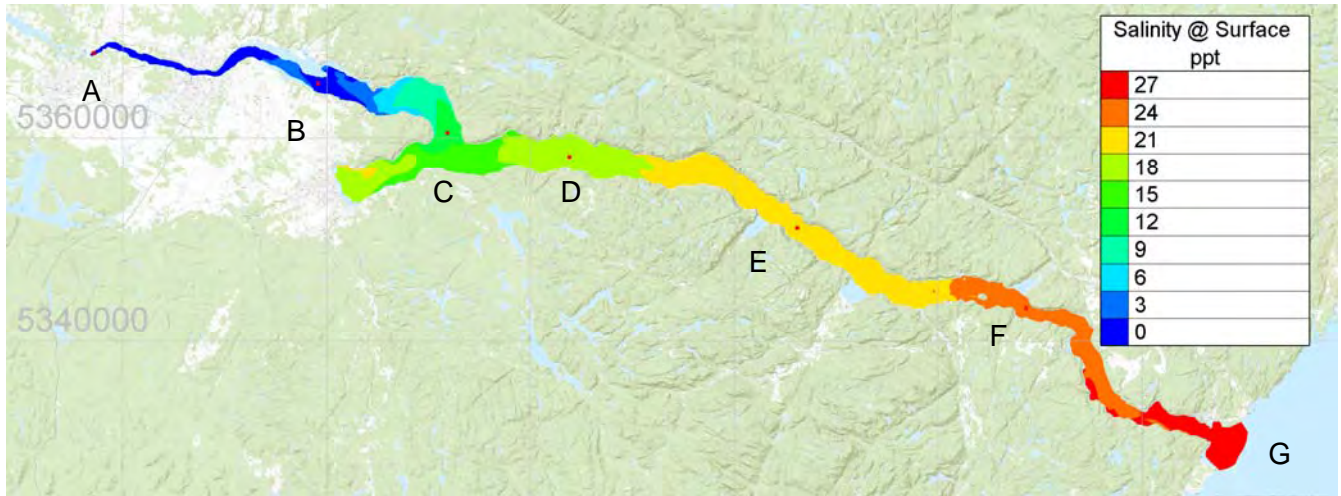


Figure 25: Modelled distribution of surface salinity at the end of the one month warm-up simulation.

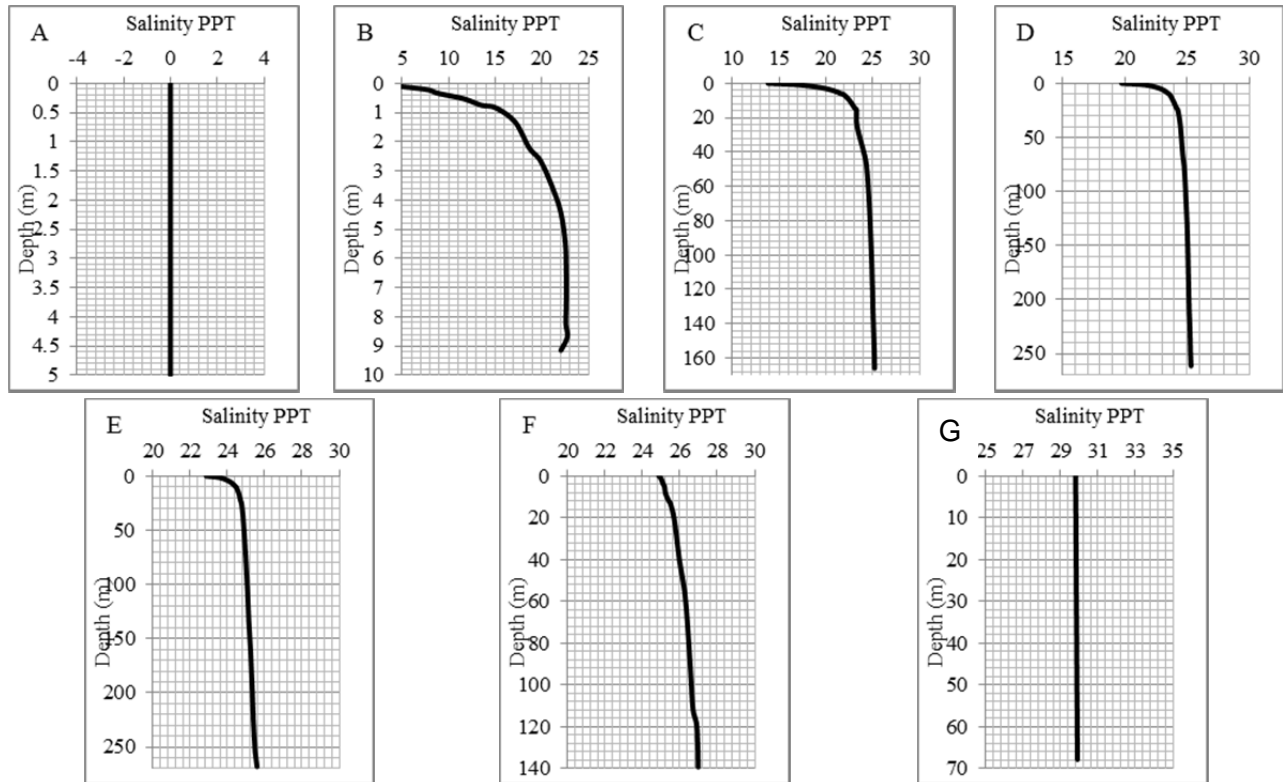


Figure 26: Modelled salinity profiles at locations A – G at the end of the one month warm-up simulation

# Model Calibration and Validation

## Calibration

The hydrodynamic model was initially calibrated to ensure that it provides reliable predictions of the water level fluctuations at Port Alfred. The model was calibrated through an iterative process of varying the bottom roughness until the water-surface elevations predicted by the model were in close agreement with the tide level predictions for Port Alfred published by DFO. In the end, a single Manning's roughness coefficient of 0.04 was used throughout the computational domain. The modelled and published water levels at Port Alfred for the period from May 16-26, 2014 are compared in Figure 27. Both the magnitude and the timing of the high and low tides are reasonably well predicted by the model, although the high tides are slightly under-predicted. Other roughness values yielded results that were less satisfactory.

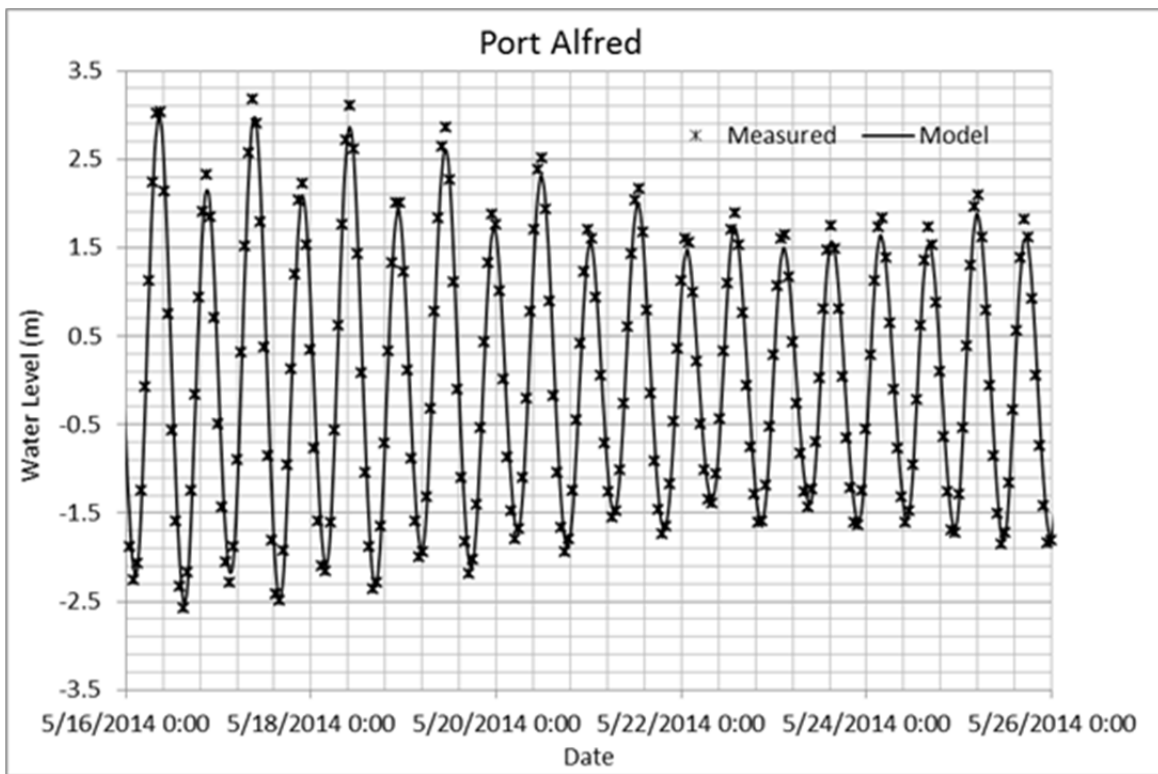
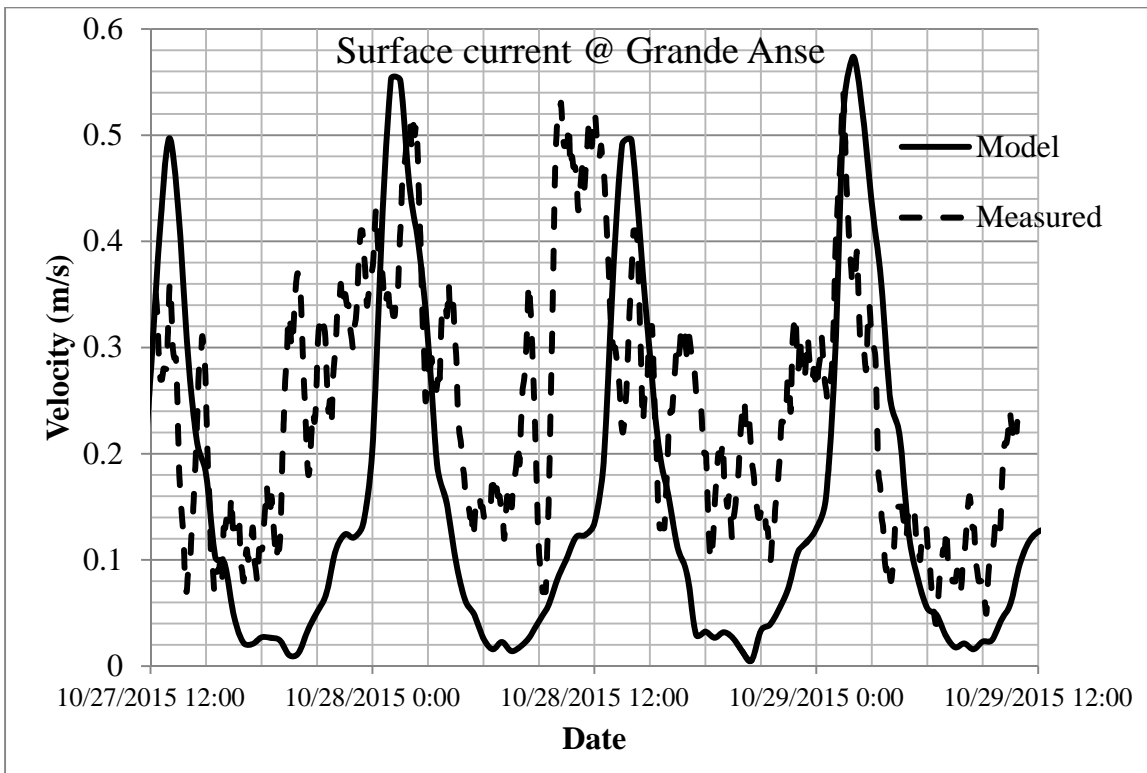


Figure 27: Comparison of modelled and published water levels at Port Alfred for 16-26 May 2014 (solid line denotes model output while discrete points denote published values)

A stationary bottom-mounted ADCP unit was deployed near the Grande Anse wharf for two days from October 27-29, 2015. Estimates of the near-surface current speed derived from this instrument were used to help calibrate the horizontal eddy viscosity used in the numerical simulations. In the end, a horizontal eddy viscosity of 20 m<sup>2</sup>/s was selected for use in the model.

The near-surface current speed near the Grande Anse wharf predicted by the numerical model and estimated from the ADCP data are compared graphically in Figure 28. Although the agreement between modelled and 'measured' flow speed is not exact, the model provides a reasonable prediction of the speed of the surface current and the timing of its fluctuations at this location. The model indicates that the current speed at this site is highest during times of ebbing tide, when the tidal current re-inforce the freshwater outflow at the surface, and lowest during times of flooding tide, when the tidal current opposes the freshwater outflow at the surface.



**Figure 28: Comparison of measured and modelled near surface current velocity at Grande Anse from Oct 27-29, 2015 (solid line denotes model output while dashed line denotes measured data)**

Measurements of the variation of salinity with depth were also available in the study area, and these were used to help identify and calibrate the preferred vertical turbulence model and vertical discretization for these simulations. The available salinity profile measurements are summarized in Table 1.

The numerical simulation of the density stratification in the fjord was found to be sensitive to several factors, including the vertical turbulence model, the number of layers, and vertical distribution of the layers throughout the water column. Better results were obtained when the number of layers was doubled from 11 to 21, and the layers were concentrated in the upper part of the water column where the vertical gradient in salinity was greatest, instead of being evenly distributed with depth. Several alternative vertical turbulence formulations were investigated and assessed, but in the end, the Nezu and Nakagawa mixing length model was selected as the most appropriate model from those available within Telemac-3D.

Figure 29 compares the measured and modelled salinity profiles obtained using the final model set-up for a location near the Grande Anse wharf. While the model successfully predicts a stratified water column for this site, the model over-predicts the salinity near the surface and under-predicts the salinity at lower depths, relative to the measured data. The freshwater layer predicted by the model is much thinner than indicated by the salinity profile data. This result suggests that the degree of vertical mixing may be over-estimated in the model.

It is noted that the hydrodynamic model has been developed to provide a reasonable prediction of near surface currents for various scenarios, and is not intended to provide a complete and full a description of the salinity/density stratification and mixing over the water column and throughout the fjord.

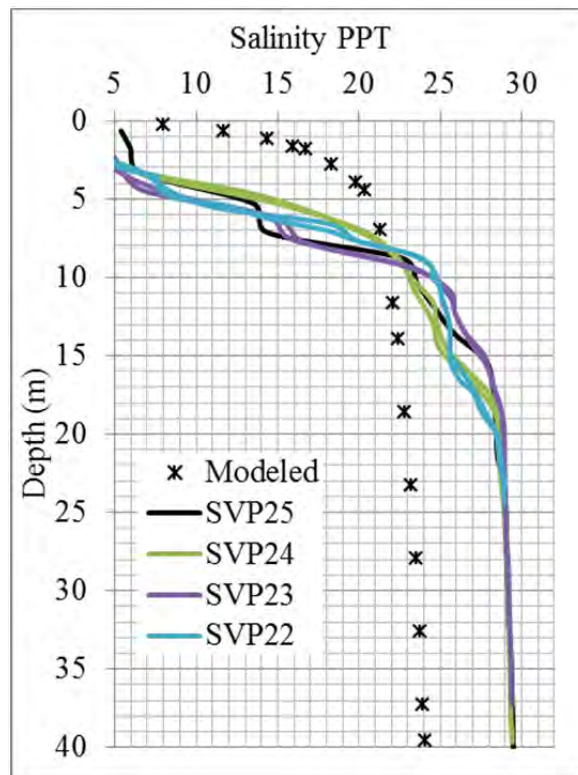


Figure 29: Comparison of measured and modelled salinity profiles near the Grande Anse wharf.

## Validation

The numerical model was validated by comparing model output with different data sets and for different time periods than those used during calibration.

The numerical predictions for water level at Port Alfred and Tadoussac during 20-30 October 2015 are compared with published data in Figure 30 and Figure 31. Both the amplitude and the times of the high and low tides are reasonably well reproduced by the model, although it appears that the model tends to under-predict the height of the high tides at Port Alfred by up to 20 cm.

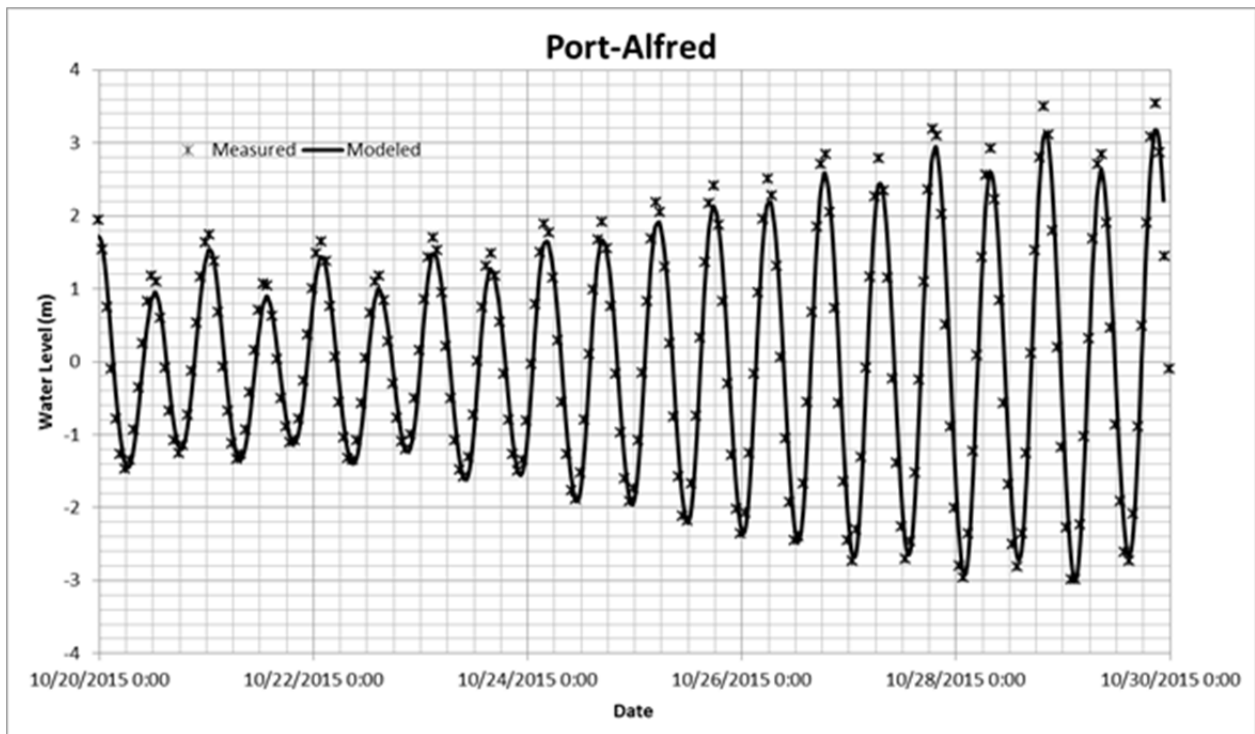


Figure 30: Comparison of measured and modelled water levels at Port Alfred for 20- 30 Oct, 2015.

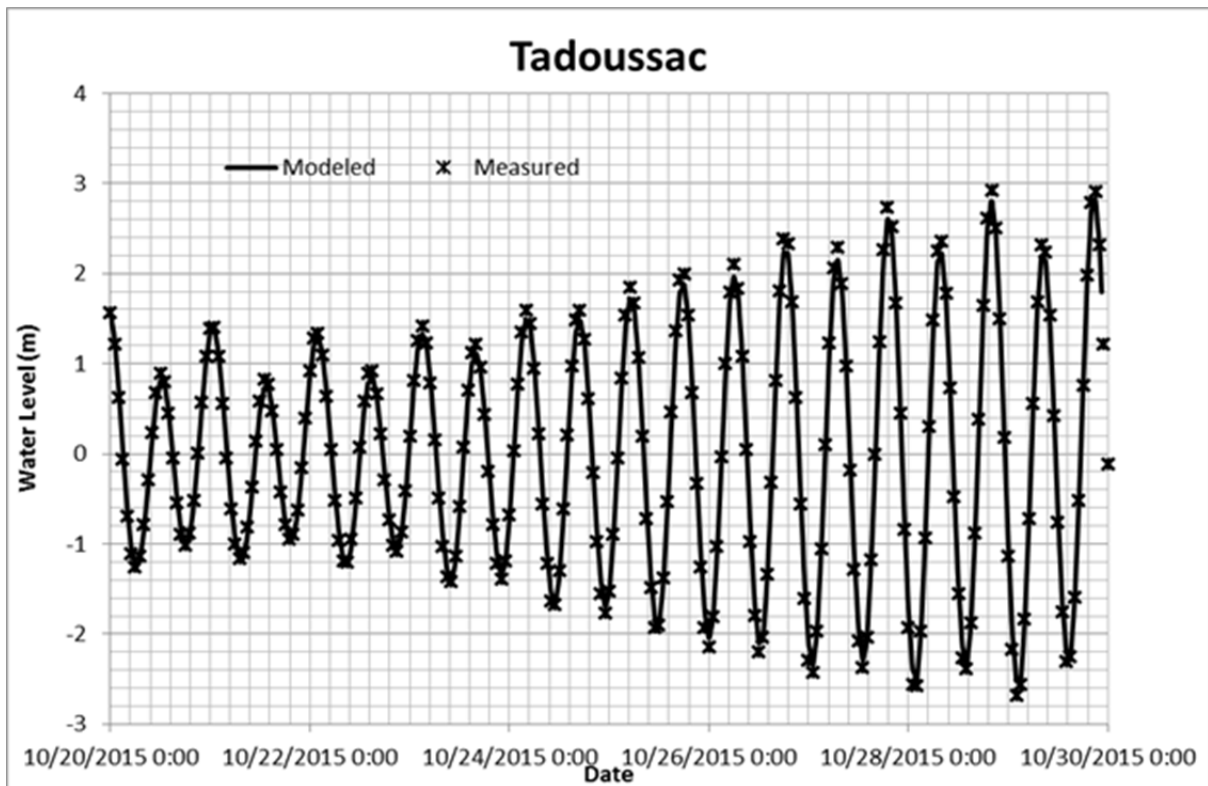


Figure 31: Comparison of measured and modelled water levels at Tadoussac for 20- 30 Oct, 2015

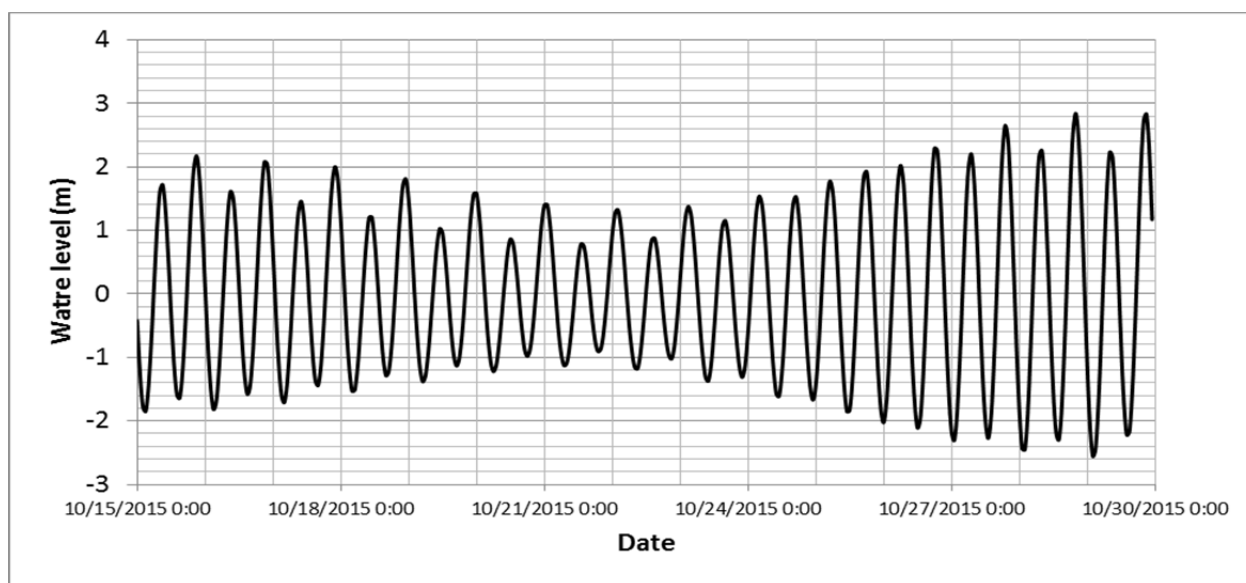
## Selection of Scenarios

Once the final model configuration and set-up was established, the calibrated and validated model was used to simulate the water levels and three-dimensional flows in the fjord for four different scenarios. The scenarios were selected to include both typical and extreme conditions during the month of March, when the ice cover moves out of the fjord, as well as conditions during the peak of the spring freshet when freshwater inflows are highest. Conditions on 27 October 2015, when the stationary ADCP was deployed near the Grande Anse wharf were also modelled. The specifications for the four scenarios are summarized in Table 3.

In all cases, the model was run for a 14-day period that included both a full Spring tide and a full Neap tide. The tide signals used to force the downstream boundary are shown in Figure 32. The end state of the one month warm-up simulation shown in Figure 25 and Figure 26 was taken as the initial condition for salinity for each scenario.

**Table 3 : Specifications for selected scenarios**

Scenario	Tide signal	Freshwater inflow (cms)	Remark
1	15-30 October 2015	4297	Average annual maximum freshwater inflow
2	15-30 October 2015	1907	Maximum freshwater inflow during March
3	15-30 October 2015	1244	Average freshwater inflow during March
4	15-30 October 2015	1120	Freshwater inflow on Oct 27, 2015



**Figure 32: Tide signal applied to force the downstream model boundary in Scenarios 1-4.**

# Simulation Results

Simulation results for each scenario described above are presented below. In each case, a map is presented showing the spatial variation in the maximum speed of the surface current over the simulation period. Additional maps showing the spatial distribution of surface current at two times, during the flood phase of the Spring tide and during the ebb phase of the Spring tide, are also presented. Additional maps showing the horizontal currents for layer 12 (near mid depth) at the same times are also shown. Following these maps, velocity roses and exceedance probability curves for the surface current at four reference sites near the sites of interest (Grande Anse, Énergie Saguenay, Ariane Phosphate and Port Alfred) are presented. The coordinates of the reference sites are summarized in Table 4.

As mentioned above in the Introduction to this report, the Saguenay fjord is a highly complex and dynamic body of water where freshwater and seawater combine, mixed by the tides. The complex three-dimensional flows in the fjord are particularly challenging to model numerically. The hydrodynamic model developed for this study has been designed and configured as much as possible to provide useful predictions of the surface currents in the region of interest. However, due to the complexity of the flows in the fjord, the numerous assumptions and approximations inherent in the simulating these flows in a numerical model, and the finite amount of time and budget available for this study, the numerical simulations of near surface current that have been obtained should be associated with a moderate degree of uncertainty.

It is noted that the presence of an ice cover and the potential effects of an ice cover on the flows and surface currents in the fjord are not included in these numerical simulations. The simulation results are therefore truly valid only for open-water conditions. It is reasonable to assume that these results will also be valid for the case when the ice cover has fractured into pieces that are being carried along by the surface current. In the case of a land-fast ice cover, it is reasonable to assume that the stationary ice cover provides an additional resistance to the flow. A velocity boundary layer will develop against the underside of the solid stationary ice sheet and the near surface currents can be expected to be smaller than predicted by this model.

**Table 4 : Reference sites for presentation of simulation results.**

Code	Name	Longitude	Latitude	Depth at mean tide (m)
GA	Grande Anse	-70.83°	48.40°	17
ES	Énergie Saguenay	-70.82°	48.40°	31
AP	Ariane Phosphate	-70.72°	48.41°	21
PA	Port Alfred	-70.86°	48.33°	8.5

## Scenario 1

Scenario 1 represents conditions at the peak of the annual freshet, when freshwater inflows to the fjord are 4,297 cms. The model outputs for Scenario 1 are presented below in Figure 33 - Figure 39. Exceedance probability curves describing the speed of the surface current at the reference sites for Scenarios 1 - 4 are shown below in Figure 39.

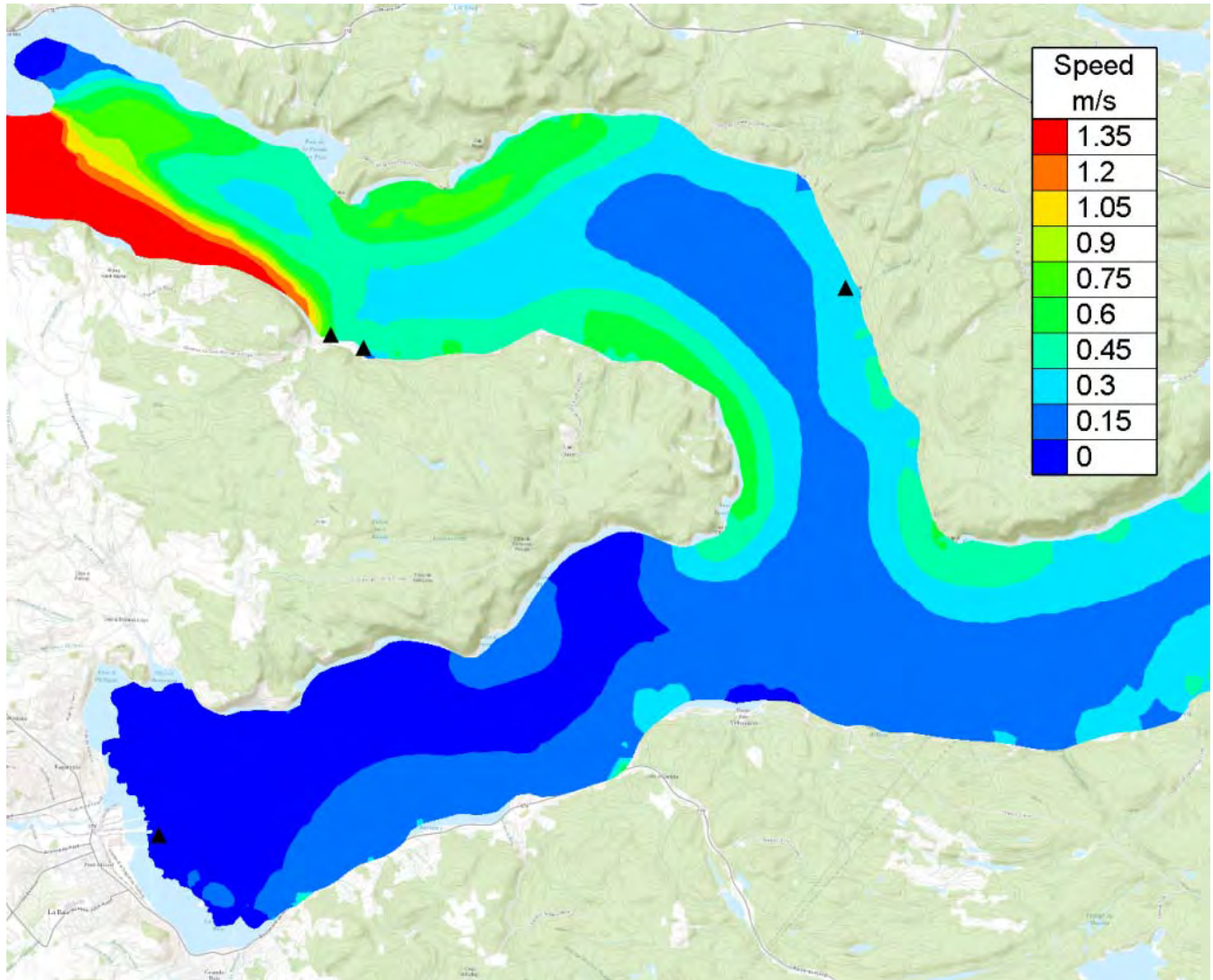


Figure 33: Maximum surface current speed for Scenario 1.

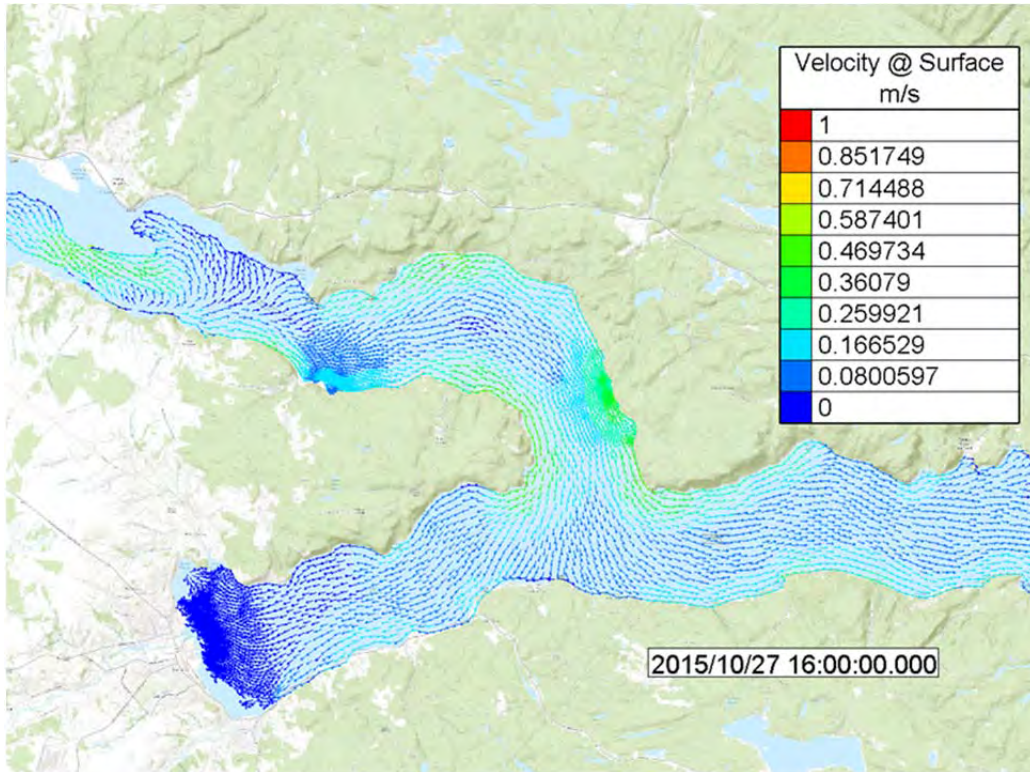


Figure 34: Surface current during a Spring flood tide for Scenario 1.

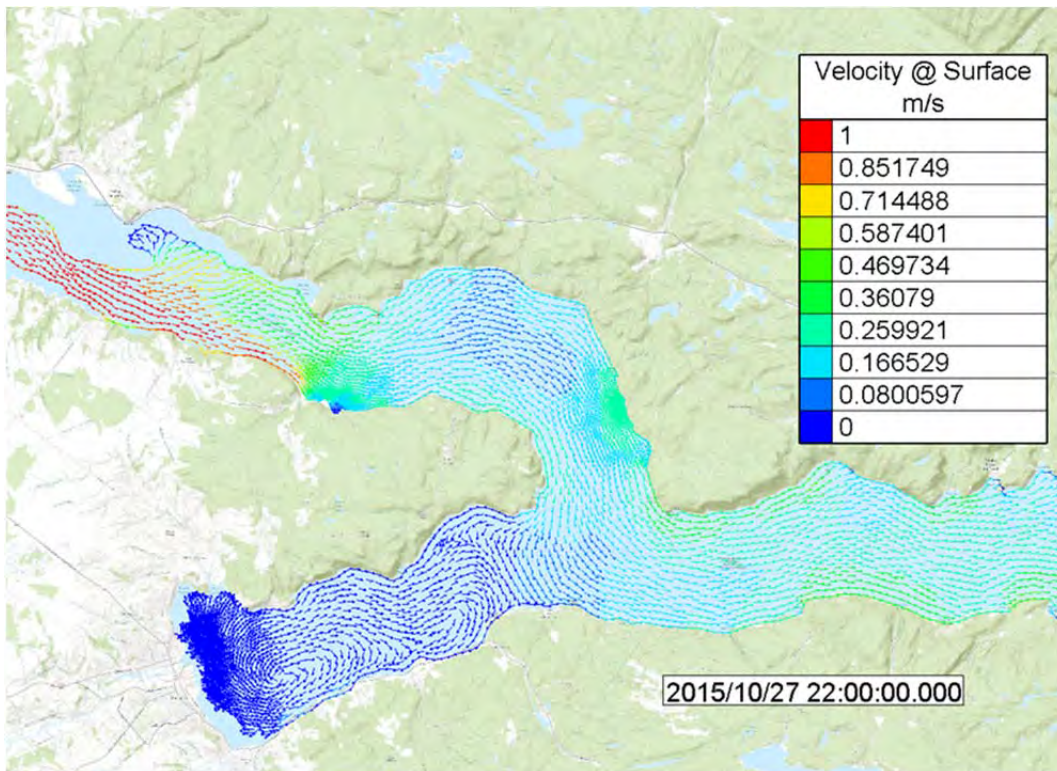


Figure 35: Surface current during a Spring ebb tide for Scenario 1.

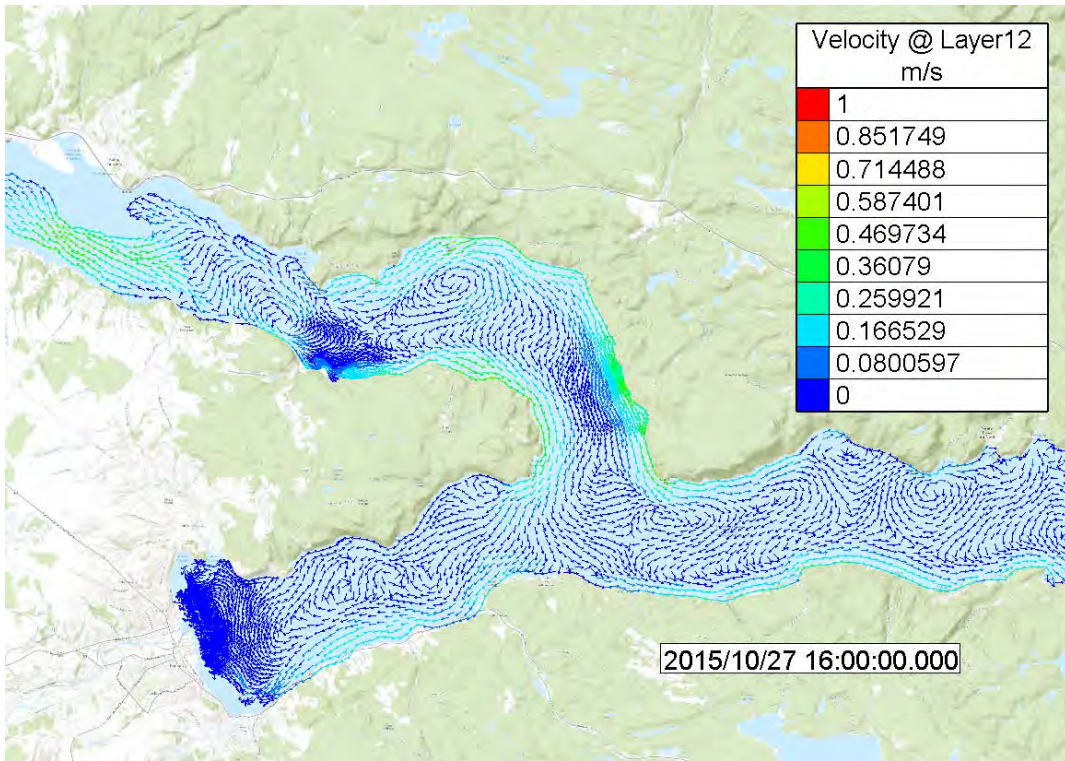


Figure 36: Mid-depth current during a Spring flood tide for Scenario 1.

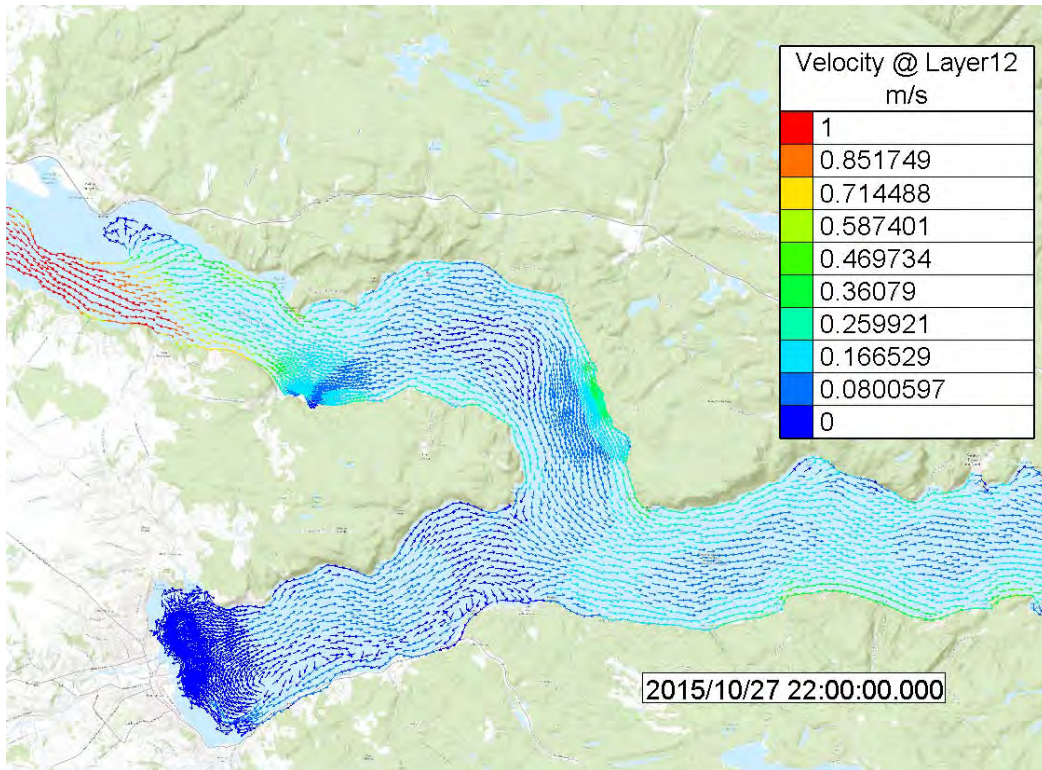
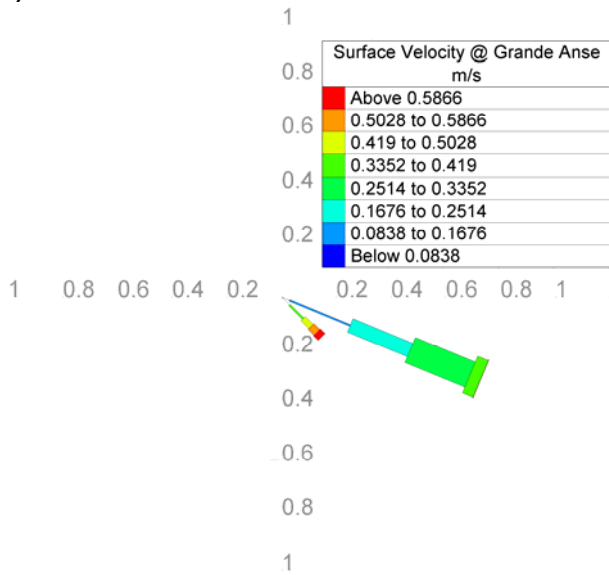
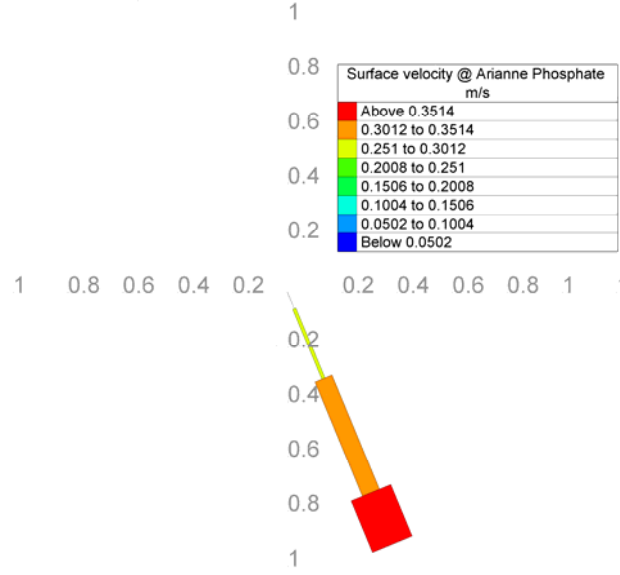


Figure 37: Mid-depth current during a Spring ebb tide for Scenario 1.

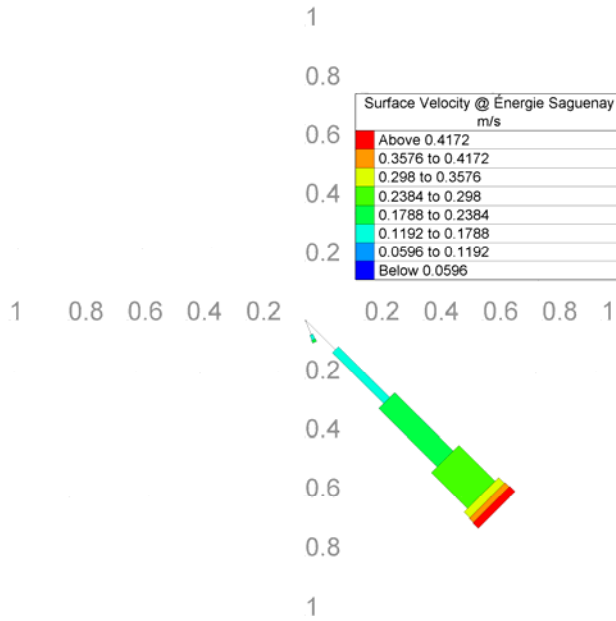
a) GA



b) AP



c) ES



d) PA

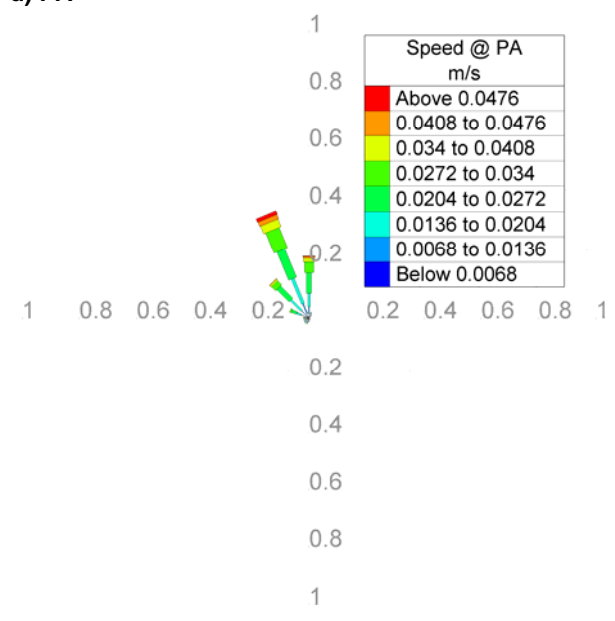


Figure 38: Surface current velocity rose at reference sites GA, AP, ES and PA for Scenario 1.

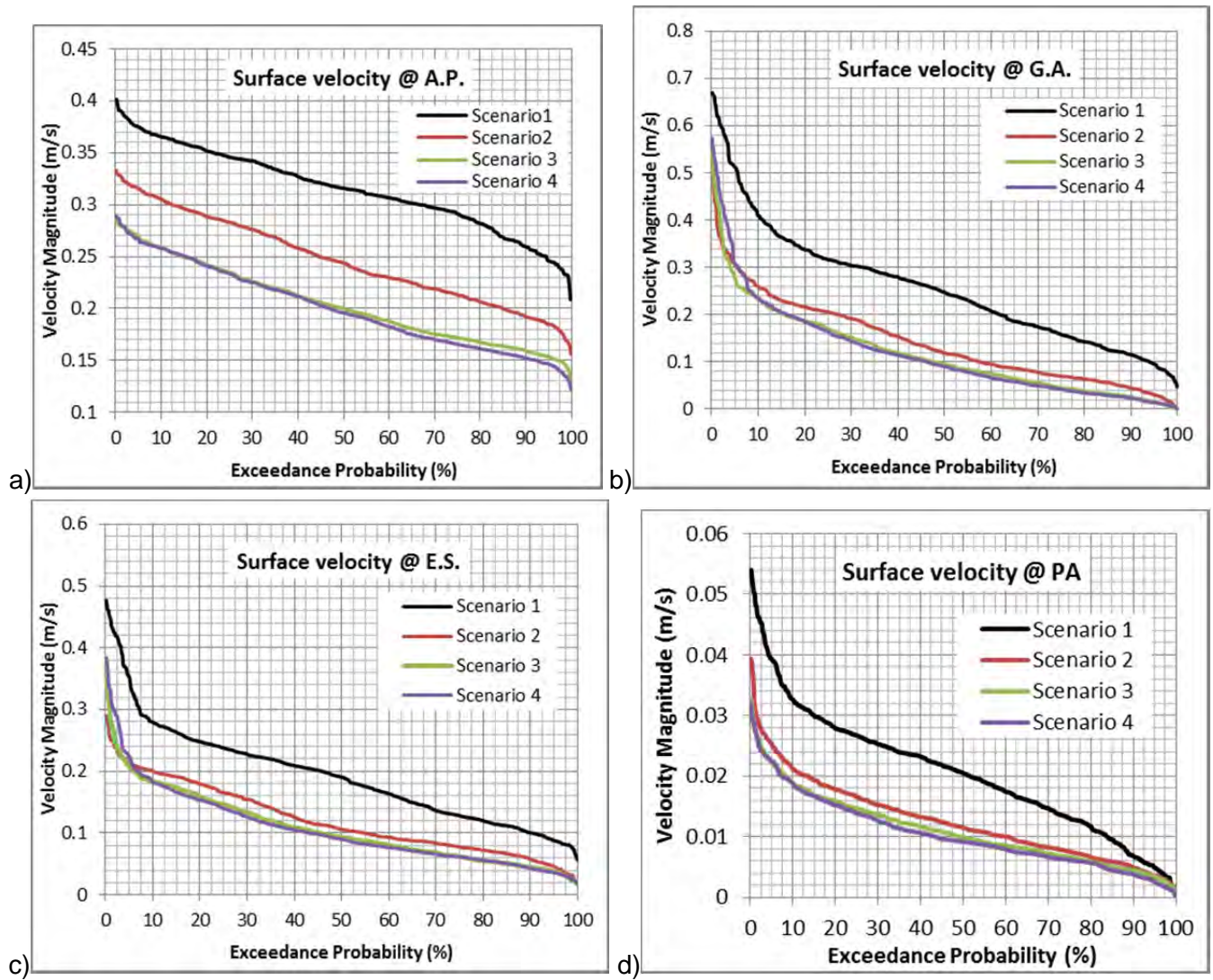


Figure 39: Exceedance probability curves for surface current velocity at reference sites AP, GA, ES and PA, Scenario 1-4.

## Scenario 2

Scenario 2 represents conditions when freshwater inflows to the fjord are 1,907 cms, the maximum freshwater inflow recorded during the month of March. The model outputs for Scenario 2 are presented below in Figure 40 - **Error! Reference source not found.** Exceedance probability curves describing the speed of the surface current at the reference sites for Scenarios 1 - 4 are shown above in Figure 39.

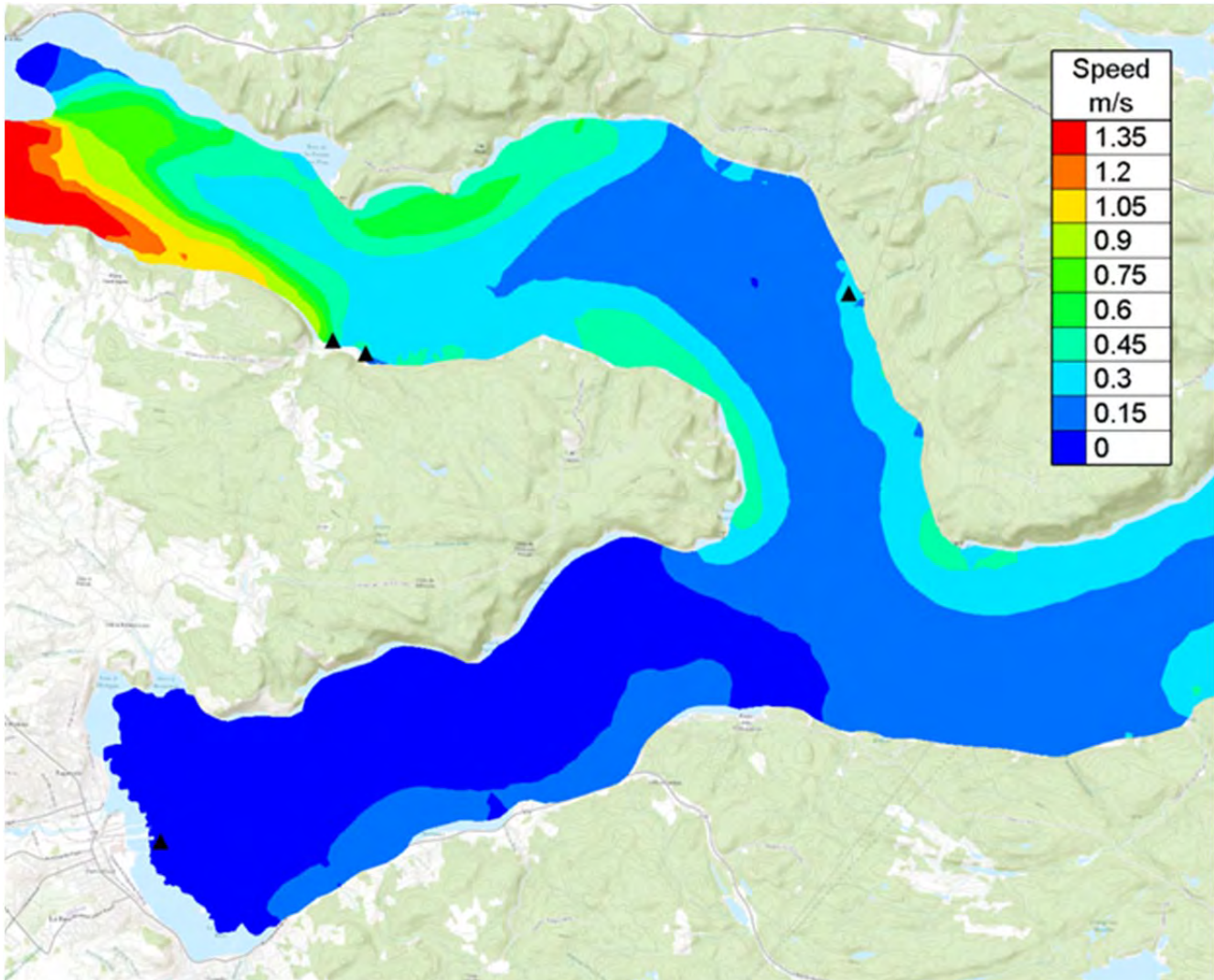


Figure 40: Maximum surface current speed for Scenario 2.

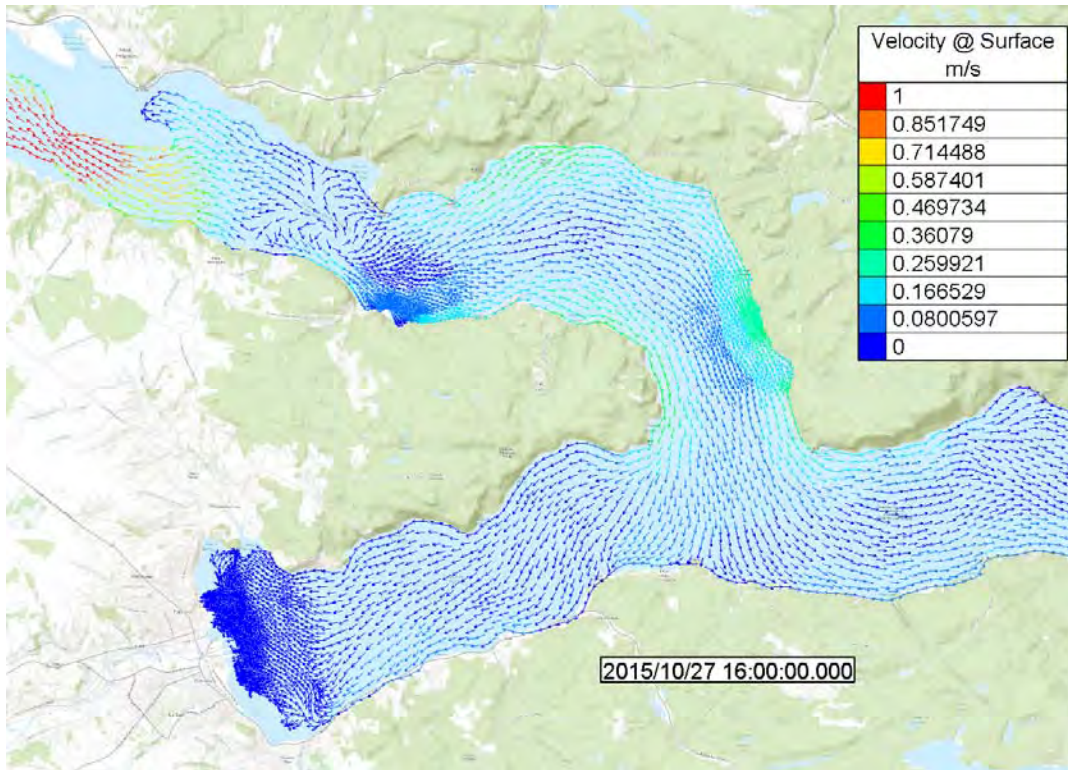


Figure 41: Surface current during a Spring flood tide for Scenario 2.

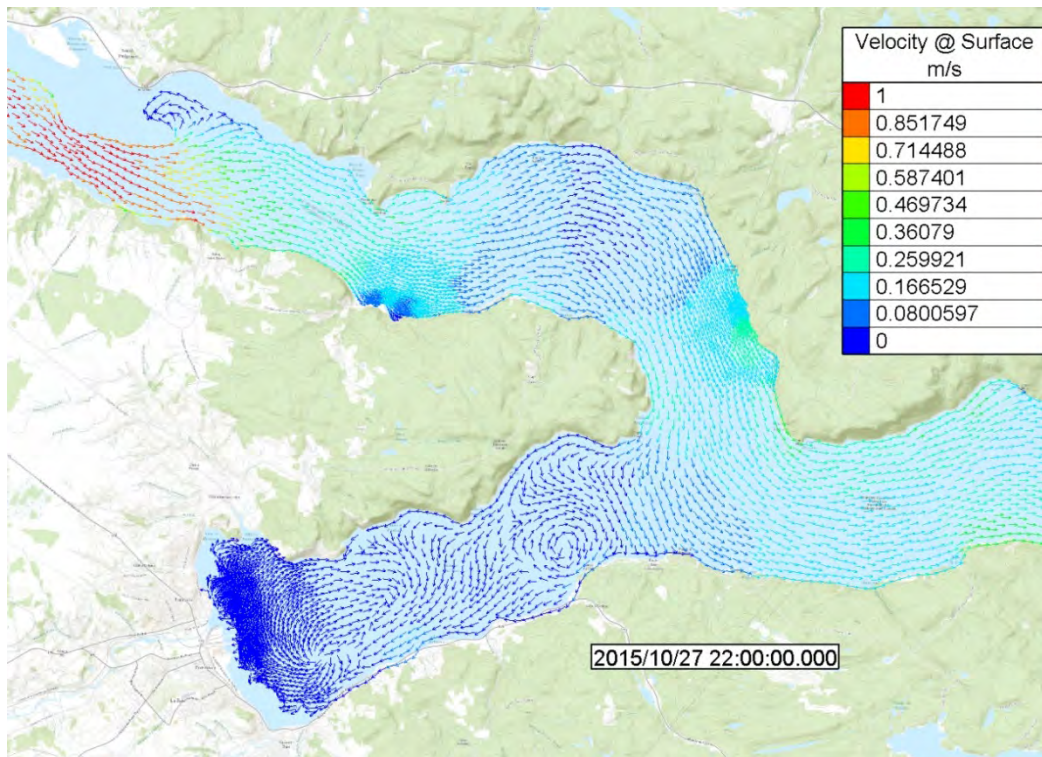


Figure 42: Surface current during a Spring ebb tide for Scenario 2.

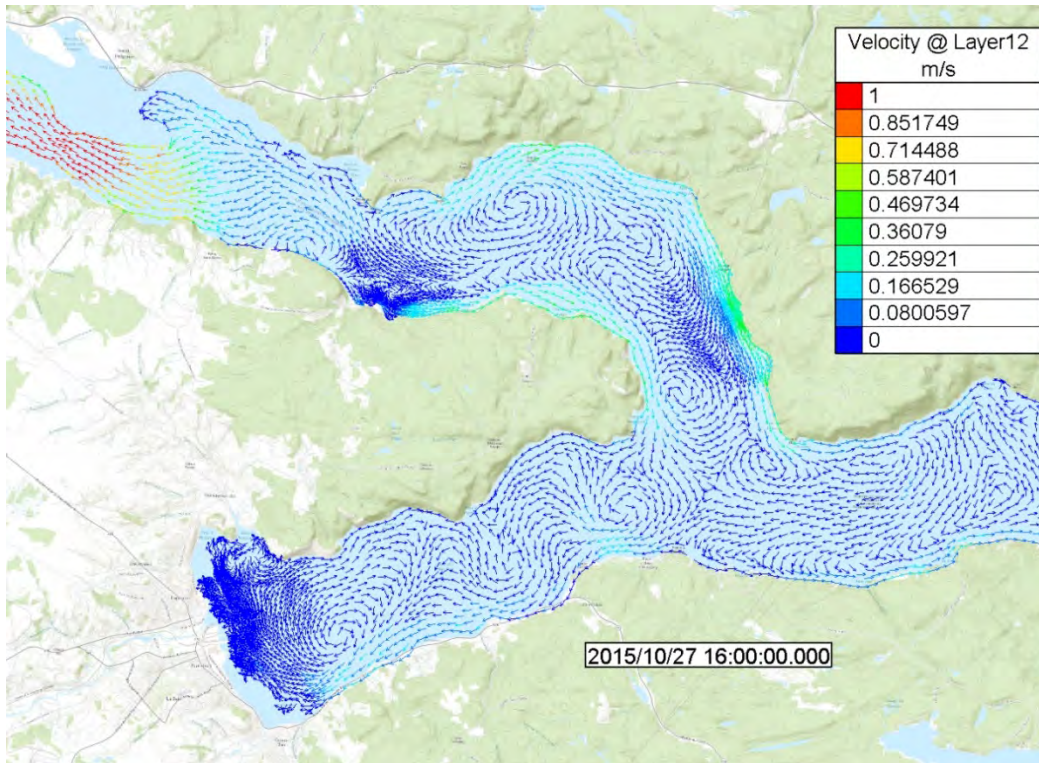


Figure 43: Mid-depth current during a Spring flood tide for Scenario 2.

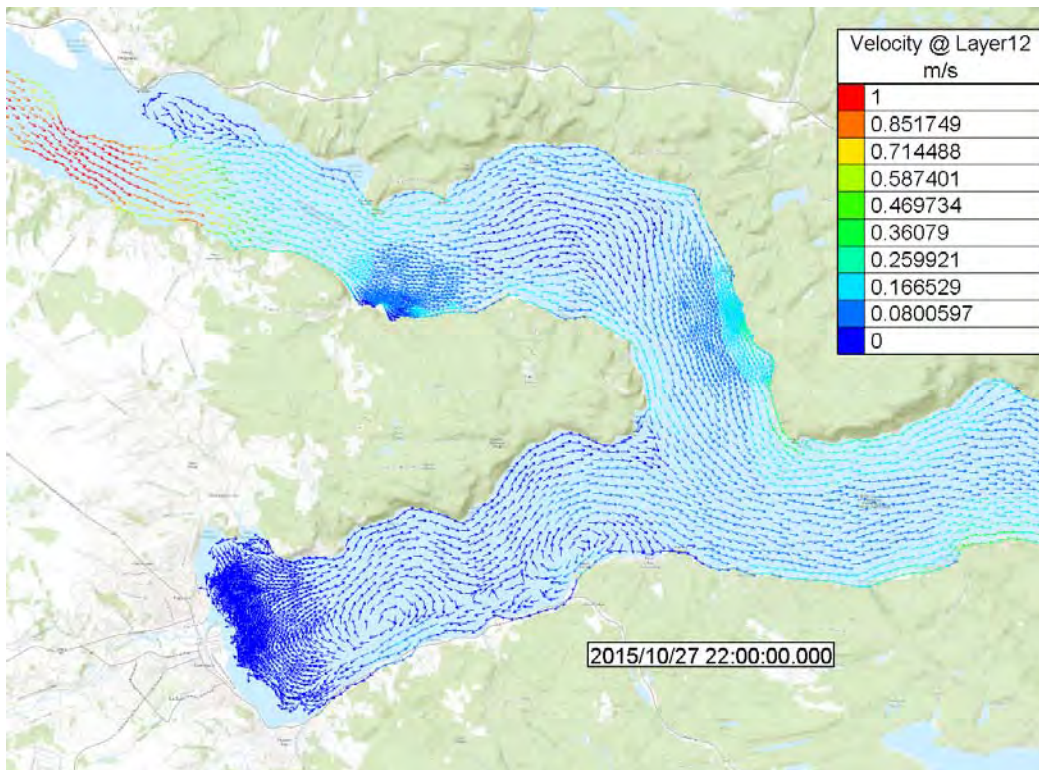
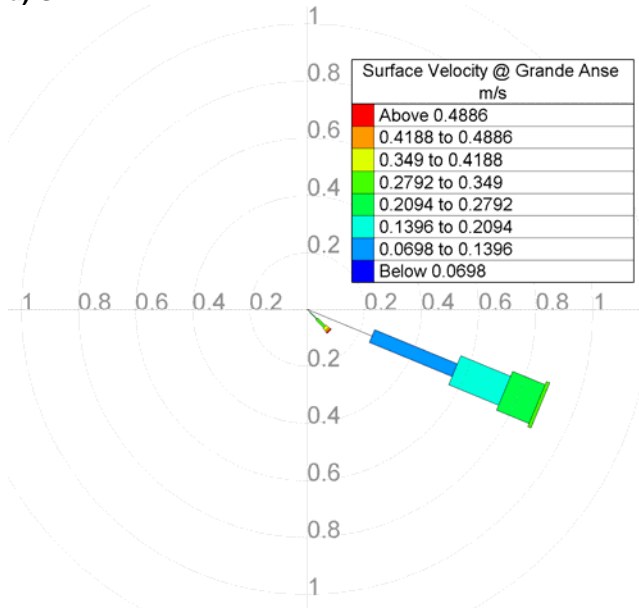
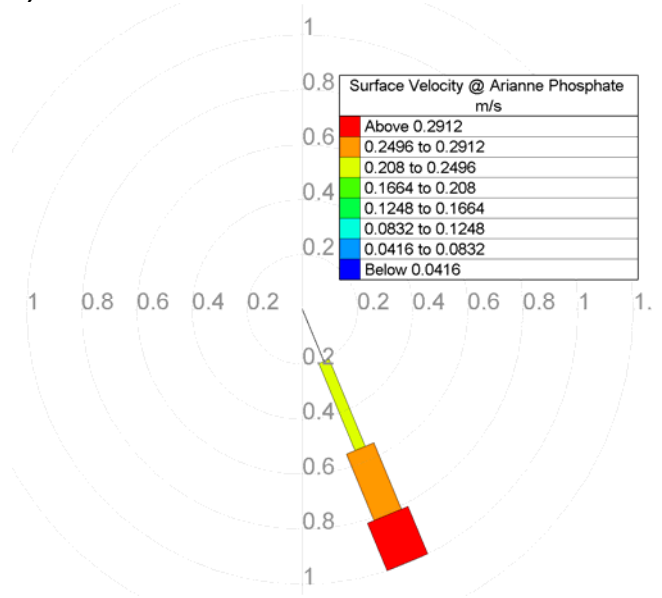


Figure 44: Mid-depth current during a Spring ebb tide for Scenario 2.

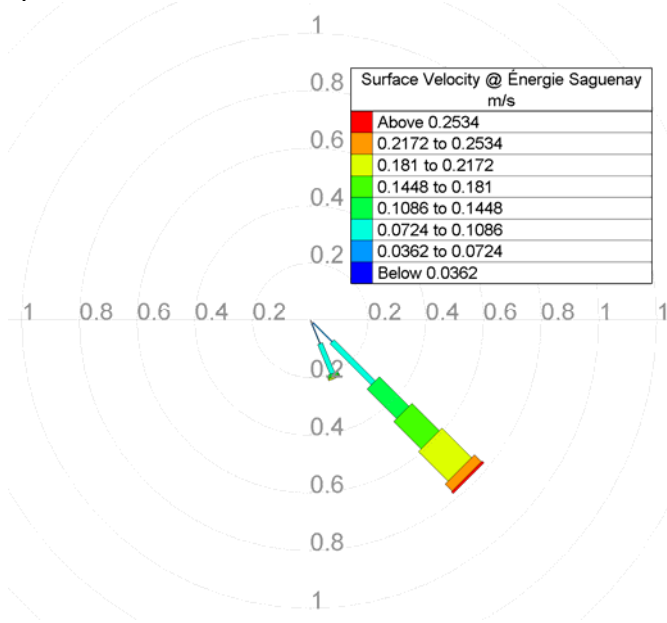
a) GA



b) AP



c) ES



d) PA

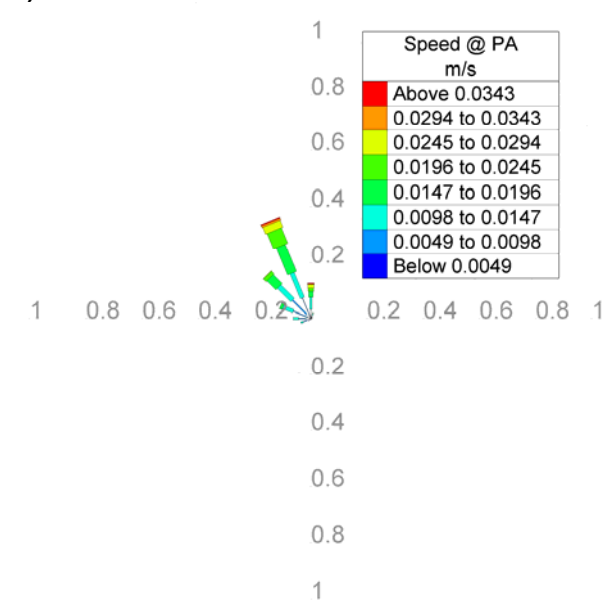


Figure 45: Surface current velocity rose at reference sites GA, AP, ES and PA for Scenario 2.

### Scenario 3

Scenario 3 represents conditions when freshwater inflows to the fjord are 1,244 cms, the average freshwater inflow recorded during the month of March. The model outputs for Scenario 3 are presented below in Figure 46 - **Error! Reference source not found.** Exceedance probability curves describing the speed of the surface current at the reference sites for Scenarios 1 - 4 are shown above in Figure 39.

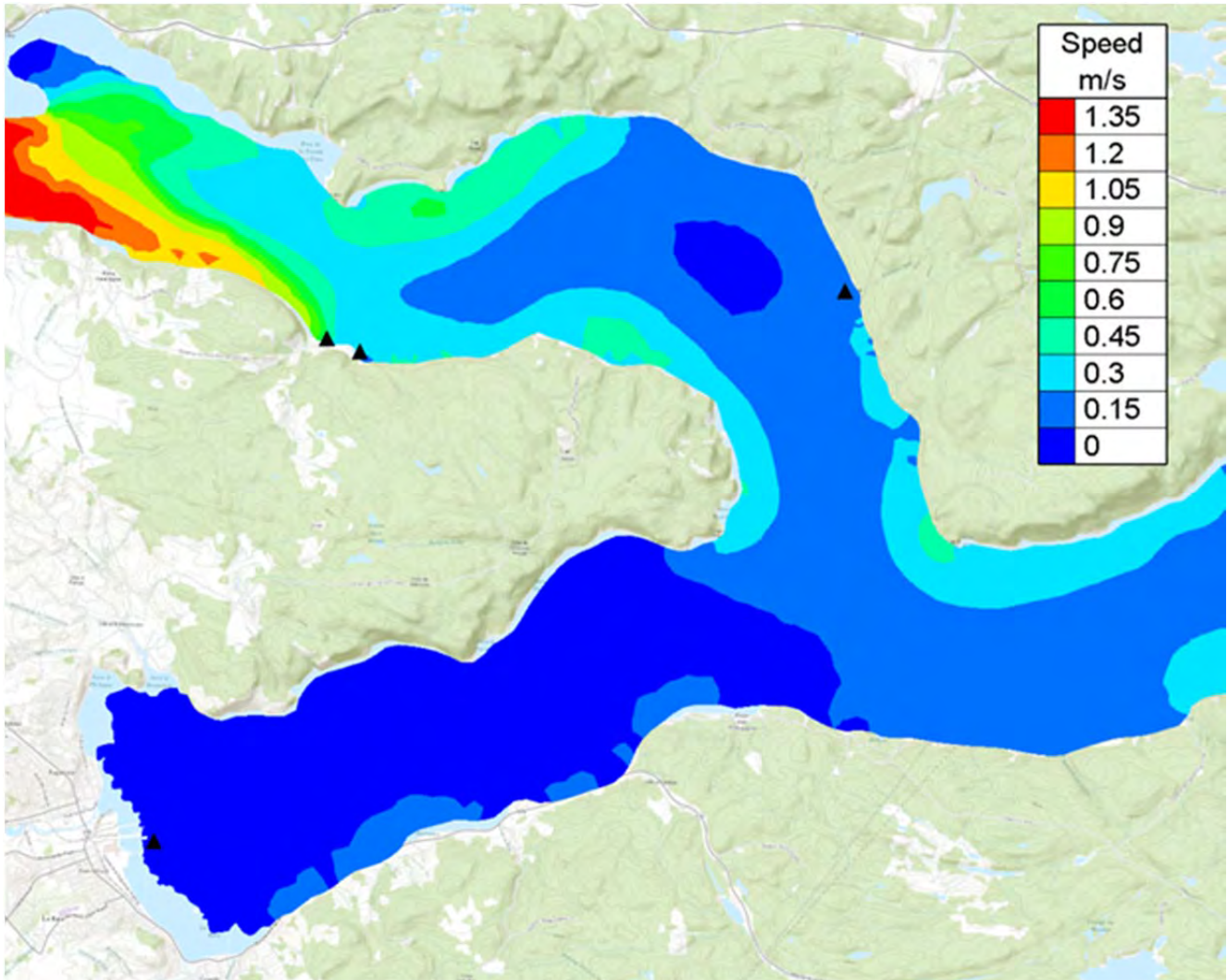


Figure 46: Maximum surface current speed for Scenario 3.

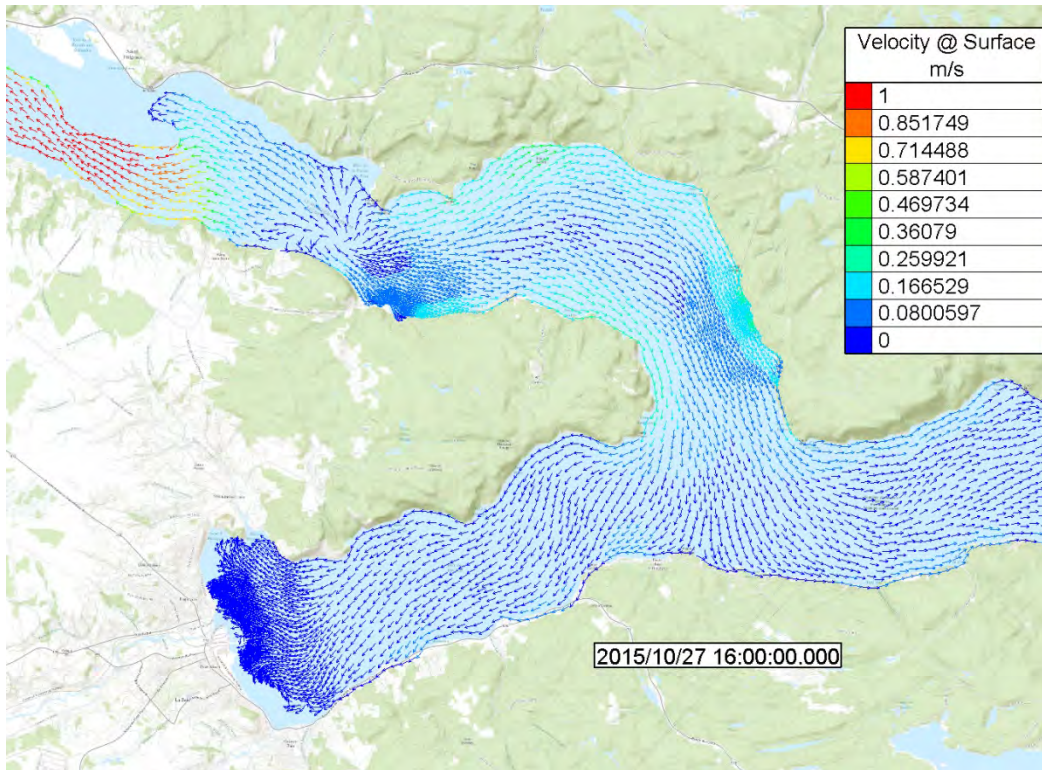


Figure 47: Surface current during a Spring flood tide for Scenario 3.

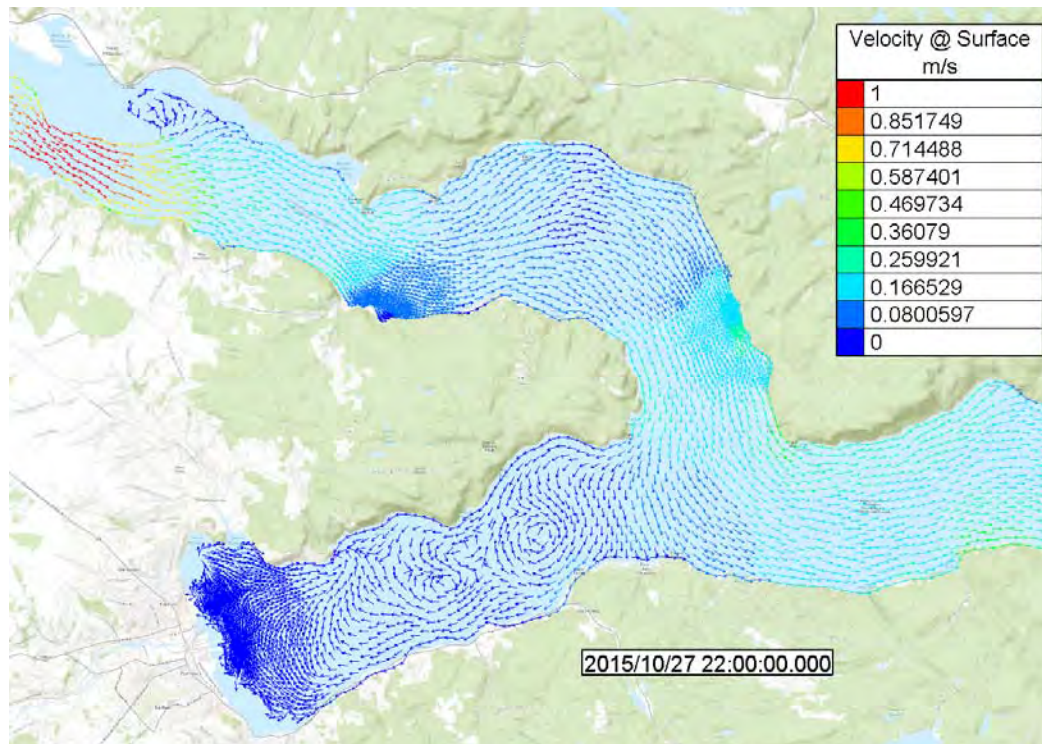


Figure 48: Surface current during a Spring ebb tide for Scenario 3.

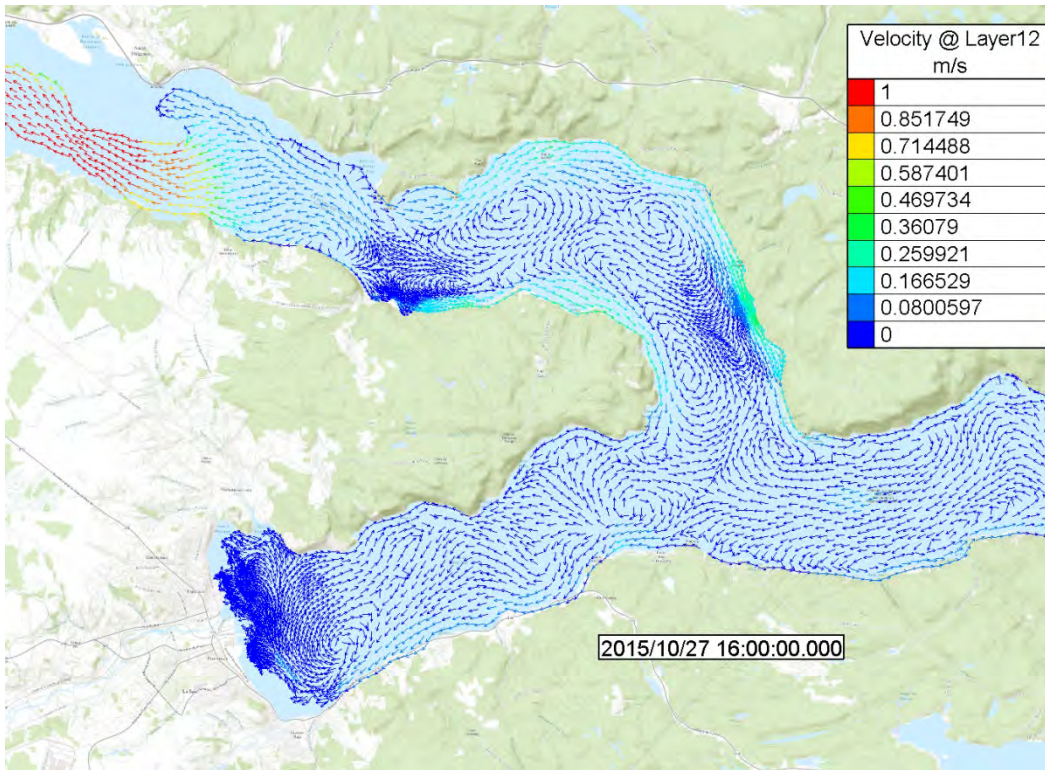


Figure 49: Mid-depth current during a Spring flood tide for Scenario 3.

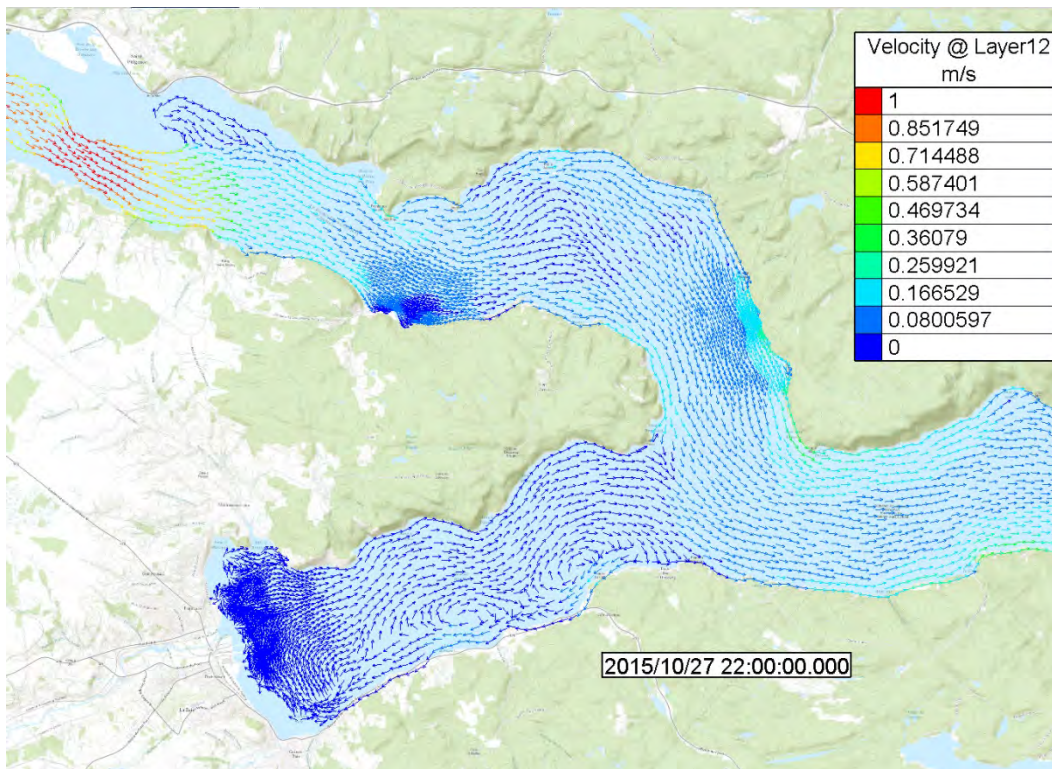
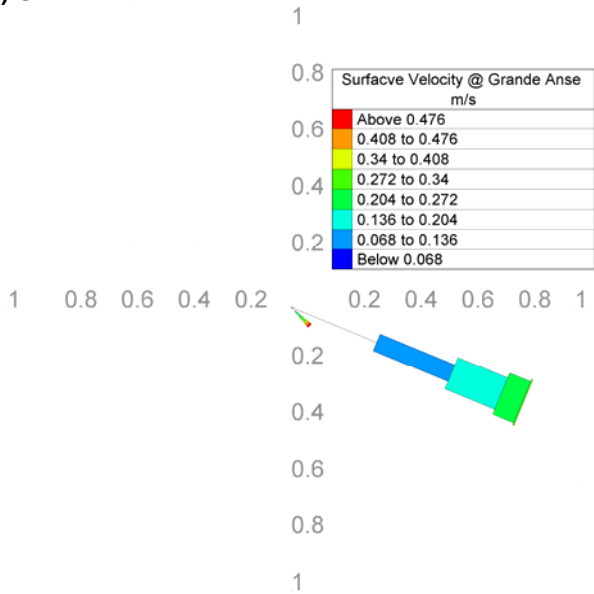
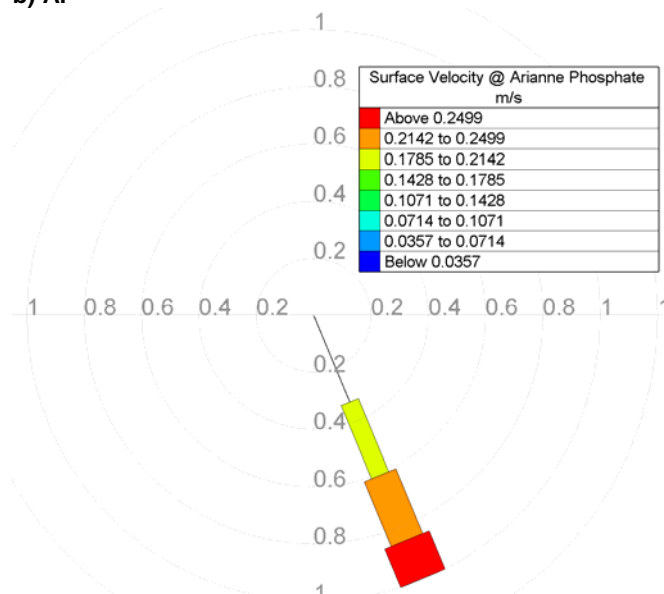


Figure 50: Mid-depth current during a Spring ebb tide for Scenario 3.

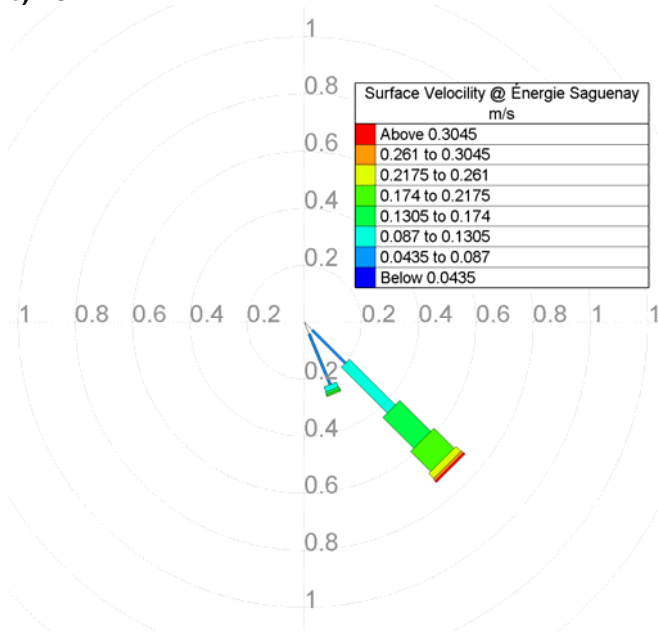
a) GA



b) AP



c) ES



d) PA

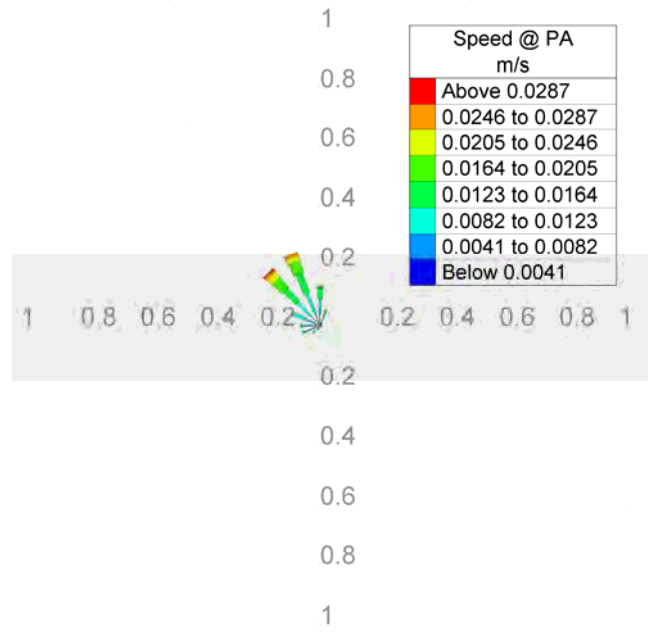


Figure 51: Surface current velocity rose at reference sites GA, AP, ES and PA for Scenario 3.

## Scenario 4

Scenario 4 represents conditions during the second half of October 2015 when freshwater inflows to the fjord are 1,120 cms. The model outputs for Scenario 4 are presented below in Figure 52 - Figure 57. Exceedance probability curves describing the speed of the surface current at the reference sites for Scenarios 1 - 4 are shown above in Figure 39.

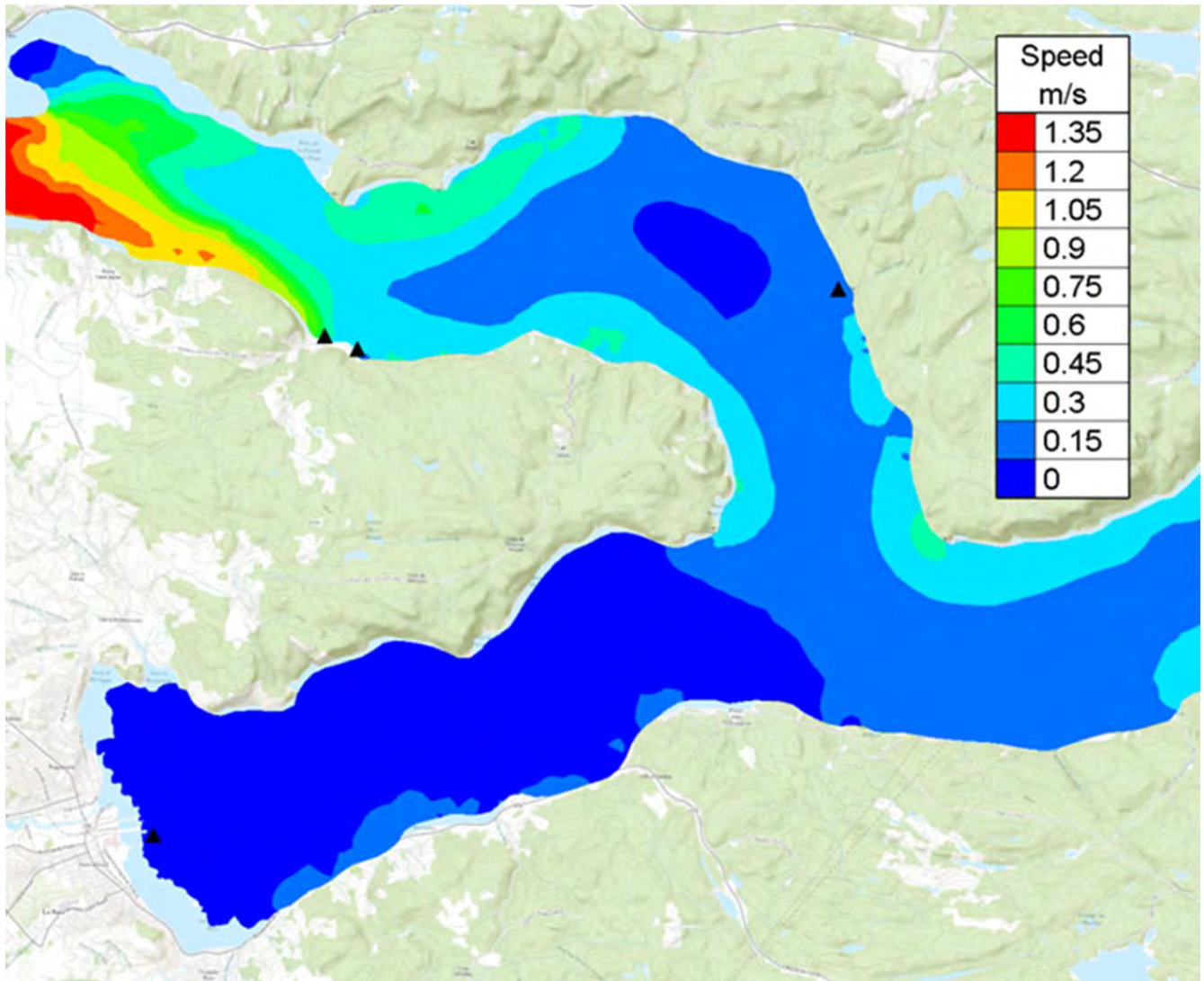


Figure 52: Maximum surface current speed for Scenario 4.

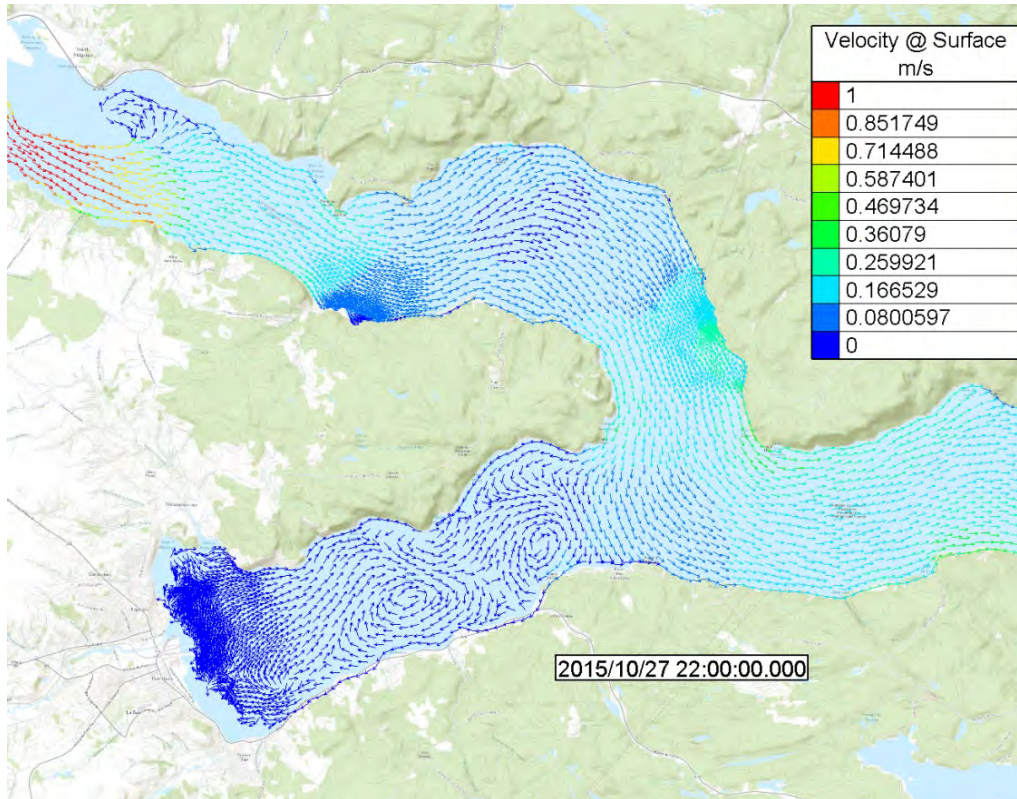


Figure 53: Surface current during Spring flood tide for Scenario 4.

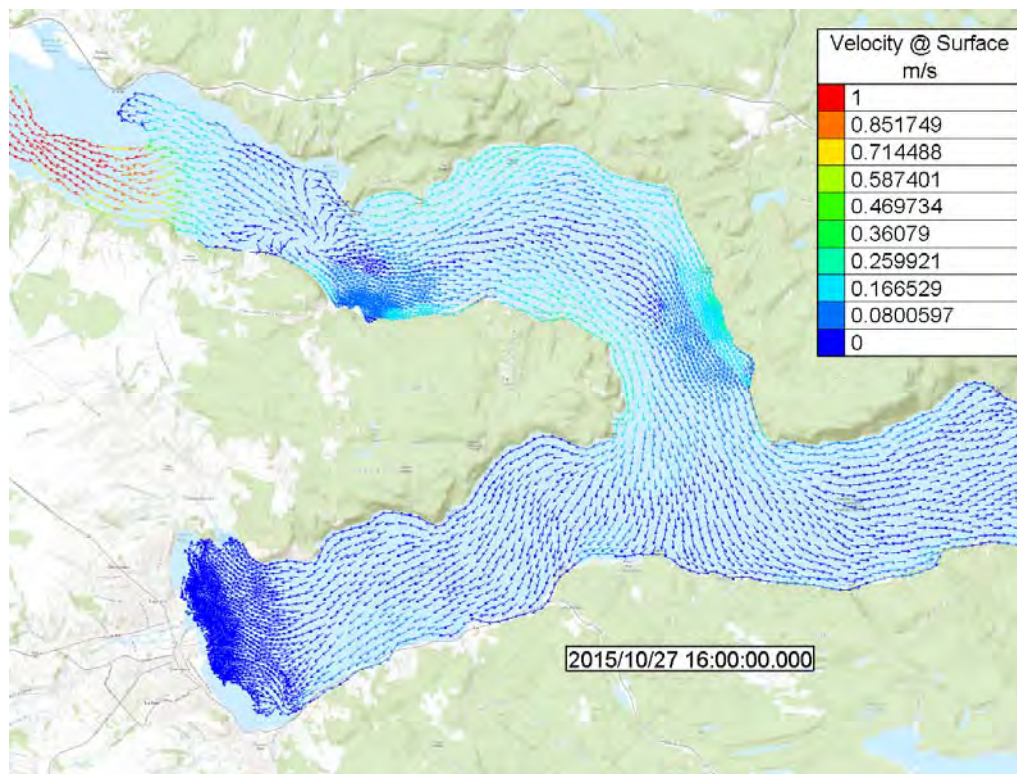


Figure 54: Surface current during Spring ebb tide for Scenario 4.

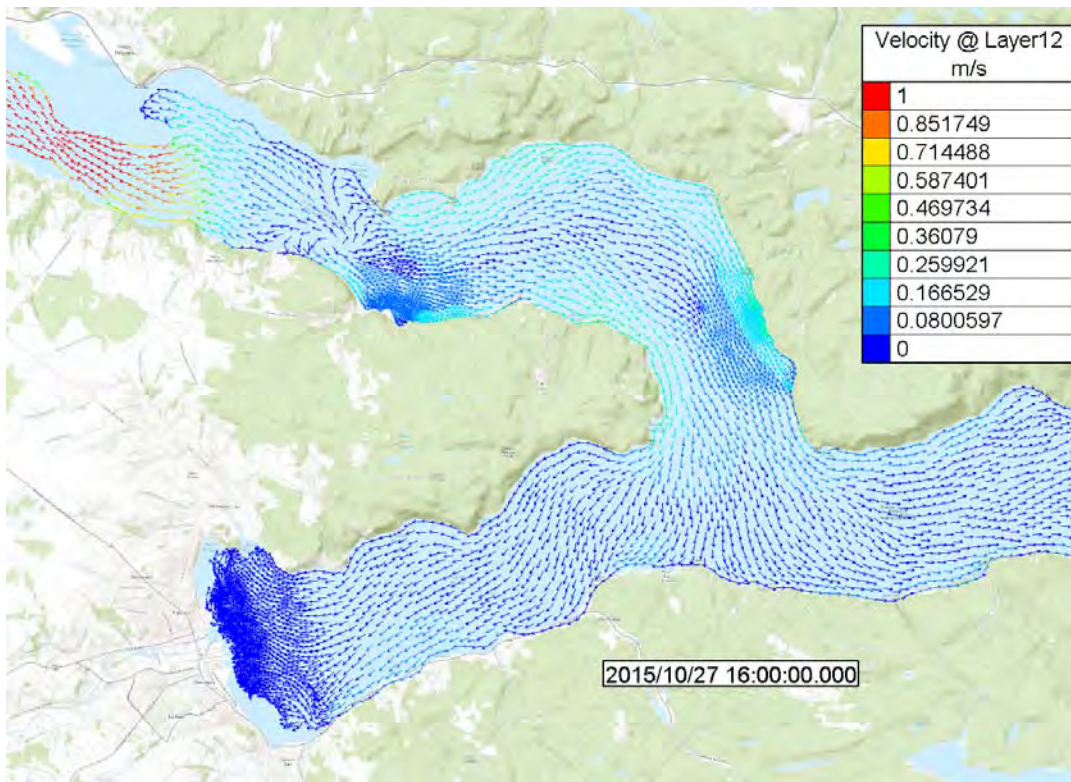


Figure 55: Mid-depth current during Spring flood tide for Scenario 4.

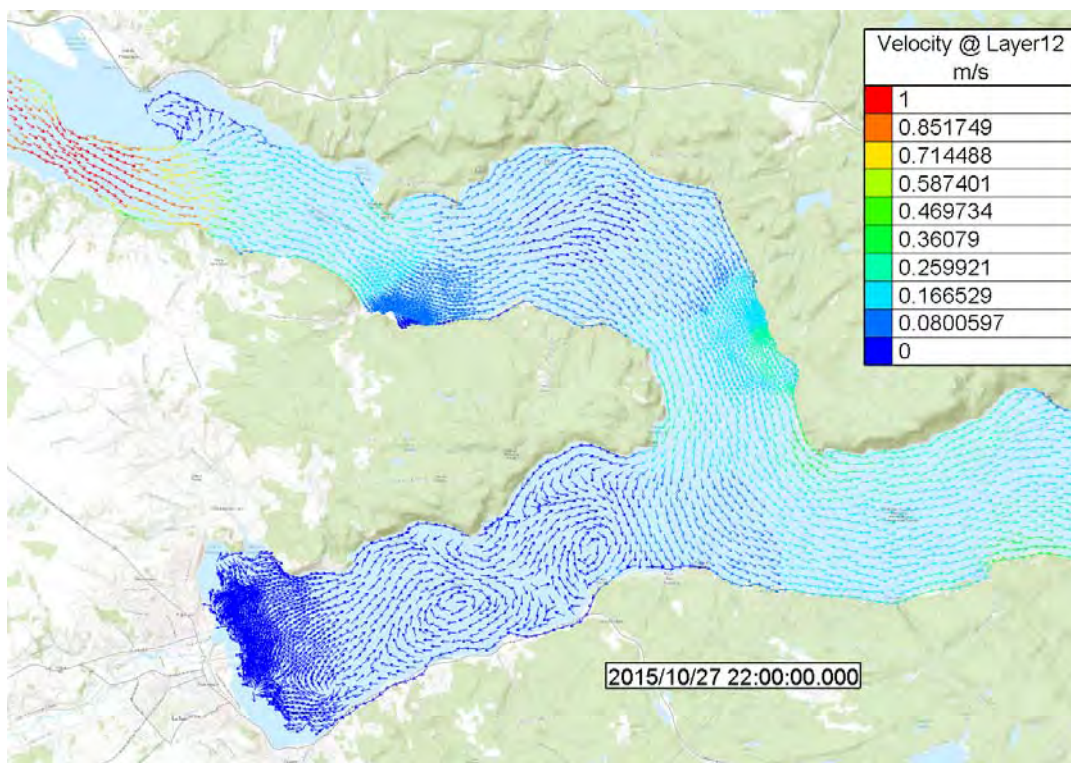
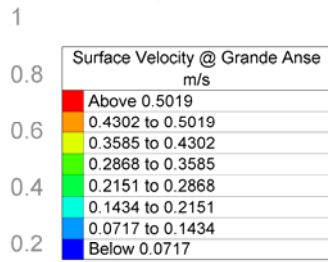
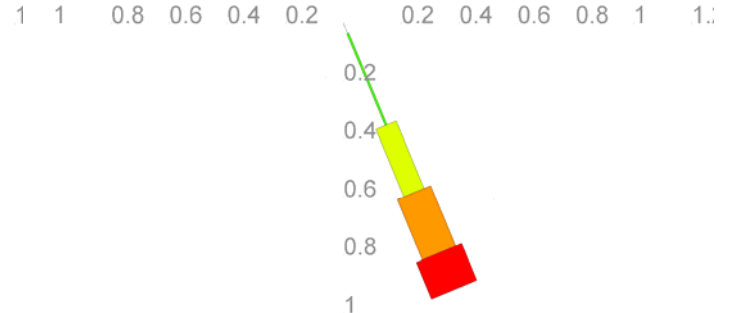
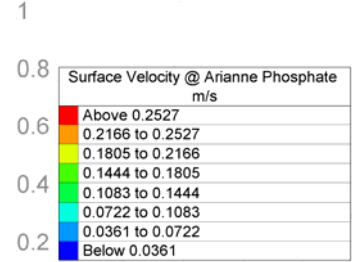


Figure 56: Mid-depth current during Spring ebb tide for Scenario 4.

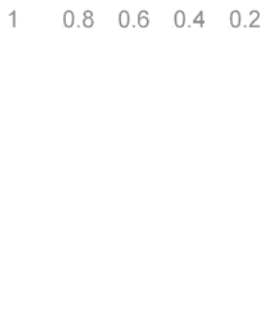
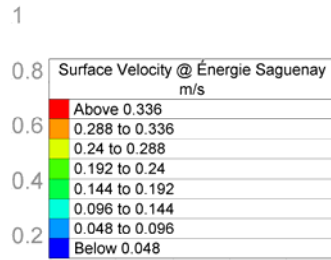
a) GA



b) AP



c) ES



d) PA

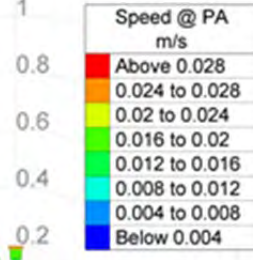


Figure 57: Surface current velocity rose at reference sites GA, AP, ES and PA for Scenario 4.

## References and Bibliography

- Arctec Canada Ltd., 1980. *Ice Conditions at a Proposed Dock Site at Grande Anse, Saguenay River*. Report to the SNC Group.
- Bourgault, D., Galbraith, P., Winkler, G., 2011. Exploratory Observations of Winter Oceanographic Conditions in the Saguenay Fjord. *J. ATMOSPHERE-OCEAN* 50 (1) 2012, 17–30.
- De Vernal, A., St-Onge, G., Gilbert, D., 2011. Oceanography and Quaternary geology of the St. Lawrence Estuary and the Saguenay Fjord. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 14 (2011).
- Faure, T., 2008. *Modelisation numerique bidimensionnelle de la Riviere Saguenay pour evaluer l'energie cinetique des courants*. National Research Council Canada Report CHC-CTR-080.
- Foreman, M.G.G., 1977. Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, B.C., 58 pp. (2004 revision).
- Hervouet, J-M, 2007. *Hydrodynamics of Free Surface Flows: Modelling with the Finite Element Method*. Wiley Scientific. 360 pages.
- Kubat, I., Watson, D. and Sayed, M. (2011). "Characterization of Pressured Ice Threat to Shipping", *Proc. 21st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions (POAC)*, 2011, Montreal, Canada, pp 11-136.
- National Research Council Canada (NRC), 2006. *AnemoScope Reference Guide*. 55 pages.
- PORTHA, 2015. New Wharf Site Selection.
- Savage, S.B. (2008). "Two Component Sea-Ice Thickness Redistribution Model," *Cold Regions Science and Technology*, Vol.51, Issue 1, pp 20-37.
- Sayed, M., Carrieres, T., Tran, H. and Savage, S.B. (2002). "Development of an operational ice dynamics model for the Canadian Ice Service," *Proc. Int. Offshore and Polar Eng. Conf., ISOPE*, Kitakyushu, Japan , May 26-31, pp 841-848.
- Urgeles, R., Locat, J., Lee, H., Martin, F., 2002. The Saguenay Fjord, Quebec, Canada: integrating marine geotechnical and geophysical data for spatial seismic slope stability and hazard assessment. *J Marine Geology* 185 (2002) 319-340.
- Yu, W., Benoit, R., Girard, C., Glazer, A., Lemarquis, D., Salmon, J.R., and Pinard, J.P., 2006. Wind Energy Simulation Toolkit (WEST): A wind mapping system for use by wind energy industry, *J. Wind Engineering*, 01/2006.



# Annexe C

**RAPPORT DE L'ANALYSE DES VENTS DU CNRC RAPPORT SUR LES  
COURANTS DU CNRC**



# Assessment of wind on the Saguenay fjord region

Letter Report #1 - February 25<sup>th</sup>, 2016  
Prepared for: Saguenay Port Authority  
Prepared by: NRC-OCRE

---

## Introduction:

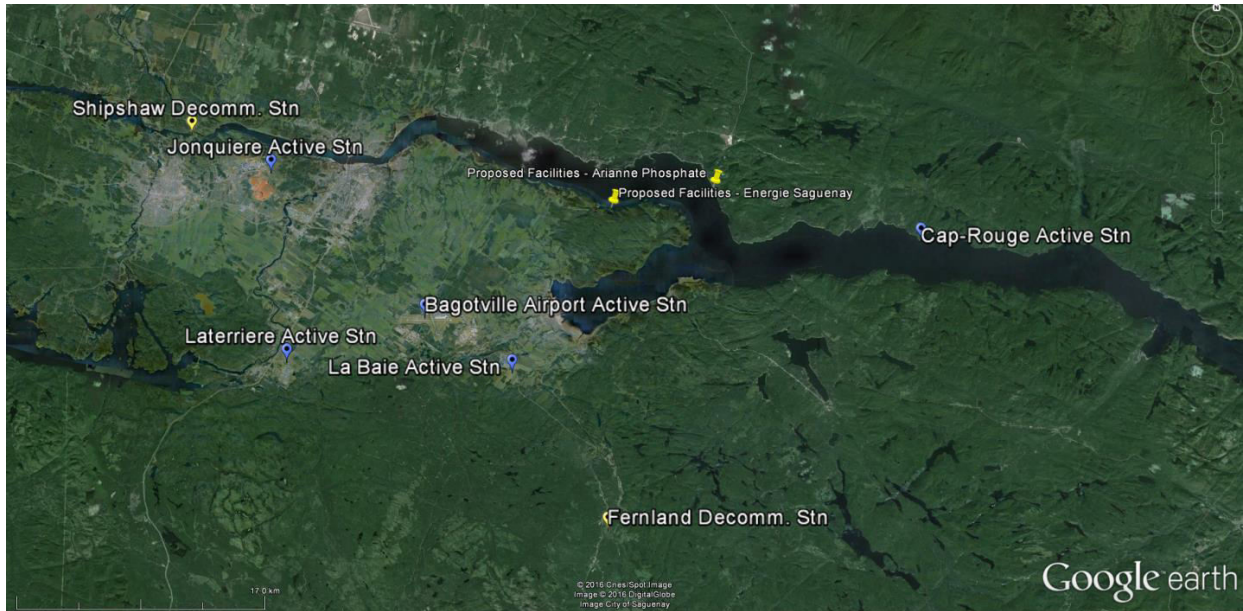
The wind conditions in the region surrounding the proposed port locations have been investigated through two different approaches. The first approach involves analysis of historical observed data and the second approach involves numerical simulation of wind fields for a few selected steady state conditions. These two approaches and the results that have been obtained are summarized in what follows.

Note: Direction convention for wind direction: a 90 degrees wind is a wind blowing from east towards west.

## Wind conditions based on observations:

Nearly real time hourly surface wind conditions (up to yesterday) are accessible for five locations relevant to the region of interest. The data is available through Environment Canada's Climate web page. The five locations are shown on Figure 1 (blue balloons). Some of the five locations have a summary of their climate normal which lists long term wind and gust information for each month of the year. Environment Canada also provides long term climate normals for some other locations in the region where recording of climate states has stopped sometimes in the past. Two of these decommissioned climate stations are also shown in the Figure (yellow balloons).

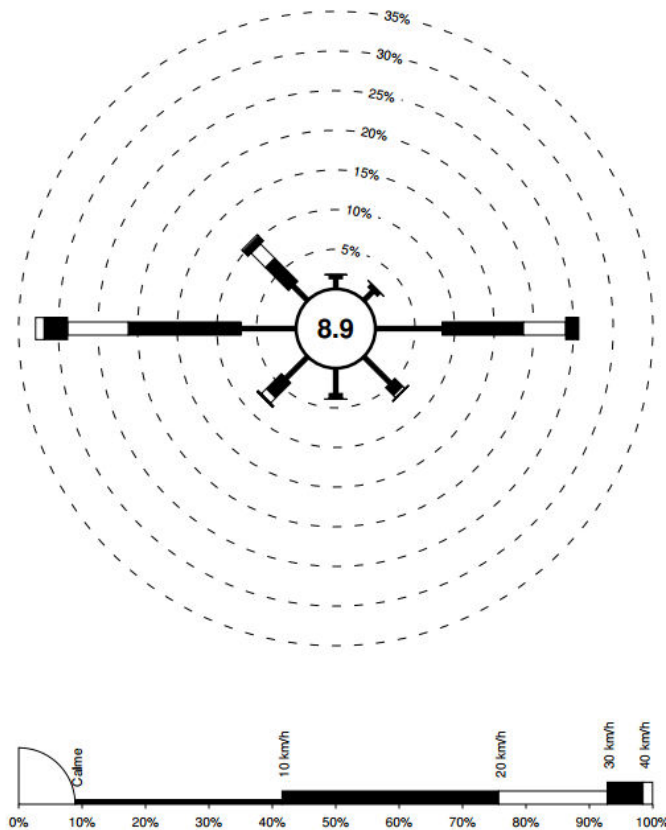
Among the climate stations shown in Figure 1, two stations were selected for this analysis based on their proximity to the sites of interest and the availability of more recent wind data.



**Figure 1. Locations of some of the active and decommissioned climate stations in the Saguenay region. Yellow balloons denote decommissioned climate stations and blue balloons denote active climate stations**

### *Bagotville Airport Wind Climate:*

Figure 2 shows the annual wind rose for the Bagotville airport calculated based on historical data of 1971-2000. Note that the wind roses in this document do not contain information about short-lived low frequency extreme winds (gusts) but reflect sustained winds with durations over one minute to an hour averaged observations.



Environnement Canada Environment Canada  
Région du Québec Quebec region

**Figure 2. Bagotville Airport annual wind rose based on observed 1971-2000 data**

More than half of the time, the surface wind is blowing from either east or west. The next dominant wind direction is NW (10% of total observations). The magnitude of E, W and NW winds can exceed 40 km/h (this is not easily seen for E and NW directions in Figure 1). Monthly wind roses for this location are provided in the appendix.

Table 1 provides a detailed summary of monthly wind conditions at Bagotville airport for the same 1971-2000 period. Based on the table, the maximum recorded hourly wind speeds are approximately 4.9 times larger than the monthly average. Wind gust speeds are approximately 7.4 times larger than monthly average wind speeds.

**Table 1. Summary of monthly wind condition for Bagotville Airport for the 1971-2000 period. The table is taken from Environment Canada's Climate Normals web page.**

1971 to 2000 Canadian Climate Normals station data

Wind												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<b>Speed (km/h)</b>	15.5	15.4	16.5	16.5	15.0	13.1	11.5	10.9	12.7	14.0	15.2	15.0
<b>Most Frequent Direction</b>	W	W	W	E	E	E	W	W	E	E	W	W
<b>Maximum Hourly Speed (km/h)</b>	72	80	72	71	72	68	56	61	63	63	76	<b>80</b>
<b>Date (yyyy/dd)</b>	1959/05	1953/21	1974/07	1956/16	1953/10	1958/14	1953/31	1980/09	1974/30	1979/06	1957/09	<b>2000/18</b>
<b>Maximum Gust Speed (km/h)</b>	100	106	113	96	106	92	101	93	111	111	113	<b>121</b>
<b>Date (yyyy/dd)</b>	1962/07	1965/25	1966/05	1981/14	1991/12	1965/24	1964/18	1978/13	1964/27	1964/04	1959/14	<b>1956/12</b>
<b>Direction of Maximum Gust</b>	E	E	E	W	W	SW	NW	NW	S	W	SW	W
<b>Date (yyyy/dd)</b>	1962/07	1965/25	1966/05	1981/14	1991/12	1965/24	1964/18	1978/13	1964/27	1964/04	1959/14	1956/12
<b>Days with Winds &gt;= 52 km/h</b>	2.3	1.2	1.9	1.5	0.8	0.7	0.5	0.3	0.8	0.9	1.6	2.3
<b>Days with Winds &gt;= 63 km/h</b>	0.5	0.1	0.6	0.5	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5

Climate normals for Bagotville Airport are also available for the period of 1981-2010 from the same source. Wind conditions for this period are generally similar to the 1971-2000 period. The annual average wind speeds for the more recent period are, however, about 2% more than for the older period.

A third dataset of hourly winds for approximately the last ten years has been retrieved from <http://bagotville.weatherstats.ca/> and analysed. Figure 3 shows the wind rose calculated from the data for this time period. Similar to the wind rose for the 1971-2000 period (Figure 2) the three major wind directions for Bagotville Airport are E, W, and NW. Peak wind speeds are also very similar in the two wind roses.

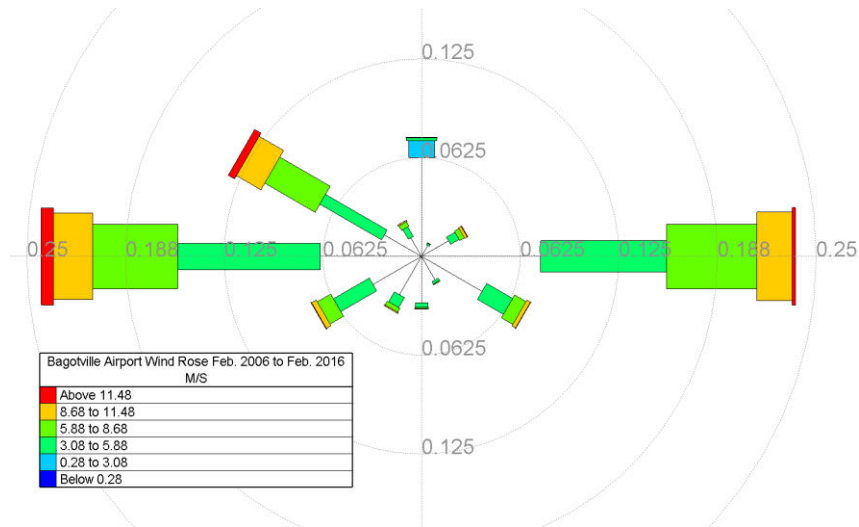


Figure 3. Bagotville Airport annual wind rose based on observed hourly data for 2006-2016 (data from <http://bagotville.weatherstats.ca/>). The wind rose is created by BlueKenue©.

### *Cap-Rouge Wind Climate:*

This climate station is located very close to the edge of Saguenay fjord at 7.3 m elevation. The annual wind rose for this location, based on data for the 1994-2000 period, is reproduced in Figure 4. The wind climate in this location is significantly different from the wind condition at Bagotville Airport discussed above. Based on the annual wind rose, more than 70% of the time the wind direction is either E or NW. The third major wind direction is W (approximately 15% of the time). Hourly wind speeds can exceed 50 km/h along the three major wind directions, while hourly NE winds can exceed 40 km/h. Monthly wind roses for this location are provided in the appendix.

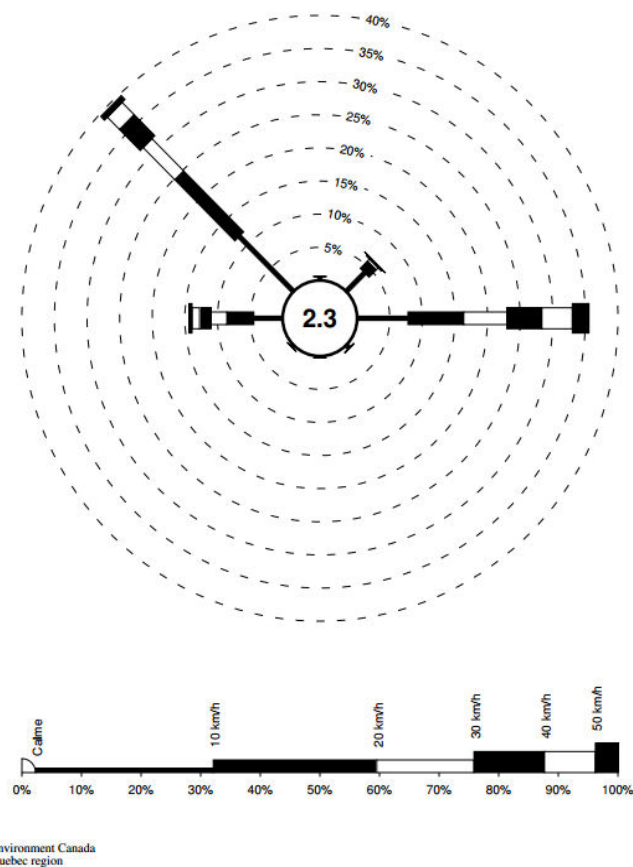


Figure 4. Cap-Rouge annual wind rose based on observed 1994-2000 data

## Extreme wind conditions based on AnemoScope©:

AnemoScope is a computer tool which has been developed collaboratively by the National Research Council of Canada and Environment Canada. The main part of the tool's core is Environment Canada's Mesoscale Community Compressible (MC2) wind model. The MC2 model solves the transient Navier-Stokes equations (governing flow dynamics) in three-dimensions for the compressible and non-hydrostatic case. The model outputs steady state wind conditions in three-dimensions. This model has been successfully employed to generate the Canadian Wind Atlas<sup>1</sup> used to identify potential high-wind energy regions in Canada for the generation of wind-based electricity. The tool has been also validated against observed winds in different regions including the Gaspé Peninsula<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.windatlas.ca/>

<sup>2</sup> Yu, W., Benoit R., Girard, C., Glazer, A., Lemarquis, D., Salmon, J.R., and Pinard, J. (2006) "Wind Energy Simulation Toolkit (WEST): a wind mapping system for use by the wind-energy industry", *Wind Engineering*, 30, pp. 14-33.

The Anemoscope-MC2 model was applied with a 250m by 250m horizontal resolution over a 50km by 50km computational domain centered on the study area. The main steps in setting up the Anemoscope-MC2 model and the resulting predictions of surface winds at the study sites are summarized below.

*Elevation Data:* A high resolution digital elevation model (approximately 30m horizontal resolution) of the region was obtained from the Canadian Digital Elevation Database through Natural Resources Canada’s website<sup>3</sup>. Figure 5 shows the land elevation in the fjord region and the extent of the 50km x 50km computational grid.

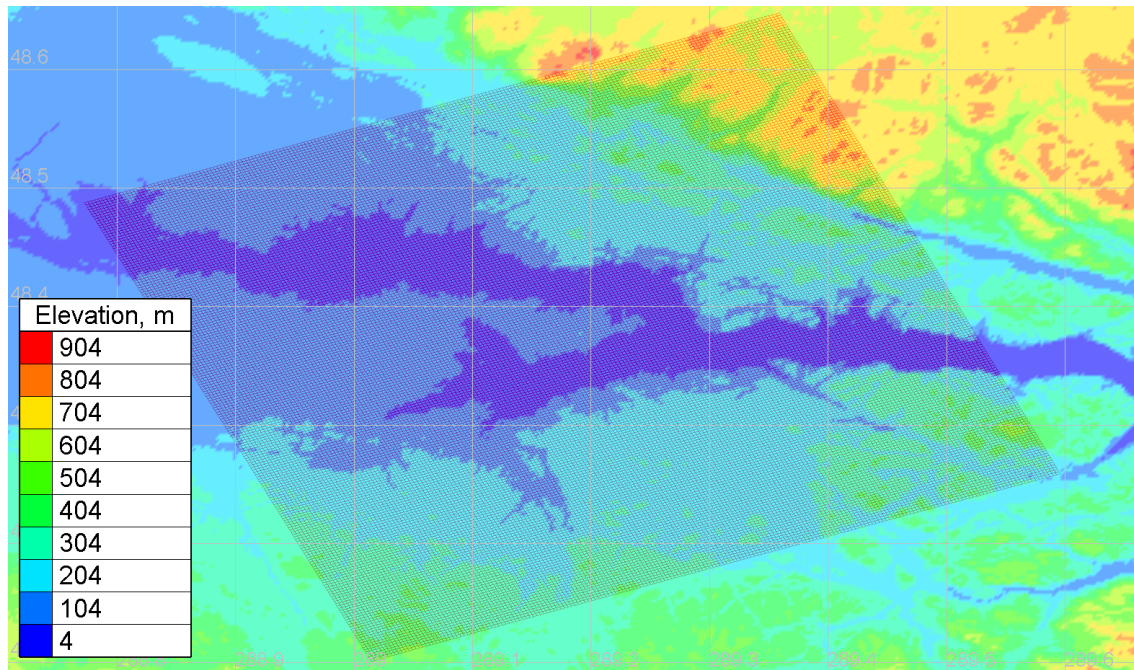


Figure 5. Land elevation in the fjord region and the extent of the computational grid.

*Land Cover Data:* Information on the land cover in the region was based on the Land Cover, circa 2000-Vector (LCC2000-V) data of the Natural Resources Canada<sup>4</sup>. Land cover class ID’s were re-numbering to facilitate input to AnemoScope. Each land cover ID is associated with a roughness length required for the modelling of wind close to the ground. Some of the similar land cover types were combined and totally eleven land cover classes were used to represent the range of surface roughness in the Saguenay fjord region. Table 2 shows the re-numbering and the combination of the original land cover classes to follow the input requirements for AnemoScope, while Table 3 shows the roughness values for each land cover type. Figure 6 shows the spatial distribution of land cover ID’s for the fjord region. The land cover and topography information was mapped onto the computational grid using Anemoscope.

<sup>3</sup> [ftp://ftp2.cits.rncan.gc.ca/pub/geobase/official/cded/50k\\_dem](ftp://ftp2.cits.rncan.gc.ca/pub/geobase/official/cded/50k_dem)

<sup>4</sup> <http://geogratis.gc.ca/>

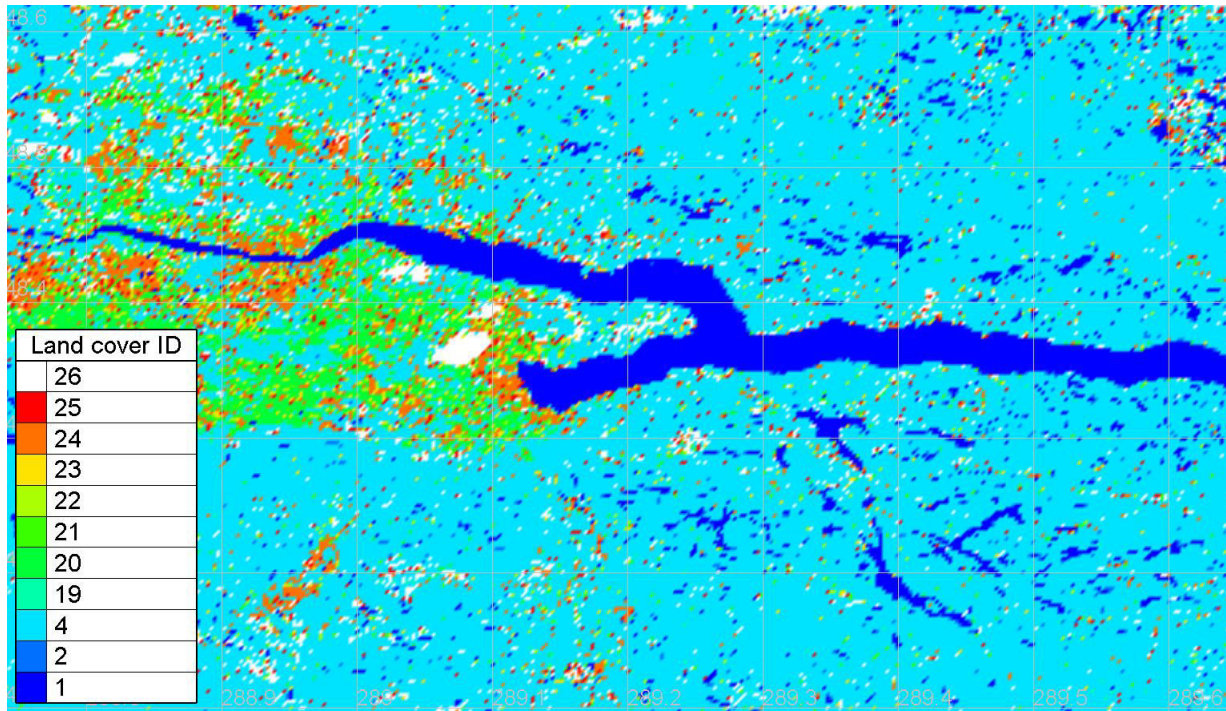


Figure 6. Land cover ID in the fjord region. A large portion of the cover type is modelled as evergreen needle-leaf trees (see Table 3)

Table 2. Cross-walk table for the conversion of the original land cover ID's to the ID's required by AnemoScope.

Original Land Cover ID (LCC2000-V)	Roughness class in Table 3
210	25
33	24
80	23
101, 103, 104	22
34	21
100, 120, 121, 122	20
50, 102	19
200 or higher	4
20	1
31	2
Anything else	26

Table 35. The association of roughness class (land cover ID) to land cover type and roughness length  $z_0$ .

Roughness Class	$z_0$ (m)	Surface description
1	0.001	water
2	0.001	ice
3	0.001	inland lake
4	1.5	evergreen needleleaf tree
5	3.5	evergreen broadleaf tree
6	1	deciduous needleleaf tree
7	2	deciduous broadleaf tree
8	3	tropical broadleaf tree
9	0.8	drought deciduous tree
10	0.05	evergreen broadleaf shrub
11	0.15	deciduous shrub
12	0.15	thorn shrub
13	0.02	short grass and forbs
14	0.08	long grass
15	0.08	arable
16	0.08	rice
17	0.35	sugar
18	0.25	maize
19	0.1	cotton
20	0.08	irrigated crop
21	1.35	urban
22	0.01	tundra
23	0.05	swamp
24	0.05	soil
25	1.5	mixed wood forest
26	0.05	transitional forest

*Climate States*: Horizontal wind vectors and temperature at four different elevations (1500 m, 3000 m, 5500 m and at sea level) are required as boundary conditions of the model. For the present study, the boundary conditions were obtained from a subset of NCEP/NCAR six-hourly wind reanalysis database for 1958-2000 period<sup>5</sup>. This database is available for the globe with 2.5 degrees resolution. The selected subset database is based on an annual statistical analysis of the main database in which wind vectors are binned into 14 wind magnitude, 16 wind direction, and 2 shear (whether the wind magnitude at 1500 m is higher than the sea level magnitude) bins.

Sixteen different climate states (boundary conditions) were selected for detailed simulation (Table 4). Each climate state is associated with the maximum wind speeds at sea level for each of the eight main wind direction categories of N, NE, E, SE, S, SW, W, and NW, for two different shear conditions. The summed frequency of occurrence of all 16 extreme climate states is approximately 0.4%.

<sup>5</sup> This table is borrowed from Pinard, J., Benoit, R., and Yu, W. (2005) "A WEST Wind Climate Simulation of the Mountainous Yukon", *Atmosphere-Ocean*, 43, pp. 259–282.

<sup>6</sup> Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa, A., Reynolds, B., Chelliah, M., Esbiszuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K., C. ROPELEWSKI, Wang, J., Jenne, R., Joseph, D. (1996). "The NCEP/NCAR 40-year Reanalysis project". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77, pp. 437–471.

The simulations were conducted over a 50km x 50km domain discretized into a 250m x 250m rectangular grid with 28 vertical layers. The computational time required for each simulation was approximately three days on a single 3.2GHz processor.

**Table 4. Sixteen modelled extreme climate states. When shear factor is +1, the wind magnitude at 1500 m above the ground is larger than the wind magnitude at the sea level; the shear factor is -1 otherwise. u and v are components of the wind vector and positive when towards east and towards north, respectively.**

Climate State ID in the Subset Dataset	Direction at Sea Level , Deg.	Magnitude at Sea Level , m/s	Shear Factor	Frequency of Occurance , %	u_1.5km , m/s	u_3km , m/s	u_5.5km , m/s	v_1.5km , m/s	v_3km , m/s	v_5.5km , m/s	temperature_SealLevel , K	temperature_1.5km , K	temperature_3km , K	temperature_5.5km , K
ANU1D023C14M	21.159	37.215	-1	0.0571	-9.661	-7.117	-5.055	-23.75	-16.5	-4.881	259.125	255.344	253.688	240.695
ANU1D068C14M	65.693	38.829	-1	0.0107	-25.19	-18.24	-11.04	-6.821	1.207	13.081	263.164	259.547	257.141	244.719
ANU1D090C14M	90.499	36.573	-1	0.0142	-24	-14.7	-3.345	3.785	8.096	16.077	267.023	263.93	264.047	251.383
ANU1D135C14M	130.417	39.757	-1	0.0078	-17.88	-11.72	-8.416	25.327	28.756	35.249	274.523	270.617	270.297	254.203
ANU1D180C14M	181.413	36.438	-1	0.0142	8.729	12.667	17.147	28.922	27.75	29.883	276.789	272.43	269.016	254.992
ANU1D225C14M	222.745	35.117	-1	0.0046	25.993	26.737	28.201	19.084	18.13	18.858	285.258	279.828	272.453	258.508
ANU1D270C14M	261.993	34.113	-1	0.0015	35.442	30.638	21.701	9.535	15.732	23.172	284.398	272.336	261.602	247.031
ANU1D293C14M	300.918	41.888	-1	0.0015	25.807	18.379	0.391	-15.75	-15.55	-6.756	251.711	241.789	252.703	241.492
ANU1D000C11P	358.18	23.736	1	0.0318	2.984	4.071	4.628	-24.69	-26.2	-26.83	266.82	261.867	257.953	243.797
ANU1D068C08P	65.595	14.798	1	0.0207	-13.86	-15.63	-17.85	-6.382	-6.621	-6.284	276.555	268.375	262.008	247.602
ANU1D113C06P	110.38	10.985	1	0.0302	-10.3	-10.29	-10.02	2.982	3.503	5.935	279.633	271.039	265.336	251.156
ANU1D135C07P	134.998	12.993	1	0.035	-7.689	-5.569	-2.564	10.144	11.375	13.985	280.117	274.313	268.961	254.414
ANU1D180C10P	183.46	19.519	1	0.0573	8.545	14.148	19.449	19.078	20.015	21.854	278.219	273.633	268.07	252.961
ANU1D248C12P	244.962	27.157	1	0.0286	23.917	24.204	26.042	10.182	10.715	12.787	283.125	276.969	269.992	255.781
ANU1D248C11P	250.973	23.539	1	0.0446	23.973	26.84	30.751	6.274	6.551	7.826	282.617	277.031	269.984	254.516
ANU1D293C12P	297.172	26.955	1	0.0207	22.747	22.874	22.603	-8.088	-4.89	-0.31	274.727	265.844	260.313	246.07

*Results:* Figure 7 summarizes the model results at ground level for all 16 climate states, for the two port locations and for Bagotville airport.

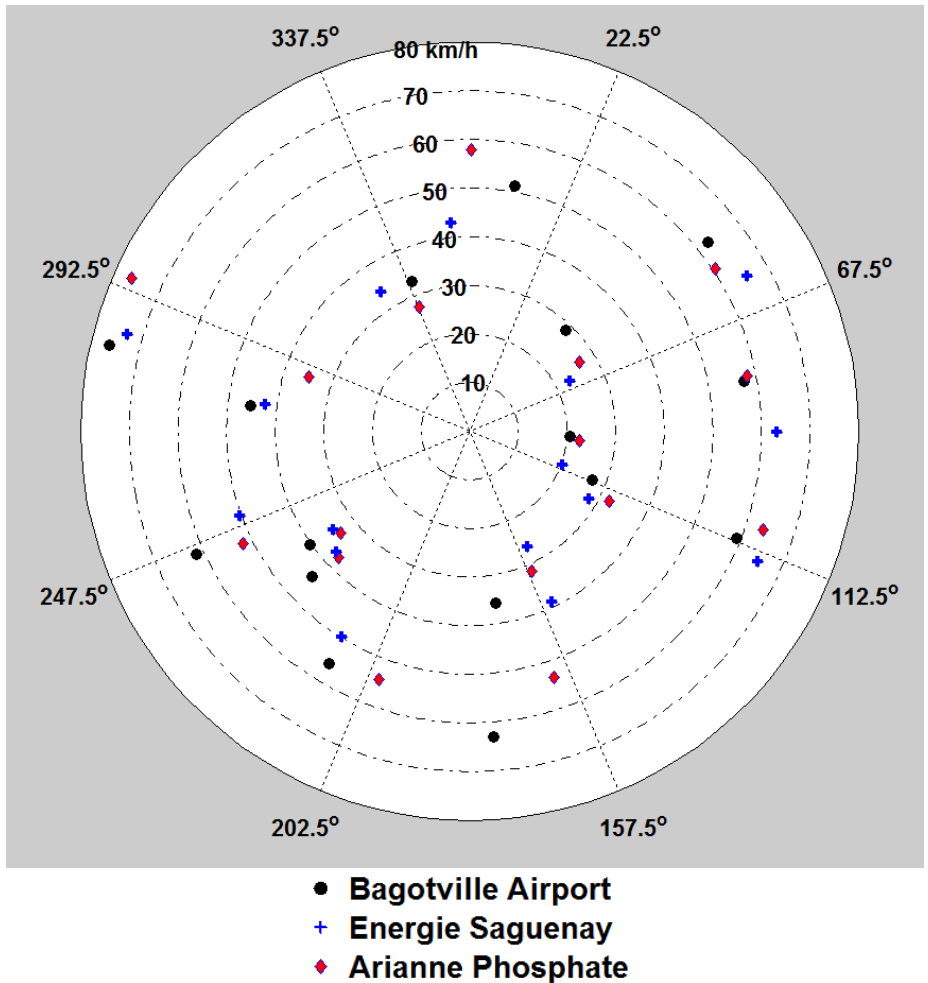


Figure 7. Model results for the proposed port locations and Bagotville Airport

Peak wind magnitudes for the airport predicted by the Anemoscope-MC2 model agree well with the maximum observed hourly wind speeds for the airport given in Table 1. The model results summarized in Figure 7 suggest that the speed of the extreme hourly winds at the port sites will be similar to extreme hourly wind speeds observed at Bagotville airport.

Figure 8 shows the surface wind vectors over the computational domain associated with the peak wind magnitudes at the Arianne Phosphate site (~76 km/h coming from NW bin) and the Energie Saguenay site (~73 km/h coming from W bin). For enhanced clarity, the spatial resolution of the wind vectors in Figure 8 has been reduced from 250m to 1 km.

Figure 9 shows the wind vectors associated with the second largest wind magnitudes at the Arianne Phosphate site (~63.7 km/h coming from E bin); while Figure 10 shows the wind vectors associated

with the second largest wind magnitudes at the Energie Saguenay site (~65.0 km/h coming from NE bin).

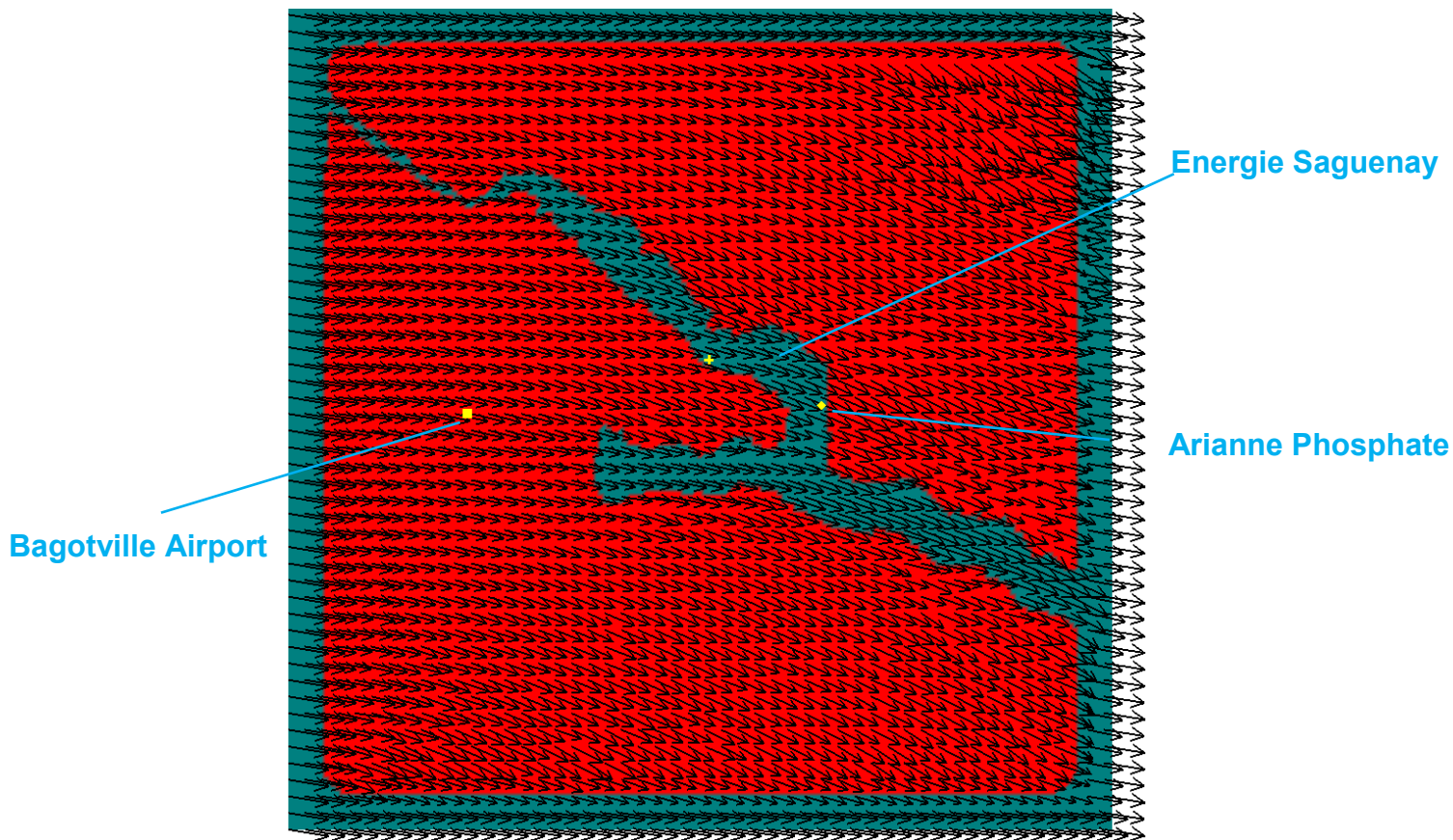


Figure 8. Modelled wind vectors associated with the peak wind magnitude at Arianne Phosphate and Energie Saguenay proposed port locations. Not to clutter the figure, not all the computed vectors are shown.

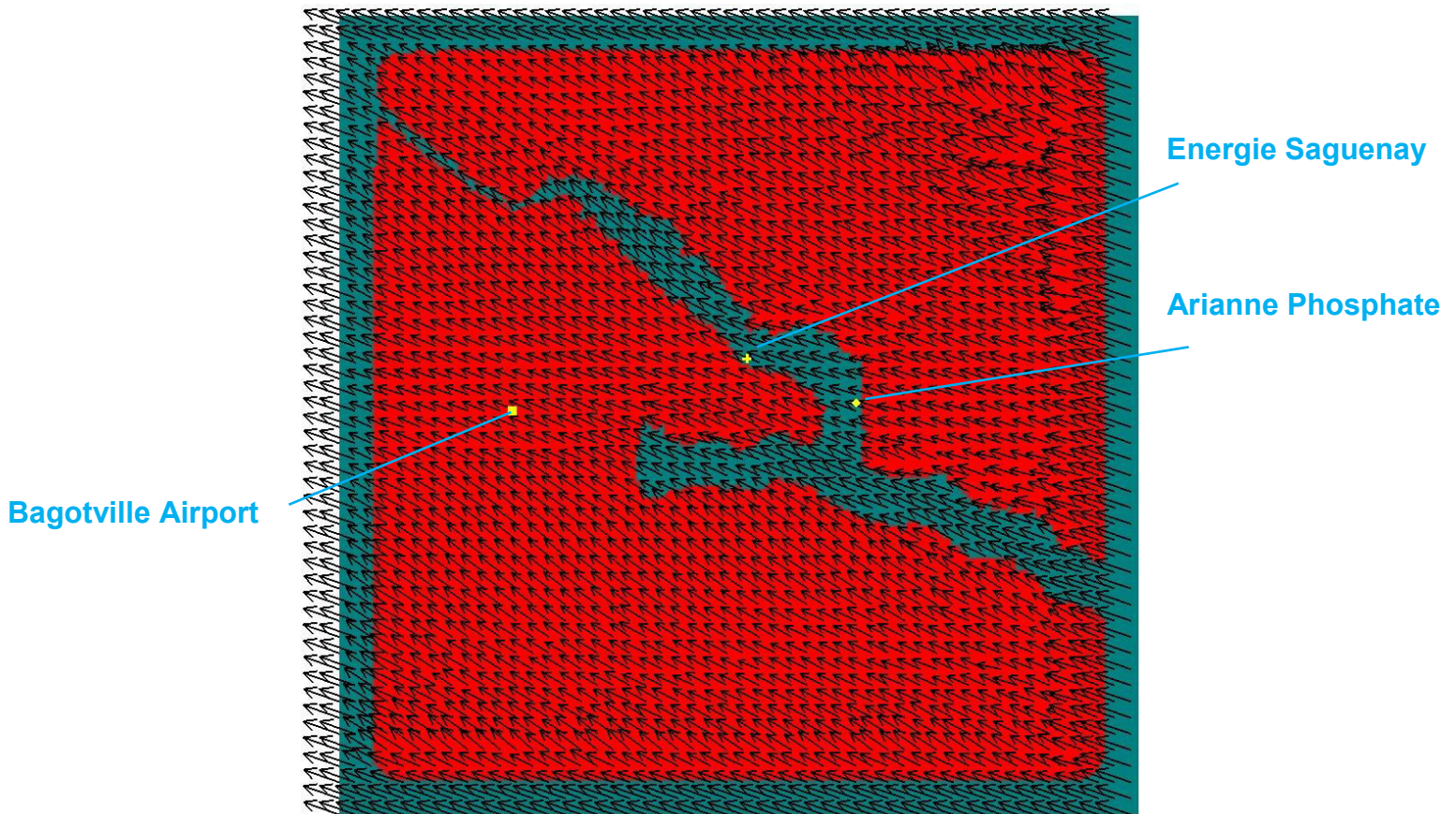


Figure 9. Modelled wind vectors associated with the second highest peak wind magnitude at Arianne Phosphate proposed port location. Not to clutter the figure, not all the computed vectors are shown.

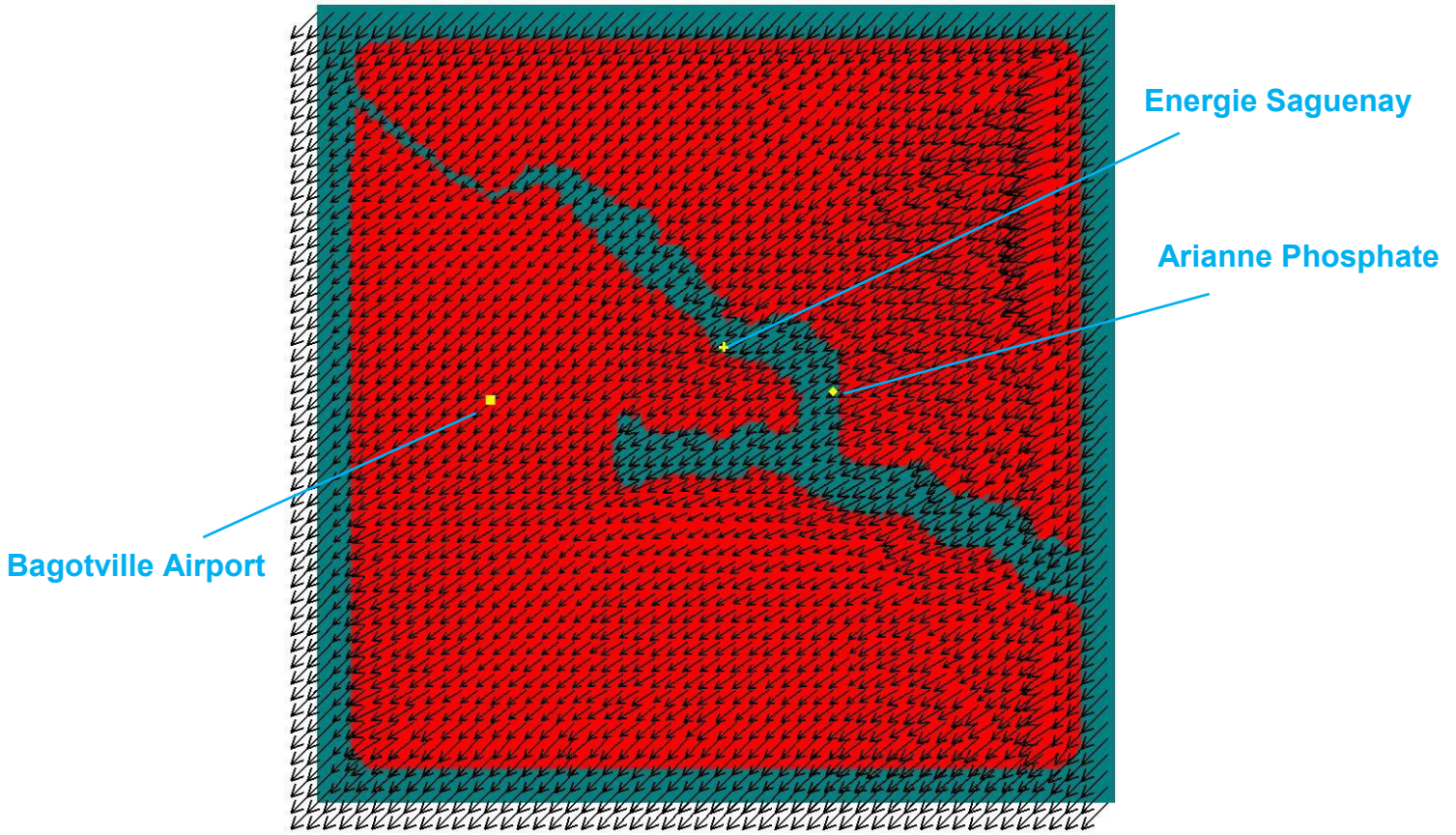


Figure 10. Modelled wind vectors associated with the second highest peak wind magnitude at Energie Saguenay proposed port location. Not to clutter the figure, not all the computed vectors are shown.

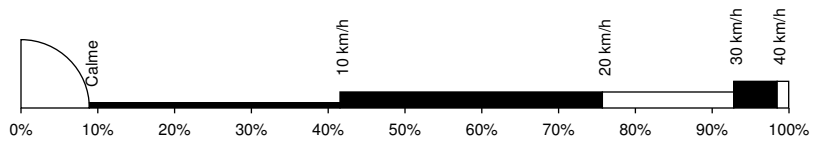
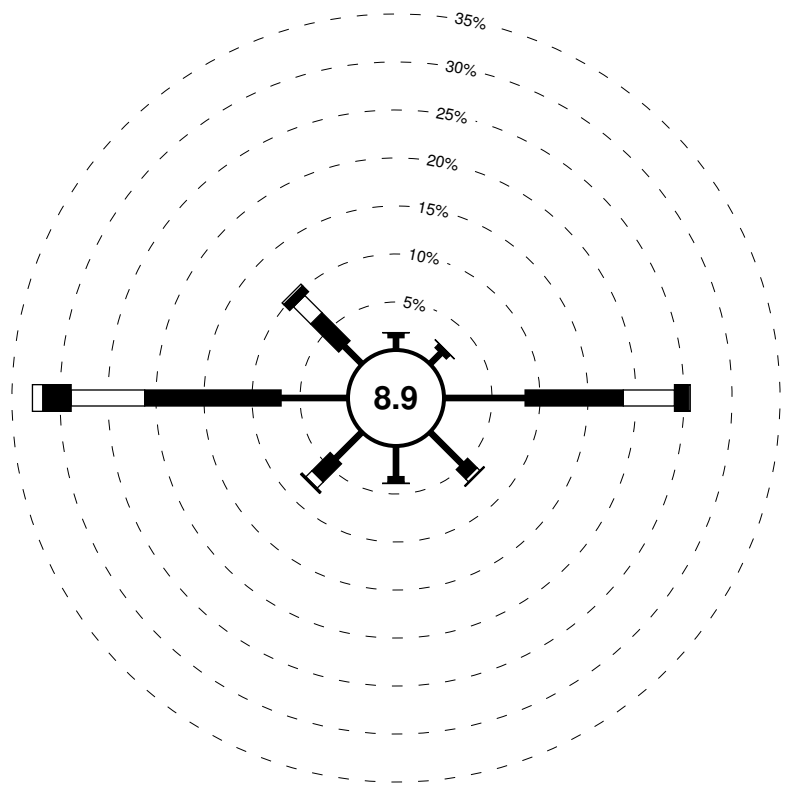
Based on Table 1, the maximum observed gust speed for the Bagotville Airport is approximately 1.5 times larger than the maximum observed hourly wind speed. If the ratio of the maximum gust speed to hourly wind speed for the proposed port locations is similar to that of the Airport, we could expect short-lived wind speeds of up to approximately 115 km/h for the proposed port locations.

## Appendix: Observed wind roses for Bagotville Airport and Cap-Rouge:

# Rose des vents

Bagotville

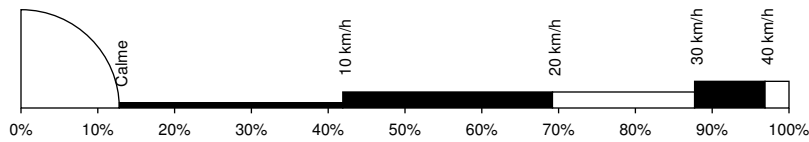
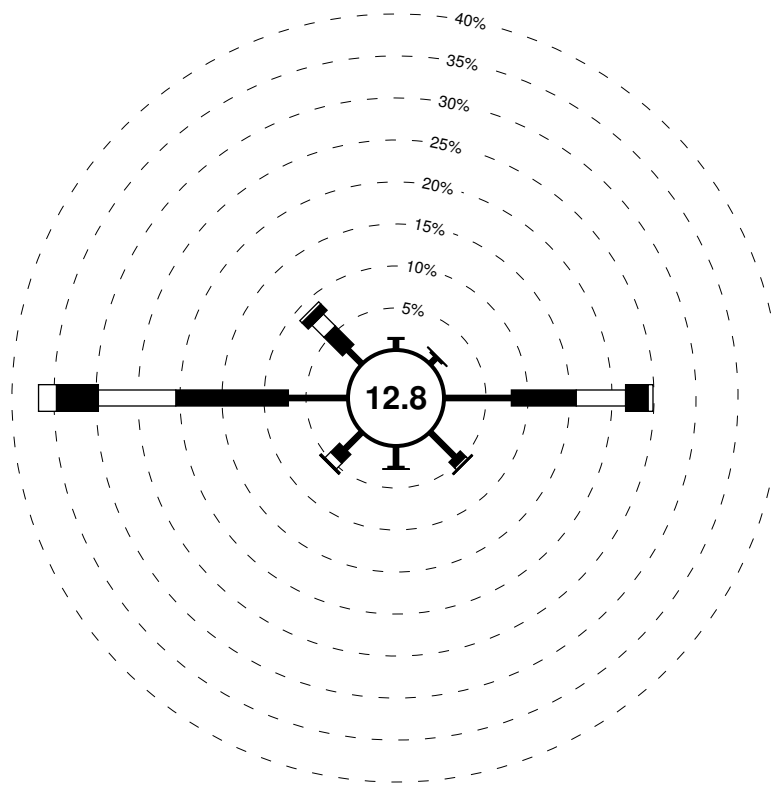
ANNUEL 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

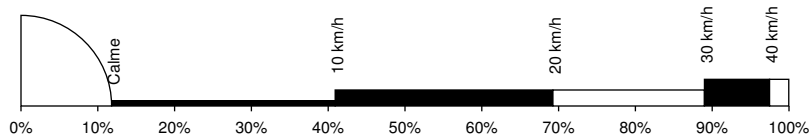
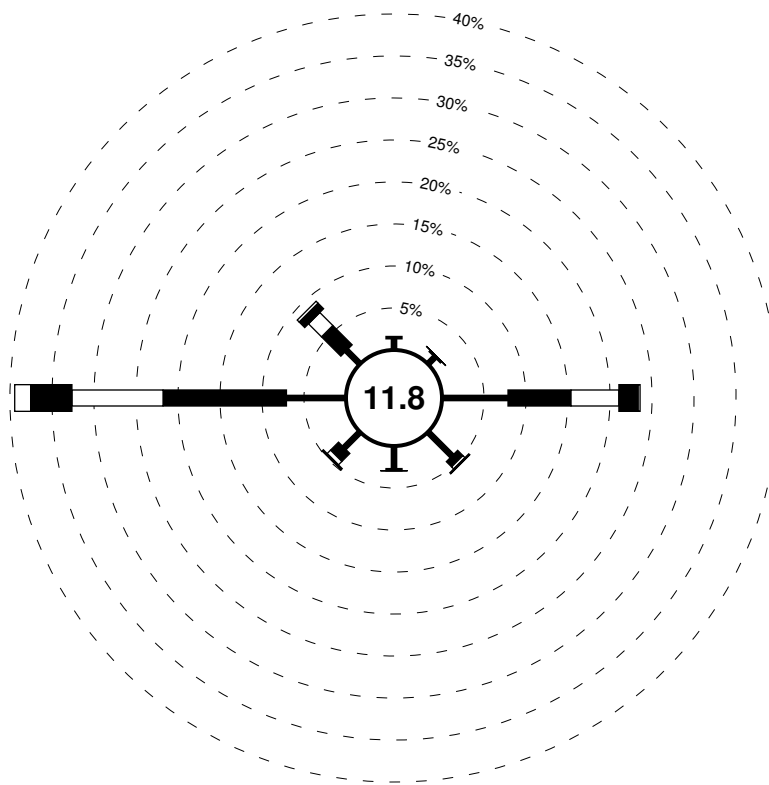
JANVIER 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

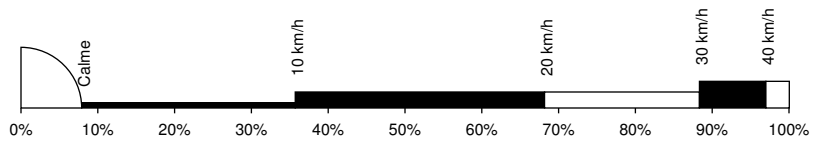
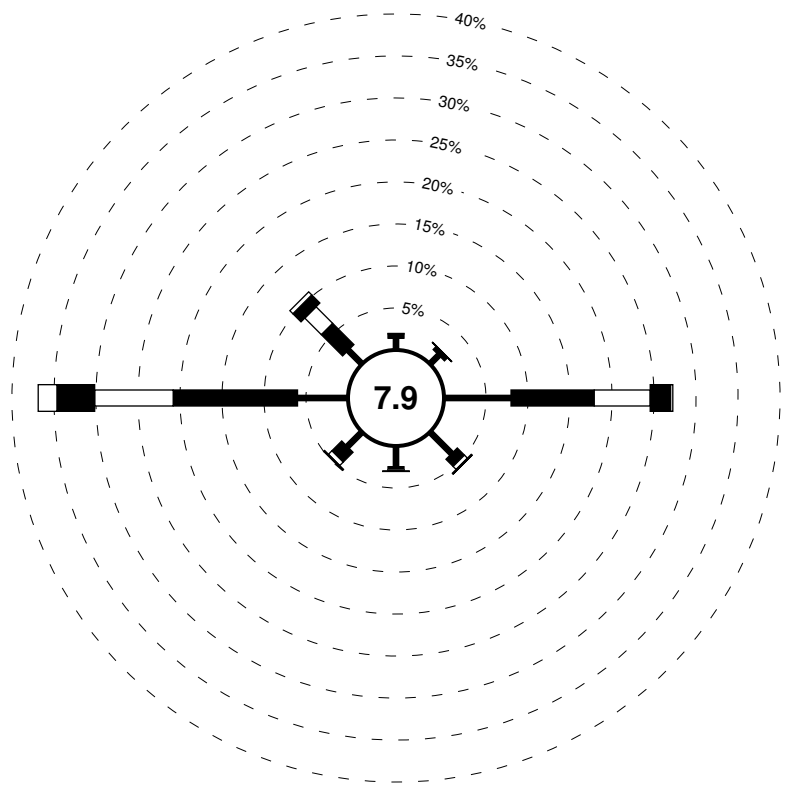
FÉVRIER 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

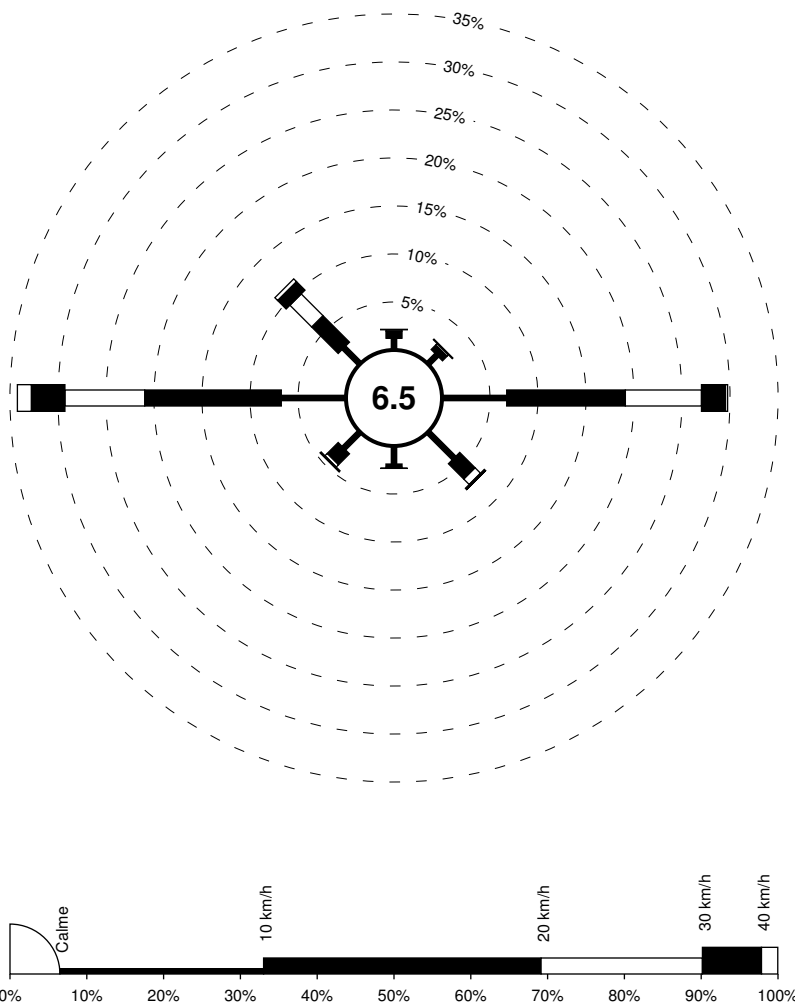
MARS 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

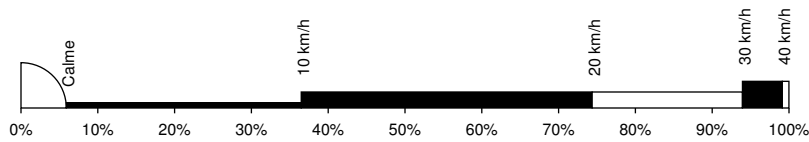
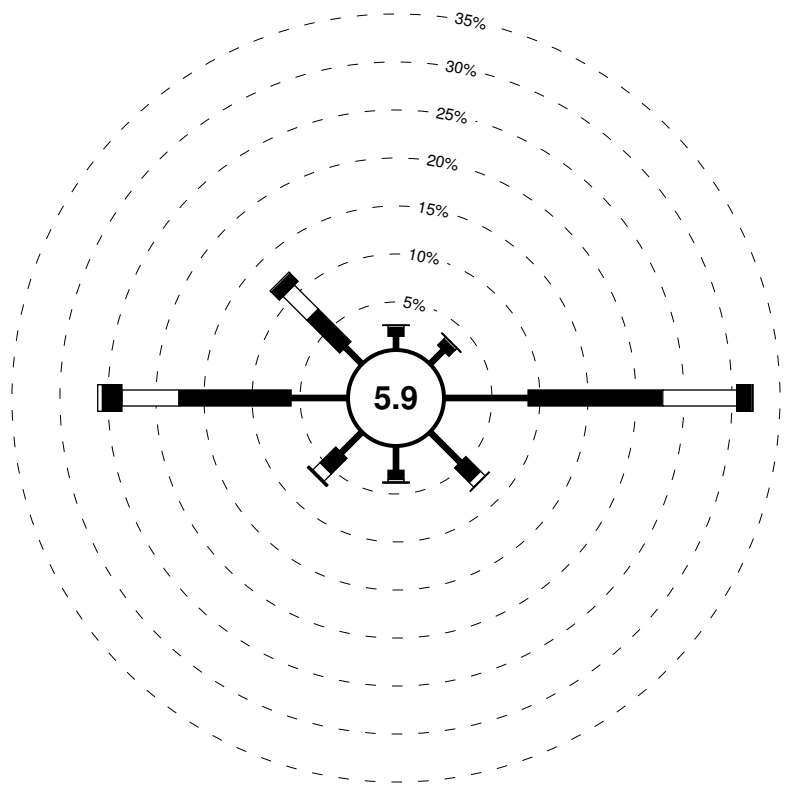
AVRIL 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

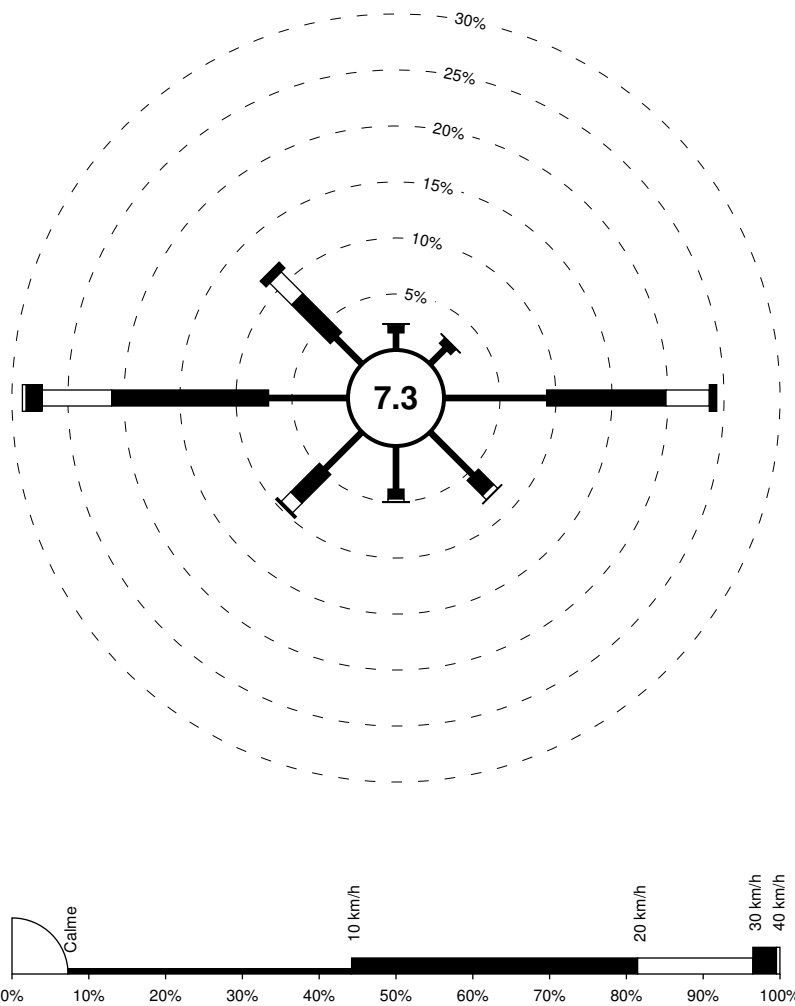
MAI 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

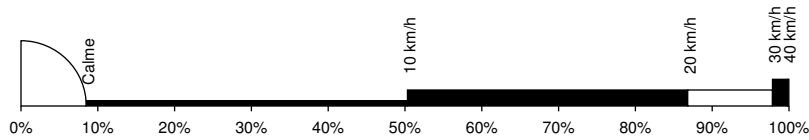
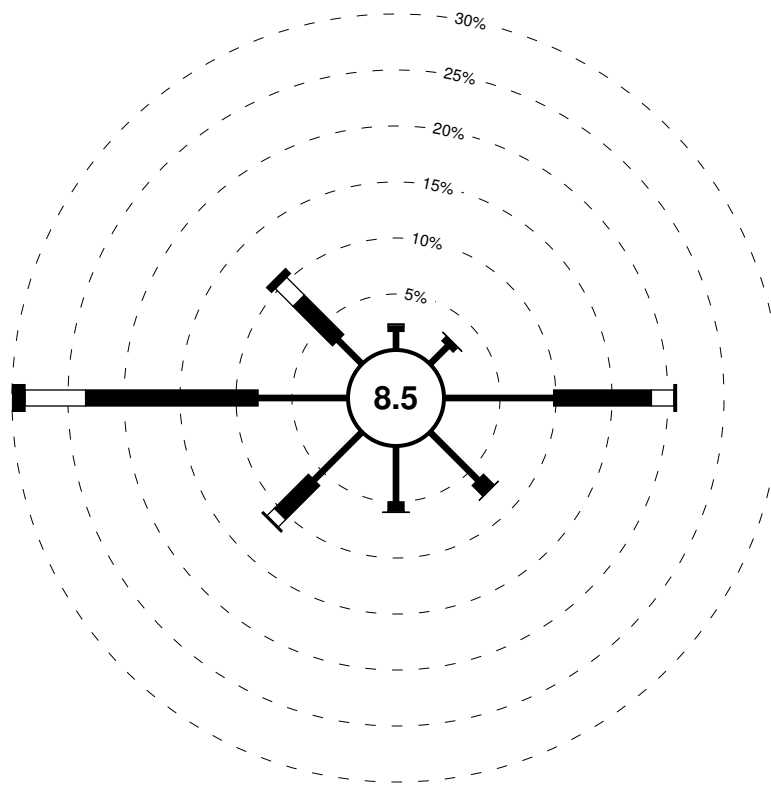
JUIN 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

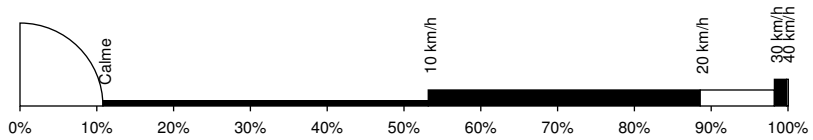
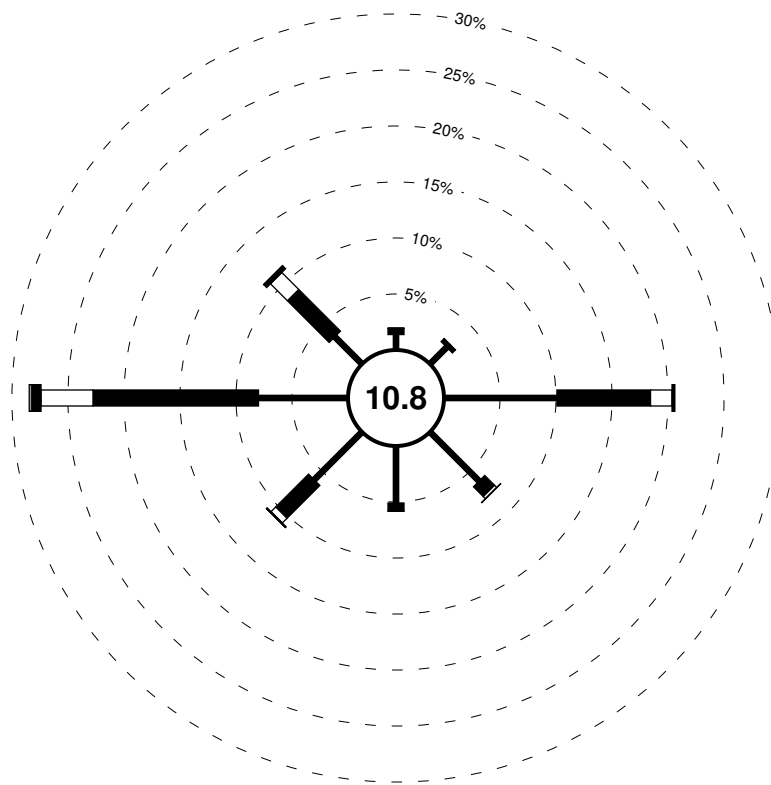
JUILLET 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

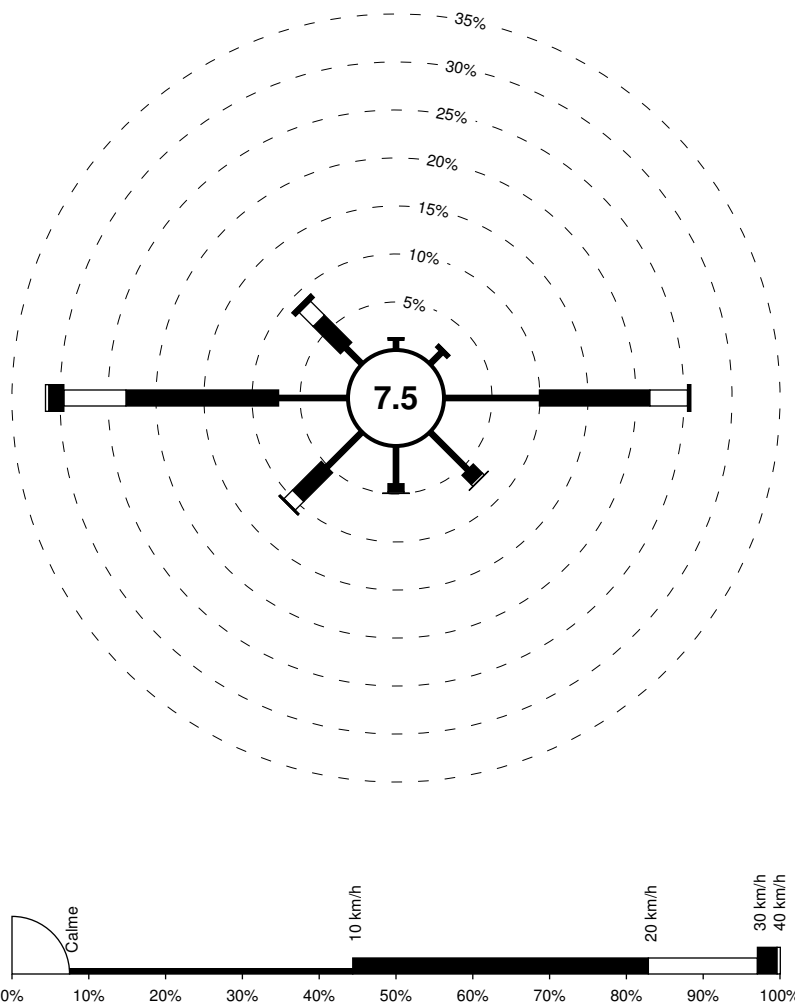
AOÛT 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

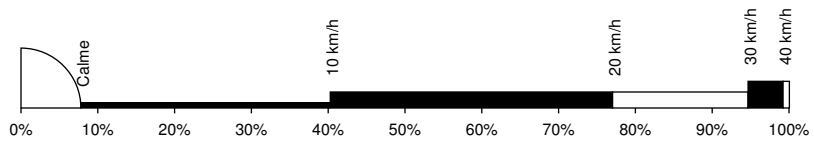
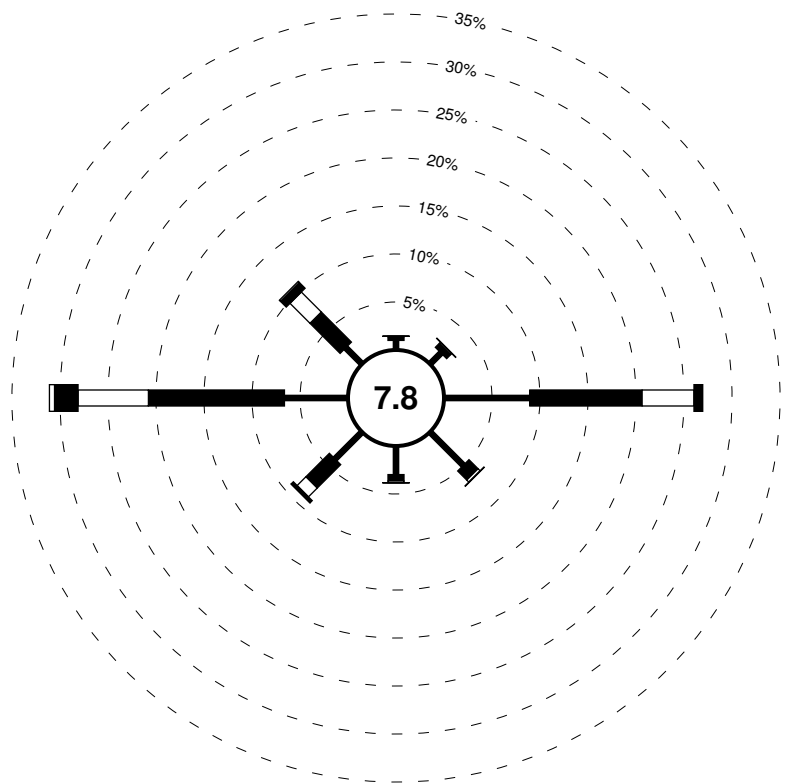
SEPTEMBRE 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

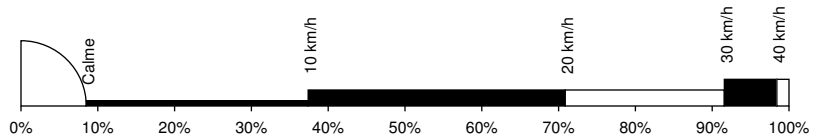
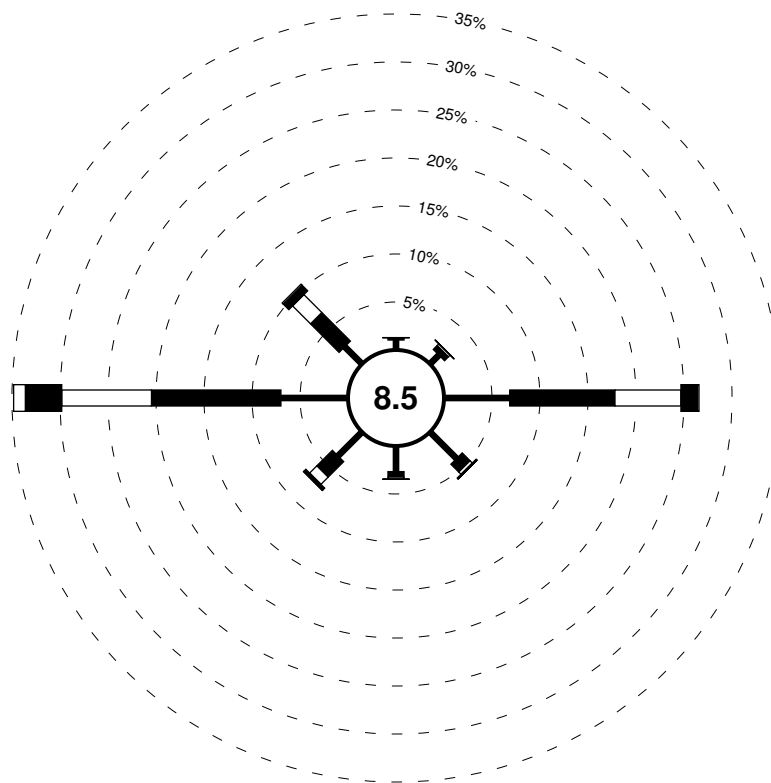
OCTOBRE 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

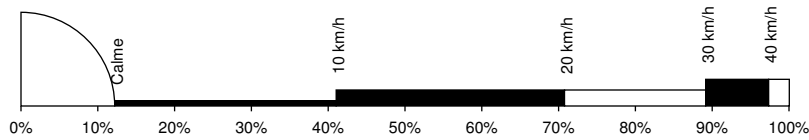
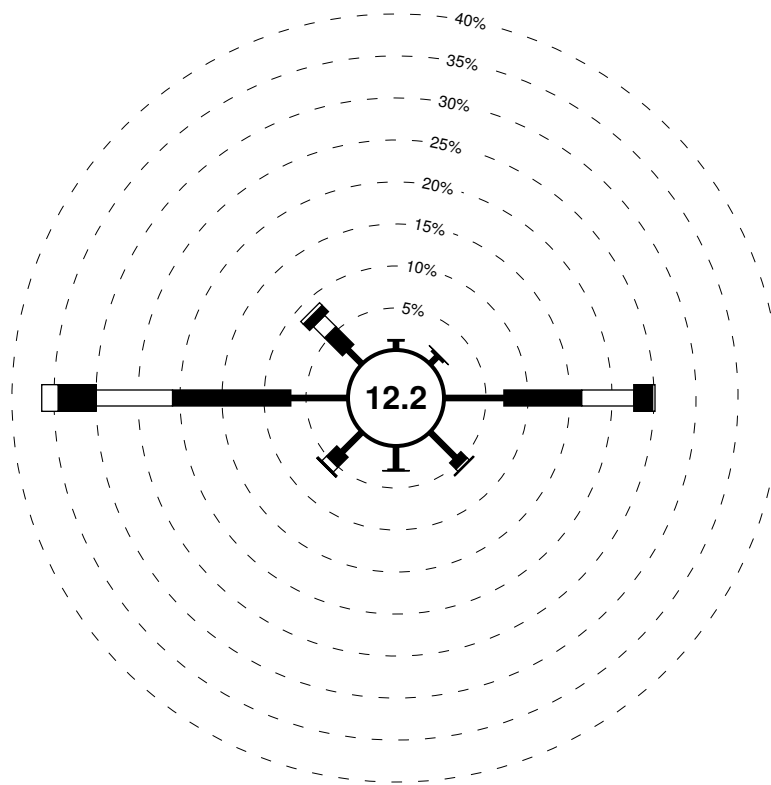
NOVEMBRE 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

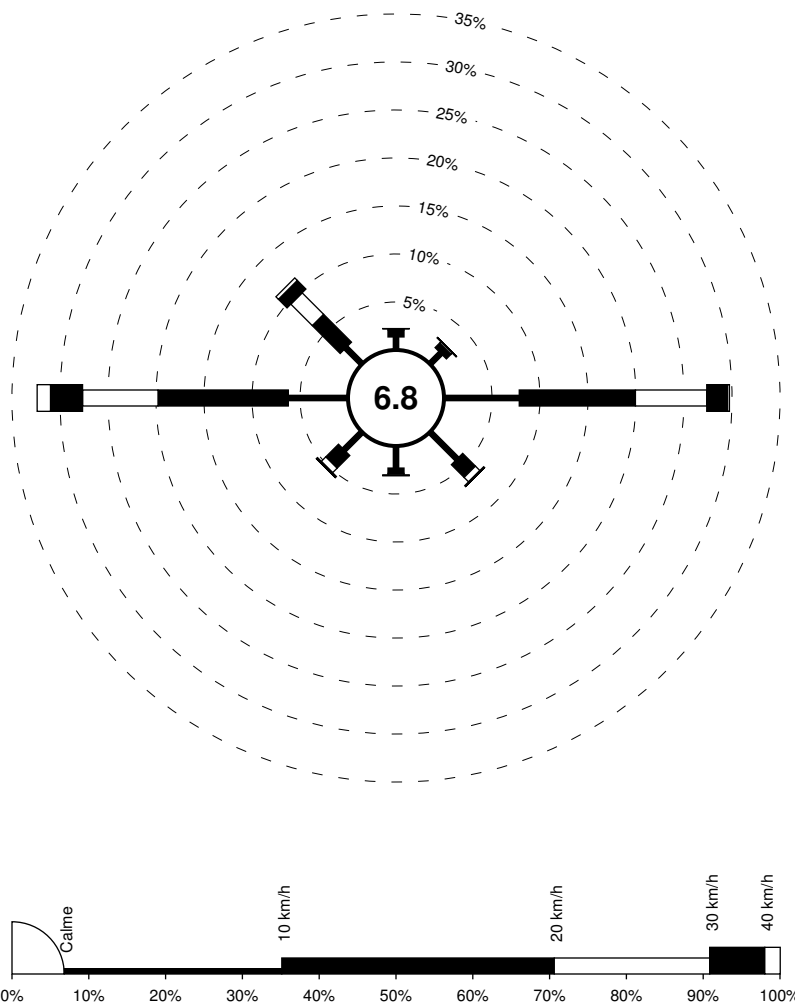
DÉCEMBRE 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

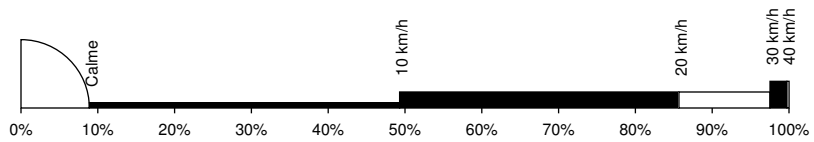
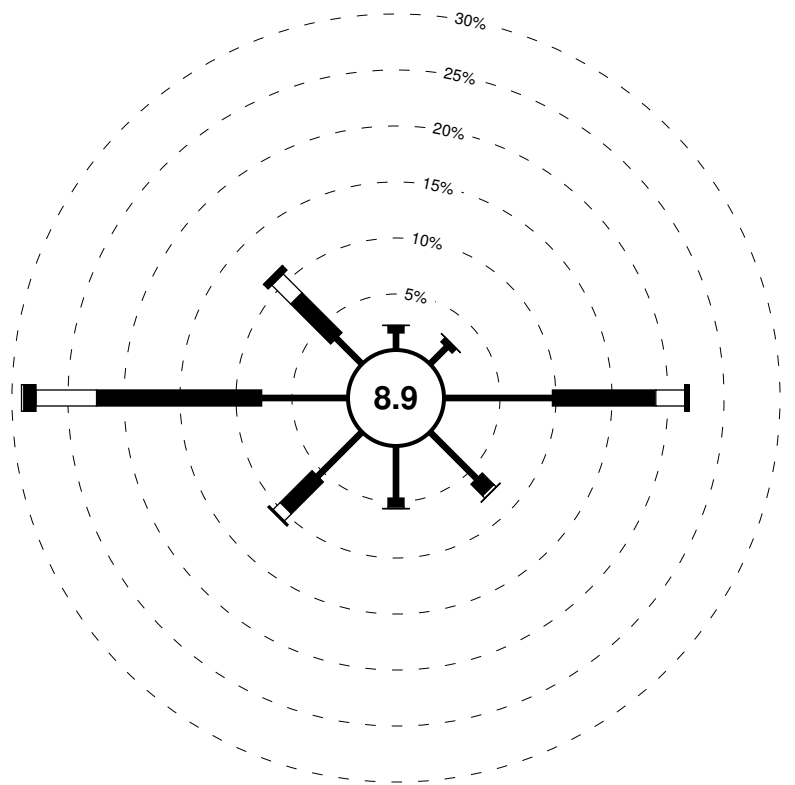
MARS-MAI 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

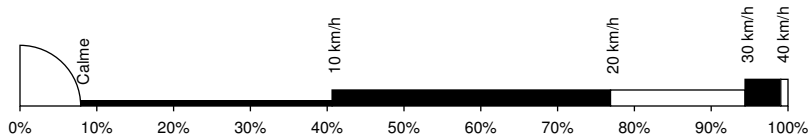
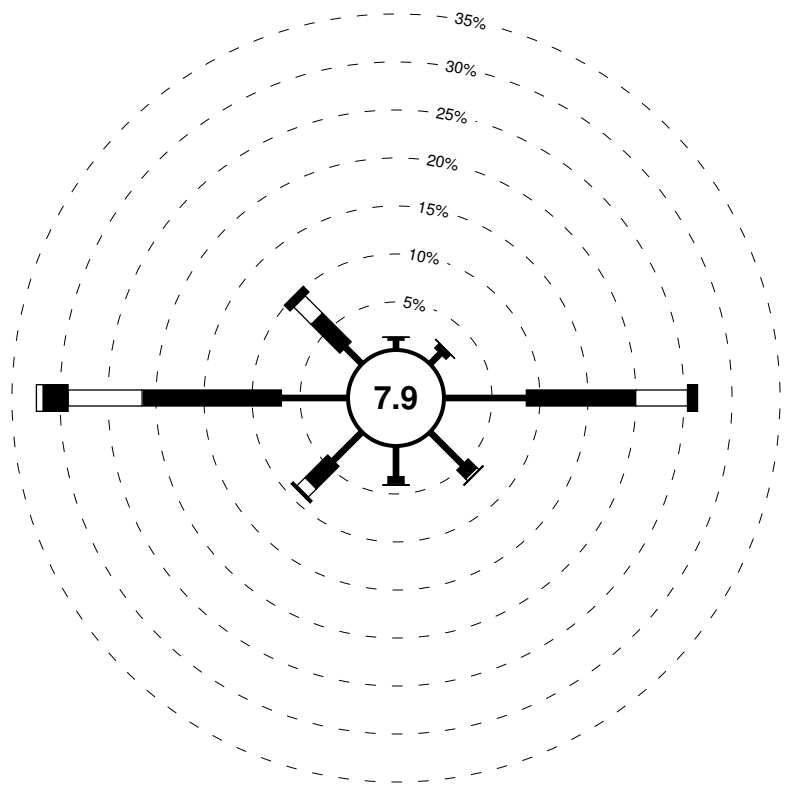
JUIN-AOÛT 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

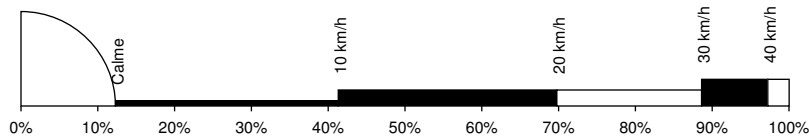
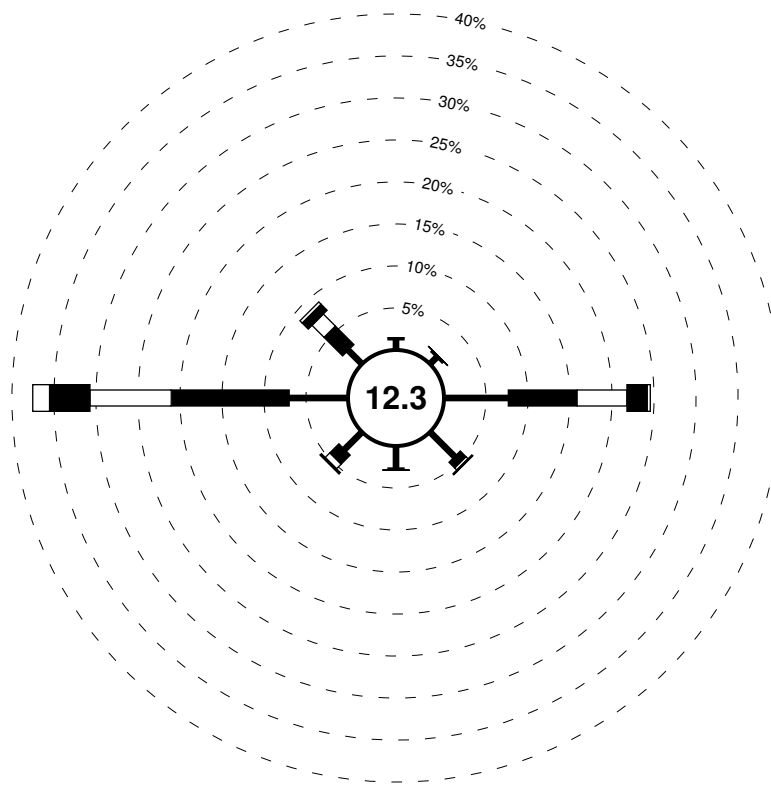
SEPTEMBRE-NOVEMBRE 1971-2000



# Rose des vents

Bagotville

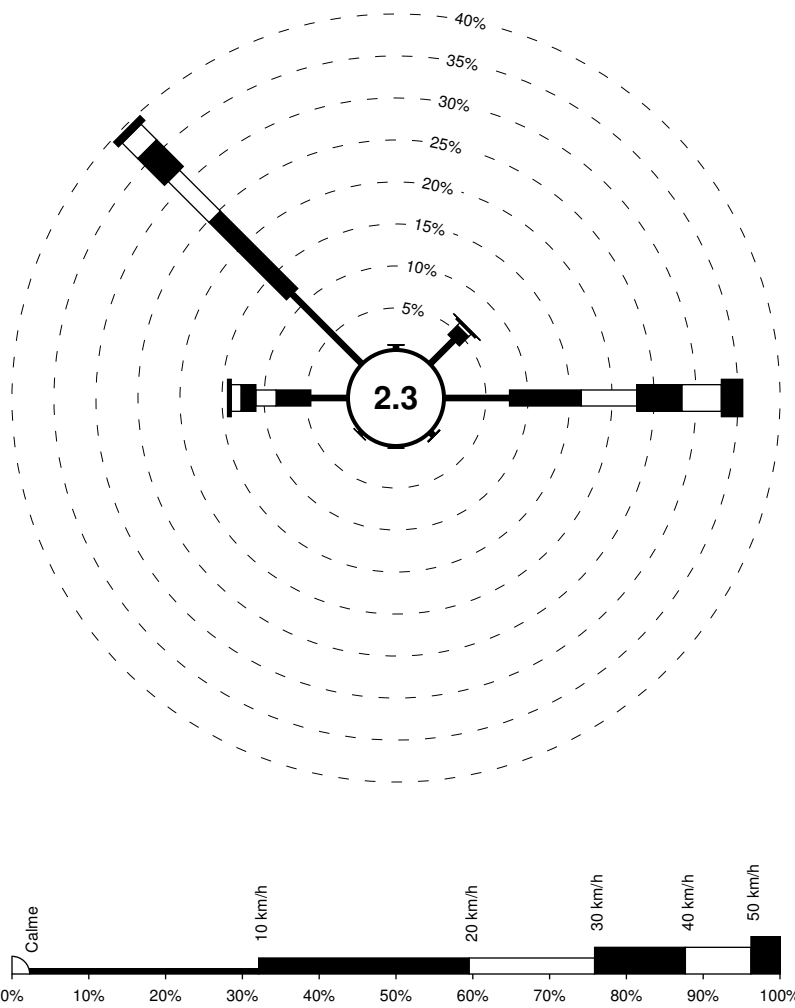
DÉCEMBRE-FÉVRIER 1971-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

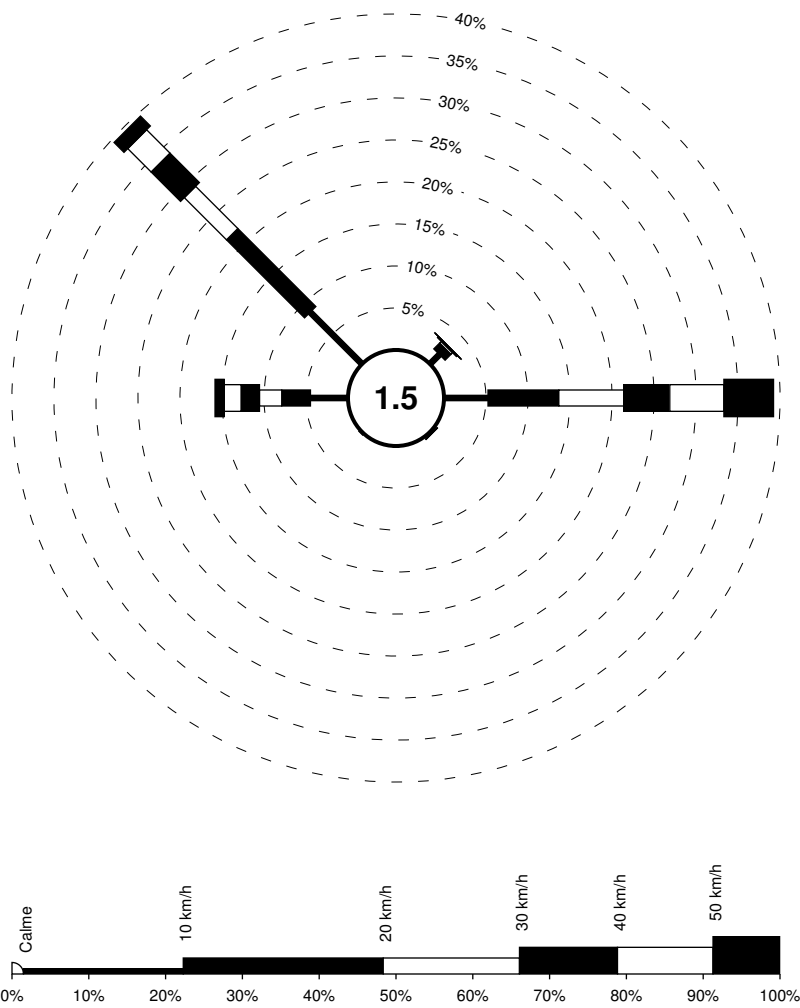
ANNUUEL 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

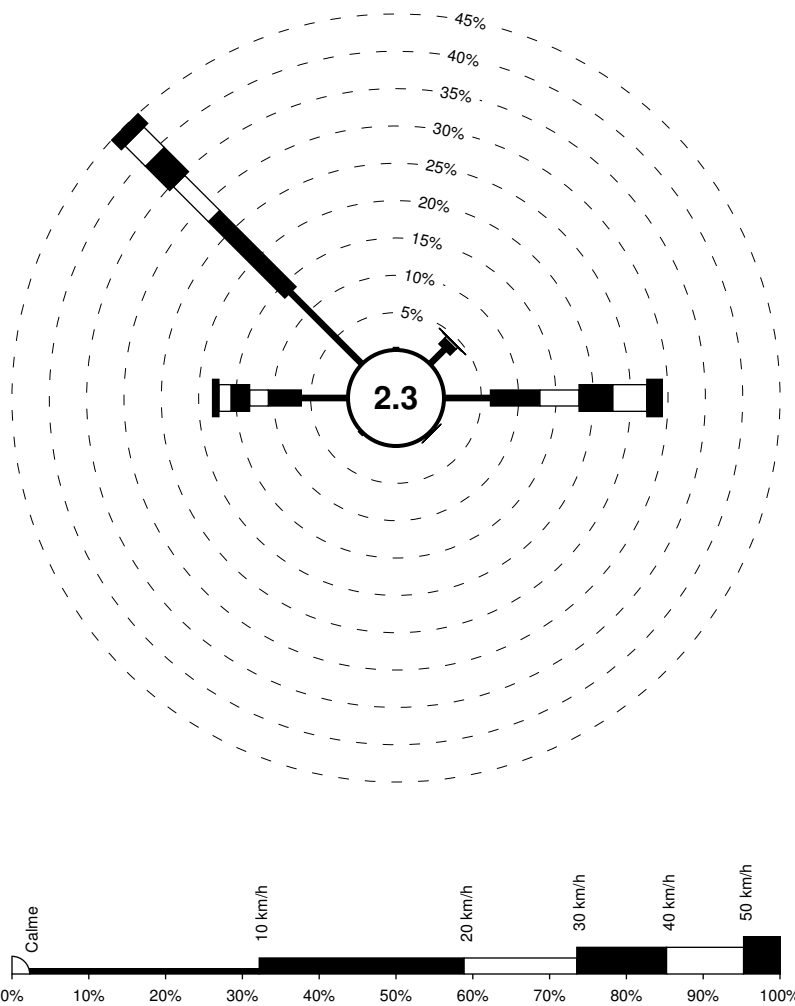
JANVIER 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

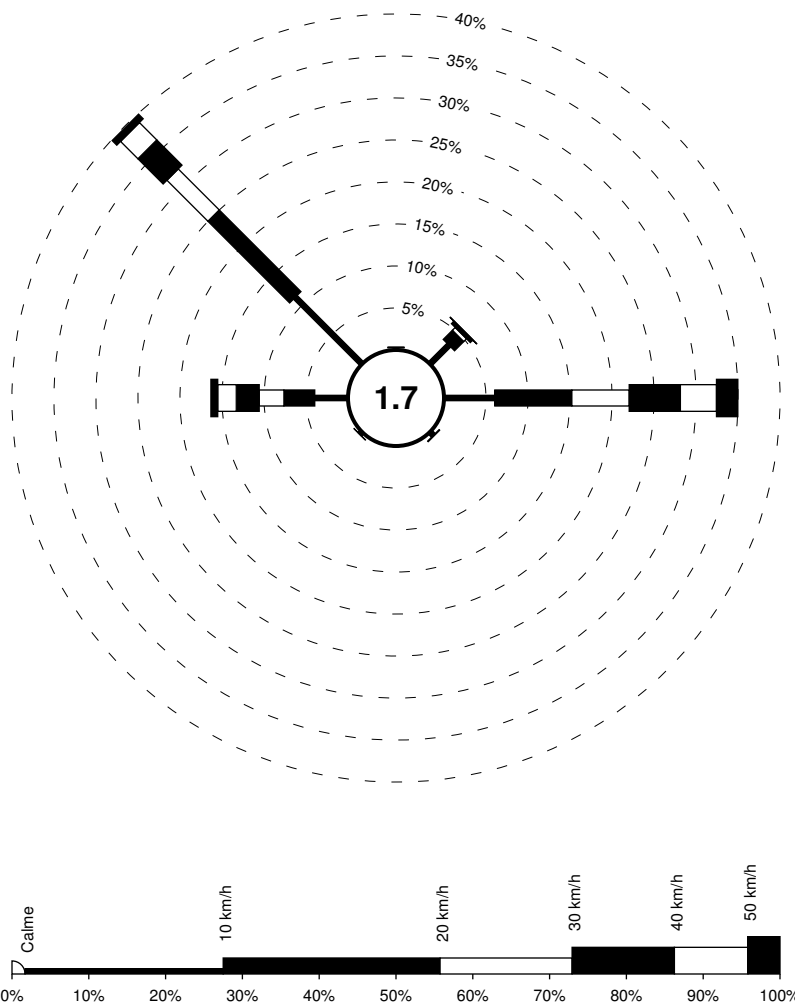
FÉVRIER 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

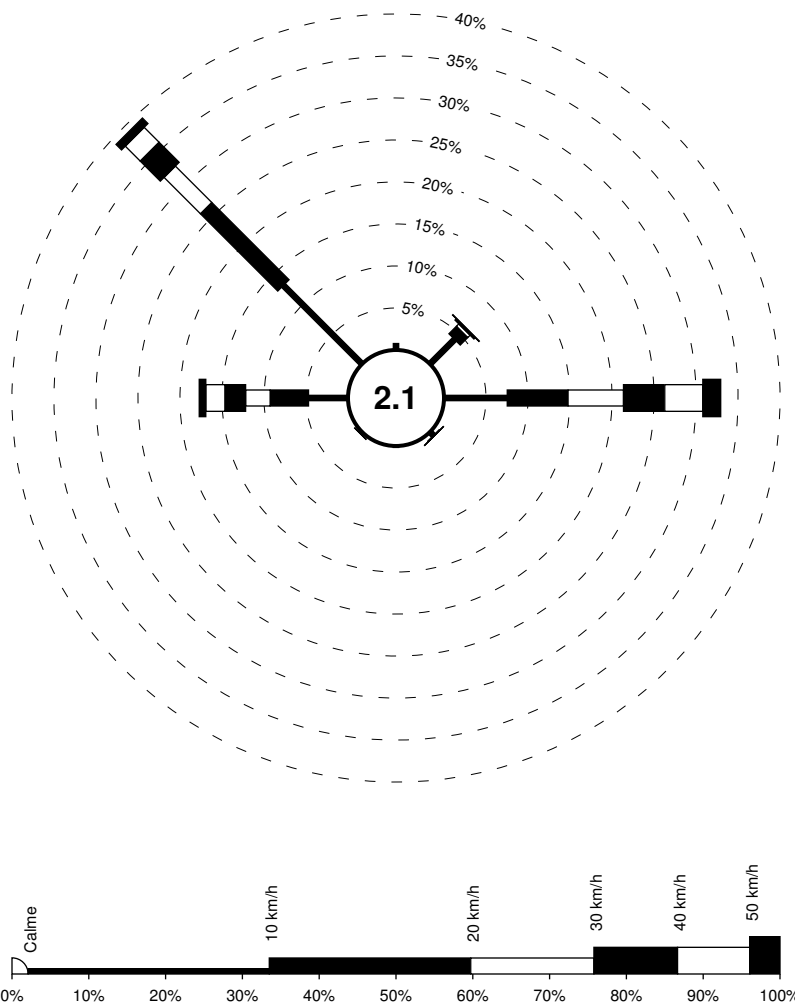
MARS 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

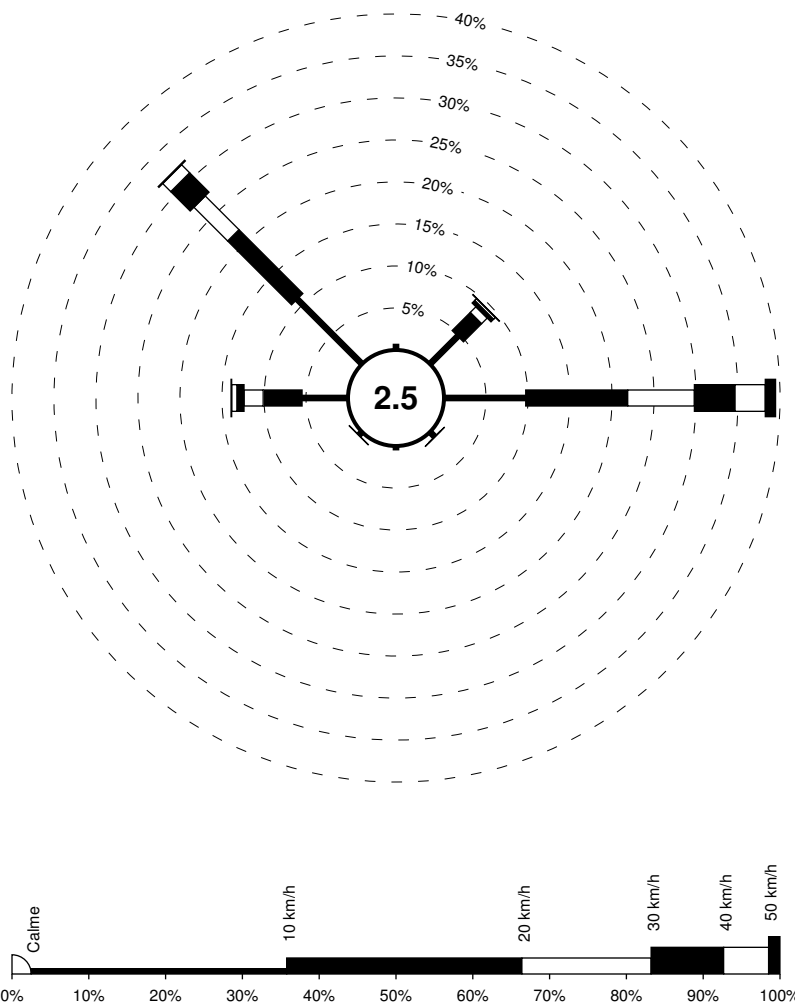
AVRIL 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

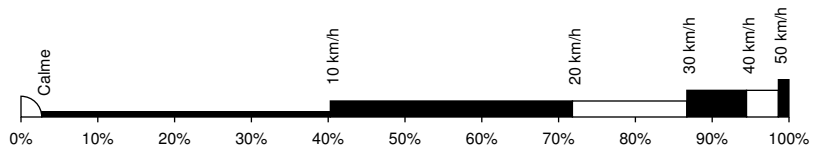
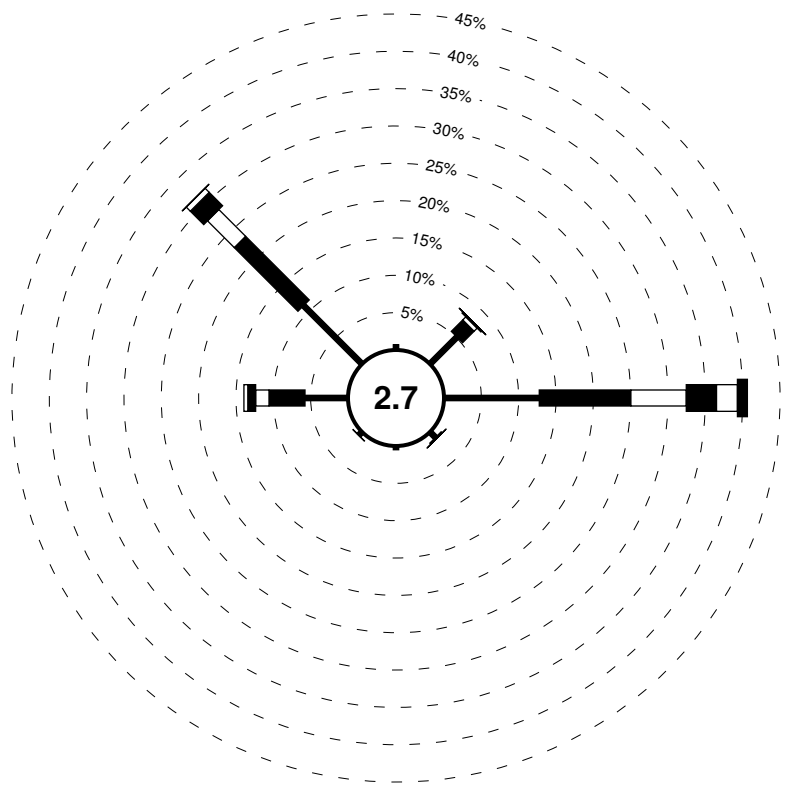
MAI 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

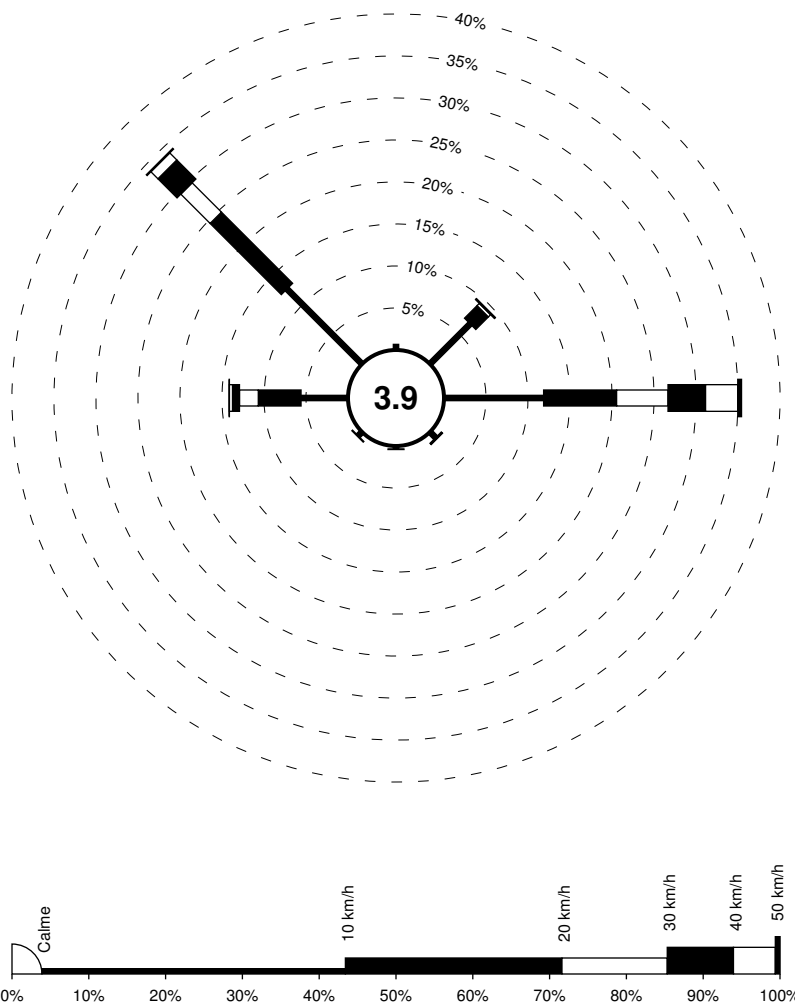
JUIN 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

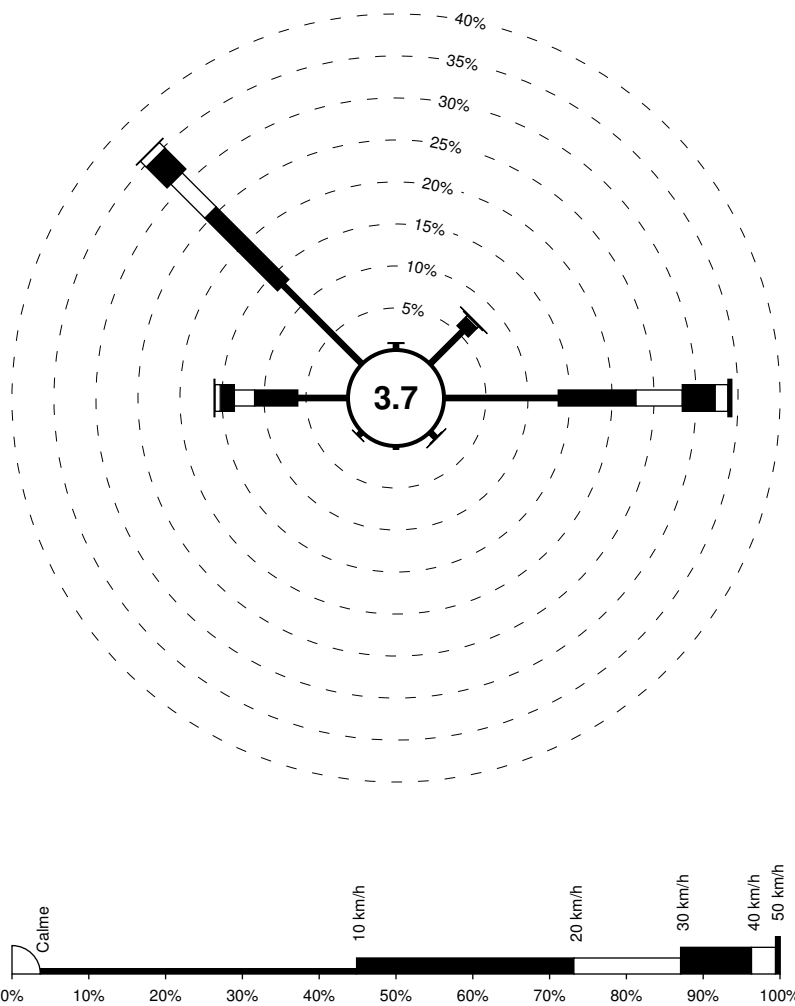
JUILLET 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

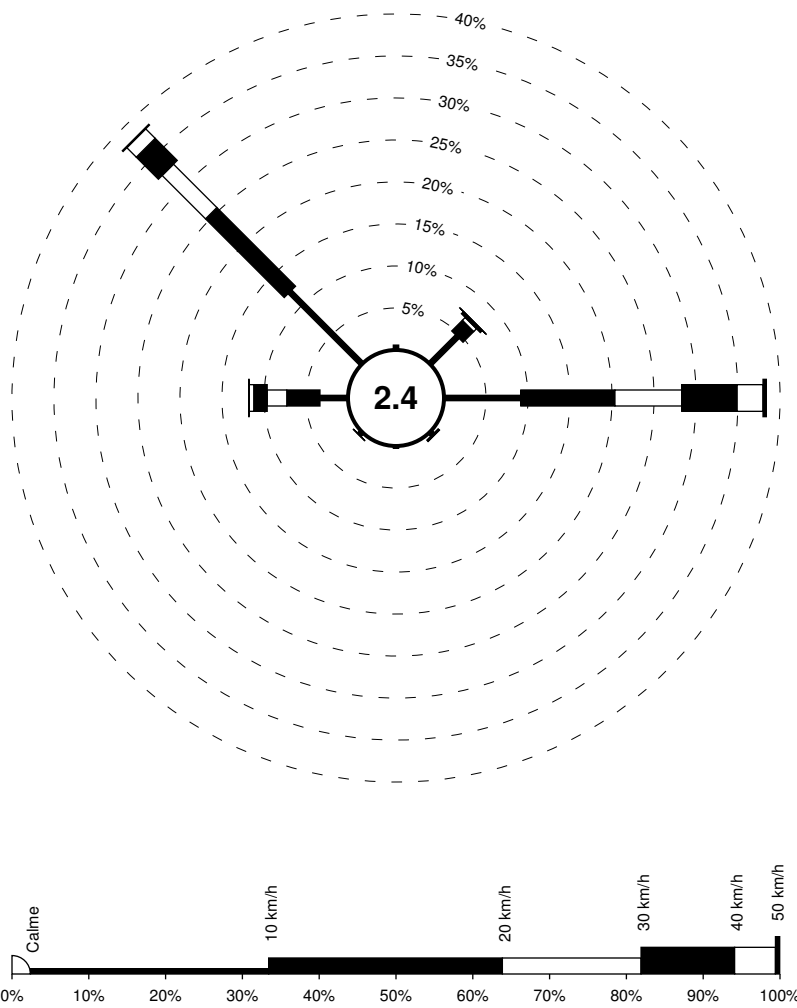
AOÛT 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

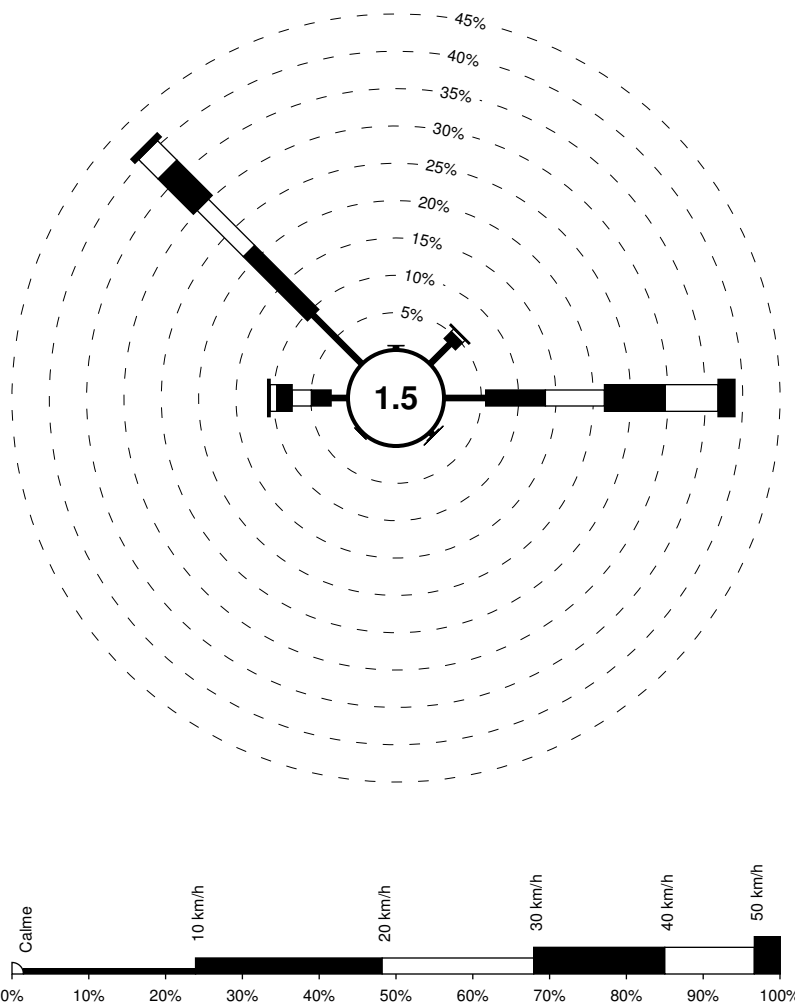
SEPTEMBRE 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

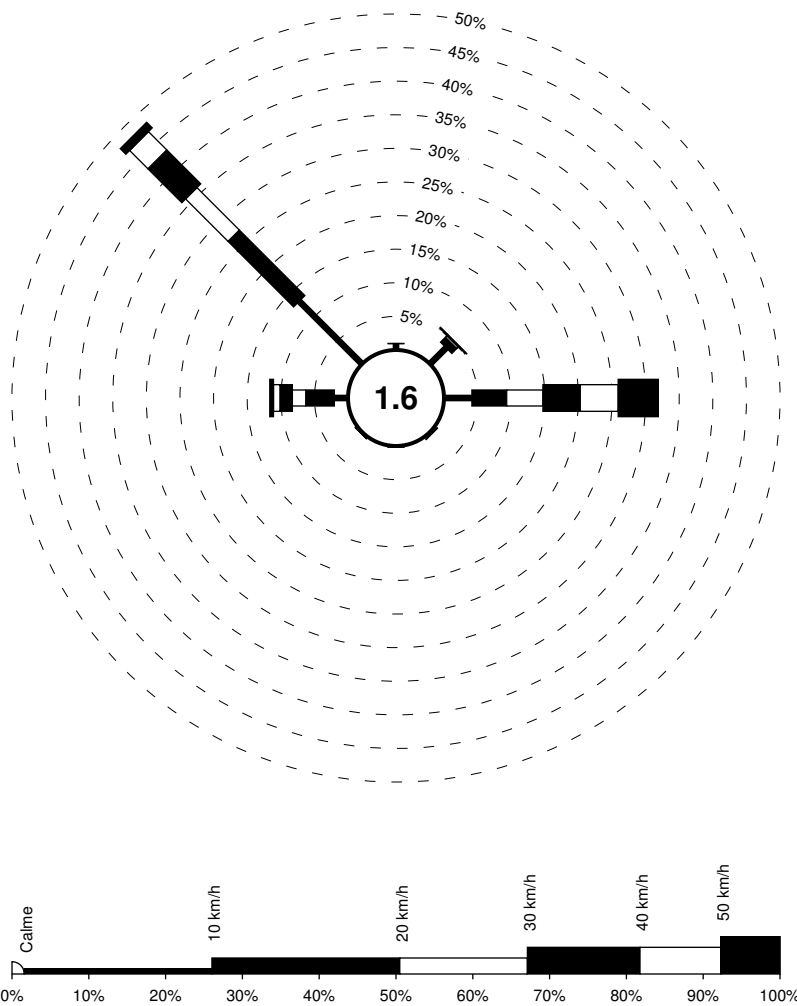
OCTOBRE 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

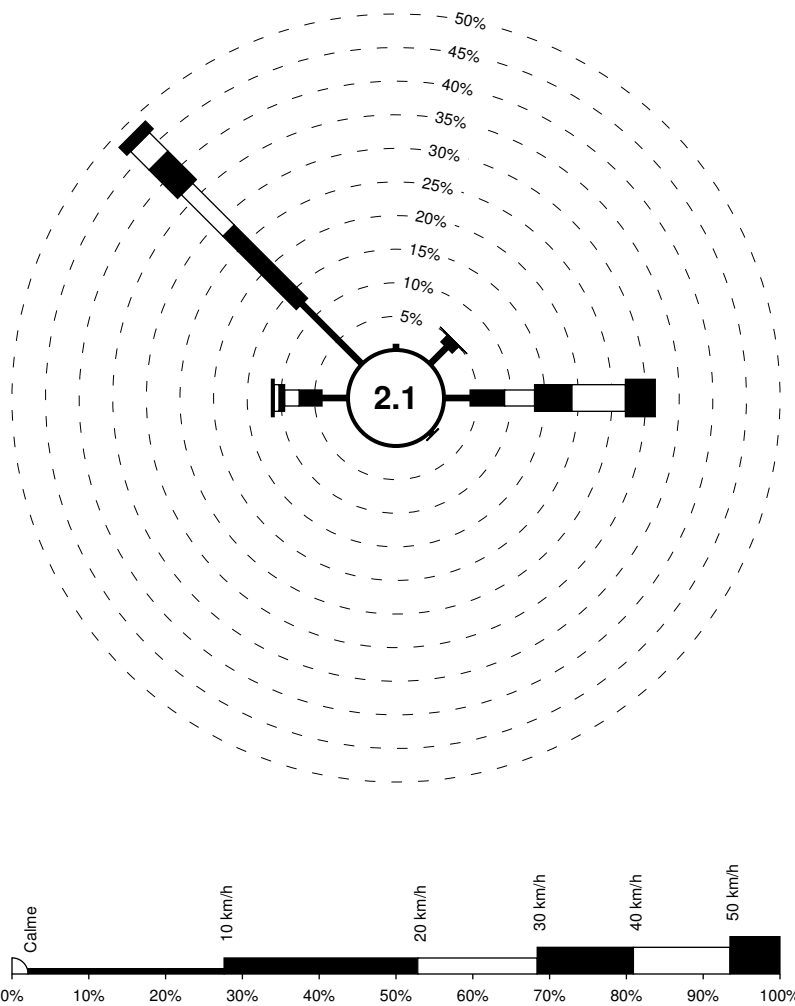
NOVEMBRE 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

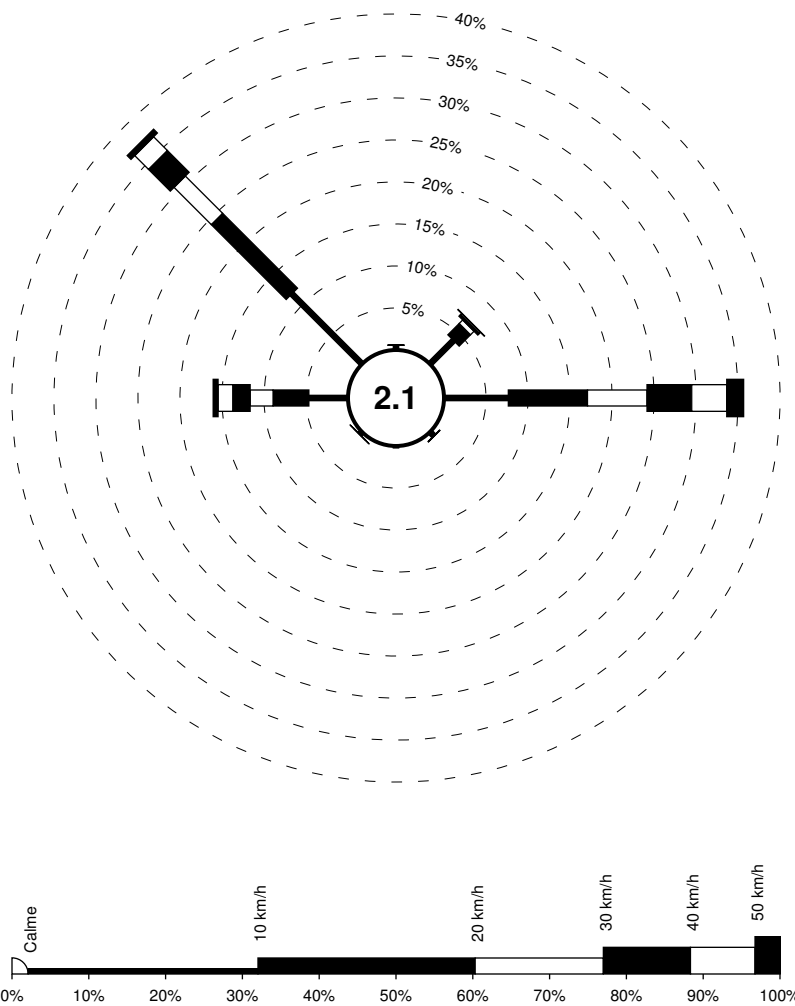
DÉCEMBRE 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

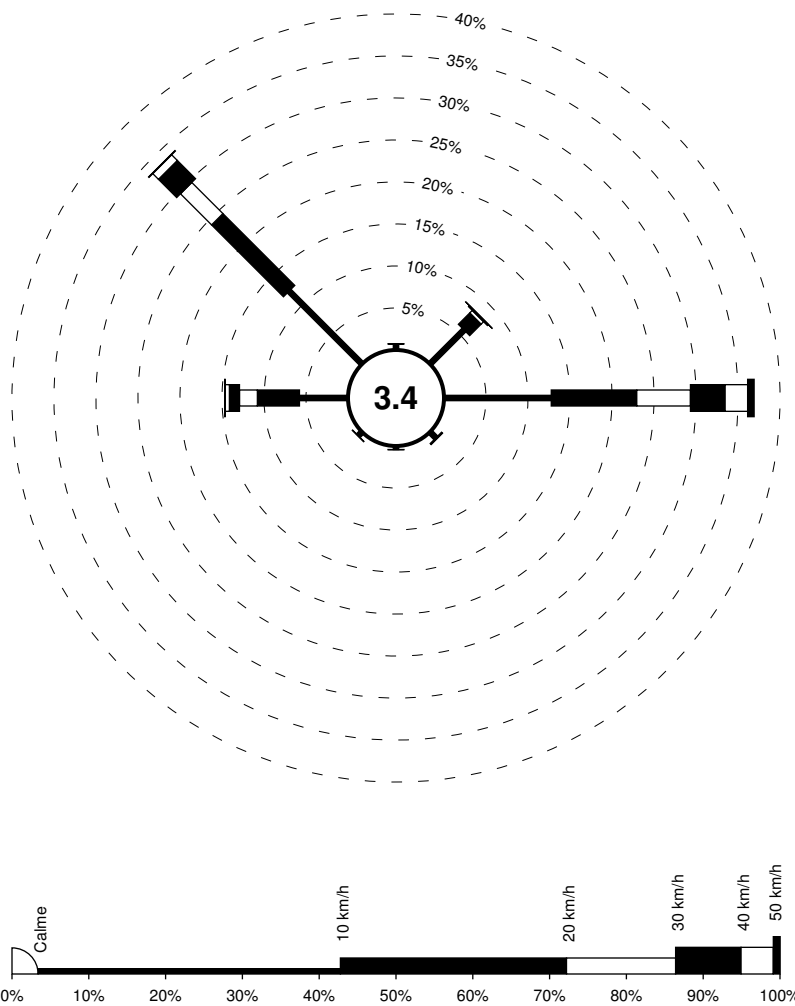
MARS-MAI 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

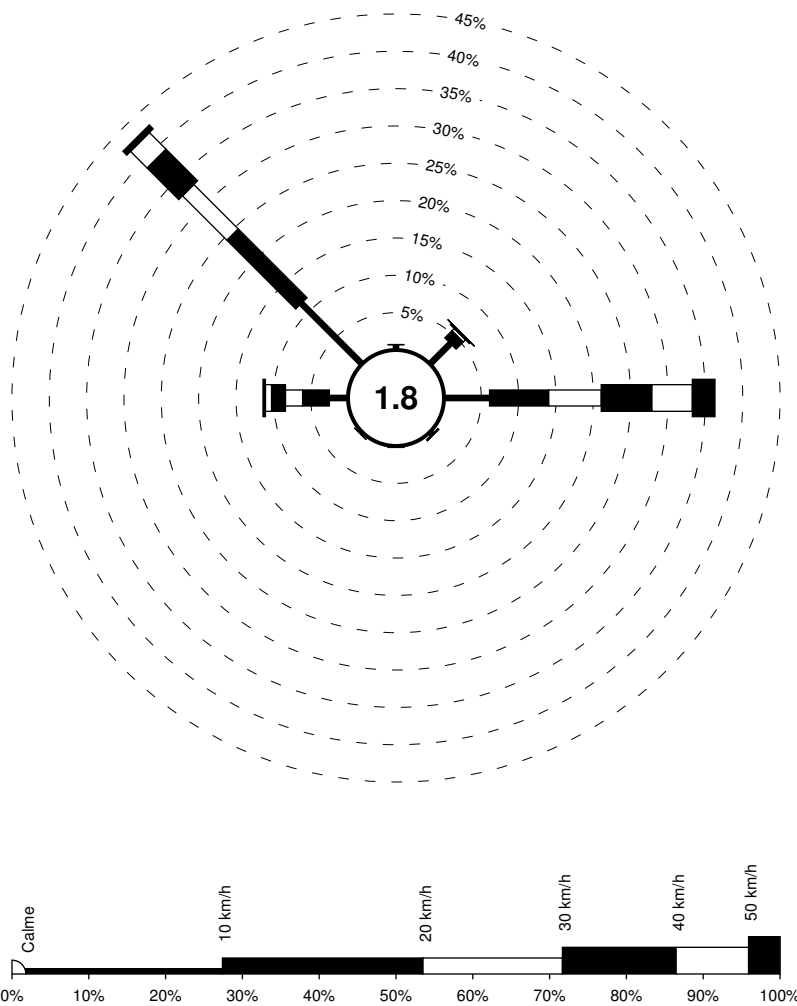
JUIN-AOÛT 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

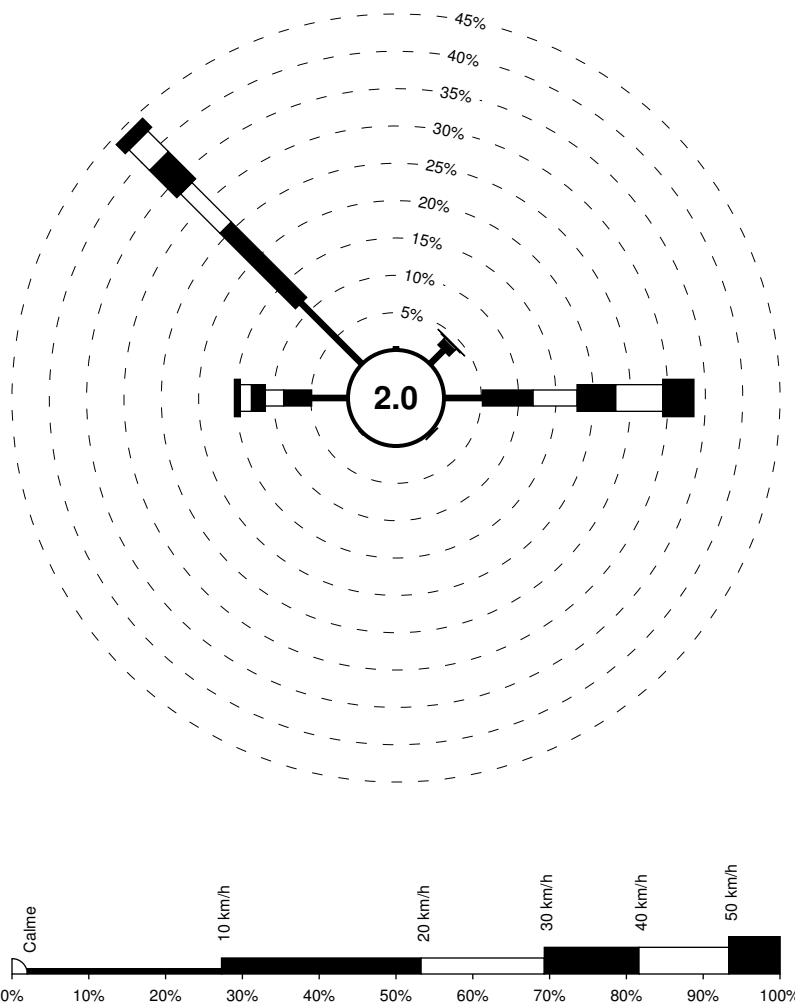
SEPTEMBRE-NOVEMBRE 1994-2000



# Rose des vents

Cap-Rouge

DÉCEMBRE-FÉVRIER 1994-2000



# Annexe D

RÉSULTATS D'ANALYSES EN LABORATOIRE POUR LA QUALITÉ DE  
L'EAU TERRESTRE ET MARINE



ANNEXE D-1

**MILIEU MARIN**

---



Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Votre # Bordereau: 128671

**Attention:Julie Malouin**

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
BAIE - COMEAU  
1890, Avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau, QC  
CANADA G4Z 0A8

**Date du rapport: 2015/10/28**  
# Rapport: R2066986  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B563997**

**Reçu: 2015/10/21, 11:28**

Matrice: EAU DE SURFACE  
Nombre d'échantillons reçus: 9

Analyses	Quantité	Date de l'	Date	Méthode de laboratoire	Référence Primaire
		extraction	Analysé		
Alcalinité totale (pH final 4.5)***	9	N/A	2015/10/26	STL SOP-00038	SM 22 2320-B m
Anions*	9	N/A	2015/10/23	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
Cyanures totaux*	9	2015/10/26	2015/10/27	STL SOP-00035	MA300-CN 1.2 R3 m
Fluorures*	9	N/A	2015/10/26	STL SOP-00038	SM 22 4500-F m
Matières en suspension*	9	2015/10/23	2015/10/23	STL SOP-00015	MA104 - S.S. 2.0 m
Métaux extractibles totaux(basse limite) (1)*	8	2015/10/26	2015/10/26	QUE SOP-00132	MA 200-Met 1.2 R5 m
Métaux extractibles totaux(basse limite) (1)*	1	2015/10/26	2015/10/27	QUE SOP-00132	MA 200-Met 1.2 R5 m
Azote ammoniacal*	9	N/A	2015/10/23	STL SOP-00040	MA300-N 2.0 R2 m
Nitrate et/ou Nitrite*	9	N/A	2015/10/23	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
pH (1)*	9	N/A	2015/10/21	QUE SOP-00142	MA.303-TitrAuto 2.1m
Ortho Phosphate*	9	N/A	2015/10/22	STL SOP-00003	MA303-p 1.1 R1 m
Phosphore total basse limite par ICP-MS (1)*	9	2015/10/23	2015/10/27	QUE SOP-00132	MA 200-Met 1.2 R5 m
Sulfures (exprimés en S2-) (1)*	9	2015/10/26	2015/10/26	QUE SOP-00107	SM 21 4500-S2- D m
Azote total KJELDAHL (TKN)*	9	2015/10/26	2015/10/27	STL SOP-00043	MA300-NTPT 2.0 R1 m
Carbone organique total (2)*	9	N/A	2015/10/27	STL SOP-00243	SM 21 5310-B m
Turbidité (1)*	9	N/A	2015/10/22	QUE SOP-00118	MA 103-TUR. 1.0 R4m

Lorsque la méthode de référence comprend le suffixe « m », cela signifie que les méthodes d'analyse contiennent les modifications validées provenant des méthodes de référence précises appliquées pour améliorer la performance.

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

(1) Cette analyse a été effectuée par Maxxam - Québec

(2) Le COT présent dans l'échantillon réfère au carbone organique total non volatil.

\* Maxxam détient l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDELCC.

\*\*\* Cette analyse ne fait pas partie du programme d'accréditation du MDDELCC.

Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Votre # Bordereau: 128671

**Attention:Julie Malouin**

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
BAIE - COMEAU  
1890, Avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau, QC  
CANADA G4Z 0A8

**Date du rapport: 2015/10/28**  
# Rapport: R2066986  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B563997**

**Reçu: 2015/10/21, 11:28**

clé de cryptage

Veillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

Martine Bergeron, Chargée de projets

Courriel: MBERGERON@maxxam.ca

Téléphone (514)448-9001 Ext:6445

=====

Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BN7609	BN7633	BN7633	BN7634	BN7634	BN7635		
Date d'échantillonnage		2015/10/20 09:56	2015/10/20 10:15	2015/10/20 10:15	2015/10/20 14:33	2015/10/20 14:33	2015/10/20 14:51		
# Bordereau		128671	128671	128671	128671	128671	128671		
	Unités	E2-2H	E2-3H	E2-3H Dup. de Lab.	E1-1B	E1-1B Dup. de Lab.	E1-2B	LDR	Lot CQ

MÉTAUX									
Phosphore total	mg/L	0.05	0.06	N/A	0.02	0.02	0.05	0.02	1525612
MÉTAUX ICP-MS									
Aluminium (Al)	ug/L	41	22	21	110	N/A	35	10	1526578
Antimoine (Sb)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	N/A	<1.0	1.0	1526578
Argent (Ag)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	N/A	<1.0	1.0	1526578
Arsenic (As)	ug/L	1.2	1.4	1.4	<1.0	N/A	1.3	1.0	1526578
Baryum (Ba)	ug/L	8.3	8.1	8.2	8.7	N/A	8.1	2.0	1526578
Béryllium (Be)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	N/A	<2.0	2.0	1526578
Bore (B)	ug/L	2800	3500	3400	1300	N/A	3100	50	1526578
Cadmium (Cd)	ug/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	N/A	<0.20	0.20	1526578
Calcium (Ca)	ug/L	290000	350000	340000	120000	N/A	300000	50000	1526578
Chrome (Cr)	ug/L	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	N/A	<5.0	5.0	1526578
Cobalt (Co)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	N/A	<1.0	1.0	1526578
Cuivre (Cu)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	N/A	<1.0	1.0	1526578
Dureté totale (CaCO <sub>3</sub> )	ug/L	4400000	5400000	5100000	1900000	N/A	4800000	100000	1526578
Etain (Sn)	ug/L	2.6	4.3	4.3	7.0	N/A	7.9	2.0	1526578
Fer (Fe)	ug/L	<60	<60	<60	140	N/A	62	60	1526578
Magnésium (Mg)	ug/L	890000	1100000	1000000	380000	N/A	970000	10000	1526578
Manganèse (Mn)	ug/L	3.6	6.8	6.9	6.0	N/A	3.2	1.0	1526578
Molybdène (Mo)	ug/L	8.1	9.7	10	3.3	N/A	8.9	1.0	1526578
Mercure (Hg)	ug/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	N/A	<0.10	0.10	1526578
Nickel (Ni)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	N/A	<2.0	2.0	1526578
Plomb (Pb)	ug/L	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	N/A	<0.50	0.50	1526578
Potassium (K)	ug/L	310000	400000	400000	120000	N/A	350000	500	1526578
Sélénium (Se)	ug/L	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	N/A	<3.0	3.0	1526578
Sodium (Na)	ug/L	7100000	8800000	8400000	3100000	N/A	7800000	50000	1526578
Titane (Ti)	ug/L	<10	<10	<10	<10	N/A	<10	10	1526578
Uranium (U)	ug/L	2.1	2.5	2.6	<1.0	N/A	2.3	1.0	1526578
Vanadium (V)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	N/A	<2.0	2.0	1526578
Zinc (Zn)	ug/L	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	N/A	13	7.0	1526578

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot contrôle qualité

N/A = Non Applicable

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BN7636	BN7637	BN7638	BN7639	BN7640		
Date d'échantillonnage		2015/10/20 15:09	2015/10/20 08:35	2015/10/20 08:55	2015/10/20 09:15	2015/10/20 09:37		
# Bordereau		128671	128671	128671	128671	128671		
	Unités	E1-3B	E1-1H	E1-2H	E1-3H	E2-1H	LDR	Lot CQ

MÉTAUX								
Phosphore total	mg/L	0.06	0.02	0.05	0.06	0.02	0.02	1525612
MÉTAUX ICP-MS								
Aluminium (Al)	ug/L	22	130	29	130	110	10	1526578
Antimoine (Sb)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1526578
Argent (Ag)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1526578
Arsenic (As)	ug/L	1.4	<1.0	1.3	1.5	<1.0	1.0	1526578
Baryum (Ba)	ug/L	7.9	8.9	8.1	8.1	8.4	2.0	1526578
Béryllium (Be)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.0	1526578
Bore (B)	ug/L	3300	1000	3200	3400	1100	50	1526578
Cadmium (Cd)	ug/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0.20	1526578
Calcium (Ca)	ug/L	350000	95000	300000	320000	100000	50000	1526578
Chrome (Cr)	ug/L	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	5.0	1526578
Cobalt (Co)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1526578
Cuivre (Cu)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1526578
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	5400000	1400000	4500000	4900000	1400000	100000	1526578
Etain (Sn)	ug/L	4.2	7.0	3.9	4.1	4.3	2.0	1526578
Fer (Fe)	ug/L	<60	170	<60	<60	160	60	1526578
Magnésium (Mg)	ug/L	1100000	290000	920000	1000000	290000	10000	1526578
Manganèse (Mn)	ug/L	3.8	6.7	3.1	6.8	6.6	1.0	1526578
Molybdène (Mo)	ug/L	9.7	2.6	9.3	9.6	2.7	1.0	1526578
Mercure (Hg)	ug/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.10	1526578
Nickel (Ni)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.0	1526578
Plomb (Pb)	ug/L	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	0.50	1526578
Potassium (K)	ug/L	400000	94000	370000	400000	100000	500	1526578
Sélénium (Se)	ug/L	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	3.0	1526578
Sodium (Na)	ug/L	8800000	2300000	7400000	8100000	2300000	50000	1526578
Titane (Ti)	ug/L	<10	<10	<10	<10	<10	10	1526578
Uranium (U)	ug/L	2.4	<1.0	2.3	2.5	<1.0	1.0	1526578
Vanadium (V)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.0	1526578
Zinc (Zn)	ug/L	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	7.0	1526578
LDR = Limite de détection rapportée								
Lot CQ = Lot contrôle qualité								

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BN7609	BN7609	BN7633	BN7633		BN7634	BN7634		
Date d'échantillonnage		2015/10/20 09:56	2015/10/20 09:56	2015/10/20 10:15	2015/10/20 10:15		2015/10/20 14:33	2015/10/20 14:33		
# Bordereau		128671	128671	128671	128671		128671	128671		
	Unités	E2-2H	E2-2H Dup. de Lab.	E2-3H	E2-3H Dup. de Lab.	LDR	E1-1B	E1-1B Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ

CONVENTIONNELS										
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	<0.02	N/A	<0.02	N/A	0.02	0.02	0.02	0.02	1525694
Carbone organique total	mg/L	2.7	N/A	1.6	N/A	0.2	5.4	N/A	0.2	1526478
Cyanures Totaux	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	N/A	0.003	<0.003	N/A	0.003	1526459
Fluorure (F)	mg/L	0.6	N/A	0.8	N/A	0.1	0.4	N/A	0.1	1525628
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<2	N/A	<2	N/A	2	<2	N/A	2	1525124
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<10	N/A	<10	N/A	10	<2	N/A	2	1525124
NTK Azote Total Kjeldahl	mg/L	<0.40	N/A	<0.40	<0.40	0.40	<0.40	N/A	0.40	1526328
Orthophosphate (P)	mg/L	<0.05	N/A	<0.05	N/A	0.05	<0.05	N/A	0.05	1525279
pH	pH	7.64	N/A	7.71	N/A	N/A	7.68	N/A	N/A	1524620
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.02	N/A	<0.02	N/A	0.02	<0.02	N/A	0.02	1526610
Turbidité	NTU	0.3	N/A	0.4	N/A	0.1	0.8	N/A	0.1	1525061
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	84	N/A	100	N/A	1	42	N/A	1	1526120
Bromure (Br-)	mg/L	43	N/A	58	N/A	10	17	N/A	10	1525126
Chlorures (Cl)	mg/L	13000	N/A	16000	N/A	5	5200	N/A	5	1525126
Sulfates (SO4)	mg/L	1700	N/A	2200	N/A	50	720	N/A	50	1525126
Matières en suspension (MES)	mg/L	16	N/A	17	N/A	2	8	10	2	1525686

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot contrôle qualité

N/A = Non Applicable

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BN7635		BN7635	BN7636	BN7636		BN7637		
Date d'échantillonnage		2015/10/20 14:51		2015/10/20 14:51	2015/10/20 15:09	2015/10/20 15:09		2015/10/20 08:35		
# Bordereau		128671		128671	128671	128671		128671		
	Unités	E1-2B	LDR	E1-2B Dup. de Lab.	E1-3B	E1-3B Dup. de Lab.	LDR	E1-1H	LDR	Lot CQ

CONVENTIONNELS										
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	<0.02	0.02	N/A	<0.02	N/A	0.02	0.02	0.02	1525694
Carbone organique total	mg/L	2.4	0.2	N/A	1.8	N/A	0.2	5.7	0.2	1526478
Cyanures Totaux	mg/L	<0.003	0.003	N/A	<0.003	N/A	0.003	<0.003	0.003	1526459
Fluorure (F)	mg/L	0.8	0.1	N/A	0.8	N/A	0.1	0.3	0.1	1525628
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<2	2	N/A	<2	N/A	2	<2	2	1525124
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<10	10	N/A	<10	N/A	10	<2	2	1525124
NTK Azote Total Kjeldahl	mg/L	<0.40	0.40	N/A	<0.40	N/A	0.40	0.42	0.40	1526328
Orthophosphate (P)	mg/L	<0.05	0.05	N/A	<0.05	N/A	0.05	<0.05	0.05	1525279
pH	pH	7.74	N/A	7.76	7.76	N/A	N/A	7.65	N/A	1524620
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.02	0.02	N/A	<0.02	N/A	0.02	<0.02	0.02	1526610
Turbidité	NTU	0.6	0.1	N/A	0.7	0.7	0.1	1.0	0.1	1525061
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	92	1	N/A	98	N/A	1	33	1	1526120
Bromure (Br-)	mg/L	45	10	N/A	59	N/A	10	12	10	1525126
Chlorures (Cl)	mg/L	14000	5	N/A	16000	N/A	5	3900	5	1525126
Sulfates (SO4)	mg/L	1900	50	N/A	2200	N/A	50	540	50	1525126
Matières en suspension (MES)	mg/L	21	2	N/A	19	N/A	2	6	2	1525686

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot contrôle qualité

N/A = Non Applicable

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BN7638	BN7638	BN7639	BN7639		BN7640		
Date d'échantillonnage		2015/10/20 08:55	2015/10/20 08:55	2015/10/20 09:15	2015/10/20 09:15		2015/10/20 09:37		
# Bordereau		128671	128671	128671	128671		128671		
	Unités	E1-2H	E1-2H Dup. de Lab.	E1-3H	E1-3H Dup. de Lab.	LDR	E2-1H	LDR	Lot CQ

CONVENTIONNELS									
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	0.03	N/A	<0.02	N/A	0.02	0.02	0.02	1525694
Carbone organique total	mg/L	2.3	N/A	1.7	N/A	0.2	5.7	0.2	1526478
Cyanures Totaux	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	N/A	0.003	<0.003	0.003	1526459
Fluorure (F)	mg/L	0.8	N/A	0.9	N/A	0.1	0.4	0.1	1525628
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<2	<2	<2	N/A	2	<2	2	1525124
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<10	<10	<10	N/A	10	<2	2	1525124
NTK Azote Total Kjeldahl	mg/L	<0.40	N/A	<0.40	<0.40	0.40	0.42	0.40	1526328
Orthophosphate (P)	mg/L	0.08	N/A	<0.05	N/A	0.05	<0.05	0.05	1525279
pH	pH	7.73	N/A	7.74	N/A	N/A	7.67	N/A	1524620
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.02	N/A	<0.02	N/A	0.02	<0.02	0.02	1526610
Turbidité	NTU	0.5	N/A	0.8	N/A	0.1	0.8	0.1	1525061
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	97	N/A	110	N/A	1	38	1	1526120
Bromure (Br-)	mg/L	57	53	57	N/A	10	18	10	1525126
Chlorures (Cl)	mg/L	15000	15000	16000	N/A	5	4700	5	1525126
Sulfates (SO4)	mg/L	2000	2000	2300	N/A	50	640	50	1525126
Matières en suspension (MES)	mg/L	10	12	26	N/A	2	6	2	1525686

LDR = Limite de détection rapportée

Lot CQ = Lot contrôle qualité

N/A = Non Applicable

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

## REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON excepté pour

Cyanures totaux: Agent de conservation insuffisant, pH ajusté sur réception au laboratoire.: BN7609

Cyanures totaux: Le volume maximal de base a été ajouté, mais le pH de l'échantillon est toujours <12.: BN7633

Cyanures totaux: Agent de conservation insuffisant, pH ajusté sur réception au laboratoire.: BN7634

Cyanures totaux: Le volume maximal de base a été ajouté, mais le pH de l'échantillon est toujours <12.: BN7635, BN7636

Cyanures totaux: Agent de conservation insuffisant, pH ajusté sur réception au laboratoire.: BN7637

Cyanures totaux: Le volume maximal de base a été ajouté, mais le pH de l'échantillon est toujours <12.: BN7638, BN7639

Cyanures totaux: Agent de conservation insuffisant, pH ajusté sur réception au laboratoire.: BN7640

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode. Dû à l'interférence de la matrice, la limite de détection a été augmentée.

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

**Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse**

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

**RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ**

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
1524620	CB8	MRC		pH	2015/10/21		100	%
1525061	MCC	Blanc fortifié		Turbidité	2015/10/22		86	%
1525061	MCC	Blanc de méthode		Turbidité	2015/10/22	<0.1		NTU
1525124	MA3	Blanc fortifié		Nitrates (N-NO3-)	2015/10/23		103	%
				Nitrites (N-NO2-)	2015/10/23		103	%
1525124	MA3	Blanc de méthode		Nitrates (N-NO3-)	2015/10/23	<0.02		mg/L
				Nitrites (N-NO2-)	2015/10/23	<0.02		mg/L
1525126	MA3	Blanc fortifié		Bromure (Br-)	2015/10/23		103	%
				Chlorures (Cl)	2015/10/23		100	%
				Sulfates (SO4)	2015/10/23		98	%
1525126	MA3	Blanc de méthode		Bromure (Br-)	2015/10/23	<0.1		mg/L
				Chlorures (Cl)	2015/10/23	<0.05		mg/L
				Sulfates (SO4)	2015/10/23	<0.5		mg/L
1525279	DKH	Blanc fortifié		Orthophosphate (P)	2015/10/22		95	%
1525279	DKH	Blanc de méthode		Orthophosphate (P)	2015/10/22	<0.05		mg/L
1525612	NS	MRC		Phosphore total	2015/10/27		108	%
1525612	NS	Blanc fortifié		Phosphore total	2015/10/27		105	%
1525612	NS	Blanc de méthode		Phosphore total	2015/10/27	<0.002		mg/L
1525628	MR4	Blanc fortifié		Fluorure (F)	2015/10/26		105	%
1525628	MR4	Blanc de méthode		Fluorure (F)	2015/10/26	<0.1		mg/L
1525686	FSI	Blanc fortifié		Matières en suspension (MES)	2015/10/23		96	%
1525686	FSI	Blanc de méthode		Matières en suspension (MES)	2015/10/23	<2		mg/L
1525694	DKH	Blanc fortifié		Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/10/23		97	%
1525694	DKH	Blanc de méthode		Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/10/23	<0.02		mg/L
1526120	MR4	Blanc fortifié		Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2015/10/26		104	%
1526120	MR4	Blanc de méthode		Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2015/10/26	<1		mg/L
1526328	DKH	MRC		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/10/27		107	%
1526328	DKH	Blanc fortifié		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/10/27		106	%
1526328	DKH	Blanc de méthode		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/10/27	<0.40		mg/L
1526459	JL1	MRC		Cyanures Totaux	2015/10/27		89	%
1526459	JL1	Blanc fortifié		Cyanures Totaux	2015/10/27		104	%
1526459	JL1	Blanc de méthode		Cyanures Totaux	2015/10/27	<0.003		mg/L
1526478	MR4	Blanc fortifié		Carbone organique total	2015/10/27		112	%
1526478	MR4	Blanc de méthode		Carbone organique total	2015/10/27	0.2, LDR=0.2		mg/L
1526578	NS	MRC		Aluminium (Al)	2015/10/26		102	%
				Antimoine (Sb)	2015/10/26		107	%
				Arsenic (As)	2015/10/26		101	%
				Baryum (Ba)	2015/10/26		101	%
				Béryllium (Be)	2015/10/26		95	%
				Bore (B)	2015/10/26		92	%
				Cadmium (Cd)	2015/10/26		101	%
				Calcium (Ca)	2015/10/26		100	%
				Chrome (Cr)	2015/10/26		102	%
				Cobalt (Co)	2015/10/26		103	%
				Cuivre (Cu)	2015/10/26		102	%
				Fer (Fe)	2015/10/26		103	%
				Magnésium (Mg)	2015/10/26		104	%
				Manganèse (Mn)	2015/10/26		102	%
				Molybdène (Mo)	2015/10/26		101	%
				Mercure (Hg)	2015/10/26		100	%
				Nickel (Ni)	2015/10/26		100	%

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analyisé	Valeur	Réc	Unités
1526578	NS	Blanc fortifié	Plomb (Pb)	2015/10/26	104	%		
			Potassium (K)	2015/10/26	100	%		
			Sélénium (Se)	2015/10/26	98	%		
			Sodium (Na)	2015/10/26	100	%		
			Uranium (U)	2015/10/26	97	%		
			Vanadium (V)	2015/10/26	100	%		
			Zinc (Zn)	2015/10/26	102	%		
			Aluminium (Al)	2015/10/26	102	%		
			Antimoine (Sb)	2015/10/26	97	%		
			Argent (Ag)	2015/10/26	89	%		
			Arsenic (As)	2015/10/26	96	%		
			Baryum (Ba)	2015/10/26	97	%		
			Béryllium (Be)	2015/10/26	97	%		
			Bore (B)	2015/10/26	94	%		
			Cadmium (Cd)	2015/10/26	101	%		
			Calcium (Ca)	2015/10/26	97	%		
			Chrome (Cr)	2015/10/26	99	%		
			Cobalt (Co)	2015/10/26	98	%		
			Cuivre (Cu)	2015/10/26	97	%		
			Etain (Sn)	2015/10/26	104	%		
			Fer (Fe)	2015/10/26	99	%		
			Magnésium (Mg)	2015/10/26	101	%		
			Manganèse (Mn)	2015/10/26	99	%		
			Molybdène (Mo)	2015/10/26	102	%		
			Mercuré (Hg)	2015/10/26	97	%		
			Nickel (Ni)	2015/10/26	97	%		
			Plomb (Pb)	2015/10/26	97	%		
Potassium (K)	2015/10/26	99	%					
Sélénium (Se)	2015/10/26	103	%					
Sodium (Na)	2015/10/26	96	%					
Titane (Ti)	2015/10/26	102	%					
Uranium (U)	2015/10/26	91	%					
Vanadium (V)	2015/10/26	98	%					
Zinc (Zn)	2015/10/26	100	%					
1526578	NS	Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2015/10/26	<10	ug/L		
			Antimoine (Sb)	2015/10/26	<1.0	ug/L		
			Argent (Ag)	2015/10/26	<1.0	ug/L		
			Arsenic (As)	2015/10/26	<1.0	ug/L		
			Baryum (Ba)	2015/10/26	<2.0	ug/L		
			Béryllium (Be)	2015/10/26	<2.0	ug/L		
			Bore (B)	2015/10/26	<50	ug/L		
			Cadmium (Cd)	2015/10/26	<0.20	ug/L		
			Calcium (Ca)	2015/10/26	<500	ug/L		
			Chrome (Cr)	2015/10/26	<5.0	ug/L		
			Cobalt (Co)	2015/10/26	<1.0	ug/L		
			Cuivre (Cu)	2015/10/26	<1.0	ug/L		
			Dureté totale (CaCO <sub>3</sub> )	2015/10/26	<1000	ug/L		
			Etain (Sn)	2015/10/26	<2.0	ug/L		
			Fer (Fe)	2015/10/26	<60	ug/L		
			Magnésium (Mg)	2015/10/26	<100	ug/L		
			Manganèse (Mn)	2015/10/26	<1.0	ug/L		
Molybdène (Mo)	2015/10/26	<1.0	ug/L					

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
				Mercuré (Hg)	2015/10/26	<0.10		ug/L
				Nickel (Ni)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Plomb (Pb)	2015/10/26	<0.50		ug/L
				Potassium (K)	2015/10/26	<500		ug/L
				Sélénium (Se)	2015/10/26	<3.0		ug/L
				Sodium (Na)	2015/10/26	<500		ug/L
				Titane (Ti)	2015/10/26	<10		ug/L
				Uranium (U)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Vanadium (V)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Zinc (Zn)	2015/10/26	<7.0		ug/L
1526610	DP3	MRC		Sulfures (exprimés en S2-)	2015/10/26		97	%
1526610	DP3	Blanc de méthode		Sulfures (exprimés en S2-)	2015/10/26	<0.02		mg/L

LDR = Limite de détection rapportée

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Réc = Récupération

Dossier Maxxam: B563997  
Date du rapport: 2015/10/28

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:

Anne-Marie Giroux, Analyste I

Dochka Koleva Hristova, B.Sc., Chimiste

David Provencher, B.Sc., Chimiste, Québec

Miryam Assayag, B.Sc. Chimiste

Veronic Beausejour, B.Sc., Chimiste, Superviseur

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Votre # Bordereau: 128671

**Attention:Julie Malouin**

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
BAIE - COMEAU  
1890, Avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau, QC  
CANADA G4Z 0A8

**Date du rapport: 2015/10/29**  
# Rapport: R2067455  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B564369**

**Reçu: 2015/10/22, 10:36**

Matrice: EAU DE SURFACE  
Nombre d'échantillons reçus: 3

Analyses	Quantité	Date de l'		Méthode de laboratoire	Référence Primaire
		extraction	Date Analysé		
Alcalinité totale (pH final 4.5)***	3	N/A	2015/10/27	STL SOP-00038	SM 22 2320-B m
Anions*	3	N/A	2015/10/24	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
Cyanures totaux*	3	2015/10/27	2015/10/28	STL SOP-00035	MA300-CN 1.2 R3 m
Fluorures*	3	N/A	2015/10/27	STL SOP-00038	SM 22 4500-F m
Matières en suspension*	3	2015/10/26	2015/10/26	STL SOP-00015	MA104 - S.S. 2.0 m
Métaux extractibles totaux(basse limite)*	1	2015/10/26	2015/10/26	STL SOP-00006	MA200-Mét 1.2 R5 m
Métaux extractibles totaux(basse limite)*	2	2015/10/26	2015/10/28	STL SOP-00006	MA200-Mét 1.2 R5 m
Azote ammoniacal*	3	N/A	2015/10/26	STL SOP-00040	MA300-N 2.0 R2 m
Nitrate et/ou Nitrite*	3	N/A	2015/10/24	STL SOP-00014	MA300-Ions 1.3 R2 m
pH (1)*	3	N/A	2015/10/22	QUE SOP-00142	MA.303-TitrAuto 2.1m
Ortho Phosphate*	3	N/A	2015/10/23	STL SOP-00003	MA303-p 1.1 R1 m
Phosphore total basse limite par ICP-MS (1)*	3	2015/10/23	2015/10/27	QUE SOP-00132	MA 200-Met 1.2 R5 m
Sulfures (exprimés en S2-) (1)*	3	2015/10/28	2015/10/28	QUE SOP-00107	SM 21 4500-S2- D m
Azote total KJELDAHL (TKN)*	3	2015/10/26	2015/10/27	STL SOP-00043	MA300-NTPT 2.0 R1 m
Carbone organique total (2)*	3	N/A	2015/10/27	STL SOP-00243	SM 21 5310-B m
Turbidité (1)*	3	N/A	2015/10/23	QUE SOP-00118	MA 103-TUR. 1.0 R4m

Lorsque la méthode de référence comprend le suffixe « m », cela signifie que les méthodes d'analyse contiennent les modifications validées provenant des méthodes de référence précises appliquées pour améliorer la performance.

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

(1) Cette analyse a été effectuée par Maxxam - Québec

(2) Le COT présent dans l'échantillon réfère au carbone organique total non volatil.

\* Maxxam détient l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDELCC.

\*\*\* Cette analyse ne fait pas partie du programme d'accréditation du MDDELCC.

Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Votre # Bordereau: 128671

**Attention:Julie Malouin**

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
BAIE - COMEAU  
1890, Avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau, QC  
CANADA G4Z 0A8

**Date du rapport: 2015/10/29**  
# Rapport: R2067455  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B564369**

**Reçu: 2015/10/22, 10:36**

clé de cryptage

Veillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets

Martine Bergeron, Chargée de projets

Courriel: MBERGERON@maxxam.ca

Téléphone (514)448-9001 Ext:6445

=====

Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BN9254		BN9279	BN9280	BN9280		
Date d'échantillonnage		2015/10/21 15:35		2015/10/21 15:35	2015/10/21 15:35	2015/10/21 15:35		
# Bordereau		128671		128671	128671	128671		
	Unités	E2-1B	LDR	E2-2B	E2-3B	E2-3B Dup. de Lab.	LDR	Lot CQ
<b>MÉTAUX</b>								
Phosphore total	mg/L	0.02	0.02	0.06	0.06	N/A	0.02	1525612
<b>MÉTAUX ICP-MS</b>								
Aluminium (Al)	ug/L	120	10	<100	<100	<100	100	1526437
Antimoine (Sb)	ug/L	<1.0	1.0	<10	<10	<10	10	1526437
Argent (Ag)	ug/L	<1.0	1.0	<10	<10	<10	10	1526437
Arsenic (As)	ug/L	<1.0	1.0	<10	<10	<10	10	1526437
Baryum (Ba)	ug/L	9.1	2.0	<20	<20	<20	20	1526437
Béryllium (Be)	ug/L	<2.0	2.0	<20	<20	<20	20	1526437
Bore (B)	ug/L	1300	50	3800	4400	4400	500	1526437
Cadmium (Cd)	ug/L	<0.20	0.20	<2.0	<2.0	<2.0	2.0	1526437
Calcium (Ca)	ug/L	120000	500	360000	390000	390000	5000	1526437
Chrome (Cr)	ug/L	<5.0	5.0	<50	<50	<50	50	1526437
Cobalt (Co)	ug/L	<1.0	1.0	<10	<10	<10	10	1526437
Cuivre (Cu)	ug/L	1.3	1.0	<10	<10	<10	10	1526437
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	1600000	1000	5500000	6000000	6000000	10000	1526437
Etain (Sn)	ug/L	14	2.0	<20	<20	<20	20	1526437
Fer (Fe)	ug/L	190	60	<600	<600	<600	600	1526437
Magnésium (Mg)	ug/L	320000	100	1100000	1200000	1200000	1000	1526437
Manganèse (Mn)	ug/L	7.0	1.0	<10	11	11	10	1526437
Molybdène (Mo)	ug/L	3.2	1.0	<10	11	<10	10	1526437
Mercuré (Hg)	ug/L	<0.10	0.10	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1526437
Nickel (Ni)	ug/L	<2.0	2.0	<20	<20	<20	20	1526437
Plomb (Pb)	ug/L	0.63	0.50	<5.0	<5.0	<5.0	5.0	1526437
Potassium (K)	ug/L	100000	500	350000	380000	370000	5000	1526437
Sélénium (Se)	ug/L	<3.0	3.0	<30	<30	<30	30	1526437
Sodium (Na)	ug/L	2900000	5000	9300000	10000000	10000000	50000	1526437
Titane (Ti)	ug/L	<10	10	<100	<100	<100	100	1526437
Uranium (U)	ug/L	<1.0	1.0	<10	<10	<10	10	1526437
Vanadium (V)	ug/L	<2.0	2.0	<20	<20	<20	20	1526437
Zinc (Zn)	ug/L	<7.0	7.0	<70	<70	<70	70	1526437
LDR = Limite de détection rapportée								
Lot CQ = Lot contrôle qualité								
N/A = Non Applicable								

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

**PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)**

ID Maxxam		BN9254		BN9279	BN9279	BN9280		
Date d'échantillonnage		2015/10/21 15:35		2015/10/21 15:35	2015/10/21 15:35	2015/10/21 15:35		
# Bordereau		128671		128671	128671	128671		
	Unités	E2-1B	LDR	E2-2B	E2-2B Dup. de Lab.	E2-3B	LDR	Lot CQ
<b>CONVENTIONNELS</b>								
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	<0.02	0.02	<0.02	N/A	<0.02	0.02	1525930
Carbone organique total	mg/L	5.7	0.2	2.0	N/A	1.6	0.2	1526741
Cyanures Totaux	mg/L	<0.003	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	1527112
Fluorure (F)	mg/L	0.3	0.1	0.8	N/A	0.9	0.1	1526246
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<2	2	<2	N/A	<2	2	1525853
Nitrites (N-NO2-)	mg/L	<2	2	<10	N/A	<10	10	1525853
NTK Azote Total Kjeldahl	mg/L	<0.40	0.40	<0.40	<0.40	<0.40	0.40	1526328
Orthophosphate (P)	mg/L	<0.05	0.05	<0.05	N/A	<0.05	0.05	1525778
pH	pH	7.47	N/A	7.61	N/A	7.62	N/A	1525314
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.02	0.02	<0.02	N/A	<0.02	0.02	1527647
Turbidité	NTU	1.2	0.1	0.4	N/A	1.6	0.1	1525880
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	40	1	98	N/A	110	1	1526119
Bromure (Br-)	mg/L	14	10	50	N/A	55	10	1525854
Chlorures (Cl)	mg/L	4900	5	15000	N/A	16000	5	1525854
Sulfates (SO4)	mg/L	660	50	2100	N/A	2300	50	1525854
Matières en suspension (MES)	mg/L	15	2	47	N/A	42	2	1526404
LDR = Limite de détection rapportée								
Lot CQ = Lot contrôle qualité								
N/A = Non Applicable								

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

### REMARQUES GÉNÉRALES

État des échantillons à l'arrivée: BON excepté pour

Cyanures totaux: Agent de conservation insuffisant, pH ajusté sur réception au laboratoire.: BN9254, BN9279, BN9280

#### **MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)**

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode. Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

Dû à l'interférence de la matrice, la limite de détection a été augmentée.

#### **PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)**

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

**Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse**

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
1525314	CB8	MRC		pH	2015/10/22		100	%
1525612	NS	MRC		Phosphore total	2015/10/27		108	%
1525612	NS	Blanc fortifié		Phosphore total	2015/10/27		105	%
1525612	NS	Blanc de méthode		Phosphore total	2015/10/27	<0.002		mg/L
1525778	DKH	MRC		Orthophosphate (P)	2015/10/23		111	%
1525778	DKH	Blanc fortifié		Orthophosphate (P)	2015/10/23		102	%
1525778	DKH	Blanc de méthode		Orthophosphate (P)	2015/10/23	<0.05		mg/L
1525853	MA3	Blanc fortifié		Nitrates (N-NO3-)	2015/10/24		103	%
				Nitrites (N-NO2-)	2015/10/24		101	%
1525853	MA3	Blanc de méthode		Nitrates (N-NO3-)	2015/10/24	<0.02		mg/L
				Nitrites (N-NO2-)	2015/10/24	<0.02		mg/L
1525854	MA3	Blanc fortifié		Bromure (Br-)	2015/10/24		105	%
				Chlorures (Cl)	2015/10/24		100	%
				Sulfates (SO4)	2015/10/24		98	%
1525854	MA3	Blanc de méthode		Bromure (Br-)	2015/10/24	<0.1		mg/L
				Chlorures (Cl)	2015/10/24	<0.05		mg/L
				Sulfates (SO4)	2015/10/24	<0.5		mg/L
1525880	MCC	Blanc fortifié		Turbidité	2015/10/23		92	%
1525880	MCC	Blanc de méthode		Turbidité	2015/10/23	<0.1		NTU
1525930	DKH	MRC		Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/10/26		112	%
1525930	DKH	Blanc fortifié		Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/10/26		101	%
1525930	DKH	Blanc de méthode		Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/10/26	<0.02		mg/L
1526119	MR4	Blanc fortifié		Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2015/10/27		101	%
1526119	MR4	Blanc de méthode		Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2015/10/27	<1		mg/L
1526246	MR4	Blanc fortifié		Fluorure (F)	2015/10/27		100	%
1526246	MR4	Blanc de méthode		Fluorure (F)	2015/10/27	<0.1		mg/L
1526328	DKH	MRC		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/10/27		107	%
1526328	DKH	Blanc fortifié		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/10/27		106	%
1526328	DKH	Blanc de méthode		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/10/27	<0.40		mg/L
1526404	FSI	Blanc fortifié		Matières en suspension (MES)	2015/10/26		98	%
1526404	FSI	Blanc de méthode		Matières en suspension (MES)	2015/10/26	<2		mg/L
1526437	MCA	Blanc fortifié		Aluminium (Al)	2015/10/26		96	%
				Antimoine (Sb)	2015/10/26		115	%
				Argent (Ag)	2015/10/26		99	%
				Arsenic (As)	2015/10/26		102	%
				Baryum (Ba)	2015/10/26		103	%
				Béryllium (Be)	2015/10/26		103	%
				Bore (B)	2015/10/26		108	%
				Cadmium (Cd)	2015/10/26		108	%
				Calcium (Ca)	2015/10/26		100	%
				Chrome (Cr)	2015/10/26		95	%
				Cobalt (Co)	2015/10/26		96	%
				Cuivre (Cu)	2015/10/26		96	%
				Etain (Sn)	2015/10/26		114	%
				Fer (Fe)	2015/10/26		101	%
				Magnésium (Mg)	2015/10/26		97	%
				Manganèse (Mn)	2015/10/26		102	%
				Molybdène (Mo)	2015/10/26		109	%
				Mercuré (Hg)	2015/10/26		101	%
				Nickel (Ni)	2015/10/26		97	%
				Plomb (Pb)	2015/10/26		106	%

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
				Potassium (K)	2015/10/26		96	%
				Sélénium (Se)	2015/10/26		110	%
				Sodium (Na)	2015/10/26		97	%
				Titane (Ti)	2015/10/26		98	%
				Uranium (U)	2015/10/26		104	%
				Vanadium (V)	2015/10/26		97	%
				Zinc (Zn)	2015/10/26		98	%
1526437	MCA		Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2015/10/26	<10		ug/L
				Antimoine (Sb)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Argent (Ag)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Arsenic (As)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Baryum (Ba)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Béryllium (Be)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Bore (B)	2015/10/26	<50		ug/L
				Cadmium (Cd)	2015/10/26	<0.20		ug/L
				Calcium (Ca)	2015/10/26	<500		ug/L
				Chrome (Cr)	2015/10/26	<5.0		ug/L
				Cobalt (Co)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Cuivre (Cu)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Dureté totale (CaCO3)	2015/10/26	<1000		ug/L
				Etain (Sn)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Fer (Fe)	2015/10/26	<60		ug/L
				Magnésium (Mg)	2015/10/26	<100		ug/L
				Manganèse (Mn)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Molybdène (Mo)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Mercure (Hg)	2015/10/26	<0.10		ug/L
				Nickel (Ni)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Plomb (Pb)	2015/10/26	<0.50		ug/L
				Potassium (K)	2015/10/26	<500		ug/L
				Sélénium (Se)	2015/10/26	<3.0		ug/L
				Sodium (Na)	2015/10/26	<500		ug/L
				Titane (Ti)	2015/10/26	<10		ug/L
				Uranium (U)	2015/10/26	<1.0		ug/L
				Vanadium (V)	2015/10/26	<2.0		ug/L
				Zinc (Zn)	2015/10/26	<7.0		ug/L
1526741	MR4		Blanc fortifié	Carbone organique total	2015/10/27		110	%
1526741	MR4		Blanc de méthode	Carbone organique total	2015/10/27	0.2, LDR=0.2		mg/L
1527112	JL1	MRC		Cyanures Totaux	2015/10/28		88	%
1527112	JL1		Blanc fortifié	Cyanures Totaux	2015/10/28		102	%
1527112	JL1		Blanc de méthode	Cyanures Totaux	2015/10/28	<0.003		mg/L
1527647	DP3	MRC		Sulfures (exprimés en S2-)	2015/10/28		116	%

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	Unités
1527647	DP3		Blanc de méthode	Sulfures (exprimés en S2-)	2015/10/28	<0.02		mg/L

LDR = Limite de détection rapportée

MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.

Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.

Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.

Réc = Récupération

Dossier Maxxam: B564369  
Date du rapport: 2015/10/29

WSP CANADA Inc- Baie-Comeau  
Votre # du projet: 151-05819-00  
Adresse du site: FJORD DU SAGUENAY  
Initiales du préleveur: JC

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

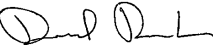

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:


Anne-Marie Giroux, Analyste I




Dochka Koleva Hristova, B.Sc., Chimiste

David Provencher, B.Sc., Chimiste, Québec


Miryam Assayag, B.Sc. Chimiste

Maria Chrifi Alaoui, B.Sc., Chimiste


Veronic Beausejour, B.Sc., Chimiste, Superviseur

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.



ANNEXE D-2

**MILIEU TERRESTRE**

---



Votre # de commande: 371567  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # Bordereau: E-906441

**Attention: François Richard**

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
1738, Ouiatchouan  
C.P. 239  
Mashteuiatsh, QC  
CANADA G0W 2H0

**Date du rapport: 2015/07/29**  
# Rapport: R2029701  
Version: 1 - Finale

**CERTIFICAT D'ANALYSES**

**# DE DOSSIER MAXXAM: B540975**

**Reçu: 2015/07/22, 10:24**

Matrice: EAU DE SURFACE  
Nombre d'échantillons reçus: 5

Analyses	Quantité	Date de l'	Date	Méthode de laboratoire	Référence Primaire
		extraction	Analysé		
Carbone organique total (4)*	5	N/A	2015/07/23	STL SOP-00243	SM 21 5310-B m
Turbidité (2)*	5	N/A	2015/07/22	QUE SOP-00118	MA 103-TUR. 1.0 R4m

Lorsque la méthode de référence comprend le suffixe « m », cela signifie que les méthodes d'analyse contiennent les modifications validées provenant des méthodes de référence précises appliquées pour améliorer la performance.

Notez: Les données brutes sont utilisées pour le calcul du RPD (% d'écart relatif). L'arrondissement des résultats finaux peut expliquer la variation apparente.

- (1) Veuillez noter que le résultat de TOC inclut le carbone graphitique
- (2) Cette analyse a été effectuée par Maxxam - Québec
- (3) Le COD présent dans l'échantillon réfère au carbone organique dissous non volatil.
- (4) Le COT présent dans l'échantillon réfère au carbone organique total non volatil.

\* Maxxam détient l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDELCC.  
\*\* Maxxam ne détient pas l'accréditation pour cette analyse selon le programme du MDDELCC.  
\*\*\* Cette analyse ne fait pas partie du programme d'accréditation du MDDELCC.

clé de cryptage

Veuillez adresser toute question concernant ce certificat d'analyse à votre chargé(e) de projets  
Martine Lepage, M.Sc.A chimiste, Chargée de projets  
Courriel: MLepage@maxxam.ca  
Téléphone (418)543-3788 Ext:6201

=====  
Ce rapport a été produit et distribué en utilisant une procédure automatisée sécuritaire.

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les « signataires » requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

**HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU DE SURFACE)**

ID Maxxam		BC9336	BC9456	BC9457	BC9458	BC9459		
Date d'échantillonnage		2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		
# Bordereau		E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		
	UNITÉS	AVC-01	LN-02	AME-03	AMO-04	RT-05	LDR	Lot CQ
<b>HYDROCARBURES PÉTROLIERS</b>								
Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	ug/L	<100	<100	<100	<100	340	100	1484589
<b>Récupération des Surrogates (%)</b>								
1-Chlorooctadécane	%	95	92	99	84	73	N/A	1484589
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable								

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

**MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)**

ID Maxxam		BC9336	BC9456	BC9457	BC9458	BC9459		
Date d'échantillonnage		2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		
# Bordereau		E-906441	E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		
	UNITÉS	AVC-01	LN-02	AME-03	AMO-04	RT-05	LDR	Lot CQ

MÉTAUX ICP-MS								
Aluminium (Al)	ug/L	190	280	140	230	210	10	1484876
Arsenic (As)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1484876
Cadmium (Cd)	ug/L	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0.20	1484876
Calcium (Ca)	ug/L	6100	3900	4400	4500	5900	500	1484876
Chrome (Cr)	ug/L	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	5.0	1484876
Cuivre (Cu)	ug/L	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	1.0	1484876
Dureté totale (CaCO3)	ug/L	18000	12000	12000	13000	18000	1000	1484876
Fer (Fe)	ug/L	200	91	78	250	130	60	1484876
Magnésium (Mg)	ug/L	570	550	360	530	670	100	1484876
Manganèse (Mn)	ug/L	20	6.2	7.9	20	12	1.0	1484876
Mercure (Hg)	ug/L	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.10	1484876
Nickel (Ni)	ug/L	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	2.0	1484876
Phosphore total	ug/L	<10	<10	<10	14	<10	10	1484876
Plomb (Pb)	ug/L	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	0.50	1484876
Potassium (K)	ug/L	<500	<500	<500	<500	<500	500	1484876
Sodium (Na)	ug/L	1600	1100	750	960	1400	500	1484876
Zinc (Zn)	ug/L	<7.0	<7.0	<7.0	<7.0	7.1	7.0	1484876

LDR = Limite de détection rapportée  
Lot CQ = Lot contrôle qualité

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

ID Maxxam		BC9336	BC9456	BC9456	BC9457		BC9458		
Date d'échantillonnage		2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21	2015/07/21		2015/07/21		
# Bordereau		E-906441	E-906441	E-906441	E-906441		E-906441		
	UNITÉS	AVC-01	LN-02	LN-02 Dup. de Lab.	AME-03	Lot CQ	AMO-04	LDR	Lot CQ
<b>CONVENTIONNELS</b>									
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	<0.02	<0.02	N/A	<0.02	1484492	<0.02	0.02	1484492
Azote Organique	mg/L	<0.4	0.4	N/A	<0.4	1486013	<0.4	0.4	1486013
Carbone organique dissous	mg/L	7.8	8.5	N/A	4.8	1484329	8.3	0.2	1484329
Carbone organique total	mg/L	7.8	8.7	N/A	4.8	1484618	8.3	0.2	1484618
Cyanures Totaux	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	1484894	<0.003	0.003	1484894
DBO5	mg/L	<4	<4	N/A	<4	1484275	<4	4	1484275
DCO	mg/L	27	26	N/A	25	1485499	55	10	1485944
Fluorure (F)	mg/L	0.1	0.3	N/A	0.1	1484546	<0.1	0.1	1484546
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	0.03	<0.02	N/A	<0.02	1484339	<0.02	0.02	1484339
NTK Azote Total Kjeldahl	mg/L	<0.40	0.40	N/A	<0.40	1485514	<0.40	0.40	1485514
pH	pH	7.08	6.41	N/A	6.90	1483748	6.86	N/A	1483748
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.02	<0.02	N/A	<0.02	1485008	<0.02	0.02	1485008
Turbidité	NTU	1.1	0.4	N/A	1.1	1483899	0.8	0.1	1483899
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	12	7	N/A	8	1484406	8	1	1484406
Chlorures (Cl)	mg/L	1.5	0.49	N/A	0.32	1484340	0.36	0.05	1484340
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	0.03	<0.02	N/A	<0.02	1484340	<0.02	0.02	1484340
Sulfates (SO4)	mg/L	2.0	2.3	N/A	2.1	1484340	2.0	0.5	1484340
Matières en suspension (MES)	mg/L	<2	<2	N/A	9	1485521	5	2	1485521
Solides dissous totaux	mg/L	69	46	N/A	17	1485532	58	10	1485532
LDR = Limite de détection rapportée Lot CQ = Lot contrôle qualité N/A = Non Applicable									

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

**PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)**

<b>ID Maxxam</b>		BC9459		
<b>Date d'échantillonnage</b>		2015/07/21		
<b># Bordereau</b>		E-906441		
	<b>UNITÉS</b>	<b>RT-05</b>	<b>LDR</b>	<b>Lot CQ</b>
<b>CONVENTIONNELS</b>				
Azote ammoniacal (N-NH3)	mg/L	<0.02	0.02	1484492
Azote Organique	mg/L	<0.4	0.4	1486013
Carbone organique dissous	mg/L	11	0.4	1484329
Carbone organique total	mg/L	11	0.4	1484618
Cyanures Totaux	mg/L	<0.003	0.003	1484894
DBO5	mg/L	<4	4	1484275
DCO	mg/L	35	10	1485499
Fluorure (F)	mg/L	0.1	0.1	1484546
Nitrates (N-NO3-)	mg/L	<0.02	0.02	1484339
NTK Azote Total Kjeldahl	mg/L	<0.40	0.40	1485514
pH	pH	6.98	N/A	1483748
Sulfures (exprimés en S2-)	mg/L	<0.02	0.02	1485008
Turbidité	NTU	0.3	0.1	1483899
Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	mg/L	12	1	1484406
Chlorures (Cl)	mg/L	0.43	0.05	1484340
Nitrate(N) et Nitrite(N)	mg/L	<0.02	0.02	1484340
Sulfates (SO4)	mg/L	2.0	0.5	1484340
Matières en suspension (MES)	mg/L	<2	2	1485521
Solides dissous totaux	mg/L	62	10	1485532
LDR = Limite de détection rapportée				
Lot CQ = Lot contrôle qualité				
N/A = Non Applicable				

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

## REMARQUES GÉNÉRALES

Tous les résultats sont calculés sur une base sèche excepté lorsque non-applicable.

État des échantillons à l'arrivée: BON

A,B,C: Ces critères proviennent de l'Annexe 2 de la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés ». Pour les analyses de métaux(et métalloïdes) dans les sols, le critère A désigne la « Teneur de fond Secteur Basses-Terres du Saint-Laurent ».

A,B-eau souterraine: A=Critère pour fin de consommation; B=Critère pour la résurgence dans les eaux de surface ou infiltration dans les égouts. Ces références ne sont rapportées qu'à titre indicatif et ne doivent être interprétées dans aucun autre contexte.

- = Ce composé ne fait pas partie de la réglementation.

### HYDROCARBURES PAR GCFID (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité (blanc fortifié et surrogates).  
Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour le blanc de méthode.

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.  
Veillez noter que le résultat de COT inclut le carbone graphitique.

### HYDROCARBURES LOURDS (SÉDIMENT)

Veillez noter que les résultats n'ont été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité, ni pour le blanc de méthode.

### HYDROCARBURES PAR GCFID (EAU DE SURFACE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour la récupération des échantillons de contrôle de qualité (blanc fortifié et surrogates).  
Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés pour le blanc de méthode.

### MÉTAUX EXTRACTIBLES TOTAUX (EAU DE SURFACE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.

### PARAMÈTRES CONVENTIONNELS (EAU DE SURFACE)

Veillez noter que les résultats n'ont pas été corrigés ni pour la récupération des échantillons de contrôle qualité, ni pour le blanc de méthode.  
Les limites de détections indiquées sont multipliées par les facteurs de dilution utilisés pour l'analyse des échantillons.

**Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis pour analyse**

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS
1483748	CG0		MRC	pH	2015/07/22		98	%
1483899	CG0		Blanc fortifié	Turbidité	2015/07/22		112	%
1483899	CG0		Blanc de méthode	Turbidité	2015/07/22	<0.1		NTU
1484275	LD2		MRC	DBO5	2015/07/28		118	%
1484275	LD2		Blanc fortifié	DBO5	2015/07/28		106	%
1484275	LD2		Blanc fortifié DUP	DBO5	2015/07/28		106	%
1484275	LD2		Blanc de méthode	DBO5	2015/07/28	<2		mg/L
1484329	MR4		Blanc fortifié	Carbone organique dissous	2015/07/23		102	%
1484329	MR4		Blanc de méthode	Carbone organique dissous	2015/07/23	<0.2		mg/L
1484339	JEM		Blanc fortifié	Nitrates (N-NO3-)	2015/07/23		104	%
1484339	JEM		Blanc de méthode	Nitrates (N-NO3-)	2015/07/23	<0.02		mg/L
1484340	JEM		Blanc fortifié	Chlorures (Cl)	2015/07/23		99	%
				Nitrate(N) et Nitrite(N)	2015/07/23		106	%
				Sulfates (SO4)	2015/07/23		106	%
1484340	JEM		Blanc de méthode	Chlorures (Cl)	2015/07/23	0.07, LDR=0.05		mg/L
				Nitrate(N) et Nitrite(N)	2015/07/23	<0.02		mg/L
				Sulfates (SO4)	2015/07/23	<0.5		mg/L
1484406	MR4		Blanc fortifié	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2015/07/23		94	%
1484406	MR4		Blanc de méthode	Alcalinité Totale (en CaCO3) pH 4.5	2015/07/23	<1		mg/L
1484492	DKH		MRC	Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/07/24		101	%
1484492	DKH		Blanc fortifié	Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/07/24		99	%
1484492	DKH		Blanc de méthode	Azote ammoniacal (N-NH3)	2015/07/24	<0.02		mg/L
1484546	MR4		Blanc fortifié	Fluorure (F)	2015/07/23		96	%
1484546	MR4		Blanc de méthode	Fluorure (F)	2015/07/23	<0.1		mg/L
1484589	NC1		Blanc fortifié	1-Chlorooctadécane	2015/07/24		112	%
				Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2015/07/24		99	%
1484589	NC1		Blanc de méthode	1-Chlorooctadécane	2015/07/24		107	%
				Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2015/07/24	<100		ug/L
1484618	MR4		MRC	Carbone organique total	2015/07/23		103	%
1484618	MR4		Blanc fortifié	Carbone organique total	2015/07/23		101	%
1484618	MR4		Blanc de méthode	Carbone organique total	2015/07/23	<0.2		mg/L
1484876	JS2		Blanc fortifié	Aluminium (Al)	2015/07/24		106	%
				Arsenic (As)	2015/07/24		104	%
				Cadmium (Cd)	2015/07/24		104	%
				Calcium (Ca)	2015/07/24		104	%
				Chrome (Cr)	2015/07/24		101	%
				Cuivre (Cu)	2015/07/24		101	%
				Fer (Fe)	2015/07/24		106	%
				Magnésium (Mg)	2015/07/24		105	%
				Manganèse (Mn)	2015/07/24		109	%
				Mercure (Hg)	2015/07/24		102	%
				Nickel (Ni)	2015/07/24		103	%
				Phosphore total	2015/07/24		103	%
				Plomb (Pb)	2015/07/24		102	%
				Potassium (K)	2015/07/24		106	%
				Sodium (Na)	2015/07/24		105	%
				Zinc (Zn)	2015/07/24		100	%
1484876	JS2		Blanc de méthode	Aluminium (Al)	2015/07/24	<10		ug/L
				Arsenic (As)	2015/07/24	<1.0		ug/L

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS
				Cadmium (Cd)	2015/07/24	<0.20		ug/L
				Calcium (Ca)	2015/07/24	<500		ug/L
				Chrome (Cr)	2015/07/24	<5.0		ug/L
				Cuivre (Cu)	2015/07/24	<1.0		ug/L
				Dureté totale (CaCO3)	2015/07/24	<1000		ug/L
				Fer (Fe)	2015/07/24	<60		ug/L
				Magnésium (Mg)	2015/07/24	<100		ug/L
				Manganèse (Mn)	2015/07/24	<1.0		ug/L
				Mercuré (Hg)	2015/07/24	<0.10		ug/L
				Nickel (Ni)	2015/07/24	<2.0		ug/L
				Phosphore total	2015/07/24	<10		ug/L
				Plomb (Pb)	2015/07/24	<0.50		ug/L
				Potassium (K)	2015/07/24	<500		ug/L
				Sodium (Na)	2015/07/24	<500		ug/L
				Zinc (Zn)	2015/07/24	<7.0		ug/L
1484894	JL1	MRC		Cyanures Totaux	2015/07/27		88	%
1484894	JL1	Blanc fortifié		Cyanures Totaux	2015/07/27		90	%
1484894	JL1	Blanc de méthode		Cyanures Totaux	2015/07/27	<0.003		mg/L
1485008	CB8	MRC		Sulfures (exprimés en S2-)	2015/07/24		92	%
1485008	CB8	Blanc de méthode		Sulfures (exprimés en S2-)	2015/07/24	<0.02		mg/L
1485499	LD2	MRC		DCO	2015/07/27		100	%
1485499	LD2	Blanc fortifié		DCO	2015/07/27		101	%
1485499	LD2	Blanc de méthode		DCO	2015/07/27	<10		mg/L
1485514	DKH	MRC		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/07/28		103	%
1485514	DKH	Blanc fortifié		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/07/28		103	%
1485514	DKH	Blanc de méthode		NTK Azote Total Kjeldahl	2015/07/28	<0.40		mg/L
1485516	NC1	Blanc fortifié		1-Chlorooctadécane	2015/07/27		91	%
				Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2015/07/27		90	%
1485516	NC1	Blanc fortifié DUP		1-Chlorooctadécane	2015/07/27		88	%
				Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2015/07/27		89	%
1485516	NC1	Blanc de méthode		1-Chlorooctadécane	2015/07/27		91	%
				Hydrocarbures pétroliers (C10-C50)	2015/07/27	<100		mg/kg
1485521	FSI	Blanc fortifié		Matières en suspension (MES)	2015/07/27		99	%
1485521	FSI	Blanc de méthode		Matières en suspension (MES)	2015/07/27	<2		mg/L
1485532	FSI	Blanc fortifié		Solides dissous totaux	2015/07/27		101	%
1485532	FSI	Blanc fortifié DUP		Solides dissous totaux	2015/07/27		102	%
1485532	FSI	Blanc de méthode		Solides dissous totaux	2015/07/27	<10		mg/L
1485672	TS2	Blanc fortifié		Huiles et graisses totales	2015/07/28		114	%
1485672	TS2	Blanc de méthode		Huiles et graisses totales	2015/07/28	<100		mg/kg
1485944	LD2	Échantillon fortifié		DCO	2015/07/28		100	%
1485944	LD2	MRC		DCO	2015/07/28		99	%
1485944	LD2	Blanc fortifié		DCO	2015/07/28		99	%
1485944	LD2	Blanc de méthode		DCO	2015/07/28	<10		mg/L
1486011	DKH	MRC		Soufre (S)	2015/07/28		110	%
1486011	DKH	Blanc de méthode		Soufre (S)	2015/07/28	<0.01		% g/g
1486095	VME	MRC		Arsenic (As)	2015/07/29		112	%
				Cadmium (Cd)	2015/07/29		110	%
				Chrome (Cr)	2015/07/29		92	%
				Cuivre (Cu)	2015/07/29		95	%
				Cobalt (Co)	2015/07/29		93	%

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS
1486095	VME	Blanc fortifié	Fer (Fe)	2015/07/29	94	%		
			Manganèse (Mn)	2015/07/29	94	%		
			Molybdène (Mo)	2015/07/29	85	%		
			Nickel (Ni)	2015/07/29	109	%		
			Mercuré (Hg)	2015/07/29	155	%		
			Plomb (Pb)	2015/07/29	106	%		
			Zinc (Zn)	2015/07/29	93	%		
			Aluminium (Al)	2015/07/29	92	%		
			Arsenic (As)	2015/07/29	101	%		
			Béryllium (Be)	2015/07/29	98	%		
			Cadmium (Cd)	2015/07/29	99	%		
			Calcium (Ca)	2015/07/29	92	%		
			Chrome (Cr)	2015/07/29	99	%		
			Cuivre (Cu)	2015/07/29	101	%		
			Cobalt (Co)	2015/07/29	97	%		
			Fer (Fe)	2015/07/29	100	%		
			Magnésium (Mg)	2015/07/29	94	%		
			Manganèse (Mn)	2015/07/29	99	%		
			Molybdène (Mo)	2015/07/29	96	%		
			1486095	VME	Blanc de méthode	Nickel (Ni)	2015/07/29	100
Mercuré (Hg)	2015/07/29	106				%		
Plomb (Pb)	2015/07/29	102				%		
Sodium (Na)	2015/07/29	92				%		
Zinc (Zn)	2015/07/29	99				%		
Aluminium (Al)	2015/07/29	<20					mg/kg	
Arsenic (As)	2015/07/29	<2					mg/kg	
Béryllium (Be)	2015/07/29	<0.5					mg/kg	
Cadmium (Cd)	2015/07/29	<0.2					mg/kg	
Calcium (Ca)	2015/07/29	<30					mg/kg	
Chrome (Cr)	2015/07/29	<2					mg/kg	
Cuivre (Cu)	2015/07/29	<1					mg/kg	
Cobalt (Co)	2015/07/29	<2					mg/kg	
1486442	DKH	MRC	Fer (Fe)	2015/07/29	<10		mg/kg	
			Magnésium (Mg)	2015/07/29	<10		mg/kg	
			Manganèse (Mn)	2015/07/29	<2		mg/kg	
			Molybdène (Mo)	2015/07/29	<2		mg/kg	
			Nickel (Ni)	2015/07/29	<1		mg/kg	
			Mercuré (Hg)	2015/07/29	<0.05		mg/kg	
			Plomb (Pb)	2015/07/29	<5		mg/kg	
			Sodium (Na)	2015/07/29	<10		mg/kg	
			Zinc (Zn)	2015/07/29	<5		mg/kg	
			Carbone organique total	2015/07/29	109	%		

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### RAPPORT ASSURANCE QUALITÉ (SUITE)

Lot	AQ/CQ	Init	Type CQ	Groupe	Date Analysé	Valeur	Réc	UNITÉS
1486442	DKH		Blanc de méthode	Carbone organique total	2015/07/29	<0.5		% g/g
<p>LDR = Limite de détection rapportée</p> <p>Échantillon fortifié: Échantillon auquel a été ajouté une quantité connue d'un ou de plusieurs composés chimiques d'intérêt. Sert à évaluer les interférences dues à la matrice.</p> <p>MRC: Un échantillon de concentration connue préparé dans des conditions rigoureuses par un organisme externe. Utilisé pour vérifier la justesse de la méthode.</p> <p>Blanc fortifié: Un blanc, d'une matrice exempte de contaminants, auquel a été ajouté une quantité connue d'analyte provenant généralement d'une deuxième source. Utilisé pour évaluer la précision de la méthode.</p> <p>Blanc de méthode: Une partie aliquote de matrice pure soumise au même processus analytique que les échantillons, du prétraitement au dosage. Sert à évaluer toutes contaminations du laboratoire.</p> <p>Surrogate: Composé se comportant de façon similaire aux composés analysés et ajouté à l'échantillon avant l'analyse. Sert à évaluer la qualité de l'extraction.</p> <p>Réc = Récupération</p>								

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29


Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:




Anne-Marie Giroux, Analyste I

Dochka Koleva Hristova, B.Sc., Chimiste


Jonathan Fauvel, B.Sc, Chimiste

Karyn Vaucher


Miryam Assayag, B.Sc. Chimiste


Madina Hamrouni, B.Sc., Chimiste


Nouredine Chafiaai, B.Sc., Chimiste

Dossier Maxxam: B540975  
Date du rapport: 2015/07/29

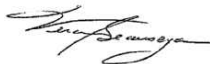

Groupe Conseil Nutshimit-Nippour inc.  
Votre # du projet: 15-0076  
Adresse du site: ANSE PELLETIER  
Votre # de commande: 371567  
Initiales du préleveur: FR

### PAGE DES SIGNATURES DE VALIDATION (SUITE)

Les résultats analytiques ainsi que les données de contrôle-qualité contenus dans ce rapport furent vérifiés et validés par les personnes suivantes:


Tien Nguyen Thi, B.Sc., Chimiste

Veronic Beausejour, B.Sc., Chimiste, Superviseur

---

Maxxam a mis en place des procédures qui protègent contre l'utilisation non autorisée de la signature électronique et emploie les «signataires» requis, conformément à la section 5.10.2 de la norme ISO/CEI 17025:2005(E). Veuillez vous référer à la page des signatures de validation pour obtenir les détails des validations pour chaque division.

## **Étude sectorielle n° 2 : Modélisation de la dispersion atmosphérique**



ADMINISTRATION PORTUAIRE DU SAGUENAY

# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

MODÉLISATION DE LA DISPERSION  
ATMOSPHERIQUE

MAI 2016



# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

## MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

**Administration portuaire du Saguenay**

### **Version finale**

Projet n° : 151-05819-00

Date : Mai 2016

—

### **WSP Canada Inc.**

3450, boulevard Gene-H.-Kruger, bureau 300  
Trois-Rivières (Québec) G9A 4M3

Téléphone : +1 819 375-8550

Télécopieur : +1 819 375-1217

**[www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com)**

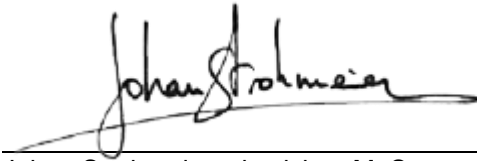




---

# SIGNATURES

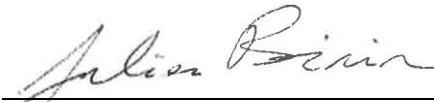
## PRÉPARÉ PAR



---

Johan Strohmeier, physicien, M. Sc.  
Conseiller en modélisation

## RÉVISÉ PAR



---

Julien Poirier, ing. jr, M. Sc.  
OIQ - 5031699  
Chargé de projet en modélisation

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de dix ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.



---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## ADMINISTRATION PORTUAIRE DU SAGUENAY

Directeur général Carl Laberge

Gestionnaire de projets Patrice Maltais

## WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de la modélisation Pascal Rhéaume, ing., M. Sc. A

Directeur de projets Yvon Courchesne, biologiste

Chargé de projet en modélisation Julien Poirier, ing. jr, M. Sc.

Conseiller en modélisation Johan Strohmeier, physicien, M. Sc.

Cartographie et géomatique Paul-André Biron, cartographe

Traitement de texte et édition Blanca Alvarado

### Référence à citer :

WSP 2016. *Terminal maritime en rive nord du Saguenay, Terminal maritime en rive nord du Saguenay*. Rapport produit pour Administration portuaire du Saguenay. 70 pages et annexes.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	MISE EN CONTEXTE .....	1
1.2	ZONE D'ÉTUDE .....	1
1.3	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....	1
<b>2</b>	<b>CONTEXTE ET SCÉNARIOS DE MODÉLISATION .....</b>	<b>3</b>
2.1	DESCRIPTION SOMMAIRE DES OPÉRATIONS .....	3
2.2	IDENTIFICATION DES SOURCES ET DES SUBSTANCES.....	4
2.3	NORMES ET CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'AIR.....	4
2.3.1	DÉFINITION.....	4
2.3.2	SUBSTANCES MODÉLISÉES .....	5
2.3.3	DOMAINE D'APPLICATION.....	9
2.3.4	NIVEAUX AMBIANTS.....	9
2.4	SCÉNARIO DE MODÉLISATION .....	10
<b>3</b>	<b>PROCÉDURE DE MODÉLISATION.....</b>	<b>13</b>
3.1	CHOIX DU MODÈLE DE DISPERSION .....	13
3.1.1	CHAMPS DE VENTS COMPLEXES.....	13
3.1.2	LIGNE DE MIRE .....	13
3.1.3	TRAITEMENT DES VENTS FAIBLES .....	14
3.2	DESCRIPTION DU MODÈLE DE DISPERSION .....	15
3.3	DOMAINE DE MODÉLISATION .....	16
3.4	RÉCEPTEURS .....	16
3.4.1	GRILLE DE RÉCEPTEURS .....	16
3.4.2	RÉCEPTEURS SUR LA LIMITE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES.....	16
3.4.3	RÉCEPTEURS SENSIBLES .....	17
3.4.4	RÉCEPTEURS DU DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES.....	17
3.5	PRÉPARATION DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES.....	18

3.5.1	DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES AÉROLOGIQUES ET DE SURFACE .....	18
3.5.2	TOPOGRAPHIE DU TERRAIN .....	18
3.5.3	CLASSIFICATION DU TERRITOIRE ET UTILISATION DU SOL.....	18
3.5.4	CONFIGURATION DE CALMET .....	19
3.5.5	ÉCHANTILLON MÉTÉOROLOGIQUE .....	23
<b>3.6</b>	<b>DESCRIPTION DES SOURCES D'ÉMISSIONS .....</b>	<b>33</b>
3.6.1	ROUTAGE .....	33
3.6.2	DÉPOUSSIÉREURS .....	34
3.6.3	CHARGEMENT DU BATEAU.....	35
3.6.4	GAZ D'ÉCHAPPEMENT.....	35
3.6.5	GÉNÉRATRICE DU BATEAU .....	36
3.6.6	AUTRES SOURCES .....	37
<b>3.7</b>	<b>EFFETS DES BÂTIMENTS.....</b>	<b>37</b>
<b>3.8</b>	<b>CONFIGURATION DE CALPUFF.....</b>	<b>37</b>
<b>3.9</b>	<b>ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DE NO<sub>2</sub> .....</b>	<b>37</b>
<b>3.10</b>	<b>ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE SILICE CRISTALLINE, DE MÉTAUX ET DE MÉTALLOÏDES .....</b>	<b>38</b>
3.10.1	TENEURS.....	38
3.10.2	REGROUPEMENT DES SOURCES.....	38
<b>4</b>	<b>RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1</b>	<b>SCÉNARIO 1 .....</b>	<b>42</b>
4.1.1	PARTICULES TOTALES.....	42
4.1.2	PARTICULES FINES (< 10 MICRONS) .....	43
4.1.3	PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS) .....	43
4.1.4	MONOXYDE DE CARBONE .....	45
4.1.5	DIOXYDE D'AZOTE .....	45
4.1.6	DIOXYDE DE SOUFRE.....	45
4.1.7	SILICE CRISTALLINE, MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES .....	46
<b>4.2</b>	<b>SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION.....</b>	<b>46</b>
4.2.1	PARTICULES TOTALES.....	47
4.2.2	PARTICULES FINES (< 10 MICRONS) .....	47
4.2.3	PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS) .....	47
4.2.4	SILICE CRISTALLINE, MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES .....	48

<b>5</b>	<b>CONSERVATISME ET LIMITATIONS .....</b>	<b>63</b>
<b>5.1</b>	<b>CONSERVATISME DE L'APPROCHE.....</b>	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>INCERTITUDES ET LIMITATIONS DU MODÈLE.....</b>	<b>63</b>
5.2.1	FACTEURS D'ÉMISSIONS .....	63
5.2.2	DISPERSION DES MATIÈRES PARTICULAIRES .....	63
5.2.3	MÉTAUX ET SILICE CRISTALLINE.....	64
5.2.4	MODÈLE MÉTÉOROLOGIQUE ET MODÈLE DE DISPERSION.....	64
5.2.5	AUTRES .....	64
<b>5.3</b>	<b>DISCUSSION ET RÉSERVES .....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>69</b>

## TABLEAUX

TABLEAU 1 :	COMPOSÉS MODÉLISÉS – NORMES .....	6
TABLEAU 2 :	COMPOSÉS MODÉLISÉS – CRITÈRES .....	8
TABLEAU 3 :	RÉCEPTEURS SENSIBLES CONSIDÉRÉS.....	17
TABLEAU 4 :	PARAMÈTRES D'UTILISATION DU SOL CONSIDÉRÉS .....	21
TABLEAU 5 :	PARAMÈTRES CALMET SPÉCIFIQUES .....	23
TABLEAU 6 :	PARAMÈTRES CALPUFF SPÉCIFIQUES.....	37
TABLEAU 7 :	TENEUR EN MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES DE LA LITHOLOGIE CONSIDÉRÉE.....	39
TABLEAU 8 :	PROPORTIONS PAR LITHOLOGIE EN FONCTION DES GROUPE DE SOURCES UTILISÉS POUR L'ESTIMATION DES SMM.....	40
TABLEAU 9 :	RÉSULTATS POUR LES NORMES DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES – SCÉNARIO 1 .....	49
TABLEAU 10 :	RÉSULTATS POUR LES CRITÈRES DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES – SCÉNARIO 1 .....	51
TABLEAU 11 :	RÉSULTATS POUR LES NORMES AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES UNIQUEMENT – SCÉNARIO 1 .....	53
TABLEAU 12 :	RÉSULTATS POUR LES CRITÈRES AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES UNIQUEMENT – SCÉNARIO 1 .....	55
TABLEAU 13 :	RÉSULTATS POUR LES PM <sub>10</sub> DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES ET POUR LES RÉCEPTEURS SENSIBLES UNIQUEMENT – SCÉNARIO 1 .....	57
TABLEAU 14 :	RÉSULTATS POUR LES PARTICULES FINES DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES – NORMES NCQAA – SCÉNARIO 1.....	57
TABLEAU 15 :	RÉSULTATS POUR CERTAINES NORMES DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES – SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION .....	59
TABLEAU 16 :	RÉSULTATS POUR CERTAINES NORMES AUX RÉCEPTEURS SENSIBLES – SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION .....	59
TABLEAU 17 :	RÉSULTATS POUR LES PM <sub>10</sub> DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES ET POUR LES RÉCEPTEURS SENSIBLES UNIQUEMENT – SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION .....	61
TABLEAU 18 :	RÉSULTATS POUR LES PARTICULES FINES DANS LE DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES – NORMES NCQAA – SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION.....	61

# FIGURES

FIGURE 1 :	ROSES DES VENTS - COMPARAISON DES DONNÉES D'ENVIRONNEMENT CANADA ET DES DONNÉES DU MODÈLE WRF AU SITE DE L'AÉROPORT DE BAGOTVILLE .....	25
FIGURE 2 :	ROSES DES VENTS - COMPARAISON DES DONNÉES ISSUES DE CALMET ET DES DONNÉES DU MODÈLE WRF AU SITE DU TERMINAL MARITIME DU PORT DE SAGUENAY .....	27
FIGURE 3 :	ROSES DES VENTS - COMPARAISON DES DONNÉES ISSUES DE CALMET ET DES DONNÉES DU MODÈLE WRF AU SOMMET D'UNE MONTAGNE DU DOMAINE DE MODÉLISATION .....	29
FIGURE 4 :	ROSES DES VENTS – DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES 2010 À 2014 .....	31
FIGURE 5 :	CONTRIBUTIONS DES SOURCES POUR LES DÉPASSEMENTS DE PMT MODÉLISÉS SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES .....	43
FIGURE 6 :	CONTRIBUTION DES SOURCES POUR LES DÉPASSEMENTS DE PMT MODÉLISÉS SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES .....	44

# ANNEXES

## ANNEXE A : DESCRIPTION DES SOURCES D'ÉMISSIONS

TABLEAU A 1 :	DESCRIPTION SOMMAIRE DES CAMIONS DE TRANSPORT CONSIDÉRÉS DANS LA MODÉLISATION
TABLEAU A 2 :	CARACTÉRISTIQUES DES TRAJETS CONSIDÉRÉS POUR L'ÉVALUATION DES ÉMISSIONS LIÉES AUX ACTIVITÉS DE ROUTAGE
TABLEAU A 3 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DES SEGMENTS CONSIDÉRÉS POUR L'ÉVALUATION DES ACTIVITÉS DE ROUTAGE – PÉRIODE DE MAI À NOVEMBRE
TABLEAU A 4 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DES SEGMENTS CONSIDÉRÉS POUR L'ÉVALUATION DES ACTIVITÉS DE ROUTAGE – PÉRIODE DE DÉCEMBRE À AVRIL
TABLEAU A 5 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DES SOURCES VOLUMIQUES ALTERNÉES DE ROUTAGE – PÉRIODE MAI À NOVEMBRE
TABLEAU A 6 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DES SOURCES VOLUMIQUES ALTERNÉES DE ROUTAGE – PÉRIODE DÉCEMBRE À AVRIL
TABLEAU A 7 :	CARACTÉRISTIQUES DES SOURCES PONCTUELLES CONSIDÉRÉES DANS LA MODÉLISATION
TABLEAU A 8 :	TAUX D'ÉMISSIONS DES SOURCES PONCTUELLES CONSIDÉRÉES DANS LA MODÉLISATION
TABLEAU A 9 :	EXEMPLE DE LA VARIATION DES TAUX D'ÉMISSIONS DE QUELQUES DÉPOUSSIÉREURS CONSIDÉRÉS
TABLEAU A 10 :	CALCUL DU TAUX D'ÉMISSIONS SURFACIQUE DE L'OUVERTURE DE LA CALE DU BATEAU
TABLEAU A 11 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DE LA SOURCE SURFACIQUE MODÉLISÉE
TABLEAU A 12 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DES SOURCES D'ÉMISSIONS ASSOCIÉES AUX GAZ D'ÉCHAPPEMENT
TABLEAU A 13 :	DISPONIBILITÉ MÉCANIQUE DES ÉQUIPEMENTS REJETANT DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT
TABLEAU A 14 :	CARACTÉRISTIQUES ET TAUX D'ÉMISSIONS DES SOURCES VOLUMIQUES ASSOCIÉES AUX GAZ D'ÉCHAPPEMENT DU TRANSPORT ROUTAGE
TABLEAU A 15 :	CARACTÉRISTIQUES DE LA SOURCE PONCTUELLE LOCALISÉE ASSOCIÉE À LA GÉNÉRATRICE DU BATEAU

**ANNEXE B : DESCRIPTION DES SOURCES D'ÉMISSIONS**

- CARTE 1 : LOCALISATION DU PROJET
- CARTE 2 : DOMAINE DE MODÉLISATION ET RÉCEPTEURS
- CARTE 3 : TOPOGRAPHIE DANS LE DOMAINE DE MODÉLISATION
- CARTE 4 : CATÉGORIES D'UTILISATION DU SOL DANS LE DOMAINE DE MODÉLISATION
- CARTE 5 : SOURCES D'ÉMISSIONS CONSIDÉRÉES – SCÉNARIO 1
- CARTE 6 : VUE EN 3D DES BÂTIMENTS
- CARTE 7 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE PARTICULES TOTALES MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1
- CARTE 8 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE PARTICULES INFÉRIEURES À 10 MICRONS MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1
- CARTE 9 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE PARTICULES INFÉRIEURES À 10 MICRONS MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE UN AN - SCÉNARIO 1
- CARTE 10 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS) MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1
- CARTE 11 : MAXIMUM DES MOYENNES TRIENNALES DU 98<sup>e</sup> CENTILE ANNUEL DES CONCENTRATIONS DE PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS) MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1
- CARTE 12 : MAXIMUM DES MOYENNES TRIENNALES DES CONCENTRATIONS DE PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS) MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE UN AN - SCÉNARIO 1
- CARTE 13 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>) MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 1 HEURE - SCÉNARIO 1
- CARTE 14 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>) MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1
- CARTE 15 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE PARTICULES TOTALES MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION
- CARTE 16 : CONCENTRATIONS MAXIMALES DE PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS) MODÉLISÉES SUR UNE PÉRIODE DE 24 HEURES - SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 MISE EN CONTEXTE

L'Administration portuaire du Saguenay (ci-après désignée Port de Saguenay) désire étendre ses activités par l'aménagement d'un nouveau terminal maritime, afin de desservir la rive nord de la rivière Saguenay. Les installations du terminal maritime comprendront les principaux éléments suivants, soit : un quai, un chargeur de navires, des silos et systèmes de manutention (convoyeurs), ainsi qu'un chemin d'accès au quai pour les besoins d'opération et de maintenance. Des installations sont également prévues pour l'approvisionnement en eau, la collecte des eaux de ruissellement et le traitement des eaux sanitaires pour des bâtiments administratifs et de services. Ces installations seront alimentées à partir d'une nouvelle ligne d'alimentation électrique qui sera construite par Hydro-Québec.

Le Port de Saguenay est une entité fédérale régie par les lois fédérales. Conformément au paragraphe c) de l'article 24 de l'annexe du *Règlement désignant les activités concrètes découlant de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (2012)*, le projet est assujéti à une évaluation environnementale fédérale.

## 1.2 ZONE D'ÉTUDE

Le terminal maritime sera localisé à l'intérieur des limites de la municipalité de Sainte-Rose-du-Nord, dans la MRC du Fjord-du-Saguenay (carte 1). L'accès au site du terminal se fera à partir d'un chemin au sud de la route 172 et dont l'accessibilité sera contrôlée par une barrière.

## 1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de l'évaluation environnementale, WSP a été mandaté afin de réaliser la modélisation de la dispersion atmosphérique qui s'inscrit en tant qu'étude complémentaire à l'étude d'impact environnementale (ÉIE). Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact des émissions provenant des opérations des futures installations et opérations du terminal maritime du Port de Saguenay sur la qualité de l'atmosphère, et ce, sur la base des *Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant* (NCQAA) et du *Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère* (RAA). La démarche de modélisation préconisée dans la présente étude s'appuie sur la méthodologie proposée dans le Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique (MDDEP, 2005) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC<sup>1</sup>). Les discussions tenues entre les divers représentants de WSP et Port de Saguenay ont également servi à déterminer les intrants requis à la modélisation et à la rédaction du rapport.

Les sections suivantes présentent donc la procédure utilisée pour modéliser les concentrations de diverses substances dans l'air ambiant. Les niveaux ambiants retenus ainsi que les normes de qualité de l'atmosphère considérées pour évaluer la conformité des concentrations modélisées à la réglementation canadienne et québécoise sont aussi exposés. Enfin, les résultats détaillés sont présentés et interprétés en fonction des hypothèses retenues pour la modélisation.

---

<sup>1</sup> Les dénominations ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) et ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) sont également utilisées dans le présent rapport bien que renommé ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) depuis avril 2014, et ce, afin d'éviter la confusion dans les références.



## 2 CONTEXTE ET SCÉNARIOS DE MODÉLISATION

Dans le cadre d'une étude de dispersion atmosphérique, il est important de définir en premier lieu le ou les scénarios de modélisation. Pour ce faire, les principales sources d'émissions, les substances émises ainsi que les normes et critères en vigueur pour ces différentes substances doivent être identifiées. Plus spécifiquement, les substances considérées et les périodes des normes et critères définies pour celles-ci vont influencer le choix des scénarios de modélisation.

### 2.1 DESCRIPTION SOMMAIRE DES OPÉRATIONS

Le projet du Port de Saguenay consiste à construire un quai, un chemin pour le quai, ainsi que les infrastructures nécessaires à la prise en charge et à la manutention du concentré d'apatite de la compagnie Ariane Phosphate (environ 3 Mt/an), depuis le déchargement des camions de transport jusqu'au remplissage des vraquiers (de type Handymax par exemple).

Le déchargement des camions sera effectué à l'aide de basculeurs hydrauliques. Dans la forme actuelle d'ingénierie préliminaire qui est appelée à être optimisée, le concentré d'apatite sera acheminé via un convoyeur fermé vers deux silos d'entreposage. À partir de ces silos, un système de transfert (convoyeurs fermés) transportera le concentré d'apatite vers le chargeur de navire installé au quai lors des opérations de chargement.

#### **Chemin d'accès**

Les camions-remorques de 120 t de charge utile faite sur mesure se rendent sur le site du terminal maritime par un chemin privé, propriété d'Ariane Phosphate. À partir des guérites des installations du terminal maritime, les routes sont pavées jusqu'au bâtiment de déchargement des camions.

#### **Déchargement des camions et entreposage du concentré d'apatite**

Les installations de déchargement des camions comprennent deux travées munies de basculeurs hydrauliques qui sont spécialement conçus pour y fixer et y décharger des camions-remorques de 120 t de charge utile faits sur mesure. Les camions et remorques prendront position sur la plate-forme du basculeur et y seront attachés de manière sécuritaire. La plate-forme élevée à l'angle désiré, le concentré se déchargera dans une trémie pour ensuite être repris par un système de manutention qui acheminera le concentré d'apatite au sommet des silos d'entreposage. Le site du terminal inclut deux silos de stockage. Les silos et leurs équipements peuvent fonctionner indépendamment, ce qui permet de poursuivre les opérations lors des arrêts pour l'entretien.

#### **Transport du concentré et chargement du navire**

Le convoyeur vers le quai verra à utiliser la pente favorable du terrain pour le transfert du concentré vers le quai. Suivant le positionnement du navire pour son chargement, il y aura actionnement du convoyeur de sortie des silos d'entreposage vers celui d'amené jusqu'au chargeur de navire. La conception de toutes les infrastructures de chargement et de manutention est effectuée de manière à éviter l'émission de poussière et à minimiser le niveau sonore. Un mécanisme de transfert érigé à la fin du convoyeur assurera l'alimentation du concentré au chargeur de navires. Ce système de transfert comprendra aussi un dépoussiéreur.

Le chargeur de navire, aussi nommé empileur tournant mobile et extensible, correspond à un convoyeur incliné, qui permet une grande variété de position de déchargement dans les cales des navires. L'installation de chargement du navire sera établie sur la surface de quai plane avec emprise sur terre. Elle comprendra deux empileurs tournants mobiles et extensibles qui seront utilisés comme chargeurs de navire. Un seul chargeur peut être utilisé à la fois. Généralement, l'équipement sera installé dans une position fixe de fonctionnement pour le chargement d'un navire.

## Gaz d'échappement

Les différents véhicules actifs sur le site émettent des composés particuliers et gazeux en raison des gaz d'échappement qu'ils rejettent. Le navire est quant à lui alimenté en électricité par une génératrice au diesel lors des périodes de chargement.

## 2.2 IDENTIFICATION DES SOURCES ET DES SUBSTANCES

Le déchargement du concentré d'apatite dans les trémies, le chargement de ce dernier dans le navire ainsi que le routage représentent des sources d'émissions de matières particulaires sous forme fugitive. Les différents dépoussiéreurs présents sur le site, aussi bien au niveau des silos que des systèmes de transfert du concentré, présentent des émissions de particules qui sont canalisées dans des cheminées. L'ensemble de ces matières particulaires émises contient différents métaux et métalloïdes.

Les différents équipements mobiles alimentés au diesel ainsi que la génératrice du navire sont des sources de matières particulaires, principalement des particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>), ainsi que de gaz de combustion, tel que le monoxyde de carbone (CO), les oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>).

## 2.3 NORMES ET CRITÈRES DE QUALITÉ DE L'AIR

### 2.3.1 DÉFINITION

Des normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère ont été établis par le MDDELCC dans le but d'évaluer l'impact d'un projet qui est soumis à une autorisation. Des normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) ont également été établies par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). Ces normes ont été établies sous forme d'objectifs en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*. Ces normes et critères de qualité de l'atmosphère correspondent à des concentrations sans effet nocif. Cette concentration est en effet la concentration la plus élevée d'un contaminant dans l'air permettant d'éviter l'apparition prédite ou démontrée d'un effet nocif sur la santé humaine, le bien-être ou l'écosystème. Quatre grands types d'effets sont évalués : les effets obtenus par exposition directe (inhalation), les effets obtenus par exposition indirecte, les nuisances et les effets sur les écosystèmes.

Dans ce contexte, le respect de ces normes permet d'assurer un environnement sécuritaire pour la santé humaine et pour l'environnement. Par conséquent, les effets appréhendés des composés particuliers et gazeux sur la santé humaine et sur l'environnement peuvent être considérés négligeables lorsque les normes sont respectées.

#### Normes

Seuils de références inscrits dans un règlement tel que le RAA.

#### Critères

Seuils de références utilisés par le Ministère en vertu de la Loi sur la qualité de l'Environnement (LQE).

### 2.3.2 SUBSTANCES MODÉLISÉES

Les substances considérées dans cette étude sont tirées du document Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (MDDELCC, 2015, version 4) et des NCQAA. Celles-ci sont présentées aux tableaux 1 et 2 et sont accompagnées des normes et critères en vigueur respectivement.

Plus précisément, il s'agit des **matières particulaires (PMT et PM<sub>2,5</sub>)**, du **monoxyde de carbone (CO)**, du **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)**, du **dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)** ainsi que de 19 métaux et métalloïdes. Parmi eux, 14 possèdent une norme de qualité de l'atmosphère définie dans le RAA. Il s'agit de **l'antimoine, l'argent, l'arsenic, le baryum, le béryllium, le cadmium, le chrome (trivalent et hexavalent), le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le thallium, le vanadium et le zinc**. Pour **le cobalt, le manganèse, le sélénium et la silice cristalline<sup>2</sup>**, des critères ont plutôt été établis par le MDDELCC. Il est important de noter que ceux-ci ne se retrouvent dans aucune loi ou règlement, mais ils sont utilisés par le MDDELCC pour l'évaluation de projets générant des émissions de contaminants atmosphériques.

À noter que les **particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>)** ont aussi été modélisées puisque les normes et critères définis pour le manganèse, le nickel et le titane s'appliquent sur les PM<sub>10</sub>.

Finalement, conformément au paragraphe c) de l'article 24 de l'annexe du Règlement désignant les activités concrètes découlant de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (2012) (LCÉE 2012), le projet est assujéti à une évaluation environnementale fédérale. Dans ce contexte, les NCQAA ont été considérées. Ces dernières, présentées au tableau 1, ne concernent que les particules fines (PM<sub>2,5</sub>).

---

<sup>2</sup> Dans la présente étude, la silice cristalline est regroupée dans les métaux. Or, même si le silicium est souvent mentionné comme un métal, il possède autant les caractéristiques d'un métal que d'un non-métal.

Tableau 1 : Composés modélisés – Normes

Composé	Formule / Symbole	Période	Norme (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration initiale considérée <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )
Particules totales	PMT	24 heures	120	40
Particules de moins de 10 microns (PM <sub>10</sub> ) <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub>	-	-	-
Particules fines (PM <sub>2,5</sub> )	PM <sub>2,5</sub>	24 heures	30	15
			28 <sup>4,5</sup>	
Carbone, monoxyde de	CO	1 an	10 <sup>4,6</sup>	4.5 <sup>2</sup>
		1 heure	34000	600
Azote, dioxyde d'	NO <sub>2</sub>	8 heures	12700	400
		1 heure	414	50
Soufre, dioxyde de	SO <sub>2</sub>	24 heures	207	30
		1 an	103	10
		4 minutes	1050	40
		24 heures	288	10
		1 an	52	2

<sup>[1]</sup> Concentrations initiales recommandées pour les projets nordiques lorsque ces projets sont éloignés d'autres sources (MDDELCC, 2015).

<sup>[2]</sup> Valeur établie à partir des mesures réalisées à la station Pémonca située au nord du site étudié (MDDELCC).

<sup>[3]</sup> Agence canadienne d'évaluation environnementale, *Lignes directrices pour la préparation d'une étude d'impact environnemental* (Loi canadienne sur l'évaluation environnementale - 2012) - Terminal maritime en rive nord du Saguenay, août 2015

<sup>[4]</sup> Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) (<http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2013/2013-05-25/html/notice-avis-fra.html>).

<sup>[5]</sup> Moyenne triennale du 98e centile annuel des concentrations quotidiennes moyennes sur 24 heures.

<sup>[6]</sup> Moyenne triennale des concentrations annuelles moyennes.

Tableau 1 : Composés modélisés – Normes (suite)

Composé	Formule / Symbole	Période	Norme (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration initiale considérée <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )
Antimoine métal et composés (exprimé en Sb)	Sb	1 an	0.17	0.001
Argent, composés solubles (exprimé en Ag)	Ag	1 an	0.23	0.005
Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (exprimé en As)	As	1 an	0.003	0.002
Baryum, métal et composés solubles (exprimé en Ba)	Ba	1 an	0.05	0.02
Béryllium, métal et composés (exprimé en Be)	Be	1 an	0.0004	0
Cadmium, composés de (exprimé en Cd)	Cd	1 an	0.0036	0.0005
Chrome (composés de chrome hexavalent)	Cr VI	1 an	0.004	0.002
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr III	1 an	0.1	0.01
Cuivre	Cu	24 heures	2.5	0.2
Mercuré	Hg	1 an	0.005	0.002
Nickel, composés de <sup>2</sup>	Ni	24 heures	0.014	0.002
Plomb	Pb	1 an	0.1	0.004
Thallium	Tl	1 an	0.25	0.005
Vanadium	V	1 an	1	0.01
Zinc	Zn	24 heures	2.5	0.1

<sup>(1)</sup> Concentrations initiales recommandées pour les projets nordiques lorsque ces projets sont éloignés d'autres sources (MDDELCC, 2015).

<sup>(2)</sup> Évalué sur les PM<sub>10</sub>.

**Tableau 2 : Composés modélisés – Critères**

Composé	Formule / Symbole	Période	Norme (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration initiale considérée <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )
Cobalt et composés	Co	1 an	0.1	0
Manganèse, poussières et composés <sup>2</sup>	mn	1 an	0.025	0.005
Sélénium, composé de (en Se)	Se	1 heure	2	0.15
Silice cristalline	SiO <sub>2</sub>	1 heure	8.6	0.3
		1 an	0.07	0.04
Titane (en Ti) <sup>2</sup>	Ti	24 heures	2.5	0

<sup>[1]</sup> Concentrations initiales recommandées pour les projets nordiques lorsque ces projets sont éloignés d'autres sources (MDDELCC, 2015).

<sup>[2]</sup> Évalué sur les PM<sub>10</sub>.

### 2.3.3 DOMAINE D'APPLICATION

Afin de vérifier la conformité des opérations vis-à-vis des normes et critères de qualité de l'atmosphère, une limite géographique à partir de laquelle ces normes et critères s'appliquent doit être définie. Cette limite est appelée « **limite d'application des normes et critères** » et est définie par la limite de propriété ou de la zone industrielle projetée lorsqu'une telle limite existe. Dans le cas où le projet se trouve en totalité ou en partie sur des terres publiques, le MDDELCC demande que les normes et critères soient respectés à partir d'une distance de 300 m des différentes installations.

Dans le cas du terminal maritime du Port de Saguenay, les installations projetées sont situées entièrement sur des terres privées, en bordure de la rivière Saguenay. Les terrains privés sont actuellement sous option d'achat par Ariane Phosphate, qui sera éventuellement cédée à Port de Saguenay, et une entente pour l'utilisation du terrain du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) est en cours. Par conséquent, la limite d'application des normes et critères a été tracée sur la limite du terrain sur lequel se situent les installations du port maritime, avec une extension de 300 m à partir du rivage.

La vérification du respect des normes et critères se fait à cette limite d'application et au-delà. Les concentrations des contaminants modélisées dans l'air ambiant à l'intérieur de cette limite ne sont donc pas prises en compte lors de la vérification du respect des normes et critères de la qualité de l'air. En résumé, seuls les résultats de modélisation dans le « **domaine d'application des normes et critères** », constitué de la limite d'application des normes et critères et de la zone au-delà de celle-ci, seront comparés aux normes et critères de qualité de l'atmosphère en vigueur.

### 2.3.4 NIVEAUX AMBIANTS

Le niveau ambiant (ou concentration initiale) représente la concentration préexistante d'un contaminant dans l'air ambiant. Afin de vérifier le respect des normes et critères, la concentration initiale doit être ajoutée aux concentrations modélisées pour le projet. Dans le domaine d'application des normes et critères, la somme de la concentration initiale et des concentrations modélisées doit ainsi être inférieure à la norme ou au critère pour chacun des contaminants.

Or, conformément au guide de modélisation du MDDELCC (MDDEP, 2005), les concentrations obtenues par modélisation doivent être additionnées à des niveaux ambiants (concentrations initiales) représentatifs de la région étudiée. Pour déterminer les niveaux ambiants des contaminants, différentes approches peuvent être envisagées. Les concentrations initiales peuvent être déterminées à partir :

- de mesures effectuées sur le site dans le but d'obtenir des valeurs réelles;
- de mesures effectuées par les stations du Réseau de surveillance de la qualité de l'air du MDDELCC. Ces niveaux ambiants, représentatifs de la région, sont fournis par le MDDELCC;
- des concentrations initiales génériques définies par le MDDELCC.

En ce qui concerne la présente étude, les concentrations initiales génériques prescrites par le MDDELCC pour les projets situés en milieu nordique et éloignés d'autres sources d'émissions de contaminants atmosphériques<sup>3</sup> sont considérées (MDDELCC, 2015). Les tableaux 1 et 2 présentent ces concentrations initiales pour chacun des contaminants modélisés.

<sup>3</sup> Guide d'instruction - Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques - Projets miniers (MDDELCC, janvier 2015) ; Tableau 1 p. 29.

Par ailleurs, pour les concentrations annuelles de PM<sub>2.5</sub>, Le MDDELCC<sup>4</sup> suggère d'utiliser une concentration initiale de 4,5 µg/m<sup>3</sup> (valeur qui a été établie à partir des mesures réalisées à la station Pémonca située au nord du site étudié).

## 2.4 SCÉNARIO DE MODÉLISATION

Afin de satisfaire aux exigences du MDDELCC, la modélisation vise à représenter les conditions qui maximiseront les répercussions sur la qualité de l'atmosphère. Pour ce faire, des « scénarios pires cas » doivent être considérés. De plus, comme les particules possèdent des normes sur une période de 24 heures, un scénario journalier doit être déterminé afin de vérifier la conformité à ces normes. Ainsi, certaines opérations peu fréquentes durant l'année, mais qui peuvent se dérouler sur certaines journées entières, doivent être considérées actives dans la modélisation.

Un scénario unique a été considéré représentant la période d'exploitation du terminal. Celui-ci inclut les principales opérations d'une journée durant laquelle, le maximum d'émissions de substances présentées à la section 2.3.2 dans l'atmosphère aura lieu. Le scénario tient compte des éléments suivants :

- Les camions de transport du concentré d'apatite (capacité de 120 t) en provenance de la mine d'Arianne Phosphate arrivent sur le site du terminal après avoir passé une guérite à partir de laquelle la route est recouverte d'asphalte (ou route pavée). Les camions acheminent le concentré à des trémies situées dans un bâtiment fermé par une route unique. Les 3 000 000 tonnes de concentré d'apatite sont acheminées en 230 jours par année soit environ 13 043 tonnes de concentré par jour. Ces journées représentent un horaire de 5 jours par semaine, 24 heures par jour, et l'équivalent de 6 semaines d'arrêt annuel, pour la période de dégel par exemple. Dans l'exercice de modélisation, le transport de 13 043 t par jour est appliqué 260 jours par année au lieu de 230, soit 5 jours par semaine, aucune semaine d'arrêt n'est considérée. Conséquemment, les concentrations modélisées des substances possédant des normes ou critères annuels sont alors surestimées.
- Le déchargement des camions se fait à l'aide de plateformes hydrauliques. Les plateformes de déchargement sont munies d'un système permettant de sceller les différentes ouvertures autour du camion susceptibles de laisser échapper de la poussière de concentré. Enfin, une pression négative, contrôlée par un dépoussiéreur, est appliquée dans le bâtiment afin de minimiser le rejet de poussières fugitives. Ces systèmes éliminent en pratique les émissions de poussières fugitives et, ainsi, aucune source fugitive n'a été considérée. Quant au dépoussiéreur, celui-ci rejette des matières particulaires ainsi que des métaux et métalloïdes uniquement lors des journées de déchargement des camions. Comme pour le routage, ce dépoussiéreur est activé 260 jours par année dans la modélisation (au lieu de 230 jours) entraînant une surestimation des émissions annuelles des poussières pour cette source.
- Une fois le concentré déchargé dans les trémies, ce dernier est entreposé dans deux silos possédant chacun un dépoussiéreur fonctionnel uniquement lors des déchargements des camions et du chargement du bateau (environ 60 bateaux par année). Ces 2 dépoussiéreurs sont considérés actifs en tout temps dans la modélisation surestimant ainsi les émissions annuelles de poussières. Les différents convoyeurs qui acheminent le concentré au quai puis au bateau sont tous fermés et aucune source fugitive de transfert du matériel n'est considérée. Les points de transfert sont munis de dépoussiéreurs (4) rejetant des matières particulaires, métaux et métalloïdes uniquement lors de chargement d'un bateau. Bien que ces dépoussiéreurs fonctionnent moins de 100 jours par année, ceux-ci sont considérés actifs en tout temps dans la modélisation, surestimant ainsi les émissions annuelles de poussières.

<sup>4</sup> Courriel de M. Gilles Boulet du MDDELCC. Le 20 janvier 2016 à 13h44.

- Enfin, le concentré est déposé dans les cales du bateau à l'aide d'une chute télescopique munie d'un système en cascade qui ralentit la chute des matériaux et qui limite ainsi les émissions fugitives de poussières. Selon les informations fournies par Port de Saguenay, les concentrations de poussières au niveau de la trappe de sortie de la cale du bateau seront inférieures à  $10 \text{ mg/m}^3$ . Une source fugitive de type surfacique a donc été considérée pour le chargement du bateau. L'ouverture de la cale délimite le contour de cette source. Une fois de plus, cette source d'émission a été considérée active en tout temps (24h/24, 7 jours sur 7, 52 semaines par année) surestimant les émissions annuelles de poussières.

Les détails des différentes sources d'émissions considérées dans la modélisation seront fournis à la section 3.6 ainsi qu'à l'annexe A.



## 3 PROCÉDURE DE MODÉLISATION

### 3.1 CHOIX DU MODÈLE DE DISPERSION

La modélisation de la qualité de l'air vise à documenter la portée géographique et l'ampleur des rejets atmosphériques des installations prévues et de vérifier la conformité des concentrations potentielles avec la réglementation en vigueur.

L'approche de modélisation retenue est basée sur l'utilisation d'un logiciel météorologique diagnostique CALMET (Scire et al., 2000a) et du logiciel de dispersion CALPUFF (Scire et al., 2000b), deux programmes informatiques recommandés par l'U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency) et par le MDDELCC (MDDEFP 2005, section 8.2.3). Plus spécifiquement, il y est présenté que le modèle CALPUFF peut être utilisé pour les régions où la topographie est complexe.

Enfin, ces modèles sont en pratique autorisés par le Ministère pour les projets situés en bordure d'un plan d'eau important (traitement des effets côtiers) ou pour les projets situés à l'intérieur d'une vallée encaissée (traitement des effets de vallée). Le présent projet correspond donc à cette description par la présence du Saguenay et la topographie importante autour du Saguenay, des spécificités du domaine de modélisation qui sont susceptibles de modifier l'écoulement de l'air à grande échelle.

Les sections suivantes présentent une justification plus détaillée du choix de l'utilisation de CALPUFF pour l'évaluation de ce projet.

#### 3.1.1 CHAMPS DE VENTS COMPLEXES

Dans le cadre du présent mandat, la topographie est complexe. En effet, la complexité de la topographie en bordure du fleuve est évidente avec des élévations variant entre 4 m et 318 m d'altitude. Certaines infrastructures, comme le quai, sont creusées dans la montagne afin de présenter une surface plane, créant ainsi une falaise en bordure du fleuve. De plus, l'utilisation du sol varie dans le domaine, allant de milieux aquatiques à des forêts matures. Or, ces variations dans la topographie et l'utilisation du sol ont un effet important sur les champs de vent dans le domaine de modélisation et donc, sur la dispersion atmosphérique.

Dans ce contexte, le modèle de dispersion CALPUFF, couplé au modèle météorologique CALMET, permet de prendre en compte les variations topographiques et la variation de l'utilisation du sol afin de calculer des champs de vents complexes sur l'ensemble du domaine de modélisation. En contrepartie, le champ de vent unique offert par un modèle gaussien tel que le modèle AERMOD est incapable de représenter les variations spatiales du champ de vents.

#### 3.1.2 LIGNE DE MIRE

Bien que le modèle AERMOD soit recommandé par l'EPA pour la dispersion dans une région avec une topographie complexe, le modèle est malgré tout uniquement valide lorsque la dispersion en ligne de mire est représentative. Par exemple, AERMOD peut calculer assez fidèlement la dispersion à l'intérieur d'une vallée, mais ne peut représenter adéquatement le transport à l'extérieur de celle-ci. Ainsi, AERMOD n'est pas approprié lorsque des obstacles topographiques importants doivent être traversés, ce qui est le cas du présent projet puisque celui-ci est en bordure de la rivière Saguenay qui est elle-même entourée de montagne.

Pour le présent projet, une proportion importante des émissions se retrouve sous forme de sources volumiques situées près du sol et l'environnement immédiat du site présente des variations importantes de topographie. Ces émissions ne peuvent par conséquent pas atteindre directement les récepteurs plus loin que l'environnement immédiat du site, tel que les récepteurs sensibles. Il est donc évident que la dispersion en ligne de mire que procure un modèle de dispersion gaussien, tel qu'AERMOD, n'est pas valide pour estimer l'impact des sources volumiques à l'intérieur du site par rapport aux récepteurs sensibles à l'extérieur.

Le traitement de la topographie du modèle AERMOD met justement ce phénomène en évidence. En effet, la topographie est traitée via l'utilisation du préprocesseur AERMAP, qui assigne une valeur de zhill à chacun des récepteurs en fonction de la topographie locale, et ce, sans tenir compte de la position des sources et donc, de la provenance des émissions. Ainsi pour un récepteur donné, AERMAP et AERMOD ne peuvent distinguer si l'obstacle se trouve devant ou derrière le récepteur, par rapport à la source. Un autre point important concernant la valeur attribuée au zhill est que celle-ci dépend uniquement de l'environnement local. Les obstacles topographiques intermédiaires que représentent les montages n'ont donc aucun effet sur la dispersion aux récepteurs du domaine d'application des normes et critères.

Finalement, selon l'expérience de WSP, mandataire de plusieurs études de dispersion atmosphérique pour des projets miniers et industriels, l'ensemble des problématiques soulevées ci-dessus a pour effet de présenter, sous certaines conditions météorologiques, des concentrations plus élevées derrière certains obstacles topographiques, tels que des montagnes. Or, ce comportement est contraire à ce qui devrait être observé lorsque la dispersion d'un polluant surmonte l'obstacle en question. En contrepartie, ce phénomène n'est pas observé lorsque le modèle CALPUFF est utilisé. Ce dernier est donc jugé plus approprié pour modéliser une dispersion au-delà des obstacles topographiques.

### 3.1.3 TRAITEMENT DES VENTS FAIBLES

Dans les conditions actuelles de modélisation pour les projets dont le nombre de sources volumiques est important, les concentrations maximales sont obtenues par vent faible. Ceci s'explique par les conditions de modélisation : taux d'émissions indépendant du vent pour la majorité des sources, sources volumiques situées près du sol, déposition non considérée, etc. Il est donc évident que le traitement des vents calmes est primordial, d'autant plus ces valeurs maximales sont utilisées dans l'analyse des impacts et de l'acceptabilité des projets.

Or, il est bien connu que le modèle AERMOD ne performe pas adéquatement dans des conditions de vents faibles et d'atmosphère stable; les concentrations modélisées étant surestimées. Par exemple un facteur de surestimation de 2 à 10 est identifié pour ces conditions (Hanna, 2014). Le problème est également reconnu par l'EPA depuis longtemps. Dès 2007, ces derniers écrivaient (Brode, 2007) :

*Light winds : Revise AERMOD's treatment of light winds to avoid unrealistically high concentrations.*

Depuis, de nouvelles options de traitement de vents faibles sont proposées pour AERMOD, notamment dans de récents changements (11<sup>th</sup> Conference on Air Quality Modeling). Par contre, ces options sont toujours en mode bêta et sont sujettes à une revue scientifique avant d'être acceptées comme options par défaut et réglementaires. Ceci signifie que les problématiques par vents faibles du modèle AERMOD sont toujours présentes et que le traitement de ces conditions de dispersion n'est pour le moment pas valide. La problématique provient en fait directement de la formulation théorique d'un modèle gaussien, tel qu'AERMOD, où la solution à l'état stationnaire diverge par vent faible et produit des concentrations élevées. Un modèle lagrangien, tel que CALPUFF, ne présente pas cette divergence et produit vraisemblablement des concentrations plus réalistes par vent faible.

## 3.2 DESCRIPTION DU MODÈLE DE DISPERSION

La modélisation de la dispersion atmosphérique a été effectuée à l'aide de la version 7.2.1 de CALPUFF, développée par les scientifiques de l'ASG (Atmospheric Studies Group) de la firme TRC Companies inc. Ce logiciel fait partie des modèles de dispersion atmosphérique recommandés par la Direction du suivi de l'état de l'environnement du MDDELCC.

CALPUFF est un modèle lagrangien qui permet de suivre pas à pas l'évolution d'une bouffée d'air (« puff ») lors de sa trajectoire en atmosphère turbulente, et ce, à l'état non stationnaire. Le modèle est constitué de différents algorithmes qui prennent en compte la transformation chimique des contaminants ainsi que la déposition humide ou sèche des particules. Il est généralement utilisé pour modéliser la dispersion atmosphérique de matières particulaires et de gaz provenant de sources multiples en utilisant des paramètres météorologiques variables.

Plus spécifiquement, le modèle CALPUFF présente les caractéristiques suivantes :

- considère des sources ponctuelles, linéaires, surfaciques et volumiques dont les taux d'émissions peuvent varier dans le temps et dans l'espace;
- estime la dispersion de contaminants dans l'air ambiant sur des distances allant d'une dizaine de mètres jusqu'à 200 kilomètres;
- calcule la dispersion atmosphérique des contaminants ayant un déplacement linéaire particulier (particules);
- prends en compte les transformations chimiques des contaminants;
- incorpore la topographie régionale dans la modélisation de la dispersion.

Par ailleurs, le modèle CALPUFF est notamment recommandé dans le cas où les installations sont situées à proximité d'un plan d'eau important ou dans le cas de terrains à topographie complexe.

L'une des particularités du modèle CALPUFF est la possibilité d'intégrer les informations météorologiques traitées à partir du logiciel de prétraitement de données CALMET (version 6.5.0). Il s'agit d'une application qui permet d'estimer les vecteurs de vent momentanés, à chaque point d'une grille de calcul couvrant un domaine de modélisation donné, à partir d'une analyse objective et d'un paramétrage des taux d'écoulement de l'air ainsi que des effets de cinétique et de sillage du terrain. Il permet également de prédire les conditions météorologiques pouvant prévaloir au-dessus de grandes étendues d'eau.

Ainsi, contrairement aux modèles qui considèrent une trajectoire linéaire du panache de dispersion et une indépendance des conditions météorologiques entre deux heures consécutives, le modèle CALPUFF suit la trajectoire de bouffées d'air à partir d'une source en tenant compte de l'écoulement dynamique du vent dans le temps. Les concentrations de contaminants estimées à un endroit et à une heure donnée sont plus près de la réalité puisque leur dispersion dans l'air est simulée en tenant compte de la variation spatio-temporelle des conditions météorologiques. Cette caractéristique du modèle conduit à une meilleure représentativité des concentrations estimées sur de longues distances.

Enfin, l'analyse des fichiers de sortie du modèle CALPUFF est réalisée à l'aide du logiciel CALPOST (version 7.1.0) qui récupère les calculs effectués par CALPUFF et les compile selon les spécifications du modélisateur en termes de concentrations modélisées dans l'air pour chaque récepteur selon différentes périodes (ex. : horaire, 24 heures, annuelle).

### 3.3 DOMAINE DE MODÉLISATION

Le domaine de modélisation détermine les limites géographiques dans lesquelles s'insère la modélisation de la dispersion atmosphérique.

Dans le cadre de la présente étude, le domaine est situé dans la zone UTM 19 de l'hémisphère nord et s'étend de part et d'autre des futures installations du Port de Saguenay sur une distance de 12 km par 12 km (voir la carte 2). Le coin sud-ouest du domaine est situé au point X = 366 800 m; Y = 5 356 400 m dans la projection Mercator (UTM 19) avec le Datum de référence NAD83. Il couvre une superficie suffisante afin d'inclure l'ensemble des premières zones d'utilisation du territoire susceptibles d'être exposées aux émissions atmosphériques du terminal maritime.

Une résolution spatiale horizontale de calcul au 100 m est utilisée. Le domaine comporte dix couches verticales de niveaux centrées à 20 m, 40 m, 80 m, 160 m, 300 m, 600 m, 1 000 m, 1 500 m, 2 000 m et 2 500 m. Cette structure verticale donne une bonne résolution dans les couches inférieures, tout en considérant que les émissions atteignant une altitude supérieure à 2 500 m n'ont aucun effet au niveau du sol, et ce, à l'intérieur du domaine. Cette structure de grille horizontale et verticale a aussi été choisie pour fournir une bonne représentation du terrain.

### 3.4 RÉCEPTEURS

#### 3.4.1 GRILLE DE RÉCEPTEURS

La grille de récepteurs est constituée de **3073 points de calcul** (récepteurs) dont la résolution varie en fonction de la distance par rapport au centre du site considéré. La résolution utilisée est la suivante :

- Récepteurs aux 100 m entre 0 et 2 km;
- Récepteurs aux 200 m entre 2 et 4 km;
- Récepteurs aux 500 m au-delà de 5 km.

La grille de récepteurs s'approche jusqu'à une distance de 1 km des limites du domaine de modélisation, soit une couverture du domaine de 10 km par 10 km. Ainsi, en utilisant un domaine de modélisation plus grand que la grille de récepteurs, la recirculation de parcelles d'air qui pourraient être déplacées momentanément au-delà des récepteurs périphériques peut être prise en compte et les effets de bord sont donc minimisés.

La densité de la grille de récepteurs utilisée permet alors de générer suffisamment de valeurs modélisées de manière à obtenir une bonne représentativité des concentrations estimées (répartition spatiale) dans l'air ambiant. La grille de récepteurs est présentée à la carte 2.

#### 3.4.2 RÉCEPTEURS SUR LA LIMITE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES

Afin de satisfaire les exigences du MDDELCC, une séquence de **134 récepteurs** ponctuels espacés de 50 m a été placée le long de la limite d'application des normes et critères (voir section 2.3.3). Ces récepteurs sont illustrés à la carte 2.

### 3.4.3 RÉCEPTEURS SENSIBLES

La présence de certains milieux sensibles dans le domaine de modélisation implique l'ajout de récepteurs spécifiques appelés « récepteurs sensibles ». En raison de leur nature, ces milieux sensibles se voient accorder une attention particulière : résidences habitées les plus proches du site, écoles, garderies, centres de la petite enfance, résidences pour personnes âgées ou encore centres de santé et hospitaliers.

Pour le projet présentement à l'étude, uniquement des résidences privées ont été identifiées dans le domaine. Treize (13) récepteurs sensibles ont été identifiés dans cette étude. Les descriptions et coordonnées de l'ensemble des récepteurs sensibles sont présentées au tableau 3. Ces récepteurs sont également localisés à la carte 2.

**Tableau 3 : Récepteurs sensibles considérés**

ID	Description	Coord. (UTM19 NAD83)		Élévation (m)
		X (m)	Y (m)	
RES01	Résidence privée	369784	5360382	81
RES02	Résidence privée	374451	5360589	184
RES03	Résidence privée	374652	5361535	225
RES04	Résidence privée	374516	5363196	259
RES05	Résidence privée	372197	5364121	95
RES06	Résidence privée	371763	5364279	23
RES07	Résidence privée	373427	5364604	185
RES08	Résidence privée	374224	5364017	227
RES09	Résidence privée	374460	5363828	221
RES10	Résidence privée	374829	5363604	205
RES11	Résidence privée	373907	5364692	185
RES12	Résidence privée	375258	5362638	244
RES13	Résidence privée	368548	5362238	8

### 3.4.4 RÉCEPTEURS DU DOMAINE D'APPLICATION DES NORMES ET CRITÈRES

Les récepteurs du domaine d'application des normes et critères sont tous les récepteurs situés à l'extérieur de la limite d'application des normes et critères, les récepteurs situés sur cette même limite ainsi que les récepteurs sensibles. Les récepteurs à l'intérieur de la limite d'application des normes et critères n'ont, quant à eux, pas été pris en compte pour évaluer la conformité des concentrations modélisées aux critères de qualité de l'air.

Finalement, l'élévation des différents récepteurs a été établie en tenant compte de la topographie du terrain. Celle-ci a été déterminée à partir des données numériques d'élévation du Canada (DNEC) 1:50 000, offrant une résolution de 0,75 seconde décimale en latitude et longitude ainsi que de données topographiques fournies par Port de Saguenay.

## 3.5 PRÉPARATION DES DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES

L'échantillon météorologique utilisé pour la modélisation avec CALPUFF a été préparé à l'aide du logiciel CALMET, qui permet de créer un format de fichier météorologique horaire compatible avec l'exécution du modèle de dispersion en combinant les données météorologiques avec la caractérisation de l'utilisation du sol et de la topographie du terrain sur l'ensemble du domaine de modélisation.

### 3.5.1 DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES AÉROLOGIQUES ET DE SURFACE

Dans le cadre de la présente modélisation, des données pronostiques ont été utilisées en guise de données météorologiques de surface et de données aérologiques. Ces données pronostiques sont des données modélisées extraites de réanalyses météorologiques ERA-INTERIM produites par l'ECMWF (European Centre For Medium-Range Weather Forecasts). Ces données sont utilisées comme état initial et comme conditions aux frontières pour alimenter le modèle WRF (Weather Research and Forecast v3.6).

Les réanalyses ERA-INTERIM sont réputées pour produire les champs météorologiques sur grille les plus précis à ce jour et sont utilisées dans plusieurs sciences et industries telles que la climatologie, l'agronomie, les énergies renouvelables, l'hydrologie, la qualité de l'air, l'océanographie, etc. Celles-ci sont produites à partir d'un modèle météorologique qui combine plusieurs types d'observations météorologiques, tels que des stations de surface, des radiosondages, des avions et des satellites, et ce, avec une prévision à courte échéance. Ce modèle calcule l'état de l'atmosphère même sur les régions où les stations météorologiques ne sont pas disponibles. En fait, les données de réanalyses sont accessibles sur tout le globe sur une grille ayant une résolution horizontale de 0.75° équivalente approximativement à 80 km.

Le modèle WRF utilise les réanalyses pour faire une réduction d'échelle spatiale afin de reproduire les conditions météorologiques à fine échelle, soit au 2 km, en prenant en compte la topographie et les caractéristiques du sol à haute résolution horizontale. Les sorties du modèle WRF sont des champs météorologiques comme la température, le vent, l'humidité relative aussi bien en surface que sur plusieurs niveaux à la verticale allant jusqu'à 10 km d'altitude. L'outil CALWRF v2.0.1 est finalement utilisé pour extraire et reformater une partie des champs de sortie du modèle WRF sur le domaine d'étude et créer les fichiers 3D.DAT compatibles avec le module CALMET.

### 3.5.2 TOPOGRAPHIE DU TERRAIN

Le relief du terrain d'une résolution aux 5 m est dérivé à partir des données numériques d'élévation du Canada (DNEC) 1:50 000, offrant une résolution de 0,75 seconde décimale en latitude et longitude ainsi que de données d'élévation fournies par Port de Saguenay. Dans le domaine d'application des normes et critères, le terrain est montagneux avec des élévations du sol variant de 4 m et 318 m.

À l'intérieur de la limite d'application des normes et critères, la topographie a été ajustée afin de tenir compte des futures infrastructures telles que le secteur des silos ou encore le quai. La carte 3 présente la topographie du terrain dans le domaine de modélisation.

### 3.5.3 CLASSIFICATION DU TERRITOIRE ET UTILISATION DU SOL

Les informations utilisées pour déterminer l'utilisation du sol dans le domaine de modélisation proviennent de la banque de données du ministère canadien de l'Environnement. Les données de couverture du sol sont le résultat de la vectorisation de données matricielles thématiques issues de la classification d'orthoimages Landsat5 et Landsat7 des zones forestières et agricoles du Canada et des territoires du Nord. La couverture forestière provient du projet d'Observation de la Terre pour le développement durable des forêts (OTDD), initiative du Service canadien des forêts (SCF), de concert avec l'Agence spatiale

canadienne (ASC), et réalisée en partenariat avec les provinces et les territoires. La couverture agricole provient du Service national d'information sur les terres et les eaux (SNITE) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). La couverture du sol des territoires du Nord a été réalisée par le Centre canadien de télédétection (CCT).

À l'intérieur de la limite d'application des normes et critères, l'utilisation du sol a été ajustée afin de tenir compte de l'évolution des infrastructures pour le scénario de modélisation considéré. La carte 4 présente la répartition des catégories dominantes de l'utilisation du sol utilisée à l'intérieur du domaine CALMET. Bien que le site du terminal maritime du Port de Saguenay soit majoritairement entouré de forêts, celui-ci est bien évidemment en bordure d'une grande étendue d'eau, la rivière Saguenay.

Par ailleurs, CALMET permet également l'intégration de divers paramètres de surface (rugosité, albédo, rapport de Bowen, flux thermique du sol) pour alimenter le modèle météorologique. Le ratio de Bowen est une mesure de l'humidité disponible pour l'évaporation, alors que l'albédo représente la portion de luminosité qui est reflétée du sol. La rugosité du sol est associée au frottement et à la variation, à petite échelle, du relief du terrain. Enfin, le flux thermique du sol représente une quantité de chaleur dissipée par le sol vers l'air ambiant.

Ces paramètres varient selon les cinq types de saisons (US EPA, 2013) considérés :

- l'hiver (couvert de neige et de glace);
- le printemps;
- l'été;
- l'automne;
- l'automne tardif (après le gèle au sol).

Les dates des saisons ont été déterminées ainsi : l'été débute le 1<sup>er</sup> juin, l'automne le 1<sup>er</sup> septembre, l'automne tardif le 1<sup>er</sup> novembre, l'hiver est déterminé par le couvert de neige, alors que le printemps est déterminé par la fonte de la neige. Les données du couvert de neige ont été compilées suite à l'analyse de la cartographie journalière de l'U.S. National Ice Center. Ainsi, les dates de début et de fin de la saison d'hiver varient d'une année météorologique à l'autre. Les paramètres de surface pour chacune des saisons sont présentés au tableau 4.

### 3.5.4 CONFIGURATION DE CALMET

Les paramètres de CALMET sont choisis de manière à utiliser uniquement les données pronostiques et donc de fonctionner en mode sans observation (NOOBS = 2). Ainsi, le nombre de stations de surface, maritime et aérologique est donc égal à zéro. Quant à la façon dont ces données sont introduites dans CALMET, toutes les options par défaut sont, de manière générale, sélectionnées. Les paramètres sans valeur par défaut à spécifier par l'utilisateur, ainsi que certains paramètres dont la valeur sélectionnée est différente de celle par défaut sont présentés au tableau 5.

Le module de diagnostic des vents est utilisé (IWFCOD = 1) et les données pronostiques sont introduites comme conditions initiales (IPROG = 14). Les effets de terrain, avec les valeurs par défaut, sont donc pris en compte. Pour ce qui est du rayon d'influence des effets de terrain, une valeur de 10 km est sélectionnée (TERRAD = 10) (Barclay, 2011); c'est-à-dire que pour une cellule donnée, CALMET analysera le terrain dans un rayon de 10 km. Puisqu'aucune station d'observation n'est introduite dans le modèle, les valeurs de rayon d'influence R1, R2, RMAX1, RMAX2, RMAX3 et RPROG ne sont pas utilisées par le module météorologique.



Tableau 4 : Paramètres d'utilisation du sol considérés

CALMET Category Level II	Été (juin à août inclusivement)			Automne (septembre et octobre)			Automne tardif (novembre)			Hiver (décembre à mars inclus.)			Hiver / Glace			Printemps (avril et mai)			Soil heat flux	Anthropogenic heat flux (W/m <sup>2</sup> )	Leaf area	Output category
	Rugosite	Albedo	Bowen	Rugosite	Albedo	Bowen	Rugosite	Albedo	Bowen	Rugosite	Albedo	Bowen	Rugosite	Albedo	Bowen	Rugosite	Albedo	Bowen				
11	0,4	0,16	0,8	0,4	0,16	1	0,3	0,18	1	0,3	0,45	0,5	0,3	0,45	0,5	0,4	0,16	0,8	0,25	0	0,2	10
12	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,18	1,5	0,25	0	0,2	10
13	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,18	1,5	0,25	0	0,2	10
14	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,18	1,5	0,25	0	0,2	10
15	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,18	1,5	0,25	0	0,2	10
16	0,07	0,18	1,5	0,07	0,18	1,5	0,07	0,18	1,5	0,07	0,35	0,5	0,07	0,35	0,5	0,07	0,18	1,5	0,25	0	0,2	10
17	1	0,18	1,5	1	0,18	1,5	1	0,18	1,5	1	0,35	0,5	1	0,35	0,5	1	0,18	1,5	0,25	0	0,2	10
21	0,15	0,2	0,5	0,15	0,2	0,7	0,02	0,18	0,7	0,01	0,6	0,5	0,01	0,6	0,5	0,03	0,14	0,3	0,15	0	3	20
22	0,3	0,18	0,5	0,3	0,18	0,7	0,1	0,18	0,7	0,05	0,5	0,5	0,05	0,5	0,5	0,2	0,14	0,3	0,15	0	3	20
23	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,18	1,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,35	0,5	0,7	0,18	1,5	0,25	0	0,2	20
24	0,1	0,18	0,8	0,1	0,18	1	0,01	0,2	1	0,005	0,6	0,5	0,005	0,6	0,5	0,05	0,18	0,4	0,15	0	3	20
31	0,1	0,18	0,8	0,1	0,18	1	0,01	0,2	1	0,005	0,6	0,5	0,005	0,6	0,5	0,05	0,18	0,4	0,15	0	0,5	30
32	0,3	0,18	1	0,3	0,18	1,5	0,3	0,18	1,5	0,15	0,5	0,5	0,15	0,5	0,5	0,3	0,18	1	0,15	0	0,5	30
33	0,02	0,15	0,5	0,015	0,15	0,7	0,01	0,18	0,7	0,005	0,6	0,5	0,005	0,6	0,5	0,015	0,15	0,3	0,15	0	0,5	30
41	1,3	0,16	0,3	1,3	0,16	1	0,6	0,17	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,16	0,7	0,15	0	7	40
42	1,3	0,12	0,3	1,3	0,12	0,8	1,3	0,12	0,8	1,3	0,35	0,5	1,3	0,35	0,5	1,3	0,12	0,7	0,15	0	7	40
43	1,3	0,14	0,3	1,3	0,14	0,9	0,9	0,14	0,9	0,8	0,42	0,5	0,8	0,42	0,5	1,1	0,14	0,7	0,15	0	7	40
51	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,001	0,1	0,1	1	0	0	51
52	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,001	0,1	0,1	1	0	0	51
53	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,001	0,1	0,1	1	0	0	51
54	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,002	0,7	0,5	0,001	0,1	0,1	1	0	0	54
55	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,001	0,1	0,1	0,002	0,7	0,5	0,001	0,1	0,1	1	0	0	55
61	0,5	0,14	0,2	0,5	0,14	0,2	0,4	0,14	0,3	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,14	0,2	0,25	0	2	61
62	0,2	0,14	0,1	0,2	0,14	0,1	0,2	0,14	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,2	0,14	0,1	0,25	0	1	62
71	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,2	1,5	0,15	0	0,05	70
72	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,2	1,5	0,15	0	0,05	70
73	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,2	1,5	0,15	0	0,05	70
74	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,2	1,5	0,15	0	0,05	70
75	0,3	0,2	1,5	0,3	0,2	1,5	0,3	0,2	1,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,2	1,5	0,15	0	0,05	70
76	0,2	0,18	1	0,2	0,18	1	0,2	0,18	1	0,2	0,45	0,5	0,2	0,45	0,5	0,2	0,18	1	0,15	0	0,05	70
77	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,2	1,5	0,15	0	0,05	70
81	0,3	0,18	1	0,3	0,18	1,5	0,3	0,18	1,5	0,15	0,5	0,5	0,15	0,5	0,5	0,3	0,18	1	0,15	0	0	80
82	0,2	0,18	1	0,2	0,18	1	0,2	0,18	1	0,2	0,45	0,5	0,2	0,45	0,5	0,2	0,18	1	0,15	0	0,05	80
83	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,2	1,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,6	0,5	0,05	0,2	1,5	0,15	0	0	80
84	0,2	0,14	0,1	0,2	0,14	0,1	0,2	0,14	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,2	0,14	0,1	0,15	0	0	80
85	0,3	0,18	1	0,3	0,18	1,5	0,3	0,18	1,5	0,15	0,5	0,5	0,15	0,5	0,5	0,3	0,18	1	0,15	0	0	80
91	0,002	0,6	0,5	0,002	0,6	0,5	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,002	0,6	0,5	0,15	0	0	90
92	0,002	0,6	0,5	0,002	0,6	0,5	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,002	0,7	0,5	0,002	0,6	0,5	0,15	0	0	90



La résolution spatiale choisie de calcul de CALMET est de 100 m (DGRIDKM = 0,1 km) afin de tenir compte des variations topographiques du domaine.

Pour ce qui est de la couverture nuageuse, l'algorithme MM5toGrads est utilisé pour calculer une couverture nuageuse à tous les niveaux verticaux (MCLLOUD = 4). De plus, puisqu'il n'y a pas présence d'océan dans le domaine de modélisation, le gradient thermique des données pronostiques n'est pas utilisé pour calculer la hauteur de mélange convective (ITWPROG = 0).

**Tableau 5 : Paramètres CALMET spécifiques**

Options CALMET	Valeurs sélectionnées
Rayon d'influence de la topographie (TERRAD)	10 km
Mode sans observation (NOOBS)	2
Grille de la couverture nuageuse (MCLLOUD)	4 (couverture nuageuse des données pronostiques pour tous les niveaux)
Utilisation du champ des vents pronostiques comme entrée au module de diagnostic des vents (IPROG)	14 (comme état initial ( <i>as initial guess field</i> ))
Gradient thermique au-dessus de l'eau utilisé pour la croissance de la hauteur de mélange convective (ITWPROG)	0 (condition neutre considérée)
Humidité relative tridimensionnelle (IRHPROG)	1 (utilisation de l'humidité relative des données pronostiques)
Température tridimensionnelle (ITPROG)	2 (utilisation de la température des données pronostiques de surface et aérologiques)
Maille de calcul (DGRIDKM)	0,1 km

### 3.5.5 ÉCHANTILLON MÉTÉOROLOGIQUE

Les données météorologiques produites par WSP couvrent les **années 2010 à 2014**, soit les cinq années les plus récentes et représentatives de la région conformément à ce qui est demandé par le MDDELCC dans le cadre d'une modélisation de la dispersion atmosphérique de 2<sup>e</sup> niveau (MDDEP, 2005). Ces données comprennent plusieurs éléments météorologiques, en particulier : la vitesse et la direction du vent, la pression atmosphérique, la température, l'humidité relative, les précipitations, la température du sol/de l'eau et la radiation solaire.

En raison des variations importantes de la topographie et de l'utilisation du sol sur le domaine, les champs de vents varient en fonction de la position.

Pour fins de comparaison des données météorologiques produites, les données WRF sont d'abord comparées aux données d'observation d'Environnement Canada de la station Bagotville. La figure 1 présente les roses des vents pour les années 2010 à 2014 pour la station de l'aéroport de Bagotville et les données WRF, respectivement. Prendre note que la rose des vents des données CALMET à cette coordonnée n'a pas été compilée puisque l'aéroport de Bagotville est situé en dehors du domaine de modélisation du projet. Or, selon ces roses des vents, les données pronostiques WRF qui ont été produites par WSP représentent bien les données météorologiques de surface. Il est donc raisonnable d'affirmer que les données produites au site du terminal maritime en rive nord du Saguenay sont également représentatives.

Par la suite, les données WRF sont comparées aux données CALMET, pour différents points dans le domaine de modélisation afin d'illustrer le traitement de CALMET. La figure 2 présente les roses des vents

pour un point central des opérations (UTM 19U 373100 5362550). La comparaison des roses des vents indique que la distribution générale des vents est conservée suite au traitement CALMET pour la majorité des catégories présentées. Cependant, des variations surviennent principalement pour les vents de faible vitesse provenant du Nord. Cette différence s'explique par la topographie locale du secteur. En effet, le site du terminal est situé sur la rive nord du Saguenay où le terrain présente des pentes abruptes. Localement, cette variation de la topographie devient un obstacle, qui s'étend du nord au sud, pour les vents provenant de l'ouest et du nord-ouest. Ces variations locales de la topographie ne sont pas incluses dans les données pronostiques WRF d'une résolution d'une plus grande échelle. Le module diagnostique CALMET vient donc corriger les vents localement pour tenir compte de ces effets de terrain locaux. Ce sont d'ailleurs les vents faibles qui sont les plus susceptibles d'être influencés par ces effets de terrain et c'est bien ce qui est observé.

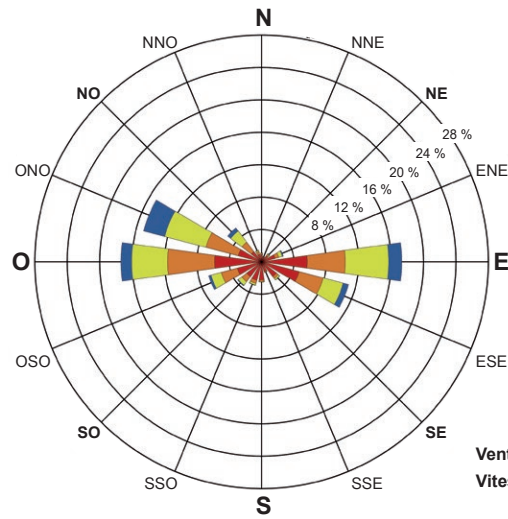
Ces écarts apportés par CALMET ne sont pas observés dans les régions du domaine où la topographie ne présente pas d'obstacle, par exemple au sommet d'une montagne. La figure 3 présente justement la rose des vents des données CALMET au sommet d'une montagne locale du domaine de modélisation, ainsi que celle des données pronostiques WRF au même point. La distribution générale des vents des données pronostiques WRF est conservée à ce point suite au traitement CALMET. Par conséquent, il est raisonnable d'affirmer que le traitement CALMET produit des données météorologiques représentatives à la fois des effets locaux de terrain et des données pronostiques WRF.

Enfin, la figure 4 présente les roses des vents générées à partir des données météorologiques CALMET au point central des opérations pour chacune des années 2010 à 2014. Les données sont extraites à l'aide du module METSERIES v1.9 aux coordonnées X = 373 114 m et Y = 5 362 562 m (UTM, zone 19, NAD83), à une hauteur de 10 m. La vitesse moyenne du vent est de 3,51 m/s et le pourcentage moyen de vent calme est de 9,72 % pour les cinq années considérées<sup>5</sup>.

---

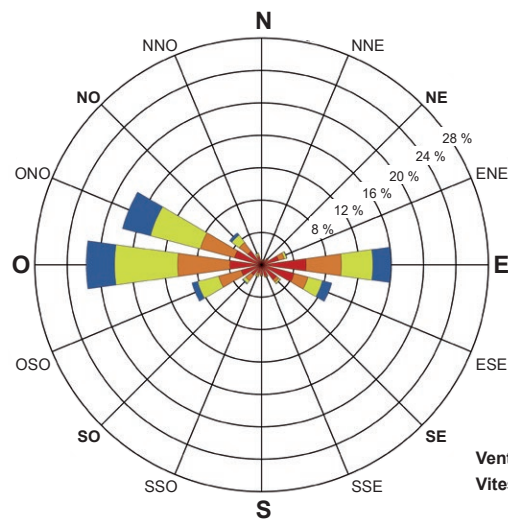
<sup>5</sup> Le seuil utilisé ici pour les vents calmes est de 0.77 m/s, ou 1,5 nœud. Historiquement et selon le manuel des observations d'Environnement Canada (Environnement Canada, 2015), les données météorologiques sont arrondies au nœud entier le plus près et les vitesses inférieures à 2 nœuds sont rapportées comme vent calme. L'utilisation ici de 1,5 nœud comme seuil coïncide donc avec la méthode d'Environnement Canada afin de déterminer le pourcentage de vents calmes.

**2010 à 2014**  
**Environnement Canada**

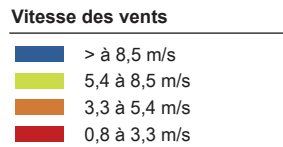


Vents calmes : 6,44 %  
 Vitesse moyenne : 4,11 m/s

**2010 à 2014**  
**Weather Research and Forecast (WRF)**



Vents calmes : 4,25 %  
 Vitesse moyenne : 4,74 m/s



**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Roses des vents**  
 Comparaison des données  
 d'Environnement Canada  
 et des données du modèle WRF  
 au site de l'aéroport de Bagotville

Sources : Environnement Canada  
 Weather Research and Forecast (WRF v3.6)

**Figure 1**

Mai 2016

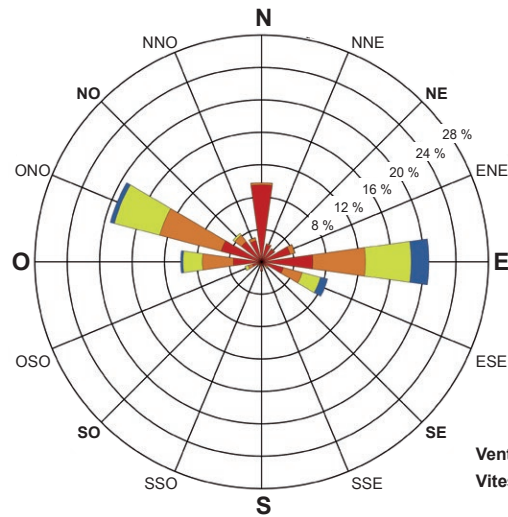


151-05819-00\_f1\_wspT002\_Roses\_Bagotville\_160524.ai

**Note :**  
 Diagramme de la fréquence de provenance du vent,  
 par exemple, le vent souffle du nord 6,5 % du temps.

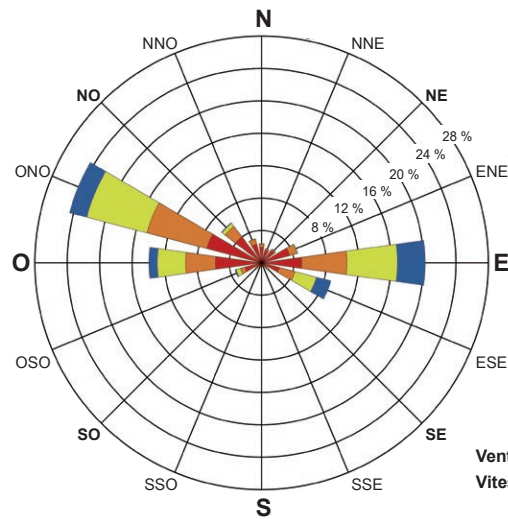


**2010 à 2014  
CALMET**



Vents calmes : 9,72 %  
Vitesse moyenne : 3,51 m/s

**2010 à 2014  
Weather Research and Forecast (WRF)**



Vents calmes : 5,50 %  
Vitesse moyenne : 4,25 m/s

**Vitesse des vents**

<span style="color: blue;">■</span>	> à 8,5 m/s
<span style="color: green;">■</span>	5,4 à 8,5 m/s
<span style="color: orange;">■</span>	3,3 à 5,4 m/s
<span style="color: red;">■</span>	0,8 à 3,3 m/s

**Administration portuaire du Saguenay**  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Roses des vents**  
Comparaison des données  
issues de CALMET  
et des données du modèle WRF au  
site du terminal maritime du Port de Saguenay

Sources : CALMET v6.5.0  
Weather Research and Forecast (WRF v3.6)

**Figure 2**

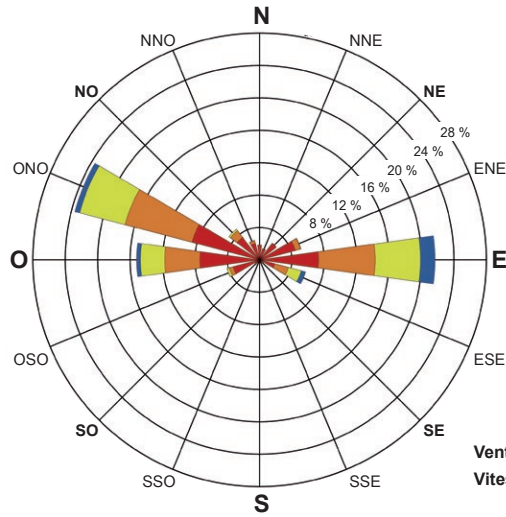
Mai 2016



*Note :*  
Diagramme de la fréquence de provenance du vent,  
par exemple, le vent souffle du nord 6,5 % du temps.

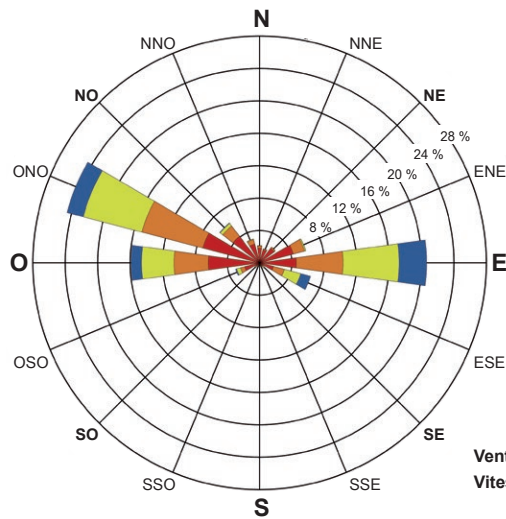


**2010 à 2014  
CALMET**



Vents calmes : 9,07 %  
Vitesse moyenne : 3,49 m/s

**2010 à 2014  
Weather Research and Forecast (WRF)**



Vents calmes : 5,22 %  
Vitesse moyenne : 4,22 m/s

**Vitesse des vents**

- > à 8,5 m/s
- 5,4 à 8,5 m/s
- 3,3 à 5,4 m/s
- 0,8 à 3,3 m/s

**Administration portuaire du Saguenay**  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Roses des vents**  
Comparaison des données  
issues de CALMET  
et des données du modèle WRF au sommet  
d'une montagne du domaine de modélisation

Sources : CALMET v6.5.0  
Weather Research and Forecast (WRF v3.6)

**Figure 3**

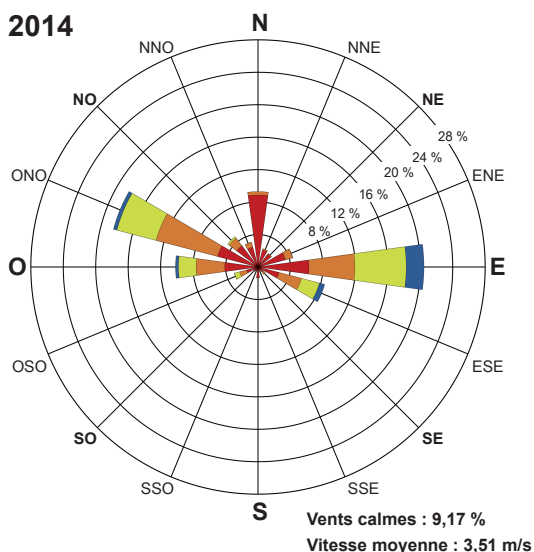
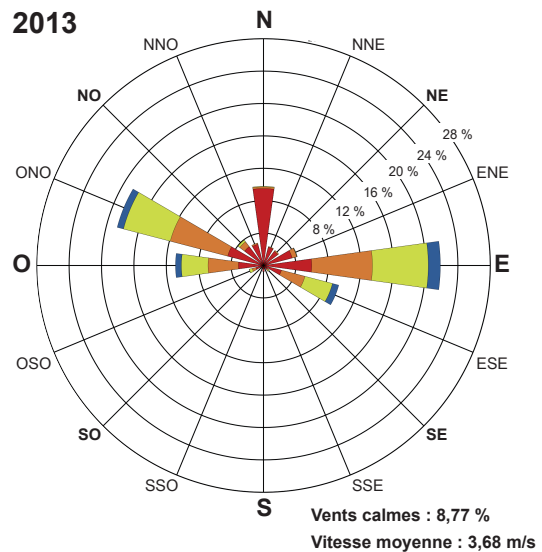
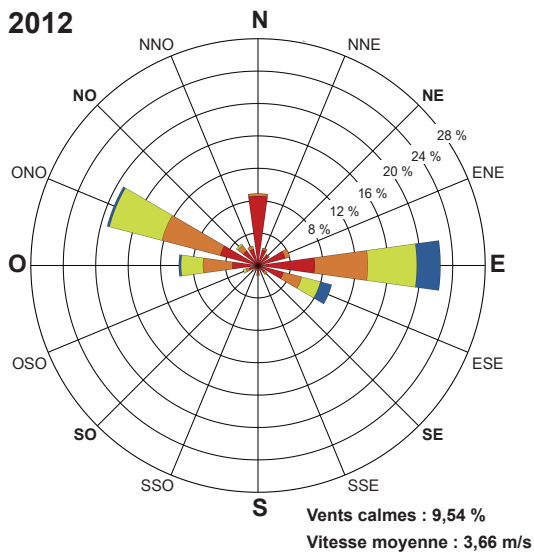
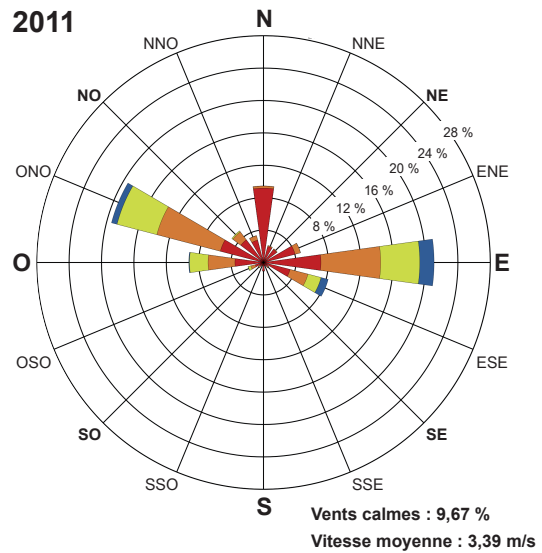
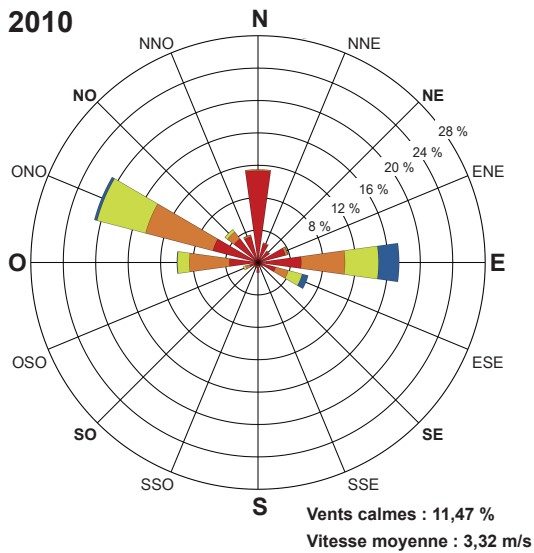
Mai 2016



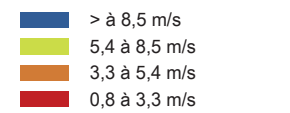
151-05819-00\_f3\_wspT004\_Roses\_Montagne\_160524.ai

**Note :**  
Diagramme de la fréquence de provenance du vent,  
par exemple, le vent souffle du nord 6,5 % du temps.





**Vitesse des vents**



**Note :**  
Diagramme de la fréquence de provenance du vent,  
par exemple, le vent souffle du nord 6,5 % du temps.

**Administration portuaire du Saguenay**  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Roses des vents**  
Données météorologiques 2010 à 2014

Source :  
CALMET v6.5.0  
(Ré-analyses ERA-INTERIM, WRF v3.6, CALWRF v2.0.1)

**Figure 4**

Mai 2016



151-05819-00\_f4\_wspT005\_Roses\_Calmet\_160524.ai



## 3.6 DESCRIPTION DES SOURCES D'ÉMISSIONS

Les sections suivantes présentent la description et les caractéristiques des sources d'émissions considérées dans cette étude. La carte 5 localise les sources pour le scénario considéré. Afin de simplifier la lecture de la présente section, les tableaux regroupant les divers paramètres des sources modélisées sont fournis à l'annexe A de ce document.

### 3.6.1 ROUTAGE

Le soulèvement de la poussière lors du transport de matériaux sur le réseau de routes pavées et/ou non pavées est habituellement le principal contributeur parmi les sources fugitives d'un complexe industriel ou minier. L'intensité des émissions est directement proportionnelle à :

- la quantité de matériel transporté;
- au type de véhicule utilisé;
- à la teneur en limon (silt) présent :
  - sur la surface de roulement pour les routes pavées,
  - dans les matériaux utilisés pour la construction et l'entretien des surfaces de roulement pour les routes non pavées.

Les différents trajets empruntés sur le réseau routier d'un complexe industriel ou minier doivent donc être suffisamment détaillés pour permettre d'établir un taux d'émissions spécifique à chacun des tronçons de route. La description des opérations ainsi que les caractéristiques physiques des routes telles que leur emplacement et leurs dimensions (longueur et largeur) ont été compilées à partir des informations fournies par Port de Saguenay.

Les camions d'une capacité de 120 tonnes empruntent **une unique route pavée** à partir de l'entrée du site identifiée par la présence d'une guérite. Ces derniers se rendent jusqu'au bâtiment fermé contenant les trémies dans lesquelles le concentré d'apatite est déchargé. Rappelons qu'un total d'environ 3 000 000 tonnes de concentré d'apatite est acheminé aux installations du terminal maritime du Port de Saguenay et ceux, 230 jours par années. C'est environ 13 043 tonnes de concentré qui sont acheminées par jour de transport, soit environ 108 camions par jour. À noter que les camions viendront décharger leur contenu deux à deux et le temps d'un déchargement sera d'environ 20 à 25 minutes.

Pour le scénario considéré, deux (2) trajets ont été considérés; le point de départ étant l'entrée du site au niveau de la guérite et l'arrivée étant les deux points de déchargement du concentré. Ce trajet a été subdivisé en 6 segments, formant un réseau routier d'environ 1 km. Les trajets et segments sont identifiés par leur point de départ et d'arrivée et peuvent être localisés à la carte 5.

Dans les modélisations, chacun des segments est représenté par une série de sources volumiques alternées. Pour chacun des segments, le poids moyen et la hauteur moyenne des camions ainsi que la distance parcourue (VKT) ont été déterminés en fonction du nombre de déplacements. Ce nombre de déplacements par segment a été estimé à partir des quantités de matière transportées sur chacun des trajets et de la charge utile des camions utilisés. La hauteur de relâche et la dispersion initiale verticale ont été estimées en fonction de la hauteur moyenne des camions sur le segment tandis que la dispersion initiale horizontale a été estimée en fonction de la largeur des routes. La route principale a une largeur de 10 m alors que les tronçons autour du bâtiment de déchargement ont une largeur de 4,6 m. Dans les modélisations, trois mètres additionnels sont considérés de chaque côté de la route afin de tenir compte des émissions de poussières qui sont susceptibles de se produire par turbulence.

Les sources volumiques alternées sont effectives 24 heures par jour, du lundi au vendredi, 12 mois par années, soit 260 jours par année (contrairement à 230 jours dans la planification opérationnelle du terminal maritime). Toutefois les taux d'émissions ont été évalués pour un tonnage de 3 000 000 tonnes de concentré pour 230 jours de transport. La portion associée au routage des concentrations annuelles de poussières est donc surestimée. La route étant pavée, l'estimation des taux d'émissions a été effectuée à l'aide des facteurs d'émissions de particules associés à ce type de surface et proposés dans l'AP42 (US-EPA), section 13.2.1 *Paved Roads*. Cette méthode requiert la masse surfacique de limon (*silt*) présent sur la surface de la route. Étant donné qu'aucune donnée spécifique au site n'existe, celle-ci doit être estimée. Considérant que les opérations du site ne présentent pas d'émission fugitive non contrôlée près de la route et que les chargements des camions sont couverts, la déposition de matériel sur la route de par les opérations est jugée minimale et la masse de limon est jugée équivalente à une route publique. L'utilisation des données fournies au tableau 13.2.1-2 *Ubiquitous Silt Loading Default Values With Hot Spot Contributions From Anti-Skid Abrasives (g/m<sup>2</sup>)* de l'AP42 est privilégié. Puisque le transport quotidien moyen est inférieur à 500, la masse surfacique de limon considérée est de 0,6 g/m<sup>2</sup>. Pour les mois hivernaux (de décembre à avril), la masse surfacique de limon est ajustée à 2,4 g/m<sup>2</sup> (un facteur de 4) afin de tenir compte de l'utilisation d'abrasif sur la route.

Pour ce scénario, aucune mesure d'atténuation particulière n'est appliquée. Aussi, il est important de préciser que les remorques seront fermées afin d'éviter toute émission fugitive de poussières provenant directement des matériaux lors de leur transport.

Enfin, concernant l'émission de métaux et métalloïdes à partir des poussières de route, aucune analyse de limon n'est documentée pour le futur site du port maritime donc l'hypothèse de considérer les teneurs du concentré d'apatite est retenue. Cette hypothèse sous-entend donc que du concentré d'apatite se dépose sur la route même si les camions de transport sont fermés.

Le tableau A 1 présente une description des camions de conception sur mesure considérés dans la modélisation. Les trajets définis sont présentés au tableau A 2 alors que les caractéristiques et taux d'émissions des segments considérés sont regroupés au tableau A 3 pour la période de mai à novembre et au tableau A 4 pour la période de décembre à avril. Le positionnement et taux d'émissions des sources volumiques de routage alternées sont présentés au tableau A 5 pour la période de mai à novembre et au tableau A 6 pour la période de décembre à avril.

### 3.6.2 DÉPOUSSIÉREURS

Les installations du terminal maritime du Port de Saguenay comprennent plusieurs sources d'émissions ponctuelles verticales représentant des dépoussiéreurs reliés à des opérations de transfert ou de stockage du concentré d'apatite.

Les sources ponctuelles considérées dans la modélisation sont les suivantes :

- Le dépoussiéreur du bâtiment de déchargement des camions [**FBC\_001**] : cet équipement n'est en fonction que lors des journées de déchargement des camions dans les trémies soit environ 230 jours par années. Or, dans la modélisation, ce dépoussiéreur est en fonction 24 heures par jour, 5 jours par semaines, 52 semaines par année soit 260 jours. Les émissions annuelles de ce dépoussiéreur sont donc surestimées dans la modélisation.
- Les deux dépoussiéreurs des silos d'entrepôts [**FBC\_002** et **FBC\_003**] : ces équipements sont en fonction lors des journées de déchargement des camions, mais aussi lors du chargement des bateaux. Selon Port de Saguenay, ces deux sources émettent donc des poussières environ 269 jours par années selon les estimations. Or, dans la modélisation, ces dépoussiéreurs sont en fonction 24 heures par jour, 7 jours par semaines, 52 semaines par année soit 365 jours. Les émissions annuelles de ces dépoussiéreurs sont donc surestimées dans la modélisation.

- Le convoyeur vers le quai est muni d'un dépoussiéreur au niveau de la tour de transfert [**FBC\_007**] : ce dépoussiéreur est fonctionnel uniquement lors du chargement des navires soit environ 75 jours par années. Or, dans la modélisation, ce dépoussiéreur est en fonction 24 heures par jour, 7 jours par semaines, 52 semaines par année soit 365 jours. Les émissions annuelles de ce dépoussiéreur sont donc surestimées dans la modélisation.
- La tour de transfert localisée sur le quai est munie d'un dépoussiéreur [**TPDC**] : ce dépoussiéreur est fonctionnel uniquement lors du chargement des navires soit environ 75 jours par année. Or, dans la modélisation, ce dépoussiéreur est en fonction 24 heures par jour, 7 jours par semaines, 52 semaines par année soit 365 jours. Les émissions annuelles de ce dépoussiéreur sont donc surestimées dans la modélisation.
- Le système de chargement des navires est muni de 2 dépoussiéreurs [**DCF et TRIP**] : ces dépoussiéreurs sont fonctionnels uniquement lors du chargement des navires soit environ 75 jours par année. Or, dans la modélisation, ces dépoussiéreurs sont en fonction 24 heures par jour, 7 jours par semaines, 52 semaines par année soit 365 jours. Les émissions annuelles de ces dépoussiéreurs sont donc surestimées dans la modélisation.

Le tableau A 7 présente les descriptions et les caractéristiques physiques des sources ponctuelles modélisées, alors que le tableau A 8 regroupe les débits, les concentrations et les taux d'émissions. Les taux d'émissions proviennent des informations fournies par Port de Saguenay. Étant donné que la sortie des dépoussiéreurs des tours de transfert est à température ambiante, la conversion du débit actuel vers un débit normalisé implique une variation horaire de ce dernier en fonction de la température. Un exemple de cette variation du taux d'émissions horaire est présenté au tableau A 9. Enfin, le détail de la granulométrie des émissions n'est pas disponible, ainsi les taux de PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> ont été considérés égaux à ceux des PMT.

### 3.6.3 CHARGEMENT DU BATEAU

Le chargeur de navire, aussi nommé empileur tournant mobile et extensible, correspond à un convoyeur incliné, qui permet une grande variété de positions de déchargement dans les cales des navires. L'installation de chargement du navire sera établie sur la surface de quai plane avec emprise sur terre. Elle comprendra deux empileurs tournants mobiles et extensibles qui seront utilisés comme chargeurs de navire. Un seul chargeur peut être utilisé à la fois. Généralement, l'équipement sera installé dans une position fixe de fonctionnement pour le chargement d'un navire.

Le concentré est déposé dans les cales du bateau à l'aide d'une chute télescopique munie d'un système en cascade qui ralentit la chute des matériaux et qui limite ainsi les émissions fugitives de poussières. Selon les informations fournies par Port de Saguenay, les concentrations de poussières au niveau de la trappe de sortie de la cale du bateau sera inférieures à 10 mg/m<sup>3</sup>. Une source fugitive de type surfacique a donc été considérée pour le chargement du bateau. L'ouverture de la cale délimite le contour de cette source. Une fois de plus, cette source d'émission a été considérée active en tout temps (24h/24, 7 jours sur 7, 52 semaines par années) surestimant de manière importante les émissions annuelles de poussières puisque les chargements de navires ne sont effectifs qu'environ 75 jours par année.

Le calcul pour l'obtention du taux de la source surfacique est présenté au tableau A 10 alors que les caractéristiques et taux d'émissions considérés dans la modélisation sont présentés au tableau A 11.

### 3.6.4 GAZ D'ÉCHAPPEMENT

Les émissions provenant des gaz d'échappement (PMT, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO, NO<sub>x</sub> et SO<sub>2</sub>) des différents véhicules actifs sur le site du terminal maritime ont été considérées lors de la modélisation. La flotte de véhicules pour chaque année a été fournie par Port de Saguenay. Les facteurs d'émissions (g/hp.hr) ont

été estimés suivant la méthode proposée dans le document *Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling Compression-Ignition* (US-EPA, juillet 2010). Les taux d'émissions des sources rejetant des gaz d'échappement ont ensuite été calculés en considérant la puissance du moteur (hp) et le facteur de chargement en fonction du type d'équipement. Ces différents paramètres sont donnés avec les taux d'émissions calculés pour chacun des véhicules au tableau A 12.

Pour la présente étude, la teneur en soufre dans le diesel a été fixée à 15 ppm, soit la limite prescrite par le *Règlement sur le soufre dans le carburant diesel* (Environnement Canada, 2013) pour les carburants diesel pour les moteurs hors route. Il est important de préciser que suivant la méthode utilisée, le diamètre de toutes les particules émises par les systèmes d'échappement est assumé inférieur à 10 microns ( $PM_{10}$ ) de sorte que les taux d'émissions pour les PMT et les  $PM_{10}$  sont égaux. De plus, la fraction de particules fines ( $PM_{2,5}$ ) sur l'ensemble des particules émises est estimée à 97 %. Finalement, puisque l'âge spécifique de la flotte de véhicules est inconnu, l'augmentation des émissions due à la dégradation des moteurs a été maximisée afin de considérer le scénario « pire cas ». Ainsi, bien que l'âge des équipements évolue dans le temps, les taux d'émissions calculés demeurent constants dans le temps.

Les tuyaux d'échappement des camions de transport sont positionnés en angle à environ 45 degrés. La dispersion des émissions sera ainsi affectée par le mouvement et la turbulence créés par les camions. De façon conservatrice, l'effet de flottabilité est négligé et les émissions des gaz d'échappement pour les camions de transport sont représentées dans la modélisation à l'aide de sources volumiques. Ces émissions ont été réparties sur les différents segments en fonction du temps moyen passé sur chacun d'eux. Ces proportions ont été estimées à partir du type d'opération associé à chaque segment (déchargement), de la longueur et de la topographie du segment (terrain plat ou en pente) et du nombre de déplacements requis pour transporter le tonnage prévu entre les différents points. Les positions des sources associées au routage (voir section 3.6.1) ont été utilisées pour les sources associées aux gaz d'échappement. Le nombre de sources ainsi considéré est donc jugé suffisant pour bien représenter la concentration des différentes substances dans l'air ambiant à cette limite. Une disponibilité mécanique de 100 % a été utilisée et, selon la description des opérations, un maximum de 2 camions présents simultanément sur le site a été considéré pour l'évaluation des émissions de gaz d'échappement du transport par routage (voir tableau A 13).

Les caractéristiques et taux d'émissions des sources volumiques considérées pour les émissions des gaz d'échappement du transport par routage sont présentés au tableau A 14.

### 3.6.5 GÉNÉRATRICE DU BATEAU

Les émissions des bateaux servant à l'expédition du concentré d'apatite ont également été modélisées. Il a été considéré que ces derniers sont équipés d'une génératrice auxiliaire en fonction lorsqu'ils sont amarrés au quai. Bien que ces génératrices ne soient pas des véhicules, les paramètres qui lui sont associés ont été intégrés aux tableaux A 12 et A 13 mentionnés précédemment. Le moteur de la génératrice considéré est un CAT C32 DM9597-01 de 1054 hp. De plus, puisque cette source est considérée localisée, la modélisation de ses émissions est effectuée à l'aide d'une source ponctuelle verticale. Également, il est important de noter que la teneur en soufre de 0,1 % permise dans les combustibles marins a été utilisée pour le calcul des émissions de  $SO_2$ .

Une fois de plus, cette source d'émission a été considérée active en tout temps (24h/24, 7 jours sur 7, 52 semaines par année) surestimant de manière importante les émissions annuelles puisque les chargements de navires ne sont effectifs qu'environ 75 jours par année.

Enfin, les caractéristiques de cette source ponctuelle sont présentées au tableau A 15.

### 3.6.6 AUTRES SOURCES

Les sources d'émissions occasionnelles ou présentant une contribution marginale aux émissions totales n'ont pas été prises en compte pour la modélisation de la dispersion atmosphérique, par exemple les déplacements pour la manutention de faibles volumes (camionnettes, etc.).

### 3.7 EFFETS DES BÂTIMENTS

Étant donné la proximité des sources ponctuelles par rapport aux différents bâtiments, l'effet de rabattement du panache de dispersion a été pris en considération. Pour ce faire, le programme « Building Profile Input Program » (BPIP) a été utilisé afin d'estimer l'effet des bâtiments. Les résultats du calcul ont par la suite été incorporés au modèle CALPUFF, qui applique les corrections requises pour l'évaluation des concentrations dans l'air ambiant à l'aide du logiciel PRIME.

Les bâtiments du port maritime du Port de Saguenay ont été tracés afin de calculer les effets de sillage et de rabattement du panache. Les coordonnées géographiques, l'élévation des bâtiments et la position des sources d'émissions ont été déterminées à partir des informations et des plans fournis par Port de Saguenay. Une vue en 3D des bâtiments est présentée à la carte 6.

### 3.8 CONFIGURATION DE CALPUFF

En général, toutes les options par défaut de CALPUFF ont été sélectionnées à l'exception de la déposition qui n'a pas été prise en compte dans le modèle. Les paramètres sans valeur par défaut et à spécifier par l'utilisateur, ainsi que certains paramètres dont la valeur sélectionnée est différente de celle par défaut, sont présentés au tableau 6.

**Tableau 6 : Paramètres CALPUFF spécifiques**

Options CALPUFF	Valeurs sélectionnées
Rabattement du panache ( <i>Building downwash</i> )	MBDW = 2 (méthode <i>PRIME</i> )
Transformation chimique ( <i>Chemical mechanism flag</i> )	MCHEM = 0 (transformation chimique non modélisée)
Déposition humide ( <i>Wet removal modeled</i> )	MWET = 0 (non)
Déposition sèche ( <i>Dry deposition modeled</i> )	MDRY = 0 (non)
Coefficients de dispersion ( <i>Dispersion coefficients</i> )	MDISP = 2 (coefficients de dispersion calculés à l'interne)
Densité de probabilité pour la dispersion sous les conditions convectives ( <i>PDF for dispersion under convective conditions</i> )	MPDF = 1 (oui)

### 3.9 ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DE NO<sub>2</sub>

Concernant l'estimation des concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant, la méthode OLM (Ozone Limiting Method) n'a pas été appliquée aux résultats de modélisation. Cette méthode permet de calculer la conversion du NO en NO<sub>2</sub>, en fonction du ratio NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> à la source et de l'ozone disponible dans l'air ambiant. Dans l'objectif de présenter le scénario « pire cas », une conversion totale de NO en NO<sub>2</sub> a été considérée.

### 3.10 ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE SILICE CRISTALLINE, DE MÉTAUX ET DE MÉTALLOÏDES

Les émissions de silice cristalline, de métaux et de métalloïdes (SMM) sont déterminées à partir des émissions modélisées de particules (PMT ou PM<sub>10</sub>) et de la caractérisation géochimique des lithologies rencontrées sur le site.

Afin de déterminer la teneur en SMM dans les matières particulaires émises, les sources d'émissions sont d'abord regroupées en fonction des lithologies impliquées dans chacune des opérations. Ensuite, la teneur en SMM dans les particules émises pour chacun de ces groupes est estimée en fonction de la proportion annuelle des lithologies pour le groupe et des teneurs de SMM de chaque lithologie. Dans ce cas particulier, une seule lithologie est considérée, soit le concentré d'apatite, ce qui simplifie la méthode de calcul.

Pour chacun des SMM, le taux d'émissions de chacune des sources est finalement obtenu en multipliant la teneur déterminée par le taux d'émissions de particules. Tel que prescrit dans les normes et critères, les concentrations de silice cristalline, de métaux et de métalloïdes sont toutes calculées sur les particules totales (PMT), à l'exception du nickel, du manganèse et du titane, où les PM<sub>10</sub> sont utilisés.

Les teneurs et les regroupements des sources utilisés sont présentés dans les sections suivantes.

#### 3.10.1 TENEURS

Le tableau 7 présente les teneurs de la seule lithologie considérée dans cette étude, soit celle du concentré d'apatite. Cette lithologie provient de deux références distinctes :

- COREM, Les Ressources Ariannes, Validation of apatite flowsheet using column flotation, Appendix 15 – Chemical assay of trace elements, p319, 2011 ;
- Courriel de M. Ghislain Goyette, ing. – M. Sc., Directeur Métallurgie, Ariane Phosphate Inc. À M. Patrice Maltais du Port de Saguenay, le 2 février 2016 à 12h44.

Pour chaque substance modélisée, la teneur disponible de la référence la plus récente ci-dessus a été retenue.

Le chrome a été considéré sous forme de chrome trivalent et aucune silice cristalline n'a été considérée dans le concentré d'apatite. Cette information est basée sur les documents d'évaluation d'Ariane Phosphate du projet du Lac à Paul ; voir RQC-171 de la deuxième série de questions du MDDELCC<sup>6</sup> (Ariane Phosphate, 2014).

#### 3.10.2 REGROUPEMENT DES SOURCES

Dans le cas présent, 27 groupes de lithologies ont été considérés. Chacune des sources modélisées est associée à un groupe lithologique. Chacun de ces groupes est composé des lithologies manipulées dans une proportion annuelle définie. Dans le cas présent, il n'y a qu'une lithologie donc les proportions sont soit de 100 %, soit 0 %. La matrice de correspondance est détaillée au tableau 8.

<sup>6</sup> [http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/mine\\_apatite\\_lac-a-paul/documents/PR5.2.1.pdf](http://www.bape.gouv.qc.ca/sections/mandats/mine_apatite_lac-a-paul/documents/PR5.2.1.pdf)

Tableau 7 : Teneur en métaux et métalloïdes de la lithologie considérée

Composé	Symbole / Formule	Concentré d'apatite CONC (%)
Antimoine métal et composés	Sb	0,005
Argent, composés solubles	Ag	0,005
Arsenic, élémentaire et composés inorganiques (sauf l'arsine)	As	0,001
Baryum, métal et composés solubles	Ba	0,025
Béryllium, métal et composés	Be	0,000160469
Cadmium, composés de	Cd	0,00002
Chrome (composés de chrome hexavalent)	Cr(h)	0
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(t)	0,0001
Cobalt et composés	Cob	0,025
Cuivre	Cu	0,025
Manganèse, poussières et composés	mn	0,05
Mercuré	Hg	0,000001
Nickel, composés de	Ni	0,025
Plomb	Pb	0,0002
Sélénium, composé de	Se	0,025
Silice cristalline	SiO2	0
Thallium	Tl	0,005
Titane	Ti	0,42
Vanadium	V	0,025
Zinc	Zn	0,025

**Tableau 8 : Proportions par lithologie en fonction des groupes de sources utilisés pour l'estimation des SMM**

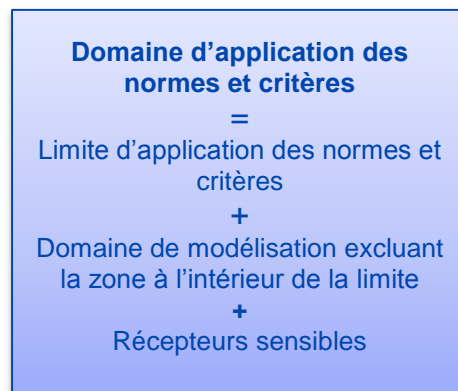
Groupe	CONC	Description du groupe
FBC001	100%	Dépoussiéreur - Déchargement des camions
FBC002	100%	Dépoussiéreur - Silos d'entreposage 1
FBC003	100%	Dépoussiéreur - Silos d'entreposage 2
FBC007	100%	Dépoussiéreur - Convoyeur vers le quai
TPDC	100%	Dépoussiéreur - Quai
DCF	100%	Dépoussiéreur - Système de chargement des navires 1
TRIP	100%	Dépoussiéreur - Système de chargement des navires 2
P1P5E	100%	Sources du segment P1_P5 pour la période de mai à novembre
P5P2E	100%	Sources du segment P5_P2 pour la période de mai à novembre
P2P3E	100%	Sources du segment P2_P3 pour la période de mai à novembre
P2P4E	100%	Sources du segment P2_P4 pour la période de mai à novembre
P3P5E	100%	Sources du segment P3_P5 pour la période de mai à novembre
P4P5E	100%	Sources du segment P4_P5 pour la période de mai à novembre
P1P5H	100%	Sources du segment P1_P5 pour la période de décembre à avril
P5P2H	100%	Sources du segment P5_P2 pour la période de décembre à avril
P2P3H	100%	Sources du segment P2_P3 pour la période de décembre à avril
P2P4H	100%	Sources du segment P2_P4 pour la période de décembre à avril
P3P5H	100%	Sources du segment P3_P5 pour la période de décembre à avril
P4P5H	100%	Sources du segment P4_P5 pour la période de décembre à avril
CALE	100%	Ouverture de la cale du bateau
P1P5X	0%	Sources de gaz d'échappement du routage du segment P1_P5
P5P2X	0%	Sources de gaz d'échappement du routage du segment P5_P2
P2P3X	0%	Sources de gaz d'échappement du routage du segment P2_P3
P2P4X	0%	Sources de gaz d'échappement du routage du segment P2_P4
P3P5X	0%	Sources de gaz d'échappement du routage du segment P3_P5
P4P5X	0%	Sources de gaz d'échappement du routage du segment P4_P5
SHIPEX	0%	Sources de gaz d'échappement de la génératrice du bateau

## 4 RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

Les sections qui suivent présentent les résultats de la modélisation réalisée pour le scénario décrit à la section 2.4. Afin de comparer les concentrations modélisées aux normes en vigueur et aux critères pour chacune des substances, celles-ci sont additionnées aux concentrations initiales applicables dans le secteur présentées aux tableaux 1 et 2.

**Il est important de prendre note que les concentrations totales présentées dans cette section ne représentent pas des concentrations réelles mesurées, mais plutôt des concentrations obtenues par la simulation des activités planifiées par le Port de Saguenay à l'aide d'un modèle numérique.**

Les cartes de résultats (cartes 7 à 14) illustrent les courbes d'isoconcentration dont les données chiffrées apparaissant sur ces cartes correspondent à la contribution des opérations du complexe minier seulement. La couleur des courbes indique si les concentrations totales, incluant les concentrations initiales, dépassent ou non les normes ou critères. Les courbes présentées illustrent la concentration maximale calculée à chaque récepteur pour la période et l'ensemble des années météorologiques modélisés. Ainsi, il faut noter que ces maximums ne se produisent pas nécessairement au cours de la même heure, de la même journée ou de la même année, et ce, pour chacun des points de calcul considérés.



**En somme, les courbes d'isoconcentration présentent des situations hypothétiques où les conditions de dispersion les plus défavorables sont combinées simultanément sur la même carte.** Ces courbes, exigées par le MDDELCC, permettent néanmoins de bien visualiser pour une zone donnée du domaine de modélisation la concentration maximale des cinq années météorologiques considérées.

Les résultats du scénario modélisé sont présentés à l'aide de 10 tableaux distincts :

### SCÉNARIO 1

- Résultats dans le domaine d'application pour les normes (RAA) : tableau 9;
- Résultats dans le domaine d'application pour les critères (MDDELCC) : tableau 10;
- Résultats aux récepteurs sensibles uniquement pour les normes (RAA) : tableau 11;
- Résultats aux récepteurs sensibles uniquement pour les critères (MDDELCC) : tableau 12;
- Résultats pour les particules fines inférieures à 10 microns : tableau 13;
- Résultats pour les particules fines (NCQAA) : tableau 14.

### SCÉNARIO 1 – ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION

- Résultats dans le domaine d'application pour certaines normes (RAA) : tableau 15;
- Résultats aux récepteurs sensibles pour certaines normes (RAA) : tableau 16;
- Résultats pour les particules fines inférieures à 10 microns : tableau 17;
- Résultats pour les particules fines (NCQAA) : tableau 18.

## 4.1 SCÉNARIO 1

### 4.1.1 PARTICULES TOTALES

Les concentrations de particules totales modélisées dans le domaine d'application des normes et critères dépassent la norme 24 heures pour le scénario modélisé. Toutefois, aucun dépassement n'est modélisé aux récepteurs sensibles.

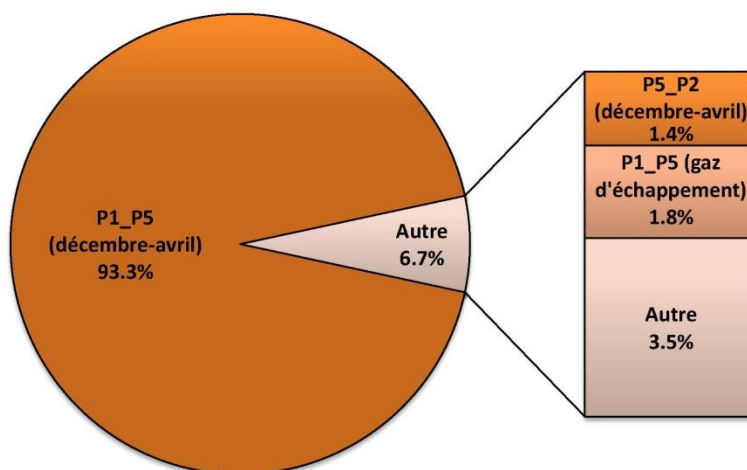
La concentration maximale de particules totales modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $315,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $355,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 296 % de la norme 24 heures établie à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 89 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. L'étendue maximale des dépassements modélisés est d'environ 130 m par rapport à la limite d'application des normes et critères et longe la route d'accès au bâtiment de déchargement des camions. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale de particules totales modélisées est de  $47,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 39 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 15 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte 7.

Concernant le nombre d'occurrences de dépassement de la norme 24 heures de particules totales, cette dernière est dépassée 76, 56, 59, 44 et 43 fois pour les années 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014 respectivement, pour un total de 278 fois sur 5 ans soit environ 15 % du temps. Bien que la fréquence de dépassement soit élevée, il est important de rappeler que ces dépassements sont localisés à moins de 200 m de la limite d'application des normes et critères.

La figure 5 présente les principales sources contribuant aux dépassements de la norme 24 heures de PMT. Pour les 5 années modélisées, 93,3 % des dépassements modélisés proviennent du segment de routage P1\_P5 entre les mois de décembre et avril, correspondant à la période hivernale. Ces résultats ne permettent donc pas de voir les concentrations produites par les opérations sur le site autre que le routage. D'autant plus que la modélisation des émissions liées au routage présente une grande incertitude dans la méthode de modélisation actuelle, la section 4.2 présente justement une étude de sensibilité par rapport aux émissions du routage.

À titre de comparaison, si toutes les activités de routage sont enlevées de la modélisation (sources volumiques de routage et de gaz d'échappement des camions de transport), la norme 24 heures de PMT établie par le MDDELCC est respectée. En effet, la concentration maximale modélisée serait de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , pour une concentration totale modélisée de  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 49 % de la norme.

Figure 5 : Contributions des sources pour les dépassements de PMT modélisés sur une période de 24 heures



#### 4.1.2 PARTICULES FINES (< 10 MICRONS)

Les concentrations de particules fines (< 10 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères ne sont comparées à aucune norme.

Pour une période de 24 heures, la concentration maximale de particules fines (< 10 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de 70,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour une période annuelle, la concentration maximale de particules fines (< 10 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de 10,7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Au niveau des récepteurs sensibles, les concentrations maximales modélisées sont de 4,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les périodes 24 heures et annuelle respectivement.

Dans tous les cas, les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 100 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant puisqu'aucune concentration initiale n'est disponible. Finalement, les courbes d'isoconcentration sont illustrées aux cartes 8 et 9 pour les périodes 24 heures et annuelle, respectivement.

#### 4.1.3 PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS)

##### COMPARAISON À LA NORME ÉTABLIE PAR LE MDDELCC

Les concentrations de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères dépassent la norme 24 heures établie par le MDDELCC pour le scénario modélisé. Toutefois, aucun dépassement n'est modélisé aux récepteurs sensibles.

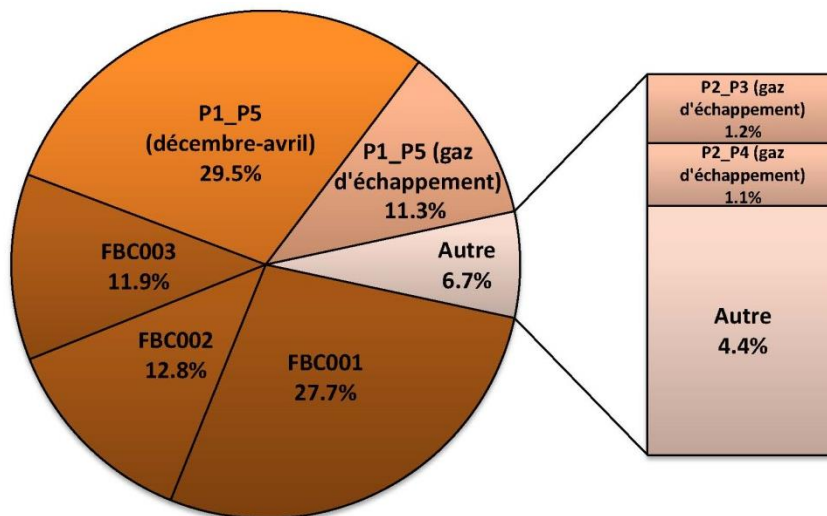
La concentration maximale de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de 25,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de 40,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 134 % de la norme 24 heures établie à 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 63 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale de particules fines modélisées est de 18,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 62 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 19 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte 10.

Concernant le nombre d'occurrences de dépassement de la norme 24 heures de particules fines inférieures à 2,5 microns, cette dernière est dépassée 20, 12, 9, 10 et 10 fois pour les années 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014 respectivement, pour un total de 61 fois sur 5 ans soit environ 3,3 % du temps.

La figure 6 présente les principales sources contribuant aux dépassements de la norme 24 heures de  $PM_{2.5}$ . Pour les 5 années modélisées, 40,8 % des dépassements modélisés proviennent du segment de routage P1\_P5 (resuspension des particules aux passages des camions plus gaz d'échappement) entre les mois de décembre et avril, correspondant à la période hivernale. Il est important de rappeler que la modélisation des émissions liées au routage présente une grande incertitude dans la méthode de modélisation actuelle, la section 4.2 présente une étude de sensibilité par rapport aux émissions du routage.

À titre de comparaison, si toutes les activités de routage sont enlevées de la modélisation (sources volumiques de routage et de gaz d'échappement des camions de transport), la norme 24 heures de  $PM_{2.5}$  établie par le MDDELCC ne serait pas respectée (114 % de la norme). Le dépoussiéreur FBC001 est le principal contributeur dans ce cas.

**Figure 6 : Contribution des sources pour les dépassements de PMT modélisés sur une période de 24 heures**



## COMPARAISON AUX NORMES CANADIENNES DE QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT (NCQAA)

Après l'analyse statistique des concentrations de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères, la norme NCQAA de 24 heures est dépassée pour le scénario modélisé. Toutefois, aucun dépassement n'est modélisé aux récepteurs sensibles.

Il faut rappeler que la comparaison avec la norme 24 heures est effectuée à l'aide du maximum des moyennes triennales du 98<sup>e</sup> centile annuel des concentrations quotidiennes moyennes sur 24 heures. Ce dernier est de 15,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de 30,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 108 % de la norme NCQAA de 24 heures. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 50,3 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Aux récepteurs sensibles, la concentration de particules fines modélisées est de 16,52  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 59 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 9 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte 11.

Concernant la norme NCQAA annuelle, cette dernière est respectée suite à l'analyse statistique effectuée. En effet, la comparaison se fait à l'aide du maximum des moyennes triennales des concentrations annuelles moyennes.

Le maximum des moyennes triennales des concentrations annuelles moyennes de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $5,49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $9,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 99,9 % de la norme NCQAA annuelle établie à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 54,9 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Aux récepteurs sensibles, la concentration de particules fines modélisées est de  $4,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 49 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 9 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte 12.

#### 4.1.4 MONOXYDE DE CARBONE

Les concentrations de monoxyde de carbone modélisées dans le domaine d'application des normes et critères respectent les normes 1 heure et 8 heures pour le scénario modélisé.

La concentration maximale de monoxyde de carbone modélisée dans le domaine d'application des normes et critères est de  $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la période 1 heure et de  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la période 8 heures. Ainsi, les concentrations totales modélisées représentent 2 % et 4 % des normes 1 heure et 8 heures respectivement. En raison des faibles concentrations modélisées pour le monoxyde de carbone, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

#### 4.1.5 DIOXYDE D'AZOTE

Les concentrations de dioxyde d'azote modélisées dans le domaine d'application des normes et critères respectent les normes 1 heure, 24 heures et annuelle établies par le MDDELCC pour le scénario modélisé.

Pour la norme 1 heure, la concentration maximale de dioxyde d'azote modélisée dans le domaine d'application des normes et critères est de  $163 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 51 % de la norme établie à  $414 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC une fois la concentration initiale de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ajoutée. Pour la norme 24 heures, la concentration maximale de dioxyde d'azote modélisée dans le domaine d'application des normes et critères est de  $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 51 % de la norme établie à  $207 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC une fois la concentration initiale de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ajoutée. Enfin, pour la norme annuelle, la concentration maximale de dioxyde d'azote modélisée dans le domaine d'application des normes et critères est de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 25 % de la norme établie à  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC une fois la concentration initiale de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ajoutée.

Les courbes d'isoconcentration pour les périodes 1 heure et 24 heures sont illustrées aux cartes 13 et 14. En raison des faibles concentrations modélisées pour la période annuelle, les courbes d'isoconcentration pour cette période n'ont pas été cartographiées.

#### 4.1.6 DIOXYDE DE SOUFRE

Les concentrations de dioxyde de soufre modélisées dans le domaine d'application des normes et critères respectent les normes 4 minutes, 24 heures et annuelle pour le scénario modélisé.

Les concentrations maximales de dioxyde de soufre modélisées dans le domaine d'application des normes et critères pour les normes 4 minutes, 24 heures et annuelle sont de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivement. Ainsi, les concentrations totales modélisées représentent toutes environ 6 % des normes 4 minutes, 24 heures et annuelle. En raison des faibles concentrations modélisées pour le dioxyde de soufre, les courbes d'isoconcentration n'ont pas été cartographiées.

#### 4.1.7 SILICE CRISTALLINE, MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES

Les résultats de la modélisation indiquent que les concentrations de l'ensemble des SMM considérés susceptibles d'être observées dans le domaine d'application des normes et critères, incluant donc tous les récepteurs sensibles, respectent les normes et critères de qualité de l'atmosphère en vigueur à l'exception du nickel.

La concentration maximale de nickel modélisée (à partir des  $PM_{10}$ ) dans le domaine d'application des normes et critères est de  $0,0162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $0,0182 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 130 % de la norme 24 heures établie à  $0,014 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 89 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant.

Concernant le nombre d'occurrences de dépassement de la norme 24 heures de nickel, cette dernière est dépassée 4, 3, 0, 2 et 4 fois pour les années 2010, 2011, 2012, 2013 et 2014 respectivement, pour un total de 13 fois sur 5 ans soit environ 0,7 % du temps.

Tout comme les PMT, le principal contributeur est le routage. Or, la teneur en nickel considérée pour les poussières liées au routage provient de la teneur du concentré d'apatite. Il s'agit donc d'une valeur avec une grande incertitude. À titre de comparaison seulement, si toutes les activités de routage sont enlevées de la modélisation, la norme 24 heures de nickel établie par le MDDELCC serait respectée avec une concentration totale modélisée représentant 48 % de la norme.

Les courbes d'isoconcentration pour les SMM n'ont pas été cartographiées.

### 4.2 SCÉNARIO 1 ATTÉNUÉ PAR LA VÉGÉTATION

L'analyse des contributions des particules totales et des particules fines démontre que les émissions de resuspension liées au routage sont responsables de la majorité des concentrations de particules modélisées dans l'air ambiant. Or, la méthode de modélisation actuelle présente une grande incertitude sur les concentrations dans l'air ambiant liées à ces sources.

D'abord les taux d'émissions sont établis à partir des équations de l'AP-42 qui estiment les particules en suspension. Cependant, il est estimé qu'environ 75 % de ces particules sont situées à moins de 2 m du sol et ne sont pas transportées, mais sont déposées sur les surfaces en quelques minutes après la mise en suspension (Watson, 2000). Il y a donc une différence entre les particules mises en suspension et les particules transportées, puisque la déposition n'est pas considérée dans la modélisation, une grande surestimation du routage découle de la méthode de modélisation.

De plus, la route d'accès sur le site est directement entourée de végétation. Or, puisque les émissions du routage sont situées très près du sol, il y a donc une forte interaction entre les émissions et la végétation qui restreint la dispersion des émissions. Plusieurs études ont été effectuées afin d'estimer cette interaction (Pace, 2005) et il a été observé que la végétation agit comme filtre : une portion des émissions est captée et n'est pas transportée. Sous certaines conditions, une atténuation de 85 % à moins de 100 m a été observée, et ce, sur toutes les distributions de particules. Cette atténuation est particulièrement forte lorsque les vents sont faibles et que les particules ne peuvent être entraînées au-dessus des obstacles. Afin de tenir compte de ses effets, le document propose d'utiliser un facteur de captation variant de 80 % à 100 % pour une forêt. Ces effets ne sont pas considérés dans les modèles de dispersion actuels.

Les résultats des concentrations de particules pour le scénario 1 (section 4.1) présentent des contributions importantes liées au routage. De plus, ces maximums sont observés par vent faible où l'atténuation par la végétation serait maximale. Ainsi, inclure ces effets dans le modèle aurait des répercussions directes sur

les résultats obtenus. Les résultats sont donc présentés pour les particules pour le scénario 1 en tenant compte d'une atténuation par la végétation sur les émissions de resuspension liées au routage. Une atténuation de 80 % est utilisée. Cette atténuation se veut une étude de sensibilité sur les effets de déposition et de captation par la végétation qui ne sont pas inclus dans le modèle, mais qui présentent des effets importants sur les résultats. L'utilisation d'une atténuation à 80% sur les émissions du routage cherche à montrer l'ordre de grandeur de l'effet de ces phénomènes plutôt que des valeurs de concentrations précises.

#### 4.2.1 PARTICULES TOTALES

Les concentrations de particules totales modélisées dans le domaine d'application des normes et critères et aux récepteurs sensibles respectent la norme 24 heures pour le scénario modélisé.

La concentration maximale de particules totales modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $70,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $110,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 92 % de la norme 24 heures établie à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 64 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale de particules totales modélisées est de  $44,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 37 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 9 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte 15.

#### 4.2.2 PARTICULES FINES (< 10 MICRONS)

Les concentrations de particules fines (< 10 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères ne sont comparées à aucune norme.

Pour une période de 24 heures, la concentration maximale de particules fines (< 10 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $23,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour une période annuelle, la concentration maximale de particules fines (< 10 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Au niveau des récepteurs sensibles, les concentrations maximales modélisées sont de  $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les périodes 24 heures et annuelle, respectivement.

#### 4.2.3 PARTICULES FINES (< 2,5 MICRONS)

##### COMPARAISON À LA NORME ÉTABLIE PAR LE MDDELCC

Les concentrations de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères dépassent la norme 24 heures établie par le MDDELCC pour le scénario modélisé. Toutefois, aucun dépassement n'est modélisé aux récepteurs sensibles.

La concentration maximale de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $34,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 116 % de la norme 24 heures établie à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par le MDDELCC. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 57 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Aux récepteurs sensibles, la concentration maximale de particules fines modélisées est de  $18,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 62 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 19 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Les courbes d'isoconcentration sont illustrées à la carte 16.

Ces dépassements sont limités à moins de 500 m du site et couvrent environ  $0,04 \text{ km}^2$  (4 ha). De plus, les fréquences de dépassement modélisées sont d'au plus 5 jours par année. Il est important de rappeler qu'un

ratio de  $PM_{2,5}/PMT$  de 100% a été utilisé. Si le ratio réel se situait en deçà de 70 % la norme de particules fines serait respectée.

### COMPARAISON AUX NORMES CANADIENNES DE QUALITÉ DE L'AIR AMBIANT (NCQAA)

Après l'analyse statistique des concentrations de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères, la norme NCQAA de 24 heures est dépassée pour le scénario modélisé. Toutefois, aucun dépassement n'est modélisé aux récepteurs sensibles.

Il faut rappeler que la comparaison avec la norme 24 heures est effectuée à l'aide du maximum des moyennes triennales du 98<sup>e</sup> centile annuel des concentrations quotidiennes moyennes sur 24 heures. Ce dernier est de  $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $29,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 104 % de la norme NCQAA de 24 heures. Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 48,4 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Ce dépassement survient à un récepteur de la limite d'application des normes et critères. Aux récepteurs sensibles, la concentration de particules fines modélisées est de  $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 59 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 9 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Ces dépassements surviennent sur la limite d'application des normes et sont donc limités au site d'exploitation.

Concernant la norme NCQAA annuelle, cette dernière est respectée suite à l'analyse statistique effectuée. En effet, la comparaison se fait à l'aide du maximum des moyennes triennales des concentrations annuelles moyennes.

Le maximum des moyennes triennales des concentrations annuelles moyennes de particules fines (< 2,5 microns) modélisées dans le domaine d'application des normes et critères est de  $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . À l'ajout de la concentration initiale de  $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , la concentration totale modélisée est de  $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , soit 96 % de la norme NCQAA annuelle établie à  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les opérations du Port de Saguenay contribuent pour environ 53 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant. Aux récepteurs sensibles, la concentration de particules fines modélisées est de  $4,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en considérant la concentration initiale. Ce qui représente 49 % de la norme. Les opérations contribuent pour environ 9 % de la concentration totale modélisée dans l'air ambiant.

#### 4.2.4 SILICE CRISTALLINE, MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES

Les résultats de la modélisation indiquent que les concentrations de l'ensemble des SMM considérés susceptibles d'être observées dans le domaine d'application des normes et critères, incluant donc tous les récepteurs sensibles, respectent les normes et critères de qualité de l'atmosphère en vigueur.

Tableau 9 : Résultats pour les normes dans le domaine d'application des normes et critères – Scénario 1

Substance	Symbole/ Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères					Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur Limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)	
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )										Maximum (µg/m <sup>3</sup> )
				2010	2011	2012	2013	2014						
Particules totales	PMT	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	315,7	257,6	203,5	278,7	273,0	315,7	40	355,7	88,8	120	296
Particules fines	PM <sub>2,5</sub>	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	24,2	25,1	18,6	19,6	24,8	25,1	15	40,1	62,6	30	134
Carbone, monoxyde de	CO	1 heure	1 <sup>er</sup> Maximum	77,7	73,6	74,6	71,4	81,2	81,2	600	681,2	11,9	34000	2
		8 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	48,9	45,7	40,2	40,6	45,1	48,9	400	448,9	10,9	12700	4
Azote, dioxyde d'	NO <sub>2</sub>	1 heure	1 <sup>er</sup> Maximum	152,7	161,7	163,2	160,5	153,8	163,2	50	213,2	76,5	414	51
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	73,1	76,6	64,4	65,1	67,3	76,6	30	106,6	71,9	207	51
		1 an	Moyenne	13,0	15,9	16,2	16,2	15,0	16,2	10	26,2	61,8	103	25
Soufre, dioxyde de	SO <sub>2</sub>	4 minutes	1 <sup>er</sup> Maximum	22,9	24,2	24,4	24,0	23,0	24,4	40	64,4	37,9	1050	6
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	5,7	6,0	5,1	5,1	5,3	6,0	10	16,0	37,6	288	6
		1 an	Moyenne	1,0	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	2	3,3	38,7	52	6
Antimoine métal et composés	Sb	1 an	Moyenne	2,22E-03	1,84E-03	1,72E-03	1,59E-03	1,71E-03	2,22E-03	0,001	3,22E-03	68,9	0,17	2
Argent, composés solubles	Ag	1 an	Moyenne	2,22E-03	1,84E-03	1,72E-03	1,59E-03	1,71E-03	2,22E-03	0,005	7,22E-03	30,7	0,23	3
Arsenic, élémentaire et composés inorganiques	As	1 an	Moyenne	4,43E-04	3,68E-04	3,44E-04	3,18E-04	3,42E-04	4,43E-04	0,002	2,44E-03	18,1	0,003	81
Baryum, métal et composés solubles	Ba	1 an	Moyenne	1,11E-02	9,19E-03	8,60E-03	7,94E-03	8,54E-03	1,11E-02	0,02	3,11E-02	35,7	0,05	62
Béryllium, métal et composés	Be	1 an	Moyenne	7,11E-05	5,90E-05	5,52E-05	5,10E-05	5,48E-05	7,11E-05	0	7,11E-05	100,0	0,0004	18
Cadmium, composés de	Cd	1 an	Moyenne	8,87E-06	7,35E-06	6,88E-06	6,35E-06	6,83E-06	8,87E-06	0,0005	5,09E-04	1,7	0,0036	14
Chrome (composés de chrome hexavalent)	Cr(h)	1 an	Moyenne	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	0,004	-
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(t)	1 an	Moyenne	4,43E-05	3,68E-05	3,44E-05	3,18E-05	3,42E-05	4,43E-05	0,01	1,00E-02	0,4	0,1	10
Cuivre	Cu	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	7,74E-02	6,32E-02	4,99E-02	6,84E-02	6,69E-02	7,74E-02	0,2	2,77E-01	27,9	2,5	11
Mercure	Hg	1 an	Moyenne	4,43E-07	3,68E-07	3,44E-07	3,18E-07	3,42E-07	4,43E-07	0,002	2,00E-03	0,0	0,005	40
Nickel, composés de	Ni	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	1,62E-02	1,43E-02	1,02E-02	1,39E-02	1,46E-02	1,62E-02	0,002	1,82E-02	89,0	0,014	130
Plomb	Pb	1 an	Moyenne	8,87E-05	7,35E-05	6,88E-05	6,35E-05	6,83E-05	8,87E-05	0,004	4,09E-03	2,2	0,1	4
Thallium	Tl	1 an	Moyenne	2,22E-03	1,84E-03	1,72E-03	1,59E-03	1,71E-03	2,22E-03	0,005	7,22E-03	30,7	0,25	3
Vanadium	V	1 an	Moyenne	1,11E-02	9,19E-03	8,60E-03	7,94E-03	8,54E-03	1,11E-02	0,01	2,11E-02	52,6	1	2
Zinc	Zn	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	7,74E-02	6,32E-02	4,99E-02	6,84E-02	6,69E-02	7,74E-02	0,1	1,77E-01	43,6	2,5	7

<sup>1</sup> Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (version 4, 2015).

<sup>2</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>3</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>4</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



Tableau 10 : Résultats pour les critères dans le domaine d'application des normes et critères – Scénario 1

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères						Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Maximum (µg/m <sup>3</sup> )					
				2010	2011	2012	2013	2014						
Cobalt et composés	Co	1 an	Moyenne	1,11E-02	9,19E-03	8,60E-03	7,94E-03	8,54E-03	1,11E-02	0	1,11E-02	100,0	0,1	11
Manganèse, poussières et composés	mn	1 an	Moyenne	4,71E-03	3,98E-03	3,66E-03	3,41E-03	3,71E-03	4,71E-03	0,005	9,71E-03	48,5	0,025	39
Sélénium, composé de	Se	1 heure	1er Maximum	1,69E-01	1,69E-01	1,67E-01	1,70E-01	1,68E-01	1,70E-01	0,15	3,20E-01	53,2	2	16
Silice cristalline	SiO <sub>2</sub>	1 heure	1er Maximum	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	8,6	-
		1 an	Moyenne	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,07	-
Titane	Ti	24 heures	1er Maximum	2,71E-01	2,40E-01	1,72E-01	2,33E-01	2,45E-01	2,71E-01	0	2,71E-01	100,0	2,5	11

<sup>1</sup> Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (version 4, 2015).

<sup>2</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>3</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>4</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



Tableau 11 : Résultats pour les normes aux récepteurs sensibles uniquement – Scénario 1

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles					Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)	
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )										Maximum (µg/m <sup>3</sup> )
				2010	2011	2012	2013	2014						
Particules totales	PMT	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	6,91	5,78	5,72	7,08	5,36	7,08	40	47,08	15,0	120	39
Particules fines	PM <sub>2,5</sub>	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	3,61	3,04	3,10	2,74	2,75	3,61	15	18,61	19,4	30	62
Carbone, monoxyde de	CO	1 heure	1 <sup>er</sup> Maximum	8,88	11,13	9,68	11,41	9,27	11,41	600	611,41	1,9	34000	2
		8 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	4,23	4,40	3,89	5,03	4,44	5,03	400	405,03	1,2	12700	3
Azote, dioxyde d'	NO <sub>2</sub>	1 heure	1 <sup>er</sup> Maximum	39,52	52,14	39,32	53,58	40,68	53,58	50	103,58	51,7	414	25
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	6,28	6,65	5,85	10,89	7,81	10,89	30	40,89	26,6	207	20
		1 an	Moyenne	0,65	0,61	0,54	0,54	0,59	0,65	10	10,65	6,1	103	10
Soufre, dioxyde de	SO <sub>2</sub>	4 minutes	1 <sup>er</sup> Maximum	5,78	7,82	5,36	8,05	5,89	8,05	40	48,047	16,7	1050	5
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	0,47	0,51	0,44	0,83	0,59	0,83	10	10,83	7,6	288	4
		1 an	Moyenne	0,042	0,043	0,037	0,038	0,042	0,043	2	2,04	2,1	52	4
Antimoine métal et composés	Sb	1 an	Moyenne	4,02E-05	3,55E-05	3,42E-05	3,24E-05	3,29E-05	4,02E-05	0,001	1,04E-03	3,9	0,17	1
Argent, composés solubles	Ag	1 an	Moyenne	4,02E-05	3,55E-05	3,42E-05	3,24E-05	3,29E-05	4,02E-05	0,005	5,04E-03	0,8	0,23	2
Arsenic, élémentaire et composés inorganiques	As	1 an	Moyenne	8,04E-06	7,10E-06	6,83E-06	6,48E-06	6,58E-06	8,04E-06	0,002	2,01E-03	0,4	0,003	67
Baryum, métal et composés solubles	Ba	1 an	Moyenne	2,01E-04	1,78E-04	1,71E-04	1,62E-04	1,65E-04	2,01E-04	0,02	2,02E-02	1,0	0,05	40
Béryllium, métal et composés	Be	1 an	Moyenne	1,29E-06	1,14E-06	1,10E-06	1,04E-06	1,06E-06	1,29E-06	0	1,29E-06	100,0	0,0004	0,3
Cadmium, composés de	Cd	1 an	Moyenne	1,61E-07	1,42E-07	1,37E-07	1,30E-07	1,32E-07	1,61E-07	0,0005	5,00E-04	0,0	0,0036	14
Chrome (composés de chrome hexavalent)	Cr(h)	1 an	Moyenne	-	-	-	-	-	-	0,002	-	-	0,004	-
Chrome (composés de chrome trivalent)	Cr(t)	1 an	Moyenne	8,04E-07	7,10E-07	6,83E-07	6,48E-07	6,58E-07	8,04E-07	0,01	1,00E-02	0,0	0,1	10
Cuivre	Cu	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	1,70E-03	1,41E-03	1,40E-03	1,72E-03	1,31E-03	1,72E-03	0,2	2,02E-01	0,9	2,5	8
Mercure	Hg	1 an	Moyenne	8,04E-09	7,10E-09	6,83E-09	6,48E-09	6,58E-09	8,04E-09	0,002	2,00E-03	0,0	0,005	40
Nickel, composés de	Ni	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	1,01E-03	7,66E-04	7,90E-04	6,33E-04	7,64E-04	1,01E-03	0,002	3,01E-03	33,5	0,014	21
Plomb	Pb	1 an	Moyenne	1,61E-06	1,42E-06	1,37E-06	1,30E-06	1,32E-06	1,61E-06	0,004	4,00E-03	0,0	0,1	4
Thallium	Tl	1 an	Moyenne	4,02E-05	3,55E-05	3,42E-05	3,24E-05	3,29E-05	4,02E-05	0,005	5,04E-03	0,8	0,25	2
Vanadium	V	1 an	Moyenne	2,01E-04	1,78E-04	1,71E-04	1,62E-04	1,65E-04	2,01E-04	0,01	1,02E-02	2,0	1	1
Zinc	Zn	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	1,70E-03	1,41E-03	1,40E-03	1,72E-03	1,31E-03	1,72E-03	0,1	1,02E-01	1,7	2,5	4

<sup>[1]</sup> Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (version 4, 2015).

<sup>[2]</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>[3]</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>[4]</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



Tableau 12 : Résultats pour les critères aux récepteurs sensibles uniquement – Scénario 1

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles						Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite (%)
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Maximum (µg/m <sup>3</sup> )					
				2010	2011	2012	2013	2014						
Cobalt et composés	Co	1 an	Moyenne	2,01E-04	1,78E-04	1,71E-04	1,62E-04	1,65E-04	2,01E-04	0	2,01E-04	100,0	0,1	0,2
Manganèse, poussières et composés	mn	1 an	Moyenne	2,56E-04	2,21E-04	2,14E-04	2,05E-04	2,08E-04	2,56E-04	0,005	5,26E-03	4,9	0,025	21
Sélénium, composé de	Se	1 heure	1 <sup>er</sup> Maximum	7,30E-03	1,28E-02	1,73E-02	7,13E-03	7,39E-03	1,73E-02	0,15	1,67E-01	10,4	2	8
Silice cristalline	SiO <sub>2</sub>	1 heure	1 <sup>er</sup> Maximum	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	8,6	-
		1 an	Moyenne	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	0,07	-
Titane	Ti	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	1,69E-02	1,29E-02	1,33E-02	1,06E-02	1,28E-02	1,69E-02	0	1,69E-02	100,0	2,5	1

<sup>[1]</sup> Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (version 4, 2015).

<sup>[2]</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>[3]</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>[4]</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



Tableau 13 : Résultats pour les PM<sub>10</sub> dans le domaine d'application des normes et critères et pour les récepteurs sensibles uniquement – Scénario 1

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées						Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Maximum (µg/m <sup>3</sup> )					
				2010	2011	2012	2013	2014						
Particules moins de 10 microns	PM <sub>10</sub>	Domaine d'application des normes et critères												
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	70,6	62,1	44,7	60,9	63,7	70,6	-	70,6	100,0	-	-
		1 an	Moyenne	10,7	9,1	8,4	7,9	8,5	10,7	-	10,7	100,0	-	-
		Récepteurs sensibles seulement												
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	4,1	3,2	3,3	2,8	3,2	4,1	-	4,1	100,0	-	-
		1 an	Moyenne	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	-	0,5	100,0	-	-

<sup>1</sup> Concentrations initiales non connues.

<sup>2</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>3</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>4</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.

Tableau 14 : Résultats pour les particules fines dans le domaine d'application des normes et critères – Normes NCQAA – Scénario 1

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères					Moyenne triennale			Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)	
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Moyenne (µg/m <sup>3</sup> )		Maximum (µg/m <sup>3</sup> )						
				2010	2011	2012	2013	2014	2010 à 2012	2011 à 2013							2012 à 2014
Particules fines	PM <sub>2,5</sub>	Domaine d'application des normes et critères															
		24 heures	98 <sup>e</sup> centile	15,3	16,1	14,2	14,8	13,8	15,2	15,0	14,3	15,2	15	30,2	50,3	28	108
		1 an	Moyenne	5,95	5,48	5,04	5,00	5,17	5,49	5,17	5,07	5,49	4,5	9,99	54,9	10	99,9
		Récepteurs sensibles seulement															
		24 heures	98 <sup>e</sup> centile	1,59	1,62	1,36	1,37	1,53	1,52	1,45	1,42	1,52	15	16,52	9,2	28	59
1 an	Moyenne	0,49	0,42	0,41	0,39	0,40	0,44	0,41	0,40	0,44	4,5	4,94	8,9	10	49		

<sup>1</sup> Voir le tableau 1.

<sup>2</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>3</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>4</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



Tableau 15 : Résultats pour certaines normes dans le domaine d'application des normes et critères – Scénario 1 atténué par la végétation

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères						Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Maximum (µg/m <sup>3</sup> )					
				2010	2011	2012	2013	2014						
Particules totales	PMT	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	70,6	62,1	44,7	60,9	63,7	70,6	40	110,6	63,8	120	92
Particules fines	PM <sub>2,5</sub>	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	17,5	18,7	18,5	16,6	19,9	19,9	15	34,90	57,0	30	116
Nickel, composés de	Ni	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	4,25E-03	4,74E-03	4,42E-03	4,05E-03	4,76E-03	4,76E-03	0,002	6,76E-03	70,4	0,014	48

<sup>1</sup> Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (version 4, 2015).

<sup>2</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>3</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>4</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.

Tableau 16 : Résultats pour certaines normes aux récepteurs sensibles – Scénario 1 atténué par la végétation

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées aux récepteurs sensibles						Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Maximum (µg/m <sup>3</sup> )					
				2010	2011	2012	2013	2014						
Particules totales	PMT	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	4,13	3,17	3,30	2,81	3,16	4,13	40	44,13	9,4	120	37
Particules fines	PM <sub>2,5</sub>	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	3,47	3,00	3,05	2,73	2,64	3,47	15	18,47	18,8	30	62
Nickel, composés de	Ni	24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	8,69E-04	7,32E-04	7,38E-04	6,19E-04	6,55E-04	8,69E-04	0,002	2,87E-03	30,3	0,014	20

<sup>1</sup> Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère (version 4, 2015).

<sup>2</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>3</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>4</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



Tableau 17 : Résultats pour les PM10 dans le domaine d'application des normes et critères et pour les récepteurs sensibles uniquement – Scénario 1 atténué par la végétation

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées					Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)	
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )										Maximum (µg/m <sup>3</sup> )
				2010	2011	2012	2013	2014						
Particules moins de 10 microns	PM <sub>10</sub>	Domaine d'application des normes et critères												
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	21,6	23,0	18,6	17,7	22,9	23,01	-	23,01	100,0	-	-
		1 an	Moyenne	5,9	5,4	5,0	4,9	5,1	5,87	-	5,87	100,0	-	-
		Récepteurs sensibles seulement												
		24 heures	1 <sup>er</sup> Maximum	3,58	3,03	3,09	2,75	2,72	3,58	-	3,58	100,0	-	-
		1 an	Moyenne	0,49	0,42	0,41	0,39	0,40	0,49	-	0,49	100,0	-	-

<sup>[1]</sup> Concentrations initiales non connues.

<sup>[2]</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>[3]</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>[4]</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.

Tableau 18 : Résultats pour les particules fines dans le domaine d'application des normes et critères – Normes NCQAA – Scénario 1 atténué par la végétation

Substance	Symbole / Formule	Période	Statistique	Concentrations modélisées dans le domaine d'application des normes et critères					Moyenne triennale			Concentration initiale <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Concentration totale modélisée <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Contribution du projet <sup>3</sup> (%)	Valeur limite <sup>1</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Pourcentage de la valeur limite <sup>4</sup> (%)	
				Maximum pour chacune des années modélisées (µg/m <sup>3</sup> )					Maximum (µg/m <sup>3</sup> )	Moyenne (µg/m <sup>3</sup> )							
				2010	2011	2012	2013	2014		2010 à 2012	2011 à 2013						2012 à 2014
Particules fines	PM <sub>2,5</sub>	Domaine d'application des normes et critères															
		24 heures	98 <sup>e</sup> centile	14,7	14,2	13,2	12,2	13,7	14,1	13,2	13,1	14,1	15	29,1	48,4	28	104
		1 an	Moyenne	5,5	5,1	4,7	4,7	4,8	5,1	4,8	4,7	5,1	4,5	9,6	53	10	96
		Récepteurs sensibles seulement															
		24 heures	98 <sup>e</sup> centile	1,54	1,58	1,31	1,35	1,47	1,47	1,41	1,38	1,47	15	16,5	9,0	28	59
1 an	Moyenne	0,48	0,41	0,40	0,38	0,39	0,43	0,40	0,39	0,43	4,5	4,93	8,7	10	49		

<sup>[1]</sup> Voir le tableau 1.

<sup>[2]</sup> La concentration totale modélisée est la somme de la concentration maximale modélisée et de la concentration initiale.

<sup>[3]</sup> La contribution du projet est la concentration maximale modélisée divisée par la concentration totale modélisée, en pourcentage.

<sup>[4]</sup> Le pourcentage de la norme ou du critère est la concentration totale modélisée divisée par la norme ou du critère, en pourcentage.



## 5 CONSERVATISME ET LIMITATIONS

### 5.1 CONSERVATISME DE L'APPROCHE

La modélisation de la dispersion atmosphérique strictement réalisée selon les exigences du MDDELCC a pour objectif d'évaluer les concentrations potentielles maximales dans l'air ambiant et de s'assurer que les normes et critères seront respectés en tout temps. En effet, selon le Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique du MDDELCC, les résultats présentés doivent toujours correspondre aux maximums obtenus, pour chacune des périodes, à chacun des récepteurs identifiés. Il s'agit donc d'une approche très conservatrice puisqu'aucune valeur modélisée n'est retirée de l'analyse et qu'aucun traitement par centile n'est effectué.

De plus, pour évaluer les impacts d'un projet à l'aide de la modélisation, des scénarios conservateurs doivent être considérés. Par conséquent, des « scénarios pires cas » doivent être modélisés afin de bien représenter les maximums pouvant survenir pendant toute la durée de vie du projet, et ce, même si une fluctuation des opérations est planifiée.

Finalement, des concentrations initiales conservatrices sont ajoutées aux résultats de modélisation. Les valeurs utilisées sont des valeurs fixes et génériques pour les projets nordiques. Or, les concentrations initiales réelles varient dans le temps et sont normalement plus basses que les valeurs utilisées.

### 5.2 INCERTITUDES ET LIMITATIONS DU MODÈLE

#### 5.2.1 FACTEURS D'ÉMISSIONS

Les taux d'émissions utilisés pour représenter les différentes sources fugitives sont estimés à l'aide d'équations empiriques visant à donner un ordre de grandeur des émissions plutôt qu'un chiffre précis. En effet, les principaux contributeurs en particules du projet sont des sources fugitives (routage) dont la caractérisation demeure un exercice difficile puisque leurs émissions varient, entre autres, en fonction des conditions météorologiques, de l'heure de la journée et de la variation des opérations.

L'estimation des taux d'émissions du routage est d'ailleurs basée sur des facteurs d'émissions provenant des équations l'AP-42, souvent déterminées à partir d'ensembles relativement petits de mesures et entachés de grandes incertitudes. Ces équations ont également été développées à l'aide de mesures effectuées dans des contextes et des climats variés. Par exemple, aucune de ces équations ne prend en compte les conditions hivernales et la couverture de neige, qui est pourtant une réalité importante au Québec.

#### 5.2.2 DISPERSION DES MATIÈRES PARTICULAIRES

Il est reconnu depuis un bon nombre d'années que la modélisation des sources fugitives de particules surestime substantiellement les concentrations réelles dans l'atmosphère (Pace 2005, AISI 2015). Il s'avère également que les mesures prises afin de déterminer les facteurs d'émissions ont généralement été effectuées près des sources, typiquement entre 5 et 10 mètres, alors qu'en moyenne, environ 2/3 du nuage de poussière était à moins de 2 mètres du sol. Ainsi, puisque les nuages étaient turbulents et près du sol, d'importantes réductions sont susceptibles de survenir sur une distance de quelques dizaines ou centaines de mètres pour ce type d'émission.

Il s'avère en effet que la dispersion des matières particulaires est un procédé physique complexe et actuellement mal représenté par les modèles de dispersion. Il est maintenant reconnu que différents

phénomènes affectent la dispersion des particules : la déposition sèche (due à la force de gravité et la masse des particules), la déposition humide (due aux précipitations), la filtration des émissions par la couverture du sol (herbe, arbres, bâtiments, etc.) lorsque les émissions sont émises près du sol, ainsi que les forces électrostatiques, la thermophorèse et l'agglomération des particules qui peuvent accroître la déposition au sol.

Or, bien que les dépositions sèche et humide soient actuellement supportées par les modèles de dispersion, le MDDELCC en proscriit l'utilisation. De plus, la filtration des émissions par la couverture du sol n'est actuellement pas supportée par les modèles de dispersion. Ces phénomènes physiques contribuent à réduire de façon considérable les concentrations réelles de particules dans l'air, et particulièrement par vent faible, alors que la dispersion est faible. Lors de tests sur le terrain, il a en effet été démontré que l'effet de filtration peut être très variable, allant de très faible, de jour, dans un environnement dénudé jusqu'à un taux de 85 %, de nuit, alors que des structures étaient présentes entre la route et les équipements de mesures (Pace 2005). Par contre, dans la configuration actuelle du modèle selon les exigences du MDDELCC, les matières particulaires modélisées se comportent comme un gaz inerte, ce qui est excessivement conservateur. À taux d'émissions constants, les maximums modélisés sont alors obtenus par condition stable et par vent faible, alors que la dispersion est moins favorable.

La présentation d'un scénario atténué par la végétation se veut une étude de sensibilité par rapport à ces phénomènes qui ne sont pas considérés dans la modélisation et qui ont un impact majeur sur les concentrations dans l'air ambiant. L'utilisation d'une atténuation à 80 % sur les émissions du routage cherche à montrer l'ordre de grandeur de l'effet de ces phénomènes plutôt que des valeurs de concentrations précises.

### 5.2.3 MÉTAUX ET SILICE CRISTALLINE

L'évaluation des concentrations de SMM est effectuée à partir des concentrations de particules modélisées dans l'atmosphère. Or, toute incertitude ou erreur sur les concentrations modélisées de particules ont une incidence directe sur les concentrations modélisées de SMM.

De plus, il est présumé que les teneurs en SMM dans les particules modélisées dans l'atmosphère sont égales aux teneurs mesurées pour les différentes lithologies des sources d'émissions. Or, cette hypothèse ajoute une erreur systématique supplémentaire aux résultats puisque les teneurs des particules transportées ne sont pas nécessairement identiques aux teneurs des différentes lithologies.

### 5.2.4 MODÈLE MÉTÉOROLOGIQUE ET MODÈLE DE DISPERSION

Les modèles de dispersion sont conçus pour représenter le plus fidèlement possible la réalité, tout en restant conservateurs. Or, ceux-ci sont des modèles mathématiques avec leurs limites, considérant un ensemble fini de paramètres. Ces modèles seront donc toujours entachés d'une certaine incertitude.

### 5.2.5 AUTRES

Parmi les autres sources d'erreur pouvant avoir un impact sur les résultats de modélisation, il faut noter :

- La topographie, qui possède une incertitude typiquement de l'ordre d'environ plus ou moins cinq mètres. L'élévation réelle des récepteurs est ainsi approximative.
- Les paramètres de dispersion initiale et de hauteur de relâche, qui sont des paramètres approximatifs visant à représenter grossièrement le comportement typique des émissions à la source.

### 5.3 DISCUSSION ET RÉSERVES

La modélisation de la dispersion atmosphérique est réalisée dans le but d'évaluer et d'autoriser les projets. Or, il est important de réitérer au lecteur l'ampleur des différentes incertitudes et limitations connues du modèle dans la représentation de la dispersion des émissions d'un projet dont les sources fugitives de particules sont prédominantes. Dr Cowherd, contributeur important de l'AP-42 et de l'élaboration des facteurs d'émissions pour les sources fugitives, prônait d'ailleurs en 2012 le développement et le raffinement des méthodes de modélisation avant d'imposer l'utilisation de la modélisation pour l'application des standards de qualité de l'air aux États-Unis (Cowherd, 2012).

Il est en fait reconnu depuis un bon nombre d'années que la modélisation des sources fugitives de particules surestime substantiellement les concentrations réelles dans l'atmosphère (Pace 2005, AISI 2015). Les analyses suggèrent que ces surestimations peuvent aller jusqu'à un ordre de grandeur. Dans le milieu des années 90, le U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS) a d'ailleurs commencé à utiliser systématiquement un facteur « divide by four » afin « d'ajuster » les estimations d'émissions de particules et d'obtenir de meilleurs accords entre les modélisations et les données d'échantillonnage.

Dans ce contexte, il est important de rappeler que les maximums modélisés et présentés aux sections 4.1 et 4.2 de la présente étude surviennent par vent faible, alors que d'expérience, les événements de poussière liés à des sources fugitives se produisent plutôt par vent fort. L'évaluation des conditions météorologiques lors de dépassements modélisés est donc contradictoire et démontre bien l'incapacité actuelle du modèle à représenter fidèlement la réalité des sources fugitives.

De plus, il faut souligner que les périodes de vents faibles sont plus fréquentes que celles de vents forts. Les occurrences de dépassements et les moyennes annuelles modélisées sont par conséquent surestimées.



## 6 CONCLUSION

L'Administration portuaire du Saguenay désire étendre ses activités par le projet d'un nouveau terminal maritime localisé à Sainte-Rose-du-Nord, dans la MRC du Fjord-du-Saguenay, afin de desservir la rive nord de la rivière Saguenay. Les installations du terminal maritime comprendront les principaux éléments suivants, soit : un quai, un chargeur de navires, des silos et systèmes de manutention de concentré, ainsi qu'un chemin d'accès au quai pour les besoins d'opération et de maintenance. La compagnie minière Ariane Phosphate a signifié son intention d'utiliser ce quai en rive nord de la rivière Saguenay afin d'acheminer le concentré d'apatite produit vers les marchés extérieurs. Port de Saguenay prendra en charge toute la manutention, depuis le déchargement des camions vers des silos d'entreposage jusqu'au chargement des navires.

Dans ce contexte, WSP a reçu le mandat de réaliser la modélisation de la dispersion atmosphérique qui s'inscrit en tant qu'étude complémentaire à l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) et a pour objectif d'évaluer l'impact des émissions provenant des opérations des futures installations et opérations du terminal maritime du Port de Saguenay sur la qualité de l'atmosphère, et ce, sur la base des Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant (NCQAA) et du Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère (RAA). La démarche de modélisation préconisée dans la présente étude s'appuie sur la méthodologie proposée dans le Guide de modélisation de la dispersion atmosphérique (MDDEP, 2005) du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Les discussions tenues entre les divers représentants de WSP et Port de Saguenay ont également servi à déterminer les intrants requis à la modélisation et à la rédaction du rapport.

La présente modélisation prend en considération les principales sources d'émissions des installations, du transfert et du transport du concentré d'apatite. Cette dernière présente donc des résultats caractérisant l'ensemble des composantes du projet. Un seul scénario a été modélisé. Celui-ci est basé sur le traitement de 3 000 000 tonnes de concentré acheminé par camions au terminal maritime.

La modélisation a été effectuée à l'aide du logiciel CALPUFF (v7.2.1) sur cinq années de données météorologiques. Des données pronostiques ont été utilisées en guise de données météorologiques de surface et de données aérologiques. Ces données pronostiques sont des données modélisées extraites de réanalyses météorologiques ERA-INTERIM produites par l'ECMWF (European Centre For Medium-Range Weather Forecasts). Ces données sont utilisées comme état initial et conditions aux frontières pour alimenter le modèle WRF (Weather Research and Forecast v3.6). Concernant le traitement des résultats, l'approche est très conservatrice puisqu'aucune valeur modélisée n'est retirée de l'analyse, et aucun traitement par centile n'est également effectué (à l'exception des particules fines 24-heures pour les normes canadiennes NCQAA). Il faut de plus retenir que les modélisations présentées ne prennent pas en compte la déposition. Or, la déposition contribue à réduire considérablement les concentrations de particules totales dans l'air ambiant, particulièrement par vent calme, alors que la dispersion est faible.

Les substances retenues pour les modélisations sont les matières particulaires en suspension, soit les particules totales (PMT), les particules de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) et les particules fines ( $\text{PM}_{2,5}$ ). Les principaux composés gazeux émis, tels que le monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ), le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ) et le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ), ont également été modélisés. La silice cristalline ainsi que les métaux et métalloïdes pour lesquels une norme ou un critère de qualité de l'atmosphère a été établi par le MDDELCC ont finalement été estimés en fonction des concentrations de particules modélisées.

Pour le scénario considéré, des dépassements de normes du RAA sont modélisés dans le domaine d'application des normes et critères pour les particules totales, les particules fines et le nickel. Pour les normes du NCQAA, seule la norme de particules fines pour la période de 24 heures est dépassée. Cependant, ces dépassements modélisés sont plutôt faibles et n'atteignent pas les premiers récepteurs

sensibles. À l'analyse des résultats, l'utilisation d'hypothèses conservatrices telles que l'absence de déposition pour les particules et des ratios unitaires de particules totales et fines pour certains équipements implique des dépassements des normes RAA et NCQAA pour les composés mentionnés ci-dessus. De plus, les dépassements modélisés, dont l'étendue est relativement faible, sont en majorité localisés en bordure du chemin d'accès, celui-ci étant situé à moins de 100 m de la limite d'application des normes et critères. Les dépassements sont donc limités à l'environnement immédiat du site.

Enfin, à titre comparatif, il a été montré qu'avec une atténuation du routage par la végétation, la norme de particules totales est respectée en tout temps et seulement quelques dépassements de particules fines sur 24 heures surviennent. Ces dépassements sont limités à moins de 500 m du site et couvrent environ 0,04 km<sup>2</sup> (4 ha). De plus, les fréquences de dépassement modélisé sont d'au plus 5 jours par année. Considérant qu'un ratio de PM<sub>2,5</sub>/PMT de 100 % a été utilisé et qu'une méthode conservatrice de modélisation a été utilisée, il est donc peu probable que des dépassements de normes surviennent au-delà de l'environnement immédiat du site.

## 7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARIANNE PHOSPHATE INC. Réponses aux questions et commentaires du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques – 2e série, juillet 2014, 129 pages et annexes.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF SUSTAINABILITY, ENVIRONMENT, WATER, POPULATION AND COMMUNITIES. January 2012a. National Pollutant Inventory (NPI). Emission estimation technique manual for mining. Version 3.1.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT, DEPARTMENT OF SUSTAINABILITY, ENVIRONMENT, WATER, POPULATION AND COMMUNITIES. January 2012b. National Pollutant Inventory (NPI). Emission Estimation Technique Manual for Explosives Detonation and Firing Ranges. Version 3.0.
- BARCLAY, J., SCIRE, J. ATMOSPHERIC STUDIES GROUP TRC ENVIRONNEMENTAL CORPORATION. March 2011. Generic Guidance and Optimum Model Settings for the CALPUFF Modeling System for Inclusion into the 'Approved Methods for the Modeling and Assessments of Air Pollutants in NSW, Australia'.
- BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF ENVIRONMENT. 2015. British Columbia air quality dispersion modelling guideline. Environmental Protection Division, Environmental Quality Branch, Air Protection Section, Victoria, B.C. 111 pages.
- BRODE, R. ET ROBINSON, R. 2007. AERMOD Implementation Workgroup. EPA Regional/State/Local Modelers Workshop.
- COUNTESS, R. 2007. Reconciling Fugitive Dust Emission Inventories with Ambient Measurements, Emission Inventory Conference.
- COWHERD, C.; MULESKI, G. E.; KINSEY, J. S. September 1988. *Control of open fugitive dust sources*.
- COWHERD, C. March 13, 2012. Modeling Concerns for Fugitive Sources in the Iron, Steel and Mining Industries. Modeling Conference in Research Triangle Park, NC.
- GOUVERNEMENT DU CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA. 2013. Règlement sur le soufre dans le carburant diesel.
- GOUVERNEMENT DU CANADA, ENVIRONNEMENT CANADA. 2015. *MANOBS (Manuel d'observations météorologiques de surface) Septième édition*, 978-0-660-23073-3, 477 pages.
- GOUVERNEMENT DU QUÉBEC, 2015. Loi sur la qualité de l'environnement, Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère. c. Q-2, r. 4.1.
- HANNA, S. R. ET CHOWDHURY, B. 2014. Minimum turbulence assumptions and  $u^*$  and L estimation for dispersion models during low-wind stable conditions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 64(3):309–321.
- INVENTAIRE NATIONAL DES REJETS DE POLLUANTS (INRP). Guide pour les carrières et sablières ([http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=A9C1EE34-1#s8\\_9](http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=A9C1EE34-1#s8_9)). Consulté en 2016.
- INVENTAIRE NATIONAL DES REJETS DE POLLUANTS (INRP). (<http://www.ec.gc.ca/inrp-npri/>).
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS (MDDEP). 2005. Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique. 32 p.
- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. 2015a. Guide d'instructions - Préparation et réalisation d'une modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques - Projets miniers. Janvier 2015. 95 pages.

- MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, ENVIRONNEMENT ET LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES. 2015b. Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère; Version 4. 16 pages.
- NEWFOUNDLAND AND LABRADOR, DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION (NL DOEC). September 18, 2012. *Guideline for Plume Dispersion Modelling*. 2<sup>nd</sup> Revision, Saint John's, NL. 38 pages.
- ONTARIO MINISTRY OF THE ENVIRONMENT. 2009. Air dispersion modelling guideline for Ontario. PIBs # 5165e02. 154 pages.
- PACE, THOMPSON G. Methodology to Estimate the Transportable Fraction (TF) of Fugitive Dust Emissions for Regional and Urban Scale Air Quality Analyses US EPA (8/3/2005 Revision).
- SCIRE, J., F. R. ROBE, M. E. FERNAU, R. J. YAMARTINO. 2000a. A User's Guide for the CALMET Meteorological Model, Version 5, Earth Tech Inc.
- SCIRE, J.; STRIMAITIS, D. G.; YAMARTINO, R.J. 2000b. A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model. Version 5, Earth Tech Inc.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 1995. Compilation of Air Pollutant Emission Factors: AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). Avril 2004. Median life, annual activity, and load factor values for nonroad engine emissions modeling.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2005. *Guideline on Air Quality Models*, 40 CFR Part 51, Appendix W.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2008. Technical Issues Related to CALPUFF Near-field Applications.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). Avril 2009. Emission Factors for Locomotives. Office of Transportation and Air Quality.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 2009. AERMOD Implementation Guide.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). July 2010. Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2013. Aersurface User's Guide, EPA-454/B-08-001, 2008, Revised 01/16/2013. Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US-EPA). 2015. *11th Modeling Conference*, Updates to EPA's AERMOD Modeling System. <http://www3.epa.gov/ttn/scram/11thmodconf.htm>.
- WATSON, JOHN G., Reconciling Urban Fugitive Dust Emissions Inventory and Ambient Source contribution Estimates: Summary of Current Knowledge and Needed Research. Desert Research Institute. May 2000
- WESTERN REGIONAL AIR PARTNERSHIP (WRAP). 2006. Fugitive Dust Handbook.

# Annexe A

**DESCRIPTION DES SOURCES D'ÉMISSIONS**



**Tableau A 1 : Description sommaire des camions de transport considérés dans la modélisation**

Véhicule	Hauteur (m)	Largeur (m)	Poids du véhicule (t)	Charge utile (t)
Camion sur mesure	4,56	3,66	45	120

Ref : Cegertec -Ref Bankable Feasibility Study Report for the 3 Mtpy Apatite Concentrate Production of the Lac-à-Paul Project – Volume 5 : Infrastructures, Figure 5.16 page 87. Rev. 0, sept. 2014.

**Tableau A 2 : Caractéristiques des trajets considérés pour l'évaluation des émissions liées aux activités de routage**

Trajet	Type de camion	Quantité de matière déplacée par année (ktm/an)	Nombre de jours d'exploitation par année (j/an)	Nombre d'heures d'exploitation par jour (h/j)	Poids moyen sur le trajet (t)	Nombre de transport par jour (aller + retour)
Guérite au déchargement 1	Camion sur mesure	1500,0	230,0	24	105,0	109
Guérite au déchargement 2	Camion sur mesure	1500,0	230,0	24	105,0	109



**Tableau A 3 : Caractéristiques et taux d'émissions des segments considérés pour l'évaluation des activités de routage – Période de mai à novembre**

Segment ID	Largeur (m)	Longueur (m)	Recouvrement	Limon <sup>[1]</sup> (% ou g/m <sup>2</sup> )	Nombre de déplacement par jour	Temps d'opération par jour (h)	Poids moyen (t)	Hauteur moyenne (m)	Facteur d'émissions (lb/VMT)			VKT	Taux d'émissions (g/s)			Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Atténuation (%)
									PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>		PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>				
P1_P5	10,0	600	Pavée	0,6	218	24,0	115,7	4,6	0,880	0,176	0,043	130,89	3,76E-01	7,51E-02	1,84E-02	3,88	14,88	3,61	0
P5_P2	4,6	96	Pavée	0,6	109	24,0	115,7	4,6	0,880	0,176	0,043	10,48	3,01E-02	6,01E-03	1,48E-03	3,88	9,86	3,61	0
P2_P3	4,6	91	Pavée	0,6	55	24,0	115,7	4,6	0,880	0,176	0,043	4,96	1,42E-02	2,85E-03	6,99E-04	3,88	9,86	3,61	0
P2_P4	4,6	69	Pavée	0,6	55	24,0	115,7	4,6	0,880	0,176	0,043	3,77	1,08E-02	2,16E-03	5,31E-04	3,88	9,86	3,61	0
P3_P5	4,6	72	Pavée	0,6	55	24,0	115,7	4,6	0,880	0,176	0,043	3,91	1,12E-02	2,24E-03	5,50E-04	3,88	9,86	3,61	0
P4_P5	4,6	74	Pavée	0,6	55	24,0	115,7	4,6	0,880	0,176	0,043	4,05	1,16E-02	2,32E-03	5,70E-04	3,88	9,86	3,61	0

<sup>[1]</sup> L'unité de la quantité de limon présent sur les routes est le pourcentage (%) pour les routes non pavées et les grammes par mètre carré (g/m<sup>2</sup>) pour les routes pavées.

**Tableau A 4 : Caractéristiques et taux d'émissions des segments considérés pour l'évaluation des activités de routage – Période de décembre à avril**

Segment ID	Largeur (m)	Longueur (m)	Recouvrement	Limon <sup>[1]</sup> (% ou g/m <sup>2</sup> )	Nombre de déplacement par jour	Temps d'opération par jour (h)	Poids moyen (t)	Hauteur moyenne (m)	Facteur d'émissions (lb/VMT)			VKT	Taux d'émissions (g/s)			Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Atténuation (%)
									PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>		PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>				
P1_P5	10,0	600	Pavée	2,4	218	24,0	115,7	4,6	3,106	0,621	0,152	130,89	1,33E+00	2,65E-01	6,51E-02	3,88	14,88	3,61	0
P5_P2	4,6	96	Pavée	2,4	109	24,0	115,7	4,6	3,106	0,621	0,152	10,48	1,06E-01	2,12E-02	5,21E-03	3,88	9,86	3,61	0
P2_P3	4,6	91	Pavée	2,4	55	24,0	115,7	4,6	3,106	0,621	0,152	4,96	5,03E-02	1,01E-02	2,47E-03	3,88	9,86	3,61	0
P2_P4	4,6	69	Pavée	2,4	55	24,0	115,7	4,6	3,106	0,621	0,152	3,77	3,82E-02	7,63E-03	1,87E-03	3,88	9,86	3,61	0
P3_P5	4,6	72	Pavée	2,4	55	24,0	115,7	4,6	3,106	0,621	0,152	3,91	3,96E-02	7,92E-03	1,94E-03	3,88	9,86	3,61	0
P4_P5	4,6	74	Pavée	2,4	55	24,0	115,7	4,6	3,106	0,621	0,152	4,05	4,10E-02	8,20E-03	2,01E-03	3,88	9,86	3,61	0

<sup>[1]</sup> L'unité de la quantité de limon présent sur les routes est le pourcentage (%) pour les routes non pavées et les grammes par mètre carré (g/m<sup>2</sup>) pour les routes pavées.



Tableau A 5 : Caractéristiques et taux d'émissions des sources volumiques alternées de routage – Période mai à novembre

Source ID	Description	Coord. Géo. (UTM 19 NAD83)		Élévation (m)	Taux d'émissions (g/s)			Source ID	Description	Coord. Géo. (UTM 19 NAD83)		Élévation (m)	Taux d'émissions (g/s)		
		X (m)	Y (m)		PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>			X (m)	Y (m)		PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
R001E	P1_P5_01 - été	373394	5363159	203,0	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R020E	P5_P2_1 - été	373167	5362628	188,4	6,013E-03	1,203E-03	2,952E-04
R002E	P1_P5_02 - été	373385	5363129	202,0	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R021E	P5_P2_2 - été	373147	5362622	186,6	6,013E-03	1,203E-03	2,952E-04
R003E	P1_P5_03 - été	373375	5363098	201,1	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R022E	P5_P2_3 - été	373126	5362618	184,5	6,013E-03	1,203E-03	2,952E-04
R004E	P1_P5_04 - été	373366	5363068	200,2	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R023E	P5_P2_4 - été	373106	5362613	182,6	6,013E-03	1,203E-03	2,952E-04
R005E	P1_P5_05 - été	373356	5363037	199,2	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R024E	P5_P2_5 - été	373088	5362603	180,6	6,013E-03	1,203E-03	2,952E-04
R006E	P1_P5_06 - été	373346	5363006	198,3	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R025E	P2_P3_1 - été	373077	5362587	177,8	3,561E-03	7,123E-04	1,748E-04
R007E	P1_P5_07 - été	373337	5362976	197,4	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R026E	P2_P3_2 - été	373082	5362567	179,9	3,561E-03	7,123E-04	1,748E-04
R008E	P1_P5_08 - été	373327	5362945	196,4	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R027E	P2_P3_3 - été	373100	5362558	181,9	3,561E-03	7,123E-04	1,748E-04
R009E	P1_P5_09 - été	373318	5362915	195,5	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R028E	P2_P3_4 - été	373118	5362565	183,9	3,561E-03	7,123E-04	1,748E-04
R010E	P1_P5_10 - été	373308	5362884	194,6	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R029E	P2_P4_1 - été	373080	5362586	178,4	3,603E-03	7,206E-04	1,769E-04
R011E	P1_P5_11 - été	373299	5362854	193,6	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R030E	P2_P4_2 - été	373091	5362569	180,4	3,603E-03	7,206E-04	1,769E-04
R012E	P1_P5_12 - été	373289	5362823	192,7	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R031E	P2_P4_3 - été	373111	5362570	182,3	3,603E-03	7,206E-04	1,769E-04
R013E	P1_P5_13 - été	373279	5362793	191,8	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R032E	P3_P5_1 - été	373133	5362589	188,3	3,736E-03	7,473E-04	1,834E-04
R014E	P1_P5_14 - été	373270	5362762	190,8	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R033E	P3_P5_2 - été	373145	5362606	188,6	3,736E-03	7,473E-04	1,834E-04
R015E	P1_P5_15 - été	373260	5362732	189,9	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R034E	P3_P5_3 - été	373162	5362620	188,5	3,736E-03	7,473E-04	1,834E-04
R016E	P1_P5_16 - été	373251	5362701	189,0	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R035E	P4_P5_1 - été	373122	5362584	186,8	2,904E-03	5,809E-04	1,426E-04
R017E	P1_P5_17 - été	373234	5362675	188,4	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R036E	P4_P5_2 - été	373134	5362601	188,2	2,904E-03	5,809E-04	1,426E-04
R018E	P1_P5_18 - été	373208	5362656	188,4	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R037E	P4_P5_3 - été	373151	5362615	188,4	2,904E-03	5,809E-04	1,426E-04
R019E	P1_P5_19 - été	373182	5362637	188,5	1,977E-02	3,954E-03	9,706E-04	R038E	P4_P5_4 - été	373168	5362627	188,5	2,904E-03	5,809E-04	1,426E-04



Tableau A 6 : Caractéristiques et taux d'émissions des sources volumiques alternées de routage – Période décembre à avril

Source ID	Description	Coord. Géo. (UTM 19 NAD83)		Élévation (m)	Taux d'émissions (g/s)			Source ID	Description	Coord. Géo. (UTM 19 NAD83)		Élévation (m)	Taux d'émissions (g/s)		
		X (m)	Y (m)		PM <sub>tot</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>			X (m)	Y (m)		PM <sub>tot</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
R001H	P1_P5_01 - hiver	373394	5363159	203,0	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R020H	P5_P2_1 - hiver	373167	5362628	188,4	2,123E-02	4,246E-03	1,042E-03
R002H	P1_P5_02 - hiver	373385	5363129	202,0	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R021H	P5_P2_2 - hiver	373147	5362622	186,6	2,123E-02	4,246E-03	1,042E-03
R003H	P1_P5_03 - hiver	373375	5363098	201,1	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R022H	P5_P2_3 - hiver	373126	5362618	184,5	2,123E-02	4,246E-03	1,042E-03
R004H	P1_P5_04 - hiver	373366	5363068	200,2	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R023H	P5_P2_4 - hiver	373106	5362613	182,6	2,123E-02	4,246E-03	1,042E-03
R005H	P1_P5_05 - hiver	373356	5363037	199,2	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R024H	P5_P2_5 - hiver	373088	5362603	180,6	2,123E-02	4,246E-03	1,042E-03
R006H	P1_P5_06 - hiver	373346	5363006	198,3	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R025H	P2_P3_1 - hiver	373077	5362587	177,8	1,257E-02	2,515E-03	6,173E-04
R007H	P1_P5_07 - hiver	373337	5362976	197,4	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R026H	P2_P3_2 - hiver	373082	5362567	179,9	1,257E-02	2,515E-03	6,173E-04
R008H	P1_P5_08 - hiver	373327	5362945	196,4	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R027H	P2_P3_3 - hiver	373100	5362558	181,9	1,257E-02	2,515E-03	6,173E-04
R009H	P1_P5_09 - hiver	373318	5362915	195,5	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R028H	P2_P3_4 - hiver	373118	5362565	183,9	1,257E-02	2,515E-03	6,173E-04
R010H	P1_P5_10 - hiver	373308	5362884	194,6	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R029H	P2_P4_1 - hiver	373080	5362586	178,4	1,272E-02	2,544E-03	6,245E-04
R011H	P1_P5_11 - hiver	373299	5362854	193,6	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R030H	P2_P4_2 - hiver	373091	5362569	180,4	1,272E-02	2,544E-03	6,245E-04
R012H	P1_P5_12 - hiver	373289	5362823	192,7	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R031H	P2_P4_3 - hiver	373111	5362570	182,3	1,272E-02	2,544E-03	6,245E-04
R013H	P1_P5_13 - hiver	373279	5362793	191,8	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R032H	P3_P5_1 - hiver	373133	5362589	188,3	1,319E-02	2,639E-03	6,476E-04
R014H	P1_P5_14 - hiver	373270	5362762	190,8	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R033H	P3_P5_2 - hiver	373145	5362606	188,6	1,319E-02	2,639E-03	6,476E-04
R015H	P1_P5_15 - hiver	373260	5362732	189,9	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R034H	P3_P5_3 - hiver	373162	5362620	188,5	1,319E-02	2,639E-03	6,476E-04
R016H	P1_P5_16 - hiver	373251	5362701	189,0	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R035H	P4_P5_1 - hiver	373122	5362584	186,8	1,025E-02	2,051E-03	5,034E-04
R017H	P1_P5_17 - hiver	373234	5362675	188,4	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R036H	P4_P5_2 - hiver	373134	5362601	188,2	1,025E-02	2,051E-03	5,034E-04
R018H	P1_P5_18 - hiver	373208	5362656	188,4	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R037H	P4_P5_3 - hiver	373151	5362615	188,4	1,025E-02	2,051E-03	5,034E-04
R019H	P1_P5_19 - hiver	373182	5362637	188,5	6,981E-02	1,396E-02	3,427E-03	R038H	P4_P5_4 - hiver	373168	5362627	188,5	1,025E-02	2,051E-03	5,034E-04



**Tableau A 7 : Caractéristiques des sources ponctuelles considérées dans la modélisation**

ID	Description	Coord. géo. (UTM 19 NAD83)		Élévation (m)	Hauteur (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre (m)
		X (m)	Y (m)					
FBC_001	Dépoussiéreur - Déchargement des camions	373081	5362525	182,0	8,0	amb.	18,0	1,13
FBC_002	Dépoussiéreur - Silos d'entreposage 1	373026	5362490	158,6	8,4	amb.	18,0	1,00
FBC_003	Dépoussiéreur - Silos d'entreposage 2	373010	5362483	157,5	8,4	amb.	18,0	1,00
FBC_007	Dépoussiéreur - Convoyeur vers le quai	372566	5362254	30,3	13,3	amb.	18,0	0,93
TPDC	Dépoussiéreur - Quai	372439	5362329	5,6	19,6	amb.	18,0	0,46
DCF	Dépoussiéreur - Système de chargement des navires 1	372353	5362548	5,6	23,7	amb.	18,0	0,34
TRIP	Dépoussiéreur - Système de chargement des navires 2	372366	5362552	5,6	22,0	amb.	18,0	0,43

**Tableau A 8 : Taux d'émissions des sources ponctuelles considérées dans la modélisation**

ID	Débit normalisé <sup>1</sup> (Nm <sup>3</sup> /s)	Concentrations <sup>2</sup>		Taux d'émissions (g/s)		
		mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Am <sup>3</sup>	PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
FBC_001	19,81	-	10	Les taux d'émissions varient heure par heure. De plus, l'hypothèse suivante a été considérée : PMT = PM <sub>10</sub> = PM <sub>2,5</sub>		
FBC_002	15,46	-	10			
FBC_003	15,46	-	10			
FBC_007	13,38	-	10			
TPDC	3,27	10	-			
DCF	1,82	10	-			
TRIP	2,91	10	-			

<sup>1</sup> La température de normalisation est 25°C (298.15 K)

<sup>2</sup> Intrants fournis par Port de Saguenay d'après la garantie d'émissions du fournisseur des dépoussiéreurs.

**Tableau A 9 : Exemple de la variation des taux d'émissions de quelques dépoussiéreurs considérés**

Source	Stat	Taux d'émissions (g/s)				
		2010	2011	2012	2013	2014
FBC_001	Minimum	1,63E-01	1,64E-01	1,63E-01	1,64E-01	1,62E-01
	Maximum	2,07E-01	2,09E-01	2,06E-01	2,10E-01	2,14E-01
FBC_002	Minimum	1,27E-01	1,28E-01	1,27E-01	1,28E-01	1,27E-01
	Maximum	1,62E-01	1,63E-01	1,61E-01	1,64E-01	1,67E-01
FBC_003	Minimum	1,27E-01	1,28E-01	1,27E-01	1,28E-01	1,27E-01
	Maximum	1,62E-01	1,63E-01	1,61E-01	1,64E-01	1,67E-01



**Tableau A 10 : Calcul du taux d'émissions surfacique de l'ouverture de la cale du bateau**

Description	Valeur	Unité	Référence
Capacité du convoyeur	2700,00	t/h	REEL ALESA ; Arianne Phosphate – Air Quality – Export Terminal – Lot A ; Technical document ; Janvier 2016 ; section 4.1
Densité	1,50	t/m <sup>3</sup>	REEL ALESA ; Arianne Phosphate – Air Quality – Export Terminal – Lot A ; Technical document ; Janvier 2016 ; Section 2.3
Concentration des poussières	10,00	mg/m <sup>3</sup>	REEL ALESA ; Arianne Phosphate – Air Quality – Export Terminal – Lot A ; Technical document ; Janvier 2016 ; Section 8.2.3
Débit	1800	m <sup>3</sup> /h	-
Taux d'émissions	18000	mg/h	-
	0,005	g/s	-
Ouverture de la cale	230	m <sup>2</sup>	Plan 17149-00-000-MC-00001_R2.dwg
Taux d'émissions surfacique	2,174E-05	g/s.m <sup>2</sup>	-

**Tableau A 11: Caractéristiques et taux d'émissions de la source surfacique modélisée**

ID	Description	Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Z (m)	Surface considérée (m <sup>2</sup> )	Taux d'émissions (g/s.m <sup>2</sup> )		
						PMT	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
cale	Ouverture de la cale du bateau	10,50	0,10	0,047	230	2,174E-05	2,174E-05	2,174E-05

**Tableau A 12 : Caractéristiques et taux d'émissions des sources d'émissions associées aux gaz d'échappement**

Véhicule	Type	Puissance (hp)	Tier	Facteur de chargement <sup>[1]</sup>	Taux d'émissions par véhicule (g/s)				
					PM <sub>10</sub> <sup>[2]</sup>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
Western Star 6900XD	Camions de transport	500	T3	0,59	2,23E-02	2,16E-02	1,22E-01	2,15E-01	4,04E-04
Génératrice du bateau	Génératrice au diesel	1054,8	T3	1	4,91E-02	4,77E-02	2,58E-01	1,21E+00	9,53E-02

<sup>[1]</sup> Appendix A, Median life, annual activity and load factor values for nonroad engine emissions modeling, US-EPA, Report No. NR-005c, April 2004

<sup>[2]</sup> Toutes les émissions de particules sont considérées plus petites que 10 µm, et donc PMT = PM<sub>10</sub>.

**Tableau A 13 : Disponibilité mécanique des équipements rejetant des gaz d'échappement**

Source	Disponibilité mécanique (%)	Nombre de source(s) considéré(s) sur le site simultanément	Catégorie
Western Star 6900XD	100%	2	Transport
Génératrice du bateau	100%	1	Local



Tableau A 14 : Caractéristiques et taux d'émissions des sources volumiques associées aux gaz d'échappement du transport routage

ID	Description	Coord. Géo. (UTM19 NAD83)		Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Sigma Y (m)	Sigma Z (m)	Taux d'émissions (g/s)				
		X (m)	Y (m)					PM <sub>10</sub> <sup>1</sup>	PM <sub>2.5</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
R001X	P1_P5_01	373394	5363159	202,97	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R002X	P1_P5_02	373385	5363129	202,04	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R003X	P1_P5_03	373375	5363098	201,10	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R004X	P1_P5_04	373366	5363068	200,17	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R005X	P1_P5_05	373356	5363037	199,24	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R006X	P1_P5_06	373346	5363006	198,31	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R007X	P1_P5_07	373337	5362976	197,37	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R008X	P1_P5_08	373327	5362945	196,44	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R009X	P1_P5_09	373318	5362915	195,51	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R010X	P1_P5_10	373308	5362884	194,58	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R011X	P1_P5_11	373299	5362854	193,65	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R012X	P1_P5_12	373289	5362823	192,71	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R013X	P1_P5_13	373279	5362793	191,78	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R014X	P1_P5_14	373270	5362762	190,85	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R015X	P1_P5_15	373260	5362732	189,92	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R016X	P1_P5_16	373251	5362701	188,98	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R017X	P1_P5_17	373234	5362675	188,39	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R018X	P1_P5_18	373208	5362656	188,45	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R019X	P1_P5_19	373182	5362637	188,51	3,02	14,884	3,606	1,30E-03	1,27E-03	7,11E-03	1,26E-02	2,36E-05
R020X	P5_P2_1	373167	5362628	188,41	3,02	9,860	3,606	3,97E-04	3,85E-04	2,16E-03	3,82E-03	7,18E-06
R021X	P5_P2_2	373147	5362622	186,60	3,02	9,860	3,606	3,97E-04	3,85E-04	2,16E-03	3,82E-03	7,18E-06
R022X	P5_P2_3	373126	5362618	184,50	3,02	9,860	3,606	3,97E-04	3,85E-04	2,16E-03	3,82E-03	7,18E-06
R023X	P5_P2_4	373106	5362613	182,61	3,02	9,860	3,606	3,97E-04	3,85E-04	2,16E-03	3,82E-03	7,18E-06
R024X	P5_P2_5	373088	5362603	180,60	3,02	9,860	3,606	3,97E-04	3,85E-04	2,16E-03	3,82E-03	7,18E-06
R025X	P2_P3_1	373077	5362587	177,83	3,02	9,860	3,606	2,10E-03	2,04E-03	1,15E-02	2,02E-02	3,80E-05
R026X	P2_P3_2	373082	5362567	179,88	3,02	9,860	3,606	2,10E-03	2,04E-03	1,15E-02	2,02E-02	3,80E-05
R027X	P2_P3_3	373100	5362558	181,91	3,02	9,860	3,606	2,10E-03	2,04E-03	1,15E-02	2,02E-02	3,80E-05
R028X	P2_P3_4	373118	5362565	183,90	3,02	9,860	3,606	2,10E-03	2,04E-03	1,15E-02	2,02E-02	3,80E-05
R029X	P2_P4_1	373080	5362586	178,44	3,02	9,860	3,606	2,65E-03	2,57E-03	1,44E-02	2,55E-02	4,79E-05
R030X	P2_P4_2	373091	5362569	180,40	3,02	9,860	3,606	2,65E-03	2,57E-03	1,44E-02	2,55E-02	4,79E-05
R031X	P2_P4_3	373111	5362570	182,30	3,02	9,860	3,606	2,65E-03	2,57E-03	1,44E-02	2,55E-02	4,79E-05
R032X	P3_P5_1	373133	5362589	188,31	3,02	9,860	3,606	2,47E-04	2,39E-04	1,34E-03	2,37E-03	4,46E-06
R033X	P3_P5_2	373145	5362606	188,58	3,02	9,860	3,606	2,47E-04	2,39E-04	1,34E-03	2,37E-03	4,46E-06
R034X	P3_P5_3	373162	5362620	188,48	3,02	9,860	3,606	2,47E-04	2,39E-04	1,34E-03	2,37E-03	4,46E-06
R035X	P4_P5_1	373122	5362584	186,81	3,02	9,860	3,606	1,92E-04	1,86E-04	1,04E-03	1,84E-03	3,47E-06
R036X	P4_P5_2	373134	5362601	188,16	3,02	9,860	3,606	1,92E-04	1,86E-04	1,04E-03	1,84E-03	3,47E-06
R037X	P4_P5_3	373151	5362615	188,42	3,02	9,860	3,606	1,92E-04	1,86E-04	1,04E-03	1,84E-03	3,47E-06
R038X	P4_P5_4	373168	5362627	188,48	3,02	9,860	3,606	1,92E-04	1,86E-04	1,04E-03	1,84E-03	3,47E-06

<sup>[1]</sup> Toutes les particules émises sont supposées être plus petites que 10 microns donc PMT = PM<sub>10</sub>.



**Tableau A 15 : Caractéristiques de la source ponctuelle localisée associée à la génératrice du bateau**

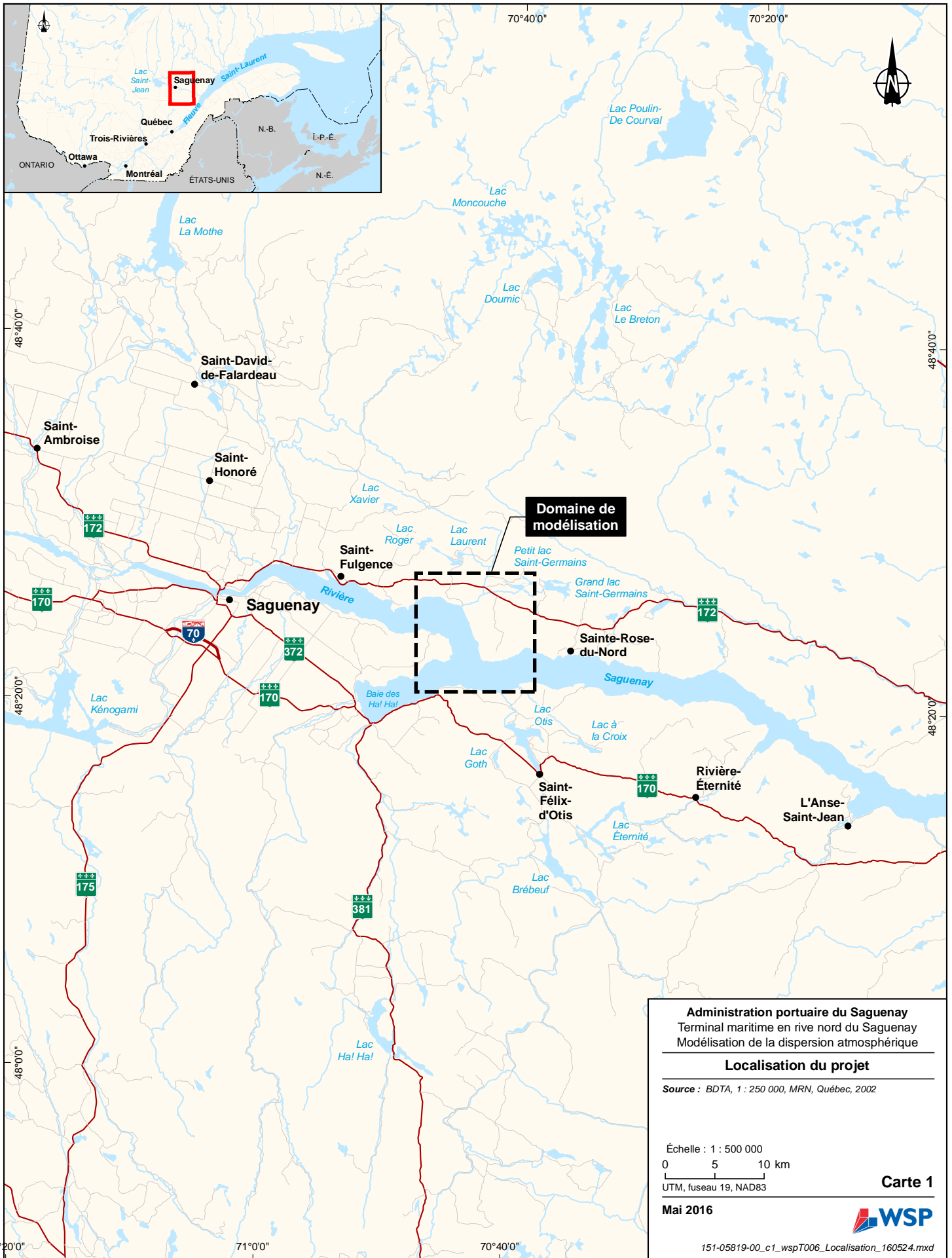
ID	Description	Coord. Géo. (UTM19 NAD83)		Élévation (m)	Hauteur de relâche (m)	Température (K)	Vitesse (m/s)	Diamètre équivalent (m)
		X (m)	Y (m)					
SHIPEX	Génératrice du bateau	372394	5362340	25	2	755,0	31,0	0,25



# Annexe B

**CARTES**





**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Localisation du projet**

Source : BDTA, 1 : 250 000, MRN, Québec, 2002

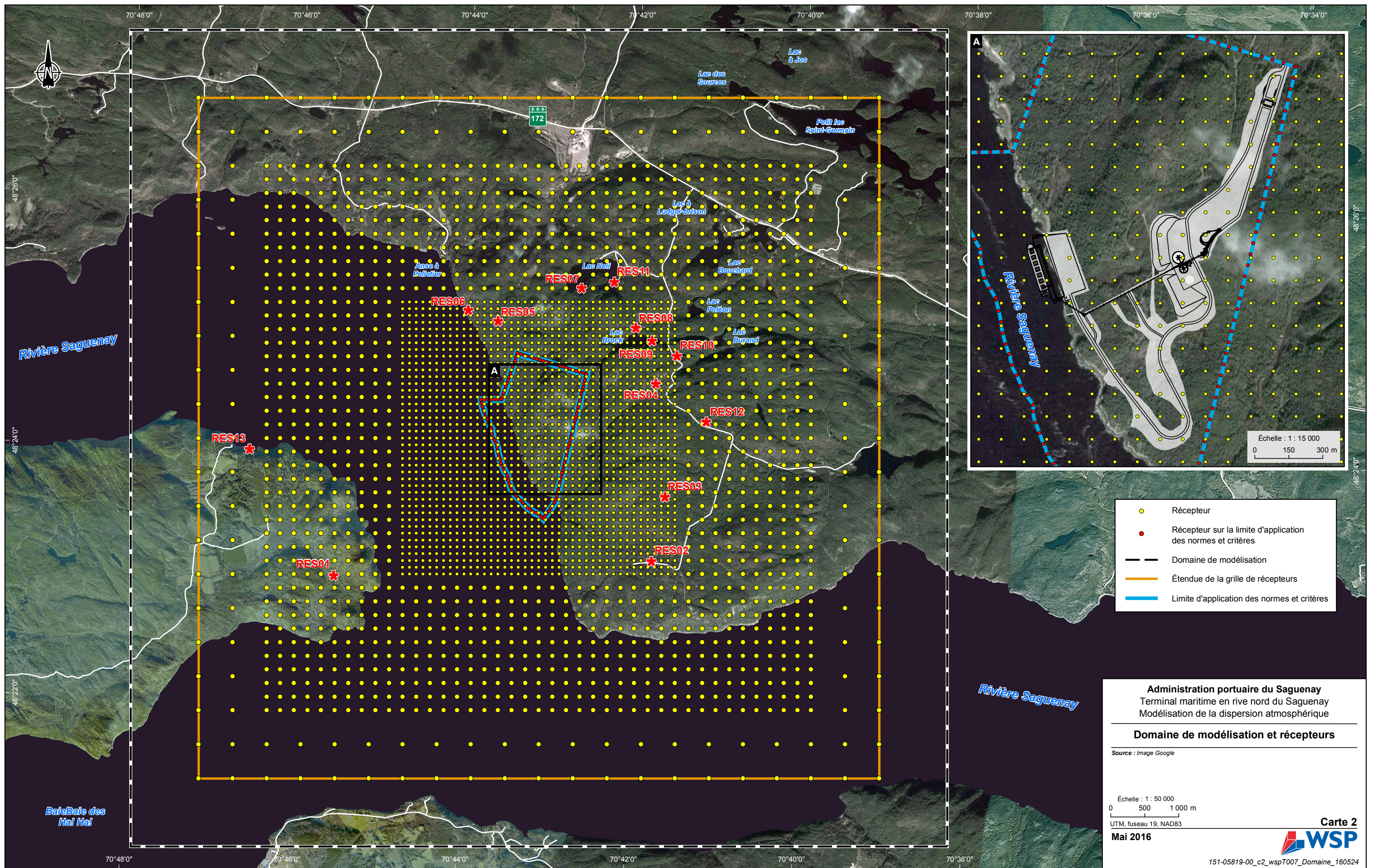
Échelle : 1 : 500 000  
 0 5 10 km  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**Carte 1**

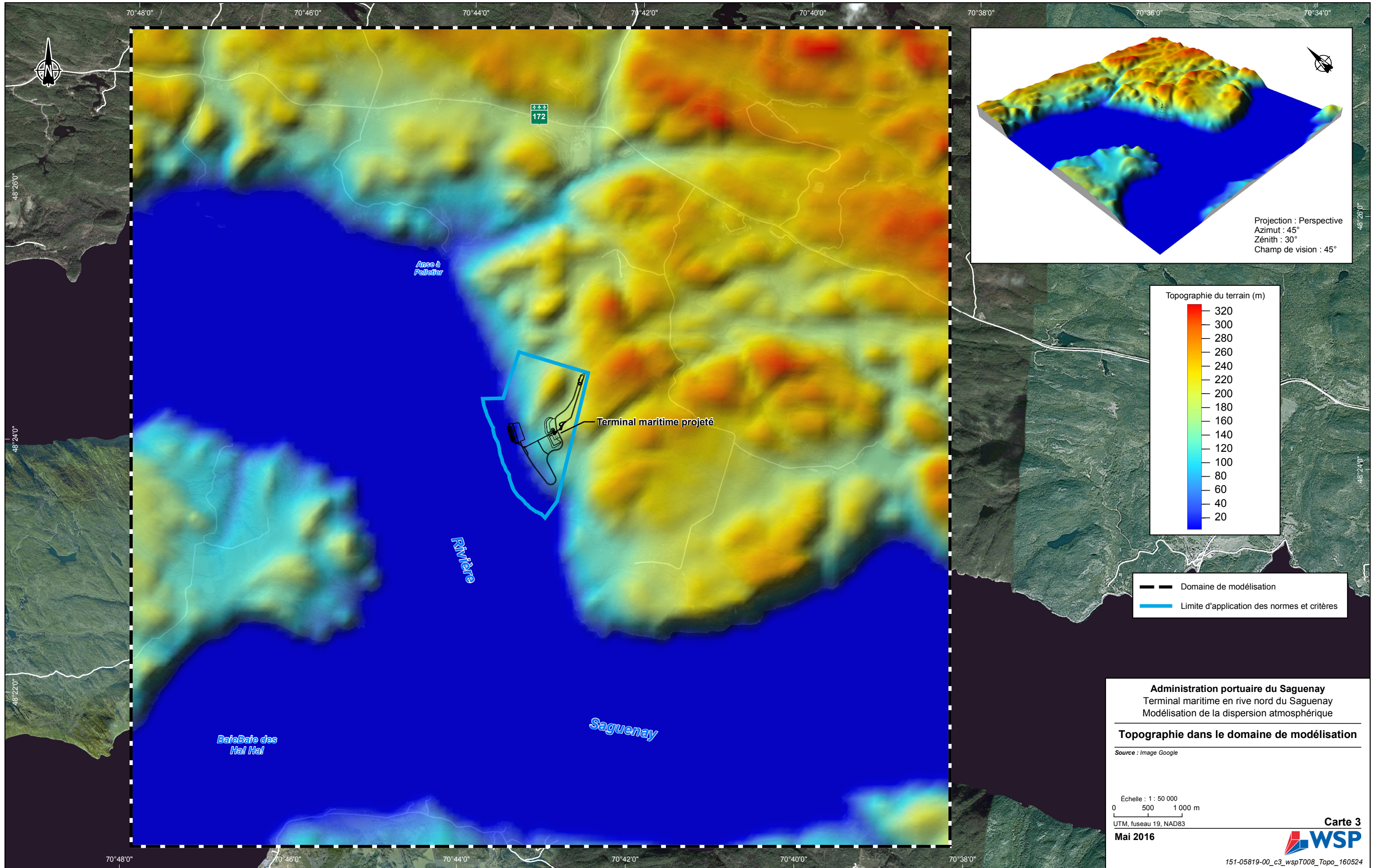
Mai 2016



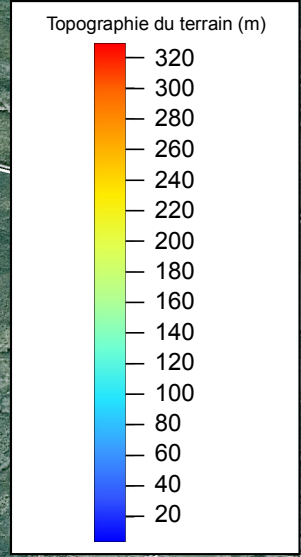








Projection : Perspective  
 Azimut : 45°  
 Zénith : 30°  
 Champ de vision : 45°



- Domaine de modélisation
- Limite d'application des normes et critères

**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Topographie dans le domaine de modélisation**

Source : Image Google

Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

Mai 2016







Milieu bâti	
11	Résidentiel
12	Commercial et services
13	Industriel
14	Transport, communications and services publics
15	Complexes industriels et commerciaux
16	Milieu bâti mixte
17	Autre milieu bâti
Milieu agricole	
21	Terres cultivées et pâturages
22	Vergers, zones horticoles ornementales, vignobles, pépinières
23	Agro alimentation en milieu clos
24	Autre milieu agricole
Milieu ouvert / Prairies	
31	Milieu ouvert herbacé
32	Milieu ouvert avec arbustes
33	Milieu ouvert mixte
Milieu forestier	
41	Forêt de feuillus
42	Forêt de conifères
43	Milieu forestier mixte
Milieu aquatique	
51	Cours d'eau et rivières
52	Lacs
53	Réservoirs
54	Baies et estuaires
55	Mers et océans
Milieu humide	
61	Milieu humide forestier
62	Milieu humide non forestier
Milieu aride	
71	Désert de sel
72	Plages
73	Zones sableuses autres que des plages
74	Roches exposées
75	Zones minières, carrières et gravières
76	Zones transitionnelles
77	Milieu aride mixtes
Toundra	
81	Toundra avec arbustes
82	Toundra herbacée
83	Sol nu
84	Toundra humide
85	Toundra mixte
Neiges éternelles et glaciers	
91	Neiges éternelles
92	Glaciers
Autre	
	Non défini

— — — — — Domaine de modélisation

**Administration portuaire du Saguenay**  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Modélisation de la dispersion atmosphérique

---

**Catégories d'utilisation du sol  
dans le domaine de modélisation**

Source : Image Google

Échelle : 1 : 50 000  
0 500 1 000 m

UTM, fuseau 19, NAD83

**Mai 2016**

**Carte 4**  
**WSP**

151-05819-00\_c4\_wspT009\_Utilisation\_160524



Nom	Sources ponctuelles
fbc_001	Dépoussiéreur - Déchargement des camions
fbc_002	Dépoussiéreur - Silos d'entreposage 1
fbc_003	Dépoussiéreur - Silos d'entreposage 2
fbc_007	Dépoussiéreur - Convoyeur vers le quai
tpdc	Dépoussiéreur - Quai
dcf	Dépoussiéreur - Système de chargement des navires 1
trip	Dépoussiéreur - Système de chargement des navires 2
shipex	Génératrice du bateau (gaz d'échappement)
Nom	Source surfacique
cale	Ouverture de la cale du bateau
Segment	Sources volumiques
P1_P5	Segment de routage - sources r001 à r019
P5_P2	Segment de routage - sources r020 à r024
P2_P3	Segment de routage - sources r025 à r028
P2_P4	Segment de routage - sources r029 à r031
P3_P5	Segment de routage - sources r032 à r034
P4_P5	Segment de routage - sources r035 à r038
P1_P5	Gaz d'échappement du routage - sources r001x à r019x
P5_P2	Gaz d'échappement du routage - sources r020x à r024x
P2_P3	Gaz d'échappement du routage - sources r025x à r028x
P2_P4	Gaz d'échappement du routage - sources r029x à r031x
P3_P5	Gaz d'échappement du routage - sources r032x à r034x
P4_P5	Gaz d'échappement du routage - sources r035x à r038x

— Limite d'application des normes et critères

● Extrémité de segment de routage

**Sources ponctuelles**

● Dépoussiéreur

● Génératrice

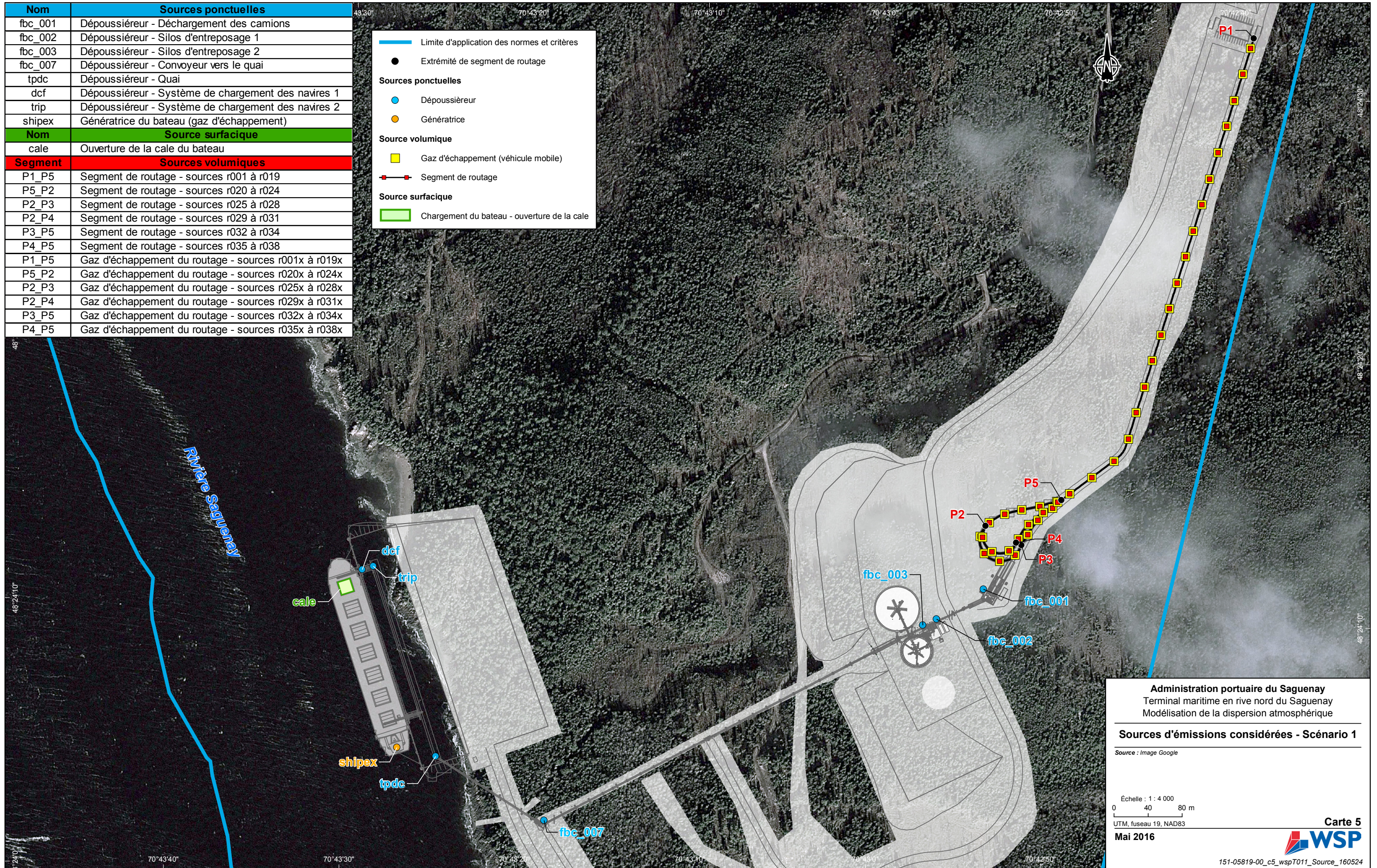
**Source volumique**

■ Gaz d'échappement (véhicule mobile)

— Segment de routage

**Source surfacique**

■ Chargement du bateau - ouverture de la cale



Administration portuaire du Saguenay  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Sources d'émissions considérées - Scénario 1**

Source : Image Google

Échelle : 1 : 4 000  
0 40 80 m

UTM, fuseau 19, NAD83

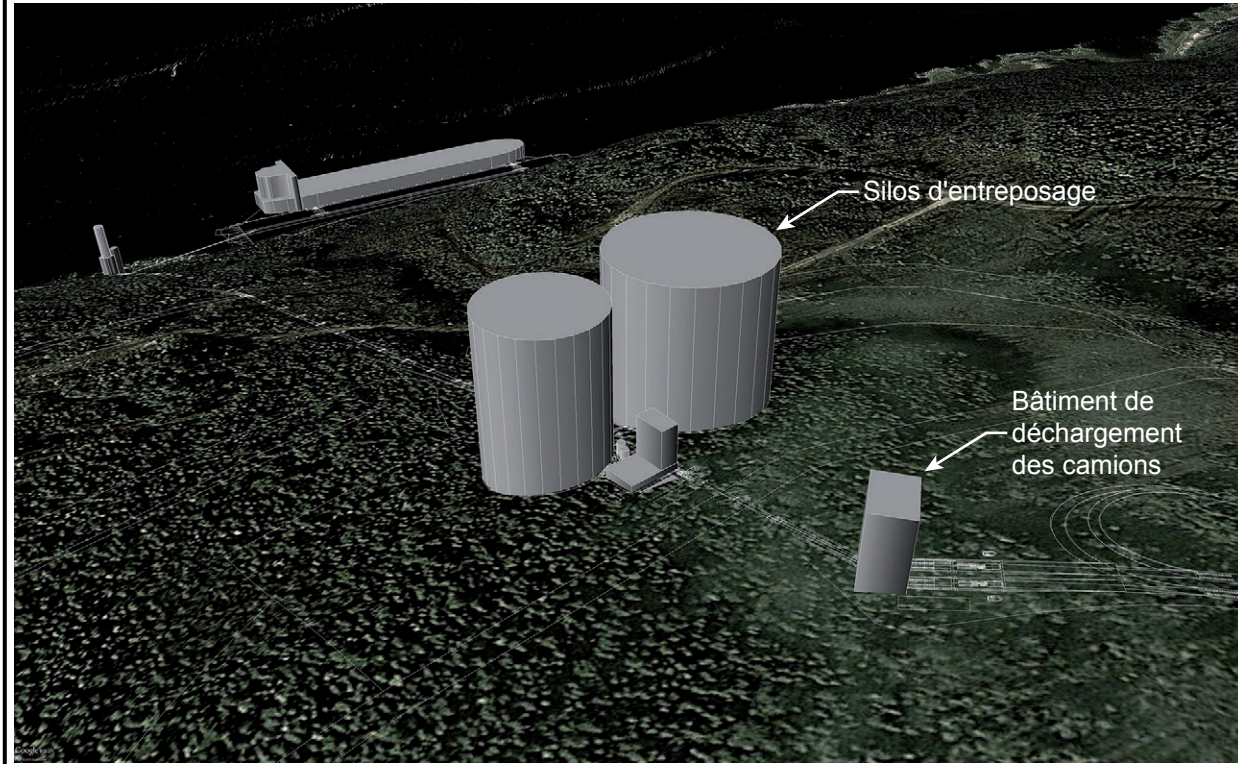
Mai 2016

Carte 5  
**WSP**

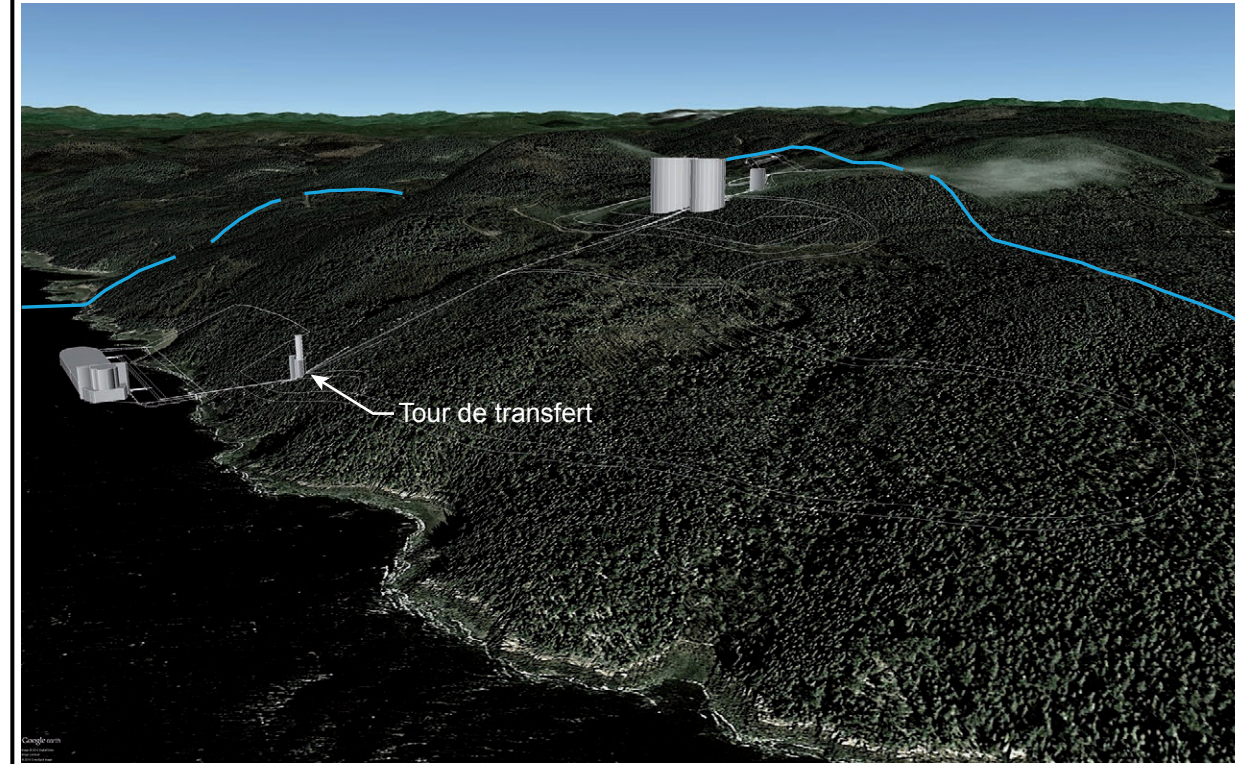
151-05819-00\_c5\_wspT011\_Source\_160524



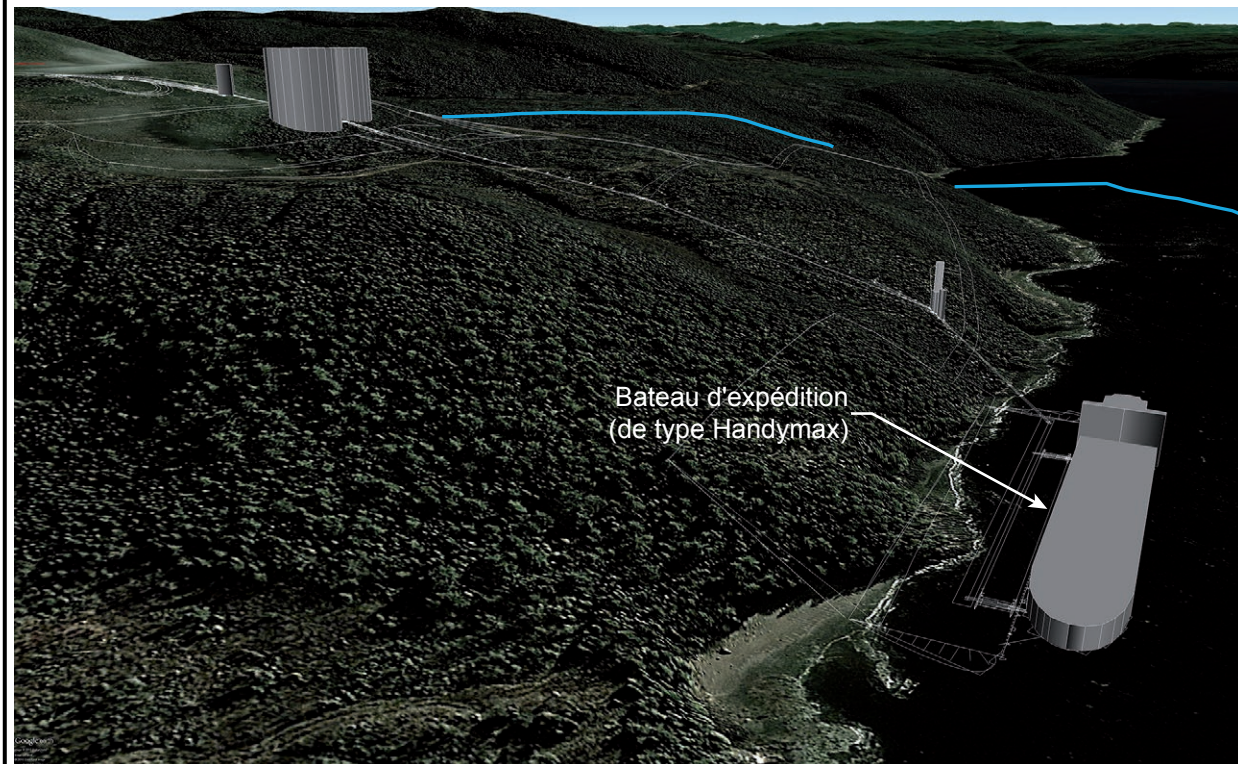
Vue vers l'ouest



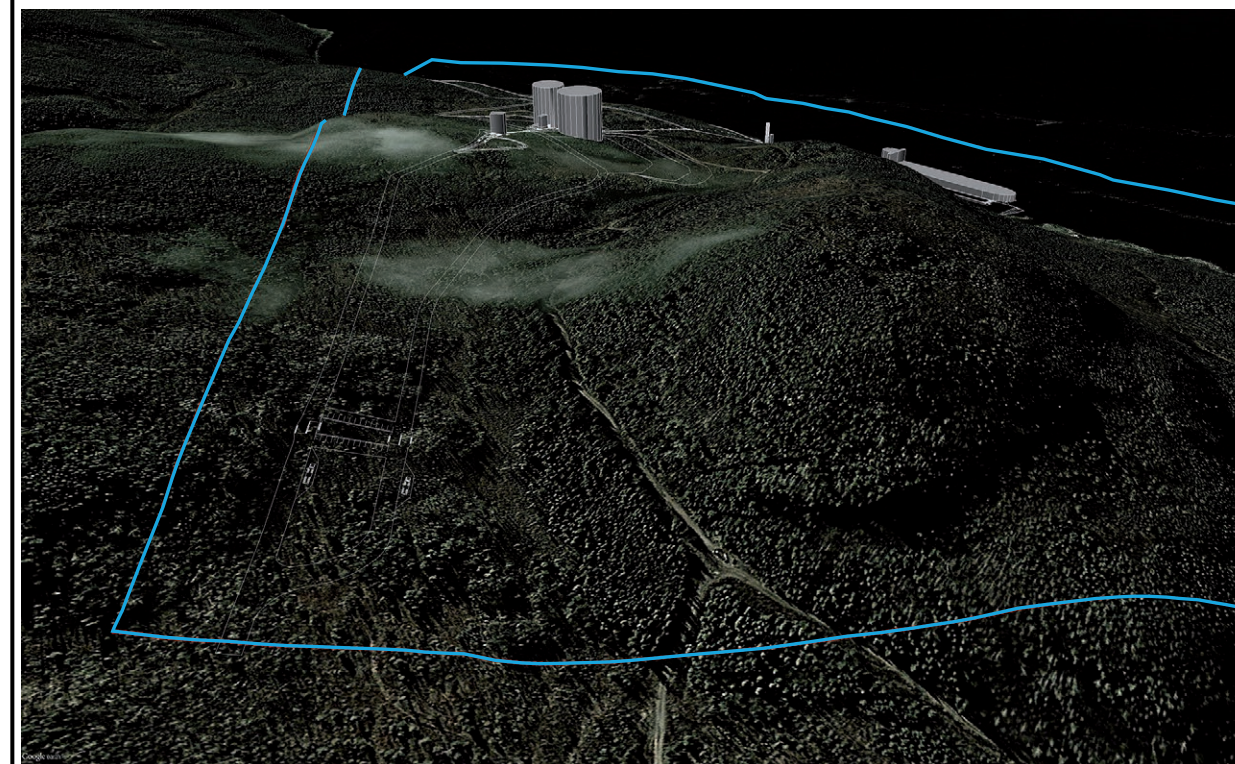
Vue vers le nord



Vue vers le sud



Vue vers le sud est



— Limite d'application  
des normes et critères

Administration portuaire du Saguenay  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Modélisation de la dispersion atmosphérique

Vue en 3D des bâtiments

Source : Batiment 3D, WSP

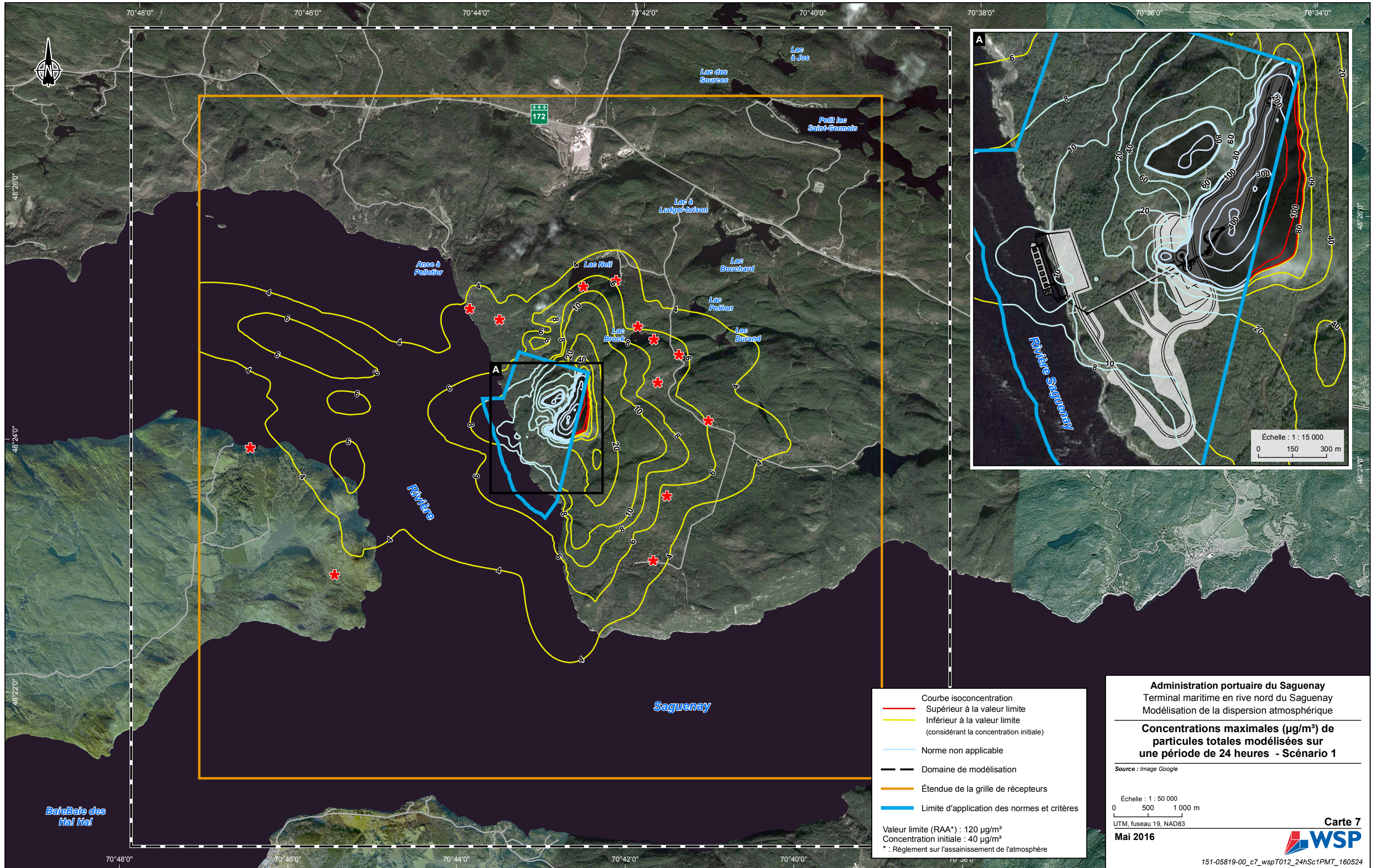
Mai 2016

Carte 6



151-05819-00\_c6\_wspT010\_Batiments\_160524.ai





Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (RAA\*) : 120 µg/m³  
 Concentration initiale : 40 µg/m³  
 \* : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère

**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Concentrations maximales (µg/m³) de  
 particules totales modélisées sur  
 une période de 24 heures - Scénario 1**

Source : Image Google

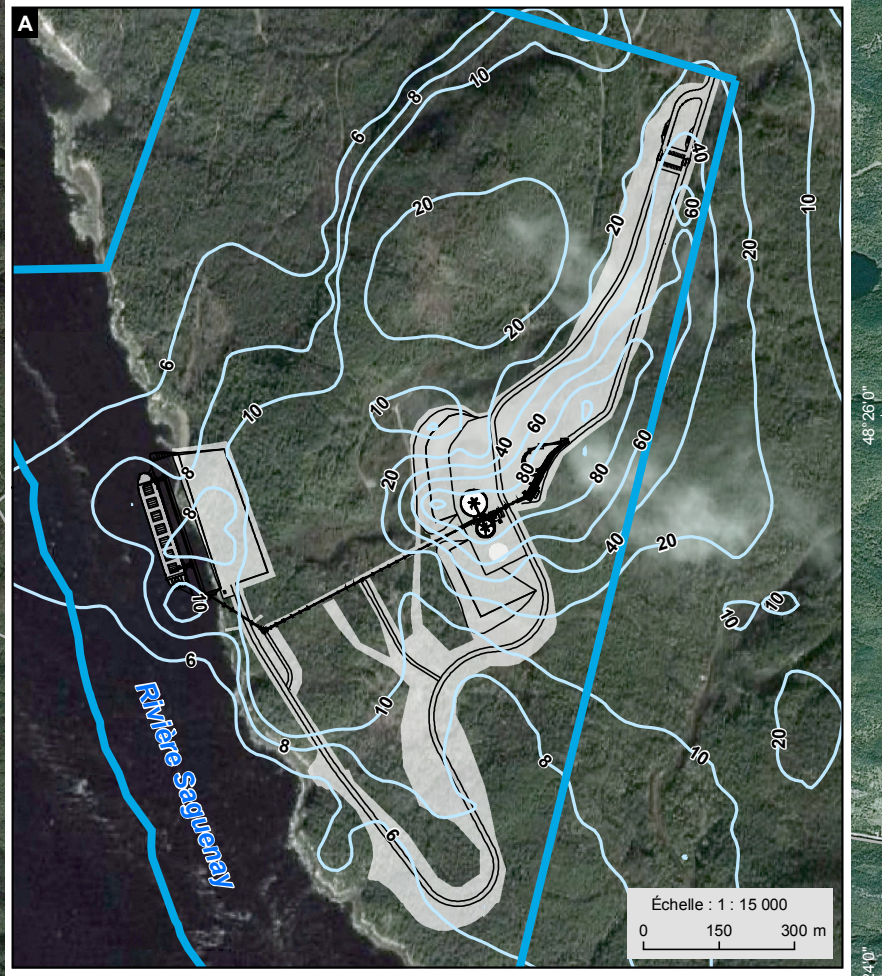
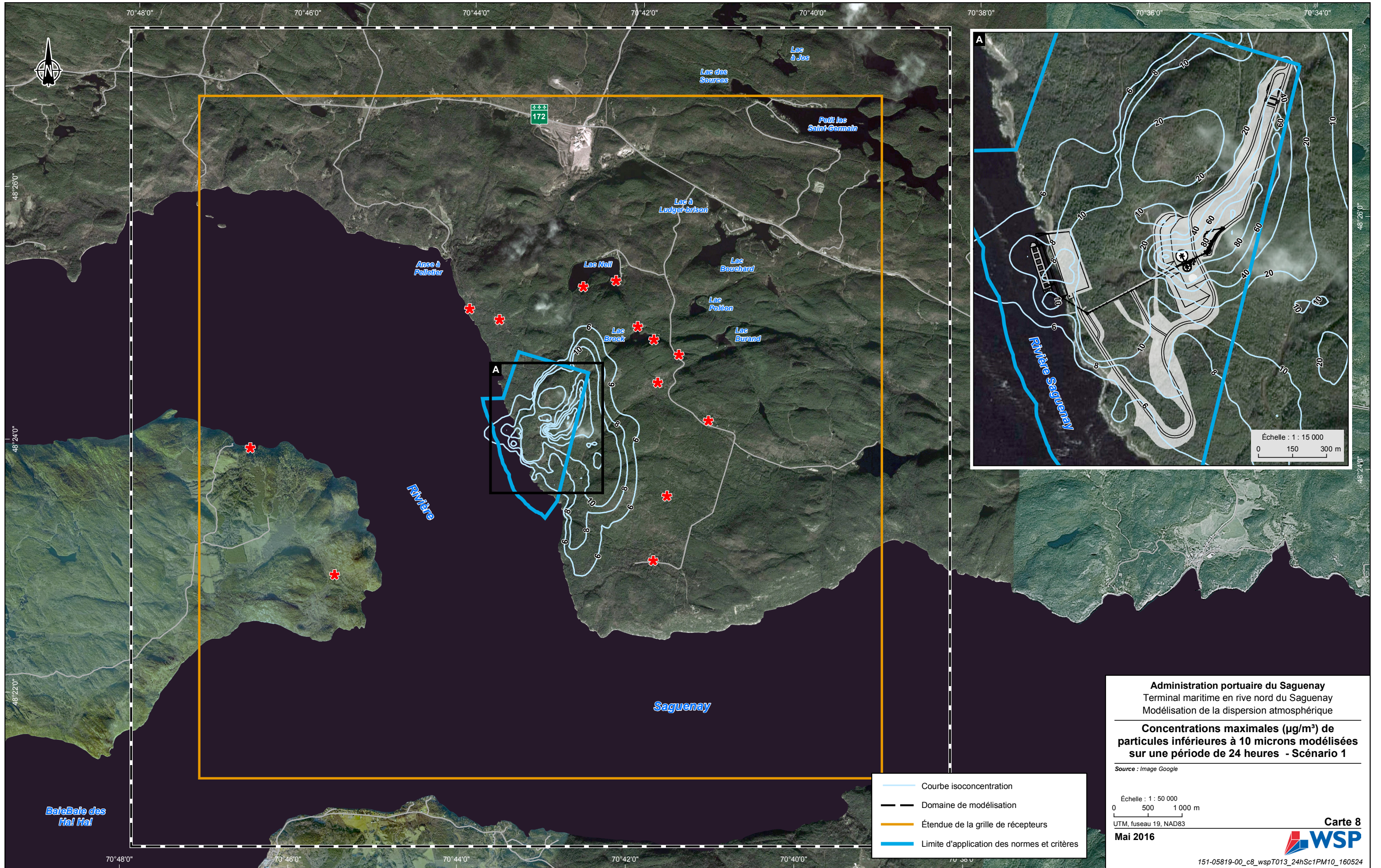
Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**Mai 2016**

**Carte 7**

151-05819-00\_c7\_wspT012\_24hSc1PMT\_160524






Administration portuaire du Saguenay  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Concentrations maximales ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de  
 particules inférieures à 10 microns modélisées  
 sur une période de 24 heures - Scénario 1**

Source : Image Google

Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

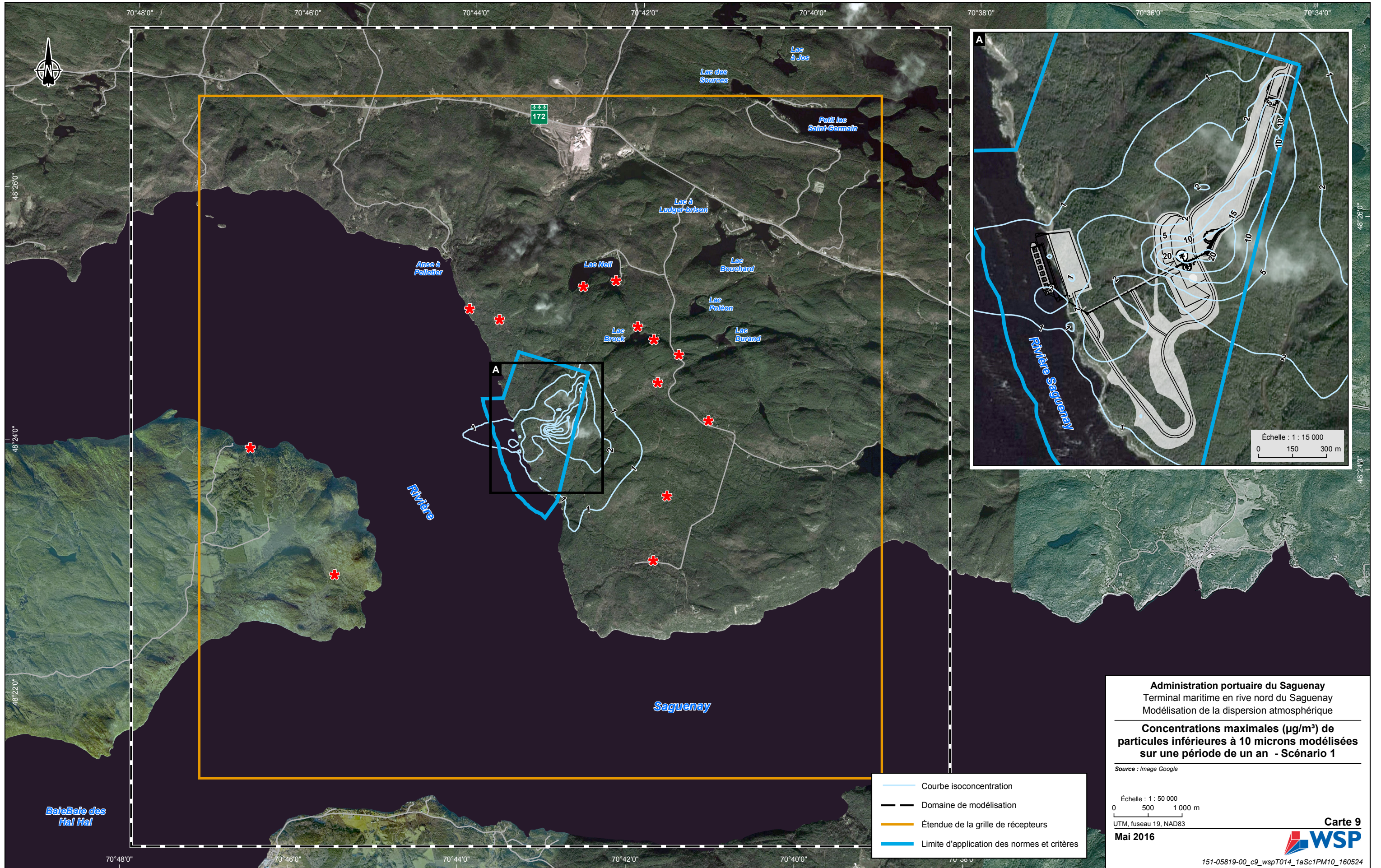
**Mai 2016**

Carte 8  


151-05819-00\_c8\_wspT013\_24hSc1PM10\_160524

- Courbe isoconcentration
- Domaine de modélisation
- Étendue de la grille de récepteurs
- Limite d'application des normes et critères





70°48'0" 70°46'0" 70°44'0" 70°42'0" 70°40'0" 70°38'0" 70°36'0" 70°34'0"

48°26'0" 48°24'0" 48°22'0"

48°26'0" 48°24'0"

70°48'0" 70°46'0" 70°44'0" 70°42'0" 70°40'0"

Baie des Ha! Ha!

Saguenay

Rivière

Rivière Saguenay

Lac des Sources

Lac à Jos

Petit lac Saint-Germain

Lac à Ludger-Brison

Lac Boucard

Lac Poisson

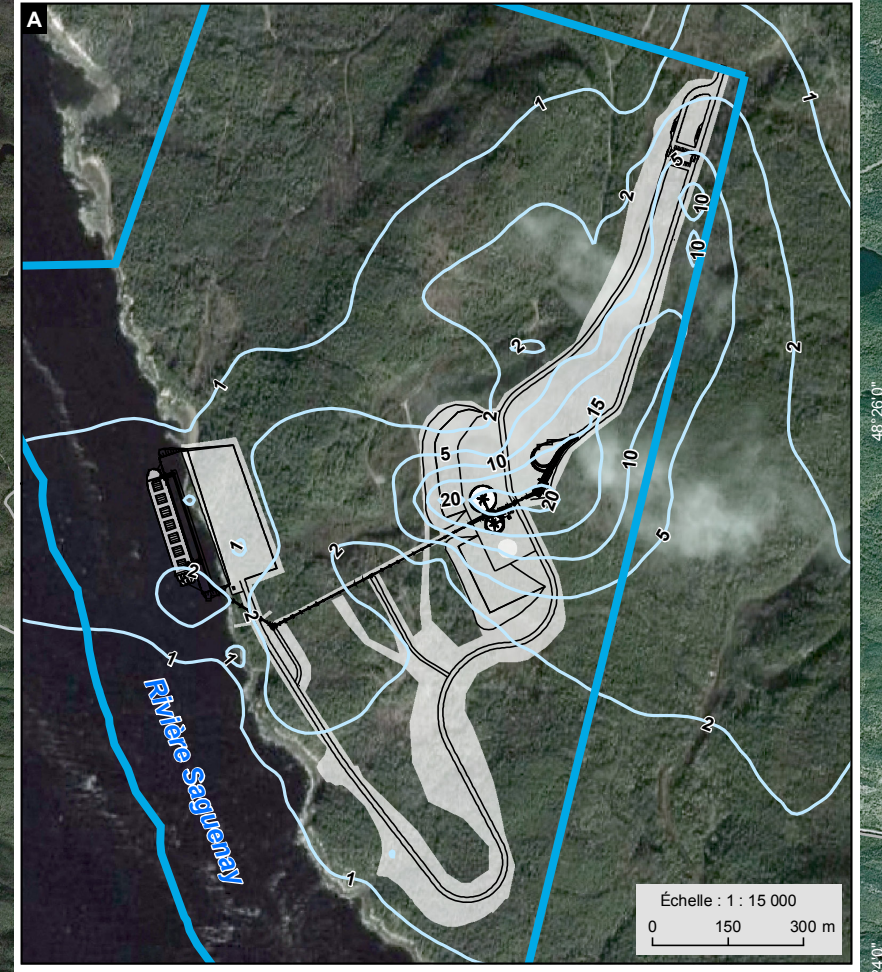
Lac Durand

Lac Neill

Lac Brock

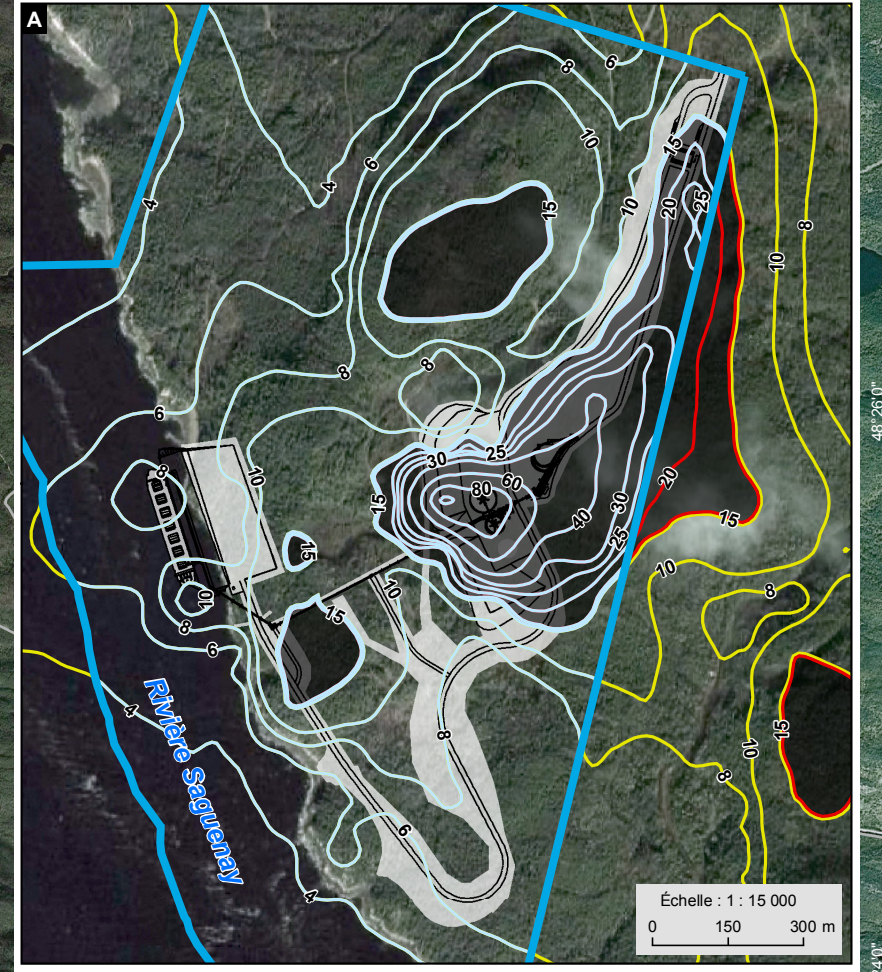
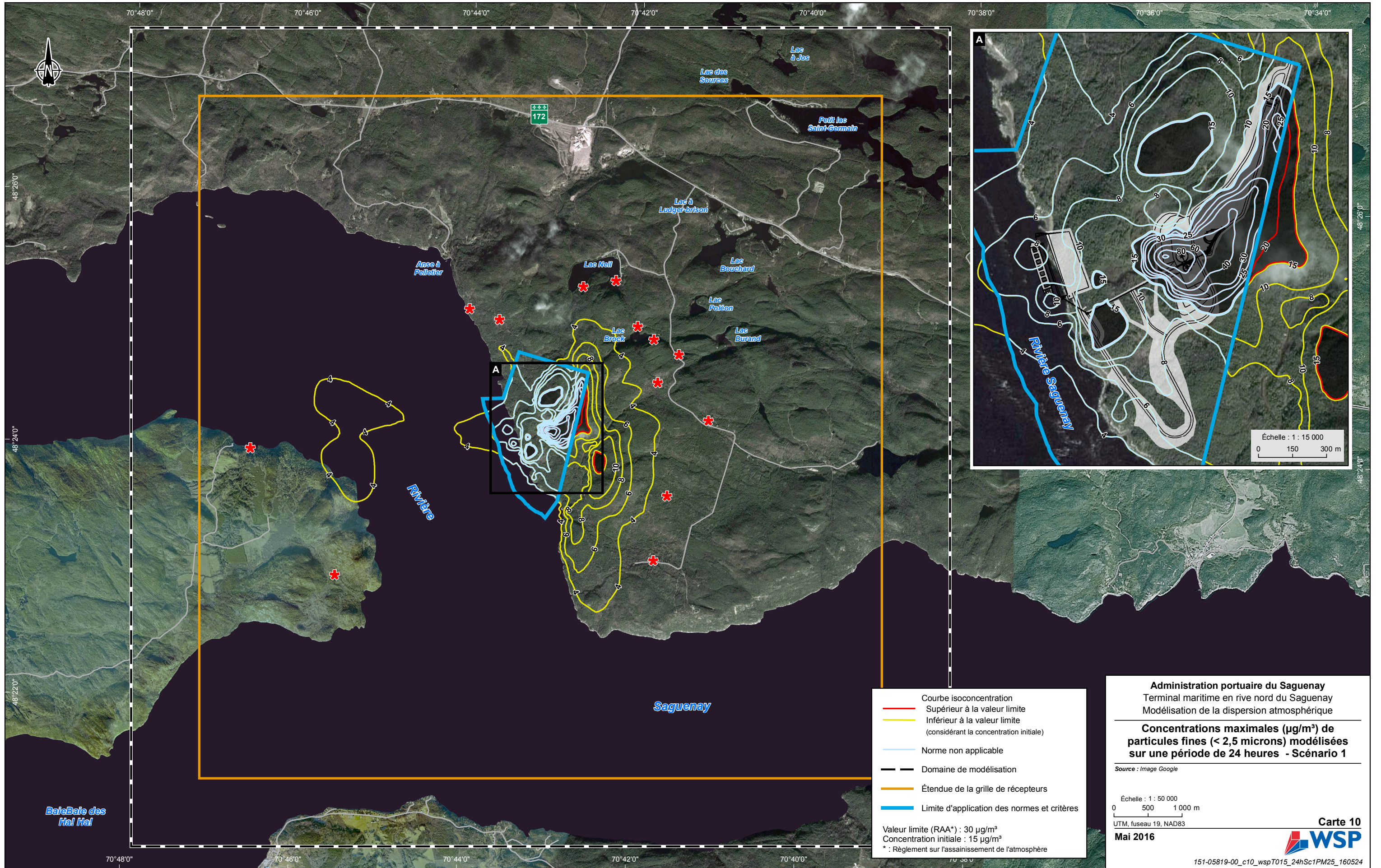
Anse à Pallatier

172



Échelle : 1 : 15 000  
0 150 300 m





Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (RAA\*) : 30 µg/m<sup>3</sup>  
 Concentration initiale : 15 µg/m<sup>3</sup>  
 \* : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère

**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Concentrations maximales (µg/m<sup>3</sup>) de  
 particules fines (< 2,5 microns) modélisées  
 sur une période de 24 heures - Scénario 1**

Source : Image Google

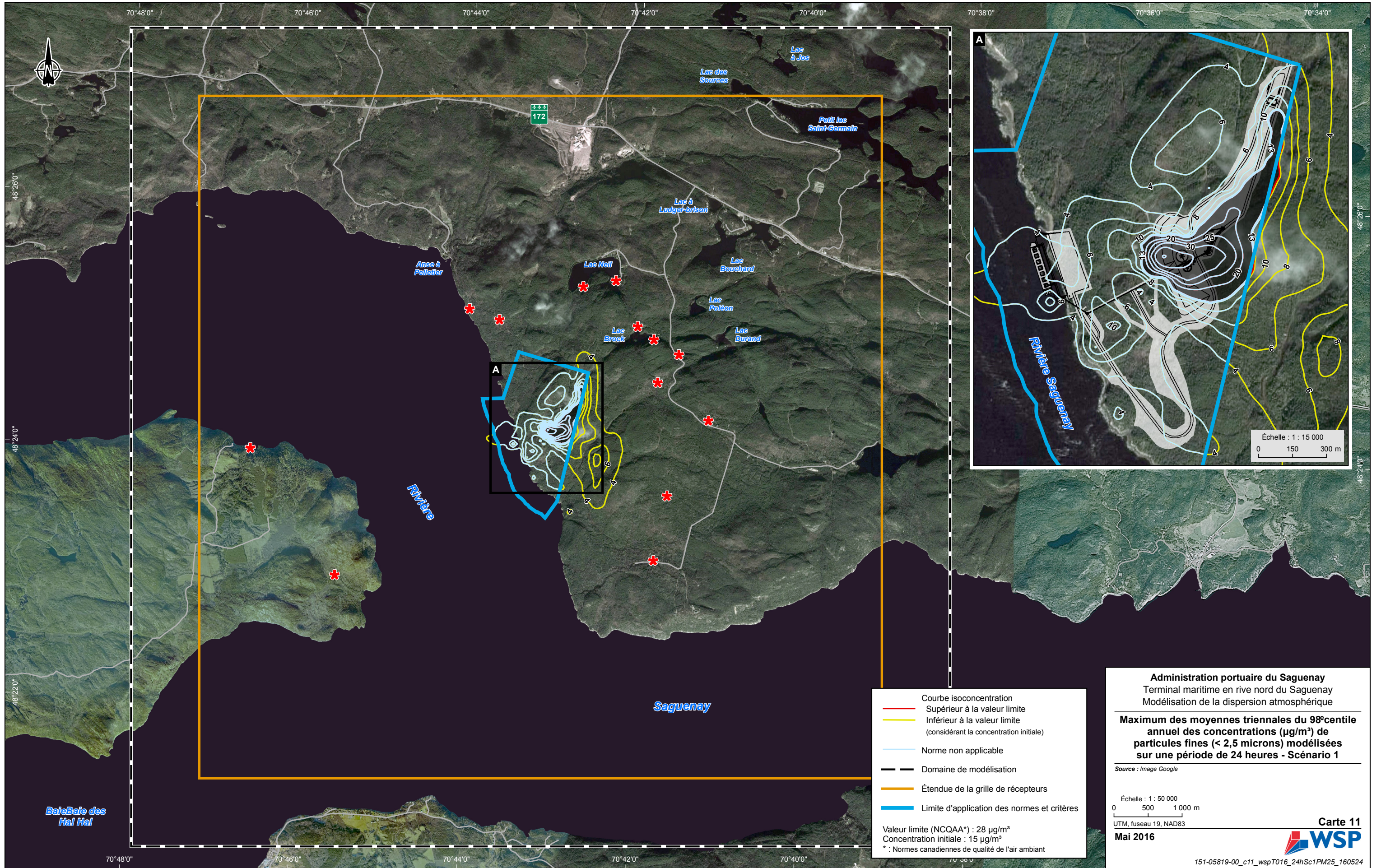
Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**Mai 2016**

**Carte 10**

151-05819-00\_c10\_wspT015\_24hSc1PM25\_160524





Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (NCQAA\*) : 28 µg/m³  
 Concentration initiale : 15 µg/m³  
 \* : Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant

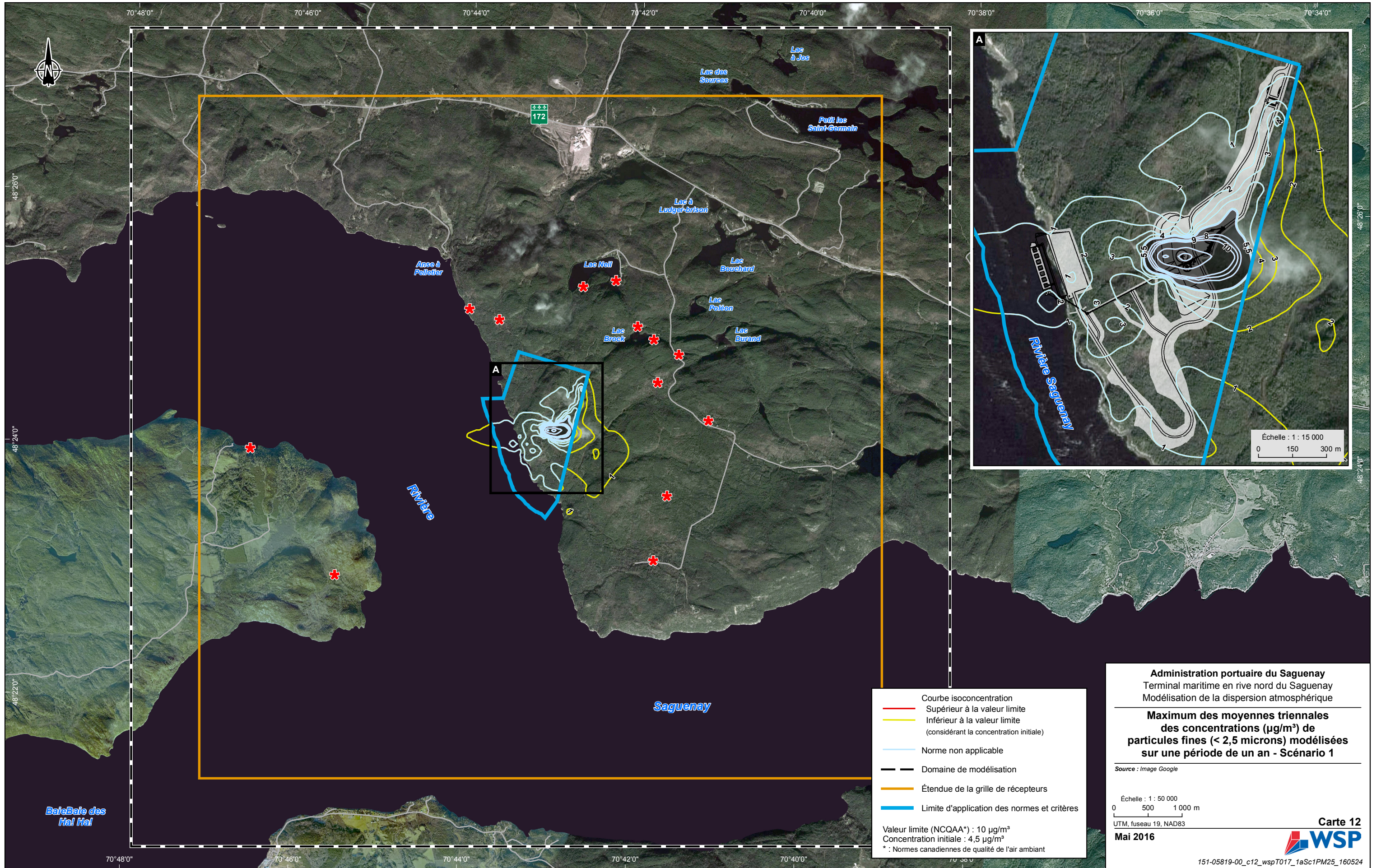
**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Maximum des moyennes triennales du 98<sup>e</sup> centile  
 annuel des concentrations (µg/m³) de  
 particules fines (< 2,5 microns) modélisées  
 sur une période de 24 heures - Scénario 1**

Source : Image Google  
 Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83  
 Mai 2016







Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (NCQAA\*) : 10 µg/m³  
 Concentration initiale : 4,5 µg/m³  
 \* : Normes canadiennes de qualité de l'air ambiant

**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Maximum des moyennes triennales  
 des concentrations (µg/m³) de  
 particules fines (< 2,5 microns) modélisées  
 sur une période de un an - Scénario 1**

Source : Image Google

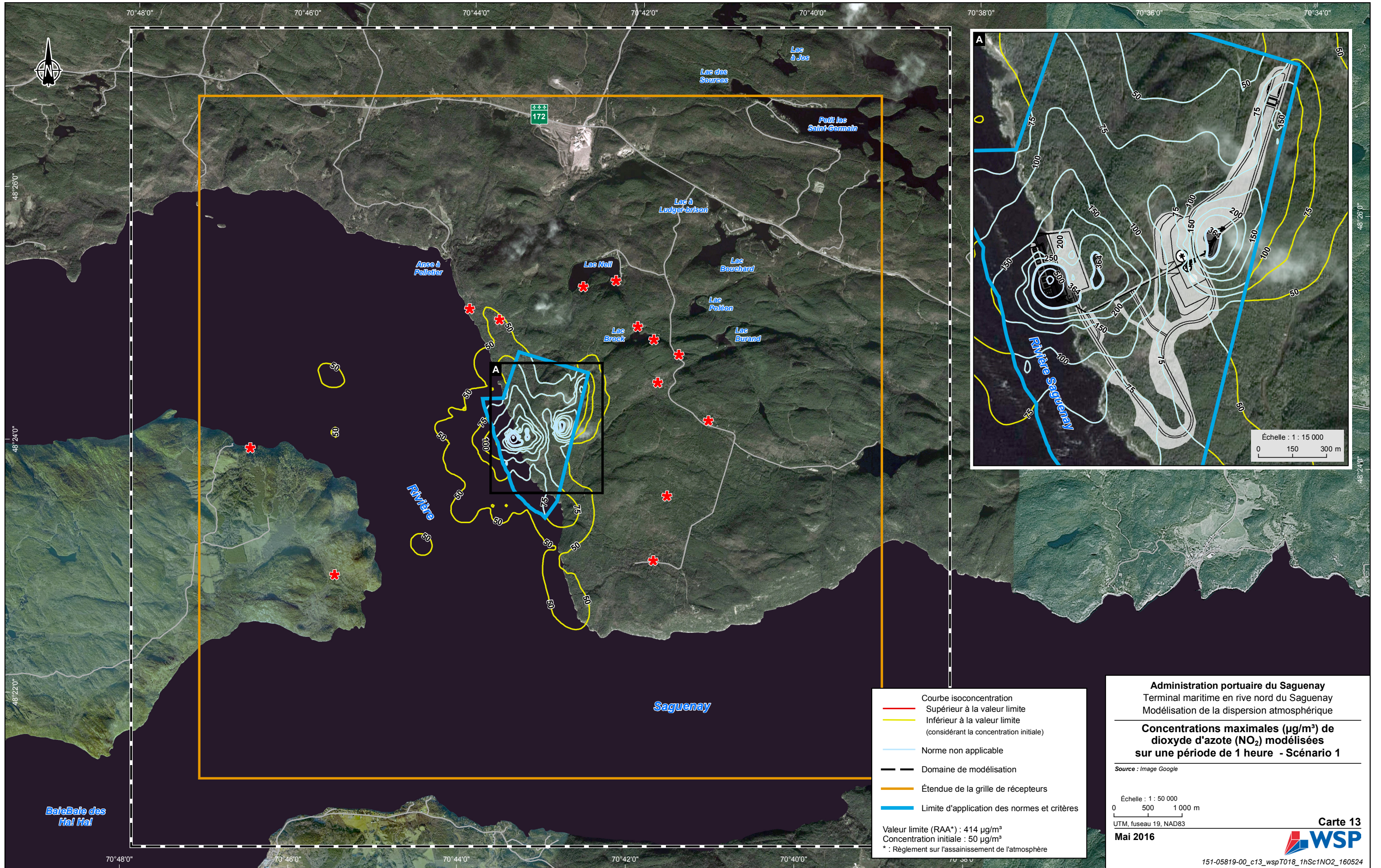
Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**Mai 2016**

**Carte 12**  
**WSP**

151-05819-00\_c12\_wspT017\_1aSc1PM25\_160524





Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (RAA\*) : 414 µg/m³  
 Concentration initiale : 50 µg/m³  
 \* : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère

**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Concentrations maximales (µg/m³) de  
 dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) modélisées  
 sur une période de 1 heure - Scénario 1**

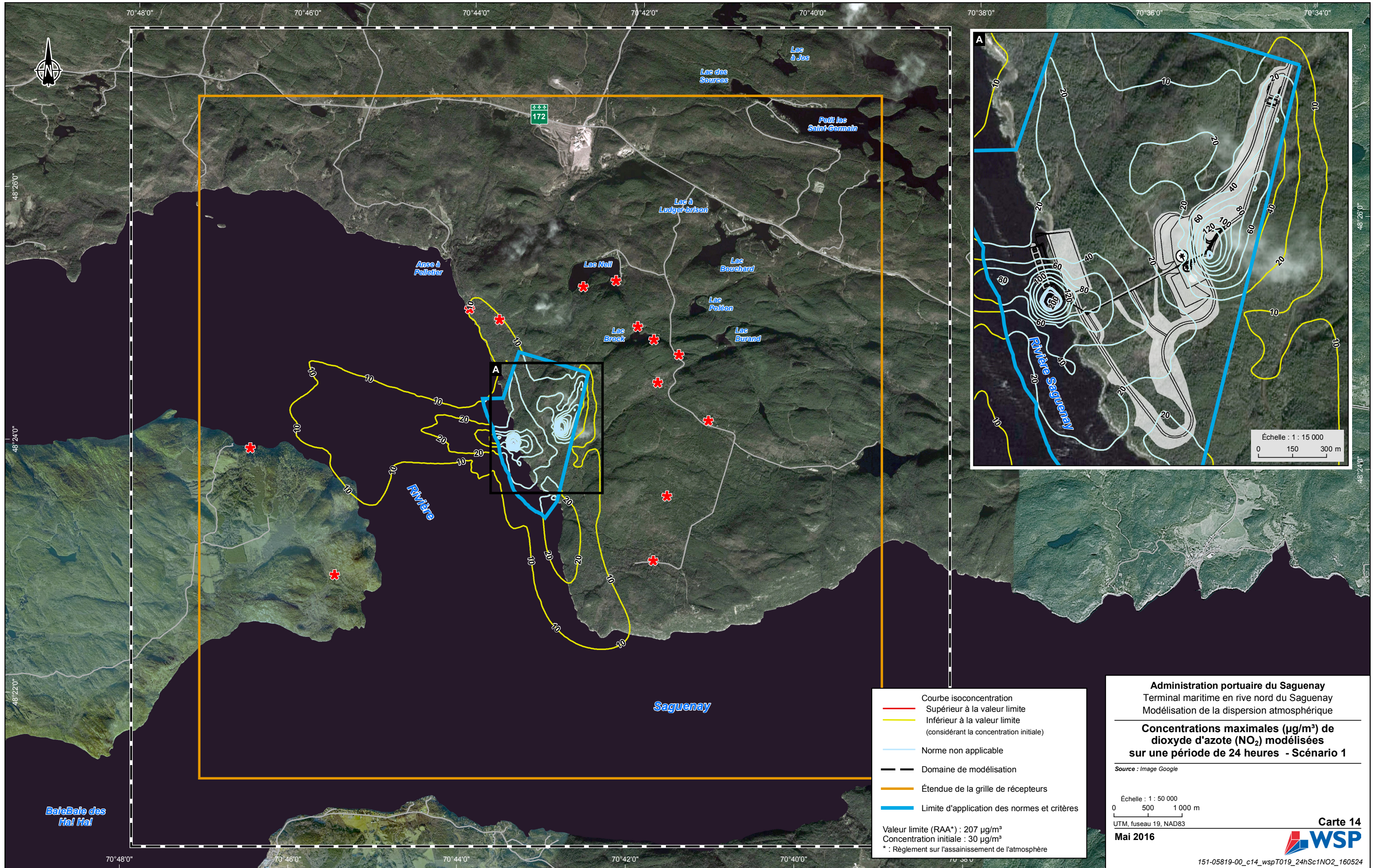
Source : Image Google

Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**Mai 2016**

**Carte 13**  
**WSP**  
 151-05819-00\_c13\_wspT018\_1hSc1NO2\_160524





Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (RAA\*) : 207 µg/m³  
 Concentration initiale : 30 µg/m³  
 \* : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère

**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique

**Concentrations maximales (µg/m³) de  
 dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) modélisées  
 sur une période de 24 heures - Scénario 1**

Source : Image Google

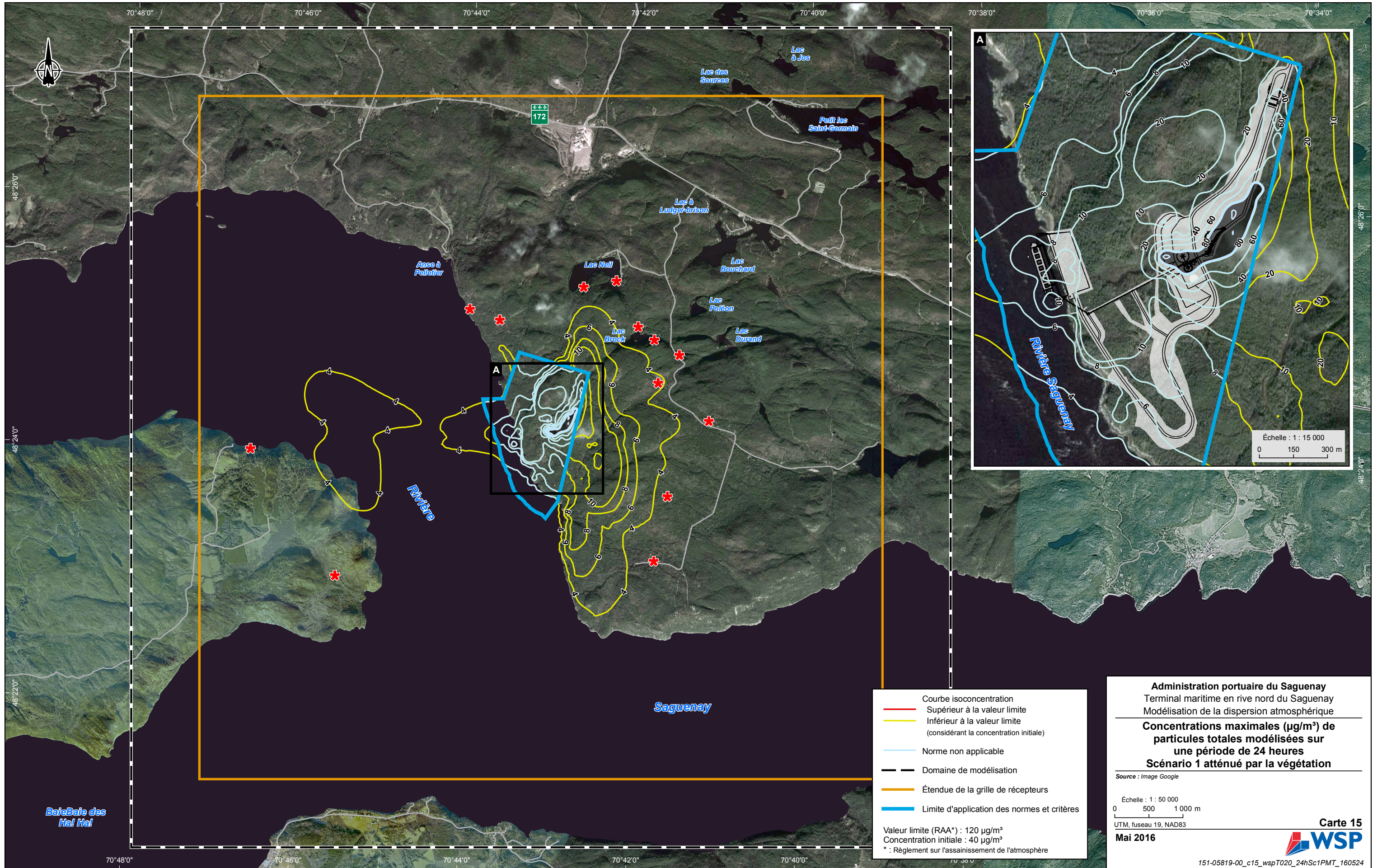
Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83

**Mai 2016**

**Carte 14**  
**WSP**

151-05819-00\_c14\_wspT019\_24hSc1NO2\_160524





Courbe isoconcentration  
 — Supérieur à la valeur limite  
 — Inférieur à la valeur limite  
 (considérant la concentration initiale)  
 — Norme non applicable  
 — Domaine de modélisation  
 — Étendue de la grille de récepteurs  
 — Limite d'application des normes et critères

Valeur limite (RAA\*) : 120 µg/m³  
 Concentration initiale : 40 µg/m³  
 \* : Règlement sur l'assainissement de l'atmosphère

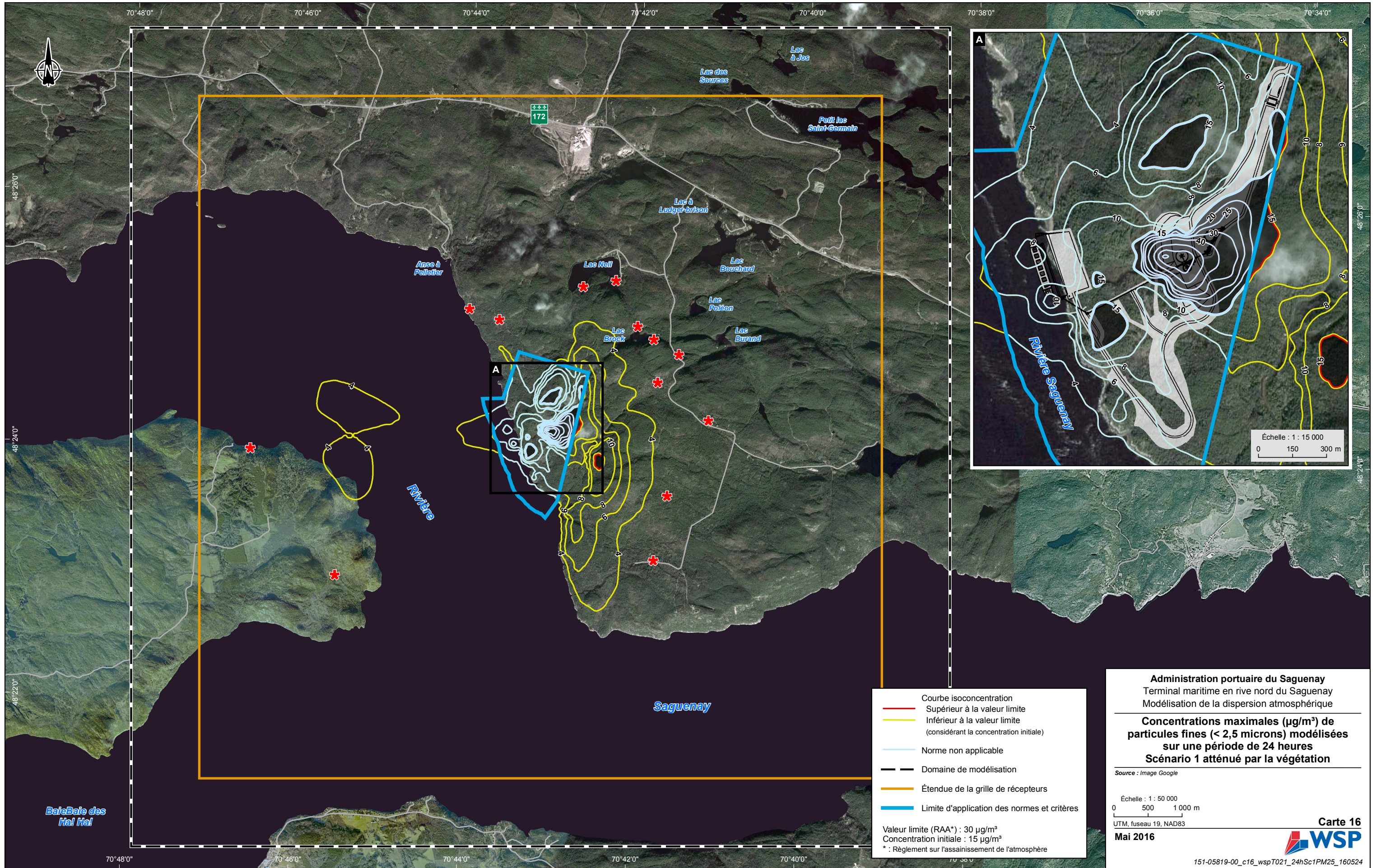
**Administration portuaire du Saguenay**  
 Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Modélisation de la dispersion atmosphérique  
**Concentrations maximales (µg/m³) de  
 particules totales modélisées sur  
 une période de 24 heures**  
**Scénario 1 atténué par la végétation**

Source : Image Google  
 Échelle : 1 : 50 000  
 0 500 1 000 m  
 UTM, fuseau 19, NAD83  
**Mai 2016**

Carte 15

151-05819-00\_c15\_wspT020\_24hSc1PMT\_160524







## **Étude sectorielle n° 3 : Étude sur le dynamitage**



ADMINISTRATION PORTUAIRE DU SAGUENAY

# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

ÉTUDE SUR LE DYNAMITAGE

MAI 2016



# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

ÉTUDE SUR LE DYNAMITAGE

**Administration portuaire du Saguenay**

## **Version finale**

Projet n° : 151-05819-00

Date : Mai 2016

---

## **WSP Canada Inc.**

1600, boul. René-Lévesque Ouest  
Montréal (Québec) H3H 1P9

Téléphone : +1 514-343-0773

Télécopieur : +1 514-340-1337

**[www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com)**

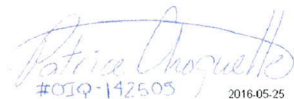




---

# SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



#01Q-142505 2016-05-25

---

Patrice Choquette, ing., M. Sc. A.  
Chef d'équipe – Acoustique et vibrations

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.

**Référence à citer :**

---

WSP. 2016. *Terminal maritime en rive nord du Saguenay. Étude sur le dynamitage*. Rapport produit pour Administration portuaire du Saguenay. 19 p.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	CONTEXTE .....	1
1.2	MÉTHODOLOGIE .....	1
<b>2</b>	<b>CRITÈRES APPLICABLES.....</b>	<b>3</b>
2.1	LE UNITED-STATES BUREAU OF MINES .....	3
2.2	SURPRESSIONS D'AIR .....	3
2.3	PROJECTION DE ROCHE .....	4
2.4	MAMMIFÈRES MARINS.....	4
<b>3</b>	<b>HABITATIONS LES PLUS RAPPROCHÉES.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>INFLUENCE DU CLIMAT SUR LE BRUIT .....</b>	<b>9</b>
4.1	GRADIENT DE TEMPÉRATURE (INVERSIONS THERMIQUES).....	9
4.2	VENTS .....	9
<b>5</b>	<b>EFFET SUR LE MILIEU HUMAIN .....</b>	<b>11</b>
5.1	VIBRATIONS.....	11
5.2	ÉVALUATION DES SURPRESSIONS .....	12
5.3	PROJECTION DE ROCHES.....	14
<b>6</b>	<b>EFFET SUR LES MAMMIFÈRES MARINS.....</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSION.....</b>	<b>19</b>

## TABLEAUX

TABLEAU 1.	CRITÈRES VIBRATOIRES DE L'USBM .....	3
TABLEAU 2.	VITESSES SISMIQUES MAXIMALES .....	12
TABLEAU 3.	VITESSES SISMIQUES MAXIMALES .....	14
TABLEAU 4.	DISTANCE DE PROJECTION (TROUS DE 3,5 PO) .....	15
TABLEAU 5.	DISTANCE DE RECUIL REQUISE ENTRE LE CENTRE DE DÉTONATION D'UN EXPLOSIF CONFINÉ ET L'HABITAT DU POISSON POUR RESPECTER LE CRITÈRE DE 100 KPA ÉTABLI POUR DIVERS SUBSTRATS .....	17

## FIGURES

FIGURE 1.	POSITIONNEMENT DU PROJET PAR RAPPORT AUX MILIEUX HUMAIN ET MARIN .....	1
FIGURE 2.	HABITATIONS LES PLUS RAPPROCHÉES DE L'EMPREINTE DU QUAI .....	5
FIGURE 3.	EMPLACEMENT DES ZONES À DYNAMITER PAR RAPPORT AU MILIEU MARIN .....	7
FIGURE 4.	IMPACT DU VENT ET DU GRADIENT DE TEMPÉRATURE SUR LA PROPAGATION SONORE .....	9
FIGURE 5.	ROSE DES VENTS .....	10

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 CONTEXTE

Dans le cadre du projet de terminal maritime en rive nord, l'Administration portuaire du Saguenay a fait appel à WSP Canada Inc. (WSP) afin de réaliser une étude sur les activités de dynamitage qui sont associées à la construction du quai et des différentes infrastructures connexes. Le projet se situe près de la rivière Saguenay à la hauteur du cours d'eau Le Petit-Claude.



Figure 1. Positionnement du projet par rapport aux milieux humain et marin

L'objet principal du présent rapport consiste à évaluer, de manière théorique, les répercussions des activités de sautage (vibration, surpression d'air et projection de roche) sur les résidences les plus rapprochées, et ce, de manière à pouvoir fournir des recommandations afin de minimiser ces répercussions sur lesdites résidences ainsi que sur la faune.

## 1.2 MÉTHODOLOGIE

Pour mener à bien cette étude, la méthodologie suivante a été suivie :

→ Analyse des phases de construction (positionnement);

- Évaluation des vibrations et des surpressions d'air sur les structures et les humains en fonction d'un ensemble de critères établis;
- Évaluation des projections de roches en fonction des distances d'éloignement des résidences les plus rapprochées;
- Évaluation des répercussions possibles sur le milieu aquatique;
- Identification des mesures d'atténuation nécessaires au respect des critères examinés lors des activités de sautage, le cas échéant.

## 2 CRITÈRES APPLICABLES

### 2.1 LE UNITED-STATES BUREAU OF MINES

Le bureau américain des mines (USBM) a établi des critères de vibrations pour la protection cosmétique des structures et bâtiments<sup>1</sup>. Le tableau 1 présente ces critères et leurs effets.

**Tableau 1. Critères vibratoires de l'USBM**

Vibration (mm/s)	Effet
50,0	Limite sécuritaire pour les structures industrielles
12,7	Limites pour les bâtiments avec fini intérieur (plâtre)
1,5	Critère de confort
0,25	Seuil de détection chez l'humain

### 2.2 SURPRESSIONS D'AIR

Les suppressions d'air peuvent donner lieu à des vibrations sur les structures (comme celles engendrées par le vent), ainsi que des nuisances pour l'être humain. La littérature technique recommande une limite sécuritaire des surpressions d'air de 128 dB<sup>2</sup>. Cette limite permet de conserver l'intégrité des structures et de limiter l'impact des sautages sur le milieu humain.

Précisons que le spectre fréquentiel des surpressions d'air causées par les dynamitages est généralement compris entre 2 et 200 Hz. Toutefois, l'être humain ne peut entendre les bruits générés à des fréquences inférieures à 20 Hz. C'est à partir d'une valeur d'environ 115 dB<sup>2</sup> que les surpressions peuvent commencer à être agaçantes pour l'être humain.

Une exposition à des surpressions d'air entre 120 et 130 dB correspond à un seuil inconfortable, mais les humains peuvent quand même y être exposés pendant une courte durée (sautage typique de quelques secondes).

Lorsque la valeur des surpressions d'air se situe entre 130 et 140 dB, il n'y a en général aucun effet sur les structures. Cependant, la limite à ne pas dépasser pour les bris de fenêtres est de l'ordre de 150 dB et de l'ordre de 180 dB pour les bris structuraux et les dommages permanents à l'oreille.

<sup>1</sup> *Structure response and damage produced by ground vibration from surface blasting*, United-States bureau of Mines, Rapport 8507, 1989, 84 p.

<sup>2</sup> *Technical Basis for Guidelines to Minimise Annoyance due to Blasting Overpressure and Ground Vibration*, ANZECC, Septembre 1990. 6 p.

## 2.3 PROJECTION DE ROCHE

Pour les besoins de la présente étude, les distances de projection de roches ont été évaluées afin d'empêcher toute projection au-delà de ses limites de propriété ou d'empêcher toute projection sur un point d'impact à moins de 250 m d'un sautage (milieu marin).

## 2.4 MAMMIFÈRES MARINS

L'évaluation des répercussions possibles du dynamitage sur les mammifères marins dans la rivière Saguenay est réalisée en conformité avec le guide utilisé par le ministère de Pêches et Océans Canada (MPO)<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> *Lignes directrices concernant l'utilisation d'explosifs à l'intérieur ou à proximité des eaux de pêche canadiennes*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2107, 1998. iv + 34 p.

### 3 HABITATIONS LES PLUS RAPPROCHÉES

La figure 2 présente les habitations les plus rapprochées indiquées par des cercles rouges. Dans le périmètre de cette étude, trois secteurs habités sont à une distance approximative de 1 km des travaux. Ces résidences n'appartiennent pas au promoteur et aucune acquisition n'est prévue.



Figure 2. Habitations les plus rapprochées de l’empreinte du quai

Quant au volet marin, la figure 3 montre sous forme de nuage noir les portions de roc à dynamiter. On peut constater que certaines opérations de dynamitage seront effectuées à quelques mètres du milieu marin.



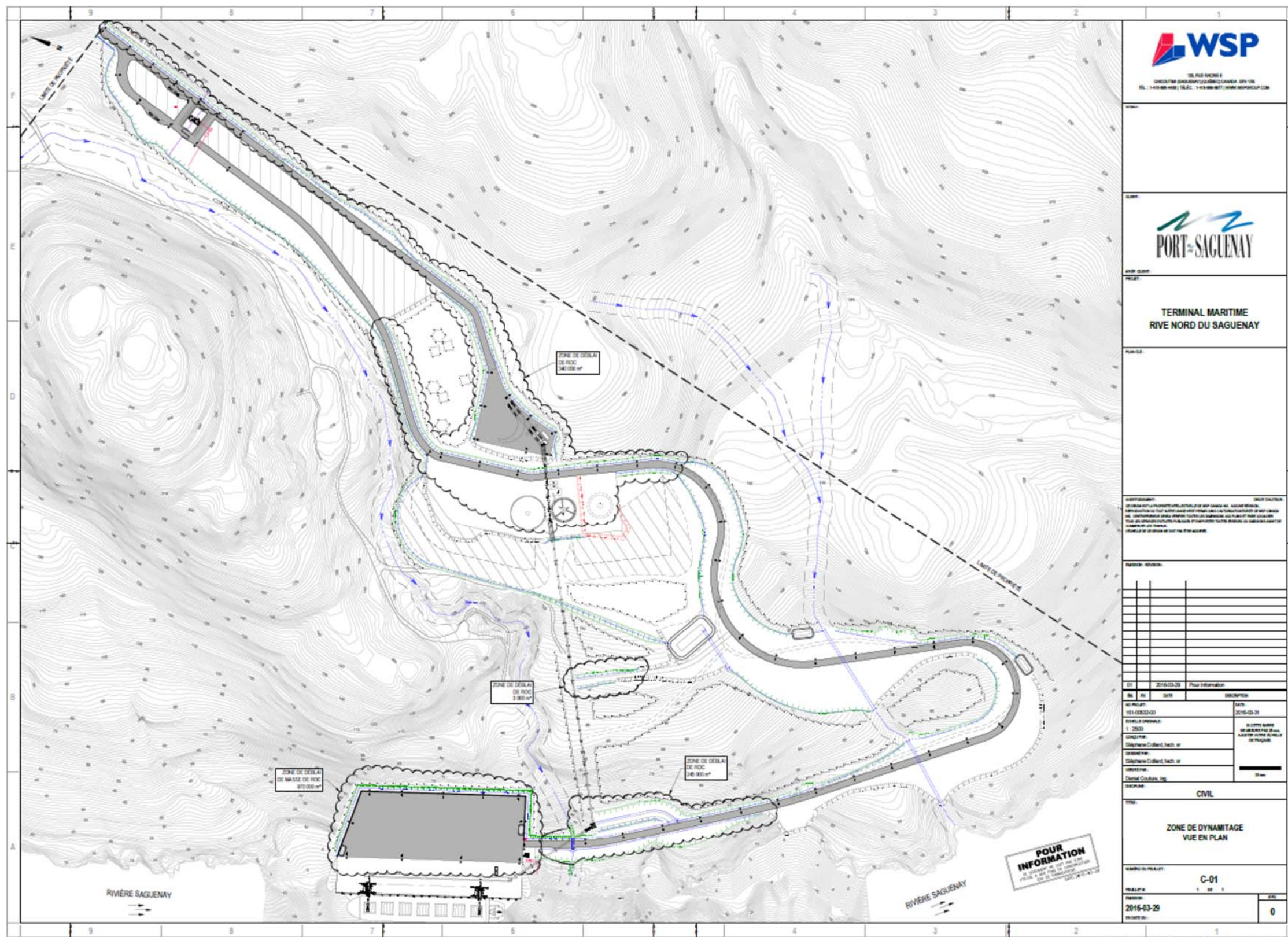


Figure 3. Emplacement des zones à dynamiter par rapport au milieu marin



## 4 INFLUENCE DU CLIMAT SUR LE BRUIT

Les conditions climatiques ont une grande importance en ce qui concerne le bruit : le plafond atmosphérique ainsi que les gradients de température génèrent des variations sur les niveaux sonores de plus de 10 dB par rapport aux valeurs estimées sous des conditions climatiques standards. C'est pourquoi il importe d'étudier la stabilité atmosphérique avant la réalisation d'un dynamitage.

### 4.1 GRADIENT DE TEMPÉRATURE (INVERSIONS THERMIQUES)

Une caractéristique importante du site est qu'il se trouve à proximité d'une masse importante d'eau. L'eau possédant un indice de chaleur massique beaucoup plus important que le sol, sa température reste relativement constante au cours d'une journée. Le sol par contre va varier en température en fonction de la nuit ou du jour. Ceci peut créer non seulement une variation de la direction des vents, mais également des inversions de température : par vents calmes, la température de l'air diminue avec l'altitude. Lorsque des gradients de températures importantes se produisent, il est possible qu'une masse d'air froid se déplace sous une masse d'air chaud, créant ainsi une inversion de température. La propagation du bruit peut alors ressembler au diagramme de droite de la figure 4. Les niveaux sonores sont amplifiés de plusieurs décibels sous ces conditions. Les inversions thermiques se produisent généralement en période estivale et en fin de journée (lorsque le sol a accumulé beaucoup de chaleur).

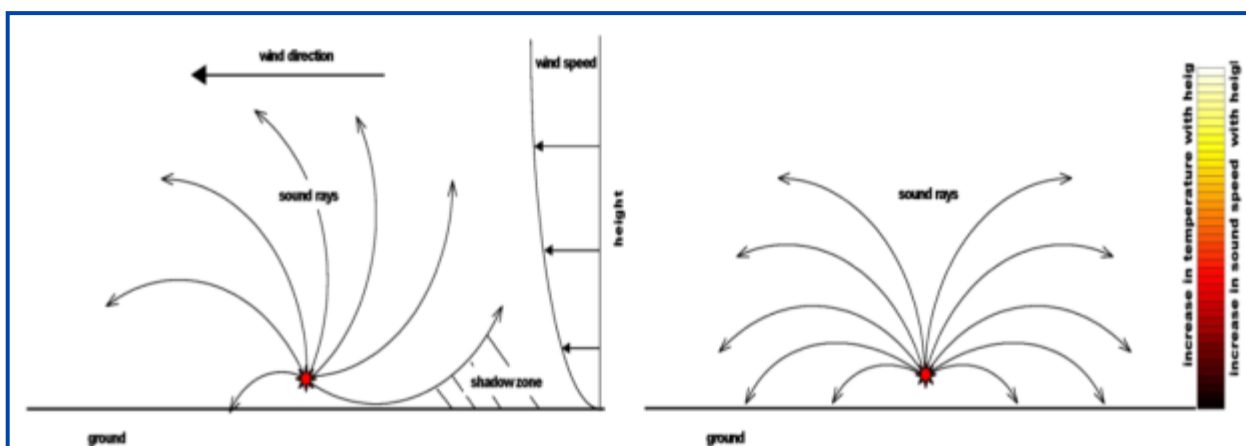


Figure 4. Impact du vent et du gradient de température sur la propagation sonore

### 4.2 VENTS

Les vents projettent le bruit dans la direction de leur écoulement. Si des résidences sont situées dans la zone de vents dominants, il est recommandé de porter une attention particulière au vent lors des dynamitages. Dans le cas actuel, les vents dominants soufflent de l'ouest-nord-ouest environ 20 % du temps, les vents soufflants de l'ouest et du nord-ouest ont une fréquence de 10 % chacun et les vents d'est et est-nord-est sont observables environ 20 % du temps.

À titre informatif, aucune mise à jour de la rose des vents n'a été jugée pertinente dans le cadre de cette étude du fait que celle-ci contient 5 ans d'informations climatiques cumulées et que cette quantité d'information a été considérée comme suffisante pour établir la tendance des vents dans ce secteur.

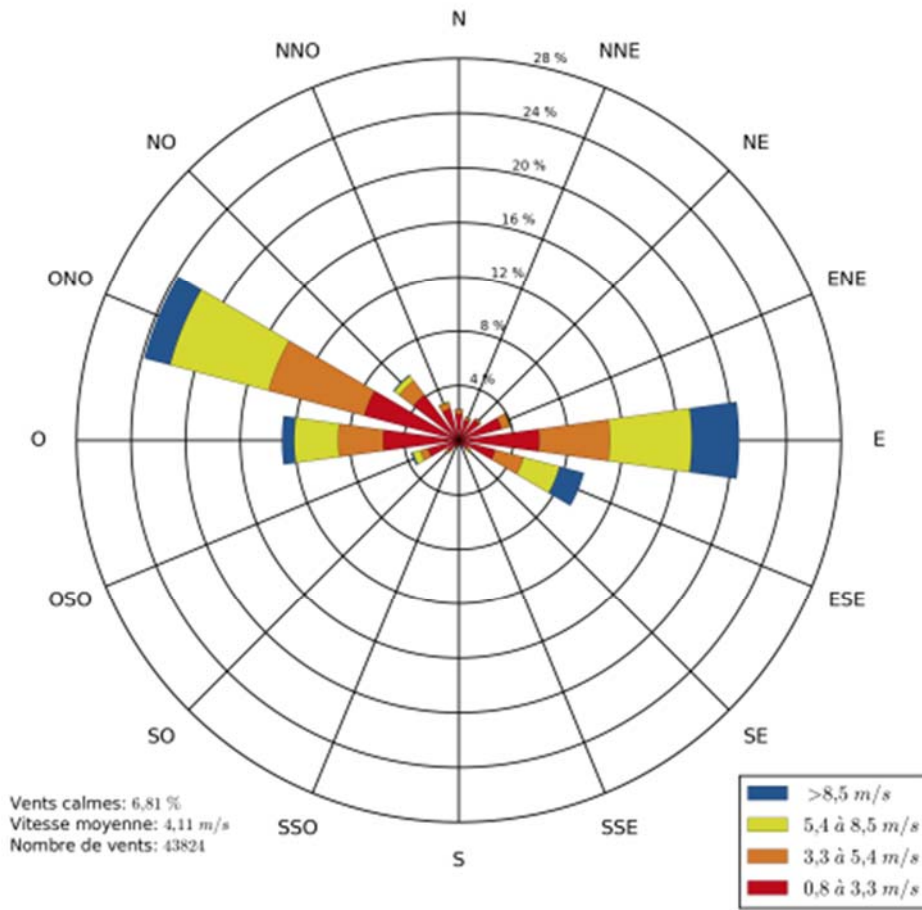


Figure 5. Rose des vents

## 5 EFFET SUR LE MILIEU HUMAIN

Cette section évalue théoriquement les événements vibratoires et sonores que pourrait générer un dynamitage aux zones habitées. Il est important de garder en tête que, étant donné l'absence de mesures prises directement sur le terrain, les estimations sont réalisées à partir d'hypothèses qui tentent de refléter un scénario conservateur, mais représentatif des opérations prévues :

- Lorsque d'importantes quantités de dépôt meuble sont présentes autour du site, il est possible que des ondes sismiques soient amplifiées par ces dépôts. Ceci n'a pu être pris en considération.
- Le dynamitage est réalisé dans une topographie qui présente de grandes différences d'élévation. Ces variations topographiques peuvent jouer le rôle de barrière vibratoire. Ce facteur d'atténuation ne peut être utilisé avec certitude sans l'obtention de mesures terrain.
- La quantité d'explosifs par délai est un paramètre important pour l'estimation des niveaux vibratoires. En temps normal, cette quantité est déterminée par la séquence de tir. Toutefois, il existe certaines situations où deux charges peuvent détonner simultanément malgré une bonne planification. En présence de roche dure (ex. granite), les flèches de forage peuvent dévier de leur trajectoire; il est alors possible que deux trous de forage se rencontrent. Ceci n'a pas été considéré dans le calcul, car nous supposons que les trous de forage seront courts (forage topographique) et que le risque de ce type d'événement est mineur.
- Une autre situation pouvant générer une détonation imprévue de deux trous de forage de manière simultanée est une séquence de tir ligne par ligne avec l'utilisation de détonateurs conventionnels (pyrotechnique). Un séquençage par trou élimine cette possibilité. Nous avons pris comme considération que le séquençage du tir tiendra compte ce risque.

En fonction des éléments ci-haut listés, il est possible d'établir les critères de départ pour exécuter une mise à jour des calculs de propagation à l'aide d'une campagne de sautage à petite échelle, avant l'excavation de masse, pour corriger les paramètres d'évaluation des vibrations et des surpressions d'air. Cette « campagne signature » permettra de définir les vraies marges de manœuvre dont l'exploitant dispose et permet d'optimiser les opérations de dynamitage. Dans un même ordre d'idée, un processus d'optimisation en continu devrait être mis en place vu l'importance du volume de roc à dynamiter.

### 5.1 VIBRATIONS

À partir des hypothèses précédentes, il est possible d'évaluer les vibrations (*PPV*) en tous points entourant la carrière lors de dynamitage.

$$PPV = A(SD_2)^{-B} \quad \text{Equ. 1}$$

Où :

- *PPV* : vitesse maximale des particules (mm/s);
- *A & B* : constante de dynamitage et de site (type de dynamitage et constante d'atténuation du terrain respectivement).

$$SD_2 = \frac{R}{W^{1/2}} \quad \text{Equ. 2}$$

Où :

- $SD_2$  : facteur de distance corrigé (*Square root scaled distance*);
- $W$  : charge maximale par délai (kg d'explosif utilisé);
- $R$  : distance source/récepteur (m).

Selon la littérature technique<sup>4</sup>, la valeur typique pour les constantes de terrain dans le cadre du présent projet (chantier de construction) sont de  $A = 173$  et  $B = 1,6$ . Toutefois, ces valeurs pourraient varier en fonction des particularités du site et des opérations, d'où l'importance d'un suivi avec des sismographes pour raffiner les équations théoriques. Le tableau 2 présente le résultat des équations 1 et 2.

**Tableau 2. Vitesses sismiques maximales**

Charge d'explosif par délais (8 ms)	Distance (m)	Amplitude maximale (PPV) mm/s
100 kg	1000	0,11
100 kg	250	1,00
50 kg	1000	0,06
50 kg	250	0,58
25 kg	1000	0,04
25 kg	250	0,33

Les résultats démontrent que le milieu humain ne sera aucunement impacté par les vibrations causées par le dynamitage (le seuil de perception de l'humain est situé à 0,25 mm/s).

## 5.2 ÉVALUATION DES SURPRESSIONS

Tout comme les calculs de niveaux vibratoires, des hypothèses doivent être prises en considération avant de présenter des résultats pour ce qui concerne les surpressions :

- L'ensemble des trous de forages est terminé avec un collet de pierres concassées sur une épaisseur supérieure à 1/20 de la profondeur totale du trou de forage afin de contenir l'énergie dans le roc et minimiser les projections;
- Le gradient de température est normal (aucune inversion de température), le plafond nuageux est élevé et les vents sont calmes (vents non porteurs);

<sup>4</sup> The International Society of Explosives Engineers (ISEE) 2011. *Blasters' Handbook, 18<sup>th</sup> edition*. 1 030 p.

Pour évaluer la contribution sonore (surpression) des dynamitages, il est possible d'utiliser les équations 3, 4 et 5 :

$$SD_3 = \frac{R}{W^{1/3}} \quad \text{Equ. 3}$$

Où :

- $SD_3$  : facteur de distance corrigé (*Cube-root scaled distance*);
- $W$  : charge maximale par délais (kg);
- $R$  : distance source/récepteur (m).

$$P = A(SD_3)^{-B} \quad \text{Equ. 4}$$

Où :

- $P$  : surpression d'air (Pa);
- $A$  &  $B$  : constante de dynamitage et de site (3 300 et 1,2 respectivement<sup>5</sup>).

Une règle générale dicte qu'un bruit est atténué de 6 dB à chaque doublement de distance par rapport à la source. Ceci correspond à une valeur  $B = 1$ . Toutefois, la plupart des relevés de dynamitages affichent des valeurs supérieures en raison des effets de sol et de l'absorption atmosphérique ( $B$  entre 1 et 1,2). En effet, les hautes fréquences s'atténuent plus rapidement que les basses fréquences et il est normal d'observer une réduction sonore plus accrue à proximité du dynamitage.

$$L_p = 20 \log \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad \text{Equ. 5}$$

Où :

- $L_p$  : niveau sonore en décibels;
- $P$  : surpression d'air (Pa);
- $P_0$  : seuil d'audibilité de l'oreille humaine  $20 \times 10^{-6}$  Pa.

À partir des équations 3, 4 et 5, il est possible d'estimer la surpression d'air. Le tableau 3 présente les résultats.

---

<sup>5</sup> *Blasters' Handbook 18<sup>th</sup> edition, 2011, The International Society of Explosives Engineers (ISEE), 1030 pages.*

Tableau 3. Vitesses sismiques maximales

Charge d'explosif par délais (8 ms)	Distance (m)	Amplitude maximale (DBL)
100 kg	1 000	109 dB
100 kg	250	123 dB
50 kg	1 000	106 dB
50 kg	250	121 dB
25 kg	1 000	104 dB
25 kg	250	118 dB

Les résultats démontrent qu'une charge de 100 kg par délai permet de respecter la limite de 128 dB. Les détonations seront audibles aux résidences, mais n'atteindront pas les seuils recommandés par la USBM à moins d'erreur au niveau du chantier ou de réalisation de dynamitage en période de forte inversion thermique. Limiter le dynamitage en période fin de matinée ou en début d'après-midi devrait réduire les chances que les opérations coïncident avec une inversion thermique. Une inversion thermique ne peut exister en période de vents forts.

Nous recommandons qu'un périmètre de sécurité de 250 m soit appliqué lorsque les dynamitages sont à proximité du milieu marin (moins de 250 m). Les bateaux de plaisance pourraient être impactés par la surpression d'air en provenance des dynamitages.

### 5.3 PROJECTION DE ROCHES

Pour évaluer la distance de projection de roches pour un sautage spécifique, il est possible d'utiliser les équations 6 à 8. Encore une fois l'évaluation théorique de la projection de roche s'est fait à partir de paramètres standard représentant les bonnes pratiques :

$$m_m = \frac{1000 * I_c}{d} \quad \text{Equ. 6}$$

Où :

- $m_m$  : facteur de contribution de la charge explosive (m). Ne peut excéder 8 pour un trou de forage de moins de 100 mm de diamètre;
- $I_c$  : longueur de la charge explosive (incluant le sous-forage en mètre);
- $d$  : diamètre du trou de forage (mm).

$$SDOB = \frac{I_s + 0,0005 * m * d}{0,00923 * (m * d^3 * \rho_e)} \quad \text{Equ. 7}$$

Où :

- SDOB : metric scaled depth of burial (m/kg<sup>1/3</sup>);
- $I_s$  : épaisseur du bourrage (m);
- $d$  : diamètre du trou de forage;
- $\rho_e$  : densité des explosifs (g/cm<sup>3</sup>).

$$Dist = 11 * SDOB_m^{-2,167} * d^{0,667}$$

Equ. 8

Où :

→ *Dist* : distance de projection (m).

À titre informatif, les calculs de projection de roche ont été faits avec un diamètre de forage de 3,5 po. Le ratio entre le diamètre de forage et l'épaisseur du collet de bourrage a été conservé à 1/20. Un facteur de sécurité de 1,5 a été ajouté à la distance de projection tel que recommandé à l'intérieur des bonnes pratiques.

**Tableau 4. Distance de projection (trous de 3,5 po)**

Charge d'explosif par délais (8 ms)	Profondeur de forage (m)	Périmètre de sécurité (m)
100 kg	15	210 m
75 kg	10	210 m
50 kg	7,5	210 m
25 kg	5	210 m

Comme il est possible de constater, un périmètre de 210 m est nécessaire autour d'un dynamitage donné pour assurer une protection du milieu humain. Il est à noter qu'un trou de 2 po de diamètre avec le bourrage adéquat aurait un potentiel de projection de 160 m alors qu'un trou de forage de 4 po de diamètre a un potentiel de projection de 250 m.

Ces périmètres sont valides pour les travailleurs sur le site, mais il ne faut pas oublier que le périmètre de sécurité devrait s'étendre également sur la rivière Saguenay. Les bateaux de plaisance devront être écartés de la zone de sécurité lors des dynamitages.



## 6 EFFET SUR LES MAMMIFÈRES MARINS

Les activités de dynamitage ont le potentiel d'impacter le milieu marin. La prochaine section décrit donc l'impact potentiel sur le milieu marin environnant.

En regard de l'utilisation d'explosifs en milieu aquatique, ou à proximité de ces milieux, le MPO a émis des lignes directrices sur les méthodes et pratiques qui ont pour but de prévenir ou d'éviter les blessures aux organes vitaux des poissons (vessie natatoire) ou tout effet potentiellement néfaste que pourrait entraîner l'utilisation d'explosifs sur son habitat <sup>6</sup>.

Ainsi, selon ces lignes directrices, il est interdit de faire détoner dans un habitat du poisson ou à proximité des explosifs qui produisent ou peuvent produire un changement de pression instantané (c'est-à-dire surpression) supérieur à 100 kPa (14,5 psi) dans la vessie natatoire d'un poisson. Le tableau 5 présente la distance de recul requise entre le centre de détonation d'un explosif confiné et l'habitat du poisson pour respecter ce critère de 100 kPa établi pour divers substrats (la charge maximale inscrite au guide est de 100 kg).

**Tableau 5. Distance de recul requise entre le centre de détonation d'un explosif confiné et l'habitat du poisson pour respecter le critère de 100 kPa établi pour divers substrats**

Type de substrat	Poids de la charge explosive (kg)							
	0,5	1	2	5	10	25	50	100
	Distance de recul à respecter (m)							
Roc	3,6	5,0	7,1	11,0	15,9	25,0	35,6	50,3
Sol gelé	3,3	4,7	6,5	10,4	14,7	23,2	32,9	46,5
Glace	3,0	4,2	5,9	9,3	13,2	20,9	29,5	41,8
Sol saturé	3,0	4,2	5,9	9,3	13,2	20,9	29,5	41,8
Sol non saturé	2,0	2,9	4,1	6,5	9,2	14,5	20,5	29,0

La majorité de ces distances seront facilement respectées à l'intérieur du plan de dynamitage du quai. Ceci dit, les opérations de dynamitage prévues pour le quai (section adjacente à la section construite sur caisson) seront près des berges. Le tableau 5 devra servir d'abaque pour optimiser le plan de dynamitage afin d'éviter de générer des blessures aux espèces aquatiques à proximité.

Une alternative est l'instauration d'un périmètre de sécurité à l'aide de filets pour éviter l'approche des différentes espèces à l'intérieur de la zone pouvant être dommageable.

Il est à noter qu'en raison de la forte pente de la berge dans cette section de la rivière, le milieu est non propice à l'existence de frayère. Par conséquent, ce critère est jugé comme non applicable.

<sup>6</sup> Wright, D.G. et G.E. Hopky. 1998. *Lignes directrices concernant l'utilisation d'explosifs à l'intérieur ou à proximité des eaux de pêche canadiennes*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2107. iv + 34 p.



## 7 CONCLUSION

Le projet portuaire de l'Administration portuaire du Saguenay a fait l'objet d'une étude vibroacoustique. Des simulations de répercussion vibratoire et sonore ont été effectuées pour estimer le niveau de gêne qui serait produit dans les secteurs résidentiels situés au pourtour du port en période de construction.

Les calculs vibratoires ont démontré que le milieu humain ne subira aucun impact relié aux opérations de dynamitage. En effet, à une distance de 1 km, les vibrations ne devraient pas atteindre le seuil de perception (0,25 mm/s).

Le milieu marin pourrait être impacté par les opérations de dynamitage si les charges explosives prévues lors des opérations de dynamitage génèrent une vibration excédant la distance sécuritaire recommandée par le MPO. À ce sujet, il est possible de limiter les charges explosives pour respecter une distance sécuritaire ou de mettre en place un périmètre de sécurité à l'aide de filets pour prévenir l'arrivée de poisson dans la zone de sécurité.

En ce qui concerne les surpressions d'air, il a été démontré que l'utilisation de charges explosives maximales de 100 kg par délai permettait de respecter la limite visée de 128 dB aux points récepteurs représentés par les habitations les plus rapprochées. Une attention particulière devra toutefois être apportée sur la rivière Saguenay lors des dynamitages en raison de sa proximité avec les blocs à dynamiter. À ce sujet, une distance de 250 m serait recommandable pour l'élimination d'impacts potentiels lors des opérations de dynamitage (100 kg d'explosif par délais). La distance du périmètre pourra être réduite en fonction de la charge explosive utilisée par délais.

En ce qui a trait aux éclats de roches, aucune maison n'a le potentiel d'être impactée par un éclat de roc. Toutefois, le milieu marin de la rivière Saguenay est susceptible de recevoir des éclats de roc. C'est pourquoi un périmètre de sécurité est recommandé lorsque les opérations se feront à proximité de l'eau ou à une distance inférieure de 210 m.



## **Étude sectorielle n° 4 : Habitat du poisson – Milieu marin**



ADMINISTRATION PORTUAIRE DU SAGUENAY

# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

HABITAT DU POISSON – MILIEU MARIN

MAI 2016



**TERMINAL MARITIME EN RIVE  
NORD DU SAGUENAY  
HABITAT DU POISSON – MILIEU MARIN  
Administration portuaire du Saguenay**

**Version finale**

Projet n° : 151-05819-00  
Date : Mai 2016

—  
**WSP Canada Inc.**  
1890, avenue Charles-Normand  
Baie-Comeau (Québec) G4Z 0A8

Téléphone : +1 418-589-8911  
Télécopieur : +1 418-589-2339  
[www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com)





---

## SIGNATURES

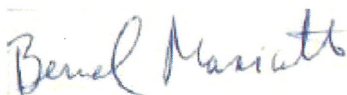
### PRÉPARÉ PAR



---

Julie Malouin, biologiste, B. Sc.  
Coordonnatrice – Volet « Habitat du poisson – Milieu marin »

### RÉVISÉ PAR



2016-05-30

---

Bernard Massicotte, biologiste, M. Sc.

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.



---

# ÉQUIPE DE RÉALISATION

## WSP CANADA INC.

Directeur de projet	Martin Larose, biologiste, B. Sc.
Chargé de projet	Jean Lavoie, géomorphologue, M. A.
Chargée d'exécution	Annie Bérubé, biologiste, B. Sc.
Coordonnatrice des activités de terrain et rédactrice principale	Julie Malouin, biologiste, B. Sc.
Relecteur	Bernard Massicotte, biologiste, M. Sc.
Équipe technique – Campagne de septembre 2015	Richard Brunet, capitaine de l'embarcation Mathieu Deshaies, ingénieur Julie Malouin, biologiste
Équipe technique – Campagne d'octobre 2015	Carlos Alfredo Delgado, capitaine de l'embarcation Dominic Gauthier, biologiste Félix Dionne-Guertin, aide technique
Édition	Diane Nadeau

## GROUPE CONSEIL NUTSHIMIT-NIPPOUR

Réalisation des produits cartographiques	Dominique Gagnon, géomaticien
--	-------------------------------

---

### Référence à citer :

WSP. 2016. *Terminal maritime en rive nord du Saguenay. Habitat du poisson – Milieu marin*. Rapport produit pour Administration portuaire du Saguenay. 98 p. et annexes.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	MISE EN CONTEXTE .....	1
1.2	ZONE D'ÉTUDE .....	1
1.3	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....	1
<b>2</b>	<b>MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>5</b>
2.1	REVUE DE LITTÉRATURE .....	5
2.2	DEMANDES D'INFORMATION .....	5
2.3	RELEVÉS DE TERRAIN .....	5
2.3.1	CARACTÉRISATION DE LA ZONE INTERTIDALE.....	6
2.3.2	CARACTÉRISATION DE LA ZONE SUBTIDALE .....	6
2.4	TRAITEMENT DES DONNÉES .....	15
2.4.1	CARACTÉRISATION DES HABITATS ET DE LA FAUNE DE LA ZONE SUBTIDALE .....	15
2.4.2	CARACTÉRISATION DU BENTHOS .....	18
<b>3</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>19</b>
3.1	CARACTÉRISATION DE LA FAUNE ET DE SES HABITATS .....	19
3.1.1	HERBIERS INTERTIDAUX ET VÉGÉTATION MARINE .....	19
3.1.2	PLANCTON .....	24
3.1.3	INVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET NECTONIQUES.....	26
3.1.4	FAUNE ICHTYENNE .....	76
3.1.5	ESPÈCES À STATUT PARTICULIER .....	82
<b>4</b>	<b>CONTAMINATION DES RESSOURCES .....</b>	<b>85</b>
<b>5</b>	<b>EXPLOITATION DES RESSOURCES DANS LE FJORD .....</b>	<b>89</b>
<b>6</b>	<b>BILAN .....</b>	<b>91</b>
<b>7</b>	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>93</b>

# TABLEAUX

TABLEAU 1.	OBJECTIFS ET DATES DE RÉALISATION DES CAMPAGNES DE RELEVÉS EN MILIEU CÔTIER .....	5
TABLEAU 2.	CARACTÉRISTIQUES DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DU BENTHOS .....	15
TABLEAU 3.	CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT PRÉFÉRENTIEL DES LOUPS DE MER .....	16
TABLEAU 4.	POINTS SAILLANTS DE LA BIOLOGIE DES CORAUX ET DES ÉPONGES D'EAUX FROIDES .....	17
TABLEAU 5.	SUPERFICIE ET COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES CENTRALES DES HERBIERS AQUATIQUES .....	20
TABLEAU 6.	LISTE PARTIELLE DES ESPÈCES D'ALGUES MARINES BENTHIQUES DU FJORD DU SAGUENAY .....	23
TABLEAU 7.	PRODUCTION PRIMAIRE TOTALE (MG C. M <sup>2</sup> .D <sup>-1</sup> ) DU FJORD DU SAGUENAY ET D'AUTRES MILIEUX COMPARABLES.....	25
TABLEAU 8.	PRINCIPAUX ORGANISMES BENTHIQUES DE LA ZONE MÉDIOLITTORALE DU FJORD DU SAGUENAY .....	27
TABLEAU 9.	ESPÈCES D'AFFILIATION ARCTIQUE INVENTORIÉES DANS LE FJORD ET NON RÉPERTORIÉES DANS L'ESTUAIRE DU SAINT-LAURENT.....	29
TABLEAU 10.	LISTE DES ESPÈCES D'INVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET PÉLAGIQUES OBSERVÉES EN PLONGÉE SOUS-MARINE À SAINTE-ROSE-DU-NORD RAPPORTÉE PAR LES OBSERVATEURS DU RSBA EN AOÛT ET SEPTEMBRE 2013 .....	30
TABLEAU 11.	LISTE DES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET PÉLAGIQUES INVENTORIÉS DANS LES TROIS SOUS-ZONES, EN 2015.....	32
TABLEAU 12.	MATRICE DE DÉTERMINATION DE LA RICHESSE DU MILIEU.....	36
TABLEAU 13.	HABITATS SOUS-MARINS CARACTÉRISÉS ET DONNÉES D'INVENTAIRE DE LA FAUNE BENTHIQUE RÉALISÉ LE LONG DE TRANSECTS PARCOURANT LA SOUS-ZONE AVAL .....	37
TABLEAU 14.	HABITATS SOUS-MARINS CARACTÉRISÉS ET DONNÉES D'INVENTAIRE DE LA FAUNE BENTHIQUE RÉALISÉ LE LONG DE TRANSECTS PARCOURANT LA SOUS-ZONE CENTRALE .....	50
TABLEAU 15.	HABITATS SOUS-MARINS CARACTÉRISÉS ET DONNÉES D'INVENTAIRE DE LA FAUNE BENTHIQUE RÉALISÉ LE LONG DE TRANSECTS PARCOURANT LA SOUS-ZONE AMONT .....	54
TABLEAU 16.	DENSITÉ DE MICRO-ORGANISMES BENTHIQUES AUX DIFFÉRENTES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA SOUS-ZONE AVAL, DANS LE FJORD DU SAGUENAY .....	74
TABLEAU 17.	LISTE DES ESPÈCES DE POISSONS PRÉSENTS DANS LA RIVIÈRE SAGUENAY .....	77
TABLEAU 18.	LISTE DES ESPÈCES ICTHYENNES À STATUT PARTICULIER .....	83
TABLEAU 19.	OCCURRENCE DES ESPÈCES POUR LES SITES DE PÊCHE HIVERNALE DE SAINT-FULGENCE ET SAINTE-ROSE-DU-NORD DE 1995 À 2002 .....	90
TABLEAU 20.	CRITÈRES DE DIFFÉRENCIATION DES TROIS VARIANTES DE LOCALISATION DU FUTUR QUAI.....	92

---

## FIGURES

FIGURE 1.	IMPORTANCE RELATIVE DES GROUPES TAXONOMIQUES DES FONDS MEUBLES DU FJORD DU SAGUENAY (TIRÉ DE MOUSSEAU ET ARMELLIN 1995).....	28
FIGURE 2.	PROFIL DE LA SECTION S-T01 DE LA ZONE AVAL (SITE RETENU) .....	65
FIGURE 3.	PROFIL DE LA SECTION S-T02 DE LA ZONE AVAL (SITE RETENU) .....	67
FIGURE 4.	PROFIL DE LA SECTION S-T04 DE LA ZONE AVAL (SITE RETENU) .....	69
FIGURE 5.	PROFIL DE LA SECTION S-T05 DE LA ZONE AVAL (SITE RETENU) .....	71

---

## CARTES

CARTE 1	LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	3
CARTE 2-A.	LOCALISATION DES TRANSECTS CARACTÉRISÉS AU SEIN DE LA SOUS-ZONE AMONT .....	7
CARTE 2-B.	LOCALISATION DES TRANSECTS CARACTÉRISÉS AU SEIN DE LA SOUS-ZONE CENTRALE .....	9
CARTE 2-C.	LOCALISATION DES TRANSECTS ET STATIONS CARACTÉRISÉS AU SEIN DE LA SOUS-ZONE AVAL.....	11
CARTE 3.	LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE DU BENTHOS.....	13
CARTE 4.	LOCALISATION DES HERBIERS INTERTIDaux AU SEIN DE LA ZONE D'ÉTUDE LOCALE .....	21

---

## ANNEXES

ANNEXE A	LISTE DES ORGANISMES ET PERSONNES CONTACTÉES DANS LE CADRE DE DEMANDES D'INFORMATION
ANNEXE B	COORDONNÉES DE DÉBUT ET DE FIN DES TRANSECTS DE CAMÉRA SOUS-MARINE



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 MISE EN CONTEXTE

L'Administration portuaire du Saguenay (ci-après désignée Port de Saguenay) désire étendre ses activités par l'aménagement d'un nouveau terminal maritime, afin de desservir la rive nord de la rivière Saguenay. Les installations du terminal maritime comprendront les principaux éléments suivants, soit : un quai, un chargeur de navires, des silos et systèmes de manutention (convoyeurs), ainsi qu'un chemin d'accès au quai pour les besoins d'opération et de maintenance. Des installations sont également prévues pour l'approvisionnement en eau, la collecte des eaux de ruissellement et le traitement des eaux sanitaires pour des bâtiments administratifs et de services. Ces installations seront alimentées à partir d'une nouvelle ligne d'alimentation électrique qui sera construite par Hydro-Québec.

Le Port de Saguenay est une entité fédérale régie par les lois fédérales. Aussi, l'activité du projet présenté étant de juridiction fédérale à l'intérieur des attributions du Port de Saguenay, le projet est assujettie à une évaluation environnementale fédérale en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale, 2012 (LCEE 2012).

## 1.2 ZONE D'ÉTUDE

Les trois variantes de localisation étudiées dans le cadre de la présente étude sont réparties à l'intérieur des limites des municipalités de Saint-Fulgence et Sainte-Rose-du-Nord, dans la MRC du Fjord-du-Saguenay (carte 1). L'accès au site du terminal se fera à partir d'un chemin au sud de la route 172 et dont l'accessibilité sera contrôlée par une barrière.

## 1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Dans le cadre de l'évaluation environnementale, WSP a été mandaté afin de réaliser une étude de caractérisation de l'habitat du poisson du fjord, ainsi que de la flore et de la faune qui le composent. Cette étude s'inscrit en tant qu'étude complémentaire à l'étude d'impact environnementale (ÉIE). L'objectif de cette dernière est de décrire les communautés de poissons du fjord et leurs habitats, en mettant l'emphase sur trois sites potentiels de réalisation du projet (variantes). Ainsi, en regard de la définition du « poisson » tel qu'entendu au sens de la Loi sur les Pêches, les principaux groupes documentés sont les herbiers intertidaux et la végétation marine, le plancton (phytoplancton et zooplancton), les invertébrés benthiques et nectoniques, de même que les poissons et leurs habitats.

Les sections suivantes présentent donc l'approche méthodologique préconisée ainsi que les sources consultées lors de la collecte d'informations relatives aux composantes en lien avec l'habitat du poisson du fjord. Les résultats sont ensuite présentés sous forme de textes, tableaux et figures, de sorte à dresser le portrait des connaissances existantes ou acquises dans le cadre du mandat en ce qui a trait aux trois variantes de localisation à l'étude. Un bilan complète le rapport



Sources :

Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Limites administratives, SDA, 2013-08  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Territoires récréatifs du Québec (TRQ), MRNF Québec, 2007

Fichier : RapportSect\_15-0076\_C1LocFauneMarine\_160406.mxd

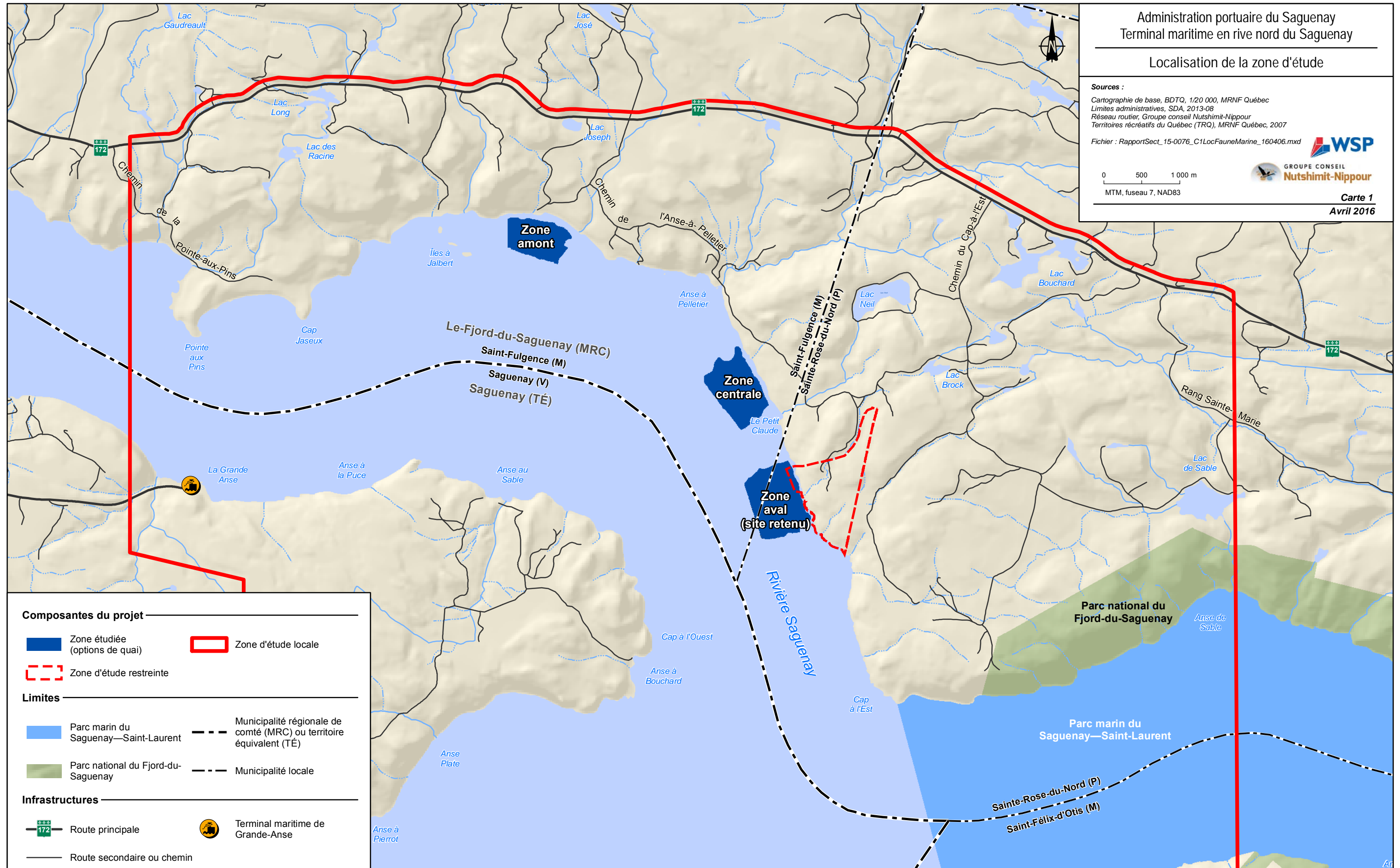


0 500 1 000 m

MTM, fuseau 7, NAD83

Carte 1

Avril 2016



Composantes du projet

- Zone étudiée (options de quai)
- Zone d'étude locale
- Zone d'étude restreinte

Limites

- Parc marin du Saguenay—Saint-Laurent
- Parc national du Fjord-du-Saguenay
- Municipalité régionale de comté (MRC) ou territoire équivalent (TÉ)
- Municipalité locale

Infrastructures

- Route principale
- Route secondaire ou chemin
- Terminal maritime de Grande-Anse



## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 REVUE DE LITTÉRATURE

Dans le but de déterminer l'état des connaissances sur les composantes caractérisant le milieu intertidal et subtidal de la zone d'étude, une revue de la littérature scientifique a été effectuée. Les publications des Presses scientifiques du Conseil national de recherche Canada (CNRC) et du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) ont été consultées via Internet ainsi que le catalogue VAGUES du MPO. La consultation de certains sites Internet, tels que le Réseau de suivi de la biodiversité aquatique (RSBA) et l'Observatoire global du Saint-Laurent (OGSL), a permis de compléter l'information. Outre ces banques d'informations, certains dépôts institutionnels et banques d'articles scientifiques, tels que le Dépôt institutionnel de l'UQAC : Constellation et le portail canadien : l'Érudit, ont également été explorés pour la recherche d'informations pertinentes sur le secteur à l'étude. La documentation relative aux espèces d'invertébrés et de poissons marins susceptibles de fréquenter la zone d'étude, ainsi que les portraits régionaux réalisés dans divers contextes ont été consultés. Finalement, cette recherche littéraire inclut également les articles scientifiques et les rapports produits par des consultants ou réalisés par GENIVAR ou WSP dans le cadre de projets similaires ou localisés à proximité de la zone d'étude locale.

### 2.2 DEMANDES D'INFORMATION

En complément aux informations recueillies à partir de la revue de littérature, des demandes d'information ont été transmises, notamment au ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO), au ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP), au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ), au Parc marin du Saguenay – Saint-Laurent (PMSSL) ainsi qu'au Comité ZIP Saguenay-Charlevoix, afin d'obtenir toutes les informations, données ou études pertinentes concernant la faune aquatique, la présence d'habitats ou d'aires d'intérêt particulier pour la faune, l'historique de contamination du milieu aquatique et des activités d'exploitation susceptibles d'avoir eu ou d'avoir cours dans la zone d'étude (annexe A).

### 2.3 RELEVÉS DE TERRAIN

Dans le but de décrire de manière spécifique la zone d'étude locale, la caractérisation des habitats en milieux intertidaux et subtidaux a été réalisée lors de deux différentes campagnes à l'automne 2015, et ce, pour trois variantes de localisation du futur quai. Les objectifs et dates de réalisation de chacune des campagnes sont présentés au tableau 1.

**Tableau 1. Objectifs et dates de réalisation des campagnes de relevés en milieu côtier**

Campagne	Date de réalisation	Objectifs
Septembre	18 au 20 septembre 2015	→ Documentation vidéographique de la zone subtidale : <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identification des principales espèces utilisant le milieu subtidal;</li> <li>■ Caractérisation du type de substrat constituant le fond marin;</li> <li>■ Caractérisation des habitats subtidaux.</li> </ul>
Octobre	20 au 22 octobre 2015	→ Échantillonnage du benthos; → Caractérisation de la zone intertidale.

### 2.3.1 CARACTÉRISATION DE LA ZONE INTERTIDALE

L'inventaire de la zone intertidale a été réalisé à marée basse les 20 et 21 octobre 2015 dans les trois sous-zones (variantes de localisation) ciblées pour l'aménagement d'un éventuel terminal maritime en eaux profondes. Le littoral situé de part et d'autre de la variante principale envisagée pour l'aménagement du quai (sous-zone aval) a été caractérisé sur une distance approximative de 1 000 m. De plus, des tronçons d'au plus 500 m partagés de part et d'autre des deux autres localisations considérées pour l'aménagement du quai en eaux profondes (soit les sous-zones amont et centrale) ont été caractérisés. La recherche d'habitats favorables à la faune a été effectuée. Les organismes présents dans la zone d'étude ont été notés, le cas échéant, de même que tout signe d'utilisation du milieu par la faune. Les vasières (ou petites plages) ont été parcourues à la recherche de signes de présence de bancs coquilliers. Enfin, des photographies du milieu et des différents éléments caractérisés ont été prises lors de l'inventaire. Chaque habitat documenté a été décrit, puis localisé au moyen d'un GPS. Le pourtour des habitats de plus grande envergure (les herbiers, par exemple) a été tracé au GPS afin d'établir une superficie plus précise.

### 2.3.2 CARACTÉRISATION DE LA ZONE SUBTIDALE

#### 2.3.2.1 DOCUMENTATION VIDÉOGRAPHIQUE

La caractérisation de la zone subtidale a été réalisée du 18 au 20 septembre 2015. Au cours de cet inventaire, un dispositif tracté comportant deux caméras sous-marines (l'une orientée vers le fond et l'autre vers la gauche), munies d'un équipement d'éclairage au DEL et de stabilisateurs, a été utilisé afin de filmer le fond marin. Dans la sous-zone sud, des séquences vidéo sous-marines ont été enregistrées le long de huit transects à l'aide de la caméra manipulée à partir d'une embarcation. Dans chacune des deux autres sous-zones, cinq transects ont été documentés afin d'y décrire sommairement l'habitat du poisson (substrat, profil du fond, présence d'abris, etc.). Dans chaque site, toute composante d'intérêt (concentrations d'anémones, d'éponges ou de coraux d'eaux froides, présence d'habitats propices au loup de mer, etc.) a été notée et localisée approximativement au moyen d'un GPS; les dates et heures concordant avec les données d'enregistrement de la séquence vidéo. Les coordonnées géographiques du début et de la fin de chaque transect ont été relevées ainsi que le tracé complet du transect, et ce, à l'aide d'un GPS de marque et modèle Garmin 62 (2015). L'annexe B et les cartes 2-A, 2-B et 2-C présentent la localisation des divers transects documentés au moyen de la caméra sous-marine.

#### 2.3.2.2 ÉCHANTILLONNAGE DU BENTHOS

Les séquences vidéographiques sous-marines réalisées en septembre ont permis d'identifier les secteurs présentant une dominance de sédiments meubles en vue de l'échantillonnage du benthos d'octobre. Ainsi, à l'aide du temps d'enregistrement, quatre secteurs, tous situés dans la sous-zone aval (site retenu), ont été localisés sur le tracé GPS associé aux travaux de caractérisation à la caméra. Ces secteurs ont été visités en premier lieu lors de l'échantillonnage. Pour chaque station, l'échantillonnage du benthos a été effectué au moyen d'une benne de type Van Veen (carte 3). À chaque coup de benne, le pourcentage de remplissage de la benne a été noté. Un pourcentage de remplissage minimal de 80 % était visé. Cependant, considérant les grandes profondeurs auxquelles les échantillons ont été prélevés, un pourcentage de 60 % et plus a été jugé acceptable. Il est à noter qu'exceptionnellement l'échantillon de la station SB4 a été conservé malgré un pourcentage de remplissage de 30 %, puisqu'après 10 essais le pourcentage de remplissage était toujours le même (tableau 2). Pour chaque échantillon, la totalité du prélèvement a été tamisée au moyen d'un tamis de 500 µm avec de l'eau de mer, puis a été déposé dans un ou plusieurs pots de verre de type Mason de 1 L. Afin de conserver les organismes intacts, de l'éthanol dénaturé (99 %) a été ajouté jusqu'à la surface du benthos de sorte à fixer les organismes. Lorsqu'une grande quantité de matière organique (MO) était présente, une quantité d'éthanol supplémentaire a été ajoutée afin de recouvrir l'échantillon d'environ 2 cm, et ce, en prévision de l'absorption de l'éthanol par la matière organique. Tous les bocaux ont été vigoureusement agités afin de faire pénétrer l'éthanol.

Sources :

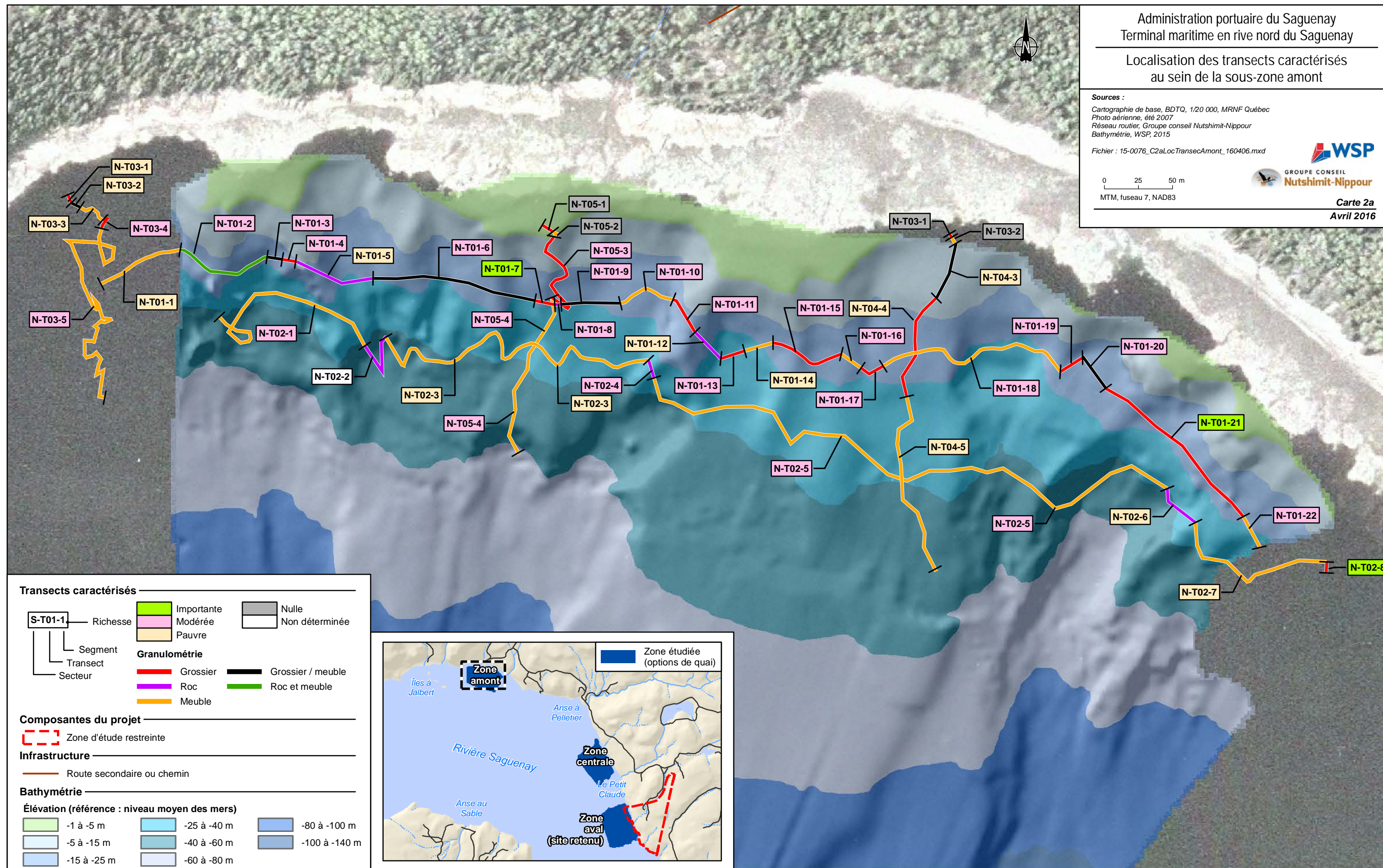
Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Photo aérienne, été 2007  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Bathymétrie, WSP, 2015

Fichier : 15-0076\_C2aLocTransecAmont\_160406.mxd



0 25 50 m  
MTM, fuseau 7, NAD83

Carte 2a  
Avril 2016



Transects caractérisés

<b>S-T01-1</b>	Richesse	Importante	Nulle
		Modérée	Non déterminée
		Pauvre	
	Segment	<b>Granulométrie</b>	
	Transect	Grossier	Grossier / meuble
	Secteur	Roc	Roc et meuble
		Meuble	

Composantes du projet

Zone d'étude restreinte

Infrastructure

Route secondaire ou chemin

Bathymétrie

Élévation (référence : niveau moyen des mers)

-1 à -5 m	-25 à -40 m	-80 à -100 m
-5 à -15 m	-40 à -60 m	-100 à -140 m
-15 à -25 m	-60 à -80 m	





Sources :

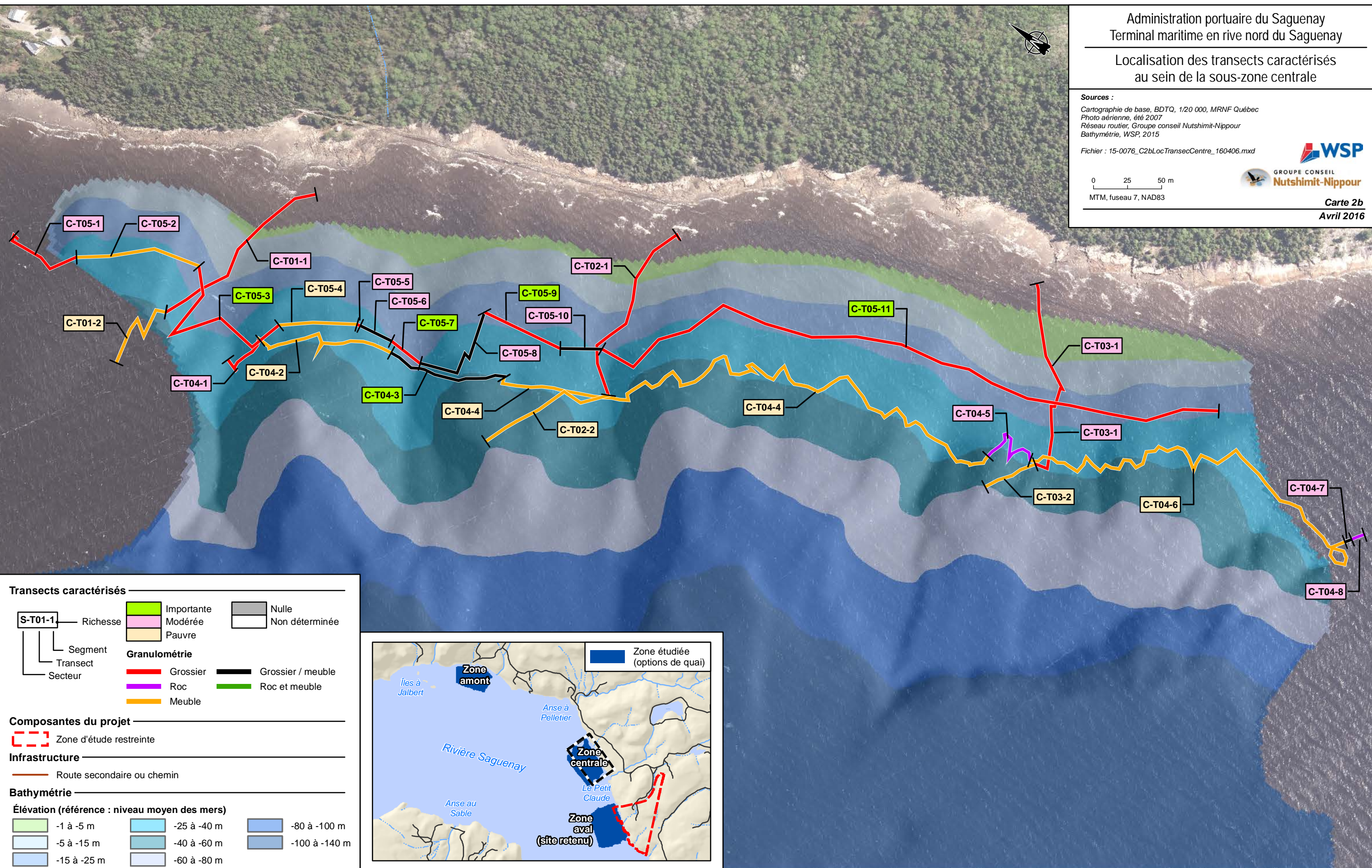
Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Photo aérienne, été 2007  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Bathymétrie, WSP, 2015

Fichier : 15-0076\_C2bLocTransecCentre\_160406.mxd



0 25 50 m  
MTM, fuseau 7, NAD83

Carte 2b  
Avril 2016



**Transects caractérisés**

<b>S-T01-1</b>	Richesse	Importante	Nulle
		Modérée	Non déterminée
		Pauvre	
	Segment	<b>Granulométrie</b>	
	Transect	Grossier	Grossier / meuble
	Secteur	Roc	Roc et meuble
		Meuble	

**Composantes du projet**

Zone d'étude restreinte

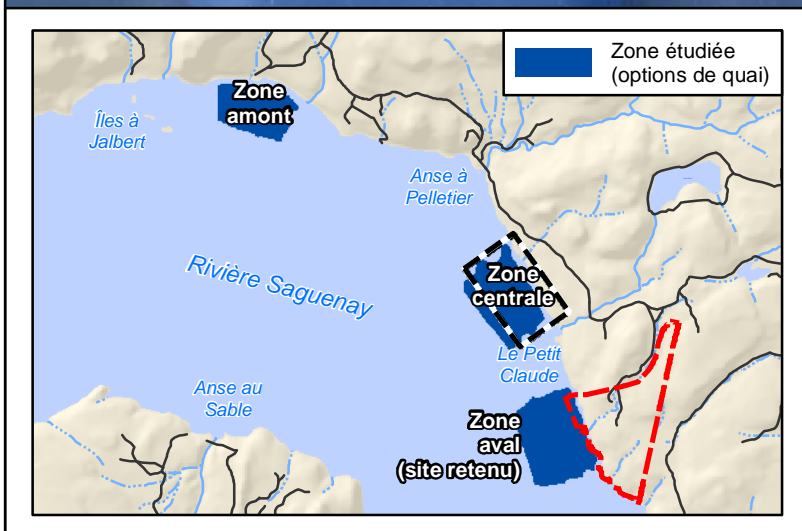
**Infrastructure**

Route secondaire ou chemin

**Bathymétrie**

Élévation (référence : niveau moyen des mers)

-1 à -5 m	-25 à -40 m	-80 à -100 m
-5 à -15 m	-40 à -60 m	-100 à -140 m
-15 à -25 m	-60 à -80 m	



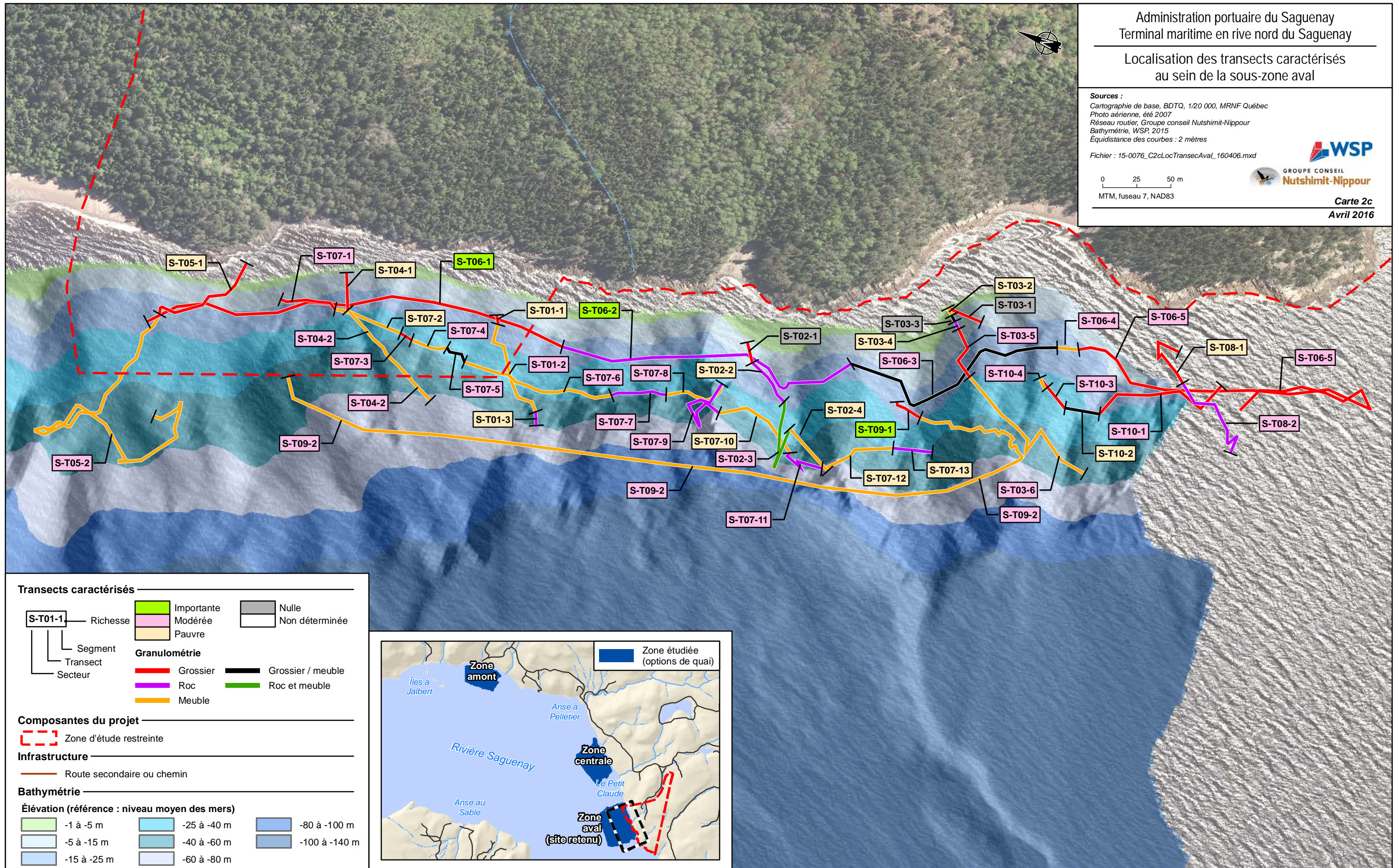


Sources :

Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Photo aérienne, été 2007  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Bathymétrie, WSP, 2015  
Équidistance des courbes : 2 mètres

Fichier : 15-0076\_C2cLocTransecAva\_160406.mxd

0 25 50 m  
MTM, fuseau 7, NAD83



**Transects caractérisés**

<b>S-T01-1</b>	Richesse	Importante	Nulle
		Modérée	Non déterminée
		Pauvre	
	Segment	<b>Granulométrie</b>	
	Transect	Grossier	Grossier / meuble
	Secteur	Roc	Roc et meuble
		Meuble	

**Composantes du projet**

Zone d'étude restreinte

**Infrastructure**

Route secondaire ou chemin

**Bathymétrie**

Élévation (référence : niveau moyen des mers)

-1 à -5 m	-25 à -40 m	-80 à -100 m
-5 à -15 m	-40 à -60 m	-100 à -140 m
-15 à -25 m	-60 à -80 m	





Localisation des stations  
d'échantillonnage du Benthos

Sources :

Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Photo aérienne, Ville de Saguenay 2015  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour  
Station d'échantillonnage : WSP, 2015

Fichier :

15-0076\_LocStationsBenthosAval\_160509.mxd

0 50 100 m

MTM, fuseau 7, NAD83



Carte 3

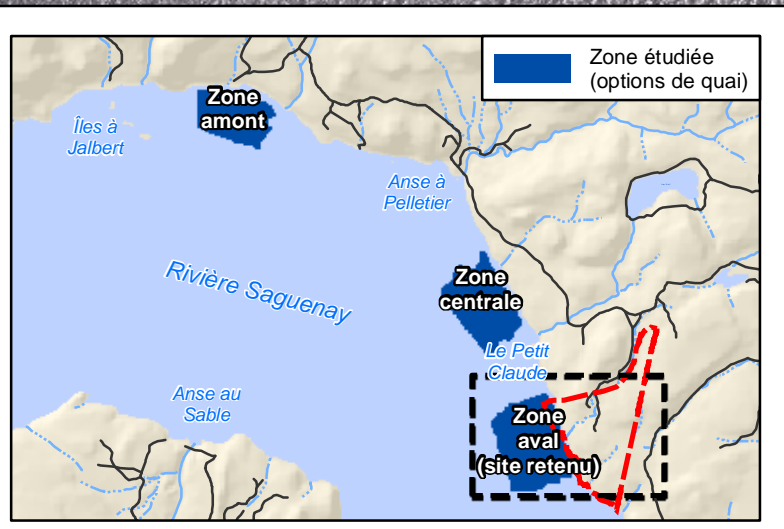
Mai 2016

SB3

SB4

SB1

Rivière Saguenay



Benthos

Station d'échantillonnage

Composantes du projet

Zone d'étude restreinte

Infrastructure

Route secondaire ou chemin



Lorsque de gros organismes étaient retrouvés dans l'échantillon (gastéropodes, bivalves ou autres), ces derniers ont été identifiés à bord du bateau, dénombrés, puis remis à l'eau.

Le tableau 2 présente les caractéristiques de chacune des stations d'échantillonnage du benthos.

**Tableau 2. Caractéristiques des stations d'échantillonnage du benthos**

Station	SB1	SB3	SB4
<b>Échantillonnage</b>			
Date	21/10/2015	21/10/2015	21/10/2015
Heure	8h40	10h40	12h02
Profondeur	29 m	38 m	28 m
Remplissage de la benne	90 %	70 %	30 %
Nbre de pots remplis	2	1	1
<b>Coordonnées géographiques</b>			
Latitude	48° 23' 50,8" N	48° 24' 12,1" N	48° 23' 52,0" N
Longitude	70° 43' 18,2" O	70° 43' 34,3" O	70° 43' 20,6" O
<b>Caractéristiques de l'échantillon</b>			
Nature du substrat	Vase	Vase	Vase et sable
Odeur	Odeur de décomposition (souffre) très prononcée	Aucune	Aucune
Note particulière	Beaucoup de matière organique présente dans l'échantillon	Très peu de matière organique présente dans l'échantillon	Présence de matière organique dans l'échantillon

Les échantillons de benthos ont été conservés dans l'alcool, puis transmis aux Laboratoires SAB à Longueuil pour fins d'identification des organismes.

## 2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

### 2.4.1 CARACTÉRISATION DES HABITATS ET DE LA FAUNE DE LA ZONE SUBTIDALE

Afin d'en extraire l'information pertinente, l'ensemble des séquences vidéographiques enregistrées lors de la campagne de relevés du mois de septembre 2015 ont été visionnées à partir du logiciel Remote Viewlog, lequel permet le visionnement simultané des deux bandes vidéo (soit la vidéo du fond et la vidéo de profil), le ralentissement des images, la capture d'images, de même que la retouche d'images (luminosité, contraste, etc.). Lors du visionnement, les transects ont été divisés en segments homogènes principalement selon la granulométrie du substrat observée. Les informations et paramètres suivants ont été extraits :

- Numéro ou identifiant du transect;
- Temps de début et de fin de chacun des segments (hh:mm:ss);
- Profondeur (m);

- Substrat dominant (meuble, grossier ou roc);
- Liste des espèces macrobenthiques rencontrées par segment (présence/absence);
- Localisation des peuplements/colonies d'importance ou d'intérêt;
- Localisation et profondeur des habitats d'intérêt;
- Capture de certaines images représentatives des divers transects et segments.

Malgré que les observations soient rares dans les eaux du fjord du Saguenay, une attention particulière a été portée à l'identification d'habitats propices aux loups de mer. Deux des trois espèces présentes dans les eaux du fleuve Saint-Laurent et du fjord du Saguenay, soit les loups à tête large et loup tacheté, sont désignés menacés selon la *Loi sur les espèces en péril au Canada* alors que le loup atlantique est jugé préoccupant selon cette même loi (Larocque *et al.* 2010). Il est toutefois à noter que les profondeurs préférentielles (> 50 m) de ces espèces n'ont que rarement été atteintes lors de la réalisation des transects de caractérisation. Ainsi, il est peu probable de retrouver l'une des trois espèces au sein de la zone d'étude locale, ou à tout le moins dans l'une des trois sous-zones caractérisées.

Les caractéristiques des habitats préférentiels des loups de mer sont présentées au tableau 3.

**Tableau 3. Caractéristiques de l'habitat préférentiel des loups de mer**

	Loup atlantique	Loup tacheté	Loup à tête large
Nom latin	<i>Anarhichas lupus</i>	<i>Anarhichas minor</i>	<i>Anarhichas denticulatus</i>
Comportement	Sédentaire, mais peut former des colonies	Sédentaire	Sédentaire
Profondeur (m) [profondeurs préférentielles]	50 à 500 m [150 à 350 m]	50 à 1 050 m [200 à 750 m]	50 à 1 500 m [500 à 1 000 m]
Température	-1 à 10 °C	1,5 à 5 °C	2 à 5 °C
Salinité	Peu ou pas présent dans les eaux de plus faible salinité		
Habitat	Fond pierreux pour la fraie Eaux profondes du plateau continental, sur des substrats durs et rocheux, et rarement sur des fonds de sable ou de vase Abris situés sur des pentes, sur un fond légèrement vaseux	Fond pierreux pour la fraie Moins associé à un type de substrat particulier, mais l'étude des contenus stomacaux suggère une diète associée à des fonds meubles Mélange de sable et de coquillages	Fond rocheux pour la fraie Préfère les fonds marins boueux ou rocheux Mélange de sable et de coquillages
	Crevasses et cavernes sous-marines, abris rocheux		
Alimentation	85 % d'invertébrés benthiques (échinodermes, mollusques, crustacés) et 15 % de poissons (œufs, larves et adultes)	77 % d'invertébrés benthiques (échinodermes, mollusques, crustacés) et 23 % de poissons (œufs, larves et adultes)	Surtout des poissons pélagiques
Migration	Migration printanière vers de faibles profondeurs (0-15 m) pour la fraie	Sur des distances limitées	Sur des distances limitées

Sources : Templeman 1984; Keats *et al.* 1985; Kulka *et al.* 2007; Templeman 1984; Templeman 1986a et 1986b; Larocque *et al.* 2008; Larocque *et al.* 2010; MPO 2010.

Conformément aux lignes directrices transmises par l'Agence canadienne d'évaluation environnementale, une attention particulière a également été portée à la présence de peuplements de coraux d'eaux froides et d'éponges. Ces derniers étant jugés sensibles aux perturbations anthropiques et aux modifications du milieu, ils font l'objet d'un Plan de conservation pour l'ensemble du Canada Atlantique. Le tableau 4 présente les points saillants de la biologie des coraux et des éponges d'eaux froides.

**Tableau 4. Points saillants de la biologie des coraux et des éponges d'eaux froides**

	Coraux	Éponges
Profondeur	De la zone intertidale à des profondeurs pouvant atteindre environ 2,5 km	De la zone intertidale à des profondeurs dépassant 8 000 m.
Reproduction	Sexuée Se forment en général après que les larves planctoniques se soient fixées sur un substratum dur	Sexuée (libération du sperme dans la colonne d'eau) et asexuée (bourgeonnement ou fragmentation) La majorité des éponges sont hermaphrodites et produisent des œufs et du sperme en alternance.
Croissance	Lorsque le corail grandit, les polypes plus vieux meurent et le squelette devient vulnérable aux agents d'érosion biologique et à la rupture mécanique. Ces processus créent un support de récif qui capte les sédiments mobiles. Pourvu que la croissance du corail tienne le rythme de l'apport de sédiments, la formation de monticules localisés ou de récifs est entamée.	Les récifs d'éponges des eaux canadiennes peuvent avoir jusqu'à 9 000 ans d'existence et chaque éponge peut avoir jusqu'à 100 ans et plus. Les éponges peuvent croître, rétrécir, se diviser et se fusionner.
Habitat	Sites où les courants sont accélérés localement ou parties de la pente continentale où des ondes de marée internes augmentent l'approvisionnement en nourriture du fond marin.	Délimité par les conditions environnementales qui conditionnent la croissance des éponges, comme la force des courants pour l'approvisionnement en nourriture et en substrats nécessaires au recrutement et à la croissance, comme les substrats de roches ou les substrats durs biogéniques.
Alimentation	Le phytoplancton, les boulettes fécales, les détritiques et les zooplanctons constituent les plus importantes sources de particules de carbone disponibles pour les communautés de coraux dans l'Atlantique Nord-Est.	Organisme filtreur
Espèces accompagnatrices	Les coraux créent un habitat biogène (produit par des processus vitaux), formant des structures complexes à trois dimensions avec des espaces et des écarts qui offrent un habitat pour la faune et la flore marine. La richesse et l'abondance des espèces connexes dépendent de la morphologie des coraux.	Plusieurs espèces de vers marins et de bryozoaires Œufs de seiches Plusieurs espèces de sébaste sont identifiées comme utilisateurs de l'habitat d'éponges (aire de croissance) Crabe, crevette et euphausiacés
Particularités	Les coraux d'eaux froides se distinguent des coraux d'eaux chaudes par l'absence d'algues symbiotiques et par le fait que leur croissance ne nécessite pas la lumière du soleil.	

Sources : Roberts *et al.* 2006; MPO 2008a; Campbell et Simms 2009; Hogg *et al.* 2010; MPO 2015a

## 2.4.2 CARACTÉRISATION DU BENTHOS

### 2.4.2.1 TRI

Au laboratoire, les échantillons ont été rincés à l'eau claire dans des tamis superposés ayant des ouvertures de mailles de 4 000, 2 000 et 1 000  $\mu\text{m}$ . Les fractions grossières retenues par les tamis de 4 000 et 2 000  $\mu\text{m}$  ont été triées à l'aide d'une loupe éclairante. Pour ce qui est de la fraction plus fine (1 000  $\mu\text{m}$ ), elle a été triée à l'aide d'une loupe stéréoscopique. Les organismes ont été dénombrés et regroupés selon les grands groupes taxonomiques. Ils ont été conservés dans de l'alcool à 70 % glycérolisé pour une identification ultérieure.

Étant donné la grande quantité de sédiments, un sous-échantillonnage de la partie fine des trois échantillons a été réalisé. La méthode utilisée consistait à homogénéiser le refus du tamis dans un tamis à maille de 1 000  $\mu\text{m}$ , d'en retirer l'eau et de prélever une fraction qui était pesée pour estimer la proportion (en %) à analyser. Le sous-échantillon correspondait à la quantité de matériel qui pouvait être analysée dans un temps raisonnable de 8 à 10 heures. Dans les trois cas, au moins un tiers de l'échantillon a été trié. Le nombre d'organismes retrouvés dans les sous-échantillons a été reporté au nombre total contenu dans l'échantillon en multipliant par l'inverse de la fraction analysée.

### 2.4.2.2 IDENTIFICATION

L'évaluation taxonomique des organismes benthiques a été effectuée à partir des clés d'identification citées dans Brunel *et al.* (1998). La plupart des organismes ont été identifiés jusqu'à la famille, à l'exception de certains groupes dont les bryozoaires, les *actiniaria*, les némerthes, les nématodes et les hémichordés. Ces spécimens étaient trop petits, abîmés, ou bien les clés d'identification n'étaient pas adéquates.

## 3 RÉSULTATS

### 3.1 CARACTÉRISATION DE LA FAUNE ET DE SES HABITATS

#### 3.1.1 HERBIERS INTERTIDaux ET VÉGÉTATION MARINE

##### 3.1.1.1 HERBIERS INTERTIDaux

Le fjord du Saguenay est soumis à l'influence des marées. Ainsi, les conditions environnementales qui y prévalent favorisent le développement de milieux humides d'eau douce et d'eau saumâtre avec marées. Un inventaire exhaustif de la zone intertidale entre Shipshaw et Tadoussac, de 1976 à 1994, révélait la présence de quelque 258 espèces de plantes vasculaires sur l'estuaire du Saguenay, dont environ une trentaine d'espèces jugées d'intérêt botanique particulier<sup>1</sup> (Gauthier 2000). Dans le fjord du Saguenay, le nombre de plantes d'intérêt botanique particulier décroît de l'amont vers l'aval. Cette répartition s'explique par un environnement riverain plus favorable à l'établissement de la flore en amont (nature des berges, plus faible salinité, etc.), alors que les abords escarpés et rocheux prévalant en aval s'avèrent moins propices à l'implantation de peuplements végétaux. Ainsi, selon Gauthier et Lantheaume (1997), 25 espèces d'intérêt se retrouveraient en amont entre Saguenay et Saint-Fulgence, alors qu'au sein du Parc marin du Saguenay – Saint-Laurent seulement neuf espèces d'intérêt seraient recensées. Selon ces mêmes auteurs, cinq espèces d'intérêt seraient susceptibles d'être retrouvées sur la rive nord du tronçon s'étendant de Saint-Fulgence à Cap à l'Est, soit : l'éléocharide naine (*Eleocharis parvula*), l'euphorbe réveille-matin (*Euphorbia helioscopia*), la spargulaire des marais salés (*Spergularia marina*) et la ruppie maritime (*Ruppia maritima*) (Gauthier et Lantheaume 1997). Outre ces espèces dites d'intérêt, la végétation du médiolittoral serait dominée par la présence de groupements à scirpe, à spartine, à jonc de la Baltique et à carex (Mousseau et Armelin 1995).

Spécifiquement dans les trois sous-zones à l'étude, considérant la dominance du roc en berge et du sable et des blocs au niveau de l'estran, par endroits, la densité de la végétation intertidale observée est généralement faible et se concentre à l'étage médiolittoral, le plus souvent à l'intérieur de petites dépressions bordées par un cordon de blocs. Au total, sur l'ensemble des trois sous-zones couvertes dans le cadre de la caractérisation de la zone intertidale, seulement cinq herbiers ont été identifiés. Ces derniers totalisent 20 405 m<sup>2</sup>, au sein desquels l'espèce dominante était le scirpe d'Amérique (*Schoenoplectus pungens* var. *pungens*) (tableau 5 et carte 4). Selon l'évaluation effectuée au terrain et à partir des photographies, la nature des herbiers identifiés est jugée monospécifique. La densité des herbiers était, quant à elle, plutôt variable. L'herbier le plus dense, soit H1, a été observé au sein de la sous-zone sud et s'étend sur une superficie de 834 m<sup>2</sup>, alors que l'herbier le plus vaste, soit H3, situé dans la sous-zone nord, présente une densité jugée moyenne et s'étend sur une superficie de 13 319 m<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Le statut d'espèce d'intérêt botanique particulier réfère à la rareté de l'espèce ou à sa limite de répartition au Québec (Gauthier et Lantheaume 1996).

**Tableau 5. Superficie et coordonnées géographiques centrales des herbiers aquatiques**

Sous-zone	Herbier	Densité	Espèce dominante	Superficie (m <sup>2</sup> )	Latitude	Longitude
Aval	H1	M à E	Scirpe d'Amérique	834	48° 24' 15,017" N	70° 43' 27,872" O
	H2	F	Scirpe d'Amérique	54	48° 23' 53,174" N	70° 43' 14,797" O
	Sous-total			888		
Amont	H3	M	Scirpe d'Amérique	13 319	48° 25' 59,650" N	70° 46' 09,249" O
	Sous-total			13 319		
Centrale	H4	M	Scirpe d'Amérique	278	48° 25' 00,100" N	70° 43' 57,514" O
	H5	F à M	Scirpe d'Amérique	5 920	48° 24' 50,605" N	70° 43' 49,027" O
	Sous-total			6 198		
TOTAL	5			20 405		

Légende : Densité : faible (F), moyenne (M) et élevée (E).

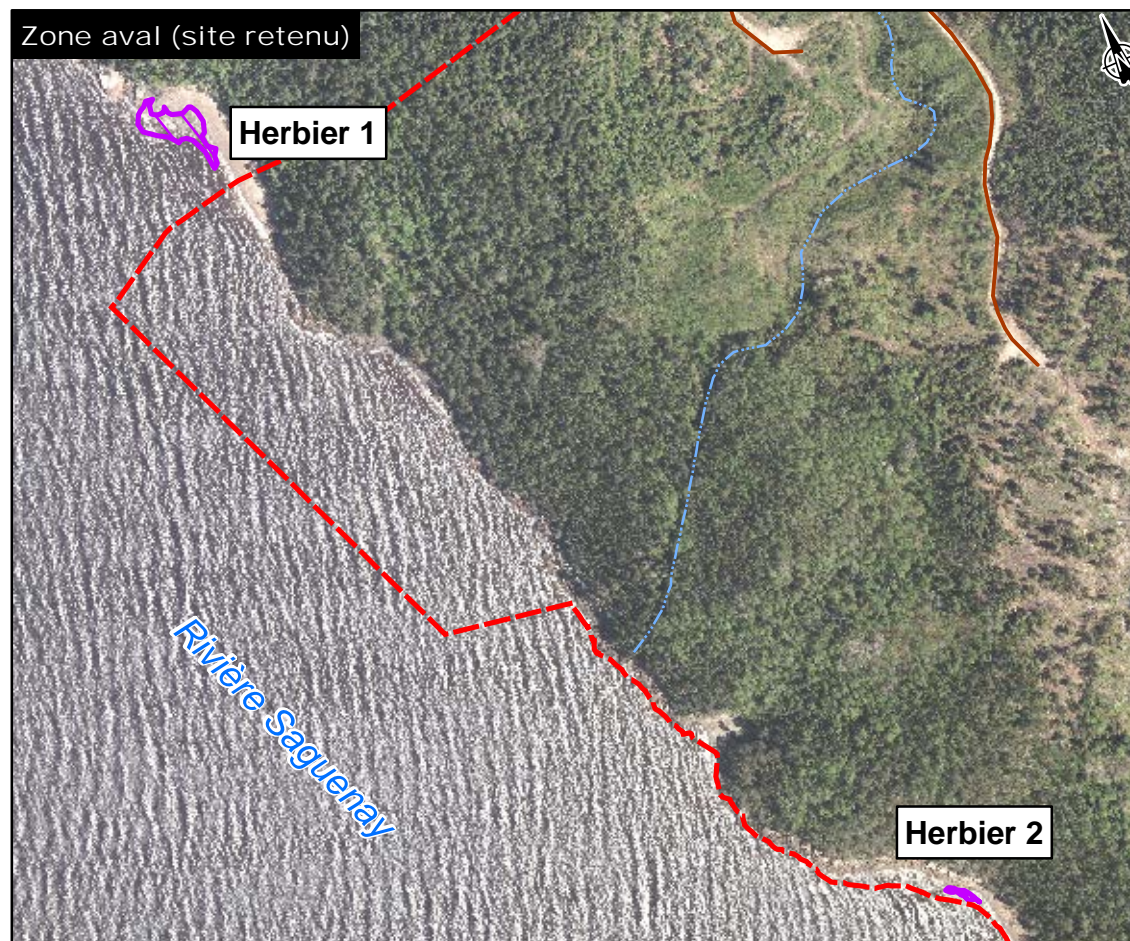
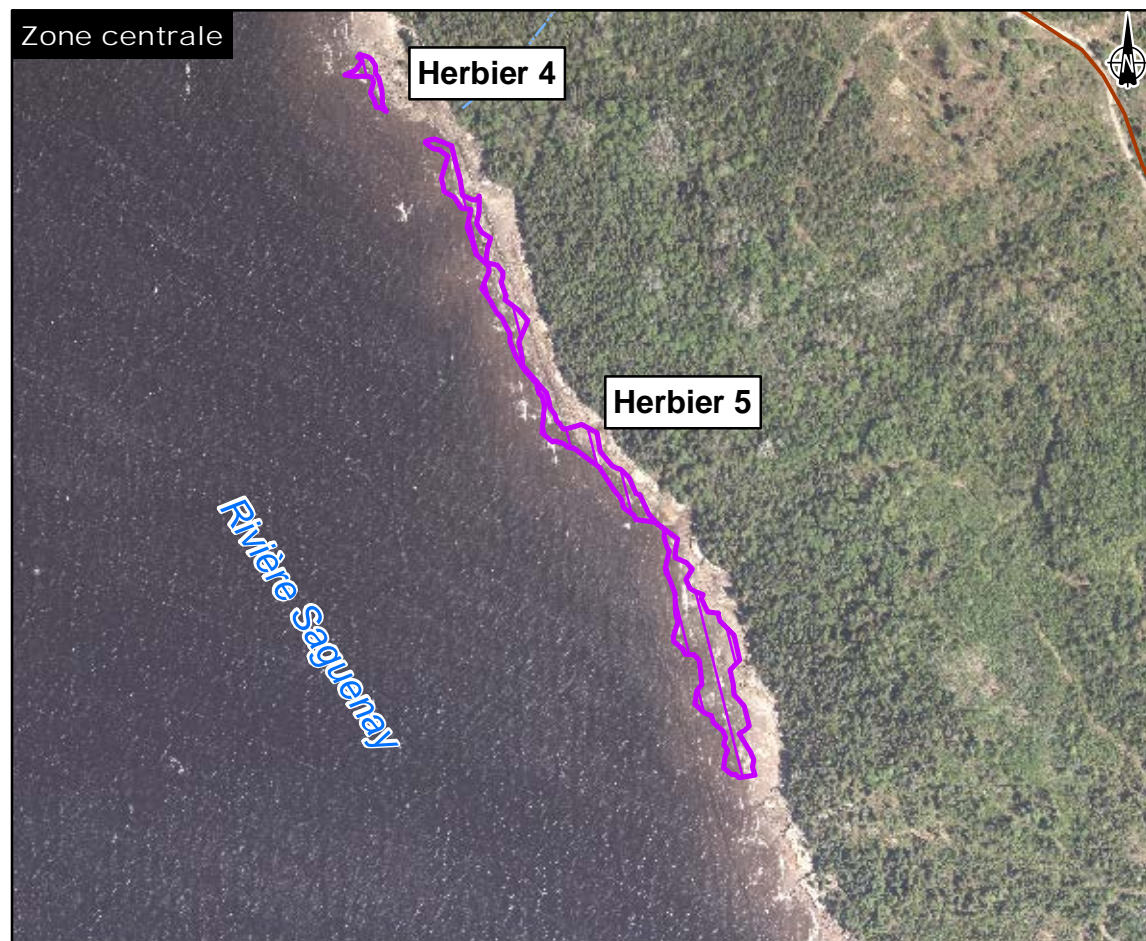
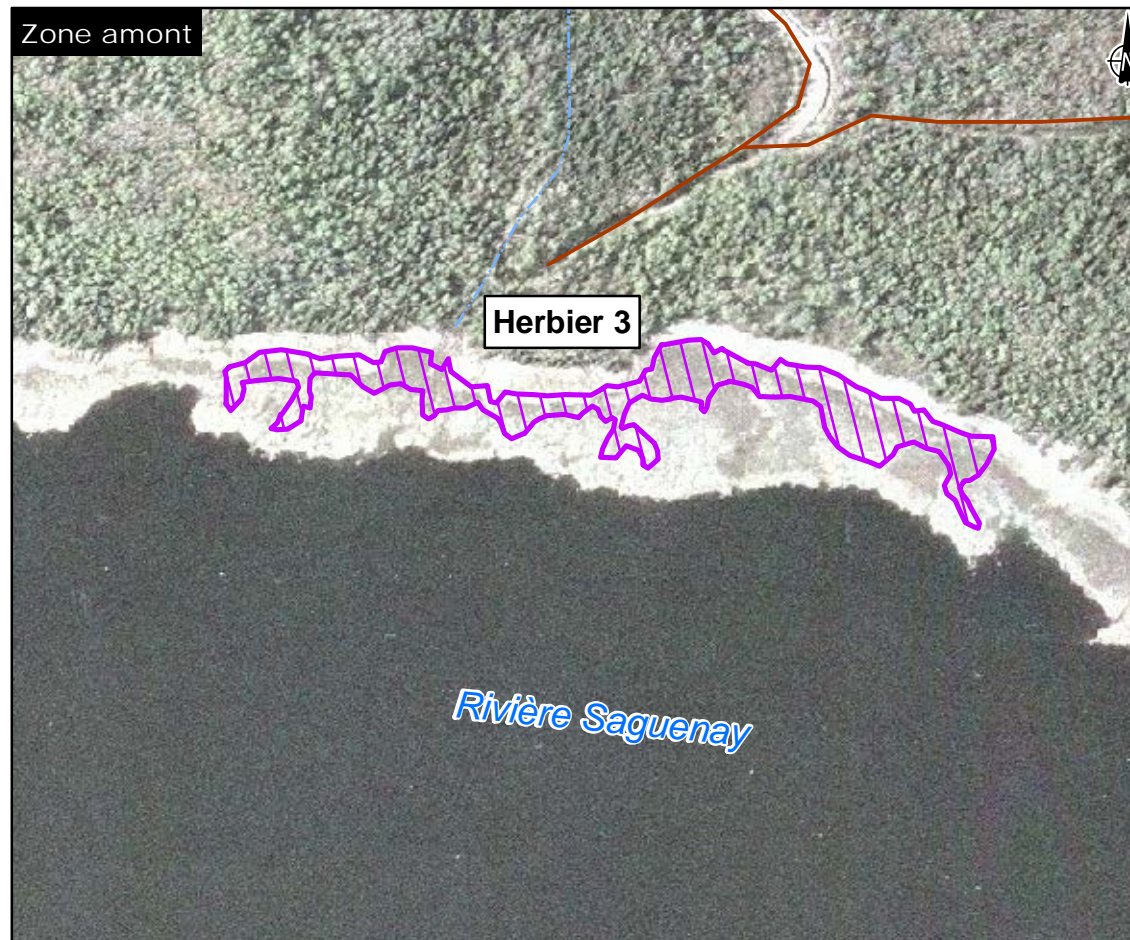
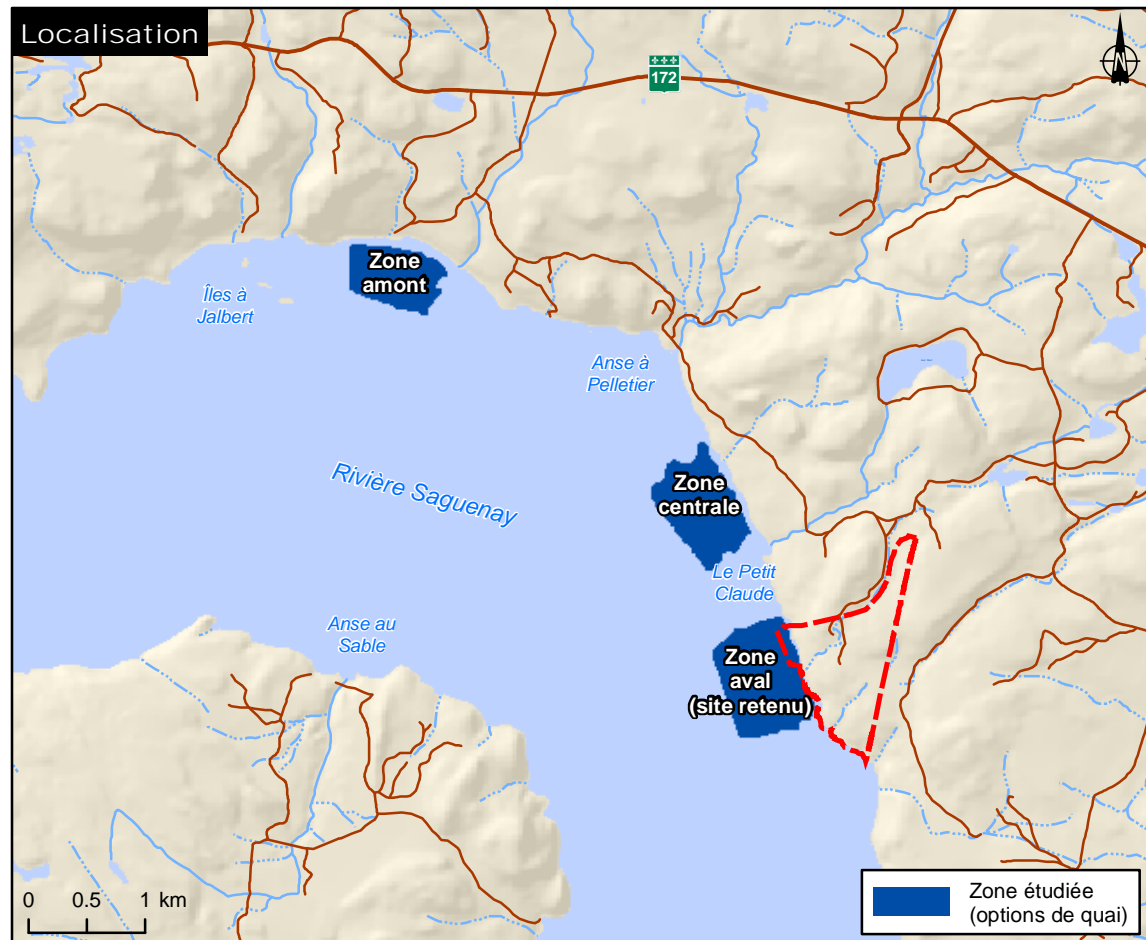
### 3.1.1.2 ALGUES MACROPHYTES

En ce qui a trait aux algues marines, leur distribution dans le fjord du Saguenay est fonction de la température de l'eau, de la salinité, de la profondeur, du substrat, de la période d'exondation, du degré d'exposition aux vagues, courants et glaces, de la lumière, des sels minéraux, du broutage et de la compétition interspécifique et intraspécifique. Elle varie sur l'axe vertical, mais également horizontal, selon la position par rapport à l'embouchure du Saguenay et l'apport en eau douce (Mousseau et Armellin 1995).

Peu d'études décrivent la répartition des algues benthiques dans le Saguenay. La plupart des études biophysiques effectuées dans le fjord remontent à la réalisation des études préalables et à la création du Parc marin Saguenay – Saint-Laurent, en 1998. Il est donc difficile d'établir une liste d'espèces basée sur des informations récentes. Les travaux de Cardinal (1990) constituent donc à ce jour les plus étoffés en ce qui a trait aux algues marines benthiques macroscopiques. Ces derniers recensent la présence de 42 espèces d'algues macrophytes sur le littoral du fjord (tableau 6); l'étagement vertical faisant en sorte qu'on observe le plus souvent le fucus bifide (*Fucus distichus*), la laminaire à long stipe (*Laminaria longicuris*) et une espèce d'algue verte apparentée à la laitue de mer (*Ulva* sp.). L'alarie succulente (*Alaria esculenta*), quoique limitée dans sa distribution et confinée à la partie inférieure de la zone intertidale, semble relativement abondante au sein du fjord (Naturam 1990). L'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*) et l'agar criblé (*Agarum cribrosum*) sont, quant à eux, peu abondants.

Gauthier (2000) confirme la présence d'algues benthiques macroscopiques en aval de Saint-Fulgence, dont : le fucus denté (*Fucus distichus edentatus*), le fucus vésiculeux (*Fucus vesiculosus*), l'ascophylle noueuse (*Ascophyllum nodosum*), le fucus évanescent (*Fucus distichus evanescens*) et la main-de-mer palmée (*Palmaria palmata*). Selon cet inventaire, seul le fucus serait présent dans le tronçon du fjord situé entre Saint-Fulgence et Cap à l'Est, correspondant à la zone d'étude du présent projet. Des données recueillies dans le cadre d'inventaires réalisés par GENIVAR (maintenant WSP) en 2011, témoignaient d'ailleurs de la présence de fucacées dans le secteur de Grande-Anse, soit environ 7,5 km en amont de la zone d'étude, sur la rive sud (comm. pers., Annie Bérubé, WSP, mars 2014).

Lors des inventaires réalisés dans la zone d'étude locale, en 2015, un seul peuplement d'algues a été localisé, soit au niveau de l'herbier H1 (sous-zone aval). Ce dernier était constitué d'algues vertes dont les caractéristiques sont apparentées à celles d'entéromorphes ou d'ulvaires. L'identification n'a pu être confirmée.



Administration portuaire du Saguenay  
Terminal maritime en rive nord du Saguenay

Localisation des herbiers intertidaux au sein de la zone d'étude locale

Sources :  
Cartographie de base, BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec  
Photo aérienne zone amont, été 2007  
Photo aérienne zones centrale et aval, Ville de Saguenay 2015  
Réseau routier, Groupe conseil Nutshimit-Nippour

Fichier :  
RapportSect\_15-0076\_C3aLocHerbierIntertide\_160509.mxd

0 50 100 m  
MTM, fuseau 7, NAD83

**WSP**  
GROUPE CONSEIL  
**Nutshimit-Nippour**

Carte 4  
Mai 2016

**Flore aquatique**

Herbier intertidal

**Composantes du projet**

Zone d'étude restreinte

**Infrastructure**

Route principale

Route secondaire ou chemin



Tableau 6. Liste partielle des espèces d'algues marines benthiques du fjord du Saguenay

Chlorophycées (algues vertes)	Phéophycées (algues brunes)	Rhodophycées (algues rouges)
ULOTRICHALES	ECTOCARPALES	BANGIALES
Ulothrichaceae	Acinetosporaceae	Bangiaceae
<i>Ulothrix implexa</i>	<i>Pylaiella littoralis</i> *	<i>Wildemania miniata</i> *
<i>Spongomorpha arcta</i>	Ralfsiaceae	PALMARIALES
Monostromataceae	<i>Ralfsia fungiformis</i>	Palmariaaceae
<i>Monostroma oxyspermum</i>	Chordariaceae	<i>Devaleraea ramentacea</i>
ULVALES	<i>Myrionema strangulans</i> *	<i>Palmaria palmata</i>
Ulvellaceae	<i>Elachista fucicola</i>	GIGARTINALES
<i>Pringsheimia scutata</i> *	<i>Chordaria flagelliformis</i>	Kallymeniaceae
Ulvaceae	<i>Coilodesme bulligera</i> *	<i>Kallymenia schmitzii</i>
<i>Enteromorpha compressa</i>	DESMARESTIALES	Cystocloniaceae
<i>Enteromorpha intestinalis</i>	Desmarestiaceae	<i>Fimbrifolium dichotomum</i>
<i>Enteromorpha p. prolifera</i>	<i>Desmarestia aculeata</i>	HILDENBRANDIALES
<i>Ulvaria obscura</i> *	DICTYOSIPHONALES	Hildenbrandiaceae
CLADOPHORALES	Scytosiphonaceae	<i>Hildenbranchia rubra</i>
Cladophoraceae	<i>Petalonia fascia</i>	HAPALIDIALES
<i>Cladophora albida</i>	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	Hapalidiaceae
<i>Rhizoclonium riparium</i>	LAMINARIALES	<i>Clathromorphum circumscriptum</i>
	Chordaceae	CERAMIALES
	<i>Chorda filum</i>	Wrangeliaceae
	Agaraceae	<i>Ptilota serrata</i>
	<i>Agarum cribrosum</i>	Delesseriaceae
	Laminariaceae	<i>Phycodrys rubens</i>
	<i>Laminaria digitata</i>	Rhodomelaceae
	<i>Laminaria longicuris</i>	<i>Odonthalia dentata</i>
	Phyllariaceae	<i>Polysiphonia urceolata</i>
	<i>Saccorhiza dermatodea</i>	<i>Rhodomela confervoides</i>
	Alariaceae	
	<i>Alaria esculenta</i>	
	FUCALES	
	Fucaceae	
	<i>Ascophyllum nodosum</i>	
	<i>Fucus distichus distichus</i>	
	<i>Fucus distichus edentatus</i>	
	<i>Fucus distichus evanescens</i>	
	<i>Fucus vesiculosus</i>	

Source : Cardinal 1990 In Mousseau et Armellin 1995.

\* signifie que le nom latin a été mis à jour selon le registre des espèces marines WoRMS

### 3.1.2 PLANCTON

#### 3.1.2.1 PHYTOPLANCTON

##### COUCHE PHOTIQUE

---

Le phytoplancton du Saguenay est principalement composé d'espèces d'eau douce et faiblement représenté par les espèces euryhalines et marines (Côté et Lacroix 1979). En effet, en raison de la forte influence de la masse d'eau douce superficielle, provenant des lacs Saint-Jean et Kénogami et de la rivière Saguenay, de même que de la dynamique particulière qu'elle crée en interaction avec la marée, la communauté phytoplanctonique du Saguenay présente une composition bien particulière et variable selon l'écart en distance par rapport à son embouchure (Cloutier 1984). À l'amont, près de la baie des Ha! Ha!, les espèces dominantes sont principalement *Asterionella formosa* et *Tabellaria fenestrata*, lesquelles sont accompagnées notamment par *Aulacoseira ambigua*, *Aulacoseira islandica*, *Tabellaria flocculosa*, *Dinobryon bavaricum*, *Ceratium hirundinella* et *Anabaena flosaquae*, selon la période de l'année (Cloutier 1984). Selon le répertoire *AlgaeBase* (Guiry 2016), ces espèces seraient toutes caractéristiques de milieux d'eau douce. Par ailleurs, plus en aval, près de Sacré-Cœur, les espèces dominantes en juin seraient des diatomées d'eau douce dont *Diatoma elongatum* et *Tabellaria fenestrata*, en juillet et août, la dominance serait assurée par des espèces saumâtres ou marines comme *Melosira moniliformis* et *Chaetoceros spp.*, alors qu'en septembre, la communauté serait dominée conjointement par *Melosira moniliformis* et par une diatomée d'eau douce *Tabellaria fenestrata*. Finalement, en octobre et en novembre, les algues d'eau douce dominent nettement les communautés phytoplanctoniques du Saguenay (Cloutier 1984).

La productivité primaire au sein du fjord est très faible en comparaison d'eaux côtières et de fjords comparables, dont ceux de la Norvège. Alors que la production primaire totale maximale de la couche photique atteint 165 mg C/m<sup>2</sup> par jour dans le fjord du Saguenay, certains fjords et estuaires comparables atteignent jusqu'à 6 460 mg C/m<sup>2</sup> par jour (tableau 7; Côté et Lacroix 1979). Ceci s'explique principalement par l'absence de bloom printanier important dans le fjord, par un début tardif de la période productive et par de faibles valeurs de biomasse phytoplanctonique (Côté et Lacroix 1979). Le Saguenay étant étroit, long et générant un fort débit, les cellules phytoplanctoniques au sein de celui-ci sont entraînées vers l'aval généralement rapidement, et ce, dans un gradient croissant de salinité, ce qui fait en sorte de réduire la viabilité des espèces les moins adaptables ainsi que le temps de résidence des espèces les plus tolérantes. Ce transport vers l'aval empêche donc l'établissement d'une biomasse phytoplanctonique plus abondante (ARGUS 1992). De plus, les facteurs tels que la stabilité de la colonne d'eau, un rapport favorable entre l'épaisseur de la couche photique et la zone de mélange, la disponibilité d'éléments nutritifs, la température de l'eau, la salinité, ainsi que la simultanéité des périodes optimales pour la production primaire en regard de chacun de ces facteurs, font en sorte de réduire encore davantage la durée optimale pour la prolifération du phytoplancton (Côté et Lacroix 1979).

**Tableau 7. Production primaire totale (mg C. m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) du fjord du Saguenay et d'autres milieux comparables**

Lieu	Type	Production primaire (mg c. M <sup>-2</sup> .d <sup>-1</sup> )
Saguenay (amont)	Fjord	165,61 (juillet)
Saguenay (centre)	Fjord	53,82 (août)
Saguenay (aval)	Fjord	75,30 (juillet)
Saint-Laurent	Estuaire	500 à 6 460
Baie des Chaleurs	Eaux côtières de latitude voisine	290 à 2 960
Groënland	Fjord	1 200
Colombie-Britannique	Fjord	24 à 3 700
Norvège	Fjord	Jusqu'à 4 000

Source : Côté et Lacroix (1979)

À l'amont du fjord, généralement vers la mi-juillet, les conditions optimales à la prolifération du phytoplancton seront rencontrées, soit l'obtention d'une colonne d'eau suffisamment stable, des apports en eau douce plus faibles, un rapport entre l'épaisseur de la couche photique et de la zone de mélange plus favorable, ainsi qu'une salinité et des concentrations en phosphates accrues.

Les espèces présentes en amont (eau douce) n'ayant pas les mêmes exigences ou facteurs limitants que celles colonisant l'aval (eau saumâtre à salée), les périodes de production primaire optimale ne concordent donc pas nécessairement à l'échelle du fjord (Côté et Lacroix 1979).

## ZONE PROFONDE

Malgré que la couche photique du fjord du Saguenay soit caractérisée par des taux de production primaire relativement faibles, il a été démontré que les couches profondes de ce fjord montrent des valeurs de chlorophylle plutôt élevées. Selon les expérimentations réalisées, l'activité photosynthétique serait effectuée de façon significative dans les 20 premiers mètres de la partie centrale du fjord comparativement aux 100 premiers mètres de la colonne d'eau dans le tronçon aval. En saison estivale, soit en juillet et août, le rapport production/biomasse des couches plus profondes que 20 m de la partie aval montre également des valeurs élevées, lesquelles sont supérieures aux valeurs observées dans la couche photique. Ceci ferait en sorte de contribuer de façon significative aux apports nutritifs des herbivores et détritivores pélagiques des couches profondes (ARGUS 1992).

### 3.1.2.2 ZOOPLANCTON

Dans le fjord du Saguenay, l'abondance totale du zooplancton ne varie pas de façon très marquée. En effet, le cycle de la marée et les variations saisonnières n'ont qu'un effet minime. La composition de la communauté zooplanctonique peut toutefois varier à l'échelle spatiale et temporelle. Ainsi, de manière générale, les genres *Oithona* sp. et *Microcalanus pygmaeus* représentent près de 90 % de l'abondance totale du zooplancton (Runge et Simard 1990 In Mousseau et Armellin 1995). Toutefois, en mai et juin, l'abondance de zooplancton est principalement attribuable à *Calanus finmarchicus*, *Calanus hyperboreus*, *Oithona similis* et *Microcalanus pygmaeus* en aval, alors que *Microcalanus pygmaeus* et *Oithona borealis* dominant en amont. D'août à septembre, c'est plutôt *Acartia longiremis* et *Eurytemora herdmani* qui sont proportionnellement plus abondantes en amont, alors qu'*Oithona borealis* prévaut en aval du fjord (Rainville 1979 dans Mousseau et Armellin 1995). Ainsi, la composition des bassins aval du fjord s'apparente davantage à celle de l'estuaire du Saint-Laurent. Toutefois, comparativement à l'estuaire, la biomasse

mésoplanctonique (incluant notamment les calanoïdes) du fjord est de deux à dix fois plus faible. En incluant le macroplancton (dont les mysidacés et euphausiides), par contre, la biomasse zooplanctonique serait supérieure à celle de l'estuaire. Cette biomasse augmente de la surface vers le fond, passant ainsi de 4,5 mg/m<sup>3</sup> à 25 m de profondeur à 13 mg/m<sup>3</sup> à 100 m de profondeur (Rainville 1979 dans Mousseau et Armellin 1995).

Dans la communauté planctonique du Saguenay, certains groupes montrent des particularités, dont les mysidacés et les amphipodes gammaridiens (ARGUS 1992). On remarque, entre autres, chez les mysidacés que trois espèces se démarquent par leur abondance, soit *Mysis littoralis*, *Boreomysis nobilis* et *Erythrops erythrophthalma*. Ces dernières, strictement benthiques ou suprabenthiques au sein d'autres milieux, occupent la partie supérieure et inférieure de la colonne d'eau dans le Saguenay, ce qui contribue à accroître significativement les biomasses zooplanctoniques (Brunel *et al.* 1980). En ce qui a trait aux mysidacés, *Boreomysis nobilis* et *Mysis littoralis* constituent des espèces arctiques et subarctiques très abondantes dans les eaux du Saguenay, alors qu'elles sont à toutes fins pratiques absentes de l'estuaire et du golfe. La présence de ces deux espèces, apparemment endémiques au Saguenay, pourrait témoigner du statut d'enclave biogéographique arctique du Saguenay au sein de la zone boréale (ARGUS 1992).

La communauté zooplanctonique inclut également la présence de larves de poissons dans l'écosystème. En 2004 et 2005, des études réalisées en ce qui a trait à la diversité et à la distribution spatio-temporelle de l'ichtyoplancton dans le fjord du Saguenay mettaient en évidence la présence dominante des larves de capelan et d'éperlan (98 % des captures) au sein du fjord du Saguenay (Sirois *et al.* 2009). Outre ces deux espèces, les larves de 12 autres espèces de poissons ont été trouvées dans les échantillons prélevés lors de ces études, dont : des larves de sébaste (*Sebastes spp.*), de sigouine de roche (*Pholis gunnelus*), de morue (*Gadus spp.*), de lançon (*Ammodytes sp.*), d'hareng atlantique (*Clupea harengus*), de motelle à quatre barbillons (*Enchelyopus cimbrius*), de lompénie-serpent (*Lumpenus lumpretaeformis*), de chaboisseau à épines courtes (*Myoxocephalus scorpius*), de perchaude (*Perca flavescens*), de poisson-alligator arctique (*Aspidophoroides monopterygius*) et une ou des espèces de la famille des Cyclopteridae (Sirois *et al.* 2009). Parmi toutes les captures de larves, 99 % d'entre elles occupaient la mince couche de surface chaude et saumâtre (0 à 15 m de profondeur). Les plus grandes abondances de larves étaient observées dans le bassin supérieur du fjord, excluant ainsi l'hypothèse du transport des larves du Saint-Laurent vers le fjord par l'action de la marée. Les analyses traitant de la distribution temporelle des larves des trois principales espèces composant les échantillons, soit le capelan, l'éperlan et le sébaste, démontrent l'apparition des larves au sein de la colonne d'eau au cours du mois de juin. Les abondances les plus élevées sont obtenues entre la fin juin et la fin juillet (Sirois *et al.* 2009).

### 3.1.3 INVERTÉBRÉS BENTHIQUES ET NECTONIQUES

Cette section présente la description des communautés d'invertébrés utilisant la zone d'étude ou susceptibles de s'y retrouver. L'emphase a essentiellement été mise sur les communautés d'invertébrés benthiques, notamment en raison du mode de vie sessile de plusieurs espèces, les rendant ainsi vulnérables aux perturbations de leur habitat. Les invertébrés pélagiques, quant à eux, sont peu documentés et leur mobilité rend leur échantillonnage plus complexe afin de dresser un portrait représentatif de leur utilisation de la zone d'étude. La section présente donc les informations sur les communautés d'invertébrés tant à partir des informations recueillies dans la littérature scientifique que celles recueillies au terrain. Les cartes 2-A, 2-B et 2C présentent la localisation des principales composantes biologiques ou habitat d'intérêt pour les communautés d'invertébrés, et ce, respectivement pour les sous-zones nord (amont), centrale et sud (aval) de la zone d'étude.

#### 3.1.3.1 REVUE DE LITTÉRATURE

Les invertébrés benthiques constituent des maillons importants des chaînes trophiques aquatiques et représentent, par conséquent, une part importante de l'alimentation de nombreux vertébrés comme les poissons, les canards et certains mammifères marins.

## ZONE INTERTIDALE

La zone intertidale correspond au secteur compris entre les niveaux de la pleine mer supérieure de grande marée (PMSGM) et de la basse mer inférieure de grande marée (BMIGM). Elle est ainsi complètement ou partiellement exondée à chaque cycle de marée, soit deux fois par jour. Les organismes qui la colonisent affichent donc des adaptations, ou un mode de vie, qui leur permettent de résister à l'exondation périodique, voire à la dessiccation.

La zone intertidale bordant le fjord du Saguenay est caractérisée par des conditions très contraignantes pour la survie d'organismes épibenthiques. En effet, ces organismes sont exposés à d'importantes variations de niveaux d'eau, de température et de salinité comme dans toute zone intertidale, mais également à un fort courant, une turbidité importante et l'abrasion par les glaces en période hivernale. La production primaire dans la couche superficielle du fjord étant également relativement faible, la disponibilité de nourriture pour certaines espèces brouteuses se trouve ainsi potentiellement limitante pour le maintien des communautés de la zone intertidale. Par conséquent, l'abondance et la diversité d'organismes sont nettement diminuées comparativement à d'autres milieux intertidaux. Le tableau 8 présente la liste des espèces inventoriées dans la zone médiolittorale du fjord du Saguenay dans le cadre de diverses études.

**Tableau 8. Principaux organismes benthiques de la zone médiolittorale du fjord du Saguenay**

Embranchement, classe (ou sous-classe) et espèce		
Cnidaires	Annélides	Arthropodes
Scyphozoaires	Polychètes	Amphipodes
<i>Cyanea sp.</i>	<i>Hediste diversicolor</i>	<i>Gammarus duebeni</i>
MOLLUSQUES	<i>Nereis virens</i>	<i>Gammarus lawrencianus</i>
Bivalves	ARTHROPODES	<i>Gammarus oceanicus</i>
<i>Macoma baltica</i>	Copépodes	<i>Gammarus setosus</i>
<i>Mya arenaria</i>	<i>Epischura lacustris</i>	Décapodes
<i>Mytilus edulis</i>	<i>Eurytemora affinis</i>	<i>Crangon septemspinosa</i>
Gastéropodes	Mysidacés	ÉCHINODERMES
<i>Testudinalia testudinalis*</i>	<i>Mysis gaspensis</i>	Échinoidés
<i>Littorina littorea</i>	<i>Mysis stenolepis</i>	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>
	<i>Neomysis americana</i>	

Source : Drainville *et al.* 1978 et Naturam Inc. 1990 In Mousseau et Armellin 1995

\* signifie que le nom latin a été mis à jour selon le registre des espèces marines WoRMS

Les relevés réalisés au terrain lors des campagnes de caractérisation du milieu n'ont permis d'identifier aucune utilisation de l'estran ni signe de présence d'organismes invertébrés épibenthiques au sein de la zone d'étude locale englobant les trois variantes de localisation ciblées pour l'aménagement du terminal maritime. Les habitats disponibles dans ces secteurs étant principalement rocheux, la zone intertidale y étant relativement étroite en raison de l'escarpement de l'estran et l'exposition aux éléments, dont les courants, les marées, les vagues, la glace, etc. Ces éléments constituent des facteurs contraignants pour la colonisation du milieu par les organismes.

## ZONE SUBTIDALE

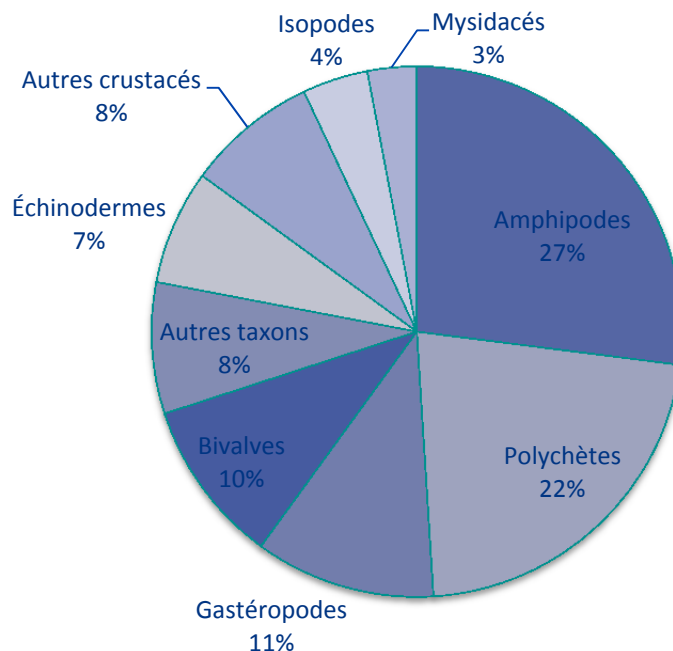
La zone subtidale se retrouve sous le niveau de basse mer inférieure de grande marée (BMIGM). Elle est, par conséquent, toujours immergée et offre des conditions plus stables que la zone intertidale. Néanmoins, la zone subtidale se subdivise en deux principales couches, soit la couche de surface et la couche d'eau profonde, lesquelles sont séparées par la thermohalocline.

### COUCHE DE SURFACE (OU ÉTAGE INFRALITTORAL)

L'étage infralittoral couvre la portion entre le médiolittoral et la limite supérieure de la thermohalocline. Ceci correspond approximativement aux 15 premiers mètres de la colonne d'eau du fjord. En amont du fjord, les invertébrés que l'on retrouve sont généralement les mêmes qu'au sein de l'étage médiolittoral (Mousseau et Armellin 1995). La diversité et les abondances y sont donc faibles. Les travaux effectués au terrain ont d'ailleurs confirmé ce fait. En effet, le long des transects de caméra sous-marine réalisés perpendiculairement au rivage, les premiers 15 m étaient le plus souvent complètement dépourvus de faune macroscopique. Des balanes et quelques oursins ont été observés par endroits, sans plus.

### COUCHE D'EAU PROFONDE (OU ÉTAGES CIRCALITTORAL ET BATHYAL)

Contrairement aux zones médiolittorale et infralittorale, la faune benthique de la couche d'eau profonde du fjord est très diversifiée. Bien que peu étudiée, on y aurait répertorié plus de 410 espèces d'invertébrés, et ce, presque exclusivement sur les fonds meubles du fjord (Bossé *et al.* 1996). Ceci implique donc que l'inventaire des parois rocheuses du fjord contribuerait fort possiblement à accroître considérablement ce nombre. Des 410 espèces inventoriées, les amphipodes et polychètes représentent près de 50 % en termes de nombre d'espèces (figure 1). Les espèces inventoriées dans le fjord représentent approximativement 50 % de la diversité des espèces benthiques de l'estuaire du Saint-Laurent.



**Figure 1.** Importance relative des groupes taxonomiques des fonds meubles du fjord du Saguenay (tiré de Mousseau et Armellin 1995)

Parmi les 410 espèces documentées dans le fjord, environ 80 % se retrouveraient dans les eaux du Saint-Laurent, alors que 5 % seraient d'affiliation arctique. Ces espèces reliquales constituent des vestiges de la dernière glaciation. Bien que peut-être proportionnellement plus abondantes dans le fjord, ces espèces ne sont toutefois pas une caractéristique unique au fjord. En effet, on en trouve dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent ainsi que dans le golfe. La présence de ces espèces serait due à une très faible capacité de dispersion de certaines d'entre elles, principalement en raison de leur mode de développement direct ou sans larve pélagique, ou à une mobilité restreinte de ces espèces aux stades juvéniles et adultes. Ces espèces d'affiliation arctique semblent davantage concentrées au niveau de l'étage bathyal, soit à plus de 180 m de profondeur au sein du fjord (Drainville *et al.* 1978). Le tableau 9 présente la liste des espèces arctiques du fjord du Saguenay non répertoriées dans l'estuaire du Saint-Laurent.

**Tableau 9. Espèces d'affiliation arctique inventoriées dans le fjord et non répertoriées dans l'estuaire du Saint-Laurent**

Embranchement, classe (ou sous-classe) et espèce	
Brachiopodes	Crustacés
Rhynchonellata	Amphipodes gammaridiens
<i>Glaciarcula spitzbergensis</i>	<i>Acanthonotozoma inflatum</i>
MOLLUSQUES	<i>Atylus carinatus</i>
Prosobranches	<i>Eusirus cuspidatus</i>
<i>Alvania moerchi</i>	<i>Gammaracanthus loricatus</i>
<i>Punctulum wyvillethomsoni</i> *	<i>Gronella groenlandica</i>
<i>Buccinum hydrophanum</i>	<i>Deflexilodes simplex</i> *
<i>Cryptonatica affinis</i> *	<i>Tmetonyx cicada</i> *
Bivalves	<i>Tryphosella spitzbergensis</i>
<i>Cuspidaria subtorta</i>	Décapodes caridés
<i>Macoma moesta</i>	<i>Sclerocrangon ferox</i>
	Pycnogonides
	<i>Nymphon serratum</i>
	ÉCHINODERMES
	Ophiuridés
	<i>Amphipholis torelli</i>

Source : Bossé *et al.* 1996.

\* signifie que le nom latin a été mis à jour selon le registre des espèces marines WoRMS

En ce qui a trait aux portions davantage rocheuses du milieu à l'étude, seules quelques sources dressent un portrait de la diversité que l'on y retrouve. D'abord, un inventaire réalisé dans le secteur de Grande-Anse rapporte la présence de diverses espèces dont des hydroïdes, des crevettes, des balanes, des buccins, des vers tubicoles, l'étoile de mer *Henricia*, des algues corallines, des lucernaires et du corail mou, ce qui permet de croire à leur présence légèrement plus en aval du Saguenay, soit dans la zone d'étude ciblée dans le cadre du présent projet (GENIVAR 2011). De plus, les données diffusées par le Réseau de suivi de la biodiversité aquatique (RSBA), basées sur des inventaires réalisés par des plongeurs sous-marins amateurs, confirment la présence de 25 espèces d'invertébrés benthiques et pélagiques dans le secteur de Sainte-Rose-du-Nord, lequel se trouve approximativement 12 km en aval sur la rive nord du fjord. Le tableau 10 présente la liste de ces espèces inventoriées par le RSBA en 2013.

**Tableau 10. Liste des espèces d'invertébrés benthiques et pélagiques observées en plongée sous-marine à Sainte-Rose-du-Nord rapportée par les observateurs du RSBA en août et septembre 2013**

Embranchement ou classe	Espèces observées	
Cnidaires	Anémone marbrée ( <i>Stomphia coccinea</i> )	Cérianthe du nord ( <i>Cerianthus borealis</i> )
	Anémone noduleuse ( <i>Hormathia nodosa</i> )	Crinière de lion ( <i>Cyanea capillata</i> )
	Anémone rouge du nord ( <i>Urticina felina</i> )	Framboise de mer ( <i>Gersemia rubiformis</i> )
Cténophores	Béroé ( <i>Beroe cucumis</i> )	Groseille de mer plate ( <i>Mertensia ovum</i> )
Polychètes	<i>Branchiomma arcticum</i>	
Gastéropodes	Buccin commun ( <i>Buccinum undatum</i> )	
Porifères	Corbeille de Vénus ( <i>Cladocroce ventilabrum</i> )	Éponge verruqueuse ( <i>Melonanchora elliptica</i> )
Bivalves	Couteau droit ( <i>Ensis directus</i> )	Moule bleue ( <i>Mytilus edulis</i> )
Crustacés	Crevette ésope ( <i>Pandalus montagui</i> )	Crevette grise de sable ( <i>Crangon septemspinosa</i> )
Échinodermes	Astérie boréale commune ( <i>Asterias rubens</i> )	Oursin vert ( <i>Strongylocentrotus droebachiensis</i> )
	Étoile coussin ( <i>Pteraster militaris</i> )	Psolus écarlate ( <i>Psolus fabricii</i> )
	Astérie rouge sang ( <i>Henricia sanguinolenta</i> )	Soleil de mer épineux ( <i>Crossaster papposus</i> )
	Ophiure pâquerette ( <i>Ophiopholis aculeata</i> )	Soleil de mer pourpre ( <i>Solaster endeca</i> )
Céphalopodes	Poulpe boréal ( <i>Bathypolypus arcticus arcticus</i> )	

Source : RSBA 2014

### 3.1.3.2 INVENTAIRE DE LA FAUNE INVERTÉBRÉE ET DE SES HABITATS

L'inventaire des invertébrés benthiques, réalisé à partir des séquences vidéographiques enregistrées dans les trois sous-zones de la zone d'étude locale, ont permis d'identifier distinctement 35 espèces d'invertébrés sur les fonds meubles et rocheux de la zone d'étude, ainsi que dans la colonne d'eau. Ces dernières sont réparties dans neuf différents embranchements du règne animal. Considérant la qualité et la vitesse de défilement des images, l'identification de certaines espèces ou individus n'a pu être complétée jusqu'à l'espèce. Il y a donc fort à parier que la zone d'étude abrite bien davantage d'espèces que la documentation vidéo ne permet d'en identifier. Le tableau 11 présente la liste des espèces inventoriées à partir des séquences vidéographiques, alors que les photos 1 à 18 constituent des images extraites des séquences vidéographiques de certaines de ces espèces dans leur milieu.

De manière générale, les cnidaires, les annélides et les porifères constituent les embranchements les mieux représentés en termes d'abondance. Les cnidaires sont toutefois l'embranchement présentant la plus importante diversité en termes de nombre d'espèces inventoriées avec 11 des 35 espèces identifiées (soit 31 %). Leurs couleurs, leurs formes et leurs tailles font en sorte qu'elles sont facilement observables et identifiables sur vidéo, ce qui peut toutefois biaiser l'analyse au détriment d'autres espèces plus discrètes. L'inventaire réalisé en septembre 2015 offre toutefois un bel aperçu du milieu subaquatique et des zones de concentration d'organismes.

En ce qui a trait spécifiquement aux coraux et éponges d'eaux froides, parmi les espèces identifiées, on dénombre trois espèces de corail et quatre espèces de porifères, pour un total de 7 espèces sur 35, soit 20 % de la diversité observée.

De manière générale, la colonisation du milieu par les invertébrés benthiques débute approximativement à 15 m de profondeur. Les premiers organismes à faire leur apparition sont, dans la quasi-totalité des cas, les balanes, lesquelles sont solidement fixées au substrat rocheux. Suivent généralement quelques mètres plus bas, des polypes buissonnants de couleur verdâtre à brunâtre, prenant la forme de plumeaux (photo 17). Ces derniers ne peuvent être identifiés à partir des images captées par la caméra sous-marine. Selon leur morphologie ainsi que l'habitat de ces derniers, il pourrait s'agir d'hydrozoaires ou encore de bryozoaires de la famille des *Bugulidae*, lesquels requièrent la récolte pour fins d'identification. C'est aux environs de 20 m de profondeur que la diversité et la densité d'organismes deviennent plus importantes. Les anémones de la famille des *Cerianthidae*, généralement *Cerianthus borealis*, constituent les organismes qui succèdent en ordre d'apparition dans la stratification verticale (photo 4). Ces dernières sont parfois présentes en importantes concentrations. Les crevettes sont également quasi omniprésentes sous l'isobathe des 20 m, et ce, bien que ces dernières se retrouvent en plus grand nombre sur les substrats meubles (photo 12). Les fonds de sable argileux donnent également lieu à la présence d'importantes concentrations de vers tubicoles tapissant littéralement le substrat (photo 11). Les vers tubicoles observés sont des polychètes de la famille des *Sabellidae* et se manifestent par la présence de petits tubes d'une dizaine de centimètres au bout desquels on observe des petits éventails qui se rétractent à l'intérieur du tube au passage de la caméra. On observe également ces éventails caractéristiques des *Sabellidae* dans plusieurs habitats à dominance rocheuse au sein des sous-zones inventoriées dans la zone d'étude locale. Les *Sabellidae* sont, en effet, capables de sécréter un mucus agglomérant lequel peut former des tubes de consistance variable en combinaison avec des particules de sable et de vase. Ces tubes parcourant les rochers sont visibles à plusieurs endroits (photo 18). Les coraux et les éponges d'eaux froides, quant à eux, semblent être rencontrés à diverses profondeurs et dans une variété d'habitats (photos 1, 2, 3, 6, 7 et 15).

Tableau 11. Liste des invertébrés benthiques et pélagiques inventoriés dans les trois sous-zones, en 2015

Embranchement	Nom vernaculaire	Nom latin	Note
Cnidaires	Anémone marbrée	<i>Stomphia coccinea</i>	
	Anémone noduleuse	<i>Hormathia nodosa</i>	
	Anémone rouge du Nord	<i>Urticina felina</i>	
	Aurélie sp.	<i>Aurelia sp.</i>	
	Cérianthe du Nord	<i>Cerianthus borealis</i>	
	Corail mou	<i>Gersemia rubiformis</i>	
	Crinière de lion	<i>Cyanea capillata</i>	
	Lucernaire à quatre cornes	<i>Lucernaria quadricornis</i>	
	Octocorallia sp.	<i>Octocorallia sp.</i>	Panache blanc calcaire en forme d'éventail
	Plume de mer	<i>Pennatulacea sp.</i>	
	Tubulariidés sp.	<i>Tubulariidae sp.</i>	
Cténophores	Béroé	<i>Beroe cucumis</i>	
	Groseille de mer plate	<i>Mertensia ovum</i>	
	Groseille de mer ronde	<i>Pleurobrachia pileus</i>	
Mollusques	Buccin sp.	<i>Buccinum sp.</i>	
Bryozoaires	Queue de renard	<i>Bugula turrita</i>	
Annélides	<i>Branchiomma arcticum</i>	<i>Branchiomma arcticum</i>	
	Vers tubicoles (sabellidés)	Sabellidae sp.	Importantes concentrations sur fond meuble et tubes agglomérés sur les roches
Arthropodes	Balane sp.	<i>Balanus sp.</i>	
	Crevette ésope	<i>Pandalus montagui</i>	
	Crevette sp.		Coloration rose pâle à rouge vif
Échinodermes	Étoile coussin	<i>Pteraster militaris</i>	
	Astérie rouge sang	<i>Henricia sp.</i>	Potentiellement <i>H. sanguinolenta</i>
	Ophiure épineuse	<i>Ophiacantha bidentata</i>	
	Ophiure pâquerette	<i>Ophiopholis aculeata</i>	
	Ophiure sp.	<i>Ophiuridae</i> (famille)	Coloration beige à orangée
	Oursin vert	<i>Strongylocentrotus droebachiensis</i>	
	Psolus écarlate	<i>Psolus fabricii</i>	
Chordés (classe : Ascidiés)	Couenne de porc nordique	<i>Aplidium constellatum</i>	
	Didemnum encroûtant	<i>Didemnum albidum</i>	
	Patate de mer	<i>Boltenia ovifera</i>	
Porifères	Corbeille de Vénus	<i>Cladocroce ventilabrum</i>	
	Croûte de pain	<i>Halichondria panicea</i>	Coloration blanche à verdâtre
	Éponge à languettes	<i>Polymastia sp.</i>	
	Subérite charnue	<i>Suberites carnosus</i>	



Photo 1. Corbeille de Vénus (S-T07-4)



Photo 2. Corail d'eaux froides, possiblement de la sous-classe des *Octocorallia* (S-T06-2)



Photo 3. Variété de porifères (S-T06-2)



Photo 4. Cériante du nord (S-T06-3)



Photo 5. Cériante du nord et vers tubicoles (S-T06-4)



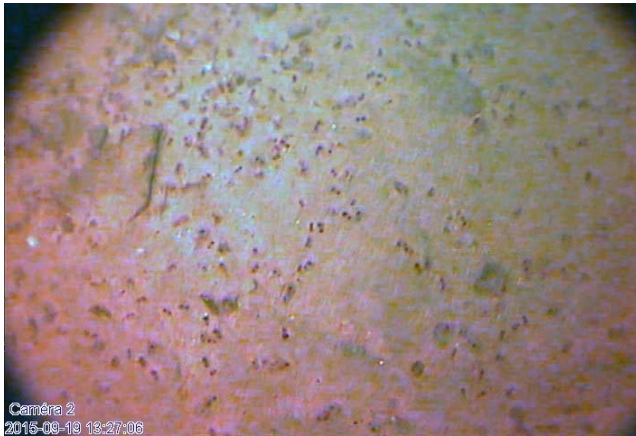
Photo 6. Subérite charnue (S-T06-5)



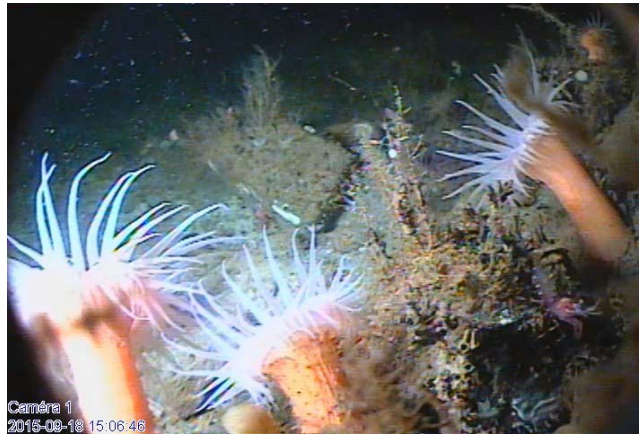
**Photo 7. Croûte de pain (S-T06-5)**



**Photo 8. Signe de présence de vers tubicoles (S-T06-9)**



**Photo 9. Signe de présence d'un potentiel mollusque fouisseur**



**Photo 10. Anémones noduleuses (S-T09-1)**



**Photo 11. Concentration de vers tubicoles (S-T01-2)**



**Photo 12. Crevette sp. (C-T04-3)**



Photo 13. Vers tubicoles, possiblement *Branchiomma arcticum* (C-T04-3)



Photo 14. Ophiure pâquerette (C-T04-5)

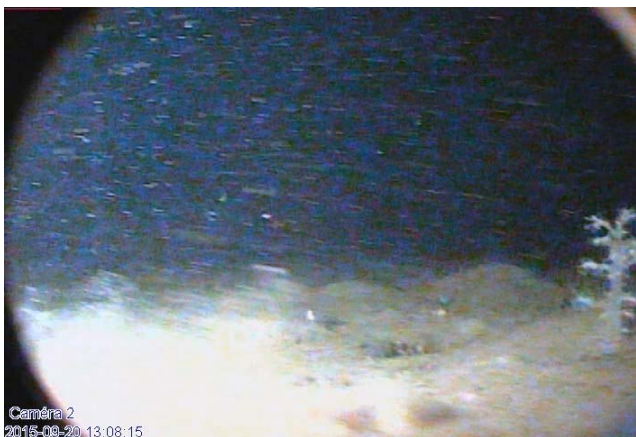


Photo 15. Framboise de mer (corail mou; N-T02-5)

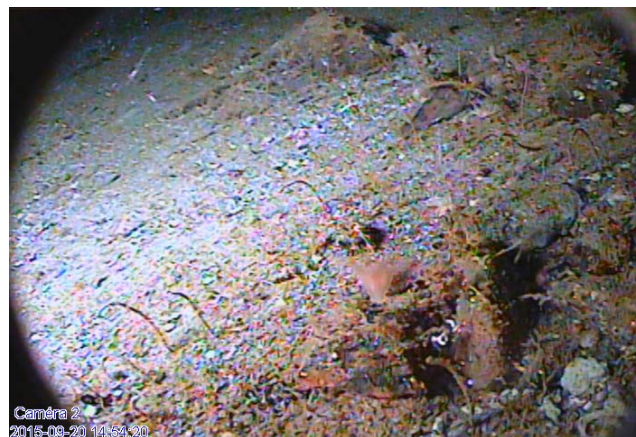


Photo 16. Lucernaire à quatre cornes (N-T01-6)

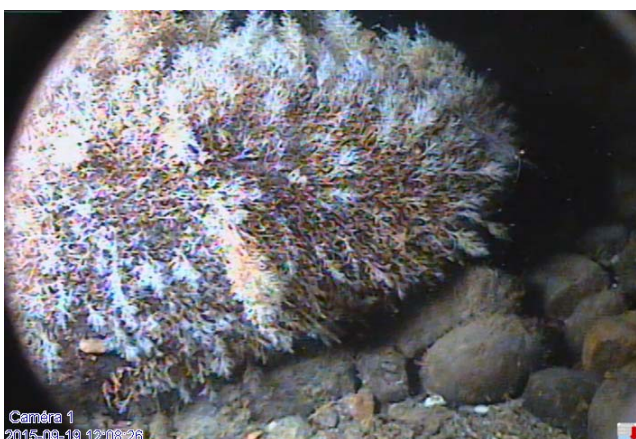


Photo 17. Organisme recouvrant les rochers par endroits dans la zone d'étude locale (S-T06-5)



Photo 18. Signe de présence de vers tubicoles de la famille des *Sabellidae* (C-T05-7)

En fonction de la granulométrie du substrat, les différents transects documentés avec la caméra sous-marine ont été segmentés. Pour chaque segment homogène, un indice qualitatif de la richesse du milieu a été attribué en fonction de la diversité et de l'abondance des observations fauniques réalisées (tableau 12). Les tableaux 13 à 15 présentent le détail des observations effectuées le long de chacun des transects, par segment homogène, ainsi que l'indice de richesse attribué.

**Tableau 12. Matrice de détermination de la richesse du milieu**

Abondance	Diversité d'organismes			
	Nulle	Faible	Moyenne	Élevée
Nulle	Nulle			
Faible		Faible	Moyenne	Moyenne
Moyenne		Moyenne	Moyenne	Importante
Élevée		Moyenne	Importante	Importante

En regard des observations compilées pour chacune des trois variantes de localisation du futur quai, peu d'éléments semblent différencier les trois sous-zones entre elles. Les inventaires démontrent toutefois une plus forte concentration de corail mou (*Gersemia rubiformis*) au sein de la sous-zone amont, ainsi qu'une pente globalement plus faible pour ce secteur. Les portions dominées par le substrat grossier, particulièrement dans l'est de la sous-zone amont, donnent lieu à de fortes concentrations d'organismes et à une diversité impressionnante d'espèces. Les fonds meubles y sont, quant à eux, souvent recouverts par d'importantes concentrations de vers tubicoles de la famille des Sabellidae, et ce, principalement aux profondeurs avoisinant les 15 à 30 m.

La sous-zone centrale, pour sa part, est principalement caractérisée par la richesse de son milieu dans la moitié amont du secteur inventorié. De l'ensemble des trois sous-zones, ce secteur constituerait la zone la plus riche et diversifiée d'entre toutes. Outre cela, le substrat meuble semble dominer à partir de 40 m de profondeur sur une importante proportion de la sous-zone centrale, alors qu'il est principalement grossier au-dessus de l'isobathe du 40 m.

Finalement, la sous-zone aval est caractérisée par la présence de quelques falaises sous-marines, associées à un substrat à dominance de roc. Ces falaises sous-marines sont densément colonisées par la faune benthique. Dans l'ensemble, la sous-zone semble présenter une grande variété d'habitats en raison de l'hétérogénéité des reliefs et substrats observés dans la sous-zone.

Les cartes 2-A à 2-C présentent une vue en plan du découpage des segments pour chacune des trois sous-zones, alors que les figures 2 à 5 illustrent les profils de quatre transects sélectionnés spécifiquement pour le site retenu (sous-zone aval) ainsi que l'indice de richesse respectif de chacun des segments des transects sélectionnés. Des images extraites des séquences vidéo sous-marines démontrent également les types d'habitats rencontrés le long des transects. Il est important de noter que les transects S-T01, S-T04 et S-T05 sont localisés directement à l'intérieur de l'empreinte des infrastructures portuaires, alors que S-T02 est situé en aval des installations projetées.

En ce qui a trait plus spécifiquement aux invertébrés nectoniques, ceux-ci sont observés à toutes les profondeurs inventoriées, et ce, au site de chacune des trois variantes de localisation du futur quai. Les observations les plus courantes concernent les cténophores et les méduses, notamment *Pleuromedusa sp.* et *Cyanea capillata*.

Tableau 13. Habitats sous-marins caractérisés et données d'inventaire de la faune benthique réalisé le long de transects parcourant la sous-zone aval

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T01	Transect localisé directement sur la position ciblée pour l'aménagement du quai en eaux profondes				
S-T01-1	6,9	-16,7 à -19,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières de tailles variables (gravier, cailloux, galets, blocs);</li> <li>Début de colonisation par la faune benthique à partir de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de balanes sp. à partir de 15 m;</li> <li>À partir d'environ 20 m, les cérianthes du nord sont présents dans les portions meubles ou les anfractuosités rocheuses;</li> <li>Présence d'étoiles de mer sp. et d'anémones.</li> </ul>	Pauvre
S-T01-2	79,6	-19,4 à -51,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat meuble (sable argileux) parsemé de galets et/ou blocs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de cérianthes du nord et d'anémones noduleuses;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur les blocs et galets;</li> <li>Concentration de vers tubicoles, aux environs de 25 m de profondeur, qui tapissent le fond meuble;</li> <li>Présence de crevettes sur le substrat meuble;</li> <li>Observations de buccins sp.</li> </ul>	Modérée
S-T01-3	11,1	-51,2 à -61,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance de roc (forte pente);</li> <li>Mauvaise qualité des images pour ce segment (écart p/r au fond).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de cérianthes du nord et d'anémones sp.;</li> <li>Présence de crevettes sp.</li> </ul>	Pauvre
S-T02	Transect localisé environ 150 m en aval du site ciblé pour l'aménagement du quai (T01)				
S-T02-1	15,6	-6,2 à -10,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat grossier à dominance de blocs anguleux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Absence de faune benthique.</li> </ul>	Nulle
S-T02-2	37,3	-10,8 à -23,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance du roc avec fine couche de dépôt meuble non uniforme;</li> <li>Début de colonisation par la faune benthique à partir de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de balanes sp. sur le roc à partir de 15 m de profondeur;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, de cérianthes du nord, d'anémones marbrées et d'anémones noduleuses;</li> <li>Présence de plusieurs <i>Henricia</i> sp., possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>Observations de nombreuses crevettes sp.;</li> <li>Observation de buccins sp.;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>NECTON : observation de cténoophores sp. dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T02-3	79,4	-23,8 à -70,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc avec présence d'un dépôt meuble relativement uniforme à sa surface.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Présence de vers tubicoles (tube de sable aggloméré sur la roche);</li> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord, d'anémones noduleuses et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires.</li> </ul>	Modérée
S-T02-4	41,5	-32,4 à -64,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat meuble (sable argileux).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'anémones sp. et de cérianthes du nord;</li> <li>• Présence de vers tubicoles sur le fond meuble.</li> </ul>	Pauvre
<b>S-T03</b>	Transect localisé approximativement 300 m en aval du site ciblé pour l'aménagement du quai (T01)				
S-T03-1	26,7	-3,1 à -13,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat grossier (cailloux et galets).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de faune benthique.</li> </ul>	Nulle
S-T03-2	6,2	-3,1 à -4,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat meuble relativement uniforme avec présence de galets ponctuellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signes de présence d'organismes fouisseurs (trous à la surface du substrat; apparence de siphons inhalant et exhalant).</li> </ul>	Pauvre
S-T03-3	4,8	-4,3 à -6,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond sableux avec forte présence de gravier, galets et blocs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de faune benthique.</li> </ul>	Nulle
S-T03-4	6,2	-6,0 à -8,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc avec gravier, cailloux et galets dans les anfractuosités.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de balanes sp. à partir de 15 m de profondeur environ;</li> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur le roc.</li> </ul>	Pauvre
S-T03-5	41,8	-8,9 à -24,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier (galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, de cérianthes du nord, d'anémones noduleuses et d'anémones marbrées;</li> <li>• Observations de crevettes sp.;</li> <li>• Observation ponctuelle de buccins sp.;</li> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• NECTON : observation de cténophores sp. dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
S-T03-6	136,7	-24,3 à -56,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux;</li> <li>• Présence de débris ligneux par endroits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de cérianthes du nord et d'anémones sp.;</li> <li>• Vers tubicoles parsèment le fond par endroits;</li> <li>• Observations de crevettes sp.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
<b>S-T04</b>	Transect localisé 50 à 100 m en amont du site ciblé pour l'aménagement du quai (T01)				
S-T04-1	27,5	-6,1 à -23,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier;</li> <li>• Début de colonisation par la faune benthique à partir de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de balanes sp. à partir de 15 m de profondeur;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord, d'hydroïdes et/ou de bryozoaires et d'anémones sp. sur les galets et blocs;</li> <li>• Observation de buccins sp.;</li> <li>• Observation d'une <i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>• Présence de crevettes sp.</li> </ul>	Pauvre
S-T04-2	90,2	-23,9 à -62,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux;</li> <li>• Présence de débris ligneux sur le fond par endroits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de vers tubicoles sur le fond meuble;</li> <li>• Présence d'anémones noduleuses, d'anémones sp. et de cérianthes du nord;</li> <li>• Observation d'étoiles de mer sp. et d'ophiures sp.;</li> <li>• Crevettes sp. sur le fond de sable argileux;</li> <li>• NECTON : observation de cténophores sp. dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
<b>S-T05</b>	Transect localisé approximativement 150 à 300 m en amont du site ciblé pour l'aménagement du quai (T01)				
S-T05-1	85,8	-3,0 à -21,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat grossier à dominance de galets et blocs;</li> <li>• Gravier souvent présent entre les blocs;</li> <li>• Début de colonisation par la faune benthique à partir de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absence de faune benthique dans les 15 premiers mètres de la colonne d'eau;</li> <li>• Apparition des balanes sp. à partir de 15 m de profondeur;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord, d'anémones sp. et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires aux environs de 20 m de profondeur;</li> <li>• NECTON : présence de méduses et de cténophores sp. dans la colonne d'eau</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T05-2	89,7	-21,1 à -45,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux;</li> <li>Présence de débris sur le fond par endroits (observations de débris entre 45 et 60 m de profondeur).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grande diversité d'organismes observée au sein de T05-2, densités toutefois relativement faibles, à l'exception des vers tubicoles qui tapissent de bonnes portions du fond, et ce, principalement aux alentours de 25 à 40 m de profondeur;</li> <li>Présence d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>, et d'oursins verts à 25 m de profondeur;</li> <li>Observation d'une lucernaire sp.;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord;</li> <li>Présence de <i>Gersemia rubiformis</i> (corail mou) à environ 45 et 53 m de profondeur;</li> <li>Observation de buccins sp. ponctuellement;</li> <li>Observation d'anémones rouges du Nord à environ 50 m;</li> <li>Présence d'ophiures aux environs de 55 m;</li> <li>Observation ponctuelle de <i>Pennatulacea sp.</i> à près de 60 m;</li> <li>Observations de crevettes sp. à toutes les profondeurs;</li> <li>Présence d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i> à 60 m de profondeur;</li> <li>NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
S-T06	Transect réalisé parallèlement au rivage d'environ 250 m en amont du T01 à 650 m en aval, dans des profondeurs oscillant entre 15 et 25 m.				

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T06-1	316,8	-13,5 à -22,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier, donc cailloux, galets et blocs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones, de cérianthes du nord, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées;</li> <li>• Observations ponctuelles d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>, d'ophiures sp. et de buccins sp.;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Présence de vers tubicoles sur les portions davantage meubles souvent localisées dans les anfractuosités.</li> </ul>	Importante
S-T06-2	229,8	-9,3 à -27,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc avec présence d'un dépôt meuble sablonneux dans les anfractuosités.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• Présence d'anémones marbrées, d'anémones noduleuses et d'anémones rouges du nord, ainsi que d'hydroïdes et/ou de bryozoaires et de cérianthes du nord, fixés aux rochers;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Observation d'une éponge de coloration beige dont l'apparence est similaire à <i>Melonanchora elliptica</i> (la vitesse de déroulement des images et la résolution ne permettent toutefois pas de confirmer l'identification hors de tout doute);</li> <li>• Présence de <i>Gersemia rubiformis</i> (corail mou);</li> <li>• Observation d'un organisme ayant l'apparence d'un corail d'eaux froides (<i>Hexacorallia</i> de la famille des <i>Caryophylliidae</i>; apparence similaire à <i>Dasmosmilia lymani</i>);</li> <li>• Présence de corail d'apparence calcaire et de couleur blanche prenant la forme d'un éventail, possiblement un <i>Octocorallia</i>;</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Importante

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T06-3	182,9	-15,5 à -23,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de cailloux et galets avec présence de blocs et portions de substrat meuble (sable argileux) par endroits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vers tubicoles tapissent les portions de substrat meuble disponible par endroits;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées, d'anémones rouges du nord et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Présence ponctuelle d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>, de <i>Boltenia ovifera</i> et de <i>buccin sp.</i>;</li> <li>• Présence de crevettes sp.</li> </ul>	Modérée
S-T06-4	15,5	-17,5 à -19,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Faible diversité d'organismes observée au sein de T06-4, mais abondance de chacune des espèces plutôt importante;</li> <li>• Abondance de vers tubicoles tapissant le fond;</li> <li>• Présence d'anémones sp. et de cérianthes du nord;</li> <li>• Observation d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T06-5	345,0	-11,1 à -23,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de cailloux, galets et blocs avec gravier dans les interstices.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées, d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que de cérianthes du nord sur le substrat rocheux;</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>• Observations ponctuelles d'oursins verts et de buccins sp.;</li> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Observation d'une éponge de coloration beige brunâtre, dont l'apparence est similaire à <i>Melonanchora elliptica</i> (éponge verruqueuse);</li> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
S-T07	Transect réalisé parallèlement au rivage d'environ 250 m en amont du T01 à 350 m en aval, dans des profondeurs oscillant entre 30 et 60 m.				
S-T07-1	42,8	-12,1 à -22,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier (cailloux, galets et blocs) avec présence d'un dépôt meuble.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, de cérianthes du nord et d'anémones noduleuses sur les blocs;</li> <li>• Observation ponctuelle de lucernaires à quatre cornes (<i>Lucernaria quadricornis</i>);</li> <li>• Présence de crevettes sp.</li> </ul>	Modérée
S-T07-2	51,3	-22,5 à -34,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentration de vers tubicoles tapissant le substrat meuble;</li> <li>• Abondance de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• NECTON : présence de méduses, possiblement <i>Cyanea capillata</i>, dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Pauvre
S-T07-3	9,5	-34,5 à -38,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de substrat grossier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones et d'éponges sur le substrat rocheux.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T07-4	27,4	-34,2 à -38,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abondance de crevettes sp. sur le fond meuble;</li> <li>Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones sp. et de cérianthes du nord;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles présentes par endroits;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia</i> sp. (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>Observation d'une ascidie de coloration orangée; selon les connaissances sur la répartition des espèces des eaux du Saint-Laurent et du fjord du Saguenay, possiblement <i>Boltenia ovifera</i> (patate de mer);</li> <li>Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les quelques rochers parsemés sur le fond;</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus).</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T07-5	18,8	-31,9 à -34,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond hétérogène présentant une alternance de substrats meuble et rocheux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Signes de présence d'organismes fouisseurs (trous à la surface du substrat; apparence de siphons inhalant et exhalant);</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration blanche à jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Abondance de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observation d'ascidies coloniales légèrement translucides dont l'apparence est similaire à <i>Aplidium constellatum</i> (couenne de porc nordique);</li> <li>Présence de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Présence de vers tubicoles sur les portions meubles du segment;</li> <li>Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones et de cérianthes du nord sur les blocs parsemés sur le fond;</li> <li>Présence de corail d'apparence calcaire et de couleur blanche prenant la forme d'un éventail, possiblement un <i>Octocorallia</i>, ainsi que de <i>Pennatulacea sp.</i></li> </ul>	Modérée
S-T07-6	113,9	-32,9 à -43,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond à dominance meuble, présentant toutefois une importante proportion de particules grossières (cailloux, galets et blocs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Signes de présence d'organismes fouisseurs (trous à la surface du substrat; apparence de siphons inhalant et exhalant);</li> <li>Forte abondance de crevettes sur le substrat meuble;</li> <li>Vers tubicoles tapissent les fonds meubles à plusieurs endroits le long du segment (densité faible à élevée);</li> <li>Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires sur les blocs, de cérianthes du nord et d'anémones noduleuses;</li> <li>Observations ponctuelles d'ophiures et de buccins;</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration blanche, jaune vif et vert);</li> <li>NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T07-7	40,7	-37,2 à -42,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc;</li> <li>• Présence d'une falaise sous-marine.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones et de cérianthes du nord fixées au roc;</li> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• Observations ponctuelles d'ophiures, de buccins, de <i>Pteraster militaris</i> et d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Présence de corail d'apparence calcaire et de couleur blanche prenant la forme d'un éventail, possiblement un <i>Octocorallia</i>.</li> </ul>	Modérée
S-T07-8	49,2	-32,1 à -54,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond présentant une dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observations de cérianthes du nord;</li> <li>• Observations de vers tubicoles tapissant le substrat meuble;</li> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Observation ponctuelle d'ophiures, d'étoiles de mer et de subérites charnues (<i>Suberites carnosus</i>).</li> </ul>	Modérée
S-T07-9	84,2	-32,1 à -63,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc;</li> <li>• Présence d'une falaise sous-marine;</li> <li>• Présence d'un dépôt meuble sur les parois rocheuses par endroits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits;</li> <li>• Observation de subérites charnues (<i>Suberites carnosus</i>);</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
S-T07-10	67,6	-34,8 à -58,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de cérianthes du nord;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits;</li> <li>• Abondance de crevettes sp.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T07-11	41,3	-48,4 à -61,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte abondance de cérianthes du nord;</li> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Présence d'anémones marbrées, d'anémones noduleuses et d'anémones rouges du nord;</li> <li>• Observations de subérite charnue (<i>Suberites carnosus</i>).</li> </ul>	Modérée
S-T07-12	55,3	-37,2 à -63,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de sable argileux;</li> <li>• Présence de débris par endroits.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de cérianthes du nord;</li> <li>• Crevettes sp. observées sur le fond;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits.</li> </ul>	Pauvre
S-T07-13	29,0	-36,3 à -41,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de cérianthes du nord et d'anémones sp.;</li> <li>• Crevettes sp. observées sur le fond;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits.</li> </ul>	Pauvre
<b>S-T08</b>	Transect localisé approximativement 500 m en aval du site ciblé pour l'aménagement du quai en eaux profondes (T01).				
S-T08-1	57,9	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat grossier à dominance de cailloux, galets et blocs avec gravier dans les anfractuosités;</li> <li>• Début de colonisation par la faune benthique à partir de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires et de balanes à partir d'environ 15 m de profondeur.</li> </ul>	Pauvre
S-T08-2	84,2	0,0 à 0,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc avec dépôt meuble relativement uniforme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires ainsi que de cérianthes du nord;</li> <li>• Observation ponctuelle de <i>Pteraster militaris</i> (étoile coussin);</li> <li>• Présence de vers tubicoles tapissant le fond par endroits (densité moyenne);</li> <li>• Présence de crevettes sp.</li> </ul>	Modérée
<b>S-T09</b>	Transect réalisé parallèlement au rivage d'environ 250 m en amont du T01 à 350 m en aval, dans des profondeurs avoisinant les 60 à 70 m.				

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T09-1	21,6	-20,8 à -23,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte présence de cérianthes du nord, d'anémones noduleuses et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur les blocs;</li> <li>• Observations d'ophiures, de buccins et d'<i>Henricia sanguinolenta</i>;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Importante
S-T09-2	663,8	-23,5 à -93,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond à dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forte abondance de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord;</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Observation ponctuelle d'étoiles de mer (espèce non déterminée en raison de la mauvaise qualité de l'image; distance de la caméra <i>pl</i> à l'organisme)</li> <li>• NECTON : plusieurs observations de cténophores et méduses, notamment <i>Pleuronecta sp.</i> et <i>Cyanea capillata</i>.</li> </ul>	Modérée
S-T10	Transect réalisé parallèlement au rivage d'environ 350 à 500 m en aval de T01, dans des profondeurs avoisinant les 20 à 30 m.				
S-T10-1	107,8	-19,5 à -25,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de cailloux, galets et blocs avec gravier dans les interstices.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées et cérianthes du nord;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues);</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles par endroits, en densité variable;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>.</li> </ul>	Modérée
S-T10-2	25,6	-25,0 à -30,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de substrats meuble et rocheux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de cérianthes du nord;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
S-T10-3	29,0	-26,2 à -30,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de vers tubicoles sur le fond;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones et de cérianthes du nord fixées aux rochers;</li> <li>• Observation de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif).</li> </ul>	Modérée
S-T10-4	9,1	-26,2 à -29,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond.</li> </ul>	Modérée

**Tableau 14. Habitats sous-marins caractérisés et données d'inventaire de la faune benthique réalisé le long de transects parcourant la sous-zone centrale**

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
C-T01	Transect réalisé de 350 à 400 m en amont de la variante de quai proposée pour la sous-zone centrale				
C-T01-1	145,2	-4,0 à -37,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier (cailloux, galets, blocs);</li> <li>• Début de la colonisation par la faune benthique aux environs de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, ainsi que de balanes à partir de 15 m de profondeur;</li> <li>• Observation ponctuelle de buccin sp.;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, de cérianthes du nord et d'anémones noduleuses fixées aux roches;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
C-T01-2	76,7	-37,5 à -46,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires ainsi que de cérianthes du nord;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits.</li> </ul>	Pauvre
C-T02	Transect réalisé au site de la variante de quai proposée pour la sous-zone centrale				
C-T02-1	148,1	-3,0 à -32,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance du substrat grossier (cailloux, galets et blocs);</li> <li>• Début de la colonisation par la faune benthique aux environs de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de balanes à partir de 15 m de profondeur;</li> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord fixées aux rochers;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia</i> sp., possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
C-T02-2	104,4	-32,1 à -58,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'anémones et de cérianthes du nord sur le fond;</li> <li>• Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp.;</li> <li>• Présence de vers tubicoles formant un tapis sur le fond meuble;</li> <li>• Présence de crevettes sp.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
C-T03	Transect réalisé environ 250 m en aval du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone centrale				
C-T03-1	154,5	-2,1 à -39,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance du substrat grossier (cailloux, galets et blocs);</li> <li>• Début de la colonisation par la faune benthique aux environs de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de balanes à partir de 15 m de profondeur;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées et de cérianthes du nord fixées aux rochers;</li> <li>• Observations ponctuelles de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues) et d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>.</li> </ul>	Modérée
C-T03-2	40,4	-38,6 à -60,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord.</li> </ul>	Pauvre
C-T04	Transect réalisé parallèlement au rivage approximativement 400 m en amont et en aval du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone centrale, à des profondeurs avoisinant les 20 à 40 m.				
C-T04-1	40,3	-27,9 à -33,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance du substrat grossier (cailloux, galets et blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones marbrées et de cérianthes du nord fixées à un substrat dur;</li> <li>• Présence de crevettes sur le fond;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits;</li> <li>• Observation ponctuelle d'une étoile de mer sp.</li> </ul>	Modérée
C-T04-2	116,0	-27,6 à -41,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond meuble par endroits;</li> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Observations d'anémones sp.</li> </ul>	Pauvre
C-T04-3	90,2	-224,9 à -42,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones noduleuses;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Présence de vers tubicoles, possiblement <i>Branchiomma arcticum</i>.</li> </ul>	Importante
C-T04-4	469,9	-31,5 à -50,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Vers tubicoles présents à plusieurs endroits le long du segment;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires sur les quelques roches parsemant le fond.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
C-T04-5	66,1	-32,3 à -45,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Observation ponctuelle d'ophiures sp. et de buccins sp.;</li> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires par endroits;</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
C-T04-6	357,8	-29,3 à -45,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux avec particules grossières (galets, blocs) par endroits;</li> <li>• Présence de rides sur le fond.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Vers tubicoles en petites concentrations par endroits;</li> <li>• Présence d'anémones noduleuses sur le substrat rocheux disponible par endroits.</li> </ul>	Pauvre
C-T04-7	5,2	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur les portions rocheuses disponibles;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits.</li> </ul>	Modérée
C-T04-8	10,6	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp.;</li> <li>• Hydroïdes fixées au roc.</li> </ul>	Modérée
C-T05	Transect réalisé parallèlement au rivage approximativement 400 m en amont et en aval du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone centrale, à des profondeurs avoisinant les 30 à 55 m.				
C-T05-1	64,7	-27,3 à -28,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier (cailloux, galets, blocs)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones sp., d'anémones noduleuses et de cérinthés du nord;</li> <li>• Présence de balanes sp. sur le substrat rocheux;</li> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• Présence de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Modérée
C-T05-2	92,8	-19,2 à -28,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux;</li> <li>• Présence de rides sur le fond.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vers tubicoles présents en petites concentrations;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
C-T05-3	152,9	-19,3 à -40,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de substrat grossier (cailloux, galets, blocs);</li> <li>• Déroulement des images très rapide affectant la résolution d'images et la capacité à identifier les organismes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées et de cérianthes du nord;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (peut-être <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia</i> sp. (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Observations ponctuelles d'<i>Henricia</i> sp., peut-être <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>• Présence de vers tubicoles.</li> </ul>	Important
C-T05-4	57,2	-30,2 à -33,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentration de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Pauvre
C-T05-5	2,7	-30,0 à -30,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires sur le substrat rocheux;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Vers tubicoles présents par endroits.</li> </ul>	Modérée
C-T05-6	25,5	-25,0 à -30,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires fixées aux rochers;</li> <li>• Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp.</li> </ul>	Modérée
C-T05-7	26,7	-23,8 à -25,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs);</li> <li>• Déroulement des images très rapide affectant la résolution d'images et la capacité à identifier les organismes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroides et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées et de cérianthes du nord;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (peut-être <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia</i> sp. (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp.</li> </ul>	Importante
C-T05-8	84,1	-21,9 à -38,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. à max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
C-T05-9	61,6	-21,9 à -29,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs);</li> <li>• Déroulement des images très rapide affectant la résolution d'images et la capacité à identifier les organismes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'anémones et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur le substrat rocheux;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Abondance de vers tubicoles;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Polymastia</i> sp. (éponge à languettes);</li> <li>• Observations ponctuelles d'étoiles de mer sp. et de buccins sp.</li> </ul>	Importante
C-T05-10	30,6	-24,1 à -29,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et d'anémones marbrées;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Abondance de vers tubicoles.</li> </ul>	Modérée
C-T05-11	487,9	-17,2 à -36,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées et de cérianthes du nord fixées au substrat rocheux;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif), de <i>Polymastia</i> sp. (éponge à languettes) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort probablement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia</i> sp., possiblement <i>H. sanguinolenta</i>, d'ophiures sp. (potentiellement <i>Stegophiura nodosa</i>) et de buccins sp.</li> </ul>	Importante

**Tableau 15. Habitats sous-marins caractérisés et données d'inventaire de la faune benthique réalisé le long de transects parcourant la sous-zone amont**

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
---------	--------------	------------------------------	----------------------	----------------------	--------------------

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T01	Transect réalisé parallèlement au rivage approximativement 425 m en amont et en aval du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone nord, à des profondeurs avoisinant les 15 à 30 m.				
N-T01-1	64,4	0 à 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de sable argileux;</li> <li>• Vitesse de déplacement plutôt rapide en raison des conditions météorologiques ne permettant pas de manœuvrer l'embarcation facilement (résolution des images moins nette que pour les deux autres sous-zones)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Présence d'anémones sur les particules plus grossières parsemant le fond par endroits.</li> </ul>	Pauvre
N-T01-2	72,7	-19,7 à -24,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc avec dépôt meuble relativement uniforme.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones fixées aux rochers;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Observations ponctuelles d'<i>Henricia</i> sp., possiblement <i>H. sanguinolenta</i> et de buccins sp.;</li> <li>• Présence de corail d'apparence calcaire et de couleur blanche prenant la forme d'un éventail, possiblement un <i>Octocorallia</i>.</li> </ul>	Modérée
N-T01-3	11,2	-20,5 à -22,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones marbrées;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia sanguinolenta</i>;</li> <li>• Présence de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fonds.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T01-4	10,9	-15,2 à -20,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp.;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones sur les blocs;</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Présence de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp.</li> </ul>	Modérée
N-T01-5	59,8	-14,2 à -26,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp.;</li> <li>Présence de cérianthes du nord;</li> <li>Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers.</li> </ul>	Pauvre
N-T01-6	120,9	-20,4 à -25,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, de cérianthes du nord, d'anémones noduleuses et d'anémones marbrées;</li> <li>Observations ponctuelles d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i> et de lucernaires à quatre cornes (<i>Lucernaria quadrocornis</i>);</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Présence de vers tubicoles par endroits.</li> </ul>	Modérée
N-T01-7	14,8	-23,8 à -24,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord fixées au substrat rocheux;</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues);</li> <li>Observation ponctuelle de psolus écarlate et d'étoiles de mer sp.</li> </ul>	Importante
N-T01-8	4,6	-24,4 à -24,6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur le roc;</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif).</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T01-9	43,5	-23,1 à -25,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse;</li> <li>Distance importante entre la caméra et le fond ne permet pas d'identifier tous les organismes observés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones noduleuses sur les particules plus grossières;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif).</li> </ul>	Modérée
N-T01-10	43,6	-19,7 à -23,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrations importantes de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses sur les galets et blocs parsemant le fond;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Modérée
N-T01-11	29,4	-15,9 à -19,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones noduleuses;</li> <li>Présence de vers tubicoles;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus).</li> </ul>	Modérée
N-T01-12	27,0	-17,6 à -31,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires;</li> <li>NECTON : Observation de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Pauvre
N-T01-13	18,3	-29,7 à -31,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Présence de vers tubicoles;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>Présence d'anémones fixées aux blocs.</li> </ul>	Modérée
N-T01-14	21,7	-21,2 à -29,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T01-15	55,9	-19,4 à -23,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et d'anémones marbrées;</li> <li>Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (peut-être <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort probablement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus).</li> </ul>	Modérée
N-T01-16	17,6	-20,3 à -23,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observation ponctuelle de <i>Gersemia rubiformis</i> (corail mou) à environ 28 m de profondeur.</li> </ul>	Modérée
N-T01-17	19,2	-22,2 à -24,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'anémones et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires;</li> <li>Observations de <i>Halichondria</i> sp. (peut-être <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp.</li> </ul>	Modérée
N-T01-18	149,3	-20,5 à -28,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses;</li> <li>Observations ponctuelles d'<i>Henricia</i> sp., peut-être <i>H. sanguinolenta</i> et de buccins sp.;</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort probablement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus).</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T01-19	19,3	-20,5 à -22,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'anémones noduleuses et d'hydroïdes et/ou de bryozoaires;</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observation ponctuelle d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>.</li> </ul>	Modérée
N-T01-20	28,8	-20,4 à -21,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et d'anémones marbrées;</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp.</li> </ul>	Modérée
N-T01-21	139,1	-19,0 à -24,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observation d'une croûte d'apparence calcaire de couleur blanche opaque sur les rochers;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones noduleuses;</li> <li>Observations de <i>Halichondria sp.</i> (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Polymastia sp.</i> (éponge à languettes);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Observation ponctuelle d'étoiles de mer sp. et de buccins sp.;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Présence de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Présence de coraux d'eaux froides.</li> </ul>	Importante

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T01-22	25,7	-23,6 à -28,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond à dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Modérée
N-T02	Transect réalisé parallèlement au rivage approximativement 425 m en amont et en aval du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone nord, à des profondeurs avoisinant les 30 à 40 m.				
N-T02-1	179,9	-28,2 à -52,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond à dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord.</li> </ul>	Modérée
N-T02-2	48,9	-43,1 à -51,7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance de roc.</li> <li>Mauvaise qualité des images en raison de matière mise en suspension dans la colonne due au contact répétitif de la caméra avec le fond.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun organisme observé en raison de la mauvaise qualité des images.</li> </ul>	N/D
N-T02-3	261,1	-29,3 à -49,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Quelques observations ponctuelles de <i>Gersemia rubiformis</i> (corail mou) à environ 40 m de profondeur.</li> </ul>	Pauvre
N-T02-4	13,7	-29,0 à -32,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires fixées au roc;</li> <li>Présence de vers tubicoles;</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort probablement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Présence de corail d'apparence calcaire et de couleur blanche prenant la forme d'un éventail, probablement un <i>Octocorallia</i>.</li> </ul>	Modérée
N-T02-5	445,8	-29,9 à -56,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond à dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de nombreuses crevettes sp. sur le fond de sable;</li> <li>Plusieurs observations de <i>Gersemia rubiformis</i> (corail mou) à environ 35 m de profondeur;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles par endroits;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses;</li> <li>Observation de quelques ophiures sp;</li> <li>Observation ponctuelle d'une étoile de mer ayant l'apparence de <i>Pteraster militaris</i> (étoile coussin).</li> </ul>	Modérée

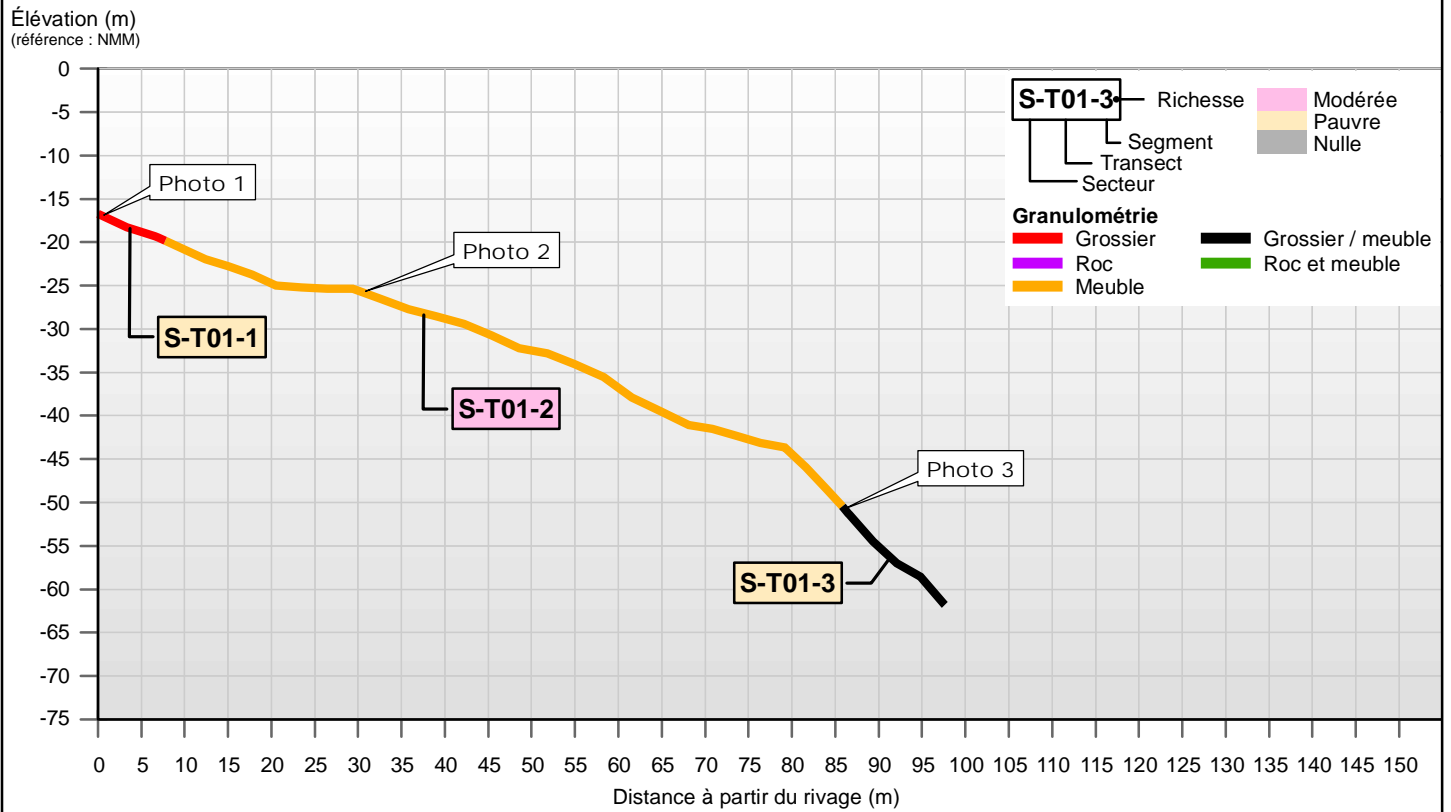
Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T02-6	34,8	-29,9 à -44,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominance de roc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Pauvre
N-T02-7	127,7	-29,9 à -39,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable argileux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond de sable;</li> <li>• Présence d'anémones sur les roches.</li> </ul>	Pauvre
N-T02-8	8,1	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observations de <i>Halichondria</i> sp. (possiblement <i>Halichondria panicea</i>, croûte de pain avec coloration jaune vif) et de <i>Suberites carnosus</i> (subérites charnues);</li> <li>• Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce</i> sp. (Corbeille de Vénus);</li> <li>• Présence d'anémones sp. et d'anémones noduleuses.</li> </ul>	Importante
<b>N-T03</b>	Transect réalisé perpendiculairement au rivage approximativement 450 m en amont du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone nord.				
N-T03-1	7,1	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs);</li> <li>• Début de colonisation par la faune benthique aux environs de 10 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de balanes sp. fixées sur les roches.</li> </ul>	Pauvre
N-T03-2	7,5	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence de balanes sp. fixées aux rochers parsemant le fond.</li> </ul>	Pauvre
N-T03-3	22,0	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fond de sable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>• Présence de cérianthes du nord;</li> <li>• Observation ponctuelle d'<i>Henricia</i> sp., possiblement <i>H. sanguinolenta</i>.</li> </ul>	Pauvre
N-T03-4	13,7	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones noduleuses fixées au substrat rocheux;</li> <li>• Présence de vers tubicoles;</li> <li>• Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond meuble disponible par endroits;</li> <li>• Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Modérée

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T03-5	262,7	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de nombreuses crevettes sp. sur le fond meuble;</li> <li>Présence d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>Observations ponctuelles de buccins sp. et d'étoiles de mer sp.;</li> <li>NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée
<b>N-T04</b>	Transect réalisé perpendiculairement au rivage approximativement 150 m en aval du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone nord.				
N-T04-1	3,0	n/d	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun organisme observé.</li> </ul>	Nulle
N-T04-2	5,5	-6,1 à -6,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable argileux;</li> <li>Mauvaise qualité d'images en raison de la distance par rapport au fond.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun organisme observé.</li> </ul>	Nulle
N-T04-3	42,9	-6,1 à -11,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond hétérogène présentant une alternance de portions meuble et rocheuse;</li> <li>Début de la colonisation par la faune benthique aux environs de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de balanes sp. fixées aux rochers;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires sur les galets et les blocs.</li> </ul>	Pauvre
N-T04-4	81,4	-11,2 à -27,8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de balanes sp. sur les galets et les blocs;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses et de cérianthes du nord;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles dans les portions meubles disponibles entre les blocs;</li> <li>Observations ponctuelles d'<i>Henricia sp.</i>, possiblement <i>H. sanguinolenta</i>;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond.</li> </ul>	Pauvre

Segment	Longueur (m)	Profondeurs min. et max. (m)	Description générale	Observation faunique	Richesse du milieu
N-T04-5	141,9	-27,8 à -53,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond à dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Présence d'anémones fixées aux roches parsemant le fond;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>Observations ponctuelles de <i>Gersemia rubiformis</i> (corail mou) à environ 45 m de profondeur;</li> <li>Observation ponctuelle de buccins sp.;</li> <li>NECTON : présence de cténophores dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Pauvre
<b>N-T05</b>	Transect réalisé perpendiculairement au rivage approximativement 125 m en amont du site de la variante de quai proposée pour la sous-zone nord.				
N-T05-1	9,2	-3,3 à -4,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun organisme observé.</li> </ul>	Nulle
N-T05-2	5,7	-4,0 à -5,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond de sable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun organisme observé.</li> </ul>	Nulle
N-T05-3	87,6	-5,1 à -26,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substrat à dominance de particules grossières (cailloux, galets, blocs);</li> <li>Début de la colonisation par la faune benthique aux environs de 15 m de profondeur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Présence de balanes sp. à partir d'environ 10 m de profondeur;</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires, d'anémones noduleuses, d'anémones marbrées et de cérianthes du nord;</li> <li>Présence de crevettes sp. sur le fond;</li> <li>Observations ponctuelles d'étoiles de mer sp. et de buccins sp.;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles au sein des portions de substrat meuble disponibles par endroits</li> </ul>	Modérée
N-T05-4	126,0	-23,1 à -61,9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fond à dominance de sable argileux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observations de <i>Suberites carnosus</i> (subérite charnue);</li> <li>Observations de porifères présentant une forme de tulipe avec un pied brunâtre et coupole beige, fort possiblement <i>Cladocroce sp.</i> (Corbeille de Vénus);</li> <li>Présence d'hydroïdes et/ou de bryozoaires ainsi que d'anémones noduleuses fixées aux roches parsemant le fond;</li> <li>Présence de crevettes sp.;</li> <li>Concentrations de vers tubicoles tapissant le fond par endroits;</li> <li>NECTON : présence de cténophores sp. et de méduses dans la colonne d'eau.</li> </ul>	Modérée



## Figure 2 - Profil de la section S-T01 de la zone aval (site retenu)

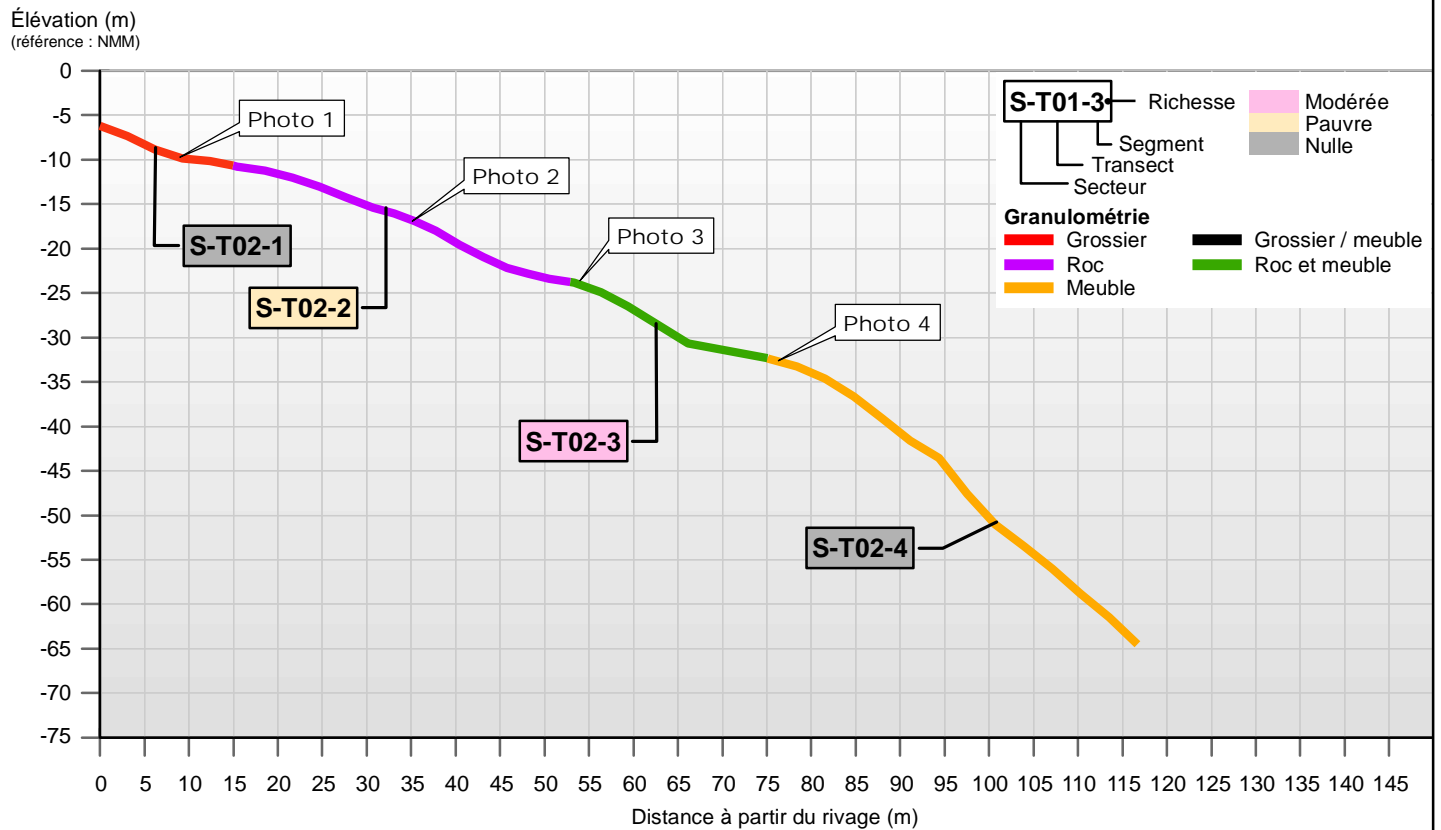


## Photos (caméra sous-marine)





**Figure 3 - Profil de la section S-T02 de la zone aval (site retenu)**

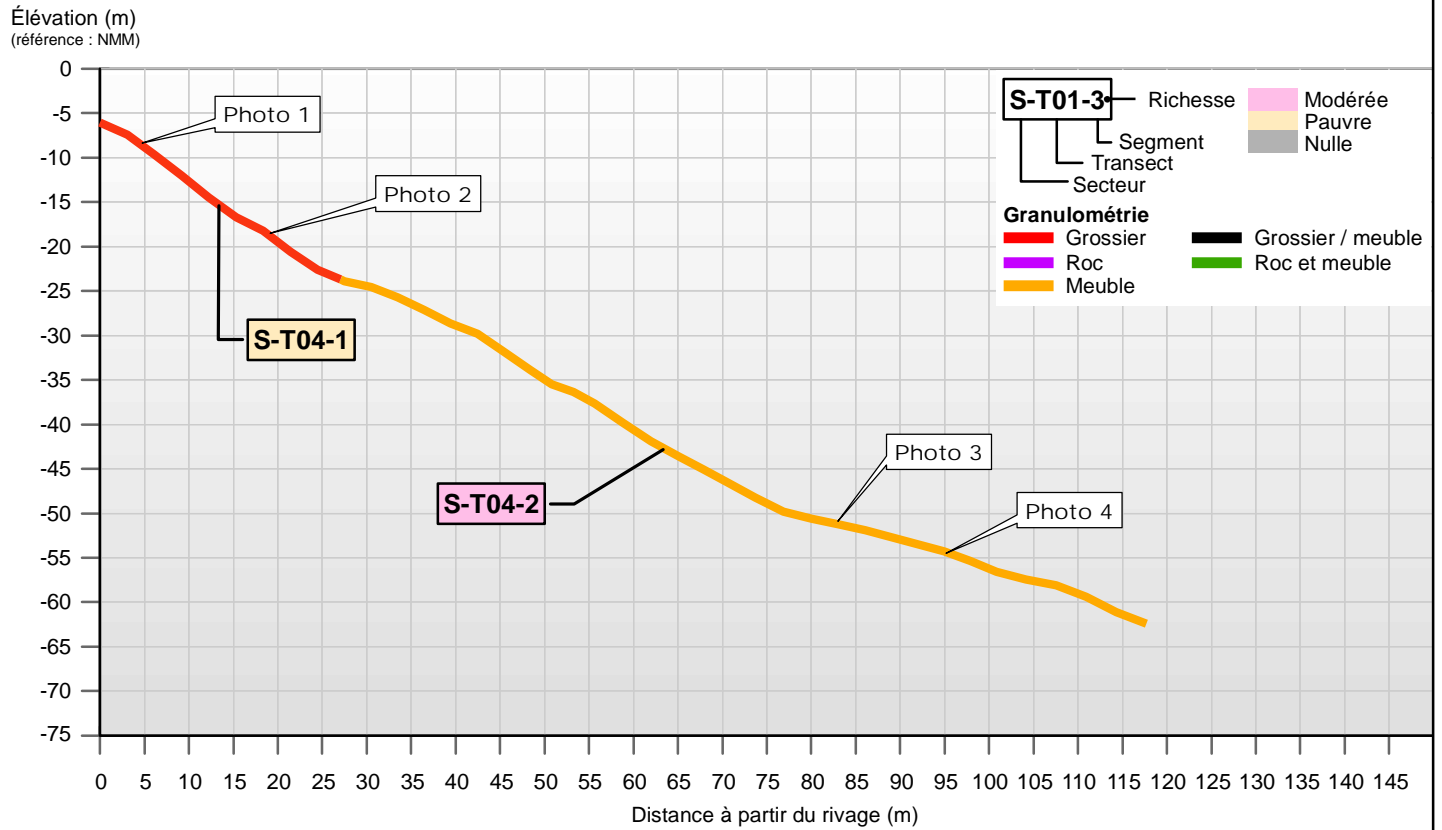


**Photos (caméra sous-marine)**

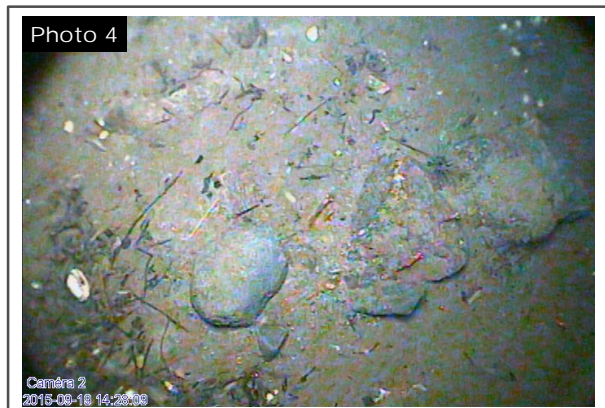
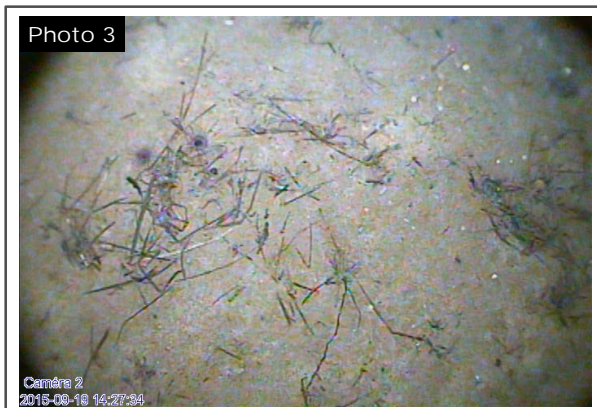




**Figure 4 - Profil de la section S-T04 de la zone aval (site retenu)**

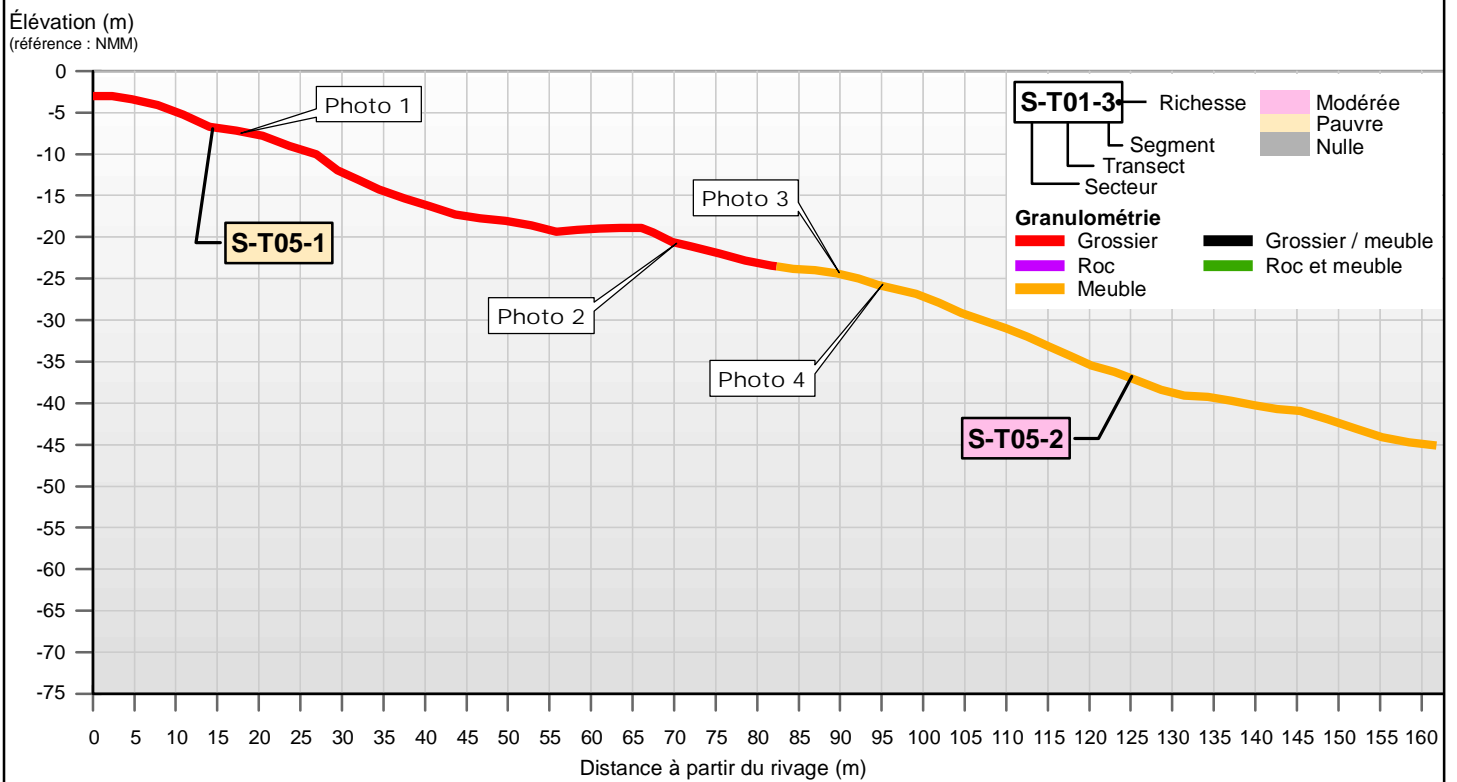


**Photos (caméra sous-marine)**

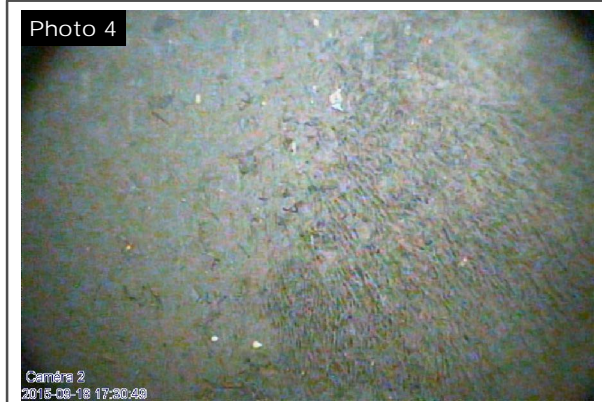




## Figure 5 - Profil de la section S-T05 de la zone aval (site retenu)



## Photos (caméra sous-marine)





Les prélèvements de benthos réalisés au moyen de la benne Van Veen ont également permis de documenter la faune benthique, et ce, toutefois seulement dans la sous-zone aval. Ainsi, en ce qui a trait à la microfaune benthique, trois échantillons de substrat meuble, principalement composés de sable argileux, ont été récoltés. La position des stations est présentée à la carte 3. Aux fins de comparaison, le nombre d'organismes dénombrés dans chaque échantillon a été reporté en densité par mètre carré et en abondance relative (%) (tableau 16). Il est à noter que les différences observées entre les stations peuvent être attribuables à la profondeur d'échantillonnage, qui a une grande influence sur les assemblages d'invertébrés benthiques. En ce sens, on observe que la station SB3 se trouve à 38 m de profondeur, soit 10 m plus en profondeur que les stations SB1 et SB4, qui se trouvent respectivement à 29 et 28 m sous la surface du fjord.

Les stations SB1 et SB4, localisées non loin l'une de l'autre et à des profondeurs équivalentes, présentent des similarités dans la composition de leurs échantillons respectifs. En effet, elles sont toutes deux largement dominées par la présence des *Spionidae*, un polychète dont l'abondance relative varie approximativement entre 50 et 60 %. Dans le cas de la station SB1, les nématodes suivent avec une représentativité de 12,1%. Les *Maldanidae* (polychète; 8,8 %) et les *Sphyrapidae* (crustacés; 6,6 %) constituent également des familles d'organismes abondantes en nombre au sein de l'échantillon de la station SB1. La densité totale d'organismes à la station SB1 s'élève à 1 810 org./m<sup>2</sup> répartis en 14 taxons. À la station SB4, deux autres taxons présentent de fortes abondances, soit les *Amphraretidae* (polychète; 19,8 %) et les Nématodes (18,8 %). La densité totale d'organismes à la station SB4 est de l'ordre de 960 org./m<sup>2</sup> répartis en 8 taxons.

La station SB3, quant à elle, est dominée par la présence des *Spionidae*, lesquels représentent 80,0 % des organismes dénombrés pour cet échantillon. Les *Sphyrapidae* constituent la seconde famille d'organismes en importance au sein de cette station. Ces derniers ont une abondance relative de l'ordre de 5,1 % à la station SB3. Une colonie d'*Ectoprocta*, un bryzoaire, a également été identifiée dans l'échantillon SB3. Outre la colonie d'*Ectoprocta*, la densité totale d'organismes à la station SB3 est de 2 360 org./m<sup>2</sup> répartis en 13 taxons. Ceci en fait la station la plus profonde et la plus densément peuplée parmi les trois stations échantillonnées.

**Tableau 16. Densité de micro-organismes benthiques aux différentes stations d'échantillonnage de la sous-zone aval, dans le fjord du Saguenay**

Station Profondeur Granulométrie du substrat (labo) Taxon	SB1 29 m Sable argileux		SB3 38 m Sable argileux		SB4 28 m Sable argileux	
	Densité (org./m <sup>2</sup> )	AR* (%)	Densité (org./m <sup>2</sup> )	AR* (%)	Densité (org./m <sup>2</sup> )	AR* (%)
CNIDARIA						
Anthozoa						
<i>Cerianthidae</i>	10	0,55				
BRYOZOA						
Ectoprocta			C**	C**		
NEMERTEA						
Heteronemertea	10	0,55			40	4,17
NEMATODA	220	12,15	60	2,54	180	18,75
MOLLUSCA						
Bivalvia						
<i>Tellinidae</i>	80	4,42	100	4,24	20	2,08
ANNELIDA						
Polychaeta						
<i>Ampharetidae</i>	10	0,55	10	0,42	190	19,79
<i>Lumbrineridae</i>	20	1,10	20	0,85		
<i>Maldanidae</i>	160	8,84	40	1,69		
<i>Nereidae</i>	40	2,21				
<i>Orbiniidae</i>			20	0,85	20	2,08
<i>Pholoidae</i>	30	1,66	20	0,85		
<i>Polynoidae</i>	10	0,55	20	0,85	10	1,04
<i>Spionidae</i>	1 080	59,67	1 890	80,08	490	51,04
<i>Terebellidae</i>	10	0,55				
Sous-total	1 680	93	2 180	92	950	99
CRUSTACEA						
Tanaidacea						
<i>Leptognathiidae</i>			20	0,85		
<i>Sphyrapidae</i>	120	6,63	120	5,08		
Isopoda						
<i>Anthuridae</i>			30	1,27		
Sous-total	120	6,6	170	7,2		
HEMICHORDATA						
Enteropneusta	10	0,55	10	0,42	10	1,04
<b>TOTAL</b>	<b>1 810</b>	<b>100,0</b>	<b>2 360 + C</b>	<b>100,0</b>	<b>960</b>	<b>100,0</b>

\* Abondance relative (AR)

\*\* Colonie (C)

Note : Les cases en grisé mettent en évidence les groupes d'espèces dominants (> 5 %) par station.

### 3.1.3.3 ESPÈCES D'INTÉRÊT ET À STATUT PARTICULIER

Parmi l'ensemble des invertébrés benthiques et pélagiques susceptibles de se retrouver au sein de la zone d'étude, quatre principaux groupes sont jugés d'intérêt particulier. D'abord, les coraux et les éponges d'eaux froides, ici désignés comme groupes d'espèces d'intérêt, constituent des organismes sensibles aux perturbations environnementales et anthropiques, et offrant un habitat de qualité pour la faune et la flore marine. Les crevettes et le crabe des neiges, quant à eux, sont des espèces d'intérêt en vue d'une potentielle exploitation, sportive ou commerciale.

#### CORAUX ET ÉPONGES D'EAUX FROIDES

Le terme « corail » est généralement utilisé afin de désigner un groupe d'organismes dont la forme correspond à des polypes marins qui produisent des sécrétions calcaires formant ainsi des parties dures ou des squelettes. Les coraux d'eaux froides se distinguent des coraux d'eaux chaudes par l'absence de relation symbiotique avec des algues unicellulaires. Ainsi, la croissance des coraux d'eaux froides ne requiert pas la présence de lumière au sein du milieu, d'où leur présence dans les grandes profondeurs. On retrouve néanmoins les coraux d'eaux froides de la zone intertidale à des profondeurs pouvant aller jusqu'à 2,5 km. Ceci permet donc de croire que les conditions hydrographiques et géomorphologiques des fonds marins, combinées à la température, la salinité et l'apport d'éléments nutritifs, influenceraient davantage la répartition et la croissance des coraux d'eaux froides que la profondeur d'eau en elle-même. Selon la littérature, on observerait notamment les coraux d'eaux froides là où les courants sont accélérés localement ou là où les ondes de marée accroissent l'approvisionnement en éléments nutritifs. En ce sens, les études démontrent que les principaux apports alimentaires de ces organismes sont le phytoplancton et le zooplancton, de même que les boulettes fécales et les détritiques. En ce qui a trait à leur mode de croissance, les coraux d'eaux froides se forment lors de la fixation de larves planctoniques sur un substrat dur. Ils peuvent constituer des récifs et s'étendre sous forme de colonie ou présenter des polypes davantage isolés. La reproduction peut être sexuée ou asexuée selon les espèces et conditions du milieu. Les coraux peuvent constituer des habitats complexes en eaux profondes. Ils créent, en effet, un habitat biogène<sup>2</sup> formant une structure complexe à trois dimensions avec des interstices qui offrent un habitat de qualité pour la faune et la flore marine (Campbell et Simms 2009).

Les éponges d'eaux froides, quant à elles, sont des animaux aquatiques primitifs, sans organes. Le corps des éponges est formé autour d'un système d'eau simple ou complexe. L'alimentation de ces dernières s'effectue par filtration et est, par conséquent, principalement basée sur les apports en plancton. Leur distribution s'étend de la zone intertidale à des profondeurs dépassant 8 km. Les organismes adultes sont sessiles et vivent solidement ancrés à un substrat dur. Ceux-ci se reproduisent selon un mode sexué ou asexué, selon les espèces. Les habitats présentant des concentrations d'éponges sont généralement utilisés par bon nombre d'espèces de vers marins et de bryozoaires qui s'incrustent dans les squelettes des éponges. Certaines études démontrent que les habitats d'éponges constituent des aires de croissance de choix pour diverses espèces de sébastes. Les crabes, crevettes et euphausiacés sont également abondants à l'échelle locale à proximité des zones de plus grande concentration d'éponges (Campbell et Simms 2009).

Les habitats formés par la présence de coraux et d'éponges sont susceptibles de fournir aux poissons et invertébrés marins des abris contre les prédateurs, des aires de croissance pour les larves et juvéniles, des aires d'alimentation, des aires de repos et des aires de reproduction. Sous la zone photique, les coraux et éponges comptent parmi les rares espèces à offrir une telle structure d'habitat (Campbell et Simms 2009).

<sup>2</sup> Habitat produit par des processus vitaux.

Vu leur faible taux de croissance, leur mode de vie sessile, leurs stratégies de reproduction variables et les particularités des conditions propices à leur développement, les coraux et les éponges d'eaux froides sont vulnérables à tout impact physique direct, aux perturbations indirectes ainsi qu'aux changements environnementaux. En raison de leur importance au sein des écosystèmes d'eaux froides ou profondes, et de leur vulnérabilité, le ministère des Pêches et des Océans du Canada a mis en place une stratégie de conservation pour l'Est du Canada. Celui-ci vise particulièrement le secteur des Maritimes (MPO 2006). À l'échelle du fjord du Saguenay, peu de recherches ont été effectuées dans le but de documenter spécifiquement les habitats de coraux et d'éponges d'eaux froides. Néanmoins, des observations en plongée et des inventaires de la faune benthique plus généraux ont démontré leur présence dans les eaux du fjord. La répartition et l'abondance y sont toutefois méconnues.

## CRABE DES NEIGES

---

Bien que l'exploitation soit interdite à l'intérieur des limites du fjord du Saguenay, une population de crabes des neiges y est présente. Des inventaires réalisés en 1988 ont permis la capture de plus de 10 000 individus, dont 95 % étaient des mâles. Néanmoins certains signes permettent de confirmer que la population du fjord s'y reproduit. En effet, de très petits mâles y sont observés (signe de recrutement) alors que des femelles matures portant des œufs sont également présentes. Le degré d'isolement de la population de crabes des neiges du fjord ainsi que l'importance des échanges de matériel génétique avec les autres populations sont toutefois méconnus. En regard des résultats de pêches expérimentales réalisées, la population du fjord est jugée de faible densité (Sainte-Marie *et al.* 1992).

## CREVETTES

---

Une dizaine d'espèces de crevettes peuplent les eaux du fjord du Saguenay. De ce nombre, la crevette nordique (*Pandalus borealis*) constitue l'espèce qui domine en nombre. Néanmoins, les abondances observées demeurent relativement faibles, ainsi que la proportion de femelles et le taux de croissance des individus. Les individus du fjord ne constituent pas une population isolée de celle du Saint-Laurent. L'existence d'un flux génétique entre l'estuaire et le fjord a été démontrée par le passé pour cette espèce (Mousseau et Armellin 1995).

Les autres espèces de crevettes peuplant les eaux du fjord sont, en ordre d'importance : la crevette ésope (*Pandalus montagui*), la crevette polaire (*Lebbeus polaris*), *Eualus macilentus* et la crevette de roche (*Sclerocrangon boreas*) (Mousseau et Armellin 1995).

Aucune activité de pêche à la crevette, ni commerciale ni sportive, n'est réalisée dans le secteur du fjord à ce jour. En effet, l'identification d'une problématique de contamination au mercure autour des années 1970 a contribué à l'arrêt des activités d'exploitation (Mousseau et Armellin 1995).

### 3.1.4 FAUNE ICTHYENNE

#### 3.1.4.1 COMMUNAUTÉS ICTHYENNES

Selon l'ensemble des sources consultées dans le cadre de l'étude, le fjord du Saguenay abriterait quelque 80 espèces de poissons dont certaines sont dulcicoles, alors que d'autres sont marines. Selon Drainville (1970) dans Mousseau et Armellin (1995), les poissons d'eau douce au sein du fjord représentent environ 16 % de l'ensemble des espèces inventoriées comparativement à 62 % pour les poissons marins, lesquels constituent donc la majorité. Les espèces migratrices, soit anadromes ou catadromes, comptent, quant à elles, pour 22 % de l'ensemble des espèces de la faune ichthyenne. Le tableau 17 présente la liste des espèces qui sont susceptibles d'occuper les eaux du fjord, selon les différentes sources d'informations consultées.

Tableau 17. Liste des espèces de poissons présents dans la rivière Saguenay

Espèce	Nom latin	Espèce	Nom latin
Agone atlantique	<i>Agonus decagonus</i>	Lotte	<i>Lota lota</i>
Aiglefin	<i>Melanogrammus aeglefinus</i>	Loup	<i>Anarhichas sp.</i>
Alose savoureuse	<i>Alosa sapidissima</i>	Lycode arctique	<i>Lycodes reticulatus</i>
Anguille d'Amérique	<i>Anguilla rostrata</i>	Lycode de Laval	<i>Lycodes lavalaei</i>
Anguille de mer (Unemak caméléon)	<i>Gymnelus viridis</i>	Lycode de Vahl	<i>Lycodes vahlii</i>
Bar rayé	<i>Morone saxatilis</i>	Lycode pâle	<i>Lycodes pallidus</i>
Barbotte brune	<i>Ictalurus nebulosus</i>	Lycode polaire	<i>Lycodes polaris</i>
Baudroie d'Amérique	<i>Lophius americanus</i>	Méné émeraude	<i>Notropis atherinoides</i>
Capelan	<i>Mallotus vilosus</i>	Merluce blanche	<i>Urophycis tenuis</i>
Chaboisseau à épines courtes	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Merluce écureuil	<i>Urophycis chuss</i>
Cisco de lac	<i>Coregonus artedii</i>	Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>
Cotte polaire	<i>Cattunculus microps</i>	Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>
Crochet atlantique	<i>Arctiellus atlanticus</i>	Morue de roche (ogac)	<i>Gadus ogac</i>
Doré jaune	<i>Sander vitreus</i>	Morue franche	<i>Gadus morhua</i>
Éperlan arc-en-ciel	<i>Osmerus mordax</i>	Morue polaire (saïda)	<i>Boreogadus saida</i>
Épinoche à cinq épines	<i>Culea inconstans</i>	Motelle à quatre barbillons	<i>Enchelyopus cimbrius</i>
Épinoche à neuf épines	<i>Pungitius pungitius</i>	Mulet à cornes	<i>Semotilus atromaculatus</i>
Épinoche à quatre épines	<i>Apeltes quadracus</i>	Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>
Épinoche tacheté	<i>Gasterosteus wheatlandi</i>	Omisco	<i>Percopsis omiscomaycus</i>
Esturgeon noir	<i>Acipenser oxyrinchus</i>	Ouananiche	<i>Salmo salar</i>
Faux-trigle maillé	<i>Triglops murrayi</i>	Quitouche	<i>Seinoutilus corporalis</i>
Flétan du Groenland	<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	Perchaude	<i>Perca flavescens</i>
Fondule barré	<i>Fundulus diaphanus</i>	Petite limace de mer	<i>Careproctus reinhardti</i>
Fouille-roche	<i>Percina caprodes</i>	Petite poule de mer atlantique	<i>Eumicrotremus spinosus</i>
Gaspereau	<i>Alosa pseudoharengus</i>	Plie canadienne	<i>Hippoglossoides platessoides</i>
Goberge	<i>Pollachius virens</i>	Plie grise	<i>Glyptocephalus cynoglossus</i>
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	Plie lisse	<i>Liopsetta putnami</i>
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	Plie rouge	<i>Pseudopleuronectes americanus</i>
Grosse poule de mer	<i>Cyclopterus lumpus</i>	Poisson-alligator atlantique	<i>Aspidophoroides monoptyerygius</i>
Hareng atlantique	<i>Clupea harengus harengus</i>	Poulamon atlantique	<i>Microgadus tomcod</i>
Hémitriptère atlantique	<i>Hemitripterus americanus</i>	Queue à tache noire	<i>Notropis hudsonius</i>
Lamproie marine	<i>Petromyzon marinus</i>	Raie épineuse	<i>Raja radiata</i>
Lançon d'Amérique	<i>Ammodytes sp.</i>	Requin du Groenland	<i>Somniosus microcephalus</i>
Limace à longues nageoires	<i>Careproctus longipinnis</i>	Saumon atlantique	<i>Salmo salar</i>
Limace du Groenland	<i>Liparis tunicatus</i>	Sébaste atlantique	<i>Sebastes mentella</i>
Limace marbrée	<i>Liparis gibbus</i>	Sébaste orangé	<i>Sebastes marinus</i>
Limande à queue jaune	<i>Pleuronectes ferrugineus</i>	Sébaste acadien	<i>Sebastes fasciatus</i>
Lompénie-serpent	<i>Lumpenus lumpretaeformis</i>	Sigouine de roche	<i>Pholis gunnelus</i>
Loquette d'Amérique	<i>Macrozoarces americanus</i>	Tricorne arctique	<i>Gymnocanthus tricuspis</i>

Sources : Comm. pers, MFFP 2016; MPO 2013; Mousseau et Armellin 1995; Lambert et Bérubé 2002; GDG Conseil inc. 2000 In Ville de Saguenay 2005; Lesueur et Archer 1996; Sirois *et al.* 2008; Musée du Fjord 2002; Tourisme Saguenay 2012.

Il est à noter que les espèces typiquement dulcicoles sont retrouvées de manière générale dans les 20 premiers mètres de la colonne d'eau à partir de la surface, alors que les poissons marins utilisent davantage les eaux profondes du fjord (Mousseau et Armellin 1995).

En 2011 et 2012, le sébaste (*Sebastes spp.*) représentait 92 % des captures de poissons de fond dans la pêche récréative hivernale dans le fjord du Saguenay, alors que les morues franches (*Gadus morhua*) et de roche (*Gadus ogac*) comptaient pour 7 % et le flétan du Groenland (*Reinhardtius hippoglossoides*) 1 % (MPO 2013).

L'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) constitue également une espèce d'intérêt faisant l'objet d'une exploitation dans le fjord. Un site d'exploitation récréative d'éperlan arc-en-ciel est d'ailleurs localisé au nord de la zone d'étude locale, et ce, de la pointe du Cap Jaseux à l'Anse à Pelletier.

La pêche récréative hivernale est pratiquée sur toute l'étendue du bassin supérieur du fjord du Saguenay, soit entre Saint-Fulgence et Petit-Saguenay. Les principaux villages de pêche sont associés aux municipalités de L'Anse-Saint-Jean, Rivière-Éternité, Saint-Félix-d'Otis, Sainte-Rose-du-Nord, Saint-Fulgence et à l'arrondissement de La Baie (ville de Saguenay) (MPO 2013).

Les relevés réalisés au terrain permettent difficilement d'associer le type d'habitat observé à une utilisation spécifique par la faune ichtyenne. À proximité du site retenu pour l'aménagement du quai, la faible présence d'herbiers aquatiques, la présence de substrat grossier, voire rocheux, et la forte pente en font un endroit peu propice à la fraie. Plusieurs observations de poissons ont été effectuées sans toutefois que les identifications puissent être complétées à l'espèce. La plupart des observations semblaient être des sébastes juvéniles (teinte orangé, grands yeux). Quelques poissons tachetés à l'allure serpentiforme, possiblement des lompénies-serpent, ont également été observés. Finalement, un banc de poissons argentés et très effilés (possiblement des lançons) a été aperçu sans toutefois être très distinct sur les images enregistrées.

### 3.1.4.2 ESPÈCES D'INTÉRÊT PARTICULIER

Parmi les quelque 80 espèces qui fréquentent potentiellement le Saguenay, certaines espèces à statut particulier ou d'un intérêt sportif méritent une attention particulière. Certaines de ces espèces témoignent de l'unicité des caractéristiques biophysiques du fjord du Saguenay; elles sont brièvement décrites ci-après.

#### OMBLE DE FONTAINE ANADROME

L'omble de fontaine anadrome (également appelé truite de mer) fréquente les eaux du Saguenay de son embouchure jusqu'au pied des barrages. Cette espèce complète l'ensemble de son cycle vital dans le Saguenay et ses tributaires. Tout comme le saumon, cette espèce effectue une migration en eau salée et remonte en eau douce pour la reproduction. Un des avantages de cette stratégie repose sur le fait qu'en eau salée la productivité est généralement plus élevée et les poissons en profitent pour se nourrir de grosses proies et ainsi atteindre des tailles souvent plus impressionnantes que les formes résidentes. Par contre, l'eau salée peut être un milieu plus contraignant car les taux de mortalité sont supérieurs à ceux en eau douce (Morinville et Thériault 2004).

Avant d'atteindre la maturité sexuelle, les jeunes ombles de fontaine trouveront refuge pour l'hiver soit dans la portion amont de la rivière Saguenay soit dans leur rivière natale où ils ne seront pas prêts à frayer. L'automne se caractérise par un mouvement des jeunes truites autant vers l'amont du Saguenay que vers leur rivière d'origine (Morinville et Thériault 2004). Les adultes, quant à eux, se dirigeront vers leur rivière natale (rivière Sainte-Marguerite, rivière à Mars, rivière Saint-Jean, rivière Éternité) pour aller frayer.

Depuis quelques années, l'engouement de cette pêche a augmenté en raison de la diminution des stocks de saumon Atlantique. Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) participe à des travaux d'échantillonnage périodiquement dans le but d'évaluer la situation de cette espèce (Décompte de géniteurs, carnet de pêcheur, pêche sentinelle). Cette espèce ne possède pas de statut au sens de la loi.

La rivière Pelletier, dont l'embouchure est à environ 3 km du quai du terminal maritime envisagé, est fréquentée par la truite de mer. Toutefois, ce cours d'eau n'est présentement pas reconnu à titre de « rivière à truite de mer ».

## BAR RAYÉ

Le bar rayé est un poisson de la famille des moronidés qui a disparu du Saint-Laurent vers le milieu des années 60. Sa disparition aurait été causée par la surpêche, combinée à divers facteurs détériorant son habitat, tels le dragage et la pollution de l'eau. En 2002, un programme de réintroduction du bar rayé dans le fleuve Saint-Laurent à partir de populations déjà existantes dans la rivière Miramichi a été mis sur pied. Contre toute attente, le succès de réintroduction de l'espèce a des retombées jusque dans le Saguenay. En effet, depuis les dernières années, des pêcheurs du Saguenay ont signalé des prises accidentelles, de plus en plus nombreuses. Juillet 2013 marquerait un sommet quant à l'explosion de cette présence. Les captures sont enregistrées un peu partout sur le fjord et la rivière Saguenay, mais surtout dans le secteur de La Baie, Saint-Fulgence et Chicoutimi (Courrier Laval 2013). Pour le moment, sa pêche et sa capture demeurent illégales dans la région en raison de la Loi sur la protection des espèces en péril. En 2014, des techniciens du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs ont détecté dans la portion de la rivière Saguenay, de manière hydroacoustique, des bars rayés qui avaient été marqués au printemps à Montmagny et à Rivière-Ouelle (Comm. pers, Marc Valentine, MFFP, 2014). Ces bars rayés utilisent donc le fjord comme couloir de migration et s'alimentent dans la rivière.

La présence du bar rayé au sein du fjord et de la rivière Saguenay préalablement à la mise en place du programme de réintroduction ne semble pas avoir été documentée. Par contre, les nombreux inventaires réalisés par le passé sur ce plan d'eau laissent croire que le bar rayé n'était pas présent dans le Saguenay (Comm. pers., Marc Valentine, MFFP, 2014).

Le bar rayé est une espèce anadrome qui fraie dans les milieux d'eau douce soumis aux marées, près de la zone de transition entre les eaux salées et douces des estuaires. Au Québec, le bar rayé se reproduit en mai et juin, alors que la température de l'eau avoisine les 15 °C. Les bars rayés de l'année utilisent les habitats près des rives des estuaires et gagnent les milieux salés à l'été (MPO 2006b). Selon des études récentes menées par le MFFP qui ont permis de suivre les déplacements de 30 bars rayés du Saguenay et du Saint-Laurent, les bars rayés passeraient la saison froide dans les eaux du fleuve Saint-Laurent et ne se reproduiraient pas dans le Saguenay (Blackburn 2016).

## REQUIN DU GROENLAND

Plusieurs observations de requin du Groenland ont été effectuées dans les eaux du fjord du Saguenay. Selon la compilation de l'historique des observations effectuées dans le fjord du Saguenay du GEERG, la première observation de requin du Groenland dans le fjord daterait de 1888 et aurait eu lieu dans la baie des Ha! Ha!. Depuis, des observations ont été rapportées pour les secteurs de Chicoutimi, Sait-Fulgence (1955 et 1969), Sainte-Rose-du-Nord (1978, 1991, 1994, 2006 et 2008), la baie des Ha! Ha! (1926, 1978, 1982, 1983, 1992, 1993 et 1994), la baie des Îles (1944), Baie-Éternité et l'Anse Saint-Jean (1948, 1978, 1992 et 1995) (GEERG 2013). L'observation de 2006 à Sainte-Rose-du-Nord découlait d'une capture accidentelle issue d'activités de pêche blanche. Le requin capturé a fait l'objet d'une nécropsie afin de documenter son état de santé général avant sa mort. Les résultats des analyses effectuées par Environnement Canada ont démontré que ce dernier était hautement contaminé (HAP, BPC et métaux lourds), ce qui laisse croire que l'individu en question était un résident du Saint-Laurent, et non un visiteur (Muir *et al.* 2006).

Si le requin du Groenland séjourne dans le fjord du Saguenay, c'est potentiellement à cause des conditions uniques de cet écosystème. L'eau très froide (entre 0 et 4°C), des fonds atteignant jusqu'à 275 mètres, de même que l'abondance de nourriture constituent un milieu idéal pour de nombreuses espèces encore peu étudiées (Bergeron 2001). Le requin du Groenland s'alimente d'invertébrés marins, de poissons et de mammifères, parfois terrestres tels le caribou et est reconnu comme un animal nécrophage. La population du Saint-Laurent semble montrer d'importantes différences par rapport à la population de l'Arctique. En effet, les requins du Groenland de l'Arctique seraient infectés par un copépode parasite de l'œil qui provoquerait une opacité de la cornée et, par conséquent, la cécité. Les requins du Groenland du Saint-Laurent possèderaient une meilleure acuité visuelle ce qui leur permettrait de reconnaître leurs proies et d'adopter des comportements de prédation plutôt que de nécrophagie. En 2003, ces derniers auraient d'ailleurs été observés à de faibles profondeurs au cours de la période de fraie du capelan (Harvey-Clark *et al.* 2005).

Les chercheurs du GEERG de l'Université Dalhousie n'ont pas été en mesure jusqu'à ce jour de déterminer hors de tout doute si la présence de ce poisson était reliée à une abondance de nourriture, à la présence d'un milieu propice à la reproduction, à la mise bas, à l'élevage des juvéniles ou à toute autre utilisation. Malgré les rares observations en nature, cette espèce ne possède toutefois pas de statut de protection particulier.

## ESTURGEON NOIR

---

L'esturgeon noir est le plus grand poisson qui fréquente les eaux douces du Québec. La description de la répartition de l'espèce au Québec provient principalement des captures commerciales, dirigées ou accidentelles effectuées préalablement aux années 2000. Historiquement, les captures dirigées étaient effectuées dans le Saint-Laurent en eau douce jusqu'à Pointe-au-Platon (Sainte-Croix-de-Lotbinière) en rive sud et Neuville en rive nord. Des captures accidentelles ont toutefois été rapportées au lac Saint-Pierre, dans le fjord du Saguenay, près de la péninsule Manicouagan et autour de la péninsule gaspésienne (Therrien 1998). Néanmoins, le secteur de Saint-Fulgence est reconnu comme un habitat propice à cette espèce. Historiquement, les captures d'esturgeons y étaient les plus fréquentes (Lesueur 1996).

L'esturgeon noir est un poisson démersal anadrome. Les femelles déposent leurs œufs sur des surfaces dures du fond où ils demeurent jusqu'à leur éclosion. Les juvéniles demeurent en eau douce au cours de leur premier été puis migrent vers les estuaires en hiver. Entre 3 et 5 ans, leur répartition s'étend en mer. Les reproducteurs, quant à eux, effectuent leur montaison au cours de l'été, soit entre les mois de mai et août, pour se reproduire en eau douce (MPO 2009).

Susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable au Québec, l'esturgeon noir est un poisson migrateur anadrome qui passe la majeure partie de sa vie en mer (MFFP 2001). La destruction et/ou la dégradation de l'habitat, lié aux activités humaines en milieu riverain, sont identifiées comme les causes du déclin de l'espèce. Les initiatives de rétablissement semblent montrer des signes d'amélioration des conditions dans certaines régions du Saint-Laurent (COSEPAC 2011).

## ANGUILLE D'AMÉRIQUE

---

L'anguille d'Amérique est le seul poisson catadrome du Saint-Laurent. Elle présente la particularité de former une seule population dont la distribution couvre l'ensemble de l'est de l'Amérique du Nord. La présence de l'anguille d'Amérique a été documentée dans les eaux du Saguenay et de ses affluents dans les années 80 (Mousseau et Armellin 1995). L'espèce serait considérée relativement abondante dans les rivières Éternité et Petit-Saguenay.

L'anguille d'Amérique est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LEMV) en raison de l'observation d'une diminution du recrutement des civelles au cours des dernières années. Plusieurs hypothèses sont proposées pour expliquer cette réduction, soit, entre autres, les pertes d'accès à des habitats en raison de la présence de barrages, à des mortalités dans les turbines hydroélectriques, à la dégradation du milieu et à des changements en milieu océanique (Caron *et al.* 2007).

### ÉPERLAN ARC-EN-CIEL

Au cours des 20 dernières années, la pêche sportive hivernale sur le Saguenay a connu une popularité croissante. L'espèce la plus exploitée par cette industrie, en termes de nombre de captures, est l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*). La pêche récréative hivernale est pratiquée sur toute l'étendue du bassin supérieur du fjord du Saguenay, soit entre Saint-Fulgence et Petit-Saguenay. Au cours des dernières années, les captures ont atteint des sommets de près de 1,8 million d'individus en 1997, 2000 et 2001 et dépassé les 2 millions d'individus en 2002. Un creux important a toutefois été observé en 1999 où seulement 450 000 individus ont été capturés (Lambert et Bérubé 2002). À l'hiver 2001, Talbot (1992) estime toutefois que plus de 3 millions d'individus ont été capturés. Cette importante différence, observée approximativement en une décennie, peut provenir du fait que l'achalandage au site de Saint-Fulgence, lequel constitue le principal site de pêche à l'éperlan dans le Saguenay, ait été perturbé à la fin des années 90 (Lambert et Bérubé 2002).

L'éperlan arc-en-ciel est une espèce anadrome qui se reproduit habituellement dans les affluents du Saint-Laurent. Cinq populations sont identifiées dans les eaux baignant les côtes du Québec. Le groupe de la rivière Saguenay (incluant le fjord) fait partie de la population de la rive nord du Saint-Laurent, s'étendant de la rivière Montmorency à la rivière Saguenay. Cette population comporte des caractères morphologiques distincts, dont le nombre de vertèbres, la longueur moyenne plus petite pour un âge donné et une fécondité plus faible (Mousseau et Armellin 1995). Cette espèce constitue une proie de prédilection pour bon nombre d'espèces de poissons, notamment des poissons de fond, également exploités lors de la pêche sportive hivernale (Diab 2009). Au printemps, des regroupements importants d'éperlans arc-en-ciel ont lieu en amont du pont Dubuc pendant la période de fraie.

### SAUMON ATLANTIQUE

La rivière Saguenay et son fjord sont caractérisés par la présence de deux formes de saumon atlantique, soit la forme anadrome et la forme dulcicole mieux connue sous le nom de « ouananiche ». Cette dernière abonde dans les eaux du lac Saint-Jean et est également présente dans le lac Kénogami, mais il arrive que certains individus dévalent du lac vers la rivière à la faveur des crues printanières et automnales (Tremblay *et al.* 1993 dans Mousseau et Armellin 1995). La forme anadrome se retrouve dans de nombreux affluents du Saguenay, soit les rivières à Mars, Petit Saguenay, Saint-Jean et Sainte-Marguerite (Caron *et al.* 1995 dans Mousseau et Armellin 1995). L'espèce utilise donc les eaux du fjord lors de sa migration vers les rivières du secteur.

À environ 3 km en amont du site du terminal maritime envisagé, la rivière Pelletier (Saint-Fulgence) serait fréquentée par le saumon atlantique, et ce, de son embouchure jusqu'au Petit lac Saint-Germain. Bien que les frayères y soient peu nombreuses et de faible superficie, des juvéniles y ont été capturés en 2013 (Comm. pers., Sophie Hardy, MFFP, janvier 2014). Toutefois, ce cours d'eau n'est présentement pas reconnu à titre de « rivière à saumon ».

## SÉBASTE ATLANTIQUE

---

Le sébaste atlantique est un poisson de la famille des scorpénidés caractérisé par sa couleur rouge, sa mâchoire inférieure protubérante et ses gros yeux. L'espèce se retrouve des deux côtés de l'océan Atlantique. Dans les eaux canadiennes, on reconnaît la présence de deux populations, soit celle du Nord et celle du golfe du Saint-Laurent et du chenal laurentien, qui s'étend jusque dans le fjord du Saguenay. Ce poisson vit dans les eaux froides et profondes et se nourrit d'autres poissons (MPO 2013b).

Le sébaste atlantique est une espèce vivipare, c'est-à-dire que les femelles portent leurs œufs jusqu'à ce qu'ils soient libérés à l'état de larves. La reproduction chez cette espèce a lieu entre septembre et décembre et les larves sont expulsées à la fin du printemps ou au début de l'été. La longévité des sébastes peut atteindre jusqu'à 75 ans (COSEPAC 2010).

À l'échelle du Saguenay, l'indice d'abondance issue de la pêche récréative montre une tendance continue à la baisse de 1996 à 2010, suivie d'une légère remontée depuis 2010 (MPO 2013a). Cette observation va de pair avec la tendance globale de cette population qui démontre un important déclin depuis 1984. Des consultations sont actuellement en cours afin d'inscrire la population du golfe du Saint-Laurent et du chenal Laurentien sur la liste des espèces en péril au Canada. Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) attribue à l'espèce un statut d'espèce en voie de disparition (MPO 2013b). L'espèce ne détient aucun statut de protection particulier au Québec. Cette espèce, incluant la population du golfe du Saint-Laurent et du chenal Laurentien dont fait partie la population du Saguenay, fait présentement l'objet de consultation en vue de l'inscription à la *Loi sur les espèces en péril*.

### 3.1.5 ESPÈCES À STATUT PARTICULIER

Douze espèces de poissons susceptibles de fréquenter la zone d'étude ou le fjord du Saguenay affichent un statut particulier, soit au niveau provincial ou au niveau fédéral (tableau 18). Au niveau provincial, une espèce, l'aloise savoureuse, est désignée vulnérable en vertu de la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (LRQ, c. E-12.01) et six autres sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, dont l'esturgeon noir (MRNF 2010). En vertu de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) (LRC, 202, ch. 29), les loups à tête large et tacheté sont désignés menacés, alors que le bar rayé affiche un statut d'espèce disparue (Gouvernement du Canada 2010). En ce qui a trait aux évaluations faites par le COSEPAC (2011), le bar rayé et le sébaste atlantique sont désignés en voie de disparition, le saumon atlantique préoccupant, alors que l'anguille d'Amérique, l'esturgeon noir, le loup tacheté et le sébaste acadien sont jugés menacés.

**Tableau 18. Liste des espèces ichthyennes à statut particulier**

Espèce	Désignation provinciale – LEMV	Désignation fédérale – LEP	COSEPAC
Alose savoureuse	V	-	-
Anguille d'Amérique	SDMV	-	M
Bar rayé	-	D	EVD
Esturgeon noir	SDMV	-	M
Loup atlantique	SDMV	-	-
Loup à tête large	SDMV	M	-
Loup tacheté	SDMV	M	M
Morue franche	SDMV	-	-
Saumon atlantique	-	-	P
Sébaste acadien	-	-	M
Sébaste atlantique	-	-	EVD

Sources : MFFP 2006, Gouvernement du Canada 2016.

Légende : Disparue (D); En voie de disparition (EVD); Menacée (M); Préoccupante (P) et Susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable (SDMV) et Vulnérable (V).



## 4 CONTAMINATION DES RESSOURCES

Depuis les années 1930 jusqu'à la fin des années 1970, le développement et l'exploitation de sites industriels dans la région du Saguenay a contribué de façon importante à la pollution du fjord (Dueri 2003). Trois types d'industries se sont installées au cours de ces années, soit : l'usine de chlore et alcali d'Arvida, en activité de 1948 à 1976, les alumineries localisées à Alma, Jonquière et La Baie, ainsi que quatre usines de pâte et papier dispersées le long de la rivière Saguenay, plus précisément à Alma, Kénogami, Jonquière et Port-Alfred (Dueri 2003).

La contamination du fjord a été principalement attribuée à l'activité de l'usine de chlore et d'alcali d'Arvida ainsi qu'aux alumineries de Jonquière et d'Alma qui ont déversé des rejets industriels dans la rivière Saguenay pendant plusieurs années. Les déversements ont eu cours jusqu'au début des années 1970, c'est-à-dire jusqu'à l'instauration par le gouvernement fédéral d'une réglementation contraignant les industries à limiter leurs effluents liquides : la *Loi fédérale sur les pêcheries*, plus particulièrement par le *Règlement sur les effluents de mines de métaux*. À la suite de l'application de cette loi, une nette diminution de l'apport de contaminants a été notée dans le fjord du Saguenay (Dueri 2003). Néanmoins, les contaminants déversés avant l'instauration du règlement sont demeurés dans l'écosystème et ont fait ressentir leurs effets sur la faune pendant longtemps.

Les sédiments du fjord du Saguenay sont contaminés par des métaux lourds, dont le mercure, le plomb, le zinc et le cuivre, ainsi que par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (Dueri 2003 ; Saint-Laurent Vision 2000 2002 et Savard 2004). Le comportement des deux types de contaminants en milieu aquatique est très différent.

La contamination des sédiments est prédominante dans la partie amont du fjord. Les contaminants présents dans l'eau tendent à se déposer dans le bassin profond du Bras Nord ou sont transportés par les courants en direction du bassin central ou de la baie des Ha! Ha!. Les contaminants présents dans l'air contribuent également à la problématique (Dueri 2003).

Les événements de crues extrêmes survenus en 1996 ont fait en sorte de recouvrir naturellement une grande proportion des sédiments contaminés au cours des décennies passées, ce qui a contribué à modifier de façon significative les échanges dans le milieu (Dueri 2003).

### MERCURE

Le fjord du Saguenay traîne un long historique de contamination au mercure. Principalement dû aux activités passées de l'usine de chlore et de soude caustique d'Arvida à Jonquière, lesquelles se sont échelonnées de 1948 à 1976, on estime à environ 200 à 300 tonnes métriques de mercure les quantités déversées dans le fjord sous forme de rejets liquides avant l'instauration d'une réglementation régissant les effluents industriels (Mousseau et Armellini 1995). Encore aujourd'hui, malgré la fermeture de l'usine en 1976, la contamination au mercure de certains organismes aquatiques persiste et demeure attribuable aux activités passées de cette usine. Les données du programme de suivi des contaminants, entrepris au début des années 1990 par le ministère des Pêches et des Océans (MPO), ont d'ailleurs permis de démontrer au cours des années 1990 que les teneurs en mercure dans les organismes marins de l'estuaire et du golfe Saint-Laurent, ainsi que du fjord du Saguenay, étaient globalement faibles, à l'exception de celles mesurées chez la crevette nordique et le crabe des neiges du fjord, lesquelles avoisinaient tout juste le seuil de comestibilité (Saint-Laurent Vision 2000 2002). Depuis le déluge du Saguenay, en 1996, les concentrations de mercure ont drastiquement chuté dans le fjord, entre autres, chez le crabe des neiges et la crevette nordique. En effet, la couche de recouvrement naturelle déposée dans le fjord, suite à cet événement de crue extrême, a fait en sorte d'emprisonner les sédiments contaminés sous 15 à 50 cm de sédiments propres, les plaçant ainsi hors de la portée des animaux fouisseurs qui seraient susceptibles de

les remettre en circulation (Mucci *et al.* 2014). Ainsi, on peut croire que la limitation des échanges avec le milieu soumis aux contaminants du passé et les organismes aurait contribué à l'amélioration de la santé globale de l'écosystème. À titre indicatif, les concentrations de mercure mesurées pour le crabe des neiges du fjord du Saguenay sont passées d'un peu plus de 0,6 mg/kg en 1994 à moins de 0,2 mg/kg en 2000 (Saint-Laurent Vision 2000 2002). Les vérifications faites par l'Agence de la santé et des services sociaux en 2001 et 2011 montrent sans équivoque que les éperlans et les sébastes pêchés dans le Saguenay ont maintenant des teneurs en mercure parmi les plus basses mesurées au Québec (Le Courant du Saguenay 2013).

## COMPOSÉS ORGANIQUES

Les principaux contaminants organiques dans l'environnement du fjord du Saguenay sont les biphényles polychlorés (BPC), le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ainsi que les dioxines et furannes. Provenant de sources diverses et étant régis par divers règlements selon leur nature, ces contaminants ont persisté dans l'environnement du fjord de façon plus ou moins importante. Les composés organiques ont tendance à s'accumuler dans les tissus adipeux.

Le DDT, produit chimique d'origine humaine très populaire dans les années 1950 pour la lutte aux insectes ravageurs pour des usages domestiques, agricoles ou forestiers, a été interdit d'utilisation au Canada au début des années 1970. Ce dernier a été reconnu comme une neurotoxine susceptible d'avoir des effets sur le système nerveux. Persistant et toxique, ce dernier s'accumulait dans le réseau trophique. Au début des années 2000, on en percevait toujours les traces chez certains poissons du fjord dont le poulamon atlantique, mais plus particulièrement chez les mammifères marins comme le béluga. Bien que les concentrations observées dans les organismes indicateurs semblent diminuer d'année en année, le DDT a encore des répercussions sur l'écosystème du fjord du Saguenay (Saint-Laurent Vision 2000 2002).

Les BPC résultent, quant à eux, de la réaction du chlore avec la molécule de biphényle à haute température. Ils sont présents dans certaines peintures, lubrifiants et pièces de matériel électrique. Au cours des années 1960, les qualités lubrifiantes et thermiques des BPC étaient jugées exceptionnelles. Par conséquent, on les utilisait fréquemment dans l'industrie, entre autres, comme isolants dans les transformateurs électriques. Même si leur fabrication a été interdite depuis 1975 au Canada, les BPC demeurent répandus dans le domaine industriel. Leurs principales voies d'entrée dans l'environnement sont les fuites des équipements électriques et les émissions des incinérateurs municipaux (MEF 1992). En raison de la persistance des BPC et de leur très vaste distribution, ils constituent toujours une menace pour la faune. Les BPC présentent une grande affinité pour les matières en suspension et se concentrent dans les tissus adipeux des organismes aquatiques étant donné leur faible solubilité dans l'eau (Bleau 2002). Au sein du système du Saguenay – Saint-Laurent, les BPC constituent les deuxièmes polluants en importance quant à la limitation de la consommation du poisson de pêche sportive. On en trouve notamment chez le flétan du Groenland, la plie et la morue.

Les HAP présents dans l'environnement résultent d'une combustion incomplète des scieries et fonderies (Mousseau et Armellin 1995). Spécifiquement pour la rivière Saguenay et son fjord, la présence de HAP a été attribuée aux activités anthropiques et aux effluents des alumineries dans les années 1950 à 1980. Les HAP sont peu volatils et peu solubles de sorte qu'une fois introduits dans l'eau ils ont tendance à se fixer aux particules organiques et à précipiter avec les sédiments (Bleau 2002). Selon une étude réalisée par Pelletier *et al.* (2009), les concentrations maximales de HAP dans les sédiments de surface du fjord se retrouvent entre 15 et 28 cm de profondeur, indiquant un enfouissement lent mais constant des sédiments fortement contaminés apportés au fjord dans les années 1960 et 1970. Les HAP totaux mesurés dans les échantillons de 2002 sont ainsi de 8 à 30 fois inférieurs aux concentrations mesurées en 1982. Les HAP mesurés dans les tissus biologiques de quelques espèces benthiques et épibenthiques du fjord montrent une prédominance des HAP légers avec les plus hautes valeurs présentes chez *Nereis* sp. et la crevette *Pandalus borealis* de la Baie des Ha! Ha! (Pelletier *et al.* 2009).

Les dioxines et les furannes sont des sous-produits d'activités anthropiques, incluant l'incinération des déchets, la combustion du bois, les procédés métallurgiques, la combustion de l'essence des automobiles, la combustion de l'huile à chauffage et du charbon, de même que les émissions et effluents des usines de pâtes et papiers où le chlore sert au blanchiment. Les dioxines et les furannes peuvent être accumulés par les organismes aquatiques, soit à partir de l'eau ou de l'ingestion de nourriture contaminée (Bleau 2002). Diverses espèces indicatrices ont été utilisées afin de déterminer la présence et l'évolution des concentrations en dioxines et furannes dans l'écosystème du fjord et aucun dépassement des normes en vigueur n'est observé (Mousseau et Armellin 1995).

## TRIBUTYLÉTAIN

Les TBT sont un groupe de composés organostanniques; ce sont de puissants biocides, toxiques pour les végétaux et d'autres organismes. Les TBT sont souvent utilisés dans les peintures marines antisalissures présentes sur la coque des navires. La France a été le premier pays, en 1981, à limiter leur emploi afin de protéger certains stocks de mollusques bivalves. Depuis, le Royaume-Uni (1987), les États-Unis (1988), la Nouvelle-Zélande (1988), l'Australie (1989) et la Norvège (1989) les ont interdits. L'organisation maritime internationale (OMI) tenait en octobre 2001 une conférence dans le but d'adopter la Convention sur les systèmes antisalissures (AFS). Celle-ci proposait une interdiction générale d'application ou de réapplication de composés organostanniques sur les navires à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2003. La Convention ASF n'est cependant pas encore en vigueur. Elle appuie toutefois les initiatives canadiennes en la matière. En effet, conformément à la *Loi sur la marine marchande du Canada*, le *Règlement sur la prévention de la pollution par les navires et sur les produits chimiques dangereux* s'applique à tous les navires en eaux canadiennes et à tous les navires canadiens partout ailleurs. La section 7 du Règlement exige que les navires d'une jauge brute supérieure à 400 tonneaux aient à bord un certificat de système antisalissure et que ceux d'une jauge brute inférieure à 400 tonneaux, mais d'une longueur de 24 m ou plus, aient une autodéclaration à bord. Cette section interdit l'utilisation du tributylétain en tant que système antisalissure à bord de tout navire. Le règlement, à son instauration, exigeait également l'élimination ou l'encapsulation des enduits contenant du tributylétain avant 2008. Finalement, le règlement interdit aux exploitants canadiens d'appliquer l'enduit à l'extérieur du Canada et de mettre en service le navire en eaux canadiennes ou de transférer au registre canadien tout navire utilisant ce type d'enduit. Les dispositions de la section 7 seront appliquées aux navires étrangers uniquement lorsque la Convention AFS entrera en vigueur (TC 2010).

La toxicité des TBT fait l'objet d'inquiétudes depuis les années 1970. En effet, l'une des conséquences observées de ce perturbateur endocrinien est l'apparition d'imposex<sup>3</sup> chez diverses espèces, particulièrement chez les gastéropodes, dont le pourpre de l'Atlantique et le buccin commun. Chez les poissons, la diminution de la résistance immunitaire en serait également une conséquence.

La contamination des organismes du fjord en tributylétain (TBT) a été mise en évidence au cours des années 2000. Celle-ci affectait la plupart des maillons de la chaîne alimentaire, dont la crevette nordique, le buccin commun et le sébaste atlantique. La contamination semble s'effectuer via les sédiments, l'eau et la chaîne alimentaire selon le mode de vie des organismes. L'étude menée par Viglino, Pelletier et Lee (2006) met en évidence l'importance de l'eau et du seston<sup>4</sup> comme vecteurs de contamination. En effet, par l'ingestion d'eau et de seston contaminés, l'incorporation des butylétains s'effectue dès les premiers maillons de la chaîne alimentaire, les rendant disponibles aux organismes benthiques suspensivores et aux organismes planctoniques carnivores, incluant les petits poissons et crustacés pélagiques. Néanmoins, le

<sup>3</sup> L'imposex constitue l'imposition des caractéristiques physiologiques sexuelles mâles sur les femelles d'une même espèce, soit l'apparition de pénis chez la femelle.

<sup>4</sup> Se définit comme l'ensemble des particules, de toute nature, minérales, mortes ou vives, d'origine organique ou inorganique en suspension dans l'eau.

TBT semble présent chez l'ensemble des organismes échantillonnés dans le fjord, mais toutefois en concentrations variables selon les tissus, les organes et la capacité à dégrader ou la tendance à bioaccumuler de certains organismes. Les conclusions de l'étude menée par Viglino, Pelletier et Lee (2006) démontrent l'omniprésence du contaminant dans le milieu.

## 5 EXPLOITATION DES RESSOURCES DANS LE FJORD

En raison des problématiques de contamination par diverses substances toxiques identifiées par le passé dans le fjord du Saguenay, aucune activité d'exploitation commerciale des ressources fauniques aquatiques n'a cours dans le fjord. Toutefois, l'industrie de la pêche sportive, et plus particulièrement la pêche sportive hivernale aux poissons de fond, demeure une activité récréotouristique très importante pour la région, tant pour des aspects culturels qu'économiques. En effet, la pêche blanche sur le fjord a pris son essor au cours de la décennie 1980, suite au bouleversement économique de 1983 dans la région du Saguenay lors de laquelle des congédiements massifs sont survenus dans l'industrie forestière. Ainsi, les chômeurs ont pris pour habitude de se regrouper pour s'adonner à ce nouveau loisir. Malgré les recommandations de limitation de la consommation de poissons de fond du fjord qui ont longtemps prévalu, la pêche sportive hivernale a grandement gagné en popularité et compterait à ce jour un peu plus de 5 000 adeptes dans la région du Saguenay. À noter qu'en 2004, une étude toxicologique démontrait que la consommation saisonnière d'éperlan, de sébaste et de morue ogac ne représentait plus un danger pour la santé de la population en général, en autant que les adeptes de pêche blanche respectent les recommandations du *Guide de consommation de poisson de pêche sportive en eau douce* (Savard 2004).

La pêche hivernale au poisson de fond est pratiquée sur toute l'étendue du bassin supérieur du fjord du Saguenay, soit entre Saint-Fulgence et Petit-Saguenay. Les principaux villages de pêche sont associés aux municipalités de L'Anse-Saint-Jean, Rivière-Éternité, Saint-Félix-d'Otis, Sainte-Rose-du-Nord, Saint-Fulgence et à l'arrondissement de La Baie (incluant les groupements de cabanes de Grande-Baie, Anse-à-Benjamin et Les Battures). L'arrondissement de La Baie constitue le site d'intérêt principal pour cette activité et regroupe 80 à 85 % des cabanes présentes sur le fjord du Saguenay (MPO 2015b).

De 1999 à 2008, le fjord a compté en moyenne 1 454 cabanes pour la pêche hivernale, pouvant atteindre plus de 1 700 cabanes certaines années (CRRNT 2011). Ceci résulte en une pression de pêche de l'ordre de 40 000 jours de pêche en moyenne à l'échelle du fjord de 1995 à 2013, avec des sommets pouvant avoisiner les 62 000 jours de pêche certaines années (Gauthier *et al.* 2013). Parmi les adeptes de pêche blanche, 92 % seraient des gens résidant dans la région; les 8 % restants proviendraient donc d'une clientèle touristique provenant principalement du Québec, mais également de l'étranger. Le fjord du Saguenay est, en effet, le seul endroit au Québec où il est permis de pêcher le poisson de fond en hiver, ce qui contribue à en faire un lieu de prédilection pour certains amateurs de pêche blanche et ainsi favoriser le récréotourisme. Au total, les revenus provenant des activités de pêche blanche sont évalués à approximativement 5 M \$ en dépenses directes par saison (CRRNT 2011).

À l'échelle du fjord, les principales espèces de poissons de fond visées par cette pêche récréative sont, par ordre d'importance, le sébaste (89 % des prises), la morue franche (4 %), la morue ogac (5 %) et le flétan du Groenland (2 %) (MPO 2015b). Néanmoins, au total, ce sont près d'une vingtaine d'espèces qui sont exploitées lors des activités de pêche blanche. Le tableau 19 présente la liste des espèces répertoriées pour les secteurs de Saint-Fulgence et Sainte-Rose-du-Nord, localisés de part et d'autre de la zone d'étude locale.

**Tableau 19. Occurrence des espèces pour les sites de pêche hivernale de Saint-Fulgence et Sainte-Rose-du-Nord de 1995 à 2002**

Anguille d'Amérique	Lycode sp.	Omble sp.
Éperlan arc-en-ciel	Merluche	Plie sp.
Flétan du Groenland	Morue arctique	Poulamon
Limace sp.	Morue franche	Raie sp.
Loquette	Morue ogac	Sébaste

Source : Lambert et Bérubé 2002

Dans le but de protéger adéquatement la ressource, un programme de suivi a été mis sur pied. Depuis 1995, le suivi des espèces capturées par les activités de pêche hivernale, incluant l'éperlan et les espèces marines, s'effectue grâce à une entente de recherche convenue entre divers organismes, dont : les associations et les comités de pêcheurs du fjord du Saguenay, Promotion Saguenay, le Musée du Fjord, la Société d'électrolyse et de chimie Alcan ltée, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec, la Société des établissements de plein air du Québec, le ministère du Patrimoine canadien (Parcs Canada) et Pêches et Océans Canada (CRRNT 2011).

Outre la pêche blanche, les autres activités de pêche sportive dans le fjord apparaissent comme marginales. En effet, les traditionnelles pêcheries à fascines ont disparu des battures du Saguenay vers la fin des années 1980. Dans le secteur de Saguenay, la pêche printanière de l'éperlan au carrelet à partir des quais ou à l'épuisette est pratiquement abandonnée depuis une vingtaine d'années. Depuis l'essor de la pêche blanche, quelques personnes poursuivent leur pêche en embarcation le long du rivage du fjord du Saguenay pour rechercher la morue franche, le sébaste, le flétan et le poulamon en période estivale, mais cette activité demeure de faible envergure. Enfin, une seule entreprise établie à Sacré-Cœur exploite occasionnellement à des fins touristiques la pêche estivale à la morue et au sébaste dans le bassin aval du Saguenay, entre la baie Sainte-Marguerite et Tadoussac (Savard 2004).

Il est à noter qu'en mars 2016, la Ville de Saguenay a déposé une demande à Pêches et Océans Canada afin de reprendre la pêche récréative au crabe des neiges et à la crevette nordique.

La cueillette de mollusques demeure interdite à l'échelle du fjord, en raison de la toxicité de la ressource.

## 6 BILAN

En somme, l'habitat du poisson au sein de la zone d'étude locale et des trois variantes de localisation du futur quai, bien que colonisé par la faune aquatique et généralement diversifié en termes de types d'habitat, ne revêt pas de grandes particularités le démarquant de l'ensemble du fjord du Saguenay. Le secteur ne possède pas de caractère exceptionnel en regard de la biodiversité qu'il abrite ou des conditions qu'il offre pour la faune. Les espèces qui y ont été inventoriées sont également retrouvées légèrement plus en amont (Grande-Anse) ainsi qu'en aval (Sainte-Rose-du-Nord). La présence restreinte d'herbiers aquatiques et de végétation intertidale (algues macrophytes), la faible présence d'abris, la pente souvent forte ainsi que la dominance du substrat le plus souvent grossier, voire rocheux, rendent les trois sites inventoriés peu propices à la fraie du poisson. Ainsi, la zone d'étude locale constitue principalement un couloir pour la migration et le déplacement des espèces anadromes, catadromes et marines. Néanmoins, elle est potentiellement susceptible d'être utilisée à un moment ou un autre de leur cycle biologique annuel par 11 espèces de poissons désignées par un statut de protection. En ce qui a trait à la faune benthique, le secteur fournit des conditions propices à l'établissement de coraux et éponges d'eaux froides sans toutefois en abriter d'importantes concentrations. Ces organismes sont jugés sensibles aux perturbations anthropiques et modifications du milieu par l'homme et font l'objet d'un Plan de conservation dans l'ensemble du Canada atlantique. Dans la zone d'étude locale, les organismes benthiques inventoriés en plus grand nombre et en importantes densités sont le plus souvent des vers tubicoles de la famille des Sabellidés, lesquels tapissent le fond marin à plusieurs endroits.

Les particularités propres à chacune des trois variantes de localisation du futur quai en regard de l'habitat du poisson et de ses caractéristiques biophysiques sont synthétisées au tableau 20.

Finalement, dans le cadre du projet d'aménagement d'un terminal maritime en rive nord du Saguenay, les enjeux principaux identifiés comme susceptibles d'affecter le poisson et son habitat sont :

- L'empiètement dans l'habitat du poisson (herbiers aquatiques et habitats subtidaux);
- Le bruit sous-marin en phase de construction et d'exploitation, et;
- La contamination du milieu (eau et sédiments).

Tableau 20. Critères de différenciation des trois variantes de localisation du futur quai

Critère	Amont	Centrale	Aval
Présence d'herbiers intertidaux	Grands herbiers de scirpe d'Amérique (total de 13 000 m <sup>2</sup> ); Répartition relativement uniforme et étendue à l'ensemble de la zone inventoriée, soit 400 m de chaque côté du quai ; Densité moyenne à élevée	Présence de deux herbiers de scirpe d'Amérique dont un plus vaste (total de 6 200 m <sup>2</sup> ); Le plus vaste herbier est réparti de part et d'autre du tracé du quai; Densité faible à moyenne	Petits herbiers isolés (total de 888 m <sup>2</sup> ); Aucun herbier près du tracé du quai; Densité faible à élevée
Présence de falaises sous-marines (milieux très riches)	Aucune falaise inventoriée pour ce site	Aucune falaise inventoriée pour ce site	Présence de falaises sous-marines aux environs de 50 à 60 m de profondeur (forte colonisation par la faune benthique)
Présence de coraux d'eaux froides	Plusieurs observations de corail mou (framboise de mer), principalement dans la couche du 30-60 m	Observations ponctuelles	Plusieurs observations de diverses espèces à différentes profondeurs (soit autant vers 25 m que 50 m)
Présence de poissons	Oui	Oui	Oui
Abondance et diversité d'organismes dans la couche 0-15 m au droit du quai	Nulle, absence d'organisme dans les 15 premiers mètres de profondeur	Nulle, absence d'organisme dans les 15 premiers mètres de profondeur	Nulle, absence d'organisme dans les 15 premiers mètres de profondeur
Abondance et diversité moyennes d'organismes dans la couche 0-15 m pour la zone	Nulle	Nulle	Nulle
Abondance et diversité d'organismes dans la couche 15-30 m au droit du quai	Pauvre à modérée	Modérée	Pauvre à modérée
Abondance et diversité moyennes d'organismes dans la couche 15-30 m pour la zone	Modérée	Modérée	Importante
Abondance et diversité d'organismes dans la couche 30-60 m au droit du quai	Pauvre	Pauvre	Pauvre
Abondance et diversité moyennes d'organismes dans la couche 30-60 m pour la zone	Modérée	Pauvre à importante (très variable, selon substrat)	Modérée
Pente dans la zone	Globalement modérée	Globalement modérée à forte	Globalement forte à très forte
Substrat au droit du quai (25 premiers mètres à partir du rivage)	Grossier à roc	Grossier	Meuble à grossier

## 7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### RÉFÉRENCES CITÉES

- ARGUS INC. 1992. *Synthèse et analyse des connaissances relatives aux ressources naturelles du Saguenay et de l'estuaire du Saint-Laurent : Aspects biologiques*. Parc marin du Saguenay, version finale. Pagination multiple.
- BERGERON, E. 2001. *Chasse au requin dans le Saguenay*. Site Internet : <http://www.sciencepresse.qc.ca/archives/quebec/capque0101f.html>
- BLACKBURN, R. 2016. *Le bar rayé ne fraie pas dans le Saguenay*. Le Quotidien, publié le 17 avril 2016. Disponible en ligne : <http://www.lapresse.ca/le-quotidien/sports/201604/16/01-4972037-le-bar-raye-ne-fraie-pas-dans-le-saguenay.php> (consulté le 3 mai 2016).
- BLEAU, H. 2002. *L'effet des inondations de juillet 1996 sur les lacs et les rivières de la région du Saguenay : contamination de l'eau, des sédiments et des poissons par les substances toxiques*. Québec, ministère de l'Environnement, Direction du suivi de l'état de l'environnement, envirodoq n° ENV/2002/0283, 59 p. et 12 annexes.
- BOSSÉ, L., B. Sainte-Marie et J. Fournier. 1996. *Les invertébrés des fonds meubles et la biogéographie du fjord du Saguenay*. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2 132: vii + 45 p.
- BRUNEL, P., R. de Ladurantaye et G. Lacroix. 1980. Suprabenthic gammaridean Amphipoda (Crustacea) in the plankton of the Saguenay Fjord, Québec. In: Freeland, H.J., D.M. Farmer, et C.D. Levings. *Fjord oceanography* Plenum Publishing Corp., New York. P. 609-613.
- CAMPBELL, J.S. et Simms, J.M. 2009. *Rapport de situation sur la conservation du corail et des éponges au Canada*. Pêches et Océans Canada : vii + 97 p.
- CARDINAL, A. 1990. *Les algues marines benthiques macroscopiques. État des connaissances sur les algues marines benthiques macroscopiques, les lichens et les bryophytes du couloir du Saint-Laurent*. Ministère de l'Environnement du Québec, Direction de la conservation et du patrimoine écologique. Québec, 61 p.
- CARON, F., M. Shield et C. Raymond. 1995. *Registre des données de l'exploitation du saumon au Québec, 1984-1994*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune aquatique.
- CARON, F., P. Dumont, Y. Mailhot et G. Verreault. 2007. *L'anguille au Québec, une situation préoccupante*. Le Naturaliste Canadien, vol. 131, n°1, p. 59-66.
- CLOUTIER, S. 1984. *Influence de la salinité sur la productivité du phytoplancton du fjord du Saguenay*. Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi. 80 p.
- COSEPAC. 2010. *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur le complexe sébaste atlantique/sébaste d'Acadie (Sebastes mentella et Sebastes fasciatus) au Canada*. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. x + 84 p.
- COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA (COSEPAC). 2011. *Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'esturgeon noir (Acipenser oxyrinchus) au Canada*. Ottawa. xiii + 56 p. ([www.registrelep.gc.ca/Status\\_f.cfm](http://www.registrelep.gc.ca/Status_f.cfm)).
- COMMISSION RÉGIONALE SUR LES RESSOURCES NATURELLES ET LE TERRITOIRE DU SAGUENAY – LAC-SAINT-JEAN (CRRNT). 2011. *Portrait de la ressource faune du Saguenay–Lac-Saint-Jean*, 242 pages.

- CÔTÉ, R. et G. Lacroix. 1979. *Influence de débits élevés et variables d'eau douce sur le régime saisonnier de production primaire d'un fjord subarctique*. Oceanologica Acta, vol. 2, n° 3 : 299-306.
- Courant du Saguenay (Le). 2013. Un fjord pour la famille. En ligne : [http://tourisme.saguenay.ca/fr/media/viewst/promo/activites-et-attraits/aventures\\_hivernales/journal\\_peche\\_le\\_courant\\_du\\_saguenay\\_2013.pdf](http://tourisme.saguenay.ca/fr/media/viewst/promo/activites-et-attraits/aventures_hivernales/journal_peche_le_courant_du_saguenay_2013.pdf) (consulté le 23 mars 2016)
- COURRIER LAVAL. 2013. *La population de Bar rayé explose dans le Saguenay*. En ligne : <http://www.courrierlaval.com/Opinion/Chroniques/2013-09-09/article-3378500/Lapopulation-de-Bar-raise-explose-dans-le-Saguenay/1> (consulté le 23 mars 2016).
- DIAB, G. 2009. *Croissance et recrutement larvaire de l'éperlan arc-en-ciel dans le fjord du Saguenay*. Mémoire présenté à l'Université du Québec à Chicoutimi. 67 p.
- DRAINVILLE, G., L.-M. Lalancette et L. Brassard. 1978. *Liste préliminaire des invertébrés marins du fjord du Saguenay recueillis de 1958 à 1970 par le camp des Jeunes explorateurs*. Ministère de l'Industrie et du Commerce, Direction générale des pêches maritimes et Direction de la recherche. Cahier d'information n° 8.
- DUERI, S. 2003. *Évaluation de l'efficacité d'une couche de recouvrement par modélisation numérique : application au cas du Fjord du Saguenay*. Thèse de doctorat interuniversitaire en sciences de la terre, Université Laval, Québec. (Disponible en version numérique : <http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/fichiers/20954/20954.html>)
- GAUTHIER, B. 2000. *Limites phytogéographiques de l'estuaire du Saguenay*. Ludoviciana 29 : 2-28.
- GAUTHIER, B. et F. LANTHEAUME. 1996. *Plantes d'intérêt répertoriées le long de l'estuaire du Saguenay*. Le Naturaliste canadien 121 : 19-22.
- GAUTHIER, B. et F. Lantheaume. 1997. *Plantes d'intérêt répertoriées le long de l'estuaire du Saguenay*. Le Naturaliste Canadien 121 : 19-22.
- GAUTHIER, J., Desgagnés, M., Bourdages, H. 2013. *Mise à jour des données de la pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay de 1996 à 2012*. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2013/025. ix + 42 p.
- GDG CONSEIL INC. 2000. *Rapport d'interprétation du 2<sup>e</sup> cycle des ESEE*. Abitibi Consolidated Inc. Division Port-Alfred. 83 p. + annexes.
- GENIVAR. 2011. *Construction d'un nouveau quai au terminal maritime de Grande-Anse – Caractérisation de la végétation riveraine et aquatique, de l'habitat du poisson et des sédiments*. Rapport réalisé pour l'Administration portuaire du Saguenay. 25 p. et annexes.
- GOUVERNEMENT DU CANADA. 2016. Registre public des espèces en péril : Index des espèces de A à Z. Site Internet : [http://www.registrelep.gc.ca/sar/index/default\\_f.cfm](http://www.registrelep.gc.ca/sar/index/default_f.cfm) .
- GROUPE D'ÉTUDE SUR LES ÉLASMOBRANCHES ET LE REQUIN DU GROENLAND (GEERG). 2013. *Le requin du Groenland (Laimargue du Groenland)*. Document consulté sur Internet : [http://geerg.ca/fr/gshark\\_1.html](http://geerg.ca/fr/gshark_1.html).
- GUIRY, W. In Guiry, M.D. et Guiry, G.M. 2016. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>
- HARVEY-CLARK, C., J. Gallant et J. Batt. 2005. *Vision and its relationship to novel behaviour in St. Lawrence River Greenland sharks (Somniosus microcephalus)*. The Canadian Field Naturalist 119: 355-358.

- HOGG, M.M., Tendal, O.S., Conway, K.W., Pomponi, S.A., Van Soest, R.W.M., Gutt, J., Krautter, M. et Roberts, J.M. 2010. *Deep-sea Sponge Grounds: Reservoirs of Biodiversity*. UNEP-WCMC Biodiversity Series No. 32. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. (Disponible en version numérique: [http://www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP\\_WCMC\\_bio\\_series/32.aspx](http://www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/32.aspx)).
- KEATS, D.W., G.R. South et D.H. Steele. 1985. *Reproduction and egg guarding of Atlantic wolffish (Anarhichas lupus: Anarhichidae) and ocean pout (Macrozoarces americanus: Zoarcidae) in Newfoundland waters*. Can J Zool. 63: p 2565-2568.
- KULKA, D., C. Hood et J. Huntington. 2007. *Recovery strategy for northern wolffish (Anarhichas denticulatis) and spotted wolffish (Anarhichas minor), and management plan for Atlantic wolffish (Anarhichas lupus) in Canada*. DFO: Newfoundland and Labrador Region. St. John's, NL. x + 103 p.
- LAMBERT, J.-D. et S. Bérubé. 2002. *La pêche sportive hivernale dans le fjord du Saguenay*. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2445 : x + 58 p.
- LAROCQUE, R., Dutil, J.-D., Proulx, S., Thorne, M., Scallon-Chouinard, P.-M., Gendron, M.-H., Plourde, J. et Schmitt, T. 2010. *Contribution à la description de l'habitat des loups de mer (Anarhichas spp.) près de la péninsule gaspésienne par vidéo remorquée et relevés acoustiques multifaisceaux*. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2902 : vii + 44 p.
- LAROCQUE, R., M.-H. Gendron et J.-D. Dutil. 2008. *A survey of wolffish (Anarhichas spp.) and wolffish habitat in Les Mechains, Quebec*. Canadian Technical Report on Fisheries and Aquatic Sciences 2786. 29 p.
- LESUEUR, C. 1996. *Plan d'acquisition de connaissances sur les poissons du Saguenay en 1996-97 et 1997-98*. Rapport du Comité ZIP-Saguenay au ministère Pêches et Océans et au ministère de l'Environnement et de la Faune. 21 p +annexe
- LESUEUR, C. et M. Archer, 1996. *Description de la pêche récréative estivale sur la rivière Saguenay*. Rapport du Comité ZIP-Saguenay au ministère Pêches et Océans et au ministère de l'Environnement et de la Faune. 37 p +annexes
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2001. *Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec : Esturgeon noir*. Site Internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/fiche.asp?noEsp=20>
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2006. *Liste des espèces fauniques menacées ou vulnérables au Québec*. Site Internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC (MENVIQ), 1992. *Détermination des chlorobenzènes, biphényles polychlorés et de pesticides de type organochloré*. Chromatographie de préméation de gel, dosage en chromatographie en phase gazeuse.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2006a. *Coral Conservation Plan – Maritimes region (2006-2010)*. Division de la gestion côtière et des océans. 59 p.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS (MPO). 2006b. *Évaluation du rétablissement des populations de bar rayé (Morone saxatilis) de l'estuaire du Saint-Laurent, du sud du golfe du Saint-Laurent et de la baie de Fundy*. Secr. can. consult. scient., Avis scient. 2006/053.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2008. *Pacific Region coldwater coral and sponge conservation strategy: An overview and principles-based framework (Ébauche)*. MPO Région du Pacific. (non publié). 32p.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS (MPO). 2009. *Évaluation de l'esturgeon noir (Acipenser oxyrinchus) dans la région des Maritimes aux fins de l'établissement d'un avis de commerce non préjudiciable de la CITES*. Secr. can. de consult. sci du MPO, Avis sci. 2009/029.

- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2010. *Espèces aquatiques – Détails pour Loup à tête large*. Site Internet : <http://www.dfo-mpo.gc.ca/species-especes/aquatic-aquatique/northern-wolffish-loup-tete-large-fra.htm> (4 février 2016)
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2013a. *La pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay, 2011-2012*. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2012/079.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2013b. *Évaluation du potentiel de rétablissement du sébaste (*Sebastes fasciatus* et *S. mentella*) dans l'Atlantique Nord-Ouest*. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/044.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2015a. *Stratégie de conservation des coraux et des éponges de l'est du Canada 2015*. 72 p.
- MINISTÈRE DES PÊCHES ET DES OCÉANS DU CANADA (MPO). 2015b. *Évaluation de la pêche récréative hivernale au poisson de fond dans le fjord du Saguenay, 2013-2014*. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2014/058.
- MOLLUSCA. 2012. *Le Programme canadien de contrôle de la salubrité des mollusques*. Site Internet : [http://mollusca.gc.ca/pccsm\\_f.asp](http://mollusca.gc.ca/pccsm_f.asp).
- MORINVILLE, G. et V. Thériault (2004). *Les mystères de la truite de mer*. Saumons Illimités 27(3) (n° 70): 36-38.
- MOUSSEAU, P et A. Armellin. 1995. *Synthèse des connaissances sur les communautés biologiques du Saguenay. Rapport technique, Zones d'intervention prioritaire 22 et 23*. Environnement Canada – Région du Québec, Conservation de l'environnement. Centre Saint-Laurent. 246 p.
- MUCCI, A., G. Bernier et C. Guignarg. 2015. *Mercury remobilization in Saguenay Fjord (Quebec, Canada) sediments : Insights following a mass-flow event and its capping efficiency*. Applied Geochemistry, 54: 13-26.
- MUIR, D., E. Sverko, E. Barresi, J. Small, X. Wang, M. Houde et A. Talbot. 2006. *Contaminants in Greenland shark from Saguenay river*. Environnement Canada, Direction générale des sciences et de la technologie, eau. 12 p.
- MUSÉE DU FJORD. 2002. Faune. [En ligne]. URL : [http://www.museevirtuel-virtualmuseum.ca/sgc-cms/expositions-exhibitions/fjord/francais/e\\_poisson\\_f1.html](http://www.museevirtuel-virtualmuseum.ca/sgc-cms/expositions-exhibitions/fjord/francais/e_poisson_f1.html) (site consultée le 31 mars 2014).
- NATURAM INC. 1990. *Inventaire de milieux intertidaux. Parc Saguenay*. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche. Dossier 90 D 434, 50 p.
- PELLETIER, É., I. Desbiens, P. Sargian, N. Côté, A. Curtosi et R. St-Louis. 2009. *Présence des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les compartiments biotiques et abiotiques de la rivière et du fjord du Saguenay*. Revue des Sciences de l'Eau 22(2) : 235-251.
- RAINVILLE, L. 1979. *Étude comparative de la distribution verticale et de la composition des populations de zooplancton du fjord du Saguenay et de l'estuaire maritime du Saint-Laurent*. Université Laval, École des gradués. Thèse de doctorat.
- RÉSEAU DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ AQUATIQUE. 2015. *Liste des espèces*. Site internet : [http://www.rsba.ca/recherche\\_espece/liste\\_des\\_especes.php](http://www.rsba.ca/recherche_espece/liste_des_especes.php)
- ROBERTS, J.M., Wheeler, A.J., Freiwald, A. et Cairns, S. 2009. *Cold-Water Corals; The Biology and Geology of Deep-Sea Coral Habitats*. Cambridge University Press. New York.

- RUNGE, J.A. et Y. Simard. 1990. Zooplankton of the St. Lawrence Estuary : *The imprint of physical processes on its composition and distribution*. In M.I. El Sabh et N. Silverberg (éd.) *Oceanography of a large-scale Estuarine System: The St. Lawrence*. Springer-Verlag New York Inc. Coastal and Estuarine Studies, Vol. 39.
- SAVARD, M. 2004. *Étude toxicologique sur la consommation de poisson de pêche blanche sur le fjord du Saguenay*. Direction de la santé publique, Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux du Saguenay-Lac-Saint-Jean. 188 p.
- SAINTE-MARIE, B. V. Lapointe, D. Archambault et R. Dufour. 1992. *Distribution et structure de taille du crabe des neiges, Chionoecetes opilio (O. Fabricius), dans le fjord du Saguenay*. Rapp. man. can. sci. halieut. aquat. 2156 : 12 p.
- SAINT-LAURENT VISION 2000. 2002. *Suivi de l'état du Saint-Laurent : La contamination des ressources marines par les toxiques*. Aucune pagination. (Disponible en version numérique : [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2016/eccc/En4-22-2002-fra.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2016/eccc/En4-22-2002-fra.pdf))
- SIROIS, P., G. Diab, A.-L. Fortin, S. Plourde, J. A. Gagné et N. Ménard. 2009. *Recrutement des poissons dans le fjord du Saguenay*. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 22, n° 2, 2009, p. 341-352.
- Talbot, A. 1992. *Description de la pêche sportive hivernale dans le fjord du Saguenay et de ses effets potentiels sur la ressource*. A. Talbot et Associés, pour Environnement Canada-Service des parcs, 134 p.
- TEMPLEMAN, W. 1984. *Migrations of wolffishes, Anarhichas sp., from tagging in the Newfoundland area*. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 5: 93-97.
- TEMPLEMAN, W. 1986a. *Contribution to the biology of the Spotted Wolffish (Anarhichas minor) in the Northwest Atlantic*. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 7: 57-65.
- TEMPLEMAN, W. 1986b. *Some biological aspects of Atlantic wolffish (Anarhichas lupus) in the Northwest Atlantic*. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 7: 47-55.
- THERRIEN, J. 1998. *Rapport sur la situation de l'esturgeon noir (Acipenser oxyrinchus) au Québec*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction de la faune et des habitats, Service de la faune aquatique. 45 p.
- TOURISME SAGUENAY. 2012. *Pêche blanche*. [En ligne]. URL : <http://tourisme.saguenay.ca/fr/activites-et-attraits/aventures-hivernales/peche-blanche> (site consulté le 31 mars 2014).
- TRANSPORTS CANADA (TC). 2010. *Systèmes antisalissures*. [En ligne]. URL: <http://www.tc.gc.ca/fra/securitemaritime/epe-environnement-sources-antisalissures-1964.htm> (site consulté le 9 avril 2014).
- TREMBLAY, G., M. Proulx et G. Shooner. 1993. *Impacts sur la Ouananiche des ouvrages de régularisation d'Alcan à l'exutoire du lac Saint-Jean*. Pour la Société d'électrolyse et de chimie Alcan Ltée.
- VIGLINO, L., É. Pelletier et L.E.J. Lee. 2006. *Butyltins Species in Benthic and Pelagic Organisms of the Saguenay Fjord (Canada) and Imposex Occurrence in Common Whelk (Buccinum undatum)*. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 50, 45-59.
- BOSSÉ, L., B. Sainte-Marie, P. Brunel et J. Fournier. 1994. *Inventaire et biogéographie des invertébrés des fonds meubles du fjord du Saguenay*. Pêches et Océans. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques.
- BRUNEL, P., L. Bossé et G. Lamarche. 1998. *Catalogue des invertébrés marins de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent*. Publ. Spéc. Can. Sci. Halieut. aquat. 126. 405 p.

- GOBEIL, C., Y. Clermont et G. Paquette. 1997. *Concentrations en mercure, plomb et cadmium chez diverses espèces de poissons de fond, de poissons pélagiques et de crustacés de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et du fjord du Saguenay*. Rapport statistique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, n° 011, v + 83 p.
- LEBEUF, M., I. Saint-Pierre, Y. Clermont et C. Gobeil. 1999. *Concentrations de biphényles polychlorés (BPC) et de pesticides organochlorés chez trois espèces de poissons de fond de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et du fjord du Saguenay*. Rapport statistique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, n°1059, vi + 108 p.
- PELLETIER, É., G. Canuel, J. Padros, Y. Clermont et C. Gobeil. 1999. *Concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques chez quatre espèces de poissons de fond et deux espèces de crustacés de l'estuaire et du golfe du Saint-Laurent et du fjord du Saguenay*. Rapport statistique canadien des sciences halieutiques et aquatiques, n° 1052, v + 20 p.

## RÉFÉRENCES CONSULTÉES

---

- FONTAINE, P.-H. 2006. *Beautés et richesses des fonds marins du Saint-Laurent*. Éditions MultiMondes, Québec. 261 p.
- MEINKOTH, N.N. 1981. *National Audubon Society field guide to North American seashore creatures*. Alfred A. Knopf, Inc. New York. 813 p.
- NOZÈRES C. et M. Bérubé. 2003. *Guide d'identification d'espèces marines du Saint-Laurent - 2004*. Institut Maurice-Lamontagne, Pêches et Océans Canada. 74 p.
- NOZÈRES, C, D. Archambeault, P.-M. Chouinard, J. Gauthier, R. Miller, E. Parent, P. Schwab, L. Savard et J.-D. Dutil. 2010. *Guide d'identification des poissons marins de l'estuaire et du nord du golfe du Saint-Laurent et protocoles suivis pour leur échantillonnage lors des relevés par chalut entre 2004 et 2008*. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2866. 243 p.
- PLONGÉE TECH. 2002. *Guide d'identification*. Site Internet : <http://www.plongeetech.com/biolof.html>

# Annexe A

**LISTE DES ORGANISMES ET PERSONNES CONTACTÉES DANS LE  
CADRE DE DEMANDES D'INFORMATION**



## Annexe A. Liste des organismes et personnes contactées dans le cadre de demandes d'information

Organisme et coordonnées	Personne contact et coordonnées	Date de transmission et Éléments visés par la demande	Date de réponse et éléments transmis
<b>Ministère des Pêches et des Océans du Canada (MPO)</b> Direction régionale de la gestion des écosystèmes	France Pouliot, M.Sc., biologiste, Protection des pêches, Examens réglementaires Courriel : <a href="mailto:france.pouliot@dfo-mpo.gc.ca">france.pouliot@dfo-mpo.gc.ca</a> Tél.: 418-775-0548	17 février 2016 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Information sur la végétation et la faune aquatiques et tout habitat jugé d'intérêt</li> <li>▪ Localisation de bancs coquillers</li> <li>▪ Informations sur les aspects physiques du milieu marin du fjord du Saguenay</li> <li>▪ Information sur toute activité d'exploitation réalisée à proximité ou dans la zone d'étude</li> </ul>	19 février 2016 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lien vers le site de l'Observatoire global du Saint-Laurent</li> </ul>
<b>Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec (MFFP)</b> 3950, boulevard Harvey, 3 <sup>e</sup> étage Jonquière (Qc) G7X 8L6	Sophie Hardy, biologiste, M.Sc. Tél. : 418 695-8125 poste 357	20 juillet 2015 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informations fauniques pour la zone à l'étude</li> <li>▪ Occurrences au CDPNQ</li> <li>▪ Présence d'habitats jugés d'intérêt ou sensibles</li> <li>▪ Informations sur des activités d'exploitation</li> </ul>	28 septembre 2015 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liste des espèces de poissons</li> <li>▪ Informations fauniques (truite de mer, oiseaux, etc.)</li> <li>▪ Localisation de sites d'exploitation (pêche blanche)</li> <li>▪ Informations sur des sites d'intérêt (ACOA)</li> <li>▪ Occurrences au CDPNQ</li> </ul>
<b>Parc marin Saguenay – Saint-Laurent</b> Parcs Canada 182, de l'Église, Tadoussac (Qc) G0T2A0	Nadia Ménard, écologiste, chef d'équipe Courriel : <a href="mailto:nadia.menard@pc.gc.ca">nadia.menard@pc.gc.ca</a> Tél. : 418 235-4703, poste 244 Samuel Turgeon, agent de gestion des ressources Courriel : <a href="mailto:samuel.turgeon@pc.gc.ca">samuel.turgeon@pc.gc.ca</a> Tél. : 418-235-4703, poste 258	17 février 2016 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Études récentes sur les composantes biophysiques du fjord</li> <li>▪ Informations sur toute composante sensible du milieu</li> <li>▪ Projets réalisés à proximité ou dans la zone d'étude</li> </ul>	19 février 2016 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liste des espèces du PMSSL</li> <li>▪ Portrait des zones herbacées du PMSSL</li> <li>▪ Article de Sirois <i>et al.</i> 2009 sur le recrutement des poissons dans le fjord</li> <li>▪ Carte des aires d'alimentation, concentration et reproduction du capelan et de l'éperlan dans le secteur à l'étude</li> </ul>
<b>Comité ZIP Saguenay-Charlevoix</b> Case postale 1242 La Baie (Qc) G7B 3P4	Ghislain Sylvain, directeur général Courriel : <a href="mailto:gsylvain@royaume.com">gsylvain@royaume.com</a> Tél. : (418) 544-5813	10 décembre 2015 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Projets réalisés à proximité de la zone d'étude</li> <li>▪ Informations sur les espèces susceptibles d'utiliser le milieu</li> <li>▪ Information sur les habitats jugés d'intérêt dans ou à proximité de la zone d'étude</li> <li>▪ Information sur toute problématique liée aux espèces exotiques envahissantes</li> </ul>	14 décembre 2015 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Plan de protection des frayères à éperlan arc-en-ciel de la rivière Saguenay</li> <li>▪ Rapport sur la localisation des frayères à éperlan arc-en-ciel de la rivière Saguenay</li> <li>▪ Informations sur un projet de restauration de milieu humide à l'anse à Étienne à Petit-Saguenay</li> <li>▪ Préoccupations par rapport à la protection de l'éperlan arc-en-ciel et aux risques d'introduction d'espèces aquatiques envahissantes</li> </ul>



# Annexe B

**COORDONNÉES DE DÉBUT ET DE FIN DES TRANSECTS DE CAMÉRA  
SOUS-MARINE**



**Annexe B. Coordonnées de début et fin de transects de caractérisation du milieu subtidal réalisés au moyen d'une caméra sous-marine**

Sous-zone	Transect	Début		Fin		Longueur du transect (m)
		Latitude	Longitude	Latitude	Longitude	
<b>Amont (nord)</b>	N-T01	48° 25' 56,333" N	70° 46' 34,054" O	48° 25' 50,172" N	70° 45' 52,726" O	997,9
	N-T02	48° 25' 55,560" N	70° 46' 29,820" O	48° 25' 49,574" N	70° 45' 50,329" O	1119,1
	N-T03	48° 25' 58,470" N	70° 46' 35,254" O	48° 25' 53,633" N	70° 46' 33,900" O	312,6
	N-T04	48° 25' 57,592" N	70° 46' 03,804" O	48° 25' 49,581" N	70° 46' 04,231" O	274,6
	N-T05	48° 25' 57,768" N	70° 46' 18,325" O	48° 25' 52,332" N	70° 46' 19,133" O	228,5
<b>Centrale</b>	C-T01	48° 24' 59,790" N	70° 43' 58,304" O	48° 25' 01,307" N	70° 44' 07,332" O	221,9
	C-T02	48° 24' 52,138" N	70° 43' 52,076" O	48° 24' 53,096" N	70° 44' 01,934" O	252,5
	C-T03	48° 24' 44,655" N	70° 43' 45,900" O	48° 24' 42,836" N	70° 43' 52,863" O	194,9
	C-T04	48° 24' 59,204" N	70° 44' 04,915" O	48° 24' 34,855" N	70° 43' 46,348" O	1155,5
	C-T05	48° 25' 04,908" N	70° 44' 05,791" O	48° 24' 39,380" N	70° 43' 45,813" O	1086,7
<b>Aval (sud)</b>	S-T01	48° 24' 03,384" N	70° 43' 24,600" O	48° 24' 01,507" N	70° 43' 27,757" O	97,6
	S-T02	48° 23' 57,630" N	70° 43' 22,123" O	48° 23' 54,718" N	70° 43' 25,295" O	173,8
	S-T03	48° 23' 52,668" N	70° 43' 18,316" O	48° 23' 49,056" N	70° 43' 21,936" O	222,53
	S-T04	48° 24' 07,056" N	70° 43' 25,212" O	48° 24' 04,068" N	70° 43' 28,308" O	117,74
	S-T05	48° 24' 09,342" N	70° 43' 26,241" O	48° 24' 11,303" N	70° 43' 33,235" O	175,5
	S-T06	48° 23' 43,371" N	70° 43' 15,944" O	48° 24' 11,005" N	70° 43' 29,517" O	975,5
	S-T07	48° 24' 08,266" N	70° 43' 26,984" O	48° 23' 52,584" N	70° 43' 23,268" O	607,3
	S-T08	48° 23' 48,060" N	70° 43' 16,650" O	48° 23' 46,029" N	70° 43' 19,298" O	142,1
	S-T09	48° 23' 53,808" N	70° 43' 22,080" O	48° 24' 07,417" N	70° 43' 29,440" O	685,3
	S-T10	48° 23' 46,824" N	70° 43' 17,200" O	48° 23' 50,678" N	70° 43' 19,676" O	171,5



## **Étude sectorielle n° 5 : Faune aviaire**



ADMINISTRATION PORTUAIRE DU SAGUENAY

# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

FAUNE AVIAIRE

MAI 2016



# TERMINAL MARITIME EN RIVE NORD DU SAGUENAY

## FAUNE AVIAIRE

**Administration portuaire du Saguenay**

### **Version finale**

Projet n° : 141-16620-00

Date : Mai 2016

---

### **WSP Canada Inc.**

125, rue Racine Est  
Saguenay (Québec) G7H 1R5

Téléphone : +1 418-698-4488  
Télécopieur : +1 418-698-6677  
[www.wspgroup.com](http://www.wspgroup.com)





---

## SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Émilie D'Astous, biologiste jr, M. Sc.

RÉVISÉ PAR



Jean-François Poulin, biologiste, M. Sc.  
Chargé de projet - Faune aviaire

L'original du document technologique que nous vous transmettons a été authentifié et sera conservé par WSP pour une période minimale de 10 ans. Étant donné que le fichier transmis n'est plus sous le contrôle de WSP et que son intégrité n'est pas assurée, aucune garantie n'est donnée sur les modifications ultérieures qui peuvent y être apportées.



---

## ÉQUIPE DE RÉALISATION

### WSP CANADA INC. (WSP)

Martin Larose	Biologiste B. Sc. Directeur de projet
Jean Lavoie	Géomorphologue, M. A. Chargé de projet
Jean-François Poulin	Biologiste M. Sc. Chargé de projet - Faune aviaire
Émilie D'Astous	Biologiste jr M. Sc.
Gilles Lupien	Technicien de la faune
Benoît Gendreau	Biologiste
Nancy Imbeault	Secrétaire

### GROUPE CONSEIL NUTSHIMIT-NIPPOUR

Daniel Courtois	Directeur
Rémi Bouchard	Technicien de la faune

### Référence à citer :

---

WSP. 2016. *Terminal maritime en rive nord du Saguenay. Faune aviaire*. Rapport produit pour Administration portuaire du Saguenay. 56 p. et annexes.



# TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>1</b>
1.1	MISE EN CONTEXTE .....	1
1.2	ZONE D'ÉTUDE .....	1
1.3	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....	1
<b>2</b>	<b>MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>5</b>
2.1	INVENTAIRES.....	5
2.1.1	PÉRIODE DE NIDIFICATION.....	5
2.1.2	PÉRIODE DE MIGRATION .....	7
<b>3</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>11</b>
3.1	PÉRIODE DE NIDIFICATION .....	11
3.1.1	OISEAUX TERRESTRES.....	11
3.1.2	OISEAUX DE PROIE ET CORVIDÉS .....	17
3.2	PÉRIODE DE MIGRATION .....	17
3.2.1	INVENTAIRES PRINTANIERS.....	17
3.2.2	INVENTAIRES AUTOMNAUX.....	31
3.2.3	AUTRES ESPÈCES D'OISEAUX.....	46
3.3	ESPÈCES D'INTÉRÊT ET À STATUT PRÉCAIRE.....	47
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>53</b>
	<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>55</b>

## TABLEAUX

TABLEAU 1.	RÉPARTITION DES STATIONS D'ÉCOUTE DES OISEAUX TERRESTRES PAR TYPE D'HABITAT .....	6
TABLEAU 2.	PÉRIODES D'INVENTAIRE DES OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD EN PÉRIODE DE MIGRATION À PARTIR DE LA STATION D'OBSERVATION .....	7
TABLEAU 3.	RICHESSSE SPÉCIFIQUE MOYENNE ET CUMULATIVE D'OISEAUX TERRESTRES PAR TYPE D'HABITAT DANS LA ZONE D'ÉTUDE .....	12
TABLEAU 4.	ESTIMATION DE L'ABONDANCE, DE LA DENSITÉ MOYENNE ET DE LA TAILLE DES POPULATIONS D'OISEAUX TERRESTRES DANS LA ZONE D'ÉTUDE .....	12
TABLEAU 5.	ABONDANCE DES OISEAUX TERRESTRES RECENSÉS DANS LES TROIS TYPES D'HABITATS INVENTORIÉS DANS LA ZONE D'ÉTUDE .....	15
TABLEAU 6.	OBSERVATIONS D'OISEAUX DE PROIE ADULTES ET DE CORVIDÉS EN 2014 ET ESTIMATION DU NOMBRE DE COUPLES NICHEURS .....	17
TABLEAU 7.	LISTE DES ESPÈCES À STATUT PRÉCAIRE SUSCEPTIBLES DE FRÉQUENTER LA ZONE D'ÉTUDE.....	47
TABLEAU 8.	MENTIONS D'ESPÈCES À STATUT PRÉCAIRE RÉPERTORIÉES DANS LA ZONE D'ÉTUDE DURANT LES DIFFÉRENTS INVENTAIRES.....	48

# FIGURES

FIGURE 1.	ABONDANCE MOYENNE (NB/BALAYAGE) DES DIFFÉRENTS GROUPES D'OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD ENTRE LE 29 AVRIL ET LE 28 MAI 2014 .....	19
FIGURE 2.	NOMBRE MOYEN DE DÉPLACEMENTS (NB/H) POUR LA SAUVAGINE ENTRE LE 29 AVRIL ET LE 28 MAI 2014 .....	29
FIGURE 3.	NOMBRE MOYEN DE DÉPLACEMENTS (NB/H) POUR LES LARIDÉS ET LES AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES ENTRE LE 29 AVRIL ET LE 28 MAI 2014.....	30
FIGURE 4.	NOMBRE DE DÉPLACEMENTS EN FONCTION DE LA DISTANCE DE L'OISEAU PAR RAPPORT À LA STATION POUR LA SAUVAGINE, LES LARIDÉS ET AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES ENTRE LE 29 AVRIL ET LE 28 MAI 2014.....	30
FIGURE 5.	ABONDANCE MOYENNE (NB/BALAYAGE) DES DIFFÉRENTS GROUPES D'OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD ENTRE LE 4 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2014 .....	37
FIGURE 6.	NOMBRE MOYEN DE DÉPLACEMENTS (NB/H) POUR LA SAUVAGINE, LES LARIDÉS ET LES AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES ENTRE LE 4 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2014 .....	45
FIGURE 7.	NOMBRE DE DÉPLACEMENTS EN FONCTION DE LA DISTANCE DE L'OISEAU PAR RAPPORT À LA STATION POUR LA SAUVAGINE, LES LARIDÉS ET AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES ENTRE LE 4 SEPTEMBRE ET LE 29 OCTOBRE 2014 .....	46

## CARTES

CARTE 1.	LOCALISATION DE L'AIRE D'ÉTUDE .....	3
CARTE 2.	PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE DE LA FAUNE AVIAIRE .....	9
CARTE 3.	FRÉQUENCE D'UTILISATION DES OISEAUX DANS LE FJORD POUR CHACUN DES CADRANS D'OBSERVATION EN MIGRATION PRINTANIÈRE .....	21
CARTE 4.	RÉPARTITION DES OISEAUX UTILISANT LE FJORD (TOUTES ESPÈCES CONFONDUES) EN MIGRATION PRINTANIÈRE .....	23
CARTE 5.	RÉPARTITION DES ESPÈCES DE SAUVAGINE UTILISANT LE FJORD EN MIGRATION PRINTANIÈRE .....	25
CARTE 6.	RÉPARTITION DES LARIDÉS ET DES AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES UTILISANT LE FJORD EN MIGRATION PRINTANIÈRE .....	27
CARTE 7.	FRÉQUENCE D'UTILISATION DES OISEAUX DANS LE FJORD POUR CHACUN DES CADRANS D'OBSERVATION EN MIGRATION AUTOMNALE .....	33
CARTE 8.	RÉPARTITION DES OISEAUX UTILISANT LE FJORD (TOUTES ESPÈCES CONFONDUES) EN MIGRATION AUTOMNALE .....	35
CARTE 9.	RÉPARTITION DES ESPÈCES DE SAUVAGINE UTILISANT LE FJORD EN MIGRATION AUTOMNALE .....	39
CARTE 10.	RÉPARTITION DES LARIDÉS UTILISANT LE FJORD EN MIGRATION AUTOMNALE .....	41
CARTE 11.	RÉPARTITION DES AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES UTILISANT LE FJORD EN MIGRATION AUTOMNALE .....	43
CARTE 12.	LOCALISATION DES ESPÈCES À STATUT PRÉCAIRE .....	49

---

## ANNEXES

ANNEXE A	CONDITIONS D'OBSERVATION LORS DE L'INVENTAIRE DES OISEAUX TERRESTRES
ANNEXE B	DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE
ANNEXE C	CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT À PROXIMITÉ DES STATIONS D'ÉCOUTE
ANNEXE D	CONDITIONS D'OBSERVATION LORS DES INVENTAIRES DES OISEAUX EN PÉRIODES DE MIGRATION PRINTANIÈRE ET AUTOMNALE
ANNEXE E	LISTE DES ESPÈCES OBSERVÉES DANS LA ZONE D'ÉTUDE LORS DES INVENTAIRES DE TERRAIN
ANNEXE F	ABONDANCE MOYENNE DES ESPÈCES D'OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD EN PÉRIODE DE MIGRATION PRINTANIÈRE
ANNEXE G	ABONDANCE MOYENNE DES ESPÈCES D'OISEAUX EN DÉPLACEMENT DURANT LA PÉRIODE DE MIGRATION



# 1 MISE EN CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

## 1.1 MISE EN CONTEXTE

L'Administration portuaire du Saguenay (ci-après désignée Port de Saguenay) désire étendre ses activités par l'aménagement d'un nouveau terminal maritime, afin de desservir la rive nord de la rivière Saguenay. Les installations du terminal maritime comprendront les principaux éléments suivants, soit : un quai, un chargeur de navires, des silos et systèmes de manutention (convoyeurs), ainsi qu'un chemin d'accès au quai pour les besoins d'opération et de maintenance. Des installations sont également prévues pour l'approvisionnement en eau, la collecte des eaux de ruissellement et le traitement des eaux sanitaires pour des bâtiments administratifs et de services. Ces installations seront alimentées à partir d'une nouvelle ligne d'alimentation électrique qui sera construite par Hydro-Québec.

Le Port de Saguenay est une entité fédérale régie par les lois fédérales. Aussi, l'activité du projet présenté étant de juridiction fédérale à l'intérieur des attributions du Port de Saguenay, le projet est assujettie à une évaluation environnementale fédérale en vertu de la Loi canadienne sur l'évaluation environnementale (LCEE) 2012.

## 1.2 ZONE D'ÉTUDE

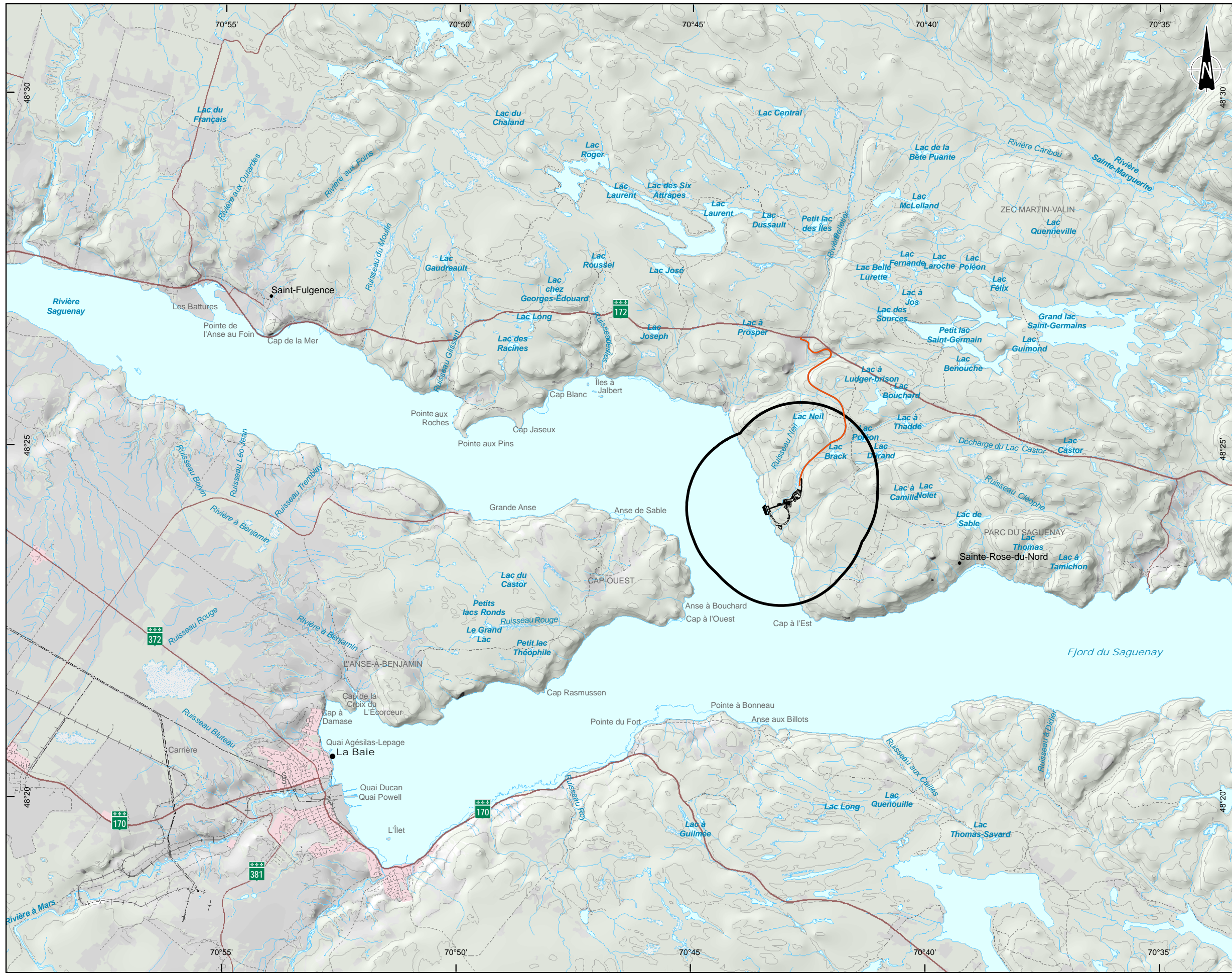
Le terminal maritime sera localisé à l'intérieur des limites de la municipalité de Sainte-Rose-du-Nord, dans la MRC du Fjord-du-Saguenay (carte 1). L'accès au site du terminal se fera à partir d'un chemin au sud de la route 172 et dont l'accessibilité sera contrôlée par une barrière.

## 1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

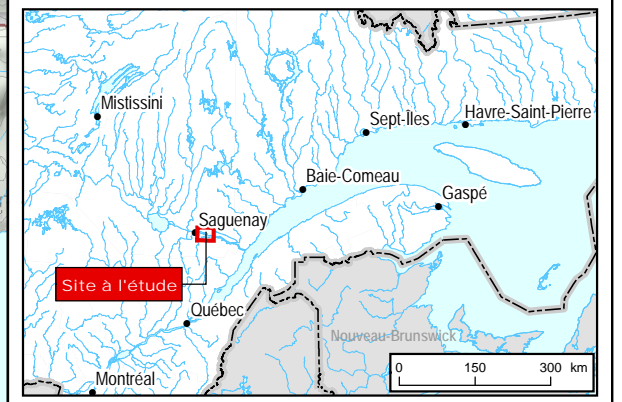
Dans le cadre de l'évaluation environnementale, WSP a été mandaté afin de réaliser l'inventaire de l'avifaune qui s'inscrit en tant qu'étude complémentaire à l'étude d'impact environnementale (ÉIE). L'objectif de cette étude est de décrire les communautés aviaires fréquentant les milieux terrestres en nidification et le milieu aquatique du fjord en période de migration printanière et automnale. En période de nidification, les principaux groupes visés étaient les oiseaux terrestres, tandis qu'en migration, la sauvagine, les laridés (goélands) ainsi que les autres espèces aquatiques étaient les groupes d'espèces ciblées.

Les sections qui suivent présentent donc l'approche méthodologique préconisée dans le cadre des différents inventaires de la faune aviaire, du traitement et de l'analyse des données. Les résultats détaillés sont présentés sous forme de tableaux, cartes et figures. Une conclusion termine le rapport et synthétise les faits saillants de l'étude sectorielle.





- Composante du projet**
- Chemin d'accès
  - Infrastructure portuaire et de transbordement
- Infrastructure**
- Ligne de transport d'énergie
  - Route principale
  - Route secondaire
  - Rue locale
  - Chemin non pavé
  - + Chemin de fer
- Limite**
- Zone d'étude
  - Frontière interprovinciale



Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Localisation de l'aire d'étude**

**Sources :**  
Base : BDTQ, 1/20 000, MRNF Québec, 2007  
CanVec, 1/50 000, RNCAN, 2007

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C01\_Localisation\_wspb\_160427.mxd

Échelle 1 : 100 000  
0 1 2 3 km  
MTM, Fuseau 7, NAD83



## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 INVENTAIRES

#### 2.1.1 PÉRIODE DE NIDIFICATION

L'objectif principal des inventaires des oiseaux terrestres était de déterminer la composition et l'abondance des oiseaux nichant dans les milieux forestiers et humides. Pour ce faire, deux méthodes de dénombrement ont été employées, soit le dénombrement à rayon limité (DRL) et l'indice ponctuel d'abondance (IPA) (Environnement Canada 1997).

##### 2.1.1.1 DÉNOMBREMENT À RAYON LIMITÉ

La méthode du DRL consiste à dénombrer tous les oiseaux vus et entendus à partir d'un point fixe, dans un certain rayon et pendant une période donnée (Ralph et coll. 1995). Dans la présente étude, les oiseaux ont été recensés pendant 15 minutes à l'intérieur d'un rayon de 75 m. Afin d'assurer l'indépendance des données recueillies, chaque station était distante d'au moins 250 m.

Chaque station a été inventoriée une seule fois, et ce, entre 4h55 et 10h25, du 9 au 12 juin 2014. Afin d'atténuer l'effet de l'observateur sur l'activité des oiseaux, chaque dénombrement était précédé d'une pause. De plus, étant donné que les conditions météorologiques ont une influence sur la détection des oiseaux, les dénombrements ont été réalisés lors de journées où les conditions étaient optimales, c'est-à-dire sans pluie et par vent faible. Les données portant sur les conditions météorologiques sont présentées à l'annexe A.

Lors des dénombrements, deux individus de la même espèce ont été considérés comme étant différents lorsqu'ils étaient vus ou entendus simultanément, s'ils se répondaient ou encore si des caractères morphologiques les distinguaient. Lors des déplacements entre les stations, toutes les observations de nouvelles espèces, d'espèces peu fréquentes ou à statut précaire ont également été notées. Avant, pendant et après les dénombrements, de même que pendant les déplacements, les observateurs ont porté une attention particulière aux comportements des oiseaux afin de déterminer leur statut de nidification selon les codes de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (AONQ 2015a).

À la fin des stations d'écoute, la repasse de chant d'une durée d'une minute a été effectuée. Ainsi, le cri de houspillage de la mésange à tête noire (*Poecile atricapillus*) a été diffusé à l'aide d'un lecteur MP3 connecté à des haut-parleurs portatifs. Cette méthode permet d'augmenter la détection des espèces discrètes et de favoriser la détection des indices de nidification tel un comportement agressif, le transport de matériel ou de nourriture.

Le nombre d'équivalents-couples, c'est-à-dire les couples nicheurs potentiels, a été calculé à partir du rayon à l'intérieur duquel le dénombrement a été effectué (75 m). Un mâle chanteur, un pic tambourinant et un couple ont été considérés comme un équivalent-couple. Un individu silencieux ou émettant un cri de contact a été considéré comme un demi-équivalent-couple (0,5). En ce qui a trait aux individus volant au-dessus de la station, ils ont été exclus de ce calcul. Les densités ont par la suite été ramenées en nombre d'équivalents-couples par hectares (ÉC/ha). De plus, la fréquence d'observation ou constance a été calculée en divisant le nombre de stations où une espèce a été détectée par le nombre total de stations inventoriées à l'intérieur d'un rayon de 75 m.

### 2.1.1.2 INDICE PONCTUEL D'ABONDANCE

La méthode de l'IPA a été utilisée concurremment à celle des DRL (Blondel et coll. 1970). Contrairement à la méthode précédente, celle-ci n'impose aucune limite quant à la distance du dénombrement. Son avantage réside dans le fait qu'elle couvre beaucoup plus d'espace que la méthode du DRL. Elle permet donc de recenser les espèces qui possèdent un plus grand territoire, qui sont plus rares ou plus discrètes.

### 2.1.1.3 OISEAUX DE PROIE ET CORVIDÉS

Aucun inventaire spécifique visant les oiseaux de proie et les corvidés n'a été effectué. Toutefois, toutes les observations effectuées durant les inventaires ont été traitées dans la section 3.1.2.

### 2.1.1.4 VÉGÉTATION ET CLASSEMENT DES STATIONS D'ÉCOUTE

Les 51 stations (carte 2; annexe B) ont été classées dans trois types d'habitats (tableau 1). Les forêts feuillues sont composées d'une strate arborescente à 75 % et plus de feuillus et les forêts résineuses à 75 % de conifères. En ce qui a trait aux forêts mixtes, elles sont composées de 26 à 74 % de conifères ou de feuillus de la strate arborescente.

Des données sommaires sur l'habitat ont été recueillies pour chaque station d'écoute. Ainsi, la composition du couvert forestier, la hauteur du peuplement, la densité, le recouvrement et la composition des strates arborescentes et arbustives, la visibilité, la quantité d'arbres morts (debout et renversés) ont été notées afin de valider la carte écofestière. Ces données sont présentées à l'annexe C.

**Tableau 1. Répartition des stations d'écoute des oiseaux terrestres par type d'habitat**

Type d'habitat	Nombre de stations d'écoute	Proportion du nombre de stations (%)	Superficie de l'habitat (ha)	Proportion de la zone d'étude (%)
Feuillu et mixte à dominance feuillus	31	60,8	192,4	60,5
Mixte à dominance résineux	7	13,7	43,5	13,7
Résineux	13	25,5	82,1	25,8
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>100</b>	<b>318,0</b>	<b>100,0</b>

### FORÊTS DE FEUILLUS ET MIXTES À DOMINANCE FEUILLUS

Dans les forêts de feuillus et mixtes à dominance feuillus (photo 2, annexe B), la strate arborescente est dominée par le bouleau à papier (*Betula papyrifera*), le sapin baumier (*Abies balsamea*), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis*), le peuplier sp. et l'érable à sucre (*Acer saccharum*). Les espèces qui représentent la strate arbustive sont l'érable à épis (*Acer spicatum*), le sapin baumier, le peuplier sp. et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides*). La strate muscinale est très peu présente alors que la litière couvre la majorité du sol de ce type d'habitat.

### FORÊTS MIXTES À DOMINANCE RÉSINEUX

Dans les forêts mixtes à dominance résineux (photo 3, annexe B), le sapin baumier et le bouleau à papier sont les espèces les plus abondantes de la strate arborescente. L'érable à épis et le sapin baumier sont les espèces qui ont été répertoriées en plus grand nombre dans la strate arbustive. De plus, dans ce type d'habitat, le sol est peu couvert par la strate muscinale, alors que la litière est présente, mais en moins grande proportion que dans les forêts de feuillus et mixtes à dominance feuillus.

## FORÊTS DE RÉSINEUX

Dans les forêts de résineux (photo 3, annexe B), les essences qui représentent ce type d'habitat sont l'épinette noire (*Picea mariana*), le sapin baumier et le thuya occidental (*Thuja occidentalis*), et ce, tant au niveau de la strate arborescente que de la strate arbustive. La strate herbacée et la litière sont moins abondantes que dans les autres types d'habitats alors que la strate muscinale l'est davantage.

### 2.1.2 PÉRIODE DE MIGRATION

#### 2.1.2.1 MÉTHODES D'INVENTAIRE

Cet inventaire avait pour but de documenter l'utilisation du milieu aquatique du fjord par la faune aviaire pour les périodes de migration printanière et automnale. Pour ce faire, une station d'observation fixe a été positionnée à l'endroit où les installations portuaires sont prévues (carte 2). Les oiseaux aquatiques ont ainsi été inventoriés en période de migration printanière et automnale, soit du 29 avril au 28 mai et du 4 septembre au 29 octobre 2014, totalisant ainsi 10 séances d'observation au printemps et 11 à l'automne (tableau 2).

**Tableau 2. Périodes d'inventaire des oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord en période de migration à partir de la station d'observation**

Période	Date	Début	Fin	Conditions d'observation	Nombre de balayages
Migration printanière	29-04-2014	10h45	13h45	Bonnes	4
	30-04-2014	7h40	11h00	Bonnes à moyennes	4
	07-05-2014	14h30	18h49	Moyennes à bonnes	5
	08-05-2014	5h35	8h52	Bonnes	4
	12-05-2014	16h38	19h50	Bonnes	4
	13-05-2014	9h55	14h06	Excellentes	5
	21-05-2014	15h15	19h34	Bonnes	5
	22-05-2014	9h35	12h52	Bonnes	4
	27-05-2014	9h30	12h01	Bonnes	4
	28-05-2014	15h45	20h04	Moyennes à bonnes	5
Migration automnale	04-09-2014	15h40	19h00	Bonnes	4
	09-09-2014	7h45	12h04	Excellentes	5
	16-09-2014	15h05	18h25	Bonnes	4
	17-09-2014	8h05	12h24	Moyennes	5
	25-09-2014	14h55	18h25	Passables	4
	26-09-2014	8h02	13h30	Bonnes	6
	03-10-2014	7h50	12h08	Bonnes	5
	14-10-2014	13h50	17h35	Bonnes à moyennes	4
	20-10-2014	13h11	16h28	Moyennes	4
	21-10-2014	8h47	13h07	Excellentes	5
	29-10-2014	9h08	13h22	Excellentes	5

Les données ont été recueillies à l'aide de deux méthodes d'inventaire. Les oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord (nage, repos, alimentation) ont été inventoriés à l'aide de balayages successifs. Les balayages ont été effectués en arrivant à la station ainsi qu'à toutes les heures subséquentes. Un total de 4 à 5 balayages a été effectué par période d'inventaire printanière et de 4 à 6 par période automnale. Ainsi, 44 balayages ont été réalisés au printemps et 51 à l'automne. Au cours d'un balayage, le milieu aquatique du fjord était observé à l'aide d'un télescope et parfois à l'aide de jumelles, sur l'ensemble de l'horizon visible. Une personne agissait en tant qu'observateur alors que le second inscrivait les observations dictées par l'observateur sur le feuillet de terrain. Pour chaque observation ou groupe d'observations, la localisation (distance et azimuth par rapport à la station), l'espèce, le nombre d'individus, la classe d'âge (adulte, immature ou juvénile) et le comportement ont été notés. En raison de l'imprécision de la localisation des oiseaux, les mentions ont été repositionnées, dans la plupart des cas, à tous les 50 m ainsi qu'à tous les 22,5° (nord-est, est-nord-est, est, etc.). En ce qui a trait aux oiseaux en déplacement (vol), ils ont été notés tout au long de la séance d'inventaire.

Des données complémentaires ayant trait aux conditions d'observation (température, force du vent, précipitations, couverture nuageuse) ont été recueillies pour chacune des séances d'inventaire (annexe D). De plus, toutes les autres observations d'oiseaux (ex. rapaces, passereaux, limicoles) ont été notées de la même façon que pour les autres groupes d'espèces.

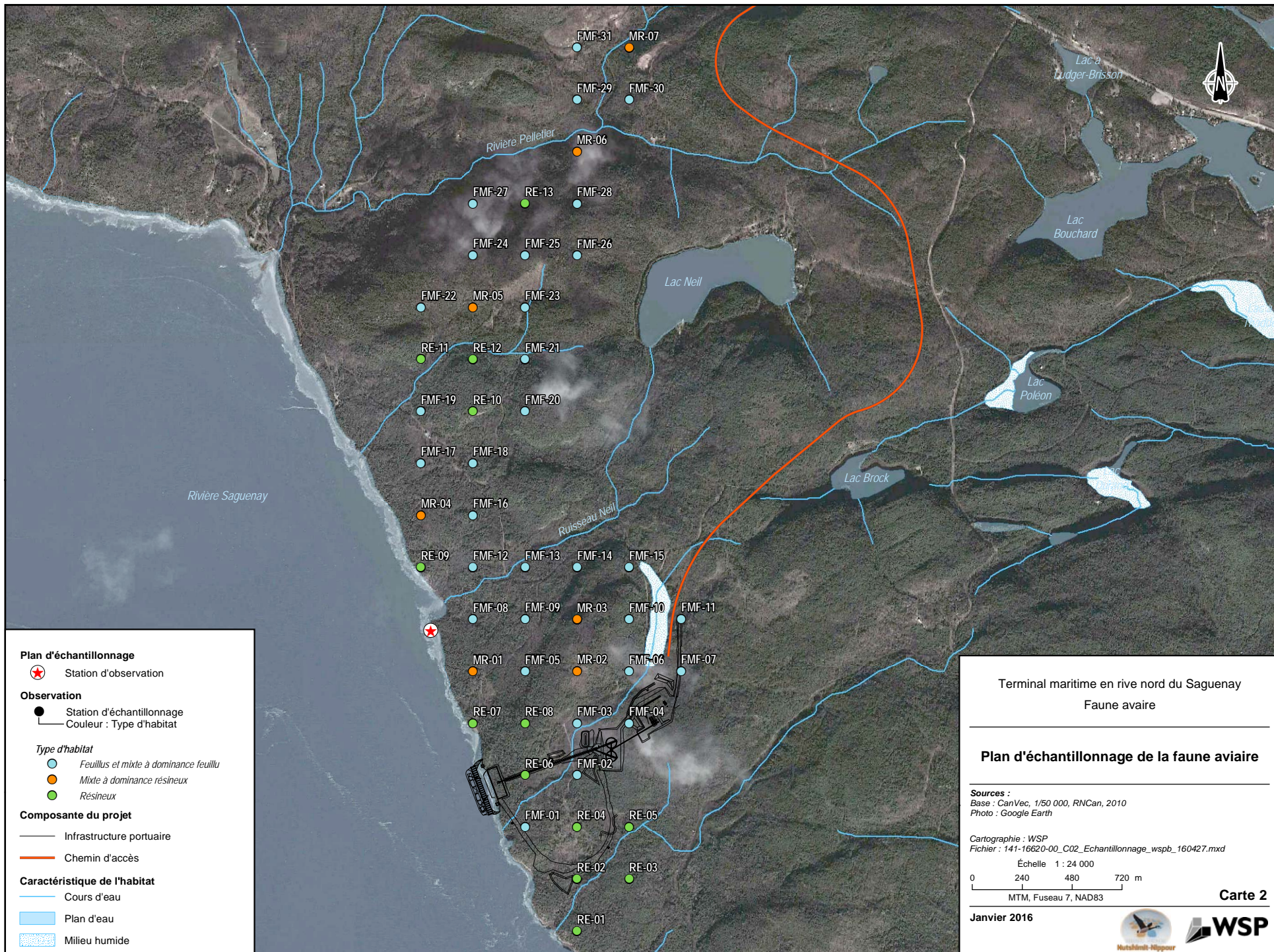
### 2.1.2.2 ANALYSES

#### OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD

La fréquence d'utilisation pour l'ensemble des oiseaux observés en milieu marin a été calculée pour chacun des cadrans d'observation et pour une distance de 0 à 1 000 m de la station d'observation. Pour calculer cette fréquence, une somme des observations effectuées dans chacun des scans a été réalisée, et ce, pour toutes dates confondues. Ainsi, pour chacun des cadrans (ex. distance : 0-250 m, direction nord), la somme a été ramenée sur le nombre total de scans effectués (44 pour la migration printanière et 50 pour la migration automnale). Pour les analyses présentant les espèces ou les groupes d'espèces, la somme des observations a été utilisée.

#### OISEAUX EN DÉPLACEMENT

Pour ce qui est des oiseaux en déplacement, une analyse a été réalisée entre la date à laquelle l'inventaire a été effectué et le taux de déplacement (nombre de déplacements/heure). De plus, le nombre total de déplacements d'oiseaux a été mis en lien avec la distance à partir de la station d'observation.



**Plan d'échantillonnage**

★ Station d'observation

**Observation**

● Station d'échantillonnage  
Couleur : Type d'habitat

*Type d'habitat*

- Feuillus et mixte à dominance feuillu
- Mixte à dominance résineux
- Résineux

**Composante du projet**

- Infrastructure portuaire
- Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

- Cours d'eau
- Plan d'eau
- Milieu humide

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Plan d'échantillonnage de la faune aviaire**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C02\_Echantillonnage\_wspb\_160427.mxd

Échelle 1 : 24 000  
0 240 480 720 m  
MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 2

Janvier 2016





## 3 RÉSULTATS

Lors de l'ensemble des inventaires réalisés sur le terrain, 91 espèces appartenant à 28 familles ont été dénombrées. Un total de 55 espèces (19 familles) a été observé en période de nidification, 31 espèces (12 familles) en période de migration printanière et 37 espèces (18 familles) en période de migration automnale. Pour les espèces qui ont été observées en période de nidification, le statut de nidification a été confirmé pour 1 espèce, a été jugé probable pour 13 et possible pour 41. L'annexe E présente une liste des espèces observées lors des inventaires de terrain.

### 3.1 PÉRIODE DE NIDIFICATION

Au total, 55 espèces (19 familles) ont été observées en période de nidification lors des inventaires réalisés entre les 9 et 12 juin 2014. De ce nombre, le statut de nidification a été confirmé pour une espèce, a été jugé probable pour 13 et possible pour 41 autres espèces. Lors des inventaires de terrain qui ont été réalisés en septembre 2014, une espèce supplémentaire s'ajoute à la liste des espèces nichant possiblement dans le secteur. Il s'agit du pic à dos noir.

#### 3.1.1 OISEAUX TERRESTRES

La richesse spécifique moyenne d'oiseaux terrestres s'est avérée être similaire pour les trois types d'habitats, et ce, tant au niveau de la méthode du DRL que selon la méthode de l'IPA (tableau 3). Toutefois, une grande variabilité peut être observée au niveau de la richesse spécifique cumulative. En effet, au niveau du DRL, le plus grand nombre d'espèces a été détecté dans les forêts de feuillus et mixtes à dominance feuillus (43 espèces) comparativement à 33 espèces pour les forêts de résineux et à 20 espèces pour les forêts mixtes à dominance résineux. Cette variabilité va de pair avec le nombre de stations d'écoute effectuées dans chacun des habitats. Un nombre plus élevé de stations a été effectué dans les forêts de feuillus et mixtes à dominance feuillus, puisque ce type d'habitat couvre une plus grande superficie de la zone d'étude.

Selon la méthode du DRL, la densité moyenne la plus élevée (4,33 ÉC/ha) a été trouvée dans les forêts mixtes à dominance résineux, suivi par les forêts de résineux (4,22 ÉC/ha) et les forêts de feuillus et mixtes à dominance feuillus (4,07 ÉC/ha) (tableau 4).

Les populations estimées sont obtenues en multipliant la densité en équivalent-coupe/hectare par la superficie associée à chaque habitat. Comme mentionné précédemment, les forêts de feuillus et mixtes à dominance feuillus est l'habitat qui couvre la plus grande superficie dans la zone d'étude (192,4 ha). Les populations estimées d'oiseaux terrestres dans la zone d'étude pour cet habitat varient entre 400 et 1 166 équivalents-couples (moyenne de 783 équivalents-couples) (tableau 4). Au total, la population estimée varie entre 673 et 1 962 équivalents-couples.

**Tableau 3. Richesse spécifique moyenne et cumulative d'oiseaux terrestres par type d'habitat dans la zone d'étude**

Type d'habitat	Nombre de stations d'écoute	DRL <sup>a</sup>			IPA <sup>b</sup>		
		Densité (nombre d'ÉC/ha)		Richesse spécifique cumulative	Abondance (nombre d'ÉC)		Richesse spécifique cumulative
		Moyenne	Écart-type		Moyenne	Écart-type	
Feuillu et mixte à dominance feuillus	31	6,90	2,49	43	8,77	2,69	45
Mixte à dominance résineux	7	7,00	3,56	20	9,00	4,36	23
Résineux	13	7,00	2,04	33	8,85	3,29	35
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>6,94</b>	<b>2,50</b>	<b>45</b>	<b>8,82</b>	<b>3,04</b>	<b>48</b>

<sup>a</sup> DRL : méthode de dénombrement à rayon limité.

<sup>b</sup> IPA : méthode de l'indice ponctuel d'abondance.

**Tableau 4. Estimation de l'abondance, de la densité moyenne et de la taille des populations d'oiseaux terrestres dans la zone d'étude**

Type d'habitat	DRL <sup>a</sup>		IPA <sup>b</sup>			Population estimée (ÉC)		
	Densité moyenne (ÉC/ha)	Écart-type	Densité moyenne (ÉC)	Écart-type	Superficie de l'habitat (ha)	Minimale	Moyenne	Maximale
Feuillu et mixte à dominance feuillus	4,07	1,99	13,02	4,14	192,4	400	783	1 166
Mixte à dominance résineux	4,33	2,75	12,43	5,99	43,5	69	188	308
Résineux	4,22	1,73	13,27	5,63	82,1	204	346	488
<b>Total</b>	-	-	-	-	-	<b>673</b>	<b>1 317</b>	<b>1 962</b>

<sup>a</sup> DRL : méthode de dénombrement à rayon limité.

<sup>b</sup> IPA : méthode de l'indice ponctuel d'abondance.

Note : Les autres types d'habitat sont l'eau (0,1 ha) et les milieux anthropiques (2,7 ha), pour un total de 320,8 ha.

## FORÊTS DE FEUILLUS ET MIXTES À DOMINANCE FEUILLUS

La grive à dos olive (*Catharus ustulatus*), le viréo aux yeux rouges (*Vireo olivaceus*), la paruline à poitrine baie (*Setophaga castanea*) et le bruant à gorge blanche (*Zonotrichia albicollis*) sont les espèces ayant obtenu les valeurs de DRL les plus élevées, avec des valeurs respectives de 0,46, 0,46, 0,33 et 0,29 ÉC/ha. Au niveau de la constance, ces mêmes espèces ont obtenu les valeurs les plus élevées. Pour ce qui est de l'IPA, trois de ces espèces ont obtenu les valeurs les plus élevées. Il s'agit de la grive à dos olive (1,84 ÉC; 87,1 %), le viréo aux yeux rouges (1,48 ÉC; 87,1 %) et le bruant à gorge blanche (1,23 ÉC; 64,5 %).

Au total, neuf espèces ont été détectées uniquement dans ce type d'habitat. Il s'agit du pic mineur (*Picoides pubescens*), de la paruline à calotte noire (*Cardellina pusilla*), du moucheur à ventre jaune (*Empidonax flaviventris*), du piranga écarlate (*Piranga olivacea*), du bruant familier (*Spizella passerina*), du grimpeur brun (*Certhia americana*), de la paruline à collier (*Setophaga americana*), de la paruline à gorge orangée (*Setophaga fusca*) et du gros-bec errant (*Coccothraustes vespertinus*). Ces espèces ont toutefois été dénombrées en faibles densités.

Parmi ces espèces, mentionnons que la paruline à calotte noire (*Cardellina pusilla*) est une espèce typique des forêts où la strate arbustive est prédominante (Ammon et Gilbert 1999) et que la paruline à collier (*Setophaga americana*) est une espèce où les abondances sont relativement élevées dans les forêts d'érable à sucre, de bouleau et d'hêtre (Moldenhauer et Regelski 2012).

## FORÊTS MIXTES À DOMINANCE RÉSINEUX

Au niveau des forêts mixtes à dominance résineux, les trois espèces ayant obtenu les valeurs les plus élevées de densité sont la grive à dos olive (0,44 ÉC/ha; 57,1 %), la paruline à poitrine baie (0,57 ÉC/ha; 71,4 %) et la paruline à joues grises (*Leiothlypis ruficapilla*) (0,49 ÉC; 71,4 %). Au niveau de l'IPA, la grive à dos olive (1,50 ÉC; 71,4 %), le viréo aux yeux rouges (0,95 ÉC; 71,4 %) et la paruline à poitrine baie (0,82 ÉC; 71,43 %) ont obtenu les valeurs les plus élevées. Aucune espèce n'a été observée uniquement dans ce type d'habitat.

## FORÊTS DE RÉSINEUX

La paruline à poitrine baie (0,54 ÉC/ha; 69,2 %), la paruline obscure (*Leiothlypis peregrina*) (0,57 ÉC/ha; 53,9 %) et la paruline à joues grises (0,44 ÉC/ha; 53,9 %) sont les espèces qui ont obtenu les valeurs les plus élevées en termes de densité. Pour ce qui est de l'IPA, les résultats sont différents. En effet, les espèces ayant obtenu les valeurs les plus élevées sont la grive à dos olive (2,08 ÉC; 76,9 %), le bruant à gorge blanche (1,38 ÉC; 69,2 %) et la paruline obscure (1,31 ÉC; 76,9 %).

Deux espèces ont été observées uniquement dans ce type d'habitat. Il s'agit du pic à dos rayé et du viréo à tête bleue (*Vireo solitarius*). Cette dernière est une espèce associée aux forêts résineuses au sous-couvert arbustif feuillu (Morton et James 2014), alors que le pic à dos rayé (*Picoides dorsalis*) niche dans les forêts de résineux et est associé aux forêts où la présence de chicots est élevée (Leonard et David 2001).



Tableau 5. Abondance des oiseaux terrestres recensés dans les trois types d'habitats inventoriés dans la zone d'étude

Espèce	Feuille et mixte à dominance feuillus						Mixte à dominance résineux						Résineux					
	DRL			IPA			DRL			IPA			DRL			IPA		
	ÉC/ha		Constance (%)	ÉC		Constance (%)	ÉC/ha		Constance (%)	ÉC		Constance (%)	ÉC/ha		Constance (%)	ÉC		Constance (%)
	Moy.	$\sigma$		Moy.	$\sigma$		Moy.	$\sigma$		Moy.	$\sigma$		Moy.	$\sigma$		Moy.	$\sigma$	
Grive à dos olive	0,46	0,47	58,06	1,84	1,16	87,10	0,44	0,51	57,14	1,50	1,55	71,43	0,35	0,43	46,15	2,08	1,38	76,92
Viréo aux yeux rouges	0,46	0,45	61,29	1,48	0,89	87,10	0,40	0,54	42,86	1,29	0,95	71,43	0,09	0,21	15,38	0,85	0,90	53,85
Paruline à poitrine baie	0,33	0,46	41,94	0,58	0,81	41,94	0,57	0,46	71,43	1,00	0,82	71,43	0,54	0,52	69,23	1,04	0,88	76,92
Bruant à gorge blanche	0,29	0,48	35,48	1,23	1,12	64,52	0,00	0,00	0,00	0,71	0,95	42,86	0,13	0,34	15,38	1,38	1,33	69,23
Paruline à tête cendrée	0,24	0,38	32,26	0,58	0,85	38,71	0,40	0,63	42,86	0,86	1,07	57,14	0,39	0,48	46,15	0,77	0,83	53,85
Paruline couronnée	0,22	0,35	32,26	0,77	0,88	51,61	0,08	0,21	14,29	0,71	0,76	57,14	0,04	0,16	7,69	0,38	0,65	30,77
Paruline obscure	0,18	0,31	29,03	0,42	0,56	38,71	0,24	0,45	28,57	0,57	0,79	42,86	0,57	0,61	53,85	1,31	0,95	76,92
Paruline à joues grises	0,16	0,36	19,35	0,35	0,66	25,81	0,49	0,39	71,43	0,86	0,69	71,43	0,44	0,47	53,85	0,92	0,95	53,85
Paruline du Canada	0,13	0,24	22,58	0,26	0,44	25,81	0,16	0,28	28,57	0,29	0,49	28,57	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Mésange à tête noire	0,11	0,27	16,13	0,21	0,48	19,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	7,69	0,04	0,14	7,69
Paruline tigrée	0,11	0,27	16,13	0,23	0,50	19,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,36	23,08	0,31	0,63	23,08
Pic maculé	0,11	0,23	19,35	0,32	0,60	25,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Paruline à croupion jaune	0,10	0,33	12,90	0,21	0,60	16,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,15	0,38	15,38
Grive fauve	0,09	0,21	16,13	0,48	0,89	29,03	0,16	0,28	28,57	0,29	0,49	28,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Merle d'Amérique	0,07	0,24	9,68	0,39	0,67	29,03	0,16	0,28	28,57	0,57	0,53	57,14	0,00	0,00	0,00	0,08	0,28	7,69
Paruline bleue	0,07	0,24	9,68	0,19	0,48	16,13	0,24	0,45	28,57	0,71	0,76	57,14	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Paruline triste	0,07	0,19	12,90	0,29	0,53	25,81	0,08	0,21	14,29	0,29	0,49	28,57	0,04	0,16	7,69	0,23	0,44	23,08
Viréo de Philadelphie	0,07	0,19	12,90	0,19	0,48	16,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Paruline flamboyante	0,07	0,19	12,90	0,16	0,37	16,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,25	23,08	0,23	0,44	23,08
Paruline à flancs marron	0,07	0,19	12,90	0,16	0,37	16,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,15	0,38	15,38
Grive solitaire	0,05	0,22	6,45	0,13	0,43	9,68	0,00	0,00	0,00	0,14	0,38	14,29	0,04	0,16	7,69	0,15	0,55	7,69
Moucherolle des aulnes	0,05	0,22	6,45	0,23	0,50	19,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,31	7,69	0,15	0,55	7,69
Paruline noir et blanc	0,05	0,17	9,68	0,10	0,30	9,68	0,16	0,28	28,57	0,29	0,49	28,57	0,09	0,21	15,38	0,15	0,38	15,38
Sittelle à poitrine rousse	0,05	0,17	9,68	0,21	0,51	16,13	0,08	0,21	14,29	0,29	0,49	28,57	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Troglodyte mignon	0,04	0,14	6,45	0,19	0,48	16,13	0,24	0,45	28,57	0,71	0,95	42,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cardinal à poitrine rose	0,04	0,14	6,45	0,16	0,45	12,90	0,16	0,43	14,29	0,29	0,76	14,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moucherolle tchébec	0,04	0,14	6,45	0,10	0,30	9,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,27	30,77	0,35	0,55	30,77
Pic mineur	0,04	0,14	6,45	0,10	0,30	9,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Roitelet à couronne rubis	0,04	0,14	6,45	0,10	0,40	6,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,25	23,08	0,38	0,51	38,46
Paruline à calotte noire	0,04	0,20	3,23	0,06	0,36	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grand pic	0,02	0,10	3,23	0,13	0,34	12,90	0,00	0,00	0,00	0,14	0,38	14,29	0,04	0,16	7,69	0,15	0,38	15,38
Moucherolle à ventre jaune	0,02	0,10	3,23	0,10	0,40	6,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Paruline à gorge noire	0,02	0,10	3,23	0,10	0,40	6,45	0,00	0,00	0,00	0,14	0,38	14,29	0,09	0,21	15,38	0,23	0,44	23,08
Piranga écarlate	0,02	0,10	3,23	0,10	0,30	9,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junco ardoisé	0,02	0,10	3,23	0,06	0,25	6,45	0,04	0,11	14,29	0,07	0,19	14,29	0,13	0,22	30,77	0,31	0,43	38,46
Roitelet à couronne dorée	0,02	0,10	3,23	0,03	0,18	3,23	0,16	0,28	28,57	0,29	0,49	28,57	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Pic flamboyant	0,02	0,10	3,23	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Bruant familial	0,02	0,10	3,23	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grimpereau brun	0,02	0,10	3,23	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Paruline à collier	0,02	0,10	3,23	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Paruline à gorge orangée	0,02	0,10	3,23	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jaseur d'Amérique	0,01	0,05	3,23	0,02	0,09	3,23	0,04	0,11	14,29	0,07	0,19	14,29	0,04	0,16	7,69	0,15	0,38	15,38
Roselin pourpré	0,00	0,00	0,00	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Gros-bec errant	0,00	0,00	0,00	0,02	0,09	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gélinotte huppée	0,00	0,00	0,00	0,03	0,18	3,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,28	7,69
Pic à dos rayé	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Viréo à tête bleue	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,16	7,69	0,08	0,28	7,69
Pic sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,28	7,69
<b>Total</b>	<b>4,07</b>	<b>1,99</b>	<b>-</b>	<b>13,02</b>	<b>4,14</b>	<b>-</b>	<b>4,33</b>	<b>2,75</b>	<b>-</b>	<b>12,43</b>	<b>5,99</b>	<b>-</b>	<b>4,22</b>	<b>1,73</b>	<b>-</b>	<b>13,27</b>	<b>5,63</b>	<b>-</b>

Note : Moy.: moyenne;  $\sigma$  : écart-type



### 3.1.2 OISEAUX DE PROIE ET CORVIDÉS

Trois espèces de ont été inventoriées en période de nidification. Il s'agit de l'urubu à tête rouge (*Cathartes aura*), de la petite buse (*Buteo platypterus*) et du faucon émerillon (*Falco columbarius*). De plus, le grand corbeau (*Corvus corax*) et de la corneille d'Amérique (*Corvus brachyrhynchos*) ont également été observés. L'urubu à tête rouge niche possiblement dans le secteur à l'étude. Plusieurs mentions estivales ont été effectuées dans le secteur de la rivière Saguenay, sans toutefois confirmer la nidification de l'espèce (AONQ 2015b). Celle-ci niche principalement en milieu forestier, sur les parois rocheuses ou les milieux en pente (Kirk et Mossman 1998).

Pour ce qui est de la petite buse, deux individus ont été observés la même journée, à moins de 2 km l'un de l'autre, ce qui porte à croire qu'il s'agirait du même individu ou du même couple. Selon l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (2015), l'espèce niche probablement dans le secteur. Elle utilise les forêts feuillues matures ou mixtes situées à proximité d'un plan d'eau et utilise les trouées pour chasser (Goodrich et coll. 2014). Pour ce qui est du faucon émerillon, l'espèce niche possiblement dans le secteur (AONQ 2015b) et à proximité des milieux ouverts ou semi-ouverts (Warkentin et coll. 2005).

**Tableau 6. Observations d'oiseaux de proie adultes et de corvidés en 2014 et estimation du nombre de couples nicheurs**

Espèce	Adulte	Couple	Site de nidification		Couple nicheur		
			Inoccupé	Occupé	Confirmé	Potentiel	Total
Urubu à tête rouge	1	0	-	-	-	1	1
Petite buse	2	0	-	-	-	1	1
Faucon émerillon	1	0	-	-	-	1	1
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Corneille d'Amérique	12	0	-	-	-		
Grand corbeau	14	2	-	-	-	1	1

L'ensemble des observations de grand corbeau a été effectué à l'intérieur de 2,6 km de distance, ce qui porte à croire que tous les individus répertoriés pourraient faire partie du même couple. La distance de 500 m séparant les deux observations de couples suggère qu'il s'agirait également du même couple. Mentionnons pareillement que toutes les observations de corneille d'Amérique ont été effectuées à l'intérieur de 2,6 km.

## 3.2 PÉRIODE DE MIGRATION

### 3.2.1 INVENTAIRES PRINTANIERS

Lors des inventaires printaniers, 31 espèces ont été dénombrées et elles sont réparties dans les groupes suivants : sauvagine (16), rapaces (5), laridés (3), autres oiseaux aquatiques (3), corvidés (2), limicole (1), et passereaux (1).

### 3.2.1.1 OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD

Les oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord en migration printanière ont été plus fréquemment observés en direction nord-ouest (carte 3). En général, la fréquentation du site demeure relativement faible (fréquences d'utilisation inférieures à 40 %). En ce qui a trait à la somme des observations, la majorité de ces dernières ont été effectuées à proximité du site d'observation (moins de 250 m) de même qu'en direction nord-ouest (carte 4). En somme, le secteur semble être peu utilisé par les oiseaux en période de migration printanière.

#### SAUVAGINE

Au total, 12 espèces du groupe de la sauvagine ont été observées à l'intérieur de 2 km de la station d'observation. Le nombre d'individus par balayage a été à son plus haut le 30 avril (>25 individus par balayage; ci-après i/b) pour ensuite diminuer sous la barre des 5 i/b le 12 mai (figure 1). La sauvagine est le groupe ayant obtenu les valeurs d'abondances les plus élevées pour la plupart des séances d'inventaire.

Le garrot à œil d'or (*Bucephala clangula*) est l'espèce la plus observée (1,55 i/b), suivi par la bernache du Canada (*Branta canadensis*, 0,82 i/d), la sarcelle d'hiver (*Anas crecca*, 0,66 i/b) et le canard colvert (*Anas platyrhynchos*, 0,64 i/b) (annexe F, carte 5A et B). La plupart des garrots à œil d'or ont été observés en direction nord-ouest, alors que les espèces de macreuses ont davantage utilisé le secteur ouest (carte 5A). En effet, outre le garrot à œil d'or, des 6 espèces de plongeurs inventoriées, toutes les espèces ont obtenu un nombre d'observations par balayage inférieur à 0,34.

Le secteur sud et sud-ouest semble être peu utilisé par la sauvagine, particulièrement au-delà de 750 m. En ce qui a trait aux autres espèces de sauvagine, incluant la bernache du Canada, le canard colvert, le canard noir, le canard pilelet et la sarcelle d'hiver, le secteur de prédilection semble être concentré en direction nord-ouest, entre 0 et 1 000 m de la station d'observation (carte 5B).

#### LARIDÉS

En ce qui a trait au groupe des laridés, peu de fluctuations ont été notées (figure 1). En effet, l'abondance moyenne pour les différentes séances d'inventaire a varié entre 0 et 5,8 observations par balayage. Mentionnons que tous les goélands observés dans cette section de l'analyse n'ont pu être identifiés à l'espèce. Le nombre d'observations le plus élevé pour un cadran d'observation était relativement bas, soit de 16 à 20 individus (carte 6). De plus, le groupe de laridés ne semble pas utiliser un secteur en particulier.

En mer, les goélands se concentrent habituellement à proximité d'éléments tels des cayes (petits îlots rocheux), des hauts-fonds et les zones de remontée d'eau froide locales (Pierotti et Good 1994; Good 1998). L'absence ou la rareté de ces éléments dans l'aire d'étude pourrait expliquer le fait que ce groupe a été observé en faible abondance.

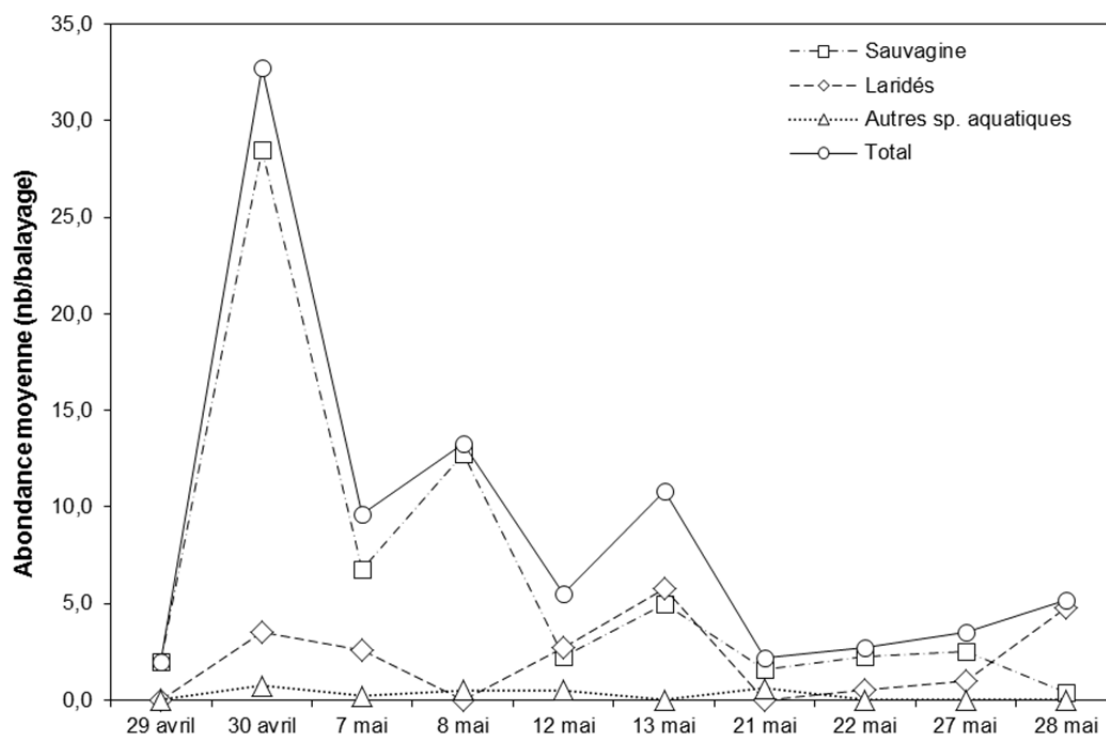
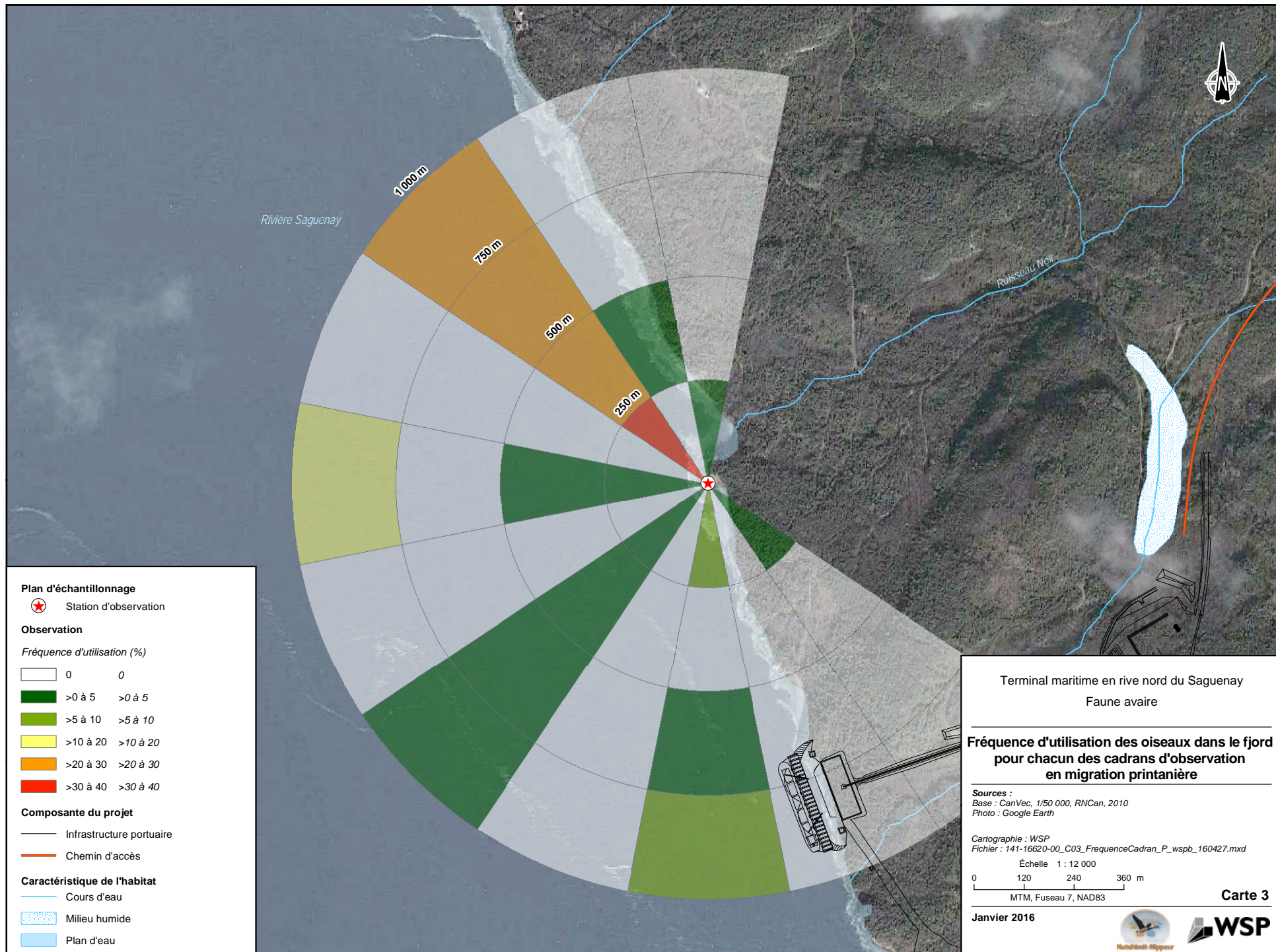


Figure 1. Abondance moyenne (nb/balaye) des différents groupes d'oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord entre le 29 avril et le 28 mai 2014

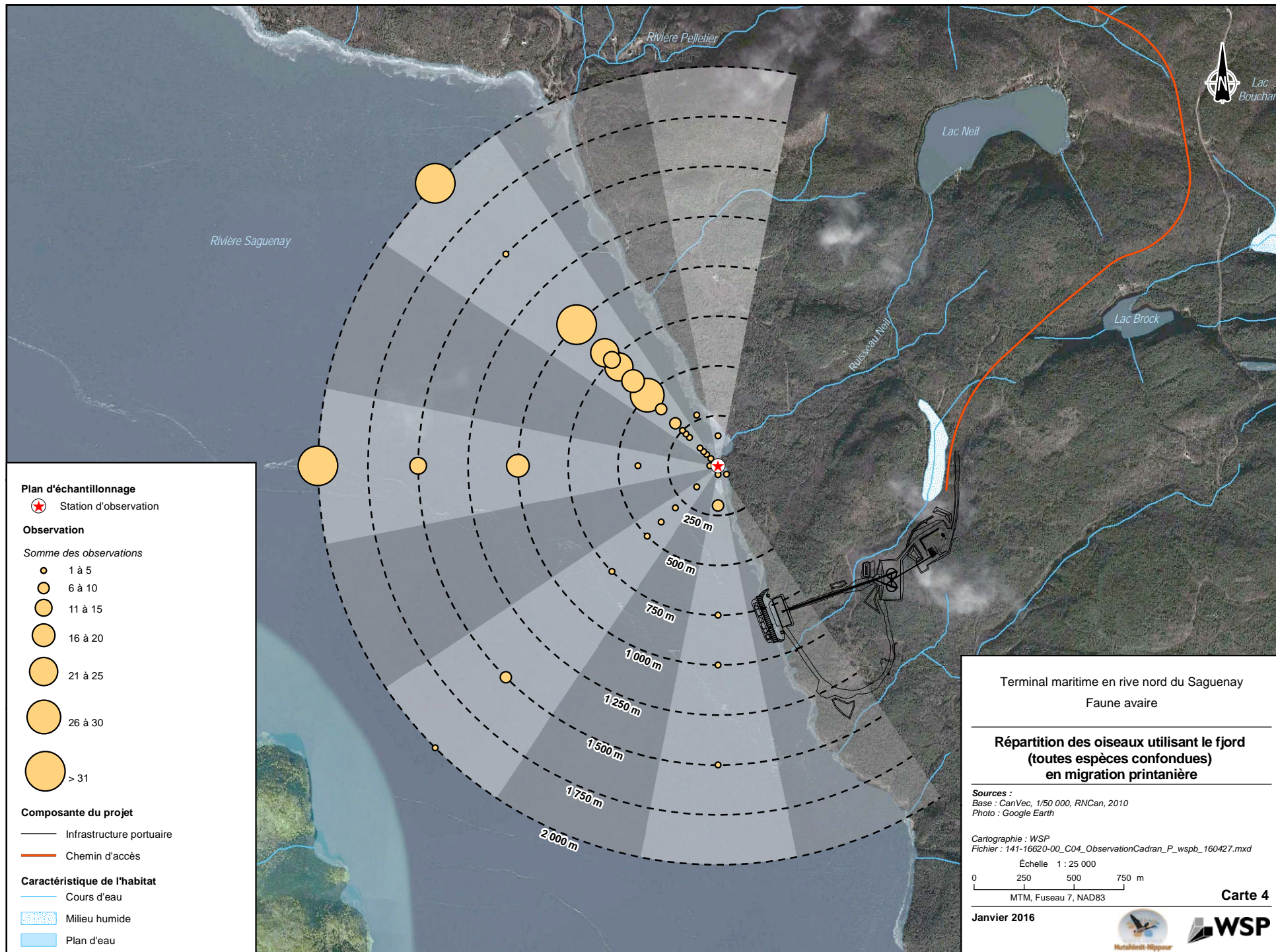
#### AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES

Le groupe des autres espèces aquatiques, incluant les huards et les grèbes, est celui ayant obtenu les plus faibles abondances (figure 1; carte 6). En effet, lors des 10 séances d'inventaire, l'abondance du plongeon huard (*Gavia immer*) a été évaluée à 0,23 i/b et celle du grèbe jougris (*Podiceps grisegena*) à 0,05 i/b (annexe F). Le 30 avril, le 8 mai et le 21 mai sont les dates auxquelles les observations ont été effectuées (figure 1). Ce groupe ne semble pas utiliser un secteur en particulier.









**Plan d'échantillonnage**

★ Station d'observation

**Observation**

*Somme des observations*

- 1 à 5
- 6 à 10
- 11 à 15
- 16 à 20
- 21 à 25
- 26 à 30
- > 31

**Composante du projet**

- Infrastructure portuaire
- Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

- Cours d'eau
- Milieu humide
- Plan d'eau

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Répartition des oiseaux utilisant le fjord  
(toutes espèces confondues)  
en migration printanière**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C04\_ObservationCadran\_P\_wspb\_160427.mxd

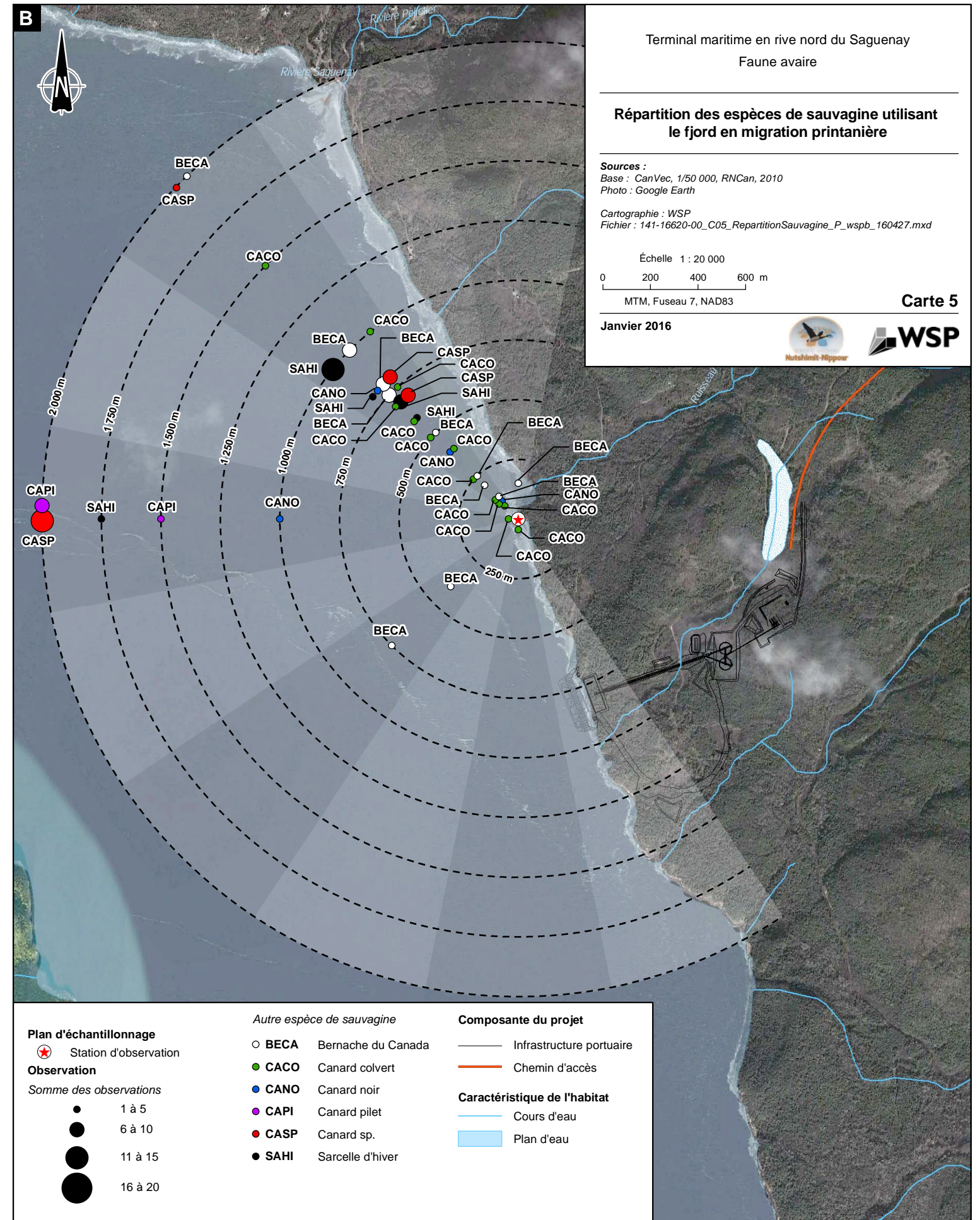
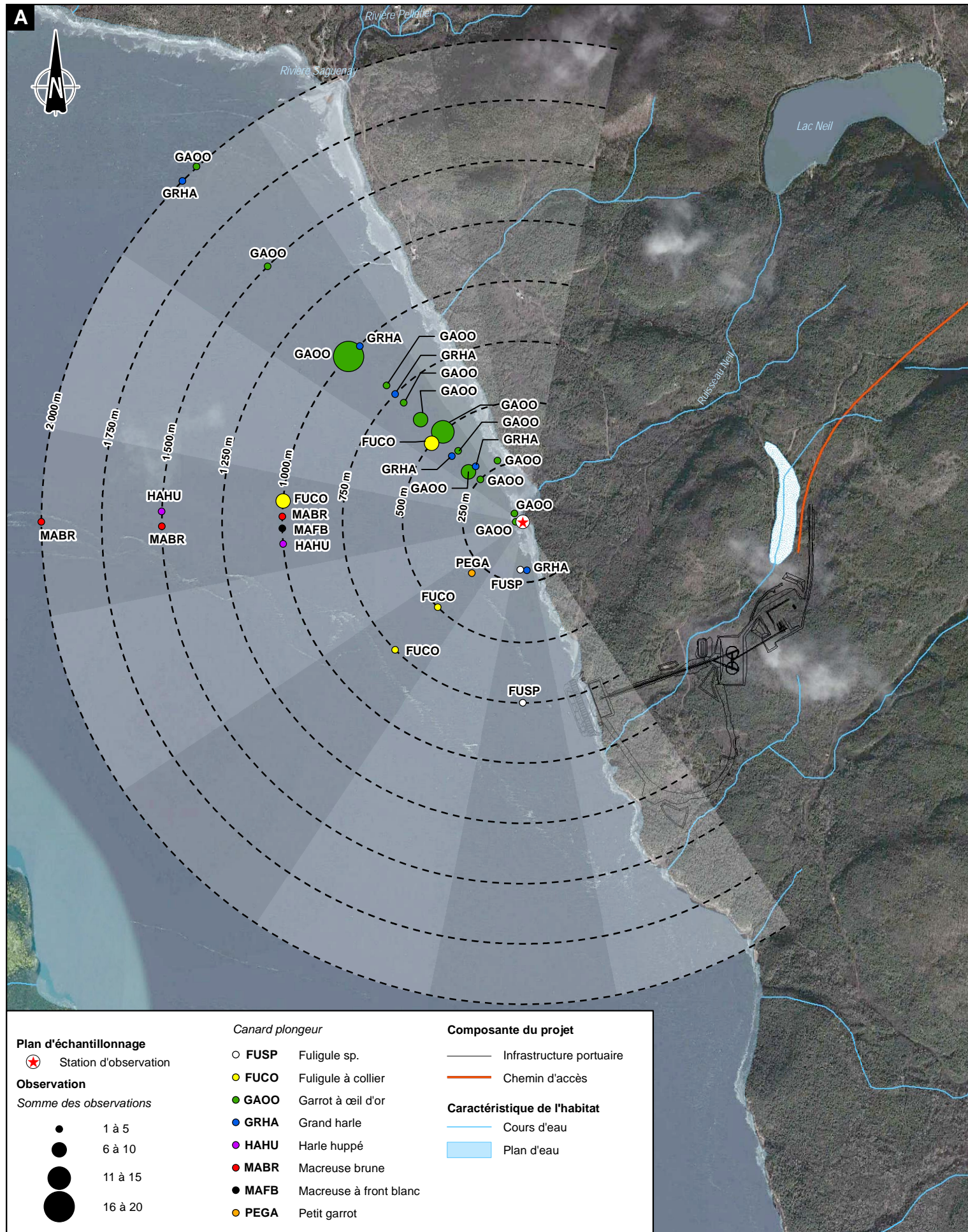
Échelle 1 : 25 000  
0 250 500 750 m  
MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 4

Janvier 2016







Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Faune aviaire

**Répartition des espèces de sauvagine utilisant le fjord en migration printanière**

Sources :  
 Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
 Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
 Fichier : 141-16620-00\_C05\_RepartitionSauvagine\_P\_wspb\_160427.mxd

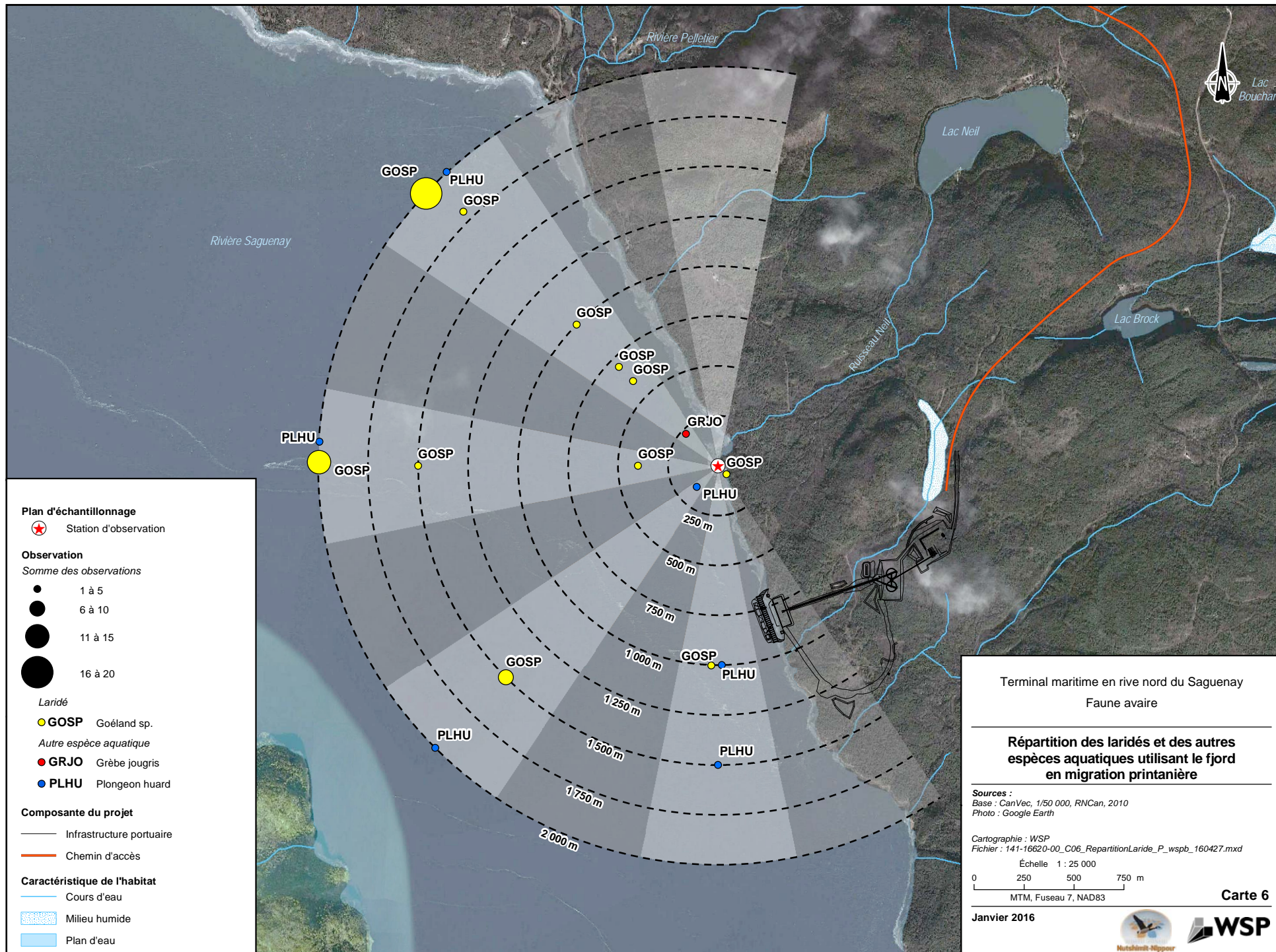
Échelle 1 : 20 000  
 0 200 400 600 m  
 MTM, Fuseau 7, NAD83

Janvier 2016

Nutshell-Hippour WSP

**Carte 5**





**Plan d'échantillonnage**

⊕ Station d'observation

**Observation**

Somme des observations

- 1 à 5
- 6 à 10
- 11 à 15
- 16 à 20

Laridé

● GOSP Goéland sp.

Autre espèce aquatique

● GRJO Grèbe jougris

● PLHU Plongeon huard

**Composante du projet**

— Infrastructure portuaire

— Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

— Cours d'eau

■ Milieu humide

■ Plan d'eau

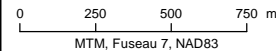
Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Répartition des laridés et des autres espèces aquatiques utilisant le fjord en migration printanière**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C06\_RepartitionLaride\_P\_wspb\_160427.mxd

Échelle 1 : 25 000



MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 6

Janvier 2016





### 3.2.1.2 OISEAUX EN DÉPLACEMENT

Le déplacement de la sauvagine en migration printanière a été caractérisé par un sommet les 8 et 12 mai avec des valeurs respectives de 492,5 déplacements par heure (ci-après d/h) et de 103,1 d/h le 12 mai (figure 2). L'oie des neiges (*Anser caerulescens*) et la bernache du Canada sont les espèces de sauvagine les plus abondantes avec des valeurs respectives de 441,6 et 119,8 d/h (annexe G). La majorité des déplacements de sauvagine ont été effectués entre 1 et 300 m et entre 1 001 et 3 000 m de la rive (figure 4).

En ce qui a trait au groupe des laridés, le nombre de déplacements par heure a augmenté dans le temps (figure 3). De plus, la plupart des déplacements d'oiseaux ont été effectués à plus de 1 000 m de la rive (figure 4).

Au niveau des autres espèces aquatiques, peu de déplacements ont été notés lors des différentes séances d'observation (figure 3). En effet, un seul déplacement de plongeon huard a été effectué de même que quatre déplacements de cormoran à aigrette (*Phalacrocorax auritus*), ce qui équivaut à moins d'un déplacement par heure pour les deux espèces (annexe G.1). Le secteur ne semble donc pas être fortement utilisé pour ce groupe d'oiseaux en migration printanière.

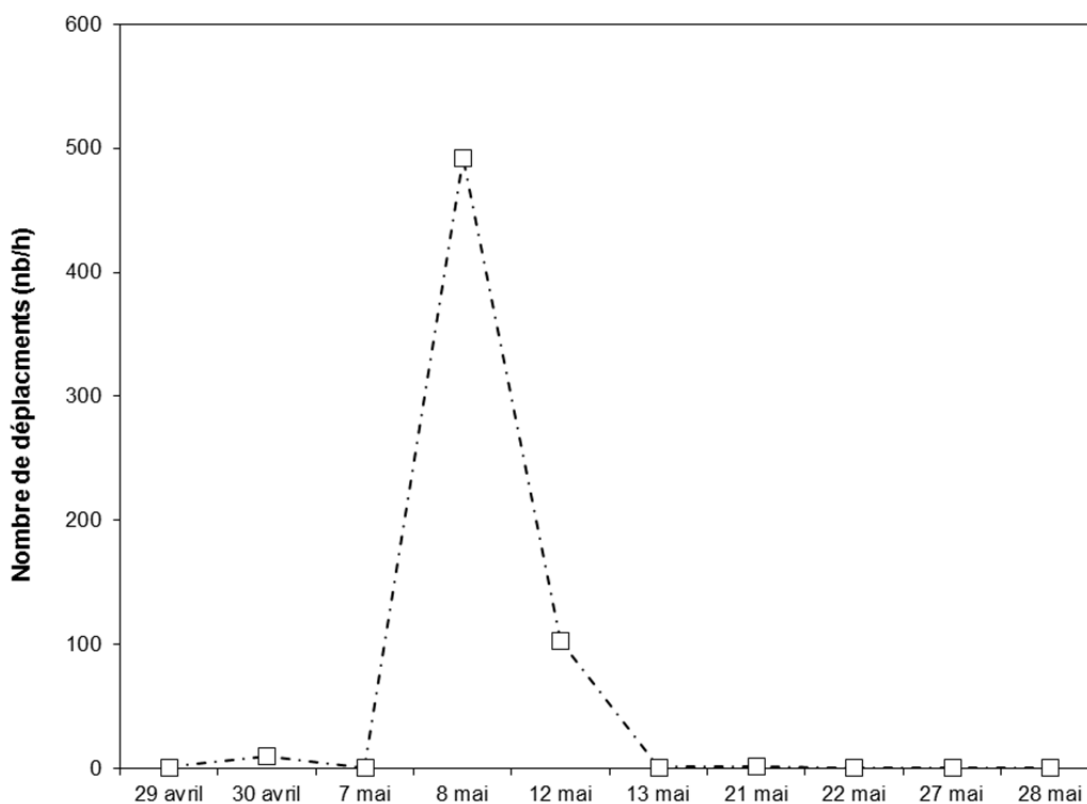


Figure 2. Nombre moyen de déplacements (nb/h) pour la sauvagine entre le 29 avril et le 28 mai 2014

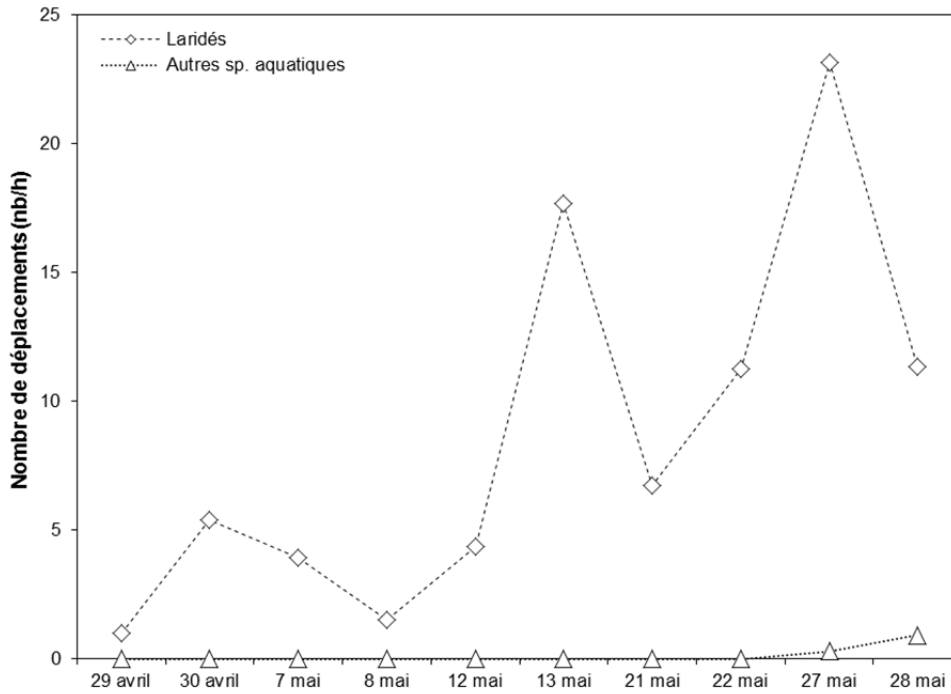


Figure 3. Nombre moyen de déplacements (nb/h) pour les laridés et les autres espèces aquatiques entre le 29 avril et le 28 mai 2014

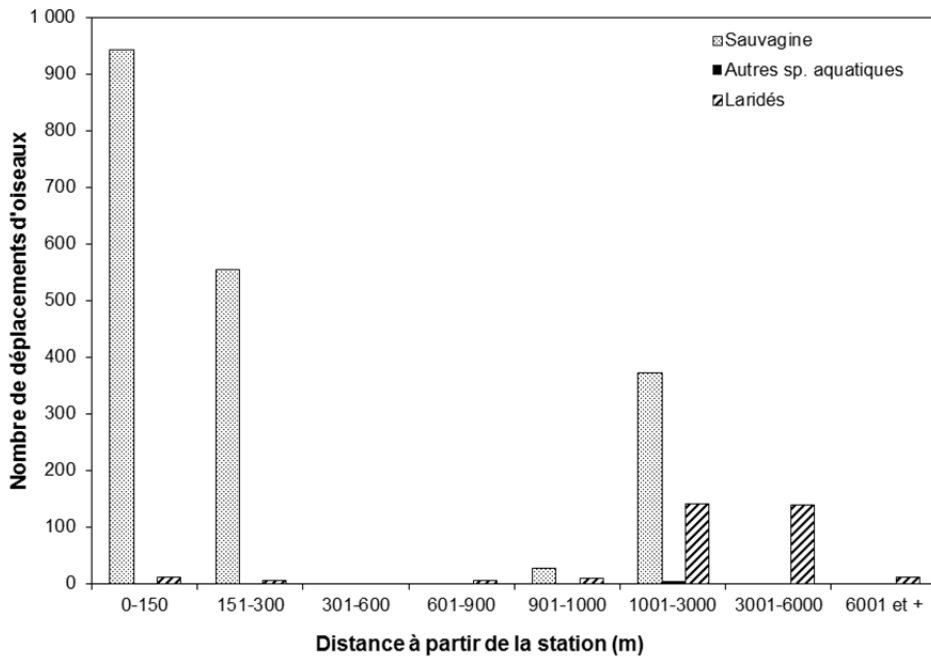


Figure 4. Nombre de déplacements en fonction de la distance de l’oiseau par rapport à la station pour la sauvagine, les laridés et autres espèces aquatiques entre le 29 avril et le 28 mai 2014

### 3.2.2 INVENTAIRES AUTOMNAUX

Lors des inventaires de migration automnale, 30 espèces ont été inventoriées et elles étaient réparties dans les groupes suivants : passereaux et autres oiseaux forestiers (10), sauvagine (9), autres oiseaux aquatiques (3), corvidés (3), laridés (3), limicoles (1) et rapaces (1).

De plus, sept espèces supplémentaires ont été inventoriées lors des déplacements en forêt entre le véhicule et le site d'observation. Ces espèces sont les suivantes : le bruant hudsonien (*Spizella arborea*), le bruant des prés (*Passerculus sandwichensis*), le pipit d'Amérique (*Anthus rubescens*), le quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*), le pic chevelu (*Picoides villosus*), la gélinotte huppée (*Bonasa umbellus*) et l'épervier brun (*Accipiter striatus*).

#### 3.2.2.1 OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD

Les oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord ont été plus fréquemment observés en direction nord-nord-ouest et sud (carte 7). Mentionnons toutefois que toutes les fréquences d'utilisation se sont avérées être inférieures à 30 %. En ce qui a trait à la somme des observations, la majorité de ces dernières ont été effectuées en bordure de la rive en direction nord-nord-ouest et entre 250 et 500 m en direction sud, où la somme maximale de plus de 31 individus a été atteinte entre 1 750 et 2 000 m (carte 8). Dans les autres secteurs, la somme totale des observations ne dépasse pas 15 individus. En somme, le secteur semble être peu utilisé par les oiseaux en période de migration automnale comme c'est le cas pour la période de migration printanière.

#### SAUVAGINE

L'abondance moyenne du groupe de la sauvagine a été très faible. Malgré l'apparence de variation, le nombre d'individus par balayage variait entre 0 et 5,33 individus par heure (figure 5). Parmi les canards plongeurs, les espèces les plus abondantes étaient le garrot à œil d'or (1,02 i/b) et le grand harle (*Mergus merganser*, 0,51 i/b) (annexe G; cartes 9A et B). La macreuse à front blanc (*Melanitta perspicillata*, 0,14 i/b), le harle couronné (*Lophodytes cucullatus*, 0,02 i/b) et le fuligule à collier (*Aythya collaris*, 0,02 i/b) s'ajoutent à cette liste. Parmi les autres espèces de sauvagine, seulement trois ont été répertoriées, soit le canard colvert (0,31 i/b), l'oie des neiges (0,12 i/b) et le canard noir (*Anas rubripes*, 0,04 i/b).

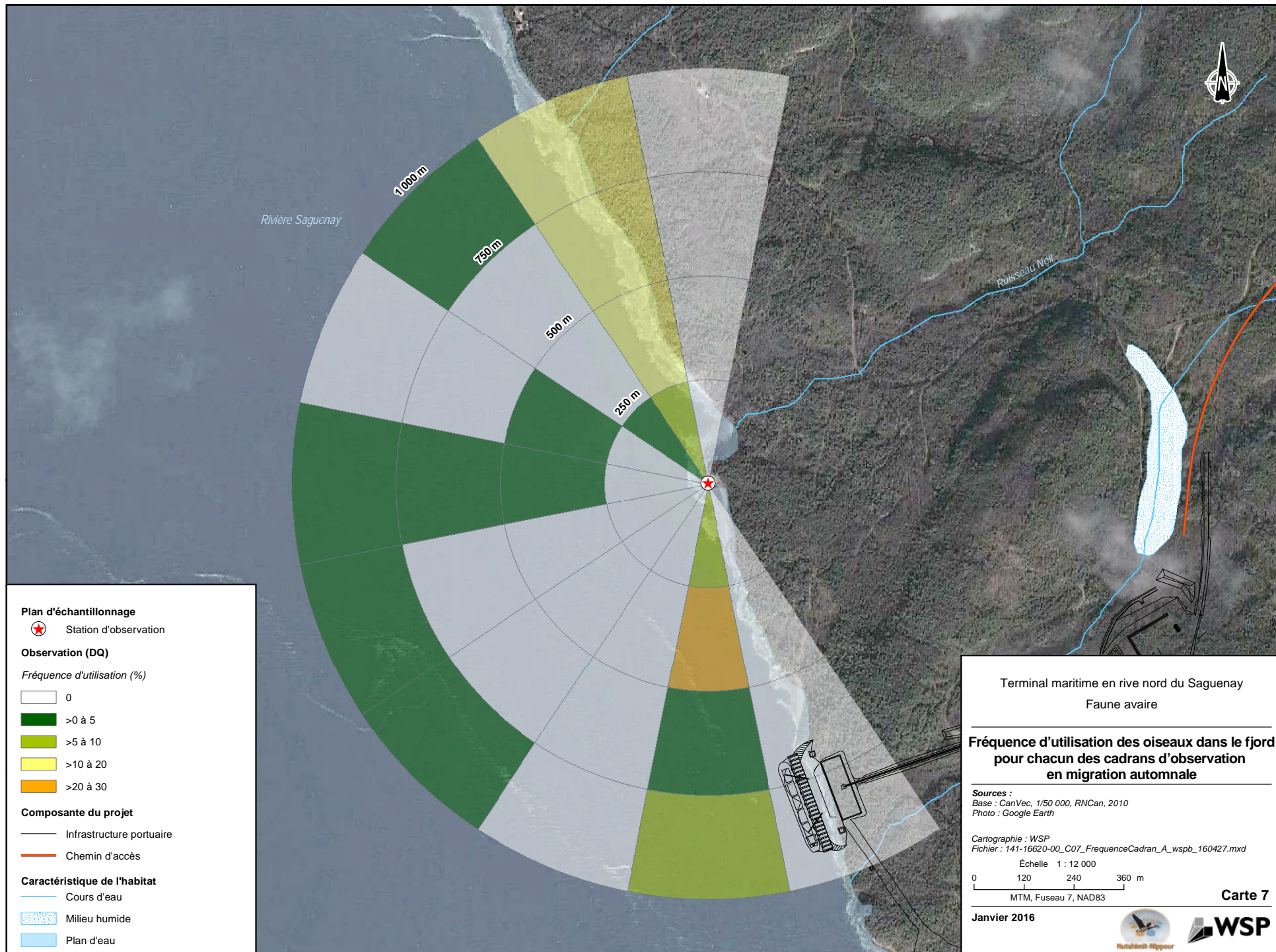
La somme des observations du garrot à œil d'or a atteint un maximum de 16 à 20 individus. Ils ont été observés principalement en bordure de la rive au nord-nord-ouest et à 500 m et moins de la station d'observation en direction sud. Pour ce qui est du grand harle, les observations ont pour la plupart été effectuées également à proximité de la rive au nord-nord-ouest, mais ne dépassant pas 10 observations. Pour ce qui est des macreuses, les seules observations ont été effectuées à 1 500 m de distance (carte 9A). Pour ce qui est des autres espèces de sauvagine, incluant le canard colvert, le canard noir et l'oie des neiges, la somme des observations ne dépasse pas 10 observations, ce qui reflète la faible utilisation du secteur par ce groupe d'oiseaux (carte 9B).

#### LARIDÉS

Le même phénomène de variation de l'abondance s'observe chez le groupe des laridés. De plus, des valeurs d'abondance faibles ont aussi été notées (0 et 7,75 i/b) (figure 5). Trois espèces de goélands ont été recensées, soit le goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*, 1,20 i/b), le goéland argenté (*Larus argentatus*, 0,08 i/b) et le goéland marin (*Larus marinus*, 0,04 i/b) (annexe G; carte 10). De plus, quelques individus n'ont pas pu être identifiés à l'espèce. L'ensemble du secteur à l'étude semble être utilisé par ce groupe (carte 10).

### AUTRES ESPÈCES AQUATIQUES

Le milieu aquatique de l'aire d'étude a été peu utilisé par les autres espèces aquatiques. En effet, les abondances ont varié entre 0 et 2,40 individus par heure (figure 5) et la somme des observations a oscillé entre 1 et 10 individus (carte 11). Trois espèces ont été observées, soit le plongeon huard (0,43 i/b), le cormoran à aigrettes (0,31 i/b) et le grèbe jougris (0,02 i/b) (annexe G; carte 11). La plupart des observations des autres espèces aquatiques ont été effectuées dans les directions nord-nord-ouest et sud. Les autres secteurs semblent être peu ou pas utilisés par ce groupe.



**Plan d'échantillonnage**

★ Station d'observation

**Observation (DQ)**

Fréquence d'utilisation (%)

- 0
- >0 à 5
- >5 à 10
- >10 à 20
- >20 à 30

**Composante du projet**

- Infrastructure portuaire
- Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

- Cours d'eau
- Milieu humide
- Plan d'eau

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Fréquence d'utilisation des oiseaux dans le fjord pour chacun des cadrans d'observation en migration automnale**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C07\_FrequenceCadrans\_A\_wspb\_160427.mxd

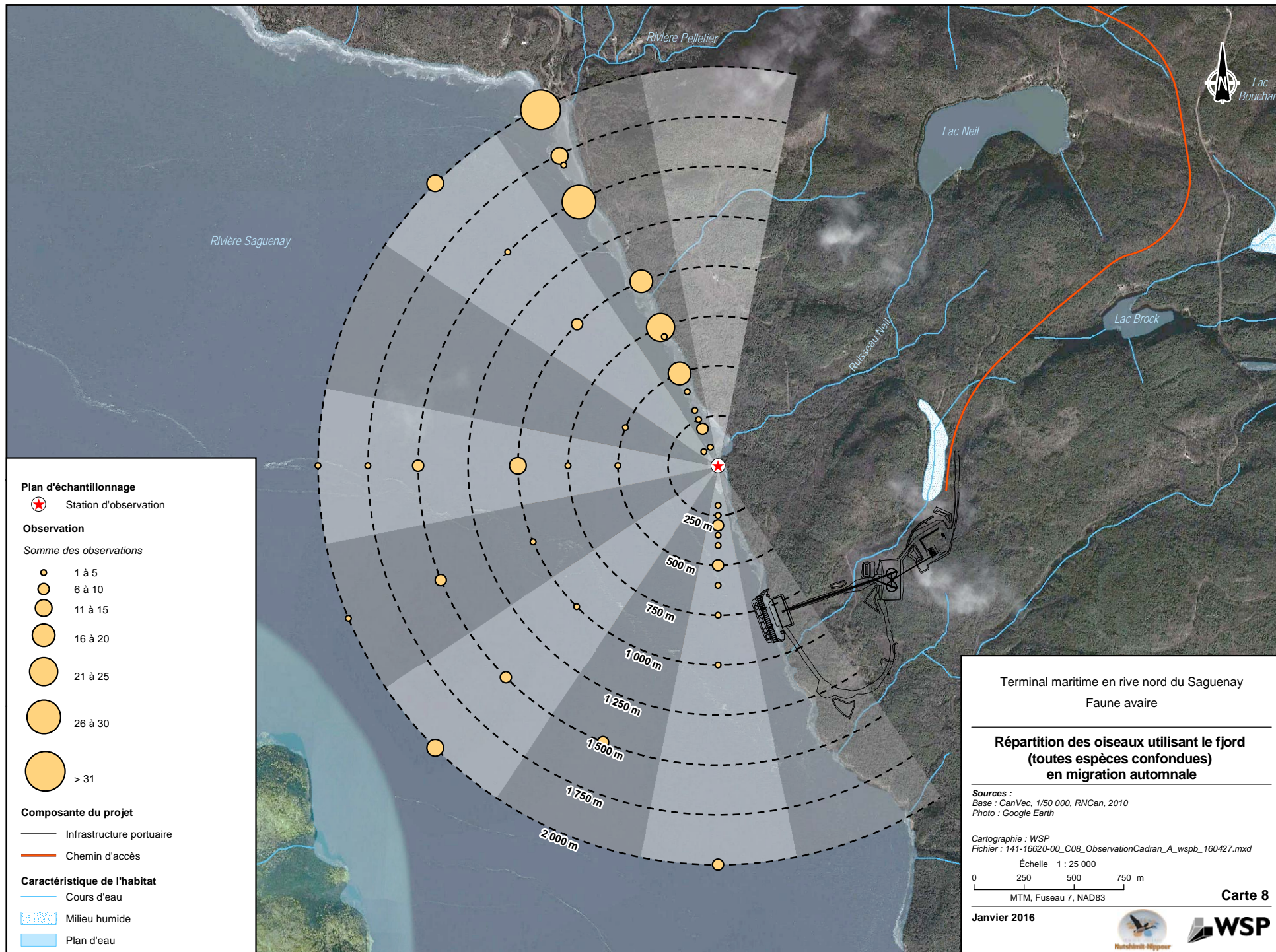
Échelle 1 : 12 000  
0 120 240 360 m  
MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 7

Janvier 2016







**Plan d'échantillonnage**

★ Station d'observation

**Observation**

Somme des observations

- 1 à 5
- 6 à 10
- 11 à 15
- 16 à 20
- 21 à 25
- 26 à 30
- > 31

**Composante du projet**

- Infrastructure portuaire
- Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

- Cours d'eau
- Milieu humide
- Plan d'eau

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Répartition des oiseaux utilisant le fjord  
(toutes espèces confondues)  
en migration automnale**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C08\_ObservationCadran\_A\_wspb\_160427.mxd

Échelle 1 : 25 000  
0 250 500 750 m  
MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 8

Janvier 2016





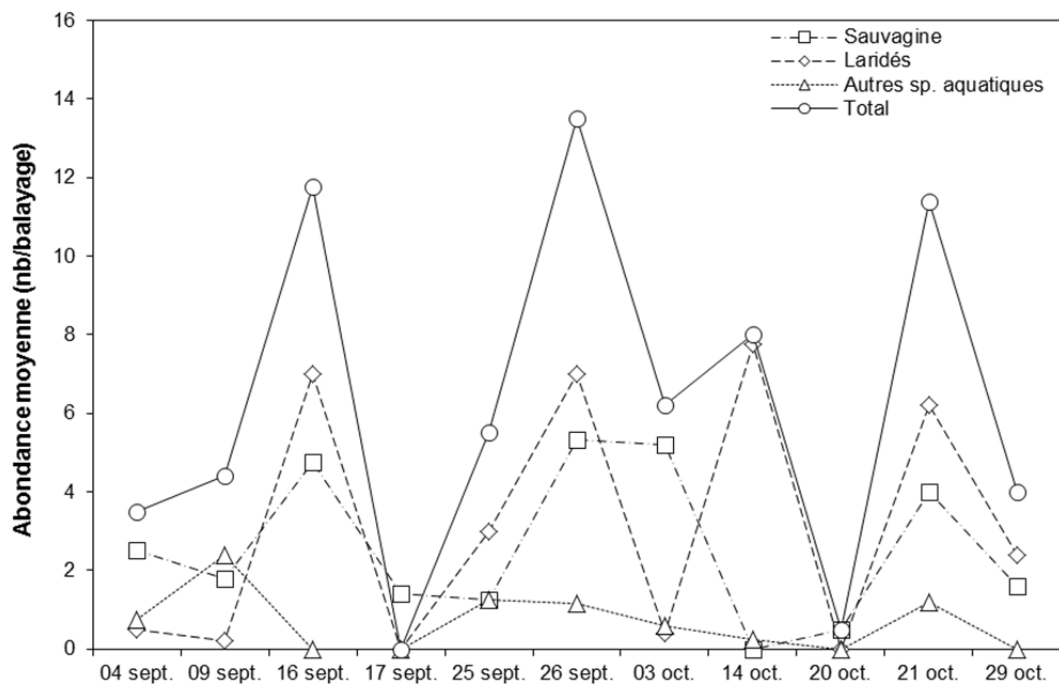
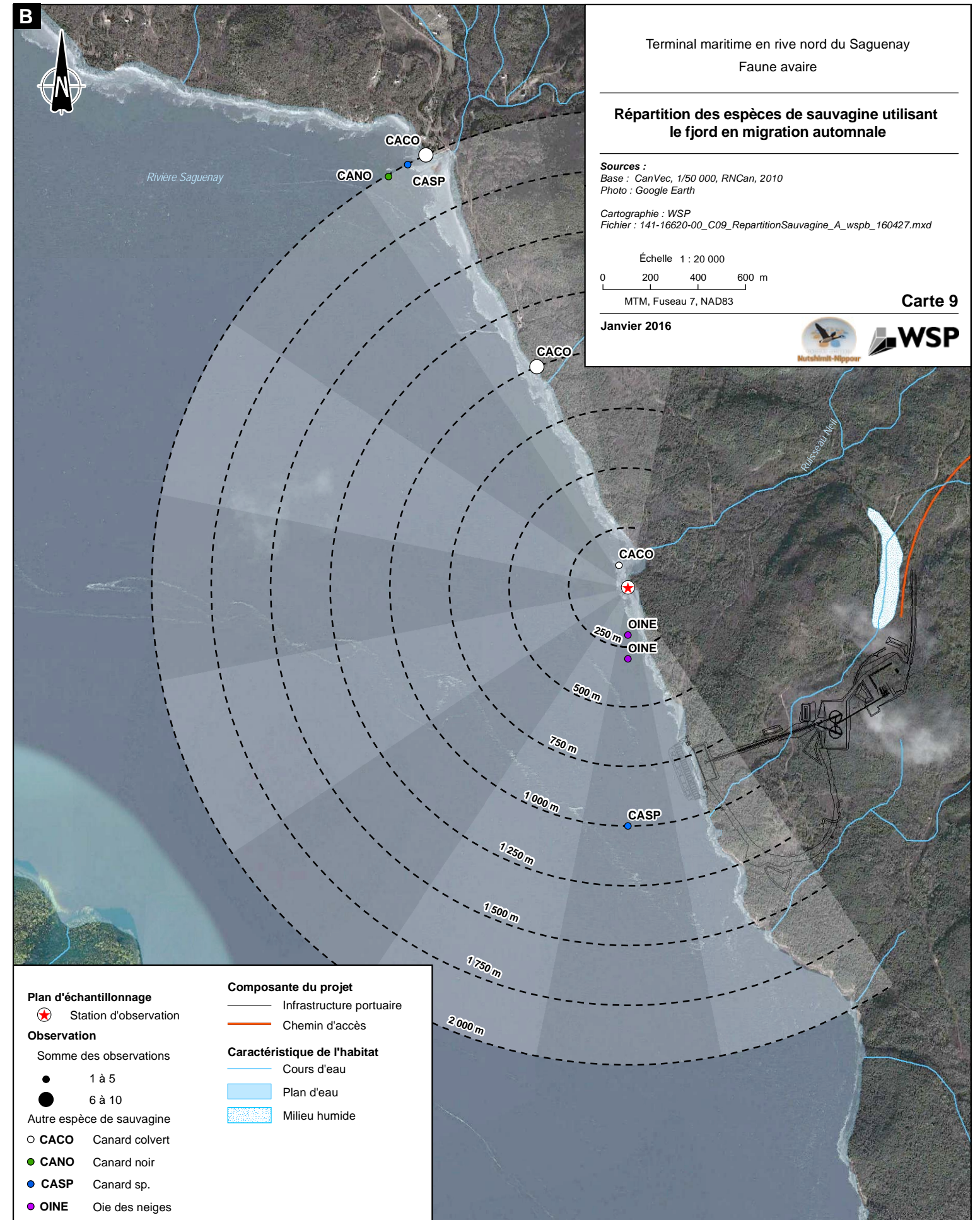
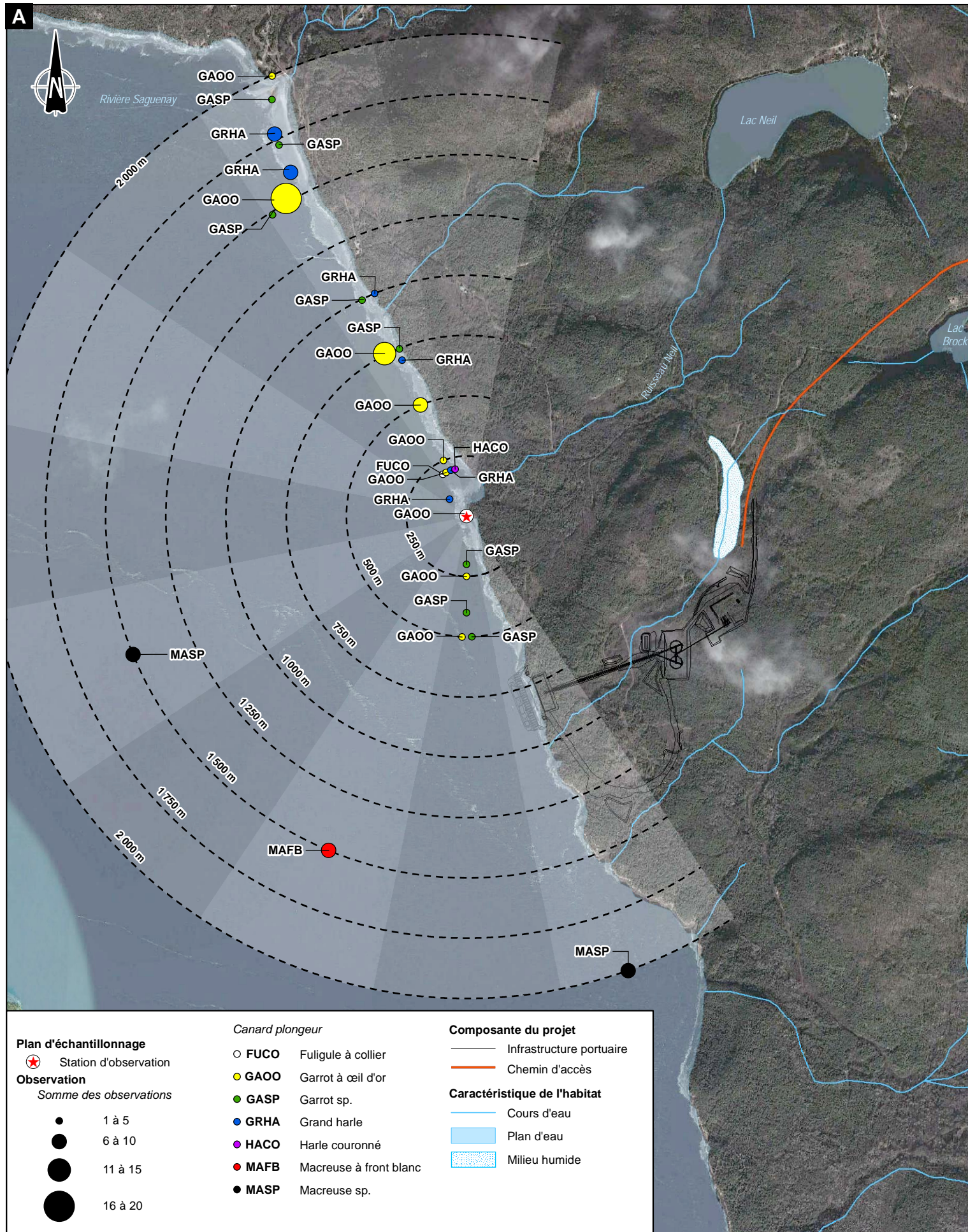
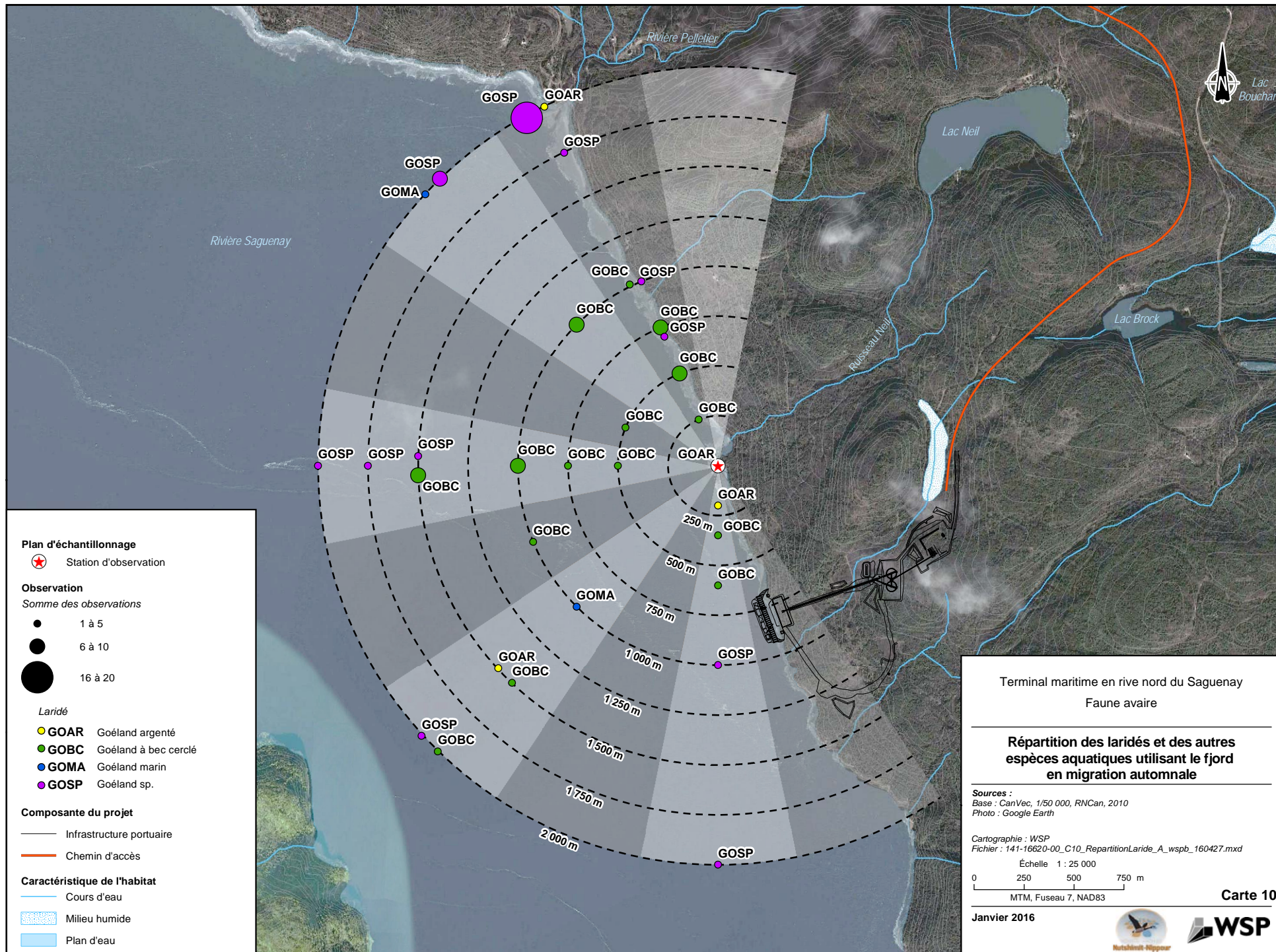


Figure 5. Abondance moyenne (nb/balayage) des différents groupes d'oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord entre le 4 septembre et le 29 octobre 2014









**Plan d'échantillonnage**

⊙ Station d'observation

**Observation**

Somme des observations

- 1 à 5
- 6 à 10
- 16 à 20

**Laridé**

- GOAR Goéland argenté
- GOBC Goéland à bec cerclé
- GOMA Goéland marin
- GOSP Goéland sp.

**Composante du projet**

- Infrastructure portuaire
- Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

- Cours d'eau
- Milieu humide
- Plan d'eau

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Répartition des laridés et des autres espèces aquatiques utilisant le fjord en migration automnale**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C10\_RepartitionLaride\_A\_wspb\_160427.mxd

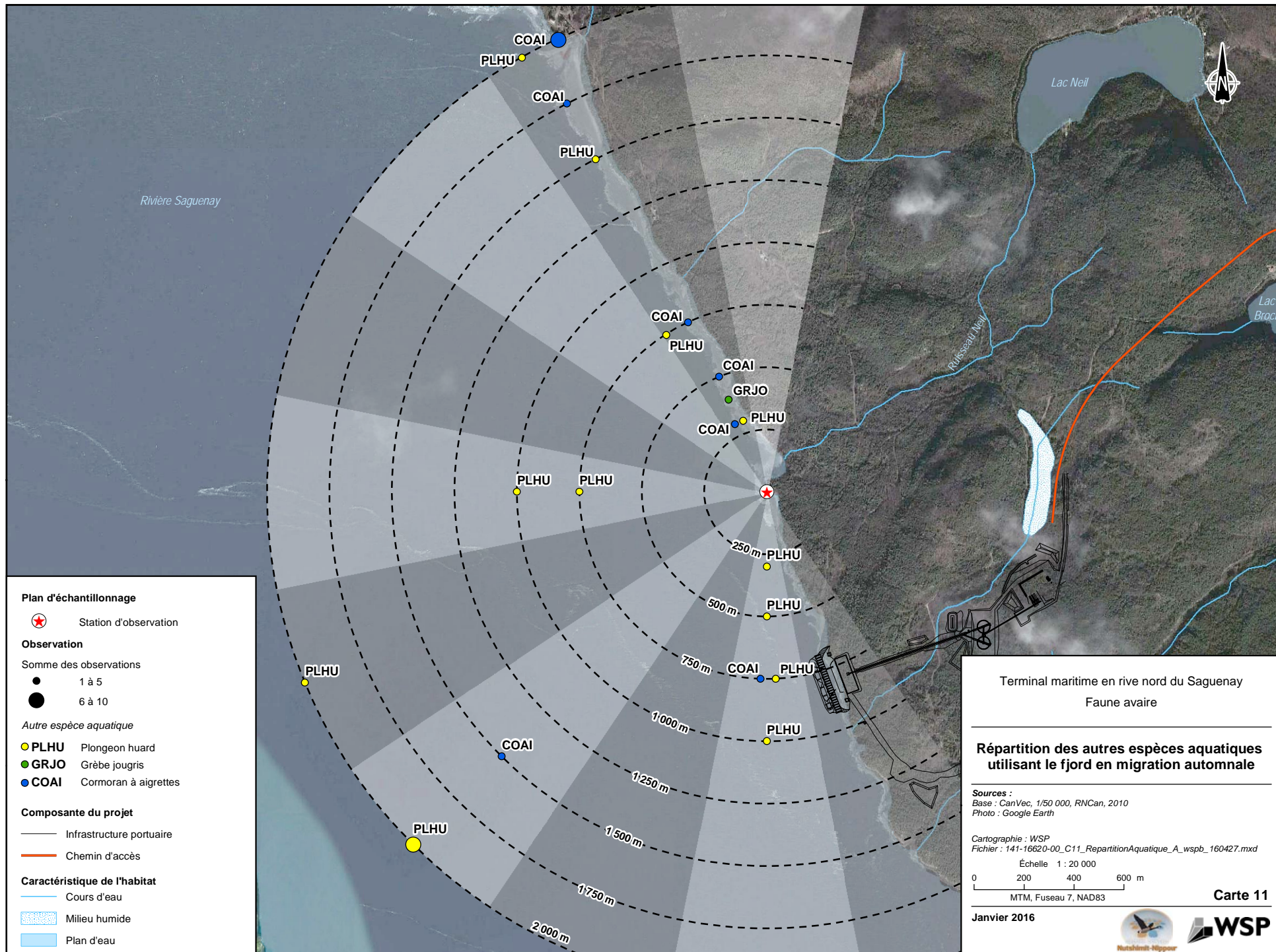
Échelle 1 : 25 000  
0 250 500 750 m  
MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 10

Janvier 2016







**Plan d'échantillonnage**

● (red star) Station d'observation

**Observation**

Somme des observations

● (small black dot) 1 à 5  
 ● (large black dot) 6 à 10

*Autre espèce aquatique*

- (yellow) PLHU Plongeon huard
- (green) GRJO Grèbe jougris
- (blue) COAI Cormoran à aigrettes

**Composante du projet**

- Infrastructure portuaire
- (orange line) Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

- (blue line) Cours d'eau
- (blue hatched) Milieu humide
- (light blue) Plan d'eau

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
 Faune aviaire

**Répartition des autres espèces aquatiques utilisant le fjord en migration automnale**

Sources :  
 Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
 Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
 Fichier : 141-16620-00\_C11\_RepartitionAquatique\_A\_wspb\_160427.mxd

Échelle 1 : 20 000  
 0 200 400 600 m  
 MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 11

Janvier 2016



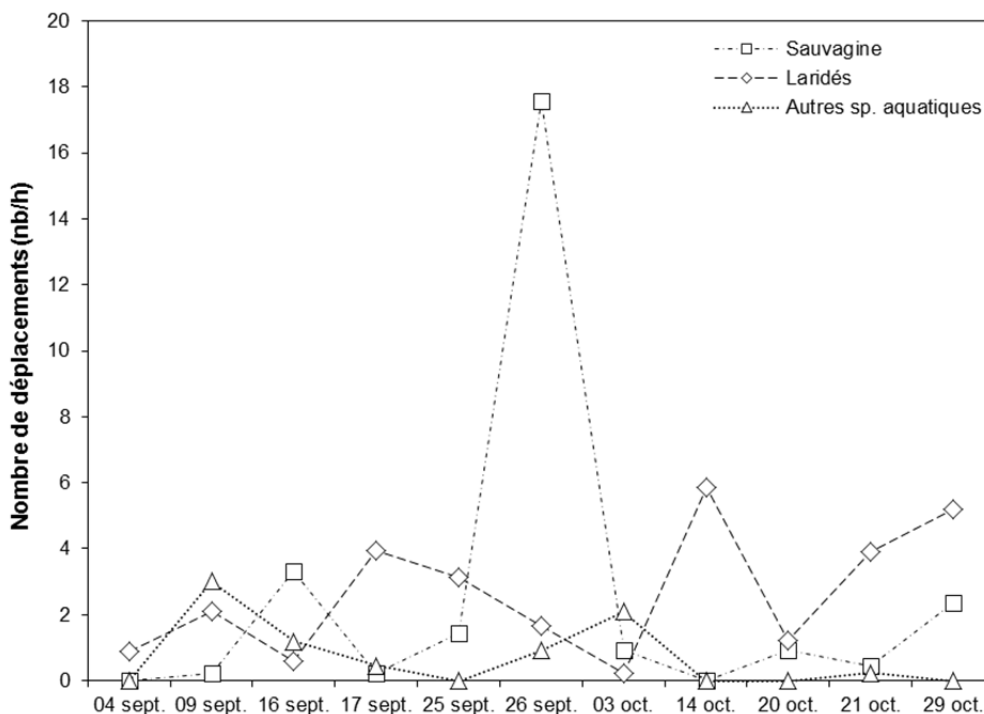


### 3.2.2.2 OISEAUX EN DÉPLACEMENT

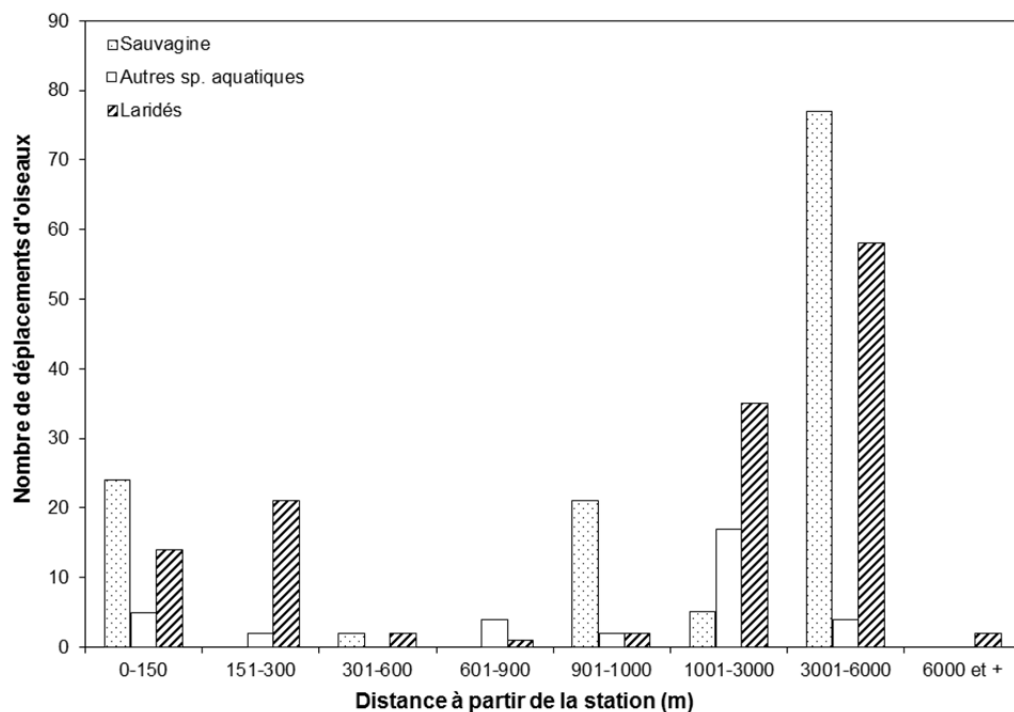
Lors des inventaires en migration automnale, le nombre de déplacements par heure a été inférieur à 6 pour l'ensemble des groupes d'oiseaux, à l'exception du 26 septembre, où une valeur de 17,6 d/h a été observée pour le groupe de la sauvagine (figure 6). Ce résultat a fortement été influencé par deux groupes d'ois des neiges (60 et 14 individus) et d'un groupe de bernache du Canada, constitué de 15 individus.

En général, le nombre de déplacements semble être très faible pour l'ensemble des groupes d'oiseaux, ce qui suggère que le milieu aquatique du fjord ne représente pas un secteur d'importance pour la migration automnale.

La majorité des déplacements effectués par le groupe des laridés et de la sauvagine ont été notés à des distances de 3 001 m à 6 000 m de la station d'observation (figure 7). En ce qui a trait aux autres espèces d'oiseaux aquatiques, la plupart des déplacements ont été effectués entre 1 001 et 3 000 m.



**Figure 6.** Nombre moyen de déplacements (nb/h) pour la sauvagine, les laridés et les autres espèces aquatiques entre le 4 septembre et le 29 octobre 2014



**Figure 7. Nombre de déplacements en fonction de la distance de l’oiseau par rapport à la station pour la sauvagine, les laridés et autres espèces aquatiques entre le 4 septembre et le 29 octobre 2014**

### 3.2.3 AUTRES ESPÈCES D’OISEAUX

#### OISEAUX UTILISANT LE MILIEU AQUATIQUE DU FJORD

Les individus des autres espèces utilisant le milieu aquatique du fjord ont été observés en rivage. Seulement trois espèces ont été inventoriées au printemps, soit la corneille d’Amérique, le chevalier grivelé et le faucon émerillon (annexe F). À l’automne, trois espèces de corvidés (corneille d’Amérique, geai bleu et grand corbeau) et quatre espèces d’oiseaux forestiers (junco ardoisé, mésange à tête noire, sitelle à poitrine rousse et pic à dos noir) ont été observés en rivage (annexe F). Toutefois, mentionnons que l’ensemble de ces espèces a été observé le 26 septembre.

#### OISEAUX EN DÉPLACEMENT

La plupart des déplacements des espèces de passereaux et de pics ont été observés à l’automne. En effet, cinq espèces de passereaux ont été observées en déplacement à l’automne, comparativement à une seule au printemps (annexe G). En migration automnale, les espèces de passereaux et de pics ont été observées en déplacement uniquement les 25 et 26 septembre, à des abondances respectives de 0,3 et 8,2 individus par heure. Le junco ardoisé est l’espèce ayant effectué le plus de déplacements (6,4 d/h). En ce qui a trait aux rapaces, c’est au printemps que le nombre de déplacements a été le plus élevé. En effet, cinq espèces de rapaces ont été observées au printemps, comparativement à une seule à l’automne (annexe G). Le 30 avril et le 22 mai sont les journées lors desquelles les plus hautes valeurs de déplacements ont été notées (0,6 d/h). Ces valeurs demeurent toutefois très faibles, le nombre d’observations étant inférieur à une observation par heure. Un pygargue à tête blanche, une espèce vulnérable au Québec, a été observé le 22 mai. Les informations ayant trait à cette observation sont présentées à la section 3.2.4.

### 3.3 ESPÈCES D'INTÉRÊT ET À STATUT PRÉCAIRE

#### 3.3.1.1 ESPÈCES À STATUT PRÉCAIRE

La zone d'étude est susceptible d'être fréquentée par 6 espèces à statut précaire tant en période de nidification que de migration. Le tableau 7 présente le statut de ces espèces ainsi que leur habitat préférentiel.

**Tableau 7. Liste des espèces à statut précaire susceptibles de fréquenter la zone d'étude**

Espèce	Statut <sup>1</sup>			Habitat préférentiel
	LEMVQ <sup>2</sup>	COSEPAC <sup>3</sup>	LEP <sup>4</sup>	
Faucon pèlerin <i>anatum</i>	V	PR	PR	Falaises pour nicher, espaces ouverts tels que cours d'eau, rivages, marais, plages, vasières, champs pour chasser
Hirondelle rustique	-	M	-	Milieu ouvert, cours d'eau, substrat vertical ou horizontal (souvent clos)
Paruline du Canada	SDMV	M	M	Aulnaie, milieu forestier composé d'une strate arbustive feuillue bien développée
Pioui de l'Est	-	PR	-	Milieu forestier avec présence de coupes, lisières
Pygargue à tête blanche	V	-	-	Grand plan d'eau
Quiscale rouilleux	SDMV	PR	PR	Marais

<sup>1</sup> Statut : SDMV : susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable; PR : préoccupante; M : menacée

<sup>2</sup> Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). 2015. Liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec (LEMVQ).

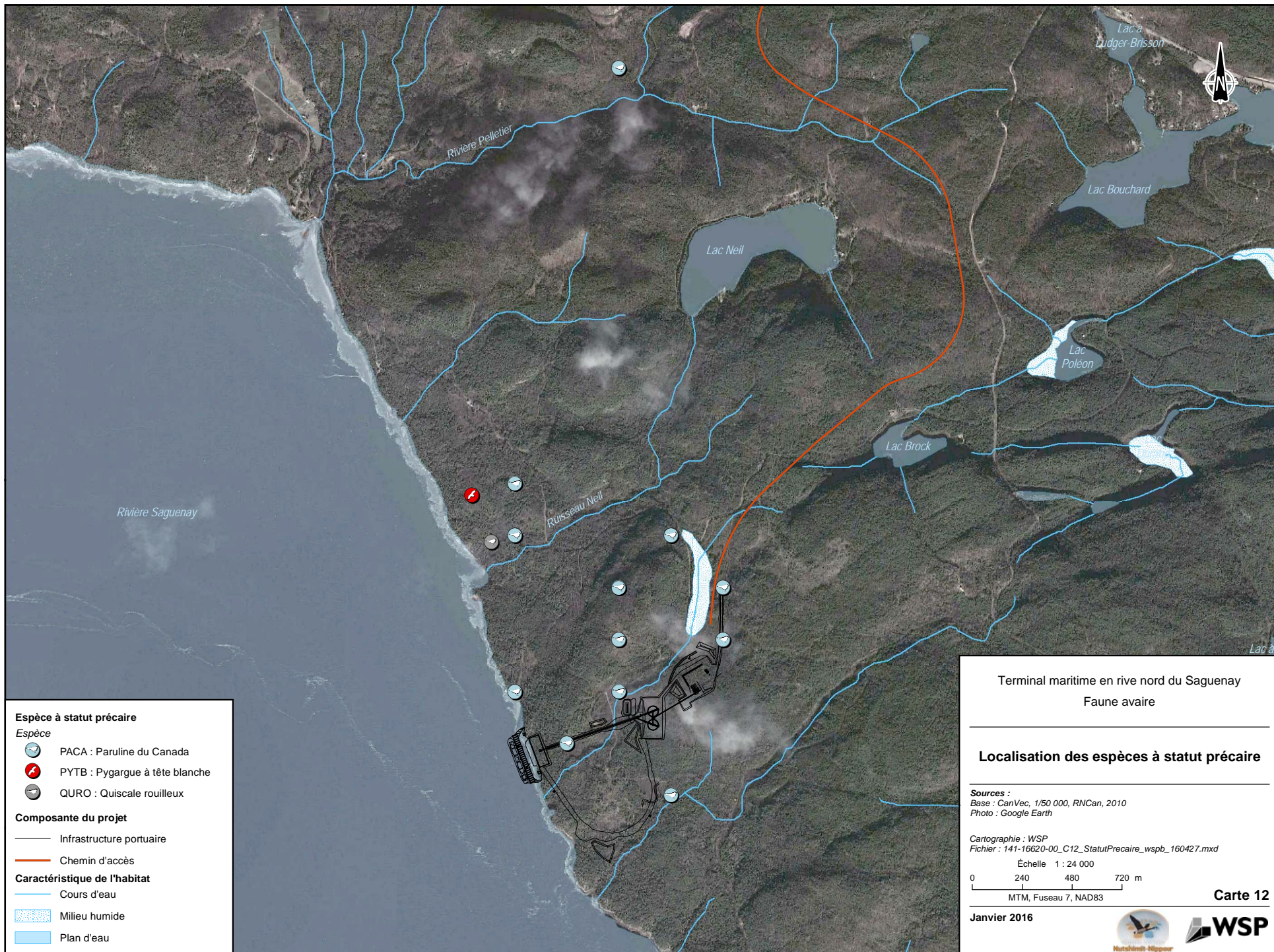
<sup>3</sup> Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC). 2015. Liste des espèces en péril au Canada.

<sup>4</sup> Loi sur les espèces en péril (LEP). 2015. Liste des espèces en péril.

Lors des campagnes de terrain, trois espèces à statut précaire ont été observées dans l'aire d'étude (tableau 8; carte 12), soit le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*), le quiscale rouilleux (*Euphagus carolinus*) et la paruline du Canada (*Cardellina canadensis*).




**Tableau 8. Mentions d'espèces à statut précaire répertoriées dans la zone d'étude durant les différents inventaires**

Espèce	Endroit	Date	Nombre d'individus			Comportement
			Mâle adulte	Sexe indéterminé	Immature	
Pygargue à tête blanche	Station d'observation fixe	22-mai-14			1	Plane à 100 m d'altitude à 500 m au nord de la station d'observation. L'individu était harassé par un faucon émerillon, une corneille d'Amérique et un grand corbeau.
Quiscale rouilleux	Entre la station fixe et le véhicule	25-sept-14		1		Se promène au sol dans le sentier forestier à environ 275 m au nord-nord-est de la station d'observation.
		25-sept-14		1		Individu vu au même endroit, mais 4 heures plus tard. Probablement le même individu.
Paruline du Canada	RE-05	09-juin-14	1			Chante
	RE-06	09-juin-14	1			Chante
	RE-07	09-juin-14	1			Chante
	FMF-03	09-juin-14	1			Chante
	FMF-29	10-juin-14	1			Chante
	FMF-15	11-juin-14	1			Chante
	FMF-16	12-juin-14	1			Chante
	FMF-07	11-juin-14	1			Chante
	MR-03	11-juin-14	1			Chante
	FMF-11	11-juin-14	1			Chante
	FMF-12	11-juin-14	1			Chante
MR-02	11-juin-14	1			Chante	





**Espèce à statut précaire**




*Espèce*

-  PACA : Paruline du Canada
-  PYTB : Pygargue à tête blanche
-  QURO : Quiscale rouilleux

**Composante du projet**

-  Infrastructure portuaire
-  Chemin d'accès

**Caractéristique de l'habitat**

-  Cours d'eau
-  Milieu humide
-  Plan d'eau

Terminal maritime en rive nord du Saguenay  
Faune aviaire

**Localisation des espèces à statut précaire**

Sources :  
Base : CanVec, 1/50 000, RNCan, 2010  
Photo : Google Earth

Cartographie : WSP  
Fichier : 141-16620-00\_C12\_StatutPrecaire\_wspb\_160427.mxd

Échelle 1 : 24 000  
0 240 480 720 m  
MTM, Fuseau 7, NAD83

Carte 12

Janvier 2016





### FAUCON PÈLERIN

Le faucon pèlerin (*Falco peregrinus*) est sur la liste des espèces vulnérables au provincial (MFFP 2015a) et préoccupantes au fédéral (COSEPAC 2015; LEP 2015). L'espèce niche dans le secteur (AONQ 2015b). De plus, plusieurs sites de nidification ont été rapportés le long du fjord de la rivière Saguenay (Simard et coll. 2012). Il utilise les falaises ou les escarpements où il s'installe directement dans les dépressions peu profondes (Comité de rétablissement du faucon pèlerin au Québec 2002). Toutefois, aucun habitat potentiel pour l'espèce n'a été observé lors des inventaires de terrain.

### HIRONDELLE RUSTIQUE

L'habitat préférentiel de l'hirondelle rustique (*Hirundo rustica*) se traduit par des milieux ouverts pour l'alimentation ainsi que des structures verticales ou horizontales situées à proximité d'un cours d'eau pour la nidification (Brown et Brown 1999). La nidification de l'espèce a été confirmée dans le secteur (AONQ 2015b). Cette espèce est sur la liste des espèces menacées au fédéral (COSEPAC 2015).

### PARULINE DU CANADA

La paruline du Canada est sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées vulnérables ou menacées au Québec (LEMVQ 2015) et sur la liste des espèces menacées au fédéral (COSEPAC 2015; LEP 2015). Elle niche dans les peuplements mixtes et feuillus humides ainsi que dans les forêts de conifères avec une strate arbustive développée (Reitsma et coll. 2010). Treize (13) observations de l'espèce (mâles chanteurs) ont été effectuées en période de nidification, ce qui suggère que le secteur serait favorable à l'établissement de cette espèce. L'espèce a été observée dans tous les habitats inventoriés et sa nidification dans le secteur est possible selon l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec (2015).

### PIOUI DE L'EST

Le pioui de l'Est (*Contopus virens*), qui est sur la liste des espèces préoccupante du COSEPAC (2015), niche dans la plupart des forêts de conifères et de feuillus (McCarty 1996). L'espèce est aussi associée aux clairières et lisières de forêts. Dans l'aire d'étude, la nidification de l'espèce serait probable (AONQ 2015b).

### PYGARGUE À TÊTE BLANCHE

Le pygargue à tête blanche niche au sommet d'arbres matures en bordure de grands plans d'eau (Lessard 1996). Cette espèce est sur la liste des espèces vulnérables au Québec (LEMVQ 2015). Aucun individu n'a été observé en période de nidification. Un individu immature a été observé le 22 mai en bordure du fjord du Saguenay lors des inventaires de migration printanière (carte 12). Il a été observé à une distance d'environ 500 m au nord de la station d'observation et planait à une altitude de 100 m.

### QUISCALE ROUILLEUX

Le quiscale rouilleux a été observé en période de migration automnale (carte 12). Deux observations ont été effectuées au même endroit à 4 heures d'intervalle, suggérant ainsi qu'il s'agissait du même individu. Aucun individu n'a été répertorié par l'Atlas des oiseaux nicheurs lors des différents inventaires de terrain (AONQ 2015b). Toutefois, la nidification de l'espèce a été confirmée à quelques reprises à l'intérieur d'un rayon de 40 km autour de la zone d'étude (AONQ 2015b). La possibilité que l'espèce niche dans le secteur n'est donc pas exclue. Cette espèce figure sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées au Québec (LEMVQ 2015) et sur la liste des espèces préoccupantes au fédéral (COSEPAC 2015; LEP 2015).



## 4 CONCLUSIONS

Lors de l'ensemble des inventaires réalisés sur le terrain, 91 espèces appartenant à 28 familles ont été dénombrées. Un total de 55 espèces (19 familles) a été observé en période de nidification, 31 espèces (12 familles) en période de migration printanière et 37 espèces (18 familles) en période de migration automnale. Pour les espèces qui ont été observées en période de nidification, le statut de nidification a été confirmé pour une espèce, a été jugé probable pour 13 et possible pour 41.

Au niveau des oiseaux terrestres, la population estimée pour la zone d'étude varie entre 673 et 1 962 équivalents-couple. Pour ce qui est des oiseaux de proie, seulement trois espèces ont été observées lors de la période nidification et une seule en période de migration printanière. C'est lors de la période de migration automnale que le plus grand nombre d'espèces a été observé (5).

Pour ce qui est du groupe de la sauvagine, 16 espèces ont été dénombrées en migration printanière et 9 en période de migration automnale. En ce qui a trait aux autres espèces d'oiseaux aquatiques, les 6 mêmes espèces ont été observées lors des deux périodes de migration. En général, en périodes de migration, la zone d'étude semble être peu utilisée par le groupe de sauvagine et les autres espèces aquatiques qui ont été inventoriées en faibles densités.

Enfin, trois espèces à statut précaire ont été observées lors des inventaires. Il s'agit du pygargue à tête blanche, du quiscale rouilleux et de la paruline du Canada. Le pygargue à tête blanche a été observé en période de migration printanière, alors que le quiscale rouilleux a été observé en forêt, en période de migration automnale. Pour ce qui est de la paruline du Canada, plusieurs individus ont été répertoriés lors des inventaires visant la nidification.



## 5 RÉFÉRENCES

- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC (AONQ). 2015a. *Indices de nidification (explications)*. Site Internet : [www.atlas-oiseaux.qc.ca](http://www.atlas-oiseaux.qc.ca)
- ATLAS DES OISEAUX NICHEURS DU QUÉBEC (AONQ). 2015b. *Données consultées sur le site de l'Atlas des oiseaux nicheurs du Québec*. Regroupement QuébecOiseaux, Service canadien de la faune d'Environnement Canada et Études d'Oiseaux Canada. Québec, Québec, Canada. Site Internet : [www.atlas-oiseaux.qc.ca](http://www.atlas-oiseaux.qc.ca)
- AMMON, E.M. et W.M. GILBERT. 1999. *Wilson's Warbler (Cardellina pusilla)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/478>
- BLONDEL, J.C., C. FERRY et B. FROCHOT. 1970. *La méthode des indices ponctuels d'abondance (IPA) ou des relevés d'avifaune par station d'écoute*. *Alauda* 38: 55-71.
- BROWN, C.R. et M.B. BROWN. 1999. *Barn Swallow (Hirundo rustica)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/452>
- CANADA, COMITÉ SUR LA SITUATION DES ESPÈCES EN PÉRIL AU CANADA (COSEPA). 2015. *Liste des espèces en péril au Canada*. Site Internet : [http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/index\\_f.cfm](http://www.cosewic.gc.ca/fra/sct1/index_f.cfm)
- CANADA, LOI SUR LES ESPÈCES EN PÉRIL (LEP) 2015. *Liste des espèces en péril*. Site Internet : <http://www.sararegistry.gc.ca/default.asp?lang=Fr&n=24F7211B-1>
- COMITÉ DE RÉTABLISSEMENT DU FAUCON PÈLERIN AU QUÉBEC. 2002. *Plan d'action pour le rétablissement du faucon pèlerin anatum (Falco peregrinus anatum) au Québec*. Société de la faune et des parcs du Québec. 28 p.
- ENVIRONNEMENT CANADA. 1997. *Guide pour l'évaluation des impacts sur les oiseaux*. Direction des évaluations environnementales et Service canadien de la faune. 53 p.
- GARRISON, B.A. 1999. *Bank Swallow (Riparia riparia)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/414>
- GOOD, T.P. 1998. *Great Black-backed Gull (Larus marinus)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/330>
- GOODRICH, L.J., S.T. CROCOLL AND S.E. SENNER. 2014. *Broad-winged Hawk (Buteo platypterus)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/218>
- KIRK, D.A. and M.J. MOSSMAN. 1998. *Turkey Vulture (Cathartes aura)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/339>
- LESSARD, S. 1996. *Rapport sur la situation du pygargue à tête blanche (Haliaeetus leucocephalus) au Québec*. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. Direction de la faune et des habitats. 73 p.
- LEONARD, Jr., et L. DAVID 2001. *American Three-toed Woodpecker (Picoides dorsalis)*, *The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.)*. Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/588>

- MCCARTY, J.P. 1996. *Eastern Wood-Pewee (Contopus virens)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/245>
- MIDDLETON, A.L. 1998. *Chipping Sparrow (Spizella passerina)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/334>
- MOLDENHAUER, R.R. AND D.J. REGELSKI. 2012. *Northern Parula (Setophaga americana)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/215>
- MORSE, D.H. 2004. *Blackburnian Warbler (Setophaga fusca)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/102>
- MORTON, E. AND R.D. JAMES. 2014. *Blue-headed Vireo (Vireo solitarius)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/379>
- PIEROTTI, R.J. et T.P. GOOD. 1994. *Herring gull (larus argentatus)*. *Herring Gull (Larus argentatus)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/124>
- QUÉBEC, MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS (MFFP). 2015. *Liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec (LEMVQ)*. Site Internet : <http://www3.mffp.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp>
- RALPH, C.J., J.R. SAUER et S. DROEGE. 1995. *Monitoring bird populations by point counts*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. General Technical Report PSW-GTR-149. Albany, CA. 187 p.
- REITSMA, L., M. GOODNOW, M.T. HALLWORTH et C.J. CONWAY. 2010. *Canada Warbler (Cardellina canadensis)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/421>
- SIMARD, D., G. LUPIEN et Y. DESAUTELS. 2012. *Le faucon pèlerin, une espèce vulnérable mais bien présente*. Suivi-Parc national du Fjord Saguenay. 4 p.
- WARKENTIN, I.G., N.S. SODHI, R.H. M. ESPIE, A.F. POOLE, L.W. OLIPHANT et P.C. JAMES. 2005. *Merlin (Falco columbarius)*, *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. Site Internet : <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/044>

# Annexe A

**CONDITIONS D'OBSERVATION LORS DE L'INVENTAIRE DES  
OISEAUX TERRESTRES**



Annexe A. Conditions d'observation lors de l'inventaire des oiseaux terrestres

Station	Latitude	Longitude	Date	Heure	Peuplement	Observateur <sup>a</sup>	Vent		Nébulosité <sup>c</sup>	Précipitations	Température	Condition d'observations
							Force <sup>b</sup>	Origine				
FMF-01	48.40026	-70.72101	09-06-2014	05:35	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	3	NO	100	-	16	Bonnes
FMF-02	48.40252	-70.71764	09-06-2014	09:18	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	4	NO	20	-	20	Moyennes
FMF-03	48.40477	-70.71765	09-06-2014	08:48	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	3	NO	80	-	18	Bonnes
FMF-04	48.40477	-70.71428	11-06-2014	08:35	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	15	Excellentes
FMF-05	48.40701	-70.72104	11-06-2014	06:46	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	-	-	0	-	13	Excellentes
FMF-06	48.40702	-70.71429	11-06-2014	09:25	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	2	O	0	-	17	Excellentes
FMF-07	48.40703	-70.71091	11-06-2014	07:50	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	14	Excellentes
FMF-08	48.40925	-70.72443	11-06-2014	08:44	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	-	-	0	-	15	Excellentes
FMF-09	48.40926	-70.72105	11-06-2014	07:24	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	-	-	0	-	14	Bonnes
FMF-10	48.40927	-70.71430	11-06-2014	06:35	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	11	N/A
FMF-11	48.40928	-70.71092	11-06-2014	07:09	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	12	N/A
FMF-12	48.41150	-70.72444	11-06-2014	10:10	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	2	O	0	-	18	Excellentes
FMF-13	48.41151	-70.72106	12-06-2014	08:25	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	90	-	16	Excellentes
FMF-14	48.41151	-70.71768	11-06-2014	05:07	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	9	Bonnes
FMF-15	48.41152	-70.71431	11-06-2014	05:50	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	10	Excellentes
FMF-16	48.41375	-70.72445	12-06-2014	07:45	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	100	-	15	Excellentes
FMF-17	48.41599	-70.72784	12-06-2014	05:35	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	0	-	12	Excellentes
FMF-18	48.41600	-70.72446	12-06-2014	07:10	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	75	-	15	Excellentes
FMF-19	48.41824	-70.72785	12-06-2014	04:55	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	25	-	11	Excellentes
FMF-20	48.41825	-70.72109	12-06-2014	06:56	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	1	E	20	-	15	Excellentes
FMF-21	48.42050	-70.72110	12-06-2014	06:23	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	2	E	15	-	15	Excellentes
FMF-22	48.42273	-70.72786	10-06-2014	08:40	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	2	-	75	-	14	Excellentes



Annexe A. Conditions d'observation lors de l'inventaire des oiseaux terrestres (suite)

Station	Latitude	Longitude	Date	Heure	Peuplement	Observateur <sup>a</sup>	Vent		Nébulosité <sup>c</sup>	Précipitations	Température	Condition d'observations
							Force <sup>b</sup>	Origine				
FMF-23	48.42275	-70.72111	10-06-2014	09:57	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	100	-	15	Excellentes
FMF-24	48.42499	-70.72450	10-06-2014	07:40	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	25	-	12	Bonnes
FMF-25	48.42500	-70.72112	10-06-2014	06:00	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	90	-	10	Bonnes
FMF-26	48.42500	-70.71774	10-06-2014	05:22	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	-	-	0	-	10	Bonnes
FMF-27	48.42724	-70.72451	10-06-2014	06:57	Feuillu et mixte à dominance feuillus	RB	1	-	100	-	11	Bonnes
FMF-28	48.42725	-70.71775	10-06-2014	05:22	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	-	-	100	-	10	Excellentes
FMF-29	48.43175	-70.71777	10-06-2014	07:49	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	-	-	50	-	14	Bonnes
FMF-30	48.43176	-70.71439	10-06-2014	08:21	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	2	O	30	-	14	Bonnes
FMF-31	48.43400	-70.71778	10-06-2014	09:18	Feuillu et mixte à dominance feuillus	BMG	1	O	80	-	16	Excellentes
MR-01	48.40700	-70.72442	11-06-2014	08:09	Mixte à dominance résineux	BMG	-	-	0	-	15	Excellentes
MR-02	48.40702	-70.71766	11-06-2014	06:05	Mixte à dominance résineux	BMG	-	-	0	-	12	Excellentes
MR-03	48.40926	-70.71767	11-06-2014	05:25	Mixte à dominance résineux	BMG	-	-	0	-	10	Excellentes
MR-04	48.41374	-70.72782	12-06-2014	06:25	Mixte à dominance résineux	RB	1	-	100	-	4	Excellentes
MR-05	48.42274	-70.72449	10-06-2014	09:30	Mixte à dominance résineux	RB	2	-	75	-	14	Excellentes
MR-06	48.42950	-70.71776	10-06-2014	07:00	Mixte à dominance résineux	BMG	-	-	100	-	12	Bonnes
MR-07	48.43400	-70.71440	10-06-2014	08:48	Mixte à dominance résineux	BMG	2	O	-70	-	N/A	Moyennes
RE-01	48.41375	-70.72445	09-06-2014	08:14	Résineux	RB	4	O	80	-	16	Moyennes
RE-02	48.39802	-70.71763	09-06-2014	09:08	Résineux	RB	4	O	50	-	17	Moyennes
RE-03	48.39803	-70.71425	09-06-2014	07:10	Résineux	RB	3	O	75	-	16	Bonnes
RE-04	48.40027	-70.71764	09-06-2014	05:45	Résineux	RB	3	O	100	-	16	Bonnes
RE-05	48.40028	-70.71426	09-06-2014	06:15	Résineux	RB	3	O	100	-	16	Bonnes
RE-06	48.40251	-70.72102	09-06-2014	06:33	Résineux	BMG	4	NO	70	-	16	Bonnes-moyennes
RE-07	48.40475	-70.72441	09-06-2014	07:31	Résineux	BMG	3	NO	60	-	17	Moyennes
RE-08	48.40476	-70.72103	09-06-2014	08:13	Résineux	BMG	4	NO	80	-	17	Moyennes
RE-09	48.41149	-70.72782	11-06-2014	09:34	Résineux	BMG	-	-	0	-	16	Excellentes
RE-10	48.41824	-70.72447	12-06-2014	05:04	Résineux	BMG	-	-	10	-	14	Excellentes
RE-11	48.42049	-70.72785	12-06-2014	07:49	Résineux	BMG	-	-	60	-	16	Excellentes
RE-12	48.42049	-70.72448	12-06-2014	05:45	Résineux	BMG	2	E	10	-	14	Excellentes
RE-13	48.42725	-70.72113	10-06-2014	06:10	Résineux	BMG	-	-	100	-	11	Excellentes

<sup>a</sup> RB : Rémi Bouchard ; BMG : Benoit M. Gendreau

<sup>b</sup> Selon l'échelle de Beaufort.

<sup>c</sup> Nébulosité : proportion représentant la couverture nuageuse.



# Annexe B

**DOSSIER PHOTOGRAPHIQUE**





Photo 1. Station d'inventaire des oiseaux aquatiques en migration dans le fjord du Saguenay, 26 septembre 2014



Photo 2. Station d'écoute dans un habitat feuillu (FMF-24), 10 juin 2014



Photo 3. Station d'écoute dans un habitat mixte à dominance résineux (MR-06), 10 juin 2014



Photo 4. Station d'écoute dans un habitat résineux (RE-13), 10 juin 2014

# Annexe C

**CARACTÉRISTIQUES DE L'HABITAT À PROXIMITÉ DES STATIONS  
D'ÉCOUTE**



Annexe C. Caractéristiques de l'habitat à proximité des stations d'écoute

Station d'écoute	Date	Peuplement				Chicots		Strate arborescente			Strate arbustive					Strate herbacée (%)	Couverture du sol								
		Densité <sup>a</sup>	Hauteur	Âge	Perturbation <sup>b</sup>	10-30 cm	>30 cm	Total	Espèce <sup>c</sup>	%	Total	Éricacée	Arbuste	Espèce <sup>c</sup>	%		Mousse	Spaigne	Lichen	Litière	Dénudé roc	Matière organique	Eau	Autre	Débris ligneux
FMF-01	09-06-2014	B	3	70	-	Peu	Peu	70	PESP	30	60	0	60	SABA	5	5	0	12	0	85	0	0	0	0	3
									THOC	8				THOC	10										
									SABA	25				EREP	45										
									BOPA	7															
FMF-02	09-06-2014	A	5	10	C (vieille)	-	-	0			90	0	90	PESP	50	10	0	0	0	68	20	10	0	0	2
									BOSP	10															
									ERSP	25															
									SASP	5															
FMF-03	09-06-2014	B	5	10	C (vieille)	-	Peu	10	ERRO	5	70	0	70	BOSP	20	10	0	0	0	77	20	0	0	0	3
									BOSP	4				PESP	10										
									THOC	1				EREP	25										
														SABA	15										
FMF-04	11-06-2014	A	3	10	C, CHE	-	-	85	PEGD	50	90	0	90	PEGD	40	N/A	10	0	0	85	0	<1	0	0	5
									BOJA	35				EREP	30										
														ERPE	5										
														THOC	<5										
														SABA	15										
														IFCA	<1										
FMF-05	11-06-2014	A	2	70	-	-	-	90	BOJA	20	70	0	70	EREP	40	25	20	0	0	67	3	5	0	0	5
									BOPA	35				SABA	30										
									ERRO	10															
									SABA	10															
									PESP	15															
FMF-06	11-06-2014	D	2	50	C	Peu	Peu	35	BOJA	10	40	0	40	EREP	10	30	0	0	0	80	5	0	0	10	5
									PEGD	10				ERPE	10										
									PEBA	<5				SABA	10										
									BOPA	5				PETR	10										
									SABA	5				DICH	<1										
									PETR	5				IFCA	<1										
									EPBL	<1															
FMF-07	11-06-2014	A	2	70	C sur 50%	Peu	Peu	50	BOJA	30	80	0	80	EREP	50	N/A	<1	0	0	95	0	0	0	0	5
									SABA	20				ERPE	10										
									THOC	<5				IFCA	<5										
									ERSU	<1				SABA	5										
														THOC	<5										
		ERSU	15																						



Annexe C. Caractéristiques de l'habitat à proximité des stations d'écoute (suite)

Station d'écoute	Date	Peuplement				Chicots		Strate arborescente			Strate arbustive					Strate herbacée (%)	Couverture du sol								
		Densité <sup>a</sup>	Hauteur	Âge	Perturbation <sup>b</sup>	10-30 cm	>30 cm	Total	Espèce <sup>c</sup>	%	Total	Éricacée	Arbuste	Espèce <sup>c</sup>	%		Mousse	Spaigne	Lichen	Litière	Dénuqué roc	Matière organique	Eau	Autre	Débris ligneux
FMF-08	11-06-2014	B	3	30	C (vieille)	-	Peu	80	BOJA	15	100	0	100	PESP	50	40	15	0	0	75	5	0	0	0	5
									BOPA	25				BOSP	20										
									PESP	15				SABA	25										
									SABA	25				AUSP	5										
FMF-09	11-06-2014	A	3	30	C (vieille)	-	-	80	ERSU	20	90	0	90	ERSP	10	50	35	0	0	58	0	2	0	0	5
									THOC	5				EREP	15										
									PESP	40				SABA	<5										
									SABA	12				THOC	5										
									BOJA	3				PESP	30										
														AUSP	5										
FMF-10	11-06-2014	B	3	30	-	-	Peu	25	BOPA	15	70	0	70	BOPA	30	N/A	<5	<1	0	65	0	0	0	0	<1
									EPBL	10				PETR	20										
														EPBL	<1										
														BOJA	<1										
														SABA	20										
														THOC	<1										
														DICH	<1										
FMF-11	11-06-2014	A	5	10	C	-	-	<1	PETR	<1	90	0	90	PEGD	20	N/A	<1	<1	0	85	<1	0	<1	0	15
									BOPA	<1				THOC	5										
														BOPA	5										
														ERPE	10										
														EREP	30										
														SABA	20										
														IFCA	<5										
FMF-12	11-06-2014	C	4	30	C (vieille)	-	-	40	SABA	15	60	0	60	BOSP	10	60	10	0	0	50	10	20	0	0	10
									BOPA	10				SABA	30										
									PESP	15				PESP	15										
														EREP	5										
														SUSP	<1										
FMF-13	12-06-2014	D	3	50	CHE	-	Peu	40	PETR	30	100	0	100	PETR	30	N/A	0	0	0	100	0	0	0	5	<5
									SABA	10				BOPA	10										
														SABA	20										
														EREP	40										
														SOAM	<1										
														AURU	<5										
FMF-14	11-06-2014	A	-	30	C	-	Peu	25	PETR	15	70	0	70	PETR	25	N/A	10	0	0	80	0	0	0	0	10
									SABA	10				EREP	20										
														SABA	20										
														BOPA	5										
														IFCA	<1										







Annexe C. Caractéristiques de l'habitat à proximité des stations d'écoute (suite)

Station d'écoute	Date	Peuplement				Chicots		Strate arborescente			Strate arbustive					Strate herbacée (%)	Couverture du sol								
		Densité <sup>a</sup>	Hauteur	Âge	Perturbation <sup>b</sup>	10-30 cm	>30 cm	Total	Espèce <sup>c</sup>	%	Total	Éricacée	Arbuste	Espèce <sup>c</sup>	%		Mousse	Spaigne	Lichen	Litière	Dénuqué roc	Matière organique	Eau	Autre	Débris ligneux
FMF-21	12-06-2014	A	4	10	C (vieille)	-	-	80	SABA	45	70	0	70	SABA	40	50	10	0	0	87	0	0	0	0	3
									PESP	25				CESP	10										
									CESP	10				COSP	5										
														BOSP	10										
														PESP	5										
FMF-22	10-06-2014	A	3	50	-	-	Peu	80	BOPA	25	40	0	40	ERPE	10	50	5	5	0	80	0	0	0	0	10
									SABA	25				EREP	15										
									EPBL	10				COST	<5										
									PEGD	20				THOC	<5										
														SABA	10										
FMF-23	10-06-2014	B	3	50	C	Peu	Peu	75	BOJA	40	80	0	80	SABA	30	N/A	0	0	0	70	0	0	<1	0	30
									ERSU	15				ERPE	30										
									PETR	10				ERSU	15										
									PEGD	10				PETR	5										
														FRNO	<1										
														PEBA	<1										
FMF-24	10-06-2014	A	2	50	-	Peu	Peu	90	BOPA	50	65	0	65	ERPE	20	45	<1	0	0	100	0	0	0	0	5
									PETR	30				EREP	20										
									ERSU	10				ERSU	20										
														SABA	5										
														DICH	<5										
														NOLB	<1										
FMF-25	10-06-2014	B	2	70	CHP	-	Peu	75	BOPA	15	20	0	20	SABA	10	70	5	0	0	80	0	0	0	0	15
									PEGD	20				THOC	<5										
									ERRO	20				ERPE	<5										
									SABA	20				EREP	5										
														THOC	<1										
FMF-26	10-06-2014	A	2	70	-	-	Peu	80	ERRO	30	40	0	40	ERRO	5	N/A	0	0	0	100	0	0	0	0	<5
									BOPA	15				ERSU	10										
									SABA	5				BOPA	10										
									ERSU	30				SABA	15										
									ERPE	<5				ERPE	<5										
														IFCA	<1										
FMF-27	10-06-2014	A	2	70	C	Peu	Peu	85	SABA	15	15	0	15	BOPA	5	N/A	5	0	0	80	0	0	0	0	15
									BOPA	60				SABA	10										
									BOJA	10				EREP	<5										
														NOLB	<1										



Annexe C. Caractéristiques de l'habitat à proximité des stations d'écoute (suite)

Station d'écoute	Date	Peuplement				Chicots		Strate arborescente			Strate arbustive					Strate herbacée (%)	Couverture du sol								
		Densité <sup>a</sup>	Hauteur	Âge	Perturbation <sup>b</sup>	10-30 cm	>30 cm	Total	Espèce <sup>c</sup>	%	Total	Éricacée	Arbuste	Espèce <sup>c</sup>	%		Mousse	Spaigne	Lichen	Litière	Dénudé roc	Matière organique	Eau	Autre	Débris ligneux
FMF-28	10-06-2014	A	1	90	-	-	Peu	80	BOJA	35	70	0	70	SABA	45	80	50	0	0	41	1	0	0	0	5
									BOPA	15				EREP	20										
									EPSP	20				THOC	5										
									SABA	5															
									THOC	5															
FMF-29	10-06-2014	A	3	10	C	-	-	15	BOPA	15	100	0	100	EREP	60	30	15	0	0	77	0	3	0	0	5
									SABA	15				SABA	15										
														IFCA	20										
														SUSP	<1										
														BOSP	5										
FMF-30	10-06-2014	B	1	70	-	-	Peu	80	SABA	30	60	0	60	EREP	40	40	20	0	0	65	0	7	0	0	8
									BOJA	20				SABA	10										
									BOPA	10				IFCA	10										
														PESP	20										
FMF-31	10-06-2014	D	5	10	AC	-	-	0			90	0	90	SASP	50	70	0	0	0	97	0	3	0	0	0
														PESP	20										
														BOSP	20										
MR-01	11-06-2014	C	3	50	C (vieille)	-	-	50	ERSU	15	100	0	100	PESP	60	60	5	0	0	90	2	0	0	0	3
									THOC	5				SABA	25										
									SABA	25				THOC	15										
									PESP	5				ERRO	<1										
MR-02	11-06-2014	D	4	30	-	-	Peu	25	SABA	17	95	0	95	AUSP	40	30	5	0	0	40	0	45	0	0	10
									ERSU	8				ERSP	40										
														EREP	10										
														SABA	5										
MR-03	11-06-2014	C	3	50	-	-	Moyen	60	EPNO	35	70	0	70	EREP	25	20	40	0	0	50	5	0	0	0	5
									SABA	10				BLSP	15										
									BOPA	15				SABA	20										
														EPNO	10										
MR-04	12-06-2014	A	5	10	0	-	-	0			100	0	100	PEBA	15	20	0	0	0	100	0	0	0	0	<5
														VISP	<1										
														EREP	50										
														PETR	20										
														BOPA	5										
														THOC	10										
														BOJA	<1										
														DICH	<5										











Annexe C. Caractéristiques de l'habitat à proximité des stations d'écoute (suite)

Station d'écoute	Date	Peuplement				Chicots		Strate arborescente			Strate arbustive					Strate herbacée (%)	Couverture du sol								
		Densité <sup>a</sup>	Hauteur	Âge	Perturbation <sup>b</sup>	10-30 cm	>30 cm	Total	Espèce <sup>c</sup>	%	Total	Éricacée	Arbuste	Espèce <sup>c</sup>	%		Mousse	Spaigne	Lichen	Litière	Dénuqué roc	Matière organique	Eau	Autre	Débris ligneux
RE-12	12-06-2014	B	3	50	-	-	-	60	EPNO	45	85	15	70	EPNO	60	2	70	15	10	3	0	0	0	0	2
									THOC	15				THOC	10										
														KASP	15										
RE-13	10-06-2014	B	3	70	-	Peu	Peu	75	EPSP	40	50	0	50	SABA	25	5	60	0	0	30	5	0	0	0	5
									THOC	10				THOC	15										
									BOPA	10				EREP	10										
									SABA	15															

<sup>a</sup> Densité : A : 81-100 %; B : 61-80 %; C : 41-60 %; D : 21-40 %; E : 0-20 %

<sup>b</sup> CHP : chablis partiel; AC : ancienne aire de concentration du bois; CH : chablis de grande taille; CHE : chemin; C : coupe; EP : épidémie; SF : sentier forestier

<sup>c</sup> Espèces : AMSP : amélanchier sp.; AURU : aulne rugueux; AUSP : aulne sp.; BLSP : bleuets sp.; BOPA : bouleau à papier; BOJA : bouleau jaune; BOSP : bouleau sp.; CEVI : cerisier de Virginie; CESP : cerisier sp.; COSP : cormier sp.; COST : cornouiller stolonifère; DICH : dierville chèvrefeuille; EPBL : épinette blanche; EPNO : épinette noire; EPSP : épinette sp.; EREP : érable à épis; ERSU : érable à sucre; ERPE : érable de Pennsylvanie; ERRO : érable rouge; ERSP : érable sp.; FRNO : frêne noir; IFCA : if du Canada; KASP : kalmia sp.; NEMU : némopathe mucroné; NOLB : noisetier à long bec; PEGD : peuplier à grandes dents; PEBA : peuplier baumier; PETR : peuplier faux-tremble; PESP : peuplier sp.; PIBL : pin blanc; PIGR : pin gris; PIRO : pin rouge; PISP : pin sp.; SABA : sapin baumier; SASP : saule sp.; SOAM : sorbier d'Amérique; SUSP : sureau sp.; THOC : thuja occidental; VICA : viorne cassinoïde; VISP : viorne sp.



# Annexe D

**CONDITIONS D'OBSERVATION LORS DES INVENTAIRES DES  
OISEAUX EN PÉRIODES DE MIGRATION PRINTANIÈRE ET  
AUTOMNALE**



**Annexe D.1. Conditions d'observation lors des inventaires des oiseaux en période de migration printanière**

Date	Début	Fin	Température	Nébulosité	Précipitations	Force du vent	Origine du vent	Conditions d'observation
29-04-2014	10h45	13h45	8	80	-	4	S	Bonnes
30-04-2014	07h40	11h00	4 à 12	50 à 90	-	2 à 5	SE	Bonnes à moyennes
07-05-2014	14h30	18h49	16	0	-	1	N	Bonnes
08-05-2014	05h35	08h52	2	0	-	0	0	Bonnes
12-05-2014	16h38	19h50	9 à 6	60 à 75	Pluie légère	0 à 1	O/NO	Bonnes
13-05-2014	09h55	14h06	6 à 14	30 à 50	-	0 à 1	0	Excellentes
21-05-2014	15h15	19h34	19 à 14	90	-	0 à 2	SE	Bonnes
22-05-2014	09h35	12h52	18	95	-	3 à 4	E	Bonnes
27-05-2014	09h30	12h01	6 à 13	100	-	3 à 4	E	Bonnes
28-05-2014	15h45	20h04	16 à 20	0	-	1 à 3	S/SE	Moyennes à bonnes

**Annexe D.2. Conditions d'observation lors des inventaires des oiseaux en période de migration automnale**

Date	Début	Fin	Température	Nébulosité	Précipitations	Force du vent	Origine du vent	Conditions d'observation
04-09-2014	15h40	19h00	24	100	Pluie légère	1	N-O	Bonnes
09-09-2014	7h45	12h04	11	20	-	0	-	Excellentes
16-09-2014	15h05	18h25	18	50	-	1	SO	Bonnes
17-09-2014	8h05	12h24	4 à 10	50 à 90	-	4 à 3	NO	Moyennes
25-09-2014	14h55	18h25	20	40	-	2	S	Passable
26-09-2014	8h02	13h30	11	70	-	1	-	Bonnes
03-10-2014	7h50	12h08	4	15	-	4 à 5	E	Bonnes
14-10-2014	13h50	17h35	13 à 18	50 à 70	-	1	N SE	Bonnes à moyennes
20-10-2014	13h11	16h28	5	75 à 100	-	5	NO NO	Moyennes
21-10-2014	8h47	13h07	0 à 6	25 à 80	-	0 à 2	NO	Excellentes
29-10-2014	9h08	13h22	8	90	-	0 à 1	N	Excellentes



# Annexe E

**LISTE DES ESPÈCES OBSERVÉES DANS LA ZONE D'ÉTUDE LORS  
DES INVENTAIRES DE TERRAIN**



### Annexe E. Liste des espèces observées dans la zone d'étude lors des inventaires de terrain

Famille	Nom français	Nom latin	Saison		
			Nidification	Printemps	Automne
Gaviidés	Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>	POSS	X	X
Phalacrocoracidés	Cormoran à aigrettes	<i>Phalacrocorax auritus</i>		X	X
Anatidés	Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>		X	X
	Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>		X	X
	Canard noir	<i>Anas rubripes</i>		X	X
	Canard pilet	<i>Anas acuta</i>		X	
	Eider à duvet	<i>Somateria mollissima</i>		X	
	Fuligule à collier	<i>Aythya collaris</i>		X	X
	Garrot à oeil d'or	<i>Bucephala clangula</i>		X	X
	Grand harle	<i>Mergus merganser</i>		X	X
	Harle couronné	<i>Lophodytes cucullatus</i>			X
	Harle huppé	<i>Mergus serrator</i>		X	
	Macreuse à front blanc	<i>Melanitta perspicillata</i>		X	X
	Macreuse brune	<i>Melanitta fusca</i>		X	
	Macreuse noire	<i>Melanitta nigra</i>		X	
	Petit garrot	<i>Bucephala albeola</i>		X	
	Oie des neiges	<i>Anser caerulescens</i>		X	X
	Petit fuligule	<i>Aythya affinis</i>		X	
	Sarcelle d'hiver	<i>Anas crecca</i>		X	
	Podicipedidés	Grèbe jougris	<i>Podiceps grisegena</i>		X
Pandionidés	Balbusard pêcheur	<i>Pandion haliaetus</i>		X	
Accipitridés	Buse à queue rousse	<i>Buteo jamaicensis</i>		X	X
	Épervier brun	<i>Accipiter striatus</i>			X
	Petite buse	<i>Buteo platypterus</i>	POSS		
	<b>Pygargue à tête blanche</b>	<b><i>Haliaeetus leucocephalus</i></b>		<b>X</b>	
Cathartidae	Urubu à tête rouge	<i>Cathartes aura</i>	POSS	X	
Falconidés	Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>	POSS	X	
Phasianidés	Gélinotte huppée	<i>Bonasa umbellus</i>	POSS		X
Scolopacidés	Chevalier grivelé	<i>Actitis macularius</i>		X	X
Laridés	Goéland à bec cerclé	<i>Larus delawarensis</i>		X	X
	Goéland argenté	<i>Larus argentatus</i>		X	X
	Goéland marin	<i>Larus marinus</i>		X	X
Alcedinidés	Martin-pêcheur d'Amérique	<i>Megaceryle alcyon</i>	POSS		

Annexe E. Liste des espèces observées dans la zone d'étude lors des inventaires de terrain (suite)

Famille	Nom français	Nom latin	Saison		
			Nidification	Printemps	Automne
Picidés	Grand pic	<i>Dryocopus pileatus</i>	POSS		X
	Pic à dos noir	<i>Picoides arcticus</i>			X
	Pic à dos rayé	<i>Picoides dorsalis</i>	POSS		
	Pic chevelu	<i>Picoides villosus</i>			X
	Pic flamboyant	<i>Colaptes auratus</i>	PROB		
	Pic maculé	<i>Sphyrapicus varius</i>	POSS		
	Pic mineur	<i>Picoides pubescens</i>	PROB		
Tyrannidés	Moucherolle à ventre jaune	<i>Empidonax flaviventris</i>	PROB		
	Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>	POSS		
	Moucherolle tchébec	<i>Empidonax minimus</i>	POSS		
Viréonidés	Viréo à tête bleue	<i>Vireo solitarius</i>	POSS		
	Viréo aux yeux rouges	<i>Vireo olivaceus</i>	POSS		
	Viréo de philadelphie	<i>Vireo philadelphicus</i>	POSS		
Corvidés	Corneille d'Amérique	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	POSS	X	X
	Geai bleu	<i>Cyanocitta cristata</i>	PROB		X
	Grand corbeau	<i>Corvus corax</i>	POSS	X	X
Alaudidés	Alouette hausse-col	<i>Eremophila alpestris</i>			X
Paridés	Mésange à tête noire	<i>Poecile atricapillus</i>	PROB		X
Sittidés	Sitelle à poitrine rousse	<i>Sitta canadensis</i>	PROB		X
Regulidés	Roitelet à couronne dorée	<i>Regulus satrapa</i>	POSS		
	Roitelet à couronne rubis	<i>Regulus calendula</i>	POSS		X
Motacillidés	Pipit d'Amérique	<i>Anthus rubescens</i>			X
Turdidés	Grive à dos olive	<i>Catharus ustulatus</i>	PROB		
	Grive fauve	<i>Catharus fuscescens</i>	PROB		
	Grive solitaire	<i>Catharus guttatus</i>	POSS		
	Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>	CONF		
Bombycillidés	Jaseur d'Amérique	<i>Bombycilla cedrorum</i>	POSS		
Parulidés	Paruline à calotte noire	<i>Cardellina pusilla</i>	PROB		
	Paruline à collier	<i>Setophaga americana</i>	POSS		
	Paruline à croupion jaune	<i>Setophaga coronata</i>	POSS		
	Paruline à flancs marron	<i>Setophaga pensylvanica</i>	POSS		
	Paruline à gorge noire	<i>Setophaga virens</i>	POSS		
	Paruline à gorge orangée	<i>Setophaga fusca</i>	POSS		

Annexe E. Liste des espèces observées dans la zone d'étude lors des inventaires de terrain (suite)

Famille	Nom français	Nom latin	Saison		
			Nidification	Printemps	Automne
Parulidés	Paruline à joues grises	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>	POSS		
	Paruline à poitrine baie	<i>Setophaga castanea</i>	PROB		
	Paruline à tête cendrée	<i>Setophaga magnolia</i>	POSS		
	Paruline bleue	<i>Setophaga caerulescens</i>	POSS		
	Paruline couronnée	<i>Seiurus auropellus</i>	POSS		
	<b>Paruline du Canada</b>	<b><i>Cardellina canadensis</i></b>	<b>POSS</b>		
	Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>	POSS		
	Paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>	POSS		
	Paruline noir et blanc	<i>Mniotilta varia</i>	POSS		
	Paruline obscure	<i>Oreothlypis peregrina</i>	PROB		
	Paruline tigrée	<i>Setophaga tigrina</i>	POSS		
	Paruline triste	<i>Geothlypis philadelphia</i>	POSS		
Cardinalidés	Cardinal à poitrine rose	<i>Pheucticus ludovicianus</i>	POSS		
	Piranga écarlate	<i>Piranga olivacea</i>	POSS		
Embérizidés	Bruant à couronne blanche	<i>Zonotrichia leucophrys</i>			X
	Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>	PROB		X
	Bruant des prés	<i>Passerculus sandwichensis</i>			X
	Bruant familier	<i>Spizella passerina</i>	POSS		
	Bruant hudsonien	<i>Spizella arborea</i>			X
	Junco ardoisé	<i>Junco hyemalis</i>	PROB		X
Icteridés	<b>Quiscale rouilleux</b>	<b><i>Euphagus carolinus</i></b>			<b>X</b>
Fringillidés	Chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>			X
	Gros bec errant	<i>Hesperiphona vespertina</i>	POSS		
	Roselin pourpré	<i>Carpodacus purpureus</i>	POSS		
	Tarin des pins	<i>Spinus pinus</i>	POSS	X	



# Annexe F

**ABONDANCE MOYENNE DES ESPÈCES D'OISEAUX UTILISANT LE  
MILIEU AQUATIQUE DU FJORD EN PÉRIODE DE MIGRATION  
PRINTANIÈRE**



**Annexe F.1. Abondance moyenne des espèces d'oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord en période de migration printanière**

Groupe	Espèce	29 avril	30 avril	7 mai	8 mai	12 mai	13 mai	21 mai	22 mai	27 mai	28 mai	Total
Sauvagine	Bernache du Canada	0,0	0,5	4,6	0,0	0,0	1,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,82
	Canard sp.	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,2	0,64
	Canard colvert	0,0	1,8	0,8	1,0	0,5	0,8	0,4	0,8	0,5	0,0	0,64
	Canard noir	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,34
	Canard pilet	0,0	1,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30
	Fuligule sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,16
	Fuligule à collier	0,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,34
	Garrot à œil d'or	1,5	10,0	1,4	2,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,55
	Grand harle	0,5	1,3	0,0	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,30
	Harle huppé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,09
	Macreuse brune	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	2,0	0,0	0,23
	Macreuse à front blanc	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	Petit garrot	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,05
	Sarcelle d'hiver	0,0	0,0	0,0	6,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,66
	<b>Total</b>	<b>2,0</b>	<b>28,5</b>	<b>7,0</b>	<b>12,8</b>	<b>2,8</b>	<b>5,0</b>	<b>1,8</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>	<b>0,4</b>	<b>6,11</b>
Autres espèces aquatiques	Grèbe jougris	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,05
	Plongeon huard	0,0	0,3	0,2	0,5	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,2	0,23
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,27</b>
Laridés	Goéland sp.	0,0	3,5	2,6	0,0	2,8	5,8	0,0	0,5	1,0	4,8	2,20
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>3,5</b>	<b>2,6</b>	<b>0,0</b>	<b>2,8</b>	<b>5,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>4,8</b>	<b>2,20</b>
Corvidés	Corneille d'Amérique	0,0	0,2	0,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,8	0,0	0,25
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,25</b>
Limicoles	Chevalier grivelé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,23
	Limicole sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,02
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>2,2</b>	<b>0,25</b>
Rapaces	Faucon émerillon	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	<b>Total</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,02</b>
<b>Total général</b>		<b>2,3</b>	<b>33,0</b>	<b>10,4</b>	<b>13,3</b>	<b>5,5</b>	<b>11,2</b>	<b>3,0</b>	<b>2,8</b>	<b>4,0</b>	<b>7,6</b>	<b>9,11</b>

Annexe F.2. Abondance moyenne des espèces d'oiseaux utilisant le milieu aquatique du fjord en période de migration automnale

Groupe	Espèce	4 sept.	9 sept.	16 sept.	17 sept.	25 sept.	26 sept.	3 oct.	14 oct.	20 oct.	21 oct.	29 oct.	Total
Sauvagine	Canard colvert	1,0	0,0	0,8	0,0	0,5	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,31
	Canard noir	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,04
	Canard sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,4	0,0	0,12
	Fuligule à collier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,02
	Garrot à oeil d'or	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,7	5,0	0,0	0,0	1,8	1,0	1,02
	Garrot sp.	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,7	0,2	0,0	0,5	0,2	0,4	0,37
	Grand harle	1,5	1,8	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,51
	Harle couronné	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,02
	Macreuse à front blanc	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,14
	Macreuse sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,35
	Oie des neiges	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,12
	<b>Total</b>	<b>2,5</b>	<b>1,8</b>	<b>4,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>6,0</b>	<b>5,2</b>	<b>2,8</b>	<b>0,5</b>	<b>4,4</b>	<b>1,4</b>	<b>3,02</b>
Autres espèces aquatiques	Cormoran à aigrettes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,6	0,0	0,0	0,8	0,0	0,31
	Grèbe jougris	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	Plongeon huard	0,8	2,2	0,0	0,0	0,5	0,3	0,0	0,3	0,0	0,4	0,2	0,43
	<b>Total</b>	<b>0,8</b>	<b>2,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,76</b>
Laridés	Goéland argenté	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,6	0,08
	Goéland à bec cerclé	0,0	0,0	4,0	0,0	2,8	5,0	0,4	0,0	0,0	0,4	0,0	1,20
	Goéland marin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,04
	Goéland sp.	0,0	0,2	3,0	0,0	0,3	2,0	0,0	7,5	0,0	5,8	1,4	1,80
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>7,0</b>	<b>0,0</b>	<b>3,0</b>	<b>7,0</b>	<b>0,4</b>	<b>7,8</b>	<b>0,0</b>	<b>6,2</b>	<b>2,4</b>	<b>3,12</b>
Corvidés	Corneille d'Amérique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	Geai bleu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,10
	Grand corbeau	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,14</b>
Passereaux et pics	Junco ardoisé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	Mésange à tête noire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,06
	Pic à dos noir	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,02
	Sitelle à poitrine rousse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,14</b>
<b>Total général</b>		<b>3,3</b>	<b>4,4</b>	<b>11,8</b>	<b>1,4</b>	<b>5,5</b>	<b>16,7</b>	<b>6,2</b>	<b>10,8</b>	<b>0,5</b>	<b>11,8</b>	<b>4,0</b>	<b>7,18</b>

# Annexe G

**ABONDANCE MOYENNE DES ESPÈCES D'OISEAUX EN  
DÉPLACEMENT DURANT LA PÉRIODE DE MIGRATION**



Annexe G.1. Abondance moyenne des espèces d'oiseaux en déplacement période de migration printanière

Groupe	Espèce	29 avril	30 avril	7 mai	8 mai	12 mai	13 mai	21 mai	22 mai	27 mai	28 mai
Sauvagine	Bernache du Canada	0,7	0,0	0,0	44,2	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Canard colvert	0,3	0,9	0,5	1,5	2,2	0,2	1,2	0,9	0,9	0,7
	Canard noir	0,0	3,9	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Canard pilet	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Canard sp.	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Eider à duvet	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Garrot à œil d'or	0,0	1,2	0,5	1,5	0,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	Grand harle	0,3	3,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
	Macreuse noire	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Macreuse sp.	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Oie des neiges	0,0	0,0	0,0	441,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Petit fuligule	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Total</b>	<b>1,3</b>	<b>9,9</b>	<b>0,9</b>	<b>492,5</b>	<b>103,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>
Autres espèces aquatiques	Cormoran à aigrettes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
	Plongeon huard	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>
Laridés	Goéland argenté	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
	Goéland à bec cerclé	1,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	1,9
	Goéland marin	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Goéland sp.	0,0	5,4	3,0	1,2	4,1	17,5	6,7	11,3	22,9	9,3
	<b>Total</b>	<b>1,0</b>	<b>5,4</b>	<b>3,9</b>	<b>1,5</b>	<b>4,4</b>	<b>17,7</b>	<b>6,7</b>	<b>11,3</b>	<b>23,1</b>	<b>11,4</b>
Corvidés	Corneille d'Amérique	1,3	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,5
	Grand corbeau	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
	<b>Total</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,5</b>
Passereaux	Tarin des pins	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Rapaces	Buse à queue rousse	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Balbuzard pêcheur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0
	Faucon émerillon	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
	Pygargue à tête blanche	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
	Urubu à tête rouge	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<b>Total</b>	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>
Limicoles	Chevalier grivelé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9
	<b>Total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,3</b>	<b>0,9</b>
<b>Total général</b>		<b>4,0</b>	<b>17,7</b>	<b>5,1</b>	<b>494,0</b>	<b>107,5</b>	<b>18,9</b>	<b>8,3</b>	<b>14,3</b>	<b>24,9</b>	<b>14,4</b>

**Annexe G.2. Abondance moyenne des espèces d'oiseaux en déplacement période de migration automnale**

Groupe	Espèce	4 sept.	9 sept.	16 oct.	17 sept.	25 sept.	26 sept.	3 oct.	14 oct.	20 oct.	21 oct.	29 oct.
Sauvagine	Bernache du Canada	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Canard colvert	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	Canard noir	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,5	0,0
	Garrot à œil d'or	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
	Garrot sp.	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,9
	Oie des neiges	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Macreuse à front blanc	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	0,0	0,2	3,3	0,2	1,4	17,6	0,9	0,0	0,9	0,5	2,4
Autres espèces aquatiques	Cormoran à aigrettes	0,0	0,0	1,2	0,5	0,0	0,9	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
	Plongeon huard	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0
	Grèbe jougris	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	0,0	3,0	1,2	0,5	0,0	0,9	2,1	0,0	0,0	0,2	0,0
Laridés	Goéland argenté	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,5	1,7
	Goéland à bec cerclé	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,7	0,0	0,2	0,0
	Goéland marin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
	Goéland sp.	0,9	1,6	0,6	3,9	3,1	1,6	0,0	1,3	1,2	3,2	3,1
	Total	0,9	2,1	0,6	3,9	3,1	1,6	0,2	5,9	1,2	3,9	5,2
Corvidés	Geai bleu	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Corneille d'Amérique	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Passereaux et pics	Grand pic	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Junco ardoisé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Roitelet à couronne rubis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Alouette hausse-col	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Chardonneret jaune	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rapaces	Buse à queue rousse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Limicoles	Chevalier grivelé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total général</b>		<b>0,0</b>	<b>1,2</b>	<b>3,6</b>	<b>0,7</b>	<b>2,3</b>	<b>13,9</b>	<b>1,9</b>	<b>5,1</b>	<b>0,9</b>	<b>2,1</b>	<b>4,3</b>

