HYDRO-QUÉBEC

SURÉQUIPEMENT DE LA CENTRALE DE LA SAINTE-MARGUERITE-3

ANALYSE DE LA DISPONIBILITÉ D'HABITAT DU POISSON EN FONCTION DU DÉBIT DANS LE TRONÇON FLUVIAL EN AVAL DE LA CENTRALE SM-3

CÔTE-NORD

MAI 2026

CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE WSP : CA0023576.3890_009_R_REV0

VERSION FINALE



Diffusion restreinte

HYDRO-QUÉBEC

SURÉQUIPEMENT DE LA CENTRALE DE LA SAINTE-MARGUERITE-3

ANALYSE DE LA DISPONIBILITÉ D'HABITAT DU POISSON EN FONCTION DU DÉBIT DANS LE TRONÇON FLUVIAL EN AVAL DE LA CENTRALE SM-3

CÔTE-NORD

VERSION FINALE
CONFIDENTIEL

RÉFÉRENCE WSP : CA0023576.3890_009_R_REV0

MAI 2026

WSP CANADA INC.
1135, BOULEVARD LEBOURGNEUF
QUÉBEC (QUÉBEC) G2K 0M5
CANADA

TÉLÉPHONE : +1-418-623-2254
TÉLÉCOPIEUR : +1-418-624-1857

WSP.COM

SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Jean-Simon Roy, biologiste
Chargé de projet

8 mai 2026
Date



Antoine Papillon, CPI., M. Sc. (OIQ : 6068357)

8 mai 2026
Date



Andréa Nicole Mellado-Cusicahua, ingénieure en hydraulique, M. Sc. (OIQ : 6012323)

8 mai 2026
Date

RÉVISÉ PAR



Louis Belzile, biologiste
Directeur de projet

8 mai 2026
Date

LIMITATIONS

WSP Canada Inc. (« WSP ») a préparé ce rapport uniquement pour son destinataire Hydro-Québec, conformément à la convention de consultant convenue entre les parties. Advenant qu'une convention de consultant n'ait pas été exécutée, les parties conviennent que les Modalités générales à titre de consultant de WSP régiront leurs relations d'affaires, lesquelles vous ont été fournies avant la préparation de ce rapport.

Ce rapport est destiné à être utilisé dans son intégralité. Aucun extrait ne peut être considéré comme représentatif des résultats de l'évaluation.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur le travail effectué par du personnel technique, entraîné et professionnel, conformément à leur interprétation raisonnable des pratiques d'ingénierie et techniques courantes et acceptées au moment où le travail a été effectué.

Le contenu et les opinions exprimées dans le présent rapport sont basés sur les observations et/ou les informations à la disposition de WSP au moment de sa préparation, en appliquant des techniques d'investigation et des méthodes d'analyse d'ingénierie conformes à celles habituellement utilisées par WSP et d'autres ingénieurs/techniciens travaillant dans des conditions similaires, et assujettis aux mêmes contraintes de temps, et aux mêmes contraintes financières et physiques applicables à ce type de projet.

WSP dénie et rejette toute obligation de mise à jour du rapport si, après la date du présent rapport, les conditions semblent différer considérablement de celles présentées dans ce rapport; cependant, WSP se réserve le droit de modifier ou de terminer ce rapport sur la base d'informations, de documents ou de preuves additionnels.

WSP ne fait aucune représentation relativement à la signification juridique de ses conclusions.

La divulgation de tout renseignement faisant partie du présent rapport relève uniquement de la responsabilité de son destinataire. Si un tiers utilise, se fie, ou prend des décisions ou des mesures basées sur ce rapport, ledit tiers en est le seul responsable. WSP n'accepte aucune responsabilité quant aux dommages que pourrait subir un tiers suivant l'utilisation de ce rapport ou quant aux dommages pouvant découler d'une décision ou mesure prise basée sur le présent rapport.

WSP a exécuté ses services offerts au destinataire de ce rapport conformément à la convention de consultant convenue entre les parties tout en exerçant le degré de prudence, de compétence et de diligence dont font habituellement preuve les membres de la même profession dans la prestation des mêmes services ou de services comparables à l'égard de projets de nature analogue dans des circonstances similaires. Il est entendu et convenu entre WSP et le destinataire de ce rapport que WSP n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, de quelque nature que ce soit. Sans limiter la généralité de ce qui précède, WSP et le destinataire de ce rapport conviennent et comprennent que WSP ne fait aucune représentation ou garantie quant à la suffisance de sa portée de travail pour le but recherché par le destinataire de ce rapport.

En préparant ce rapport, WSP s'est fié de bonne foi à l'information fournie par des tiers, comme indiqué dans le rapport. WSP a raisonnablement présumé que les informations fournies étaient correctes et WSP ne peut donc être tenu responsable de l'exactitude ou de l'exhaustivité de ces informations.

Les bornes et les repères d'arpentage utilisés dans ce rapport servent principalement à établir les différences d'élévation relative entre les emplacements de prélèvement et/ou d'échantillonnage et ne peuvent servir à d'autres fins. Notamment, ils ne peuvent servir à des fins de nivelage, d'excavation, de construction, de planification, de développement, etc.

Ces limitations sont considérées comme faisant partie intégrante du présent rapport.

CLIENT

HYDRO-QUÉBEC

Chargée de projet	Amélie Côté Bhérer
Chargé du volet débits réservés écologiques	Jean Carreau Jean-Christophe Guay
Conseillère en cartographie	Eugénie Morasse Lapointe

ÉQUIPE DE RÉALISATION

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Louis Belzile	
Chargé de projet	Bernard Aubé Maurice	
Chargé du volet débits réservés écologiques	Jean-Simon Roy	
Collaborateurs modélisation hydrodynamique	Andrea Mellado Antoine Papillon	
Collaboratrice modèles d'habitat	Chloé Berger	
Relevés au terrain		
Relevés hydrauliques et de drone	Benoit Chabot Abdoulaye Coulibaly Nicolas Leclerc	
Relevés biologiques	Zaccaria Kacem Jade Lavoie Kristof Mercier Léo Semerdjian	Alexandre Martin Simon Bourgeois Estelle Beaudoin-Lebeuf Mélanie Durand
Traitement de données	Kevin Laroche Florencia Giselle Galdamez	
Responsable des produits cartographiques	Anne-Marie Tirman	

RÉFÉRENCE À CITER

WSP. 2026. Suréquipement de la centrale de la Sainte-Marguerite-3. Analyse de la disponibilité d'habitat du poisson en fonction du débit dans le tronçon fluvial en aval de la centrale SM-3. Rapport produit pour Hydro-Québec. Référence WSP : CA0023576.3890_009_R_Rev0. 54 pages et annexes.

SOMMAIRE

Cette étude sectorielle s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) du projet de suréquipement de la centrale hydroélectrique de la Sainte-Marguerite-3 (SM-3), située dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Sept-Rivières. Son objectif général est de présenter une analyse de la disponibilité d'habitats selon le débit dans le tronçon fluvial compris entre la centrale SM-3 et le réservoir SM-2. Plus spécifiquement, ce document vise à vérifier si les conditions de débits selon le scénario d'exploitation envisagé permettront de maintenir dans ce tronçon fluvial une qualité et une quantité d'habitat suffisante pour assurer le maintien et la pérennité des communautés de poissons qui y vivent.

L'approche utilisée pour évaluer la quantité d'habitat disponible dans la zone d'étude est la méthode de modélisation des micro-habitats du poisson (MMH). Cette méthode repose à la fois sur la modélisation des préférences d'habitat d'espèces cibles jugées représentatives de la communauté de poissons en place et sur la modélisation hydrodynamique bidimensionnelle (2D) de sites d'étude jugés quant à eux représentatifs de la zone d'étude. Cette méthode peut établir, pour une espèce et un stade vital donnés, une relation précise entre le débit et la disponibilité d'habitat, celle-ci prenant en considération tant la qualité que la quantité de l'habitat.

Les périodes biologiques critiques et les espèces cibles considérées dans cette étude ont été identifiées sur la base des informations disponibles au sujet des communautés de poissons de la zone d'étude. Ce sont : la fraie printanière du meunier rouge et du meunier noir (20 mai au 5 juillet), l'alimentation estivale de l'omble de fontaine (5 juillet au 14 septembre), la fraie automnale de l'omble de fontaine (15 septembre au 31 octobre) et l'incubation hivernale des œufs de l'omble de fontaine (du 1er novembre au 31 mai) Les modèles utilisés pour décrire les préférences d'habitat de ces espèces ont été choisis à la suite d'une revue de la documentation scientifique à ce sujet. Les modèles jugés les plus adéquats ont été sélectionnés et modifiés, lorsque nécessaire, pour mieux décrire les préférences d'habitat des espèces cibles dans le tronçon de rivière à l'étude.

La modélisation hydrodynamique 2D a porté sur deux sites d'environ 1,5 km de longueur chacun, l'un situé au PK 68,5 et l'autre au PK 75,5. Les relevés nécessaires à la mise en œuvre des modèles ont été faits à l'été et à l'automne 2024. Ils comprenaient la topographie et la bathymétrie des deux sites, la caractérisation détaillée de la composition granulométrique de leur lit ainsi que des mesures de ligne d'eau, de débit et de vitesses d'écoulement.

La MMH permet d'évaluer la disponibilité d'habitats à différents débits, qui est quantifiée en termes d'aires pondérées utiles (APU; il s'agit de superficies d'habitats pondérées par un indice global de qualité). Pour chaque période biologique, les simulations d'habitats ont été effectuées pour 17 débits différents compris dans la gamme de 1 à 500 m^3/s. Au total, six courbes d'APU *vs* débit ont été produites, compte tenu du fait qu'il y a trois modèles d'habitats (fraie printanière-meuniers, alimentation estivale-omble de fontaine et fraie automnale-omble de fontaine) et deux sites de modélisation. Pour ce qui est de la période d'incubation hivernale des œufs d'omble de fontaine, une autre approche a été suivie : une analyse de la profondeur d'eau sur les frayères connues a été effectuée dans le but de confirmer que ces sites demeurent ennoyés tout l'hiver, même en périodes d'arrêt de centrale, et que l'incubation des œufs peut être assurée.

À la suite des modélisations, des séries temporelles de la quantité d'habitat (APU) ont été élaborées afin de comparer la disponibilité d'habitat associée à deux scénarios de débit, soit les conditions actuelles d'exploitation de la centrale SM-3 et les conditions d'exploitation futures. Au préalable, une analyse hydrologique a été effectuée pour décrire les conditions d'écoulement pour les différents scénarios de débit et pour l'ensemble des périodes biologiques considérées.

Tant pour le scénario d'exploitation actuel que futur, ils comportent une obligation de respecter un débit réservé du 1er juin au 30 septembre, soit le maintien d'un débit moyen de 55 m^3/s pour l'ensemble de la période, d'un débit moyen mensuel de 44 m^3/s et d'un débit minimum instantané de 33 m^3/s. Les principales différences entre les conditions d'exploitation actuelles et futures sont : 1) un débit d'environ 55 m^3/s en période estivale en conditions futures plutôt qu'environ 100 m^3/s en conditions actuelles; 2) un arrêt de centrale « forcé » du 1er au 31 octobre en conditions futures, de façon à s'assurer que la fraie ait lieu à bas niveau et que les frayères qui ont été utilisées demeurent ennoyées tout au long de l'hiver, même aux moments d'arrêts de centrale; et 3) des pointes de production plus intenses en conditions futures, soit à 530 m^3/s, pour la dernière semaine de décembre et le mois de janvier.

L'analyse des superficies d'habitat disponible pour les conditions de débit considérées pour chacune des périodes biologiques fait ressortir qu'au site du PK 68,5, qui est représentatif de l'ensemble du tronçon aval de la centrale SM-3, les conditions d'exploitation futures procureront généralement davantage d'habitats de fraie au printemps (pour les meuniers) et à l'automne (pour l'omble de fontaine) que les conditions actuelles d'exploitation. Il en va de même pour les habitats d'alimentation pendant la période estivale.

Au site du PK 75,5, un endroit plus sensible aux variations de débit en raison de la présence de plusieurs hauts-fonds, les conditions d'exploitation futures procureront autant d'habitat que les conditions actuelles lorsque la centrale est en arrêt (au début de la fraie des meuniers au printemps et à la fin de la fraie de l'omble de fontaine à l'automne), mais un peu moins durant les autres périodes lorsque le débit réservé est effectif (fin de la période de fraie printanière, début de la période de fraie automnale et période d'alimentation estivale).

L'analyse de disponibilité d'habitat aquatique montre que le patron d'exploitation futur, qui comporte des périodes de pointe plus intenses à l'hiver mais qui demeure tout de même très proche du patron actuel pour les autres saisons, n'occasionne pas de baisse de superficie et de qualité d'habitat notable pour les périodes et les espèces considérées. Pour ce qui est de la période estivale, le respect du débit réservé actuellement prescrit de juin à septembre permettra le maintien de conditions relativement stables de débits durant la période d'alimentation, comme c'est le cas actuellement. Cette mesure est bénéfique pour les communautés de poissons, notamment en limitant les étiages estivaux et en assurant un apport d'eau fraiche venant du réservoir. L'arrêt du turbinage pendant la fraie de l'omble de fontaine, recommandé dans le patron d'exploitation futur, est aussi bénéfique puisqu'il favorise l'utilisation de frayères qui demeurent ennoyées même lors d'arrêts de production qui surviendraient pendant l'incubation des œufs.

Mots clés :
Rivière Sainte-Marguerite, aménagement hydroélectrique de la Sainte-Marguerite-1, Sainte-Marguerite-2 et Sainte-Marguerite-3, habitat du poisson, omble de fontaine, meunier rouge, meunier noir, modélisation, Sept-Îles, Côte-Nord, Zec Matimek.

Version : Finale
Date : Mai 2026

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION 1
1.1 Mise en contexte 1
1.2 Objectifs 1
2 AIRE D'ÉTUDE ET CONDITIONS D'EXPLOITATION 3
2.1 Conditions d'exploitation actuelles à la centrale SM-3 3
2.2 Communauté de poissons 3
3 MÉTHODOLOGIE 7
3.1 Démarche générale de l'étude 7
3.2 Détermination des paramètres de base 8
3.3 Modélisation hydrodynamique 15
3.4 Modèles d'habitat 25
3.5 Simulation d'habitats 30
3.6 Interprétation des courbes d'APU 30
3.7 Analyse hydrologique 31
3.8 Séries temporelles d'APU 32
3.9 Ennoiement des frayères d'omble de fontaine en période hivernale 33
4 RÉSULTATS ET DISCUSSION 35
4.1 Hydrologie 35
4.2 Analyse de la disponibilité d'habitat 39
4.3 Ennoiement des frayères à omble de fontaine en période hivernale 46
4.4 Synthèse de la disponibilité d'habitat selon les conditions de débit 47
5 CONCLUSION 51
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 53

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

Tableaux

Tableau 1 Abondance absolue et abondance relative pour les espèces de poissons capturées lors d'inventaires effectués en 2011, en 2017 et en 2024 dans le tronçon fluvial à l'aval de la centrale SM-3 4

Tableau 2 Description sommaire des campagnes de relevés de terrain menées en 2024 pour l'étude de la disponibilité de l'habitat du poisson dans le tronçon fluvial à l'aval de la centrale SM-3 16

Tableau 3 Classification granulométrique utilisée lors de la caractérisation du substrat 17

Tableau 4 Analyse d'indépendance de maillage et de pas de temps 24

Tableau 5 Modèles d'habitats de reproduction et d'alimentation de l'omble de fontaine et de la truite brune recensés au cours de cette étude 27

Tableau 6 Patron d'exploitation actuel et futur selon la période biologique des communautés de poisson du tronçon fluvial à l'aval de SM-3 32

Tableau 7 Caractérisation des débits (m^3/s) pour chacune des périodes biologiques 37

Tableau 8 Valeurs de débit moyen utilisées pour représenter chacune des périodes biologiques pour les scénarios de conditions d'exploitation actuelle et d'exploitation future 38

Tableau 9 Superficie et proportion des frayères à omble de fontaine qui sont ennoyées pendant la fraie automnale et l'incubation hivernale en conditions d'arrêt de centrale 46

Tableau 10 Comparaison de la disponibilité d'habitat (APU) associée aux conditions d'exploitation actuelle et future aux deux sites modélisés 49

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

Figures

Figure 1 Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 68,5 pour différents coefficients de Manning au débit mesuré au terrain de 23,2 m³/s 20

Figure 2 Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 75,5 pour différents coefficients de Manning au débit mesuré au terrain de 23,2 m³/s 20

Figure 3 Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 68 pour différents coefficients de Manning au débit de 125,28 m³/s 21

Figure 4 Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 75,5 pour différents coefficients de Manning au débit de 125,28 m³/s 21

Figure 5 Comparaison des profils de vitesse au site du PK 68,5 pour différents régimes d'écoulement au débit de 120,5 m³/s 23

Figure 6 Comparaison des profils de vitesse au site du PK 75,5 pour différents régimes d'écoulement au débit de 249 m³/s 23

Figure 7 Hydrogrammes illustrant A) les conditions actuelles en aval de la centrale SM-3, et B) les conditions actuelles dans le tronçon court-circuité par la centrale SM-3 36

Figure 8 Disponibilité (APU) des habitats de reproduction des meuniers (fraie printanière) en fonction du débit aux sites des PK 75,5 et 68,5 40

Figure 9 Disponibilité des habitats d'alimentation de l'omble de fontaine en fonction du débit aux sites des PK 75,5 (a) et 68,5 (b) 41

Figure 10 Disponibilité (APU) des habitats de reproduction de l'omble de fontaine (fraie automnale) en fonction du débit aux sites des PK 75,5 et 68,5 ... 42

Figure 11 Série temporelle de disponibilité (APU) des habitats de reproduction des meuniers (fraie printanière) aux sites des PK 75,5 et 68,5..... 43

Figure 12 Série temporelle de disponibilité (APU) des habitats d'alimentation estivale de l'omble de fontaine aux sites des PK 75,5 et 68,5 44

Figure 13 Série temporelle de disponibilité (APU) des habitats de reproduction (fraie automnale) de l'omble de fontaine aux sites des PK 75,5 et 68,5 45

TABLE DES MATIÈRES (*suite*)

Cartes

Carte 1 — Aire d'étude pour l'analyse de la disponibilité des habitats du poisson selon le débit 5

Carte 2 — Localisation des sites de modélisation hydrodynamique 2D 10

Carte 3 — Caractérisation des habitats et localisation des frayères confirmées de meuniers et d'ombles de fontaine au site du PK 75,5 11

Carte 4 — Caractérisation des habitats et localisation des frayères confirmées de meuniers et d'ombles de fontaine au site du PK 68,5 13

ANNEXES

A — Modèle numérique de terrain (site du PK 68,5)

B — Modèle numérique de terrain (site du PK 75,5)

C — Maillage du modèle numérique de terrain au site du PK 68,5

D — Maillage du modèle numérique de terrain au site du PK 75,5

E — Modèle d'habitat (IQH) pour la reproduction des meuniers; 1) profondeur, 2) vitesse et 3) substrat

F — Courbes de préférence (IQH) de la profondeur pour l'alimentation de l'omble de fontaine : 1) courbe Pikauba; 2) comparaison avec les autres modèles recensés; et 3) courbe retenue

G — Courbes de préférence (IQH) de la vitesse pour l'alimentation de l'omble de fontaine : 1) courbe Pikauba; 2) comparaison avec les autres modèles recensés; et 3) courbe retenue

H — Courbes de préférence (IQH) du substrat pour l'alimentation de l'omble de fontaine : 1) alimentation; et 2) reproduction

I — Courbes de préférence (IQH) de la profondeur pour la reproduction de l'omble de fontaine : 1) courbe Pikauba; et 2) comparaison avec les autres modèles recensés

J — Courbes de préférence (IQH) de la vitesse pour la reproduction de l'omble de fontaine : 1) courbe Pikauba; 2) comparaison avec les autres modèles recensés; et 3) courbe retenue

K — Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 25 au site du PK 68,5

L Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 25 au site du PK 75,5

M Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 50 au site du PK 68,5

N Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 50 au site du PK 75,5

O Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 50 au site du PK 68,5

P Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 75 au site du PK 75,5

Q Extrait de l'étude de modélisation de la rivière Pikauba (Groupe conseil GENIVAR, 2002) – modèle d'habitat pour l'alimentation de l'omble de fontaine

R Extrait de l'étude de modélisation de la rivière Pikauba (Groupe conseil GENIVAR, 2002) – modèle d'habitat pour la reproduction de l'omble de fontaine

1 Introduction

1.1 Mise en contexte

Hydro-Québec (HQ) souhaite augmenter la puissance de l'aménagement hydroélectrique de la Sainte-Marguerite-3 (SM-3) située dans la municipalité régionale de comté (MRC) de Sept-Rivières dans le territoire non organisé du Lac-Walker, par l'ajout d'un 3^{e} groupe turbine-alternateur dans la centrale existante. La majorité des infrastructures civiles étant déjà en place, les travaux seront principalement réalisés à l'intérieur de la centrale, déjà raccordée au réseau de transport existant. Ce projet joue un rôle stratégique dans l'augmentation de puissance des centrales existantes d'HQ, afin d'accroître la production pour décarboner l'économie du Québec et lutter contre les changements climatiques. Le suréquipement de la centrale de la SM-3 permettra de contribuer à l'objectif d'ajouter 2 000 MW supplémentaires d'ici 2035.

Le projet de suréquipement est assujetti à la réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement (ÉIE), conformément à la législation provinciale en vigueur. En effet, une ÉIE est requise en vertu de l'article 31.1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE).

Dans ce contexte, WSP Canada Inc. (WSP) a été mandatée par HQ pour réaliser une étude sectorielle portant sur l'analyse de la disponibilité d'habitat du poisson en fonction du débit dans le tronçon fluvial en aval de la centrale SM-3. Cette étude est requise puisque l'exploitation de la centrale, qui est variable selon la demande énergétique, peut occasionner d'importantes fluctuations de débit qui modifient les conditions d'écoulement qui prévalent en aval de la centrale. Actuellement, le débit réservé écologique prescrit en aval de la centrale SM-3 s'applique pour les mois de juin à septembre et consiste à maintenir une moyenne de 55 m^3/s pour l'ensemble de cette période, une moyenne mensuelle de 44 m^3/s et un minimum instantané de 33 m^3/s. Ces débits ont été établis par Roche (1994) sur la base d'une analyse hydrologique sommaire. Ces débits minimums constituent un élément majeur du projet, car ils doivent assurer la protection des communautés de poissons et de leurs habitats.

1.2 Objectifs

L'objectif principal de la présente étude est de vérifier si le scénario d'exploitation de la centrale SM-3 à la suite de son suréquipement fournira des débits qui permettront de maintenir en aval de celle-ci une qualité et une quantité d'habitats qui permettent le maintien et la pérennité des communautés de poissons. Plus spécifiquement, la présente étude vise à évaluer et à comparer la disponibilité d'habitats pour les scénarios de débits associés aux :

1 conditions d'exploitation actuelles, soit celles qui prévalent depuis la mise en service de la centrale de 2003-2006 jusqu'à aujourd'hui;

2 conditions d'exploitation futures, soit celles prévues à la suite du suréquipement de la centrale.

Cette analyse est effectuée spécifiquement pour des périodes biologiques critiques (alimentation, reproduction et incubation) de certaines espèces de poissons valorisées pour la pêche sportive et traditionnelle, ou qui ont une importance écologique.

2 Aire d'étude et conditions d'exploitation

La rivière Sainte-Marguerite est située sur la rive nord du golfe du Saint-Laurent, dans la région administrative de la Côte-Nord. Son embouchure est située à 18 km à l'ouest de la ville de Sept-Îles. Trois centrales sont présentes sur cette rivière. La centrale de la Sainte-Marguerite-1 (SM-1), propriété d'Innergex, est l'aménagement localisé le plus à l'aval sur la rivière, soit au point kilométrique (PK) 7,5. Vient ensuite la centrale de la Sainte-Marguerite-2 (SM-2) au PK 10, propriété de La Compagnie Gulf Power (une filiale de IOC – Rio Tinto). Enfin, la centrale de la SM-3, propriété d'HQ, est située au PK 76,5.

L'aire considérée pour la présente étude correspond au tronçon fluvial à l'aval de SM-3, qui s'étend sur une distance d'environ 11 km à partir du canal de fuite de la centrale au PK 76 jusqu'à l'extrémité amont du réservoir SM-2, soit aux environs du PK 66 (carte 1).

2.1 Conditions d'exploitation actuelles à la centrale SM-3

Tel que mentionné précédemment, un débit écologique a été établi dans le décret gouvernemental provincial relatif à l'exploitation de la centrale SM-3 qui a débuté en 2003, dans le but de protéger l'habitat du poisson et la navigation. Cette directive s'applique du 1er juin au 30 septembre de chaque année. Les débits minimums établis sont respectivement de 33 m^3/s pour un débit minimal instantané et journalier, de 44 m^3/s pour un débit moyen minimal mensuel et de 55 m^3/s pour un débit moyen minimum de juin à septembre. En pratique, l'exploitation historique effectuée à la centrale à la période estivale assure un débit supérieur aux minimums exigés. En effet, pour la majeure partie de cette période (1er juin au 30 septembre), la centrale fonctionne à un débit qui permet d'optimiser le rendement des équipements, soit à environ 100 m^3/s.

Hormis la période estivale pour laquelle un débit réservé est exigé, HQ exploite la centrale SM-3 selon les besoins du parc de production. Il est à noter que la centrale est plus fortement sollicitée en période hivernale afin de répondre aux besoins de puissance plus importants requis lors des périodes de pointes quotidiennes. Dans les périodes où la centrale est en arrêt de production, le débit observé directement à l'aval de cet aménagement est assuré par les apports hydriques naturels du bassin intermédiaire localisé à l'amont et qui couvre environ 280 km^2. Cet écoulement provient des tributaires qui s'écoulent dans le tronçon court-circuité qui s'étend sur environ 12,5 km entre le barrage Denis-Perron (au PK 89) et le canal de fuite de la centrale (PK 76,5). Ces périodes d'arrêt de production se font généralement au printemps (remplissage du réservoir pour assurer les réserves hydriques requises pour le respect du débit écologique estival) et à l'automne (remplissage en vue des pointes de production requises en période hivernale).

2.2 Communauté de poissons

Depuis la mise en fonction de la centrale, des inventaires ciblant les communautés de poissons du tronçon fluvial ont été effectués à deux reprises dans le cadre d'études de suivi, soit en 2011 et en 2017 (Bérubé et Belles-Iles, 2011 et Massicotte et coll., 2019). Des inventaires réalisés en 2024 dans le cadre de la présente ÉIE ont aussi permis de préciser le portrait des espèces présentes dans l'aire d'étude. Les données d'abondance de ces différentes études ne peuvent être comparées entre elles étant donné le type d'engin qui différait pour chacune (seine, verveux, bourolles, pêche électrique, filet maillant et pêche à la ligne), l'effort varié et les espèces ciblées lors de certaines des

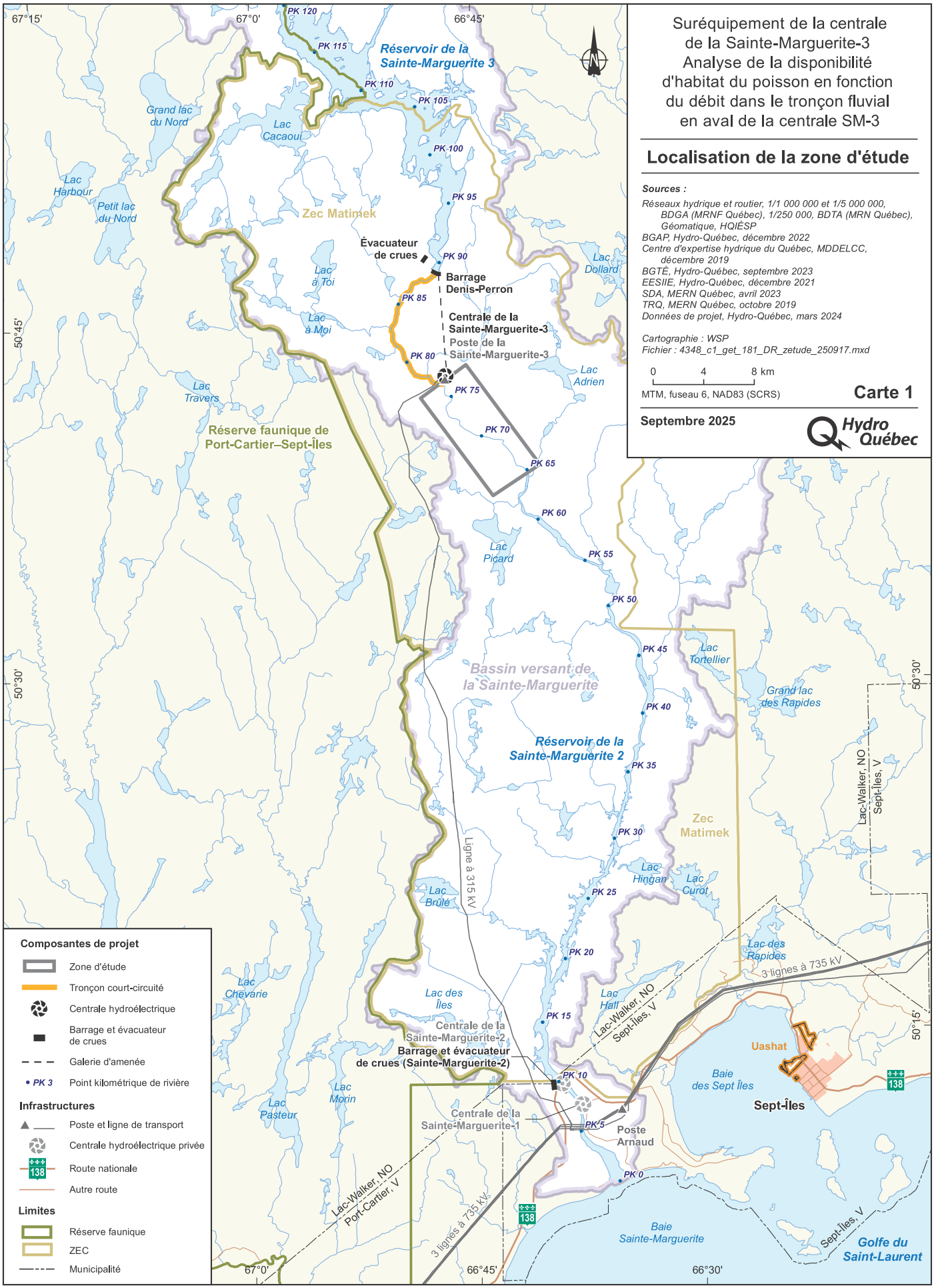
campagnes de pêches. Les données présentées au tableau 1 ont donc été jumelées da façon à obtenir uniquement un portrait des espèces présentes dans la zone d'étude. Dix espèces ont ainsi été répertoriées. Le meunier rouge, le meunier noir, le grand corégone, l'omble de fontaine et le grand brochet représentent, en ordre décroissant, les espèces les plus abondantes.

Tableau 1 Abondance absolue et abondance relative pour les espèces de poissons capturées lors d'inventaires effectués en 2011, en 2017 et en 2024 dans le tronçon fluvial à l'aval de la centrale SM-3

Espèce	Total	
	N	%
Meunier rouge	191	28,0
Meunier noir	123	18,1
Grand corégone	99	14,5
Omble de fontaine	69	10,1
Grand brochet	67	9,8
Meuniers *(Catastomus* sp.)[1]	43	6,3
Espèces indéterminées[1]	28	4,1
Mulet de lac	24	3,5
Chabot tacheté	12	1,8
Mulet perlé	11	1,6
Naseux des rapides	11	1,6
Lotte	3	0,4
Total	**681**	**100**

Note : [1] L'identification à l'espèce n'a pas été possible en raison de l'état dégradé des spécimens

Mentionnons que la population d'ombles de fontaine semble bien établie dans la zone d'étude, malgré le fait qu'elle soit soumise à un régime hydrologique typique d'une rivière exploitée à des fins hydroélectriques (absence de crues printanières et automnales, fluctuation importante de débits). Les inventaires ichtyologiques ont montré que plusieurs gammes de tailles sont représentées dans les captures de ce poisson et que les géniteurs atteignent des tailles respectables (plus de 30 cm). De plus, plusieurs frayères potentielles ont été répertoriées dans la zone d'étude et des inventaires en plongée en apnée ont permis de confirmer l'utilisation de certaines d'entre elles en identifiant la présence d'œufs dans le substrat.



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

3 Méthodologie

3.1 Démarche générale de l’étude

La démarche de cette étude vise à quantifier et à comparer les habitats disponibles pour le poisson selon la gestion actuelle et future de la centrale SM3, À cette fin, l’évaluation de la quantité des habitats du poisson repose sur la méthode de modélisation des micro-habitats du poisson (MMH). Celle-ci peut établir, pour une espèce et un stade vital donnés, une relation entre le débit et la disponibilité d’habitat, celle-ci prenant en considération tant la qualité que la quantité de l’habitat. La MMH est l’équivalent français de l'*Instream Flow Incremental Methodology* (IFIM), une approche mise au point aux États-Unis au cours des années 1970 et dont les principes et les fondements sont énoncés par Bovee (1982). En raison de son pouvoir prédictif élevé, ce type d’approche est fréquemment utilisé en Amérique du Nord, en Europe et en Océanie pour évaluer l’impact des changements de débit sur les populations de poissons et pour déterminer des débits réservés écologiques (Gore, 1989; Nestler et coll., 1989; Reiser et coll., 1989, Leclerc et coll., 2003, Scott et Shirvell, 1987; Souchon et coll., 1989).

La MMH se base principalement sur une modélisation hydrodynamique des écoulements qui vise à calculer les vitesses et les profondeurs à l’intérieur d’un segment de rivière, et sur une modélisation biologique qui permet de représenter les conditions abiotiques (vitesse, profondeur et substrat) recherchées par les espèces cibles durant les différentes phases de leur cycle. Les deux modélisations sont combinées pour déterminer la qualité et la quantité d’habitats disponibles à différents débits.

Les principales étapes inhérentes à cette approche sont les suivantes :

- Détermination des paramètres de base de l’étude :

  Cette étape consiste à déterminer les espèces cibles, les périodes biologiques critiques et les sites d’étude sur lesquels l’analyse doit porter. Les espèces cibles doivent être représentatives de la communauté de poissons dans le milieu, tandis que les sites d’étude doivent être représentatifs des différents types d’habitats qui s’y trouvent. Les périodes biologiques critiques sont des périodes plus sensibles du cycle vital des espèce cibles où des débits minimums doivent être maintenus afin de fournir les habitats essentiels des espèces cibles en quantité et qualité suffisantes pour leur pérennité.

- Modélisation hydrodynamique :

  Une modélisation hydrodynamique bidimensionnelle des sites d’étude choisis est réalisée à l’aide de logiciels spécialisés qui permettent de reproduire le plus fidèlement possible les conditions d'écoulement à différents débits. Elle s’appuie sur une description physique détaillée des sites d’étude (topographie, substrat, vitesses d’écoulement, etc.).

- Modélisation biologique :

  Des modèles d’habitats sont élaborés, soit à partir de données recueillies au terrain, soit en effectuant une revue de la documentation scientifique au sujet des préférences d’habitats des espèces cibles au cours de leur cycle vital. Ces modèles décrivent mathématiquement les conditions abiotiques (substrat, profondeur, vitesse, etc.) recherchées par ces espèces lors des différentes périodes biologiques (reproduction, alimentation).

- Simulation d'habitats :

  Des simulations d'habitats sont réalisées pour obtenir une relation entre la disponibilité de ces habitats et le débit, et ce, pour les différents sites d'étude, espèces cibles et périodes biologiques. Les simulations sont effectuées pour une gamme de débits représentative des conditions d'exploitation actuelles et futures suivant l'ajout du troisième groupe turbine-alternateur à la centrale SM3.

Les détails relatifs à ces différentes étapes apparaissent dans les sous-sections qui suivent.

En parallèle, des analyses hydrologiques ont été effectuées pour caractériser le régime actuel de la rivière Sainte-Marguerite, notamment durant les périodes biologiques considérées (section 3.7).

3.2 Détermination des paramètres de base

3.2.1 Espèces cibles et périodes biologiques critiques

Dans le cadre de la présente étude, les espèces cibles retenues pour les fins de l'analyse de disponibilité d'habitat sont l'omble de fontaine, le meunier rouge et le meunier noir. Les raisons justifiant ce choix sont les suivantes :

- Ces espèces ont des exigences particulières pour la reproduction, car elles recherchent les aires d'eaux vives peu profondes. Or, la vitesse et la profondeur dans ce type d'habitat peuvent varier considérablement selon que le débit augmente ou diminue. Ceci en fait des espèces vulnérables aux modifications de débits. C'est également vrai pour l'omble de fontaine lors de son alimentation.
- L'omble de fontaine présente un intérêt socioéconomique majeur pour les populations locales, tant autochtones que non autochtones.
- Les meuniers rouge et noir, bien qu'ils ne présentent pas un intérêt socioéconomique comparable à l'omble de fontaine, possèdent néanmoins une valeur écologique particulière en raison de leur grande abondance numérique dans la communauté présente, leur importance écologique dans la circulation des nutriments (White et coll., 2022) et parce qu'ils servent d'espèces fourragères aux poissons prédateurs.

Le calendrier biologique de ces espèces cibles a été établi à partir des informations recueillies au cours d'études antérieures et de relevés réalisés au cours de l'année 2024 dans le contexte de la présente ÉIE. Ainsi, on reconnaît quatre grandes périodes d'activités biologiques :

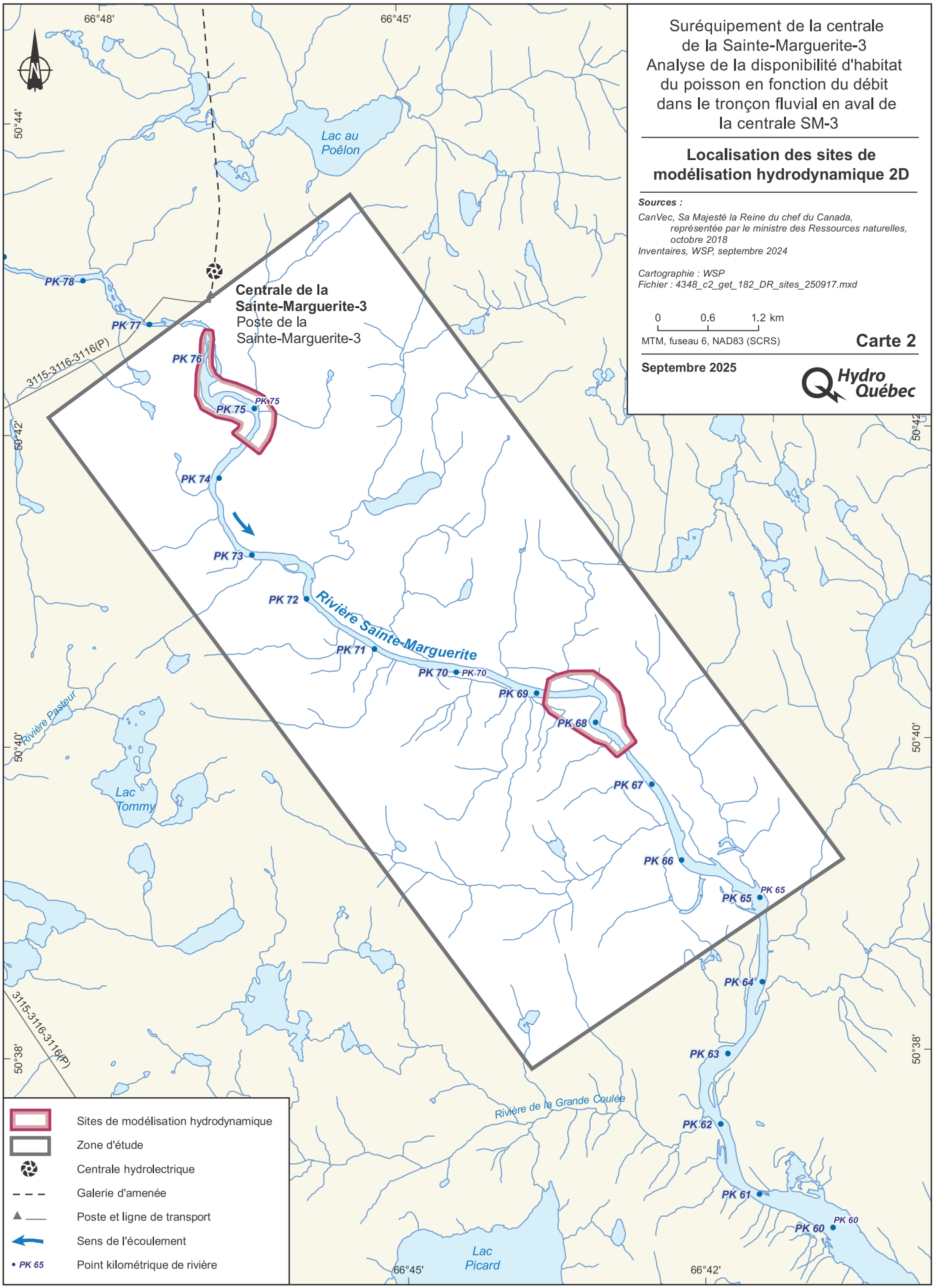
- la fraie printanière (20 mai au 5 juillet), qui correspond à la reproduction des meuniers (rouge et noir). Cette période comprend la migration des géniteurs vers les sites de fraie, les activités de reproduction proprement dites, de même que l'incubation des œufs et l'éclosion de ces derniers;
- l'alimentation (1er juillet au 14 septembre), qui correspond à la période de recherche de nourriture chez l'omble de fontaine (c'est également vrai pour l'ensemble des espèces de poissons présentes dans la zone d'étude);
- la fraie automnale (15 septembre au 31 octobre), qui correspond à la période de reproduction de l'omble de fontaine;
- l'incubation des œufs de l'omble de fontaine (1er novembre au 31 mai), qui englobe la période de développement embryonnaire, l'éclosion des œufs, la résorption du sac vitellin des alevins nouvellement éclos et l'émergence de ces derniers.

3.2.2 Sites d'étude

Les campagnes de relevés menées en 2024 dans le cadre de l'étude sectorielle au sujet des communautés de poissons et de leurs habitats, de même que les études antérieures, ont permis de brosser un portrait relativement détaillé de l'aire d'étude et de son utilisation par le poisson. L'analyse de l'ensemble des données disponibles (caractérisation des habitats, description de la communauté de poissons, recherche d'aires potentielles de fraie, localisation des frayères utilisées par les meuniers et les ombles de fontaine) a permis de sélectionner deux sites pour la modélisation 2D. Ces deux sites sont localisés respectivement aux PK 75,5 et 68,5 et ont une longueur d'environ 1,5 km (carte 2). Ils ont été choisis parce qu'ils représentent l'ensemble des habitats disponibles dans le tronçon fluvial étudié. Ils renferment une large gamme de faciès d'écoulement (chenaux lentiques et lotiques, seuils et fosses) et de substrat, et on y retrouve des frayères confirmées pour les meuniers et l'omble de fontaine (cartes 3 et 4).

Plus précisément, les caractéristiques relatives à chaque site et la justification de leur sélection sont les suivantes :

- Le site du PK 68,5 est considéré comme étant particulièrement représentatif du tronçon à l'étude, composée en majorité de zones de chenaux lotiques (omniprésents dans le tronçon et qui représentent plus de 55 % de sa superficie) et de seuils (21,3 % de la superficie du tronçon) qui sont surtout présents dans les secteurs de méandres.
- Le site du PK 75,5 a été sélectionné puisqu'il incorpore une plus grande diversité de faciès d'écoulement tels que des seuils, des chenaux lotiques et lentiques de même que des fosses. Ce site est caractérisé par plusieurs zones de hauts-fonds en périphérie de l'île, qui sépare son écoulement en deux chenaux. Le substrat de ces hauts-fonds comprend une fraction de gravier et de cailloux plus importante que dans l'ensemble du tronçon à l'étude. Plusieurs frayères potentielles de bonne qualité pour l'omble de fontaine y ont ainsi été trouvées lors des inventaires au terrain réalisés en 2024. La fraie a pu être confirmée sur plusieurs de celles-ci. En raison de ses caractéristiques morphologiques, le site du PK 75,5 est plus singulier et moins représentatif de l'ensemble du tronçon à l'étude. Ses caractéristiques le rendent aussi plus sensible aux variations de débit que le site du PK 68,5.



Suréquipement de la centrale de la Sainte-Marguerite-3
Analyse de la disponibilité d'habitat du poisson en fonction du débit dans le tronçon fluvial en aval de la centrale SM-3

Localisation des sites de modélisation hydrodynamique 2D

Sources :

CanVec, Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre des Ressources naturelles, octobre 2018
Inventaires, WSP, septembre 2024

Cartographie : WSP
Fichier : 4348_c2_get_182_DR_sites_250917.mxd

0 0.6 1.2 km
MTM, fuseau 6, NAD83 (SCRS)

Carte 2

Septembre 2025

Hydro Québec

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

Site de modélisation hydrodynamique

Frayères

F11 | SAFO — Frayère confirmée

F02 | CATO — Frayère potentielle

Espèce de poissons
SAFO : omble de fontaine
CATO : meuniers sp.

Numéro de frayère

Cours d'eau permanent

Cours d'eau intermittent

Sens de l'écoulement

50°42'30" 50°42'20" 50°42'10" 50°42'

66°46'20" 66°46'30" 66°46'40" 66°46'50" 66°47'

PK 75 PK 76

F26 | SAFO/CATO
F23 | SAFO
F22 | SAFO/CATO
F21 | SAFO/CATO
F20 | CATO
F24 | CATO
F19 | SAFO
F14 | SAFO
F15 | SAFO
F16 | SAFO/CATO
F18 | SAFO/CATO
F17 | CATO
F13 | SAFO
F12 | CATO
F11 | SAFO
F10 | SAFO/CATO
F09 | SAFO/CATO
F07 | CATO
F08 | SAFO
F06 | SAFO
F05 | SAFO
F04 | SAFO/CATO
F03 | SAFO
F01 | SAFO/CATO
F02 | CATO

Rivière Sainte-Marguerite

50°42'40" 50°42'30" 50°42'20" 50°42'10"

Suréquipement de la centrale
de la Sainte-Marguerite-3
Analyse de la disponibilité d'habitat du poisson
en fonction du débit dans le tronçon fluvial
en aval de la centrale SM-3

Site du PK 75,5 et localisation des frayères des espèces cibles

Sources :
Orthophoto, résolution 20 cm, Hydro-Québec, 2024
Orthophoto, résolution 4 cm, WSP, 2024

Inventaires et cartographie : WSP
Fichier : 4348_c3_get_183_DR_frayeres_pk75_5_250917.mxd

0 40 80 m
MTM, fuseau 6, NAD83 (SCRS)

Carte 3

Septembre 2025

Hydro Québec

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

Suréquipement de la centrale
de la Sainte-Marguerite-3
Analyse de la disponibilité d'habitat du poisson
en fonction du débit dans le tronçon fluvial
en aval de la centrale SM-3

Site du PK 68,5 et localisation des frayères des espèces cibles

Sources :
Orthophoto, résolution 20 cm, Hydro-Québec, 2024,
Orthophoto, résolution 4 cm, WSP, 2024

Inventaires et cartographie : WSP
Fichier : 4348_c4_get_184_DR_frayeres_pk68_5_250917.mxd

0 40 80 m
MTM, fuseau 6, NAD83 (SCRS)

Carte 4

Septembre 2025

Hydro Québec

66°43'30" 66°43'15" 66°43' 66°42'45"

50°40'15"

PK 69

Rivière Sainte-Marguerite

F37 | SAFO/CATO

PK 68

F40 | SAFO/CATO

50°40'

66°43'30" 66°43'15" 66°43' 66°42'45" 66°42'30"

Site de modélisation hydrodynamique

Frayères

F37 | CATO — Frayère potentielle
- Espèce de poissons
  - SAFO : omble de fontaine
  - CATO : meuniers sp.
- Numéro de frayère

Cours d'eau permanent

Cours d'eau intermittent

Sens de l'écoulement

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

3.3 Modélisation hydrodynamique

L'objectif principal de la modélisation hydrodynamique bidimensionnelle est de prédire localement, dans un domaine d'étude, la profondeur et la vitesse d'écoulement moyenne sur la verticale (c'est-à-dire dans la colonne d'eau) pour une gamme de débits, incluant ceux pour lesquels on ne possède pas de mesures de terrain.

Le logiciel HEC-RAS 2D version 6.6, développé par le *U.S. Army Corps of Engineers* (USACE, 2024a), a été utilisé pour la modélisation bidimensionnelle des écoulements dans les deux sites d'étude (PK 68,5 et 75,5). Les écoulements sont décrits à l'aide des équations de Saint-Venant, basées sur le principe de conservation de masse et de quantité de mouvement. HEC-RAS résout ces équations en utilisant la méthode des volumes finis qui est plus robuste et stable comparativement aux méthodes traditionnelles d'éléments finis ou encore de différences finies (USACE, 2024a). Ainsi, une discrétisation géométrique des domaines d'étude sous la forme d'un maillage irrégulier d'éléments polygonaux est nécessaire à l'établissement du modèle pour les zones bidimensionnelles de calcul. Un des principaux avantages de ce type de discrétisation réside dans la souplesse dont il permet de bénéficier, notamment au niveau de la densification locale du maillage (p. ex. on peut augmenter le maillage pour mieux représenter certaines zones des sites d'étude en raison de la présence de frayères).

Notons que deux zones unidimensionnelles ont également été incluses dans le modèle hydrodynamique pour connecter les deux sites d'étude 2D et couvrir la zone comprise entre le site aval (PK 68,5) et le réservoir de SM-2. De cette façon, l'ensemble du tronçon fluvial entre le canal de fuite de la centrale SM-3 (PK 76) et l'extrémité amont du réservoir SM-2 (PK 66) a été considéré dans la modélisation.

Les principaux éléments nécessaires à l'élaboration d'un modèle hydrodynamique sont la bathymétrie pour les zones bidimensionnelles, les profils bathymétriques pour les sections transversales pour les zones unidimensionnelles, la rugosité du substrat, de même que l'établissement de conditions aux frontières du modèle pour les deux sites de modélisation 2D. À l'aide de ces intrants, la modélisation peut être effectuée selon les quatre étapes principales qui sont décrites dans les sections suivantes, soit : 1) les relevés de terrain; 2) l'élaboration du modèle numérique de terrain et le maillage; 3) l'établissement des conditions aux frontières des domaines modélisés; et 4) l'étalonnage et la validation.

3.3.1 Relevés au terrain

Les relevés suivants ont été réalisés aux deux sites d'étude, afin d'acquérir les intrants nécessaires à la modélisation hydrodynamique 2D :

Relevés topographiques **:** Ceux-ci ont pour objectif de caractériser la morphologie du lit mineur (thalweg et zones profondes), du lit majeur (battures et hauts-fonds) et des talus en rive. Les relevés bathymétriques ont été effectués de préférence lors des périodes d'opération de la centrale, durant lesquelles le niveau d'eau était plus élevé, ce qui permettait de couvrir une plus grande surface en embarcation motorisée (les détails de la chronologie des campagnes sont indiqués au tableau 2). Dans les zones profondes, la topographie a été réalisée à l'aide d'un échosondeur monofaisceau couplé à un GPS RTK, le tout monté sur une embarcation motorisée. Le couplage des données bathymétriques et des positions géoréférencées est fait à l'aide du logiciel Hypack.

Dans les zones peu profondes ou dans les secteurs dans lesquels l'écoulement est plus rapide et turbulent, les relevés ont été réalisés par un kayakiste qui tractait un dispositif Hydroball®. Cet instrument de levés bathymétriques intègre un échosondeur monofaisceau, une station inertielle ainsi qu'un GPS RTK pour le positionnement.

Finalement, un relevé de topographie a été réalisé à l'aide d'un drone équipé d'un capteur Lidar. Le positionnement géographique était obtenu par un GPS RTK. La centrale SM-3 était en arrêt au moment de ce relevé, afin de pouvoir profiter d'un niveau d'eau très bas qui permettait de relever de très grandes zones exondées du lit de la rivière. Toutes les données topographiques acquises à l'aide des différentes méthodes ont été assemblées afin de monter un modèle numérique de terrain qui a été utilisé pour la modélisation hydrodynamique.

Relevés du substrat : *C*eux-ci visent à caractériser la nature et la répartition des zones homogènes de substrat (ou de sédiments) à l'intérieur des sites. Ils servent à préciser le paramètre de frottement (« n » de Manning) de l'écoulement fluvial sur le lit de la rivière. Les relevés ont d'abord débuté par une reconnaissance au terrain à des moments où la centrale était en arrêt et où une grande portion du lit de la rivière était exondée. Les zones homogènes de substrat ont été délimitées à l'aide d'un GPS et le pourcentage de recouvrement de chaque classe granulométrique à l'intérieur de ces zones était établi en utilisant la classification donnée au tableau 3. Par la suite, le contour des zones homogènes a été précisé à l'aide des orthophotographies acquises lors du survol de drone. Finalement, la granulométrie des frayères de meuniers et d'ombles de fontaine a été précisée lors des campagnes menées au cours de la fraie de ces espèces au printemps et à l'automne 2024.

Tableau 2 Description sommaire des campagnes de relevés de terrain menées en 2024 pour l'étude de la disponibilité de l'habitat du poisson dans le tronçon fluvial à l'aval de la centrale SM-3

Dates des campagnes		Conditions au site		Objectifs et méthodes de relevé
		Description	Débit (m^3/s)	
Mai	11 au 16	Apports naturels uniquement et niveau d'eau bas[1]	23 - 26	– Identification et caractérisation des frayères potentielles pour les meuniers et l'omble de fontaine
	21 au 26	Crue printanière des tributaires et augmentation du débit turbiné	22 - 143	– Relevés de ligne d'eau, de bathymétrie longitudinale et transversale et jaugeage du débit – Relevés bathymétriques multifaisceaux du canal de fuite en aval de la centrale SM-3
Juin	17 au 21	Débit écologique estival	73 - 279	– Pêches à l'aide de filets de dérive pour confirmer la fraie des meuniers – Caractérisation des frayères à meuniers – Relevé topographique LiDAR à l'aide d'un drone
Juillet	25 au 27		93 - 266	– Relevés de ligne d'eau, de bathymétrie longitudinale et jaugeage du débit – Relevés bathymétriques et de vitesse d'écoulement sur les deux sites de modélisation 2D
Octobre	21 au 24	Apports naturels uniquement et niveau d'eau bas[1]	7,7 - 11,4	– Pêches pour identifier les zones de plus grande abondance et de reproduction d'omble de fontaine et identifier leur stade de maturité – Plongée en apnée pour localiser des œufs et confirmer l'utilisation de frayères à omble de fontaine – Caractérisation des frayères à omble de fontaine – Relevé topographique LiDAR à l'aide d'un drone, spécifiquement sur les sites de modélisation 2D

Note : [1] Centrale à l'arrêt

Tableau 3 Classification granulométrique utilisée lors de la caractérisation du substrat

Classe granulométrique	Code	Diamètre (mm)
Roc[1]	R	-
Gros bloc[1]	Bx	>500
Bloc[1]	B	250 à 500
Galet[1]	G	80 à 250
Caillou[1]	C	40 à 80
Gravier[1]	V	5 à 40
Sable[2]	S	0,125 à 5
Silt/Limon[2]	L	0,004 à 0,125
Argile[2]	A	<0,004

Notes : [1] Selon Boudreault (1984)
[2] Selon Driscoll (1986)

Relevés hydrométriques : **D**ivers relevés hydrométriques ont été réalisés aux deux sites afin d'établir les conditions à leurs limites aval et de procéder à l'étalonnage et la validation des modèles hydrodynamiques. Des profils de ligne d'eau ont été effectués à chaque site et, dans la mesure du possible, un profil était fait sur chaque rive. Simultanément à la réalisation des profils de la ligne d'eau, le débit de la rivière a été jaugé à l'aide d'un profileur acoustique à effet Doppler (ADCP). Certains relevés bathymétriques transversaux ont également été réalisés afin de complémenter ceux effectués par HQ (Hydro-Québec, 2001).

***Appréciation des écoulements* :** Celle-ci a été réalisée par l'étude des orthophotos acquises par le survol de drone aux deux sites modélisés. En consultant les données de débits enregistrées par la station hydrométrique localisée immédiatement en aval de la centrale (au PK 75), le débit précis aux moments des captures d'images par le drone a pu être déterminé. Le niveau d'eau et l'écoulement observés pour ces débits ont donc permis d'obtenir un portrait « *a priori* » des conditions d'écoulement et de prévalider rapidement les résultats préliminaires du modèle.

***Mesures de vitesse d'écoulement* :** Celles-ci ont été prises à l'aide d'un ADCP sur des transects qui couvraient de façon très détaillée l'ensemble de chacun des deux sites. Des mesures de vitesses ont aussi été prises à l'aide d'un courantomètre électromagnétique sur les frayères d'omble de fontaine et de meuniers.

3.3.2 Modèle numérique de terrain et maillage

La topographie des deux sites d'étude provient tout d'abord des feuillets de données LiDAR fournis par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs[1] (MFFP, 2022). Les deux tuiles LiDAR utilisées, *22J10NE* et *22J10NO*, ont été combinées afin de générer un modèle numérique de terrain (MNT) servant de base aux travaux de modélisation aux deux sites d'étude (annexes A et B). Le détail des relevés additionnels utilisés pour la modification du MNT est présenté au tableau 2. Tout d'abord, le modèle numérique de terrain a été modifié localement en intégrant les données prises par des survols de drone équipé d'un capteur LiDAR en condition de faible débit le 22 octobre 2024. Cela permettait d'obtenir une topographie encore plus détaillée des deux sites d'intérêt. Ensuite, des relevés bathymétriques, effectués à l'aide d'un échosondeur monofaisceau à des moments où le niveau d'eau était élevé, ont fourni des données de topographie qui atteignaient ou étaient superposées aux données LiDAR du lit exondé.

[1] À la suite de la nomination du nouveau conseil des ministres en octobre 2022, le secteur des Forêts relève désormais du ministère des Ressources naturelles et des Forêts (MRNF) alors que les secteurs de la Faune et des Parcs relèvent du ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP).

Des relevés bathymétriques par sondeur multifaisceau ont également été réalisés au sein du canal de fuite en aval de SM-3. Cette section du domaine d'étude a également été ajoutée au modèle numérique de terrain pour étendre le domaine suffisamment loin en amont des premières frayères d'intérêt pour assurer des résultats fiables et précis. Ces modifications du modèle numérique de terrain sont réalisées par une interpolation linéaire entre les divers points bathymétriques issus des relevés.

Le maillage est d'abord établi en couvrant les domaines de modélisation 2D d'éléments de forme quadrilatérale qui sont alignés de manière à suivre la direction principale de l'écoulement, ce qui assure une meilleure précision en ce qui a trait aux résultats hydrodynamiques calculés. Ce type d'élément est simple à implémenter au sein d'un maillage et est peu coûteux en termes de ressource numérique de calcul. Les domaines modélisés subissent ensuite une discrétisation (c'est-à-dire un découpage fin) en de nombreux éléments (petites unités) de forme polygonale et de dimensions variables. Il en résulte un maillage dont la densité est variable selon la configuration bathymétrique locale, la complexité des écoulements et la présence de zones d'intérêt biologique, en l'occurrence des frayères confirmées et potentielles (annexes C et D). Le maillage a ainsi été densifié sur trois zones au site du PK 68,5 et sur quatre zones au site du PK 75,5.

Pour certaines zones de frayères (confirmées ou potentielles) qui présentent une forme plutôt irrégulière avec un écoulement qui peut changer de direction à plusieurs endroits, un autre type de configuration a été considéré pour le maillage, soit des éléments de type hexagonal. Dans de tels cas, ceux-ci sont plus appropriés, car ils offrent une plus grande flexibilité et permettent d'obtenir une meilleure uniformité dans le maillage. En contrepartie, le coût de calcul associé à ce type d'éléments étant plus élevé, son application a été limitée à trois zones spécifiques des domaines modélisés, soit une au site du PK 75,5 et deux au site du PK 68,5.

Chaque centre des éléments de calcul polygonaux constitue un point de calcul et est appelé un nœud. À tous les nœuds, l'élévation du lit est fournie par le MNT et un coefficient de friction est attribué en fonction de la nature du substrat observé à cet endroit. Puis, le logiciel y calcule la vitesse d'écoulement moyenne, la profondeur d'eau moyenne et l'élévation moyenne de la surface libre en fonction des conditions imposées aux frontières. Le logiciel calcule également le flux de masse d'eau et le flux de quantité de mouvement entre les cellules afin de pouvoir calculer les quantités principales précédentes au centre des cellules. Selon la méthode des volumes finis, ces flux sont calculés à chaque face des éléments pour assurer une modélisation précise de l'écoulement d'eau. Les maillages bidimensionnels des sites PK 68,5 et 75,5 sont respectivement composés de 30 353 et 25 506 éléments d'une taille de 5 m. Dans le cas du site PK 75,5, le maillage a été densifié (éléments au 2,5 m plutôt qu'au 5 m) aux endroits où des zones de fraie ont été répertoriées. Il en a été de même pour le site du PK 68,5.

Comme mentionné plus haut, en plus des maillages 2D incorporés au sein du modèle, deux zones unidimensionnelles basées essentiellement sur des relevés bathymétriques transversaux provenant d'HQ (Hydro-Québec, 2001) ont été incluses dans le modèle. Les sections transversales associées à ces relevés sont réparties le long de la rivière Sainte-Marguerite à un intervalle moyen de 300 m. Dans HEC-RAS, les sections transversales 1D sont utilisées pour représenter la géométrie du cours d'eau et de ses plaines inondables d'une manière simplifiée. Ces zones requièrent un temps de calcul largement inférieur à celui des zones 2D et ne nécessitent pas une bathymétrie complète et détaillée du lit d'écoulement, ce qui justifie pourquoi l'utilisation de sections 1D a été préconisée pour la zone tampon entre le PK 68,5 et le PK 75 où il n'y a pas de régions d'analyse d'intérêt. Cette région du modèle contient 21 sections transversales et permet de transférer l'information entre les deux zones de calcul 2D. Une autre zone unidimensionnelle située à l'aval du PK 68,5 contenant neuf sections transversales permet de transférer l'information du niveau d'eau imposé du réservoir SM-2 au reste du modèle en amont.

3.3.3 Conditions aux frontières des sites modélisés

Les conditions imposées aux frontières amont et aval des sites modélisés sont respectivement le débit et le niveau d'eau. Le débit imposé à l'amont est celui que l'on veut simuler. Il est important que l'endroit où cette condition limite est imposée soit suffisamment loin du domaine d'étude où les frayères se situent afin de ne pas affecter les résultats obtenus. Effectivement, l'écoulement adjacent à la condition limite nécessite une certaine distance avant de se développer complètement et d'atteindre un régime représentatif des véritables conditions hydrauliques se trouvant dans la rivière. La bathymétrie du canal juste en aval de la conduite forcée sortant de SM-3 a ainsi été incluse afin de pouvoir imposer la condition limite de débit à cet endroit. Cet ajout a permis à l'écoulement de se diffuser de manière réaliste au sein du canal pour finalement atteindre la région d'étude du PK 75. Pour ce qui est du niveau d'eau, celui-ci est imposé à l'aval du modèle à la dernière section transversale 1D issue d'un relevé bathymétrique à cet endroit. Ce niveau d'eau correspond à celui du réservoir SM-2 qui est maintenu à une valeur constante de 57,6 m.

3.3.4 Étalonnage et validation

Trois composantes font l'objet d'un étalonnage et d'une validation : le coefficient de frottement (selon le substrat), la turbulence des écoulements et le maillage du modèle.

Coefficient de frottement

Le principal paramètre du modèle hydrodynamique permettant de faire son étalonnage est le coefficient de frottement (« n » de Manning), qui traduit l'effet du substrat sur l'écoulement et qui apparaît dans les équations de Saint-Venant. Des valeurs composites de Manning (n) ont été fixées pour représenter la rugosité hydraulique du fond du lit de la rivière et de la rugosité des berges. Dans le cas présent, un coefficient de Manning de 0,035 a été utilisé pour le lit de la rivière au sein de la zone 2D du site du PK 75,5 et de 0,030 au site du PK 68. Pour les zones 1D, un coefficient de 0,030 a été sélectionné pour l'ensemble des sections transversales entre le PK 68 et PK 75,5, alors qu'un coefficient de 0,035 a été choisi pour les coupes en aval du PK 75,5. Pour ce qui est des berges, une valeur de 0,07 a été imposée pour l'ensemble du modèle. Ces valeurs de base ont été déterminées selon les tables provenant du manuel de référence hydraulique de HEC-RAS (USACE, 2024b). Par la suite, un étalonnage a été réalisé en utilisant un débit donné de 23,2 m^3/s, soit le débit mesuré au terrain le 23 mai 2024. Lors de ce jaugeage effectué à l'aide d'un ADCP au PK 76, l'élévation géodésique du niveau d'eau a aussi été mesurée à l'aide d'un GPS RTK sur l'ensemble du tronçon à l'étude; cette mesure est appelée ligne d'eau. L'étalonnage était par la suite réalisé en faisant varier successivement la valeur du coefficient de Manning jusqu'à l'obtention d'une concordance satisfaisant entre les conditions d'écoulement observées et mesurées sur le terrain (débit vs niveau) et les résultats des simulations hydrodynamiques. Les figures 1 et 2 montrent les résultats de cet étalonnage pour les deux sites modélisés.

Tel qu'observé, les trois lignes de niveau d'eau obtenues en faisant varier le coefficient de Manning des deux sites concordent assez bien avec la ligne d'eau mesurée sur le terrain. On constate que pour les différents points le long du chainage, un ou l'autre des trois coefficients de Manning peut donner lieu à un résultat se rapprochant des données de terrain. Toutefois, de façon générale, les données indiquent que la courbe rouge associée avec les coefficients de Manning retenus de 0,035 (PK 75,5) et 0,030 (PK 68) est celle qui colle le mieux aux observations de terrain.

À la suite de l'étalonnage réalisé pour établir les coefficients de friction retenus, une dernière validation des niveaux d'eau calculés à l'aide de données provenant d'un débit simulé supérieur, soit de 125,28 m^3/s, a été réalisée. Les figures 3 et 4 présentent les niveaux d'eau obtenus à ce débit aux deux sites d'étude avec les coefficients de Manning retenus.

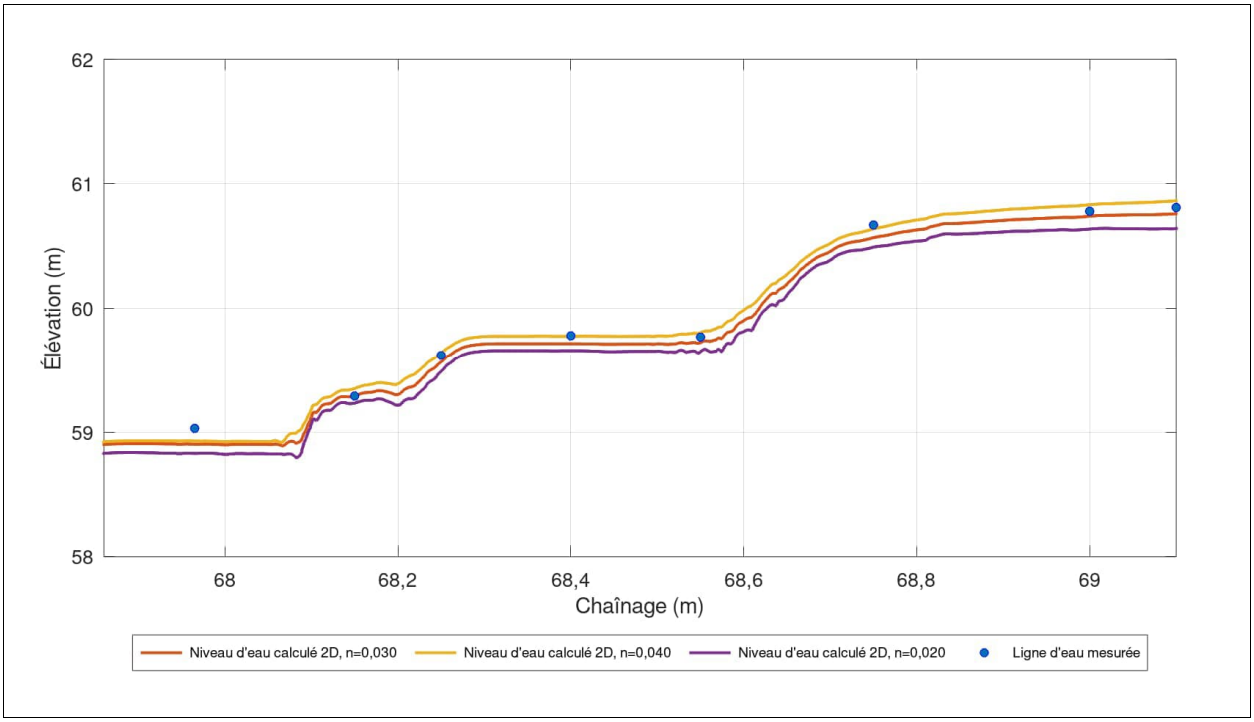


Figure 1 **Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 68,5 pour différents coefficients de Manning au débit mesuré au terrain de 23,2 m³/s**

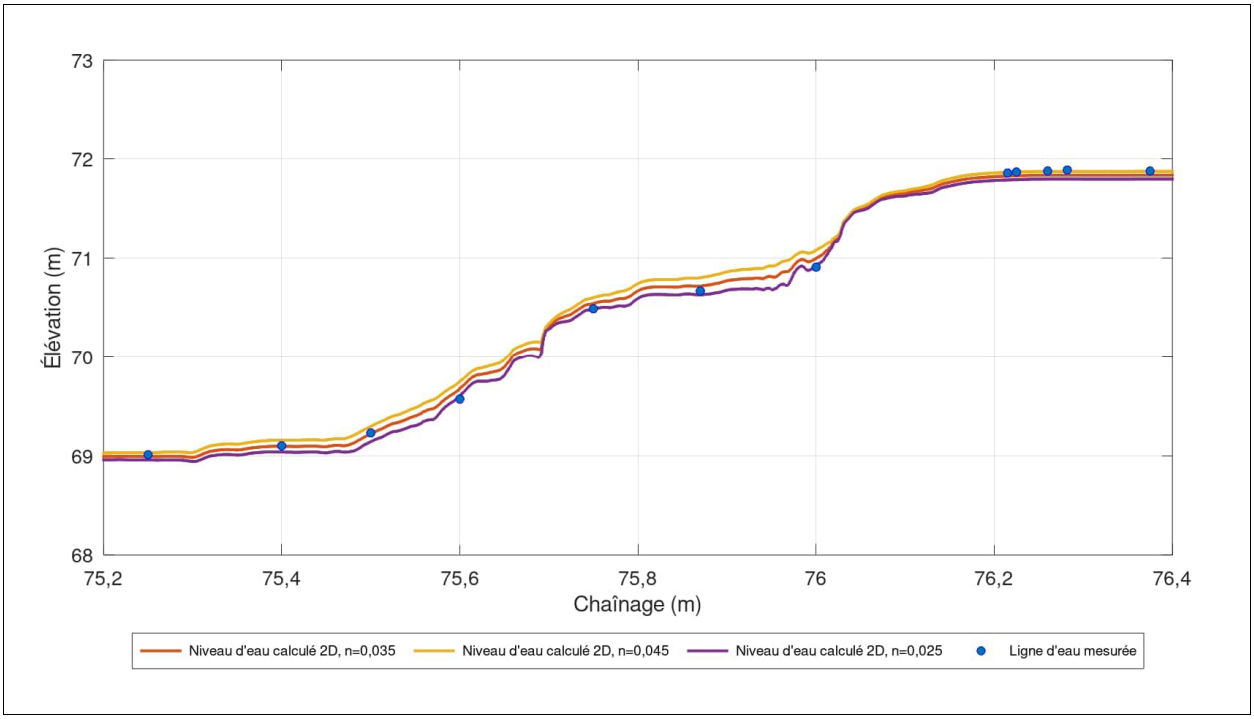


Figure 2 **Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 75,5 pour différents coefficients de Manning au débit mesuré au terrain de 23,2 m³/s**

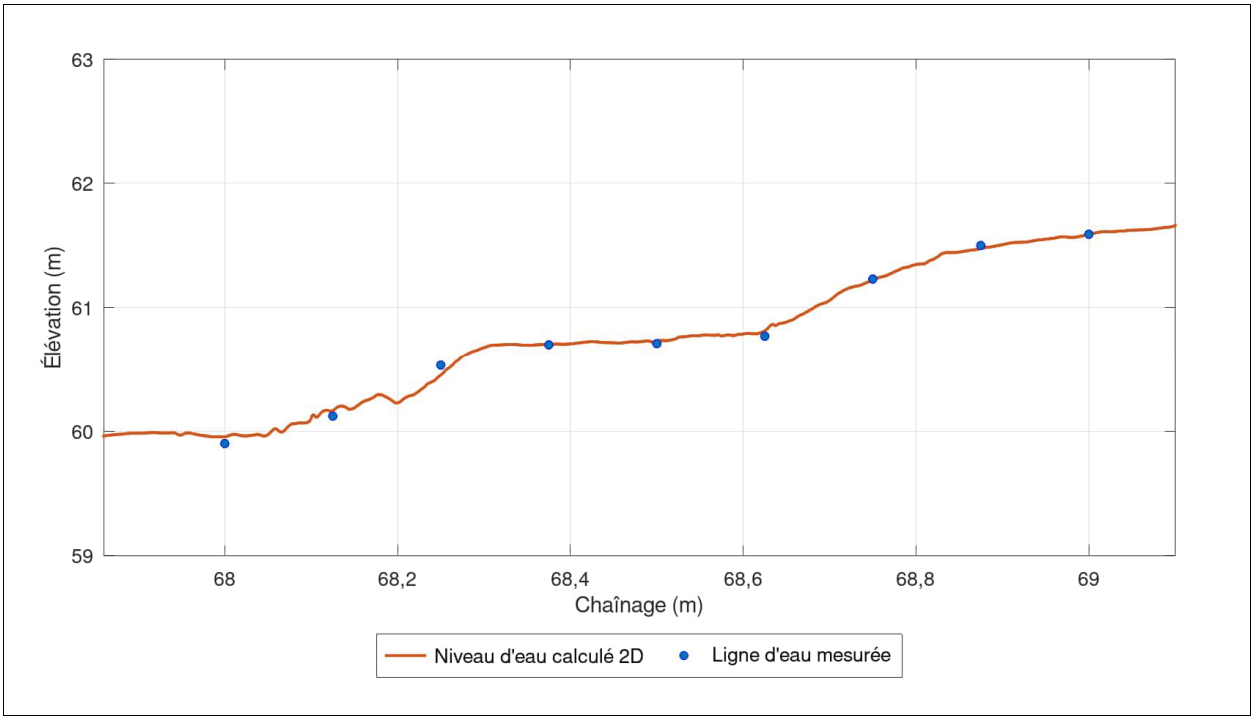


Figure 3 **Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 68 pour un coefficient de Manning de 0,030 et un débit de 125,28 m³/s**

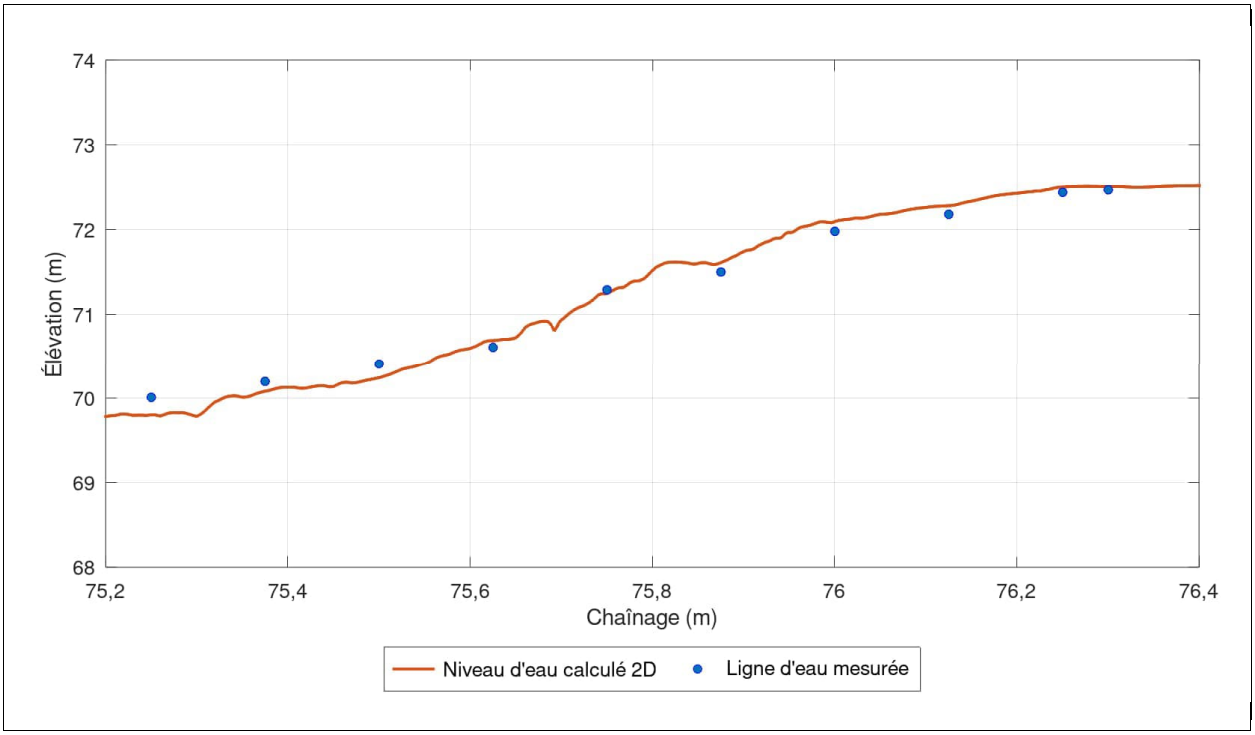


Figure 4 **Comparaison des niveaux d'eau mesurés et calculés par le modèle 2D au site du PK 75 pour un coefficient de Manning de 0,035 et un débit de 125,28 m³/s**

L'examen de ces deux figures permet de conclure que les niveaux d'eau calculés par les modèles concordent assez bien avec la ligne d'eau mesurée sur le terrain pour les deux sites. À la lumière de cette validation, les paramètres de coefficient de friction mentionné ci-haut ont donc été retenus pour le reste de l'étude pour l'entièreté des débits simulés.

Turbulence

Un modèle de turbulence a été incorporé dans le modèle hydrodynamique dans le but de calibrer le champ de vitesse obtenu avec des profils de vitesse transversaux mesurés sur le terrain à l'aide de l'outil *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP). En effet, l'écoulement dans les deux études est de type turbulent et les données de terrain montraient des profils de vitesse plus uniformes que ceux prédits par les simulations sans modèle de turbulence. L'inclusion de ce phénomène dans le modèle augmentait l'effet diffusif de l'écoulement, ce qui atténuait les gradients de vitesse et permettait d'obtenir des résultats similaires aux mesures faites par l'ADCP. Le modèle de turbulence dit « conservateur » offert par le logiciel a été retenu, car il conserve la masse et le momentum et est donc plus précis numériquement. Les paramètres du modèle turbulence ont été fixés à une valeur de $D_L = 1$ pour le coefficient longitudinal et de $D_T = 0.3$ pour le coefficient transversal de mélange. Le choix de ces deux coefficients a été réalisé selon le manuel de référence hydraulique de HEC-RAS (USACE, 2024b). Ils dépendent essentiellement de la géométrie du cours d'eau et du type de granulométrie de la rivière. Ces coefficients déterminent directement l'intensité de la turbulence au sein du modèle et devaient être choisis judicieusement afin de ne pas surdiffuser le champ de vitesse et impliquer un brassage trop important de l'écoulement. Le dernier paramètre de turbulence est le coefficient de Smagorinsky, qui a été fixé à une valeur $C_S = 0{,}12$. Celui-ci permettait de raffiner le niveau de turbulence qui dépend directement de la résolution du maillage choisi. Cette valeur était appropriée pour le maillage retenu avec des éléments de 2,5 à 5 m.

Les figures 5 et 6 présentent les résultats de l'étalonnage de la turbulence pour les deux sites modélisés. Les points bleus représentent les vitesses mesurées sur le terrain par l'ADCP à un certain débit, tandis que les trois courbes montrent les résultats des simulations selon différents régimes d'écoulement à ce même débit. Ces régimes incluent un écoulement laminaire sans modèle de turbulence, un écoulement avec turbulence modérée ($D_L = 1$, $D_T = 0.3$, $C_S = 0{,}12$), et un écoulement fortement turbulent ($D_L = 3$, $D_T = 1$, $C_S = 0{,}20$).

L'inclusion de la turbulence tend bel et bien à uniformiser la distribution de vitesse à travers le brassage du fluide. Les profils de vitesse laminaires montrent des vitesses plus élevées au centre de la section de rivière, tandis que les vitesses près des berges sont souvent éloignées des valeurs attendues. L'ajout de turbulence améliore la distribution en rapprochant les vitesses calculées des valeurs attendues aux extrémités de la section transversale. Cependant, une turbulence excessive éloigne les vitesses au centre de l'écoulement des valeurs attendues. Ainsi, bien que la turbulence soit essentielle pour obtenir des profils de vitesse plus uniformes et représentatifs d'un écoulement réel, il est crucial d'utiliser des valeurs modérées, calibrées selon les caractéristiques du site. Les paramètres de turbulence ($D_L = 1$, $D_T = 0.3$, $C_S = 0{,}12$) sont donc retenus pour le reste de l'étude pour tous les débits simulés.

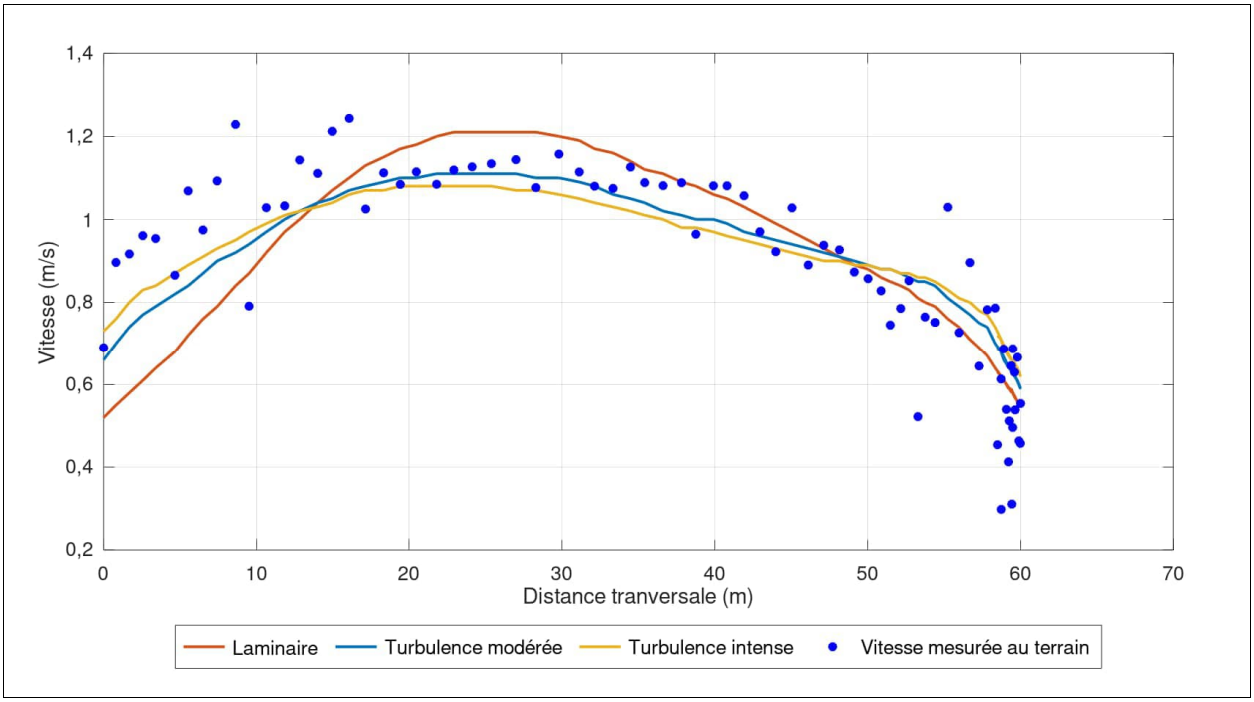


Figure 5 **Comparaison des profils de vitesse au site du PK 68,5 pour différents régimes d'écoulement au débit de 120,5 m³/s**

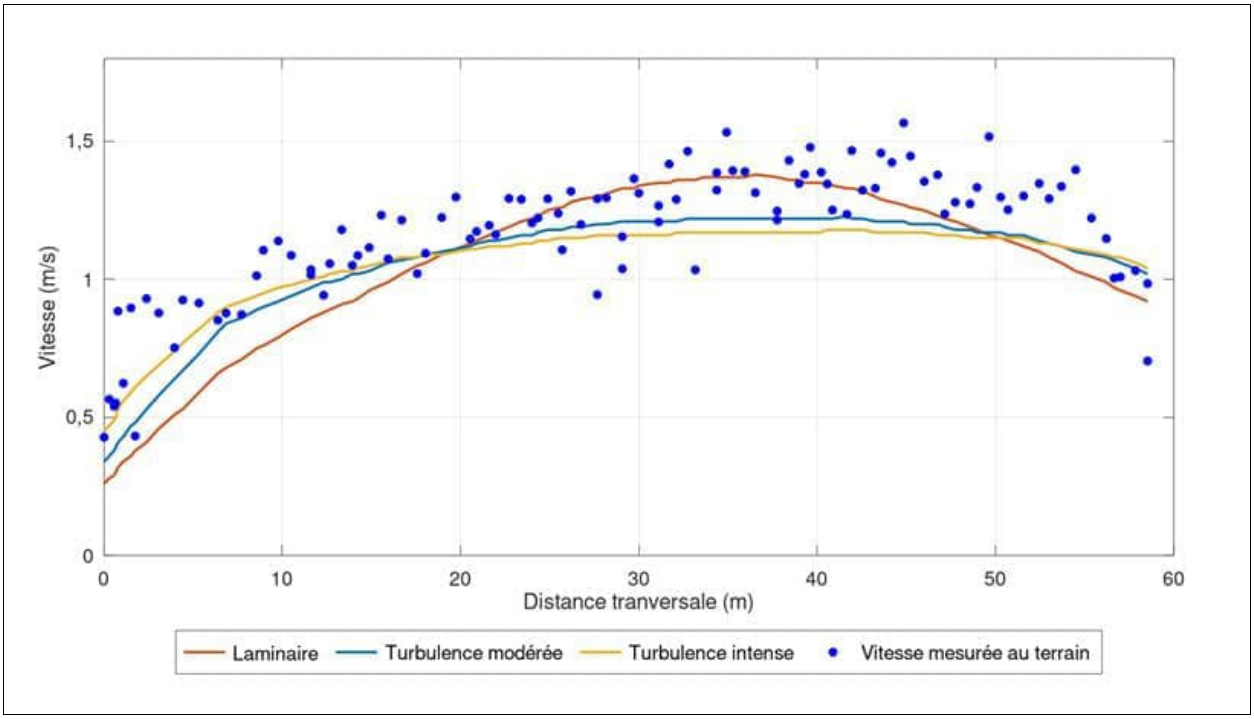


Figure 6 **Comparaison des profils de vitesse au site du PK 75,5 pour différents régimes d'écoulement au débit de 249 m³/s**

Maillage

Une analyse d'indépendance du maillage et du pas de temps a été réalisée afin d'assurer une bonne résolution de l'écoulement dans le modèle hydrodynamique. Effectivement, les caractéristiques de l'écoulement, comme le niveau d'eau et les vitesses mesurées, ne doivent pas changer (ou le moins possible) en considérant un maillage plus fin. Si ce n'est pas le cas, le maillage de base est donc jugé comme inadéquat et ne peut être retenu pour l'étude. La procédure retenue a donc consisté à créer trois maillages avec un degré de raffinement (c'est-à-dire la densité) qui était modifié d'un facteur de 2 successivement (soit des cellules de 2,5 m, 5,0 m et 10,0 m) et à analyser l'impact sur les simulations d'habitats. En plus du raffinement du maillage, il était également nécessaire d'ajuster le pas de temps de calcul modifié d'un même facteur d'un maillage à l'autre, pour maintenir une bonne stabilité et précision lors des simulations.

Afin de statuer sur la qualité des trois maillages testés, des calculs d'APU (c'est-à-dire des aires pondérées utiles; cette notion sera présentée plus en détail à la section 3.5) ont été effectués pour chacun d'eux en utilisant le modèle de reproduction de l'omble de fontaine. Ces calculs ont été réalisés pour un débit de 211 m^3/s, une valeur relativement élevée afin que plus de cellules (ou d'éléments) du maillage soient « mouillées » et participent à ces calculs. Le tableau 4 présente les résultats de ce test. Il en ressort que la quantité d'APU diffère de manière non négligeable selon le degré de raffinement des maillages. L'écart relatif d'un maillage à l'autre (en débutant par le plus grossier) diminue à mesure que le nombre de cellules augmente. Il se situe entre 2 et 4 % entre les maillages moyen et grossier et est moins de 2 % entre les maillages fin et moyen.

Pour les fins de la modélisation, le maillage moyen a été retenu, car il s'agit du meilleur compromis entre la densité du maillage et du niveau d'effort de calcul. En effet, le maillage fin possède quatre fois plus de cellules que le maillage moyen, ce qui implique un temps de calcul beaucoup plus important. De plus, il n'amène qu'une variation d'APU de 2 % par rapport au maillage moyen. Par ailleurs, mentionnons que pour assurer la stabilité du modèle lors des simulations, le pas de temps retenu associé au maillage retenu lors des simulations d'habitats a été de 0,80 seconde.

Tableau 4 Analyse d'indépendance de maillage et de pas de temps

Maillage		Grossier	Moyen	Fin
Paramètres de base	Taille de base des cellules 2D (m)	10	5	2,5
	Pas de temps (s)	1,60	0,80	0,40
Site du PK 75,5	Nombre de cellules	6 507	25 506	101 931
	Quantité d'APU	28 154	27 544	28 011
	Écart absolu relatif des APU[1]	-	2,17 %	1,70 %
Site du PK 68,5	Nombre de cellules	7 652	30 353	121 412
	Quantité d'APU	13 328	12 714	12 732
	Écart absolu relatif des APU[1]	-	4,60 %	0,14 %

Note : [1] Par rapport à l'APU du maillage avec degré de raffinement précédent

Une dernière vérification concernait les relevés bathymétriques utilisés pour les sections transversales des zones 1D du modèle. Ces données, issues de l'étude hydraulique du bief SM-2-SM-3 réalisée par HQ (Hydro-Québec, 2001), pourraient être obsolètes en raison de l'érosion qui aurait pu modifier le lit de la rivière au fil des années. En révisant les caractéristiques du tronçon à l'étude (PK 76 à PK 66), le substrat qu'on y retrouve est surtout composé de gros galets et de petits blocs qui étaient capables de soutenir des débits importants avant la réalisation de l'aménagement de SM-3. Depuis la construction de ces installations, les débits évacués par SM-3 sont inférieurs à ceux retrouvés en conditions naturelles, suggérant que le lit de la rivière n'a pas été altéré depuis. Cette hypothèse a été vérifiée en comparant les relevés bathymétriques de 2001 avec ceux réalisés par WSP en 2023.

Bien que ces derniers relevés ne couvrent pas tout le tronçon à l'étude, ils ont permis de confirmer que la topographie de la rivière n'avait pas été altérée entre 2001 et 2023. Ainsi, les relevés bathymétriques de 2001 ont été jugés valides pour définir les sections unidimensionnelles du modèle hydraulique. Ces dernières ont été complémentées par quelques sections issues de la campagne de relevés réalisée par WSP en mai 2024 (WSP, 2024), pour mieux caractériser les conditions d'écoulement.

3.4 Modèles d'habitat

Un modèle d'habitat consiste en une représentation mathématique des exigences (ou préférences) d'une espèce quant à son habitat au cours d'une phase particulière de son cycle vital. Les préférences d'habitat peuvent s'exprimer par le biais d'indices spécifiques, I_s, qui varient de 0 à 1 (0 étant la valeur minimale attribuable à une gamme de conditions données, 1 étant la valeur maximale) en fonction des diverses variables physiques considérées. La représentation graphique de ces indices prend souvent la forme d'une courbe plus ou moins en forme de cloche.

Il y a autant d'indices spécifiques que de variables considérées, celles-ci étant au nombre de trois, soit la vitesse d'écoulement, la profondeur et le substrat. Ces variables sont parmi les plus déterminantes pour les poissons dans le choix de leur habitat et il s'agit des plus sensibles à une modification du débit. Un indice global de qualité d'habitat est obtenu en effectuant la moyenne géométrique des indices spécifiques :

$$I_g = (I_v \times I_p \times I_s)^{1/3}$$

où :

I_g	=	indice global
I_v	=	indice spécifique de la vitesse
I_p	=	indice spécifique pour la profondeur
I_s	=	indice spécifique pour le substrat

Pour le substrat, le calcul de l'indice spécifique tient compte de la proportion relative de chaque classe granulométrique présente. Ainsi, cet indice s'obtient de la façon suivante :

$$I_s = \Sigma\ (I_c \times \%C)$$

où :

I_s	=	indice spécifique du substrat
I_c	=	indice associé à chaque classe de substrat
%C	=	pourcentage de recouvrement de cette classe

Dans le cadre de cette étude, il n'était pas prévu de procéder à des relevés au terrain pour élaborer des modèles d'habitat pour les espèces cibles. Il a plutôt été convenu de faire une brève revue de la documentation scientifique et de choisir et, au besoin, d'adapter les modèles disponibles. Les sections suivantes donnent les détails sur le choix des modèles d'habitats.

3.4.1 Fraie printanière (espèces cibles : les meuniers)

Il existe peu de modèles d'habitat de reproduction des meuniers disponibles dans la documentation scientifique. La revue que nous avons effectuée a d'abord fait ressortir les modèles proposés par le *Fish and Wildlife Service* (FSW) du *Department of Interior* des États-Unis.

Il s'agit des modèles élaborés par Edwards (1983) pour le meunier rouge et par Twomey et coll. (1984) pour le meunier noir. Ces modèles, qui datent de 40 ans, sont basés sur des avis d'experts et une revue des connaissances sur les exigences d'habitat des deux espèces de meuniers. Ils ne reposent pas sur des relevés au terrain.

Dans ce contexte, il nous a paru plus pertinent d'utiliser le modèle développé par GENIVAR (2004) pour les meuniers (rouges et noirs) de la rivière Rupert, dans le cadre de l'ÉIE du projet des centrales de l'Eastmain-1-A et de la Sarcelle et dérivation Rupert (annexe E). Ce modèle, qui a été élaboré à partir d'un grand ensemble de données recueillies au terrain, englobe trois espèces, soit le meunier rouge, le meunier noir et le doré jaune. Ces trois espèces partagent souvent les mêmes frayères en rivière et ont, de ce fait, des exigences très similaires quant à leurs habitats de reproduction. Les trois espèces ont pu être jumelées à la suite d'une analyse statistique montrant l'absence de différence significative dans l'utilisation de l'habitat. C'est pourquoi ce modèle provenant de la Rupert s'appelle celui de la guilde printanière.

Lors de l'élaboration de ce modèle, les auteurs ont appliqué la technique dite des limites de tolérance non paramétrique (LTNP) développée par Gosse (1982, *in* Bovee, 1986). Cette technique est recommandée par Bovee (1986) pour les échantillons présentant une distribution unimodale. Le terme « limite de tolérance » fait référence à une limite statistique qui définit la plage dans laquelle un certain pourcentage de points de données d'une population est censé se situer. Plus précisément, les limites de tolérance sont calculées à l'aide d'intervalles de confiance, qui estiment la plage de valeurs susceptible de contenir une proportion spécifiée de la population. Par exemple, si une limite de tolérance est fixée à 95 %, cela indique que 95 % des points de données de la population devraient se situer dans cette limite. Cette approche statistique fait en sorte que les modèles développés sont plus conservateurs, au sens où ils sont plus englobants (ils incluent une plus grande gamme de conditions de vitesses de profondeur et de substrat que les courbes de préférence tracées à partir des données brutes).

3.4.2 Alimentation estivale et fraie automnale (espèce cible : l'omble de fontaine)

Partout dans son aire de répartition, l'omble de fontaine est l'une des espèces de poisson les plus valorisées au plan socioéconomique. C'est également une espèce dont la biologie a fait l'objet de nombreuses études. Ses exigences quant à la qualité de l'eau qu'elle recherche et aux caractéristiques des habitats qu'elle fréquente sont bien connues.

Malgré cela, la revue de la documentation scientifique réalisée dans le cadre du présent mandat a montré qu'il existait peu de descriptions quantitatives ou mathématiques de ses exigences d'habitat, tant pour l'alimentation que pour la reproduction. De plus, les modèles recensés proviennent pour la plupart de la littérature dite « grise », c'est-à-dire des comptes rendus d'ateliers ou de colloques ainsi que des rapports techniques de consultants ou d'agences gouvernementales. Comme il y avait peu de modèles pour l'omble de fontaine, la recherche documentaire a été étendue à la truite brune (*Salmo trutta*), une espèce ayant une biologie similaire et qui fréquente les mêmes types d'habitats.

Au terme de la revue documentaire, qui n'avait pas la prétention d'être exhaustive, nous avons jugé que l'information de base la plus appropriée pour la présente étude était les modèles d'habitats de reproduction et d'alimentation développés par le Groupe-conseil GENIVAR (2002) pour l'omble de fontaine de la rivière Pikauba, dans le cadre du projet de régularisation du lac Kénogami.

La rivière Pikauba est située dans la réserve faunique des Laurentides. Elle se jette dans la rivière aux Écorces qui, elle, se déverse dans le lac Kénogami. Elle a un gabarit un peu plus faible que celui de la Sainte-Marguerite, soit un débit moyen annuel d'environ 65 m^3/s comparativement à 122 m^3/s (débit moyen annuel à la hauteur de la centrale SM-3; Roche, 1994).

Elle coule sur un socle rocheux similaire (Bouclier canadien) et son bassin versant, tout comme celui de la Sainte-Marguerite, est majoritairement recouvert de forêts de conifères et soumis à un climat rigoureux (hivers longs et froids, étés courts et relativement chauds). De plus, comme la Sainte-Marguerite, sa communauté de poissons est relativement peu diversifiée (huit espèces dans la Pikauba comparativement à dix dans la Sainte-Marguerite).

Les modèles d'habitats développés sur la rivière Pikauba au début des années 2000 ont été élaborés à partir d'observations recueillies au terrain, lesquelles ont été complétées, à l'époque, par des informations issues de la documentation scientifique disponible à ce moment (voir le détail méthodologique dans des extraits de l'étude présentés aux annexes Q et R). Ces modèles ont donc été repris dans le contexte de la présente étude et ont été comparés à d'autres modèles existants en vue de les améliorer, lorsque cela était possible.

Les sous-sections suivantes décrivent les modèles d'habitats de reproduction et d'alimentation de la Pikauba ainsi que les modifications qui y ont été apportées pour les fins de la présente étude. Par ailleurs, le tableau 5 présente les différents modèles d'habitats recensés lors de la brève revue documentaire.

Tableau 5 Modèles d'habitats de reproduction et d'alimentation de l'omble de fontaine et de la truite brune recensés au cours de cette étude

Auteurs	Espèce et phase du cycle vital	Région ou cours d'eau	Remarques
Groupe-conseil GENIVAR (2002)	Omble de fontaine – Alimentation et reproduction	Rivière Pikauba, réserve faunique des Laurentides, Québec	Modèles de type IQH élaborés à partir de données recueillies au terrain et complétées au moyen d'une revue de la documentation scientifique
Jirka et Homa (1990)	Omble de fontaine – Alimentation (adulte)	Nouvelle-Angleterre	Modèles de type IQH élaborés au moyen de la méthode Delphi pour les cours d'eau de la Nouvelle-Angleterre. La méthode Delphi consiste à recueillir des informations en consultant individuellement plusieurs experts en habitat de l'omble de fontaine
Scruton et coll. (1996)	Omble de fontaine – Alimentation (adulte)	Ruisseau Pinchgut, Terre-Neuve	Modèle de type IQH élaboré à partir de données recueillies au terrain
SRBC (1998)	Omble de fontaine – Alimentation et reproduction	Nord-Est des États-Unis	Adaptation au contexte du Maryland et de la Pennsylvanie de modèles d'habitats (IQH) développés dans plusieurs états américains
Padoan et coll. (2024)	Truite brune – Alimentation et reproduction	Non applicable	Modèle de type IQH élaboré à partir d'une revue de la documentation scientifique à travers le monde
Raleigh et coll. (1984)	Truite brune – Reproduction	Universel	Développement de modèles de type IQH sur la base d'une revue de la documentation scientifique nord-américaine

3.4.2.1 Alimentation

Le modèle Pikauba pour l'alimentation de l'omble de fontaine s'applique à la fois aux stades juvéniles (généralement 1 et 2 ans) et adultes (généralement 3 ans et plus). Il n'y a pas eu de distinction entre les deux stades pour l'élaboration des courbes de préférence, le nombre d'observations étant trop petit pour se faire (Groupe-conseil GENIVAR, 2002).

Profondeur

La courbe d'acceptabilité du modèle Pikauba pour la profondeur, représentée à la l'annexe F-1, a été comparée à celles provenant de différentes études (annexe F-2). Cette comparaison fait ressortir que la courbe Pikauba englobe, soit en totalité ou en grande partie, les autres courbes trouvées dans la documentation scientifique, sauf pour les très faibles profondeurs (moins de 10 cm) et pour les profondeurs supérieures à 60 cm. La courbe retenue pour les fins de la présente étude est représentée à l'annexe F-3. Il s'agit d'une courbe enveloppe qui recouvre les différents modèles recensés, sauf aux extrémités :

- au-delà de 100 cm de profondeur, elle n'inclut pas la courbe de la SRBC (1998) qui accorde un indice de près de 0,5 à cette gamme de valeurs. Cet indice est jugé trop élevé et nous avons plutôt opté pour une courbe qui colle aux courbes proposées par Padoan et coll. (2024) pour la truite brune. Cette partie de la courbe retenue constitue un intermédiaire entre le modèle Pikauba et les modèles de SRBC (1998);
- pour les très faibles profondeurs (moins de 10 cm), nous avons convenu de garder intégralement la courbe Pikauba, qui est un compromis entre les différentes courbes recensées.

Vitesse

La courbe de préférence pour la vitesse d'écoulement du modèle Pikauba (annexe G-1) englobe en grande partie les autres courbes (annexe G-2), sauf dans les cas suivants :

- pour les faibles vitesses (0,10 m/s et moins), la courbe Pikauba n'englobe pas celles de la SRBC (1998) pour les ombles de fontaine juvéniles et adultes, qui attribuent un indice de 1,0 à cette gamme de valeurs. Cet indice est jugé un peu trop élevé et il a été entendu de garder la courbe Pikauba, qui lui accorde un indice variant entre 0,7 et 1,0;
- pour les vitesses supérieures à 0,60 m/s, la courbe Pikauba n'englobe pas les courbes de Padoan et coll. (2024) pour la truite brune juvénile et adulte. Les ombles de fontaine capturés dans la rivière Sainte-Marguerite étant de grandes tailles (plusieurs spécimens de plus 30 cm ont été capturés lors des pêches de caractérisation des communautés de poisson), nous avons jugé que les courbes de Padoan et coll. (2024) étaient les plus appropriées pour cette gamme de vitesse.

La courbe retenue est illustrée à l'annexe G-3.

Substrat

Pour le substrat, le modèle Pikauba, qui fournit des indices de qualité par classe granulométrique, a été utilisé intégralement (annexe H-1). Rappelons que ce modèle s'appuie sur les données de terrain, enrichies par une revue documentaire. Les autres modèles recensés dans la littérature scientifique dans le cadre de la présente étude n'apportaient pas d'informations supplémentaires qui auraient pu l'améliorer. De plus, nous avons été confrontés à la difficulté, voire l'impossibilité, de comparer ces modèles avec celui de la Pikauba en raison du manque d'homogénéité dans la description du substrat d'une étude à l'autre. En effet, plusieurs auteurs utilisent des classes de taille de substrat différentes de celles employées dans le modèle Pikauba, tandis que d'autres utilisent une distribution continue plutôt que discontinue (par classe de substrat).

3.4.2.2 Reproduction

Profondeur

La courbe de préférence de la Pikauba pour la profondeur est illustrée à l'annexe I-1. La comparaison avec les autres modèles recensés à l'annexe I-2 fait ressortir que :

- la courbe Pikauba englobe pratiquement toute la courbe de Padoan et coll. (2024) pour la truite brune;
- elle englobe également la courbe de Raleigh et coll. (1984) pour les profondeurs allant de 0 à 60 cm, mais pas celles supérieures à cette gamme de valeurs;
- elle chevauche en partie la courbe de SRBC (1998), mais pas les valeurs inférieures à 30 cm.

Au final, nous avons retenu le modèle Pikauba en intégralité (annexe I-1). Celui-ci semble le plus réaliste pour l'omble de fontaine de la zone d'étude. Accorder un indice de 1 (comme Raleigh et coll.,1984) aux profondeurs supérieures à 60 cm ne semble pas approprié. Par ailleurs, accorder des indices élevés (de 0,5 à 1) aux profondeurs comprises entre 5 et 30 cm ne parait pas adéquat non plus. En effet, les géniteurs d'omble de fontaine dans la Sainte-Marguerite peuvent atteindre de grandes tailles et il est très peu probable qu'ils se reproduisent de façon préférentielle dans des aires où la profondeur est très faible.

Vitesse

La courbe de préférence Pikauba pour la vitesse apparaît à l'annexe J-1. Comparativement aux autres modèles, on remarque qu'elle est celle qui englobe la plus large gamme de vitesses (annexe J-2). Elle enveloppe complètement les courbes de SRBC (1998), ainsi que celles de Padoan et coll. (2024) et de Raleigh et coll. (1984) pour la truite brune.

La courbe Pikauba a donc été retenue pour les simulations d'habitats, quoiqu'une légère modification y a été apportée (annexe J-3). L'indice de qualité a été réduit pour les vitesses inférieures à 0,20 m/s. Au lieu de le maintenir constant à 1,0 dans la gamme de 0 à 0,20 m/s, il a été établi à 0,5 entre 0 et 0,10 m/s avec une augmentation graduelle vers la valeur maximale (1) entre 0,10 et 0,20 m/s. Un indice de 0,5, en plus d'être une valeur intermédiaire entre la courbe Pikauba et de SRBC (1998) et celles de Raleigh et coll. (1984) et Padoan et coll. (2024), est jugé plus adéquat pour les ombles de fontaine de la rivière Sainte-Marguerite pour les très faibles vitesses d'écoulement (0,10 m/s et moins).

Substrat

Pour les raisons déjà exprimées plus haut concernant la variable substrat pour l'alimentation, le modèle Pikauba a été utilisé en intégralité pour décrire les préférences de substrat de l'omble de fontaine durant la reproduction (annexe H-2).

3.4.3 Incubation hivernale

Pour ce qui est de l'incubation hivernale des œufs d'omble de fontaine, il n'y a pas eu de modélisation hydrodynamique des écoulements puisque ce stade vital se déroule à l'intérieur du substrat. Nous avons plutôt procédé à une analyse de la profondeur d'eau sur les frayères connues au moment de la reproduction à l'automne et au cours de l'incubation en hiver, dans le but de vérifier si les aires où sont déposés les œufs demeurent ennoyées tout au long de ces périodes, même durant les épisodes d'arrêt de centrale. La section 3.9 décrit la méthodologie utilisée pour cette analyse.

3.5 Simulation d'habitats

Les simulations d'habitats reposent sur le couplage de la modélisation hydrodynamique 2D des conditions d'écoulement et de la modélisation biologique des préférences d'habitats des espèces cibles. Le produit de ce couplage permet d'évaluer la disponibilité des habitats à différents débits, pour chaque espèce cible, période biologique et site modélisé. Ici, la disponibilité d'habitat est une notion qui intègre la quantité et la qualité des habitats et qui s'exprime en aires pondérées utiles (APU). Les APU sont le produit, pour un élément donné du maillage d'un site d'étude, de sa superficie d'habitat (en mètres carrés) par son indice de qualité d'habitat.

La disponibilité totale d'APU sur un site d'étude à un débit donné se calcule de la façon suivante :

$$APU = \sum_{e=1}^{ne} APU^{e} \qquad \text{ÉQUATION 1}$$

où :

$$APU^{e} = A^{e}\left(\frac{I_{G1} + I_{G2} + I_{G3}}{3}\right) \qquad \text{ÉQUATION 2}$$

et où :

e	est un élément donné du maillage;
ne	est le nombre d'éléments du maillage;
A^{e}	est la superficie de l'élément e;
I_{Gi}	est l'indice global (IQH) à chacun des nœuds composant un élément.

Aux deux sites modélisés, les habitats ont été simulés dans une gamme de débits comprise entre 1 et 500 m^3/s, par intervalles inégaux variant de 5 à 65 m^3/s. Des intervalles courts ont été fixés dans la gamme de débits entre 1 et 100 m^3/s, de façon à préciser davantage la relation habitat-débit pour des débits faibles. Des intervalles plus espacés ont été fixés dans la gamme de débits située au-delà de 100 m^3/s et un total de 17 débits a ainsi été simulé. Pour chaque espèce cible, période biologique et site de modélisation, une courbe illustrant la relation entre la disponibilité d'habitat (exprimée en APU) et le débit a été produite.

3.6 Interprétation des courbes d'APU

En général, les courbes d'APU en fonction du débit prennent grossièrement la forme d'une cloche, soit un accroissement rapide de la disponibilité d'habitat avec le débit, l'atteinte d'un maximum (APU max), puis une baisse relativement lente lorsque les débits sont plus élevés. Le débit correspondant à l'APU max ne correspond pas nécessairement à un débit caractéristique du régime hydrologique d'un cours d'eau, comme le module annuel ou le débit médian. C'est plutôt le débit optimal en termes d'habitat, soit celui qui offre la plus grande disponibilité d'habitat pour le poisson ou, autrement dit, celui pour lequel les conditions de profondeur, de vitesse d'écoulement et de substrat sont les plus propices au poisson. Ce débit dépend de facteurs géomorphologiques, notamment le faciès d'écoulement et le substrat. Il peut donc varier d'un cours d'eau à l'autre et également d'un tronçon à un autre sur un même cours d'eau.

Dans le cadre de la présente étude, six courbes d'APU-débit ont été produites, compte tenu du fait qu'il y a trois modèles d'habitats (fraie printanière-meuniers, alimentation estivale-omble de fontaine et fraie automnale-omble de fontaine) et deux sites de modélisation. Ces courbes sont présentées à la section suivante.

3.7 Analyse hydrologique

L'analyse hydrologique visait à décrire les deux situations suivantes : 1) le régime hydrologique actuel en aval de la centrale SM-3, qui est principalement influencé par l'exploitation de cette centrale; et 2) les apports naturels du tronçon court-circuité localisé tout juste en amont de la zone d'étude entre la centrale et le barrage Denis-Perron, qui représentent le débit qui s'ajoute à celui de la centrale en aval de celle-ci et qui est aussi l'unique apport lorsque la centrale est en arrêt. L'ensemble de ces données de débit permettent d'établir précisément les conditions spécifiques à chacune des périodes biologiques et à chacun des scénarios d'exploitation de la centrale.

L'analyse a consisté à calculer les débits correspondant aux percentiles 1, 25, 50, 75 et 90 (Q_1, Q_{25}, Q_{50}, Q_{75} et Q_{90}). Pour l'aval de la centrale SM-3, la série de données de débits couvrant les années 2010 à 2023 et provenant de la station d'HQ (située au PK 75) a été utilisée. En ce qui concerne le tronçon court-circuité, il n'y a pas de station de jaugeage dans son bassin versant, dont la superficie est de 280 km^2. Les débits ont donc été reconstitués en utilisant un modèle hydrologique de type distribué, qui a été calibré régionalement et qui utilise des données de 1961 à 2021. Les détails relatifs à cette reconstitution sont donnés dans une note technique interne d'HQ (Malenfant, 2025). Les valeurs moyennes pour chacune des périodes biologiques ont été établies en tenant compte des modalités d'exploitation les plus fréquentes pour chacune des périodes.

Pour les périodes de fraie de l'omble de fontaine (automne) et d'incubation des œufs (hiver), les conditions les plus limitantes ont été considérées pour les scénarios d'exploitation actuels et futurs, soit lorsque la centrale est en arrêt et que le débit du tronçon fluvial à l'aval de la centrale n'est assuré que par les apports du tronçon court-circuité. Ce choix a été fait en considérant que pour ces périodes biologiques, les habitats de fraie rendus disponibles durant les moments où la centrale est en fonction pourraient être par la suite partiellement ou entièrement exondés lors d'un arrêt de centrale, ce qui peut causer la mortalité des œufs. Pour les conditions futures, qui seront effectives à la suite du suréquipement, le scénario d'exploitation proposé par l'équipe de conception du projet d'HQ a été utilisé.

Le tableau 6 présente, pour chacune des périodes biologiques, le patron d'exploitation actuel et le patron d'exploitation futur qui est considéré au moment de la réalisation de la présente étude.

Les principales différences entre les conditions d'exploitations actuelles et futures sont :

1 Exploitation future à environ 55 m^3/s en période estivale plutôt qu'environ 100 m^3/s pour l'exploitation actuelle;

2 Arrêt de centrale « forcé » du 1er au 31 octobre, de façon à s'assurer que la fraie ait lieu à bas niveau et que les frayères qui ont été utilisées demeurent ennoyées tout au long de l'hiver, même aux moments d'arrêts de centrale, assurant ainsi le succès d'incubation des œufs;

3 Pointes de production à 530 m^3/s pour des périodes de forte demande énergétique, pendant la dernière semaine de décembre et les mois de janvier et février. Production maximale à deux groupes en dehors de cette période, à un débit maximal de 316,25 m^3/s;

Tableau 6 Patron d'exploitation actuel et futur selon la période biologique des communautés de poisson du tronçon fluvial à l'aval de SM-3

Période biologique	Dates	Débit réservé[1]	Exploitation actuelle	Exploitation future
Fraie printanière des meuniers	20 au 31 mai	Aucun	Arrêt de centrale pour le remplissage du réservoir	Arrêt de centrale pour le remplissage du réservoir
	1er juin au 5 juillet	Effectif	Respect du débit réservé et exploitation à un groupe à l'optimal (environ 100 m^3/s) avec des pointes jusqu'à 300 m^3/s	Respect du débit réservé et exploitation à environ 55 m^3/s avec des pointes jusqu'à un maximum de 300 m^3/s
Alimentation estivale	1er juillet au 14 septembre			
Fraie automnale de l'omble de fontaine	15 au 30 septembre[2]			
	1er au 31 octobre	Aucun	Exploitation sans contrainte Arrêts de centrale fréquents pour permettre le remplissage du réservoir	Centrale majoritairement en arrêt pour « forcer » la fraie de l'omble de fontaine à un niveau d'eau bas et poursuivre le remplissage du réservoir en prévision de l'hiver[3]
Incubation des œufs de l'omble de fontaine	1er novembre au 20 mai		Exploitation sans contrainte Arrêts de centrale rares, mais tout de même présents, surtout en novembre et en mai. Pointes de production jusqu'à 300 m^3/s	Arrêts de centrale rares, mais tout de même possibles. Pointes de production jusqu'à 530 m^3/s en période de pointe hivernale. Exploitation à un débit maximal de 316,25 m^3/s pour le reste de la période

Notes : [1] Le débit réservé est effectif du 1er juin au 30 septembre. Il chevauche donc les périodes de fraie printanière, d'alimentation estivale et de fraie automnale.
[2] Le débit réservé doit être effectif jusqu'au 30 septembre pour assurer un niveau d'eau assez élevé dans le réservoir SM-2 et favoriser des conditions de navigation sécuritaires au cours de la période de fréquentation intensive de ce plan d'eau par les villégiateurs.
3 L'utilisation de la centrale pourrait ponctuellement être requise pour des contraintes réseaux particuliers, des évènements hydrologiques hors de l'ordinaire ou un enjeu de sécurité de l'ouvrage.

3.8 Séries temporelles d'APU

La comparaison de la disponibilité d'habitat du poisson pour les différents scénarios de débits considérés a été faite en utilisant des séries temporelles élaborées pour chacun des deux sites et pour les trois modèles d'habitats analysés. Ces séries présentent la quantité moyenne d'APU disponible à chaque année pour une période biologique donnée. Cet exercice permet, d'une part, d'évaluer la moyenne interannuelle de la quantité d'habitats pour chaque scénario considéré et, d'autre part, d'apprécier la variation de la quantité d'habitats disponible d'une année à une autre. Cette représentation permet donc d'obtenir un portrait plus complet que celui fourni par une simple moyenne de débit pour l'ensemble des données disponibles pour une période biologique.

Les étapes de calcul sont les suivantes :

1 pour la période biologique considérée, on calcule le débit moyen et l'écart type correspondant pour chacune des journées de la série hydrologique disponible;

2 pour chaque journée, on transforme les débits moyens calculés (ainsi que les écarts types) en APU à l'aide de la relation APU vs débit obtenu pour chaque site et période biologique considérés;

3 on calcule une moyenne annuelle à partir des APU journaliers et on reporte sur un graphique les valeurs d'APU (et leurs écarts types correspondants) en fonction de l'année.

L’exercice est fait tant pour chaque scénario de débit, ce qui permet de comparer la disponibilité d’habitat associée à chacun.

3.9 Ennoiement des frayères d’omble de fontaine en période hivernale

Dans le but de vérifier si les frayères d’omble de fontaine demeurent ennoyées pendant l’incubation hivernale, et ce, même lors de périodes d’arrêt de centrale, une analyse de la superficie mouillée à chacun des deux sites modélisés a été effectuée pour des débits caractéristiques des périodes de fraie et d’incubation.

Tel que mentionné précédemment, le patron d’exploitation futur, dans l'objectif d'économiser l'eau du réservoir, préconise une utilisation très faible, voire nulle de la centrale durant le mois d’octobre. Cet objectif aurait l'avantage de favoriser une fraie à bas niveau des ombles.

Ce mode d’exploitation permettrait d’éviter que des frayères situées à une plus haute élévation soient utilisées, car elles risqueraient d’être exondées lors d’éventuels arrêts de centrales durant la période d’incubation. Le débit du tronçon court-circuité, qui prévaut lors des périodes d’arrêt de centrale, est ainsi considéré pour l’analyse des superficies mouillées puisque : 1) la centrale sera en arrêt pendant la fraie et les apports dans le tronçon fluvial en aval de la centrale ne seront assurés que par le tronçon court-circuité; et 2) les arrêts de centrale pendant la période hivernale représentent le facteur limitant pour le succès de l’incubation.

Afin de couvrir une large gamme de conditions hydrauliques, les débits du tronçon court-circuité correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 ont été considérés pour les périodes de fraie et d’incubation. À l’aide du logiciel HEC-RAS, ces débits ont été simulés afin de délimiter les meilleures aires de fraie, soit celles qui ont un indice de qualité de 0,5 et plus.

Pour l’incubation, il a été considéré que les zones où la profondeur d’eau est de 5 cm et plus lors des arrêts de centrale permettraient la survie des œufs et le succès de l’incubation de ceux-ci. Cette profondeur apparait conservatrice considérant que les œufs d’omble de fontaine sont ensevelis à une profondeur moyenne de 8 cm dans le substrat (Young et Hubert, 1989 et Devries 1997).

Les zones où la profondeur d’eau est de 5 cm et plus ont ainsi été délimitées par un traitement géomatique effectué sur les polygones d’ennoiement obtenus à la suite des simulations des débits d’hiver. La proportion de frayères de bonne qualité à l’automne, qui demeurent ennoyées en période hivernale lors d’arrêts de centrale, a finalement pu être identifiée.

4 Résultats et discussion

4.1 Hydrologie

Pour les trois scénarios de débits caractérisés (celui en aval de la centrale SM-3, celui en amont de cette centrale et celui du tronçon court-circuité), la figure 7 présente les hydrogrammes annuels associés aux percentiles journaliers 1, 25, 50, 75 et 90 (Q_1, Q_{25}, Q_{50}, Q_{75} et Q_{90}) des valeurs horaires de débit. Le tableau 7 présente les percentiles pour l'ensemble de chacune des quatre périodes biologiques considérées.

Conditions actuelles

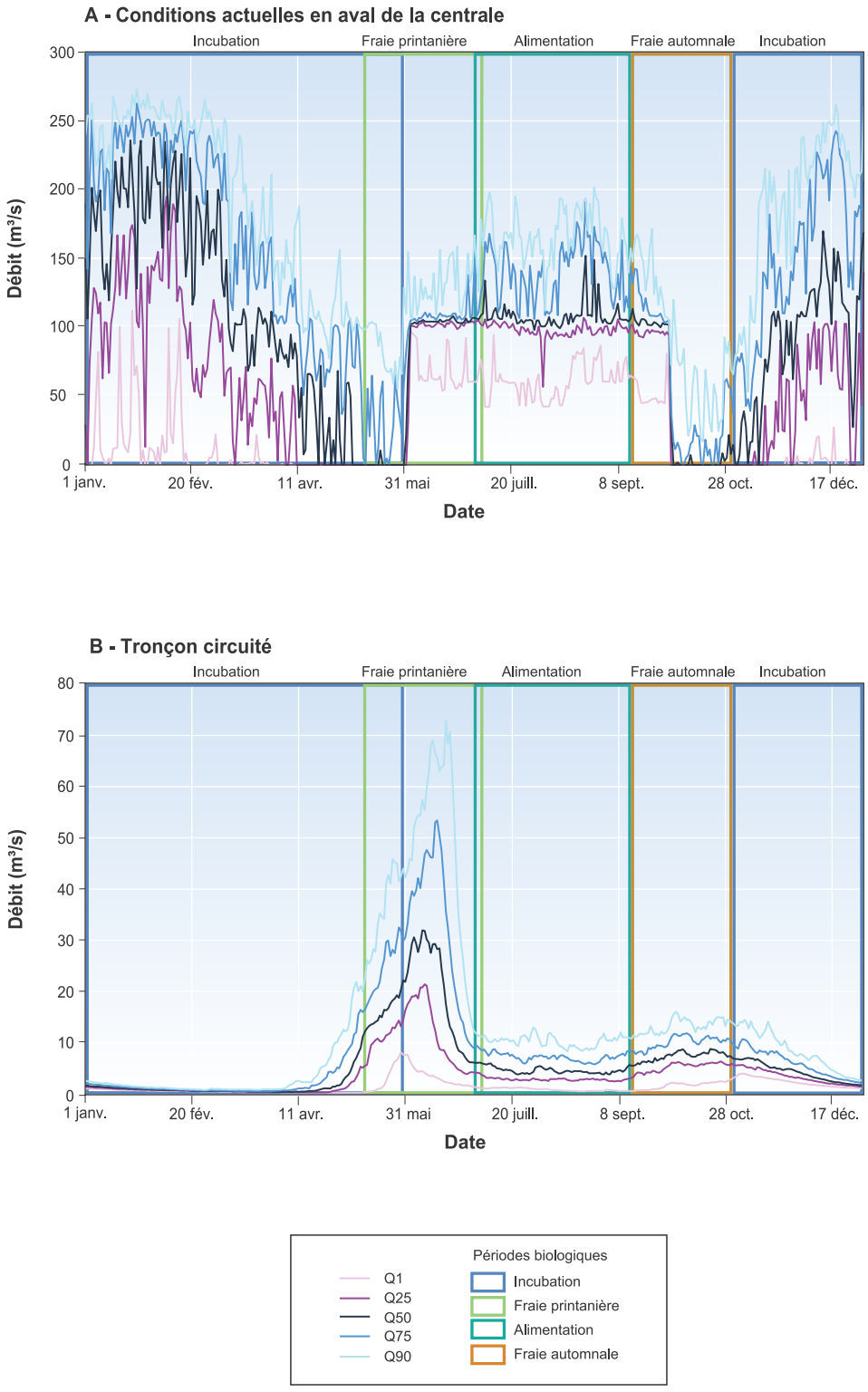
La figure 7A présente l'hydrogramme à la station hydrométrique du PK 75, localisée à l'aval de la centrale, pour la période de 2010 à 2023. Cet hydrogramme correspond aux débits turbinés à la centrale SM-3 additionnés aux débits du tronçon court-circuité. Étant donné le régime d'exploitation de la centrale, qui vise davantage une production de pointe lors d'épisodes de forte demande énergétique, les fluctuations de débit sont fréquentes et de forte amplitude. Lors de ces épisodes, les valeurs journalières varient fréquemment du simple au double d'une journée à une autre. La courbe du percentile 1 montre des arrêts d'exploitation plus fréquents au printemps et à l'automne. Ces arrêts sont plus sporadiques en période hivernale. Une analyse plus détaillée de ces épisodes d'arrêt de production à l'hiver a été effectuée étant donné que cette condition pourrait nuire au succès d'incubation des œufs d'omble de fontaine en exondant des zones de frayère. Cette analyse montre que des arrêts de centrale d'une durée de plus d'une heure surviennent en moyenne 70 fois par période d'incubation (du 1er novembre au 31 mai)[2].

Le débit médian, indiqué par la courbe Q_{50}, augmente progressivement de novembre à la fin décembre pour se stabiliser à environ 200 m^3/s pour les mois de janvier et de février. Le débit médian baisse en mars et avril et encore davantage en mai. Pour la période estivale du 1er juin au 30 septembre, le débit écologique actuel doit être maintenu en tout temps, ce qui fait en sorte que les débits sont plus stables qu'au cours des autres périodes de l'année. Tel que décrit à la section 2.1, le débit minimum établi pour l'été est généralement largement dépassé de façon à optimiser la production d'énergie. Un débit médian d'environ 110 m^3/s est ainsi turbiné la grande majorité du temps à l'été (courbe Q_{50}), ce qui est aussi montré par les courbes associées aux autres percentiles (tableau 7). Toutefois, certaines périodes de production plus faibles à environ 60 m^3/s (courbe Q_1 des débits journaliers moyens; figure 7A), et de production de pointe à environ 200 m^3/s (courbe Q_{90}), peuvent survenir.

Rappelons que les périodes biologiques chevauchent parfois deux périodes hydrologiques ou de production énergétique distincte. Ceci fait en sorte que les valeurs médianes pour l'ensemble de la période (telles que présentées au tableau 7) sont plus ou moins représentatives des fluctuations de débits qui surviennent pendant certaines périodes biologiques. Par exemple, pour la période de la fraie printanière du 20 mai au 5 juillet, la centrale est généralement en arrêt du 20 au 30 mai (le débit est alors faible et assuré uniquement par le tronçon court-circuité), tandis que le débit du 1er juin au 5 juillet est largement supérieur étant donné le mode de production énergétique utilisé pour respecter le débit écologique, soit environ 110 m^3/s (Q_{50} = 106,3 m^3/s, Q_{75} = 110,0 m^3/s et Q_{90} = 112,8 m^3/s).

[2] Moyennes mensuelles du nombre d'arrêt de centrale pour une durée de plus d'une heure: 14,9 fois en novembre, 8,6 fois en décembre, 5,5 fois en janvier, 8,2 fois en février, 14,6 fois en mars, 11,4 fois en avril et 6,2 fois en mai (données de 2005 à 2024)

Figure 7 **Hydrogrammes illustrant A) les conditions actuelles en aval de la centrale SM-3, B) les conditions actuelles dans le tronçon court-circuité par la centrale SM-3**



4348_f7_get_200_DP_hydrogrammes_251127.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

Tableau 7 Caractérisation des débits (m^3/s) pour chacune des périodes biologiques

Période biologique		Fraie automnale 15 septembre au 31 octobre	Incubation hivernale 1er novembre au 31 mai	Fraie printanière 20 mai au 5 juillet	Alimentation estivale 1er juillet au 14 septembre
Tronçon court-circuité[1]	Q_1	1,0	0,3	1,6	0,7
	Q_{25}	5,2	0,7	8,3	2,9
	Q_{50}	7,4	1,5	16,8	4,7
	Q_{75}	10,2	4,7	32,4	7,4
	Q_{90}	13,7	11,8	51,2	10,7
Conditions actuelles à l'aval de la centrale SM-3[2]	Q_1	0,4	0,4	1,6	41,7
	Q_{25}	45,8	75,7	99,9	98,8
	Q_{50}	99,7	117,5	104,1	106,4
	Q_{75}	107,8	201,0	108,1	144,2
	Q_{90}	125,5	242,9	138,9	172,0

Source des données :
[1] Apports reconstitués
[2] Débit mesuré à la station hydrométrique localisée au PK 75

Tronçon court-circuité

La figure 7B montre que l'hydrogramme de ce tronçon court-circuité est typique des rivières de la Côte-Nord. La crue printanière se produit de mai à juillet et atteint une valeur médiane (Q_{50}) maximale de 30 m^3/s. Le sommet de la courbe Q_{90} atteint une valeur de 72 m^3/s, tandis que la valeur minimale de la courbe Q_1 est de 0,22 m^3/s. Le débit médian est de 7,2 m^3/s pour la fraie automnale, de 4,9 m^3/s pour l'incubation hivernale (pour ces deux périodes, les données de la station hydrométrique au cours de périodes d'arrêts de centrale sont considérées), de 18,8 m^3/s pour la fraie printanière et de 4,6 m^3/s pour l'alimentation estivale (données de Malenfant, 2025).

Le débit du tronçon court-circuité représente un cas de figure particulier des conditions qui influencent les communautés de poissons de la zone d'étude, en ce sens que lorsque la centrale SM-3 est en arrêt de production, il est le principal apport hydrique dans le tronçon fluvial en aval de celle-ci. En de pareilles circonstances, la portion du lit de la rivière qui est ennoyée est la seule zone où l'habitat du poisson est maintenu. Par exemple, au cours de l'incubation hivernale, le périmètre mouillé par le débit du tronçon court-circuité serait l'unique endroit où la survie des œufs serait assurée.

4.1.1 Débits utilisés pour représenter les conditions relatives aux périodes biologiques

Le tableau 8 reprend les conditions d'exploitation de la centrale présentées au tableau 7 pour les différents scénarios considérés et précise les valeurs de débit moyen identifiées pour chacune des périodes biologiques. Ces valeurs de débit ont été utilisées pour calculer la disponibilité d'habitat moyenne, qui est présentée aux figures 8 à 10. Comme mentionné au tableau 7, les périodes de fraie printanière des meuniers et de fraie automnale de l'omble de fontaine ont été séparées en deux étant donné que le débit réservé actuel n'est effectif que pendant une portion de ces périodes biologiques. Pour la portion de ces périodes pendant laquelle le débit réservé n'est pas effectif, la centrale est majoritairement en arrêt de production et le débit du tronçon court-circuité est ainsi utilisé pour représenter les conditions qui prévalent en aval de la centrale.

4.1.2 Débits utilisés pour l'analyse de l'ennoiement des frayères d'omble de fontaine en période hivernale

Une large gamme de débit a été considérée lors de l'analyse des zones de frayères ennoyées pendant les arrêts de centrale en périodes de fraie automnale et d'incubation hivernale. Pour la période de fraie de l'omble de fontaine pendant laquelle la centrale est majoritairement en arrêt (1er au 31 octobre), les débits du tronçon court-circuité aux percentiles 25, 50 et 75 sont de 5,8 m^3/s pour le Q_{25}, 7,9 m^3/s pour le Q_{50} et 10,8 m^3/s pour le Q_{75} (ces valeurs diffèrent de celles du tableau 7 pour lequel la période inclut du 15 au 30 septembre). Pour la période d'incubation hivernale, qui s'étend du 1er novembre au 31 mai et pour laquelle les débits sont bien inférieurs à ceux d'automne, les valeurs de Q_{25}, Q_{50} et Q_{75} sont respectivement 0,7, 1,5 et 4,7 m^3/s[1].

Tableau 8 Valeurs de débit moyen utilisées pour représenter chacune des périodes biologiques pour les scénarios de conditions d'exploitation actuelle et d'exploitation future

Période biologique	Dates	Conditions exploitées						
		Débit réservé	Exploitation actuelle			Exploitation future		
			Conditions d'exploitation	Données utilisées	Débit moyen (m^3/s)	Conditions d'exploitation	Données utilisées	Débit moyen (m^3/s)
Fraie printanière des meuniers	20 au 31 mai	Aucun	Arrêt de centrale pour le remplissage du réservoir	Débit moyen du tronçon court-circuité[2]	23	Arrêts de centrale possibles	Débit moyen du tronçon court-circuité[2]	23
	1er juin au 5 juillet	Effectif	Exploitation à environ 100 m^3/s avec pointes jusqu'à 300 m^3/s	Débit moyen mesuré pour la période à la station du PK 75[3]	108	Exploitation à environ 55 m^3/s avec des pointes jusqu'à 300 m^3/s	55 m^3/s + débit moyen du tronçon court-cicuité[2]	78
Alimentation estivale	1er juillet au 14 septembre				118			61
Fraie automnale de l'omble de fontaine	15 au 30 septembre				109			62
	1er octobre au 31 octobre	Aucun	Exploitation sans contrainte Arrêts de centrale fréquents	Débit moyen du tronçon court-circuité[2]	9	Centrale majoritairement en arrêt pour « forcer » la fraie de l'omble de fontaine à un niveau d'eau très bas[4]	Débit moyen du tronçon court-circuité [2]	9
Incubation hivernale des œufs d'omble de fontaine	1er novembre au 31 mai				3,4	Exploitation sans contrainte Arrêts de centrale possibles	Débit moyen du tronçon court-circuité	3,4

Source des données :

1 Série hydrologique reconstituée pour la période de 1998 à 2020, à partir de mesures de débits provenant de stations limnimétriques proximales.

2 Débits reconstitués en utilisant un modèle hydrologique de type distribué calibré régionalement (Malenfant, 2025).

3 Débits couvrant les années 2010 à 2023 mesurés à la station hydrométrique d'HQ située au PK 75.

4 L'utilisation de la centrale pourrait ponctuellement être requise pour des contraintes réseaux particuliers, des évènements hydrologiques hors de l'ordinaire ou un enjeu de sécurité de l'ouvrage.

4.2 Analyse de la disponibilité d’habitat

4.2.1 Courbes de disponibilité d’habitat selon le débit

L’examen des figures 8, 9 et 10 montre que les courbes d’APU vs débit prennent la forme typique d’une cloche (voir section 3.6), soit un accroissement rapide de la disponibilité d’habitat avec le débit, l’atteinte d’un maximum, puis une baisse relativement lente. Il en ressort, de façon générale, que le débit requis pour atteindre l’APU maximal est plus élevé au PK 75,5 qu’au PK 68,5. Ce constat s’explique par le fait que, comme mentionné à la section 2.2.1, le site du PK 75,5 est plus sensible aux variations de débits que le PK 68,5 puisqu’il renferme plusieurs zones de hauts-fonds (seuils, rapides) où le substrat est relativement fin (cailloux, gravier, galets). Le site du PK 68,5 est plus homogène : c’est une section de rivière plutôt chenalisée et profonde, où le substrat est relativement grossier (galet, bloc, cailloux). Ceci fait en sorte que les sommets des courbes APU vs débit au site du PK 75,5 sont plus décalés vers la droite et que, conséquemment, les débits optimaux (les débits offrant la grande disponibilité d’habitats) y sont plus élevés qu’au site du PK 68,5.

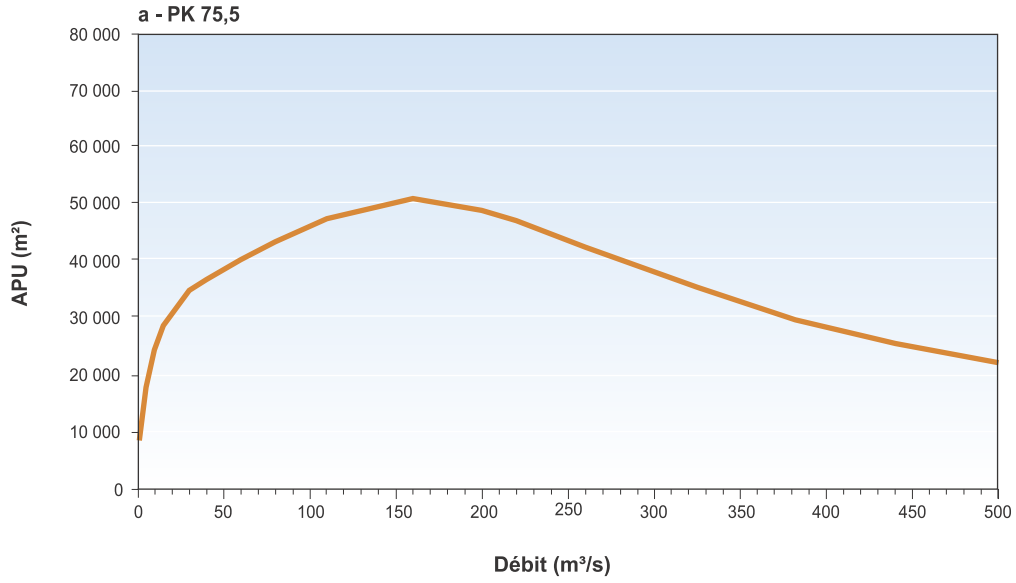
4.2.2 Séries temporelles de disponibilité d’habitat

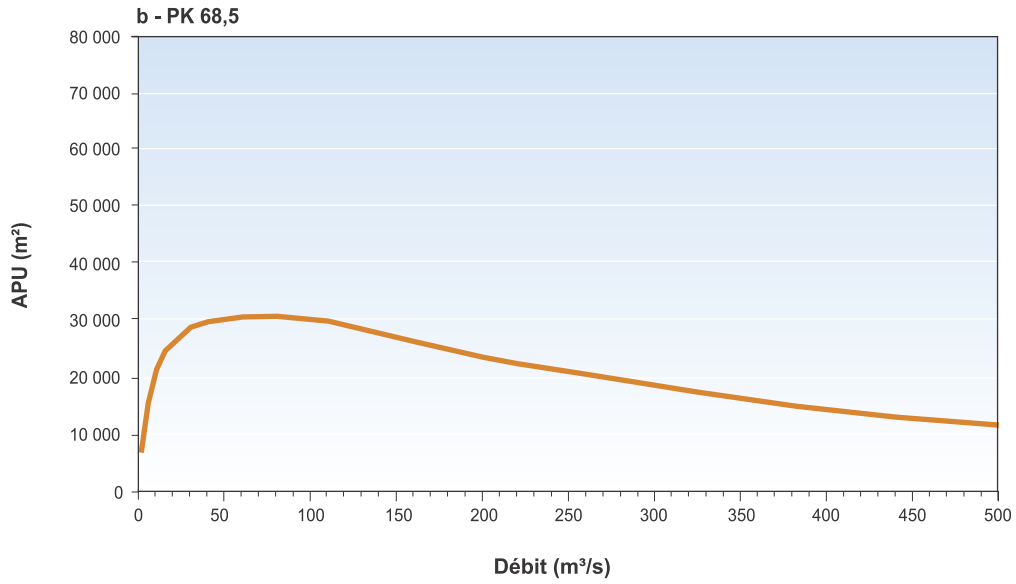
Les figures 11, 12 et 13 présentent la variation annuelle de la disponibilité d’habitat pour les trois périodes considérées. Comme pour les analyses hydrologiques précédentes, les périodes du printemps et de l’automne ont été scindées en deux sous-périodes selon que la centrale soit en arrêt ou en fonction. Les courbes montrent ainsi que pour un même site et une même période biologique, la quantité d’habitats disponible pour une espèce peut varier considérablement.

Pour les périodes pendant lesquelles le débit réservé est effectif (figures 11-c,11-d, 12-a, 12-b, 13-a et 13-b), les fluctuations de la quantité d’habitats disponible sont relativement faibles pour les conditions actuelles et futures. Pour les périodes d’arrêt de centrale (figures 11-a, 11-b, 13-c et 13-d), les fluctuations de superficie d’habitat disponible sont causées par le régime de débit naturel du tronçon court-circuité, pour lequel les écarts-types sont faibles étant donné les apports hydriques réduits provenant de ce sous-bassin-versant.

L’analyse de la disponibilité d’habitat pour les débits moyens pour chacune des périodes biologiques, illustrée sur les figures par les droites horizontales, est traitée à la section 4.4.

Figure 8 **Disponibilité des habitats de reproduction des meuniers en fonction du débit aux sites des PK 75,5 (a) et 68,5 (b)**

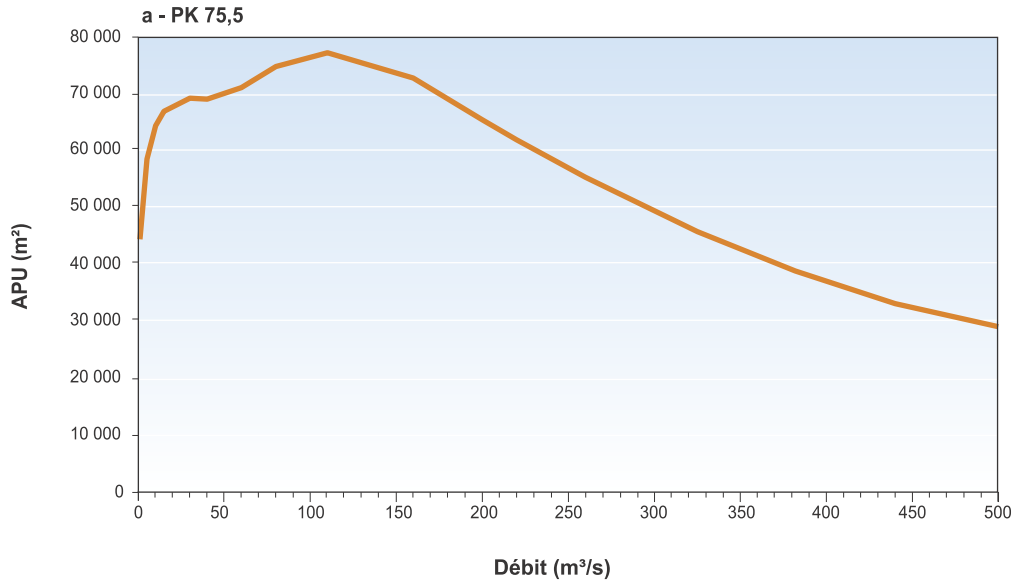


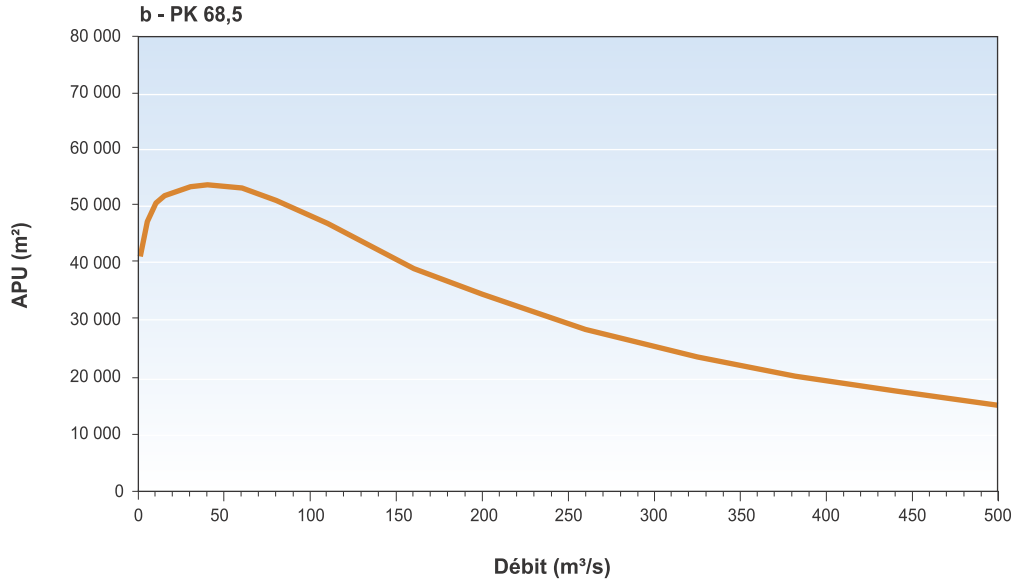


4348_f8_get_170_DP_habrepro_meuniers_251216.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

Figure 9 **Disponibilité des habitats d'alimentation de l'omble de fontaine en fonction du débit aux sites des PK 75,5 (a) et 68,5 (b)**

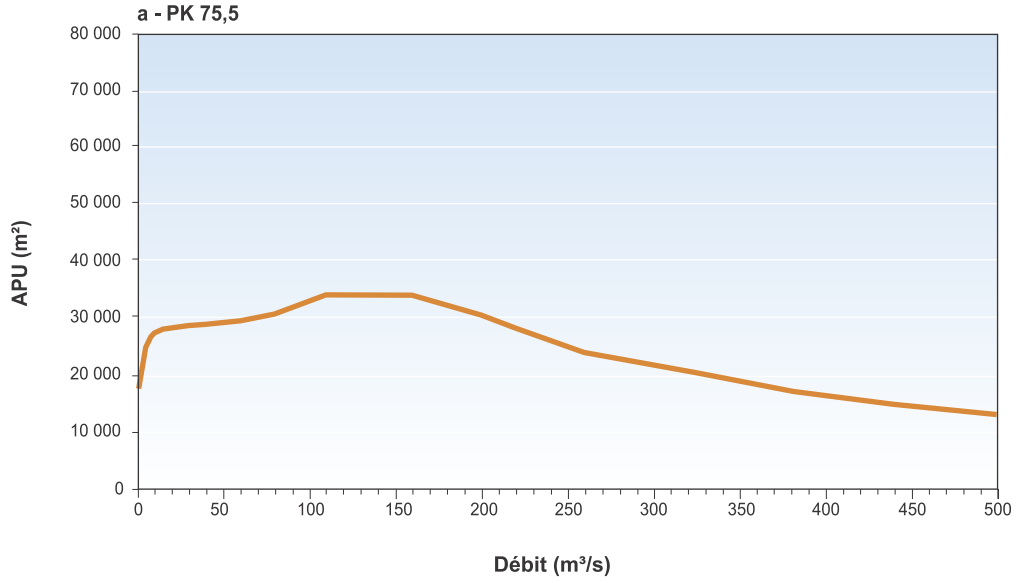


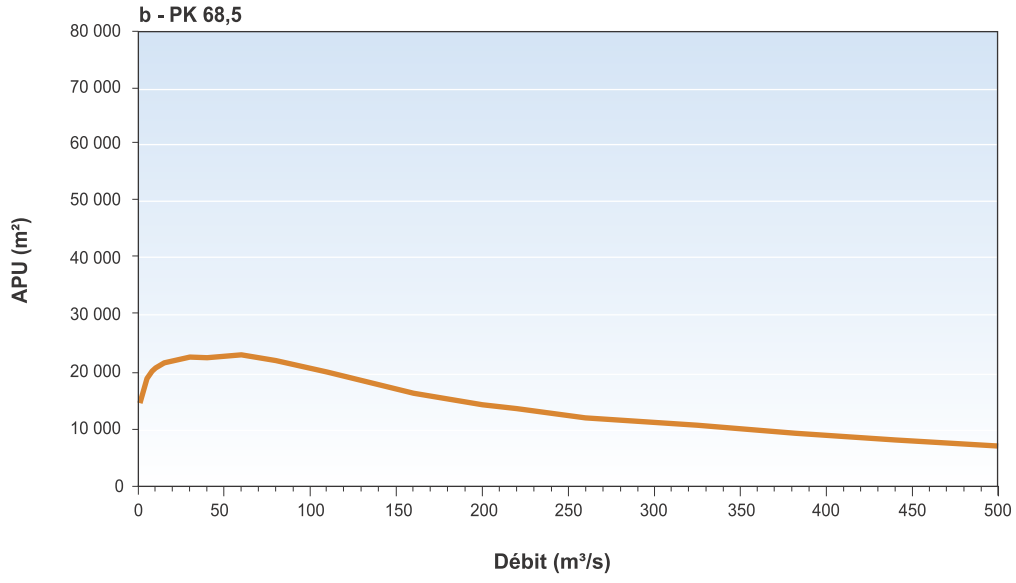


4348_f9_get_176_DP_habalim_omble_251216.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

Figure 10 **Disponibilité des habitats de reproduction de l'omble de fontaine en fonction du débit aux sites des PK 75,5 (a) et 68,5 (b)**

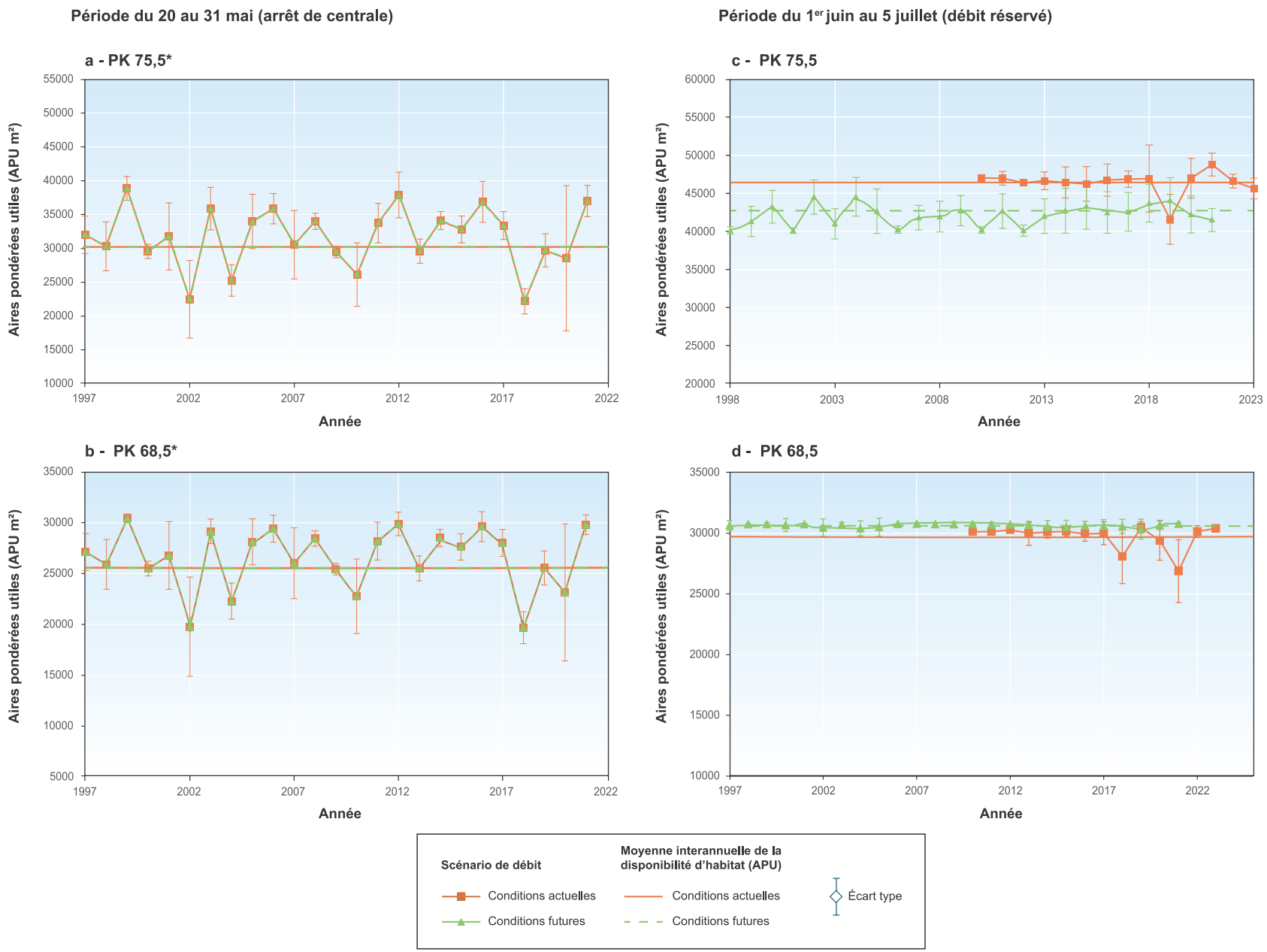




4348_f10_get_171_DR_habrepro_omble_251216.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

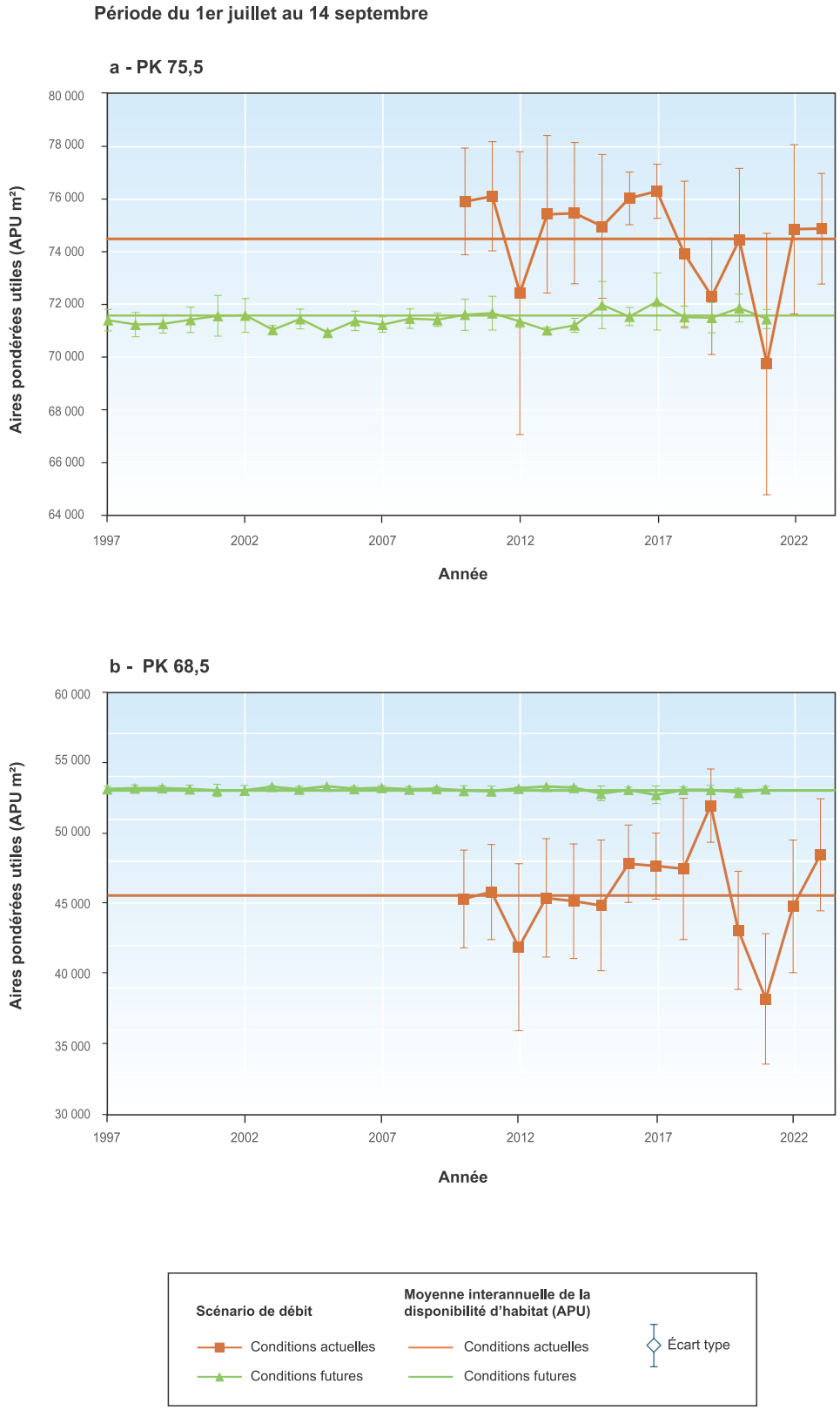
Figure 11 **Série temporelle de la disponibilité (APU) des habitats de reproduction des meuniers (fraie printanière) aux sites des PK 75,5 et 68,5**



*Note: pour les graphiques a et b, les conditions de débits sont les mêmes pour l'exploitation actuelle et l'exploitation future; les courbes pour ces deux séries de données sont donc superposées.

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec : Géomatique, Hydro-Québec Équipement.

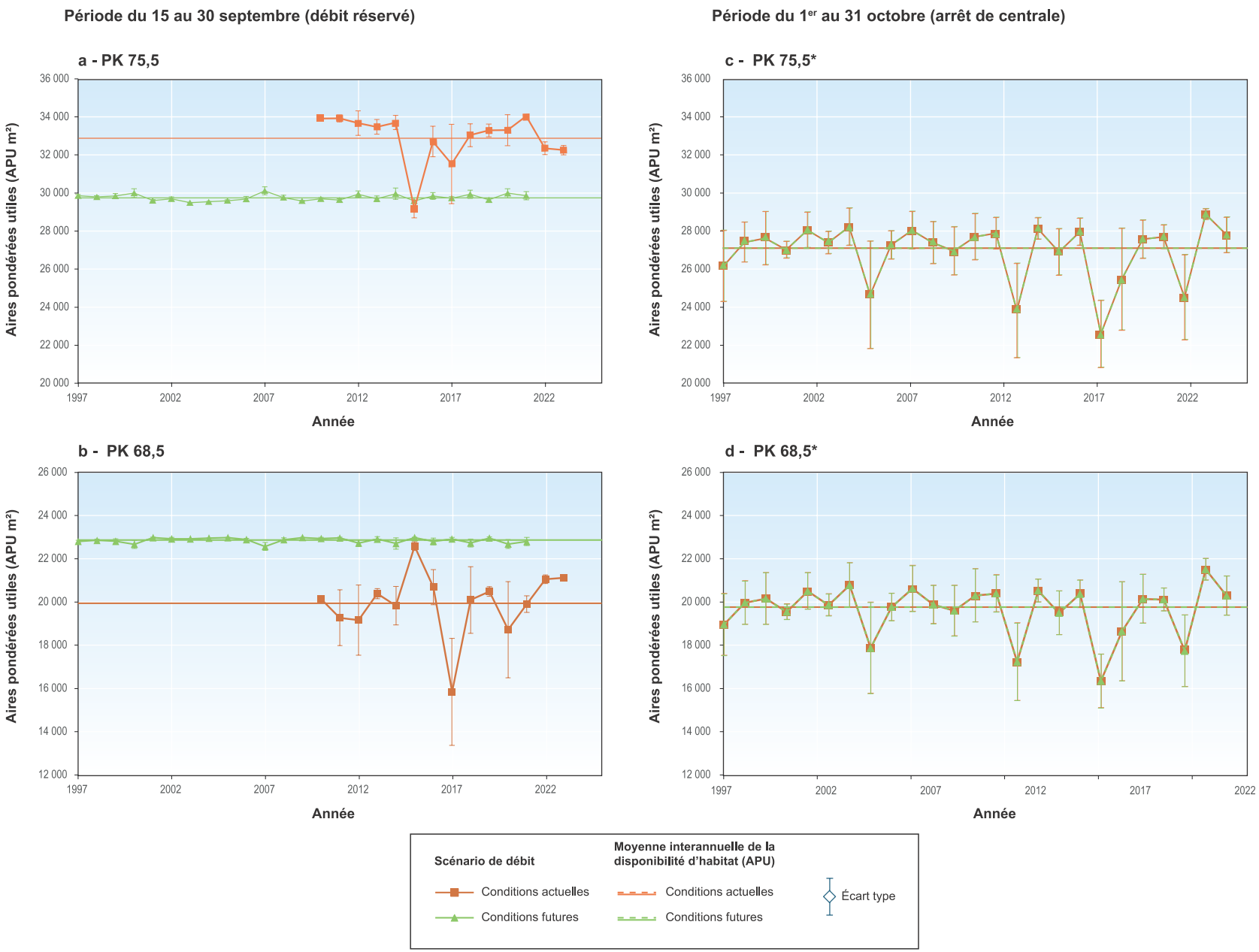
Figure 12 **Série temporelle de disponibilité (APU) des habitats d'alimentation estivale de l'omble de fontaine aux sites des PK 68,5 et 75,5**



4348_f12_get_178_DP_habalim_omble_250506.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

Figure 13 **Série temporelle de la disponibilité (APU) des habitats de reproduction (fraie automnale) de l'omble de fontaine aux sites des PK 75,5 et 68,5**



*Note: pour les graphiques c et d, les conditions de débits sont les mêmes pour l'exploitation actuelle et l'exploitation future; les courbes pour ces deux séries de données sont donc superposées.

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec : Géomatique, Hydro-Québec Équipement.

4.3 Ennoiement des frayères à omble de fontaine en période hivernale

Les résultats de l'analyse des aires de fraie pour l'omble de fontaine sont présentés aux annexes K à P (représentations cartographiques des frayères de bonne qualité et des zones ennoyées à l'hiver) et au tableau 9, dans lequel les superficies produites par différents débits d'automne et d'hiver sont comparées. Les résultats permettent d'abord d'établir que la superficie de frayères qui ont un IPH supérieur à 0,5 est plus importante au site du PK 75,5 (17 886 m^2 au débit Q_{50}) qu'au site du PK 68,5 (4022 m^2; tableau 9 et annexes K à P). De plus, pour le site du PK 75,5, la superficie de frayères est légèrement croissante avec l'augmentation du débit, passant de 16 385 m^2 pour le Q_{25}, à 17 866 m^2 pour le Q_{50} et à 18 089 m^2 pour le Q_{75}. À l'inverse, la superficie est plutôt décroissante au site du PK 68,5, passant de 4365 m^2 pour le débit Q_{25}, à 4022 pour le Q_{50} et à 3669 pour le Q_{75}.

La superposition des aires de fraie ayant un IPH de 0,5 et plus et des aires ennoyées avec une épaisseur d'eau d'au moins 5 cm en période d'incubation hivernale permet de dégager ces principaux constats :

- En conditions de débit médian (Q_{50}) dans le tronçon court-circuité, 79 % des frayères ayant un indice de ≥ 0,5 au site du PK 75,5 demeurent ennoyées en hiver; au site du PK 68,5 ce pourcentage est de 87 %.
- Les conditions de débits pour lesquelles la proportion de frayère ennoyées est la plus faible, soit 68 % au site du PK 75,5 et 61 % au site du PK 68,5, correspondent à un débit élevé (Q_{75}) en période de fraie automnale et à un débit faible (Q_{25}) en période d'incubation hivernale;
- Dans le cas d'un scénario où le débit est faible en automne (Q_{25}) et élevé en hiver (Q_{75}), 100% des frayères demeureraient ennoyées durant la période d'incubation, et ce, aux deux sites;
- Pour les neuf combinaisons de conditions de débits testées (Q_{25}, Q_{50} et Q_{75} en automne croisés avec Q_{25}, Q_{50} et Q_{75} en hiver), la proportion ennoyée des frayères est d'au moins 75% pour six d'entre-elles au site du PK 75,5 et pour sept d'entre-elles au site du PK 68,5 (tableau 9).

Tableau 9 Superficie et proportion des frayères à omble de fontaine qui sont ennoyées pendant la fraie automnale et l'incubation hivernale en conditions d'arrêt de centrale.

Site	Débits en période de fraie automnale (m^3/s)		Superficie des frayères avec IPH ≥ 0,5 (m^2)	PK 75,5					
				Débits en période d'incubation hivernale					
				Q_{25} - 0,7 m^3/s		Q_{50} - 1,49 m^3/s		Q_{75} - 4,73 m^3/s	
				Superficie totale avec une profondeur de 5 cm et plus (m^2)					
				65 057		68 853		83 031	
				Superficie ennoyée avec 5 cm et plus de profondeur					
				m^2	%	m^2	%	m^2	%
PK 75,5	Q_{25}	5,8	16 385	13 580	83	14 558	89	16 354	100
	Q_{50}	7,9	17 886	13 110	73	14 171	79	17 638	99
	Q_{75}	10,8	18 089	12 275	68	13 362	74	17 238	95
Site	**Débits en période de fraie automnale (m^3/s)**		**Superficie des frayères avec IPH ≥ 0,5 (m^2)**	**PK 68,5**					
				Débits en période d'incubation hivernale					
				Q_{25} - 0,7 m^3/s		**Q_{50} - 1,49 m^3/s**		**Q_{75} - 4,73 m^3/s**	
				Superficie totale avec une profondeur de 5 cm et plus (m^2)					
				55 748		56 678		64 681	
				Superficie ennoyée avec 5 cm et plus de profondeur					
				m^2	%	m^2	%	m^2	%
68,5	Q_{25}	5,8	4365	4151	95	4251	97	4364	100
	Q_{50}	7,9	4022	3175	79	3517	87	3973	99
	Q_{75}	10,8	3669	2257	61	2631	72	3509	96

L'analyse des superficies de frayères ennoyées permet de conclure qu'une importante proportion des meilleures zones de fraie à l'automne (indice ≥ 0,5) lors de la période d'arrêt de centrale demeurera ennoyée à l'hiver, assurant ainsi le succès de l'incubation et de la reproduction de l'omble de fontaine. Il est aussi important de rappeler que l'exploitation actuelle de la centrale SM-3 comporte des arrêts de production aussi importants que ce qui est prévu dans le patron d'exploitation future; la situation à ce niveau demeure donc la même. La caractérisation de la population d'omble de fontaine actuellement présente dans le tronçon à l'aval de la centrale, présentée à la section 2.2, a permis d'établir que cette espèce est abondante dans la zone d'étude, et ce, malgré les arrêts de production relativement fréquents. Tous les stades de vie, de l'œuf jusqu'aux spécimens matures en passant par l'alevinage, ont d'ailleurs été recensés dans le tronçon à l'aval de la centrale SM-3, démontrant que cette espèce peut y accomplir l'ensemble de ses activités biologiques.

4.4 Synthèse de la disponibilité d'habitat selon les conditions de débit

Le tableau 10 présente un portrait plus concis de la quantité d'habitats disponible en moyenne pour chacune des périodes biologiques. La superficie en APU associée aux conditions d'exploitation futures peut ainsi être comparée à celles des conditions de débit et actuelles.

Il en ressort que :

Au PK 68,5 :

1 Pour la première portion de la période de reproduction des meuniers (20 au 31 mai, soit en période d'arrêt de centrale), le débit moyen considéré pour les conditions d'exploitation futures et actuelles sont les mêmes, soit 23 m^3/s; les superficies d'habitat de fraie produites pour les deux conditions de débits sont donc identiques (tableau 10).

2 Pour la deuxième portion de la période de fraie printanière des meuniers, soit lorsque le débit réservé est effectif (1er juin au 5 juillet), les conditions d'exploitation futures fournissent légèrement plus d'habitats que les conditions actuelles (103 %).

3 Pour l'alimentation estivale de l'omble de fontaine, les conditions d'exploitation futures fournissent plus d'habitats d'alimentation que les conditions actuelles (116 %).

4 Pour la reproduction de l'omble de fontaine, les conditions d'exploitation futures procurent davantage d'habitats que les conditions actuelles pour la première portion de la période (115 % du 15 au 30 septembre, où le débit réservé est maintenu) tandis que pour la deuxième portion de la période, en arrêt de centrale, les conditions futures fournissent autant d'habitats que les conditions actuelles (100 %) étant donné que le débit considéré pour les deux conditions est le même. Rappelons que l'arrêt de la centrale permet de contraindre les ombles de fontaine à frayer à un niveau bas afin d'assurer que les frayères demeurent ennoyées pour toute la durée de l'incubation, même lors de périodes d'arrêt de centrale au cours de l'hiver.

Au PK 75,5 :

1 Pour la première portion de la période de reproduction des meuniers (20 au 31 mai, soit en période d'arrêt de centrale), les conditions d'exploitation futures procurent autant d'habitats de fraie que les conditions actuelles (100 %).

2 Pour la deuxième portion de la période de fraie printanière des meuniers, soit lorsque le débit réservé est effectif (1er juin au 5 juillet), les conditions d'exploitation futures fournissent légèrement moins d'habitats que les conditions actuelles (92 %).

3 Pour la période d'alimentation estivale de l'omble de fontaine (1er juillet au 14 septembre) de même que pour la première portion de la période de fraie automnale (15 au 30 septembre), pendant lesquelles le débit réservé est effectif, les conditions d'exploitation futures donnent légèrement moins d'habitats que les conditions actuelles (96 %).

4 Pour la deuxième portion de la période de fraie automnale, soit du 1er au 31 octobre, lorsque la centrale est en arrêt et que le débit est assuré uniquement par les apports du tronçon court-circuité, la quantité d'habitats disponible en conditions d'exploitation futures est identique à celles associées aux conditions actuelles (le débit étant le même pour les deux périodes). Tel que mentionné précédemment, le maintien d'un faible débit à l'automne constitue une mesure qui vise à maintenir ennoyées les frayères pour toute la durée de l'incubation et pourrait donc améliorer les rendements sur les frayères.

En résumé, pour le site du PK 68,5, les conditions d'exploitation futures fournissent une superficie d'habitat équivalente ou supérieure à celles des conditions actuelles pour l'ensemble des périodes biologiques modélisées. Pour le site du PK 75,5, les conditions d'exploitation futures procurent, selon la période biologique considérée, autant ou légèrement moins d'habitats que les conditions d'exploitations actuelles. Rappelons toutefois que ce site n'est pas représentatif de la majorité du tronçon à l'étude en raison de sa configuration particulière (présence de nombreux hauts-fonds) qui fait en sorte que le site est plus sensible aux variations de débit que le reste du tronçon à l'étude.

Un autre constat se dégage de cette analyse, à savoir que même si le régime hydrologique de la zone d'étude a été fortement modifié depuis l'aménagement de la centrale SM-3 au début des années 2000, il parvient tout de même à maintenir en grande partie les habitats du poisson dans le tronçon à l'étude (sauf au site du PK 75,5) durant les différentes périodes biologiques. De plus, il offre des conditions relativement stables de débits durant l'été, ce qui présente un certain avantage aux poissons, notamment en raison de l'absence d'étiage. On pourrait ajouter à cela que l'apport constant d'eaux fraiches provenant du réservoir peut, dans une certaine mesure, être bénéfique aux poissons, particulièrement à l'omble de fontaine. Le facteur le plus préjudiciable aux poissons, causé par l'exploitation actuelle, est vraisemblablement les fortes fluctuations de débits qui surviennent fréquemment pendant les périodes printanières, automnales et hivernales. En effet, au cours de ces périodes, des arrêts de turbinage se produisent à la centrale SM-3, causant des variations de débits et conséquemment de conditions d'écoulement (vitesse et profondeur), de grande ampleur en aval. Ces mêmes constats peuvent s'appliquer au régime hydrologique envisagé à la suite du suréquipement de la centrale, compte tenu du fait qu'il ressemble beaucoup au régime actuel.

Tableau 10 Comparaison de la disponibilité d'habitat (APU) associée aux conditions d'exploitation actuelle et future aux deux sites modélisés

Période biologique	Dates	Conditions d'exploitation						Comparaison des conditions futures aux conditions actuelles (% de l'APU)	
		Actuelle			Future				
		Débit moyen (m^3/s)	APU moyen (m^2)		Débit moyen (m^3/s)	APU moyen (m^2)			
			PK 75,5	PK 68,5		PK 75,5	PK 68,5	PK 75,5	PK 68,5
Fraie printanière des meuniers	20 au 31 mai	23	30217	25574	23	30217	25574	100	100
	1er juin au 5 juillet	108[1]	46405	29726	78[2]	42715	30584	92	103
Alimentation estivale	1er juillet au 14 septembre	118[1]	74491	45535	61	71596	53025	96	116
Fraie automnale de l'omble de fontaine	15 au 30 septembre	109[1]	32907	19919	62	29749	22843	90	115
	1er octobre au 31 octobre	9	25970	19768	9	25970	19768	100	100

Périodes pendant lesquelles le débit réservé est effectif.
La superficie en APU produite par ce scénario de débit est supérieure (>100%)
La superficie en APU produite par ce scénario de débit est légèrement inférieure (>90% et <100%)

[1] : Le débit moyen en conditions d'exploitation actuelle correspond aux valeurs mesurées à la station hydrométrique du PK 75, soit le débit turbiné (environ 100 m^3/s) additionné au débit du tronçon court-circuité

[2] : Le débit moyen en conditions d'exploitation future correspond au débit réservé (55 m^3/s) additionné au débit moyen du tronçon court-circuité spécifique à la période considérée

5 Conclusion

La présente étude avait pour objectif de faire une analyse de la disponibilité d'habitat associée à deux scénarios de débits, soit les conditions d'exploitation actuelles en comparaison aux conditions d'exploitation futures, à la suite du suréquipement de la centrale. Cette analyse fait ressortir qu'au site du PK 68,5, qui est représentatif de l'ensemble du tronçon aval de la centrale SM-3, les conditions d'exploitation futures procureront généralement davantage d'habitats de fraie au printemps (pour les meuniers) et à l'automne (pour l'omble de fontaine) que les conditions actuelles d'exploitation. Il en va de même pour les habitats d'alimentation pendant la période estivale.

Au site du PK 75,5, un endroit plus sensible aux variations de débit en raison de la présence de plusieurs hauts-fonds, les conditions d'exploitation futures procureront autant d'habitat que les conditions actuelles lorsque la centrale est en arrêt (au début de la fraie des meuniers au printemps et à la fin de la fraie de l'omble de fontaine à l'automne), mais légèrement moins durant les autres périodes (fin de la période de fraie printanière, début de la période de fraie automnale et période d'alimentation estivale).

En ce qui concerne l'incubation, l'analyse des superficies de frayères de meilleure qualité (indice $\geq 0,5$) aux deux sites d'étude montre que ces aires demeurent en grande partie ennoyées pendant tout l'hiver, et ce, même lors des épisodes d'arrêt de production.

En somme, l'analyse de disponibilité d'habitat aquatique montre que le patron d'exploitation futur, qui comporte des périodes de pointes plus intenses à l'hiver mais qui demeure tout de même très proche du patron actuel pour les autres saisons, n'occasionne pas de baisse de superficie et de qualité d'habitat notable pour les périodes et les espèces considérées. Pour ce qui est de la période estivale, le respect du débit réservé actuellement prescrit de juin à septembre permettra le maintien de conditions relativement stables de débits durant la période d'alimentation, comme c'est le cas actuellement. Cette mesure est bénéfique pour les communautés de poissons, notamment en limitant les étiages estivaux et en assurant un apport d'eau fraiche venant du réservoir. L'arrêt du turbinage pendant la fraie de l'omble de fontaine, recommandé dans le patron d'exploitation futur, est aussi bénéfique puisqu'il favorise l'utilisation de frayères qui demeurent ennoyées même lors d'arrêts de production qui surviendraient pendant l'incubation des œufs.

Références bibliographiques

BÉRUBÉ, A. et M. Belles-Isles. 2011. Suréquipement de la centrale Sainte-Marguerite-3 – Communautés de poissons et leurs habitats dans le tronçon de rivière en aval de la centrale Sainte-Marguerite-3 – Rapport d'activités. Rapport réalisé pour Hydro-Québec Équipement et services partagés. 35 p. et annexes.

BOUDREAULT, A. 1984. *Méthodologie utilisée pour la photo-interprétation des rivières à saumon de la Côte-Nord*. Étude réalisée par le Gilles Shooner Inc. pour le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Direction de la faune aquatique. 26 p.

BOVEE, K.D. 1982. *A guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. Instream Flow Information Paper no. 12. U.S. D.I. Fish and Wildlife Service, Office of biological Services. (FWS/OBS-82/26). 248 p.

DRISCOLL, F. G. 1986. *Groundwater and Wells*. 2e edition. Johnson Division, Saint Paul, Minnesota. 1089 p.

DEVRIES P. 1997. Riverine salmonid egg burial depths: review of published data and implications for scour Studies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 1685–1698.

EDWARDS, E. A. 1983. *Habitat suitability index models: Longnose sucker*. U.S. Dept. Int., Fish Wild. Serv. FWS/OBS-82/10.35. 21 pp.

FAPAQ, 1999. *Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats*. Faune et Parcs Québec. Direction de la faune et des habitats. 23 p.

GENIVAR. 2004. *Projet de centrale Eastmain-1-A et dérivation Rupert. Détermination du régime de débits réservés écologiques*. Rapport sectoriel. Belzile, L., Pelletier, P., Guay, J-C., Girard, I. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil inc. pour Hydro-Québec et la Société d'énergie de la Baie-James. 92 p. et annexes.

GORE, J.A. 1989. Case histories of instream flow analyses for permitting an environmental impact assessment in the United States. *Sth. Afr. J. Aquat. Sci*., vol. 16 (1989), p. 194-208.

GOSSE, J. C. 1982. *Microhabitat of rainbow and cutthroat trout in the Green River below Flaming Gorge Dam.* Final report, contract 81 5049. Utah Division of Wildlife Resources, Salt Lake City. 114 p.

GROUPE CONSEIL GENIVAR. 2002. *Régularisation des crues du bassin versant du lac Kénogami. Étude d'impact sur l'environnement. Détermination des débits réservés écologiques*. Rapport sectoriel présenté à la direction Expertise et Support technique de production de l'Unité hydraulique et environnement d'Hydro-Québec. 48 pages et 5 annexes.

HYDRO-QUÉBEC. 2001. *Projet SM-3A. Installation du troisième groupe*. Étude hydraulique du bief SM2-SM-3. HQ-DPPE-HG-RA-2001-0042-01. 9 pages + figures et annexes.

JIRKA, K.J. et J. HOMA Jr. 1990. Development and preliminary evaluation of suitability index curves for juvenile brook trout. *Rivers* 1: 207-217.

LECLERC, M., SAINT-HILAIRE, A. ET J.-A. BECHARA. 2003. *État des connaissances et perspectives de la modélisation d'habitats pour la détermination des débits réservés. Canadian Water Ressources Journal*, vol. 28 (2003), p. 153-171.

MALENFANT, C. 2025. *Sainte-Marguerite-3 : Évaluation des débits journaliers pour les études environnementales*. Note technique produite par Hydro-Québec. Version préliminaire. 12 p.

MASSICOTTE, B., THERRIEN, J., BILODEAU, F. 2019. Aménagement hydroélectrique de la Sainte-Marguerite-3. Suivi environnemental 2017 en phase exploitation. Suivi des teneurs en mercure dans la chair des poissons. Préparé pour Hydro-Québec. 42 p. et annexes. Version finale.

NEITZEL D.A. & C. Dale BECKER. 1985. Tolerance of Eggs, Embryos, and Alevins of Chinook Salmon to Temperature Changes and Reduced Humidity in Dewatered Redds, Transactions of the American Fisheries Society, 114:2, 267-273.

NESTLER, J.M., MILHOUS, R.T. et J.B. LAYZER. 1989. *Instream habitat modeling techniques*. *In* Gore J.A., Petts G.E., eds., Alternatives in regulated river management. 295-315, CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.

PADOAN, F., G. CALVANI, G. DE CESARE, J. BRODERSEN, C.T. ROBINSON et P. PERONA. 2024. Ecological and biogeomorphological modelling of brown trout (Salmo trutta L.): Hints for improvements. *River Res. Applic*. 2024;1–22.

RALEIGH, R. F., L. D. ZUCKERMAN et P. C. NELSON. 1984. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: for brown trout. U.S. Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-82/10.71. 71 p.

REISER D. W., THOMAS, T. A. et C. ESTES. 1989. *Status of instream flow legislation and practice in North America. Fisheries*, vol. 14 (1989), p. 22-29.

REISER D. W et R.G. WHITE. 1983. Effects of Complete Redd Dewatering on Salmonid Egg-Hatching Success and Development of Juveniles, Transactions of the American Fisheries Society, 112:4, 532-540

ROCHE. 1994. *Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite 3*. Avis d'expert concernant les débits minima pour les poissons en aval de SM-3 et SM-2. 10 pages + annexes.

SCOTT, D. et C.S. SHIRVELL. 1987. *A critique of the instream flow incremental methodology and observations on flow determination in New Zealand*. *In* Craig, J.F., Kemper, J.B., eds. Regulated Streams. Advances in Ecology, 27-43, Plenum Press, New York.

SCRUTON, D.A., J. HEGGENES, S. VALENTIN, A. HARBY et T.H. BAKKEN. 1996. *Field sampling design and spatial scale in habitat-hydraulic modelling : comparison of three models.* p. B307-B321. Comptes-rendus du 2e symposium international de l'AIHR sur l'hydraulique et les habitats. Leclerc, M. et al. (ed.). 1996. Écohydraulique 2000. Sainte-Foy, Québec, Canada, Volume B : xviii + 995 p.

SRBC (SUSQUEHANNA RIVER BASIN COMMISSION). 1998. *Instream flow studies –Pennsylvania and Maryland.* Susquehanna River Basin Commission, publication 191. Street, Harrisburg, PA. 206 pages + annexes.

SOUCHON, Y., TROCHERIE, F., FRAGNOUD, E. et C. LACOMBE. 1989. *Les modèles numériques des micro-habitats des poissons : application et nouveaux développements. Rev. Sci. Eau*, vol. 2 (1989), p. 807-830.

TWOMEY, K. A., K. L. Williamson, et P. C. Nelson. 1984. *Habitat suitability index models and instream flow suitability curves: White sucker*. U.S. Fish Wildl. Serv. FWS/OBS-82/10.64. 56 pages.

USACE (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS). 2024a. *HEC-RAS 6.6 User's Manual*.

USACE (U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS). 2024b. *HEC-RAS 6.6 Hydraulic Reference Manual*.

WHITE, M. WHEELER, K. HUDSON R.R. et MURDOCK J. 2022. Salmon of the Southeastern U.S.: Sucker migrations deliver resource subsidies to oligotrophic stream. Ecol Freshw Fish. 2023;32:181–194.

WSP. 2024. Campagne de relevés bathymétriques et hydrométriques - Rapport de mission - Rapport réalisé pour Hydro-Québec. 13 pages et annexes.

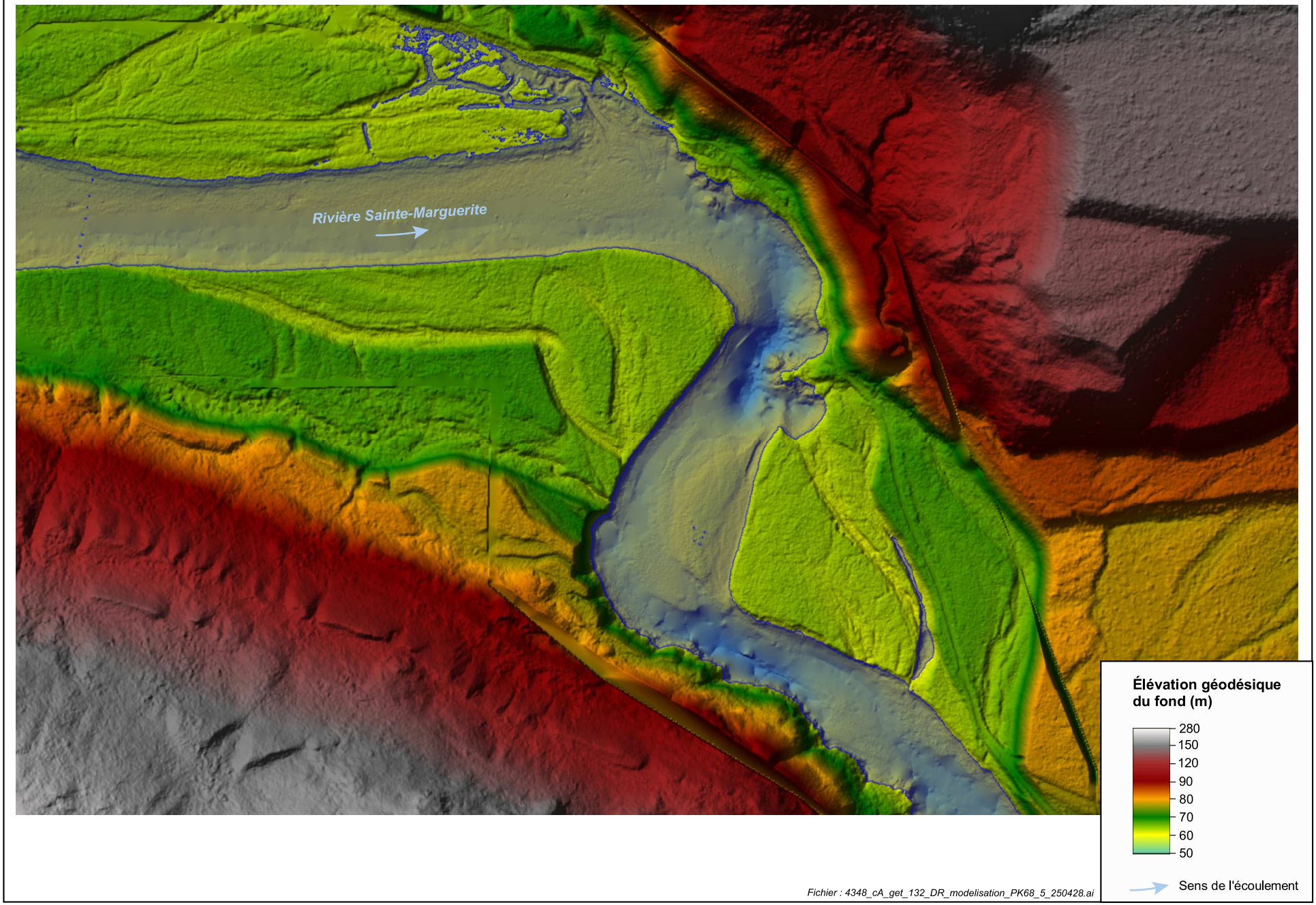
YOUNG M.K. et W.A. HUBERT. 1989. Substrate Alteration by Spawning Brook Trout in a Southeastern Transactions of the American Fisheries Society I, 18:379-385.

ANNEXE

A

MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN (SITE DU PK 68,5)

Annexe A **Modèle numérique de terrain du site de modélisation 2D du PK 68,5**



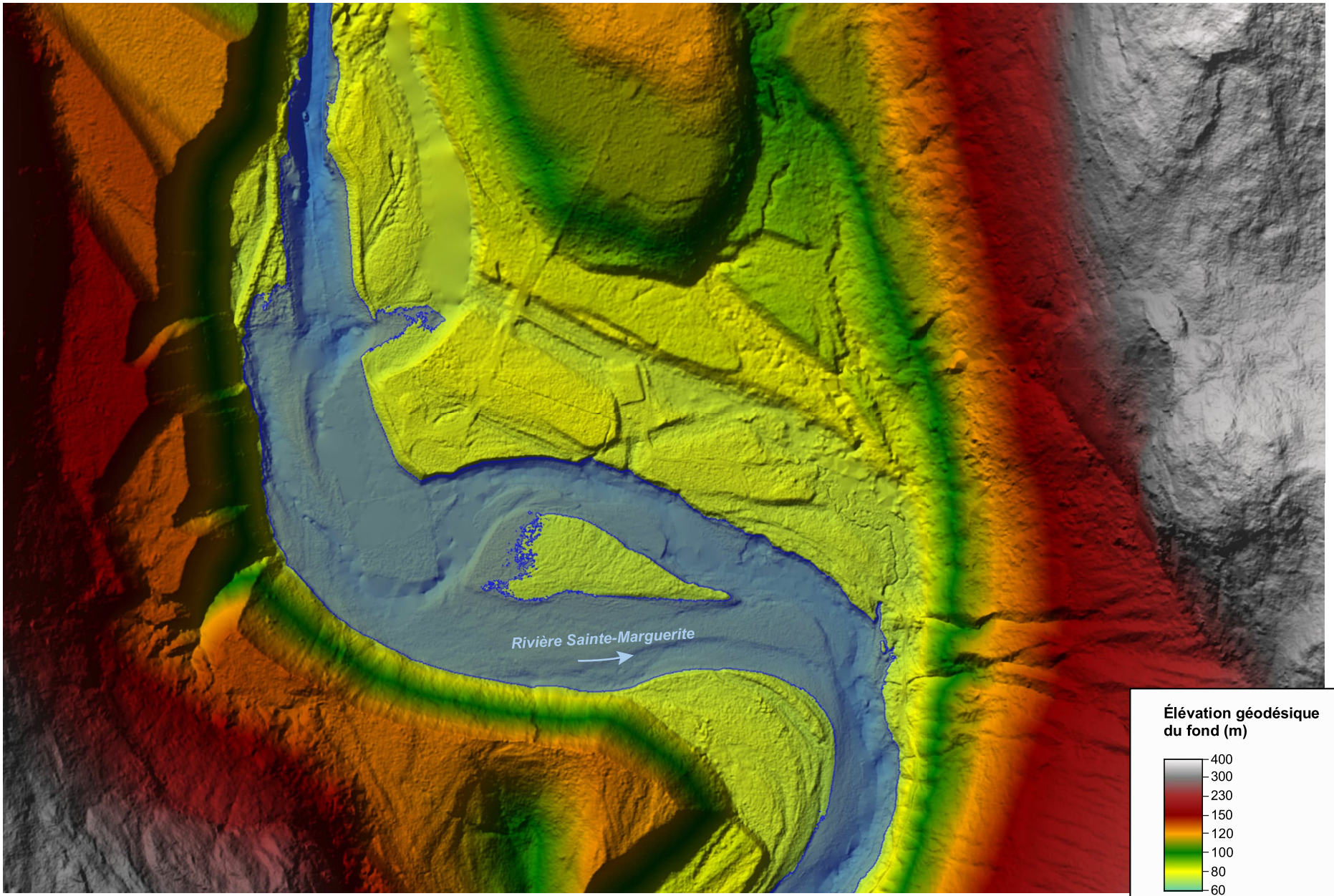
Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

ANNEXE

B

MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN (SITE DU PK 75,5)

Annexe B **Modèle numérique de terrain du site de modélisation 2D du PK 75,5**



Fichier : 4348_cB_get_131_DR_modelisation_PK75_5_250521.ai

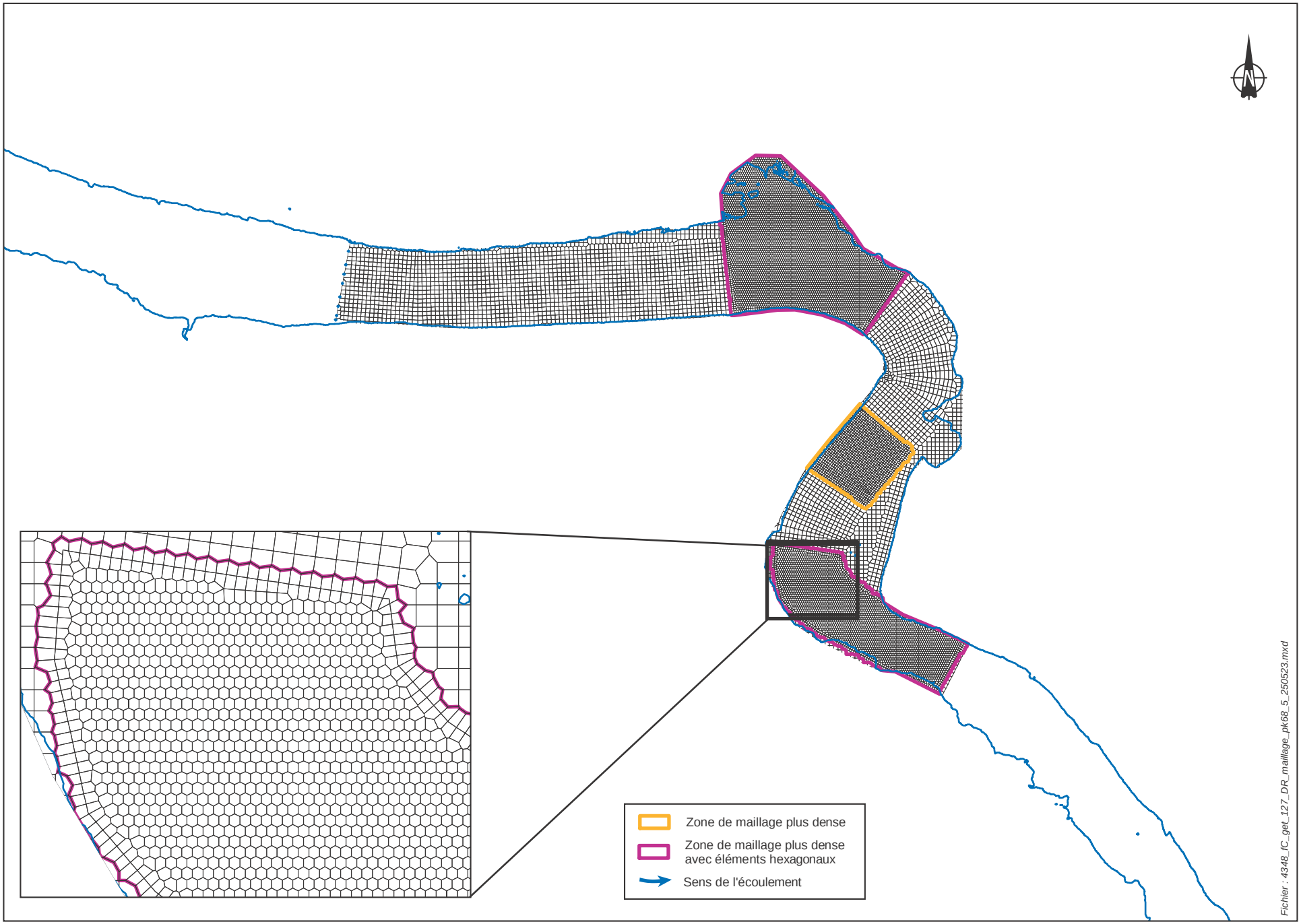
Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

ANNEXE

C

MAILLAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN AU SITE DU PK 68,5

Annexe C **Maillage des modèles hydrodynamiques aux sites du PK 68,5 de la rivière Sainte-Marguerite**

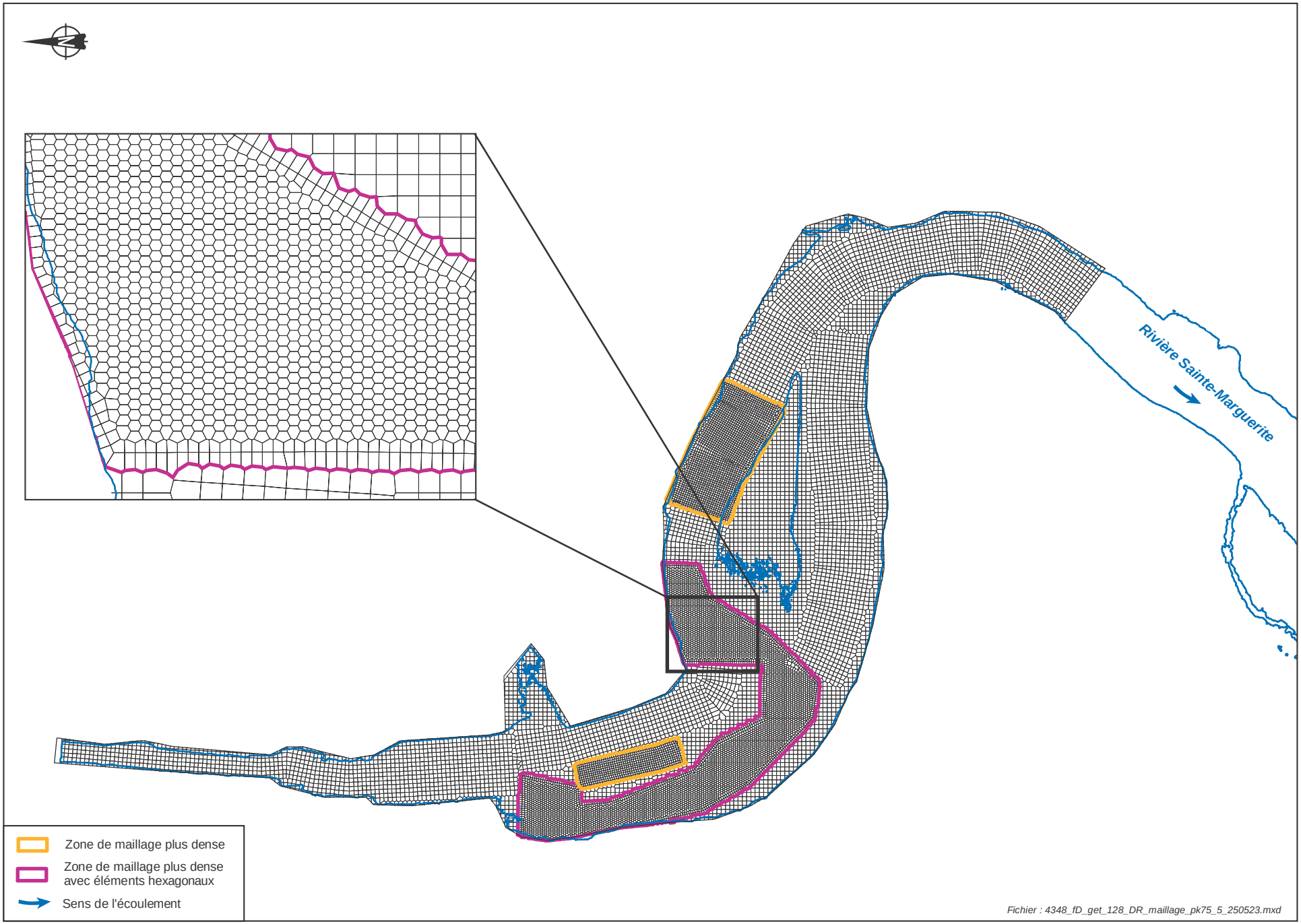


ANNEXE

D

MAILLAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN AU SITE DU PK 75,5

Annexe D **Maillage des modèles hydrodynamiques aux sites du PK 75,5 de la rivière Sainte-Marguerite**



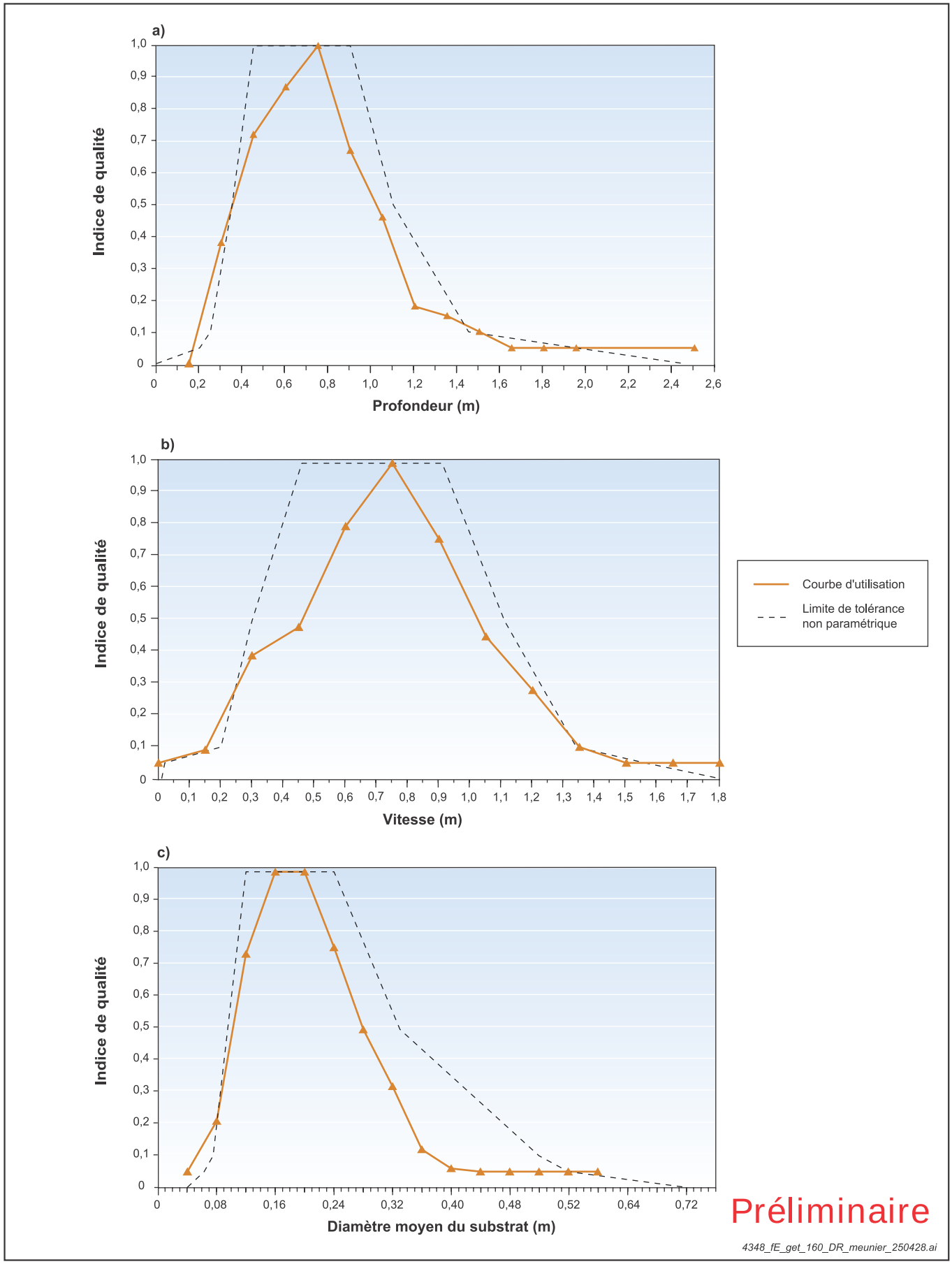
ANNEXE

E

MODÈLE D'HABITAT (IQH) POUR LA REPRODUCTION DES MEUNIERS; 1) PROFONDEUR, 2) VITESSE ET 3) SUBSTRAT

Annexe E

Modèle d'habitat (IQH) pour la reproduction des meuniers : a) profondeur, b) vitesse et c) substrat



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

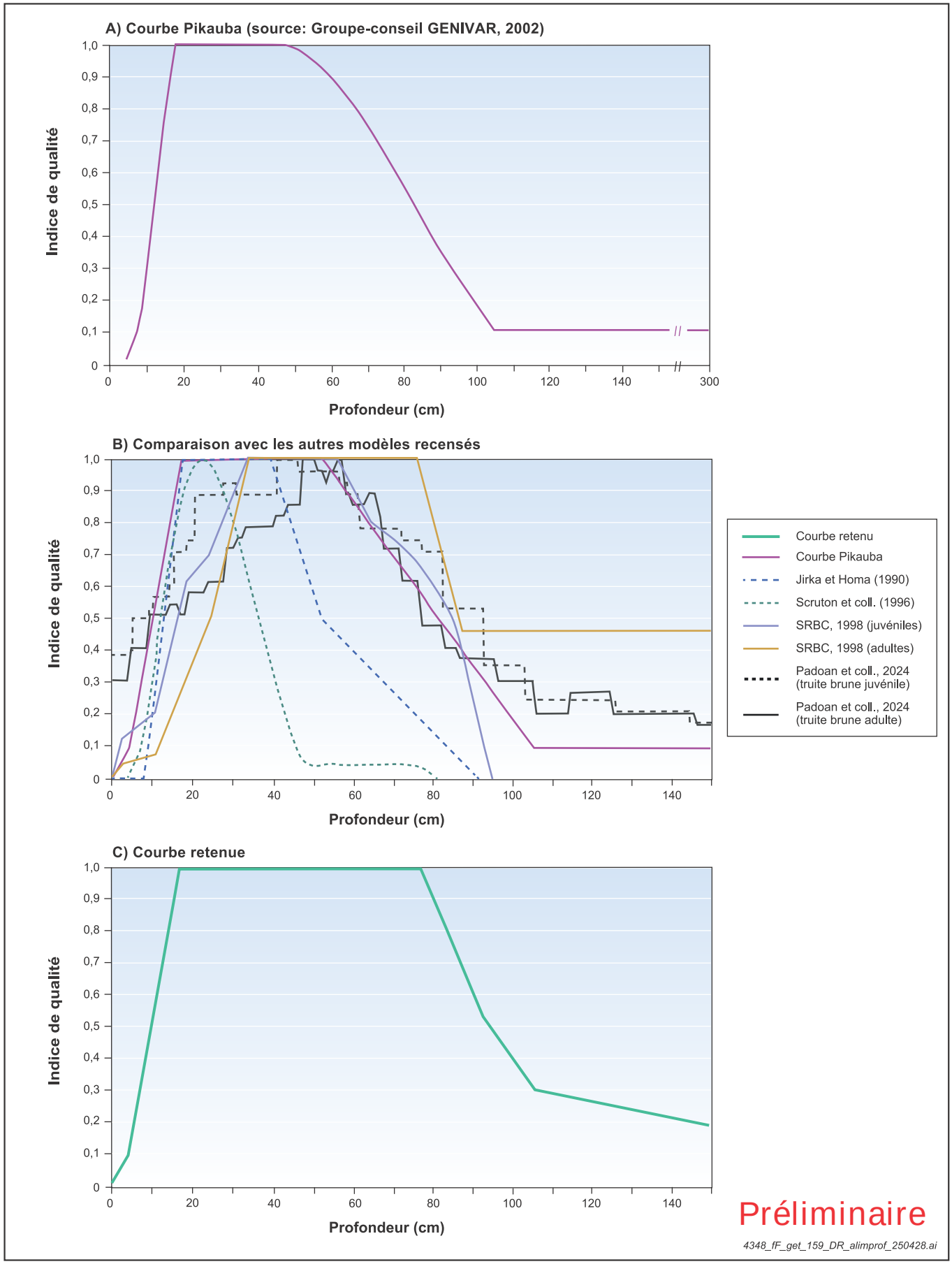
ANNEXE

F

COURBES DE PRÉFÉRENCE (IQH) DE LA PROFONDEUR POUR L'ALIMENTATION DE L'OMBLE DE FONTAINE; 1) COURBE PIKAUBA, 2) COMPARAISON AVEC LES AUTRES MODÈLES RECENSÉS ET 3) COURBE RETENUE

Annexe F

Courbes de préférence (IQH) de la profondeur pour l'alimentation de l'omble de fontaine. A) courbe Pikauba, B) comparaison avec les autres modèles recensés et C) courbe retenue



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

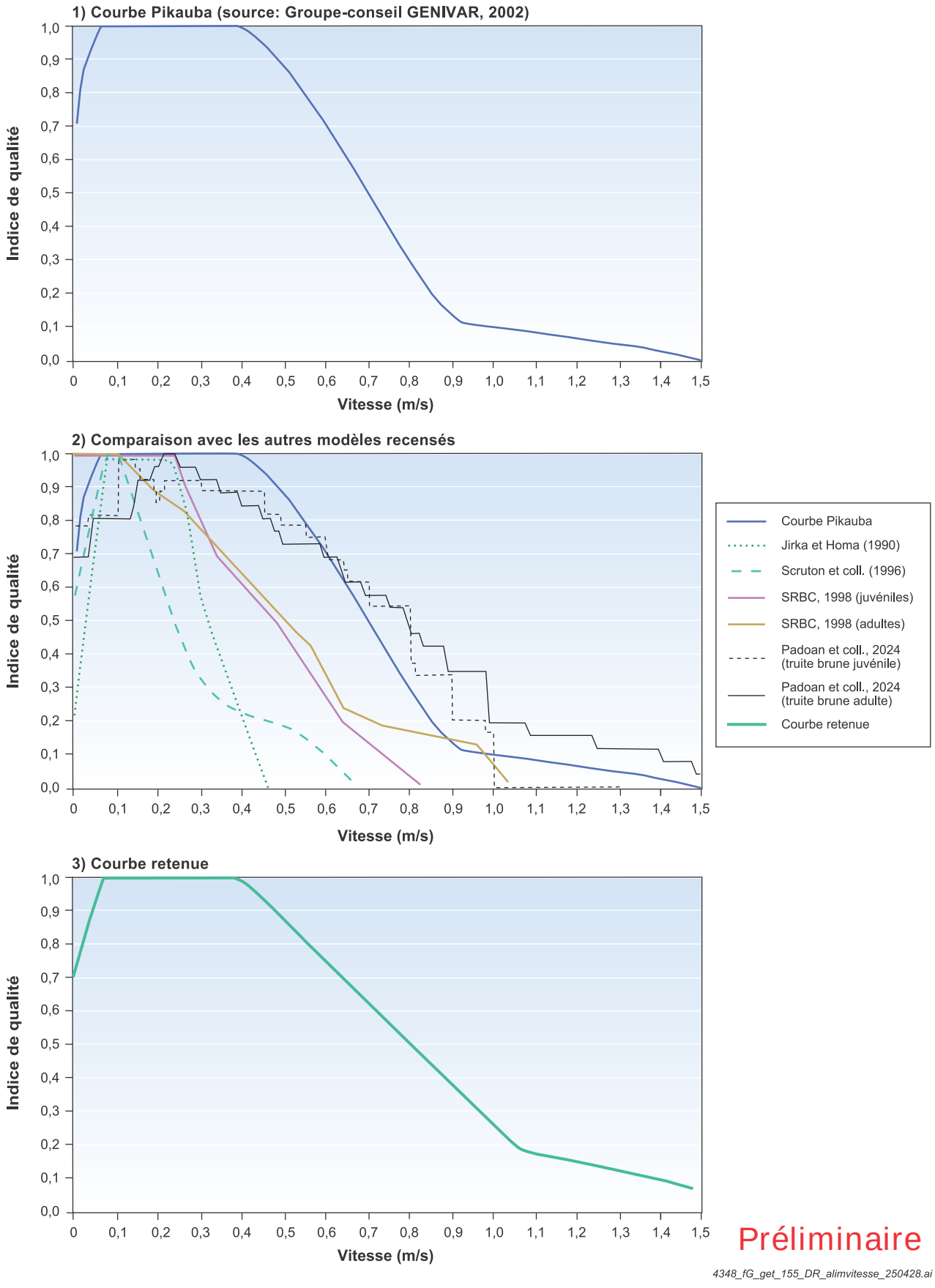
ANNEXE

G

COURBES DE PRÉFÉRENCE (IQH) DE LA VITESSE POUR L'ALIMENTATION DE L'OMBLE DE FONTAINE; 1) COURBE PIKAUBA, 2) COMPARAISON AVEC LES AUTRES MODÈLES RECENSÉS ET 3) COURBE RETENUE

Annexe G

Courbes de préférence (IQH) de vitesse pour l'alimentation de l'omble de fontaine, 1) courbe Pikauba, 2) comparaison avec les autres modèles recensés et 3) courbe retenue



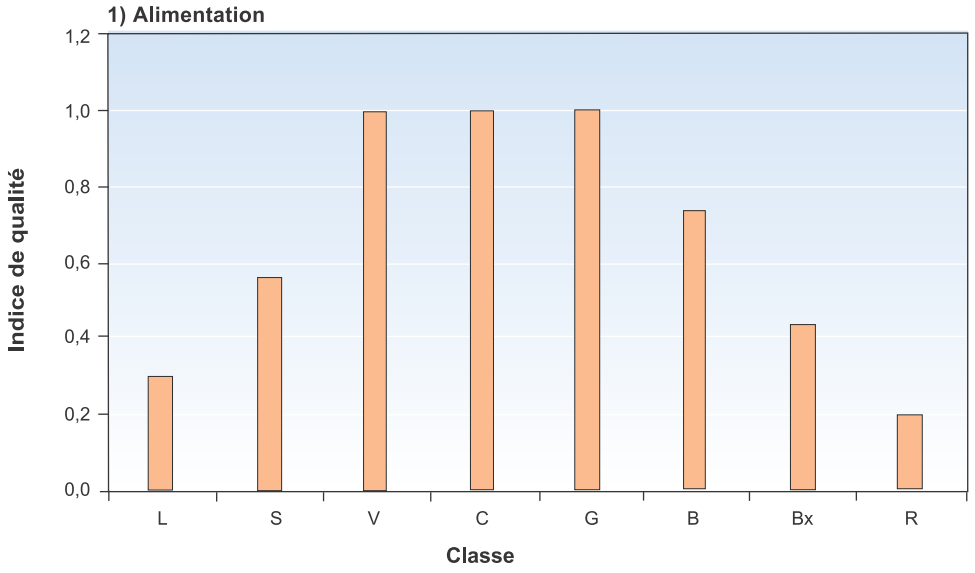
Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

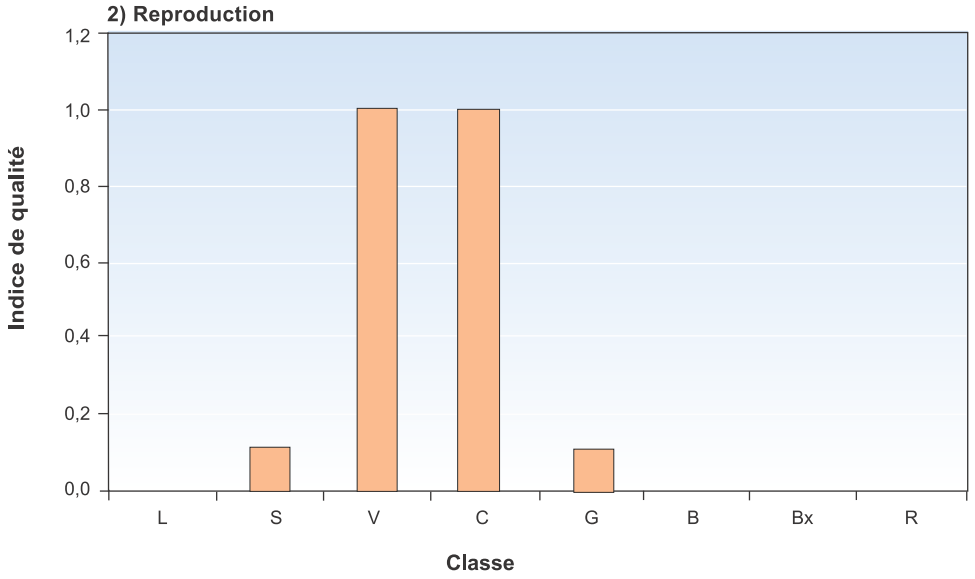
ANNEXE

H

COURBES DE PRÉFÉRENCE (IQH) DU SUBSTRAT POUR L'ALIMENTATION DE L'OMBLE DE FONTAINE; 1) ALIMENTATION ET 2) REPRODUCTION

Annexe H **Courbes de préférence (IQH) de substrat pour l'alimentation de l'omble de fontaine, 1) alimentation; 2) reproduction**





Classe	Abréviation	Diamètre (mm)
Roc	R	—
Bloc métrique	Bx	> 500
Bloc	B	250 à 500
Galet	G	80 à 250
Caillou	C	40 à 80
Gravier	V	5 à 40
Sable	S	0,125 à 5
Limon	L	< 0,125

Préliminaire

Source : Groupe-conseil GENIVAR, 2002

4348_fH_get_156_DR_alimsubstrat_250428.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

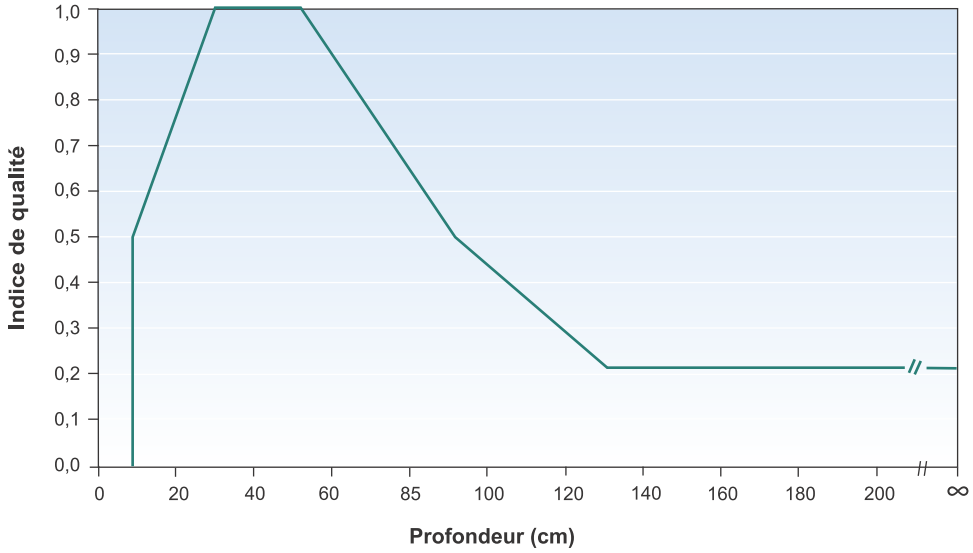
ANNEXE

I

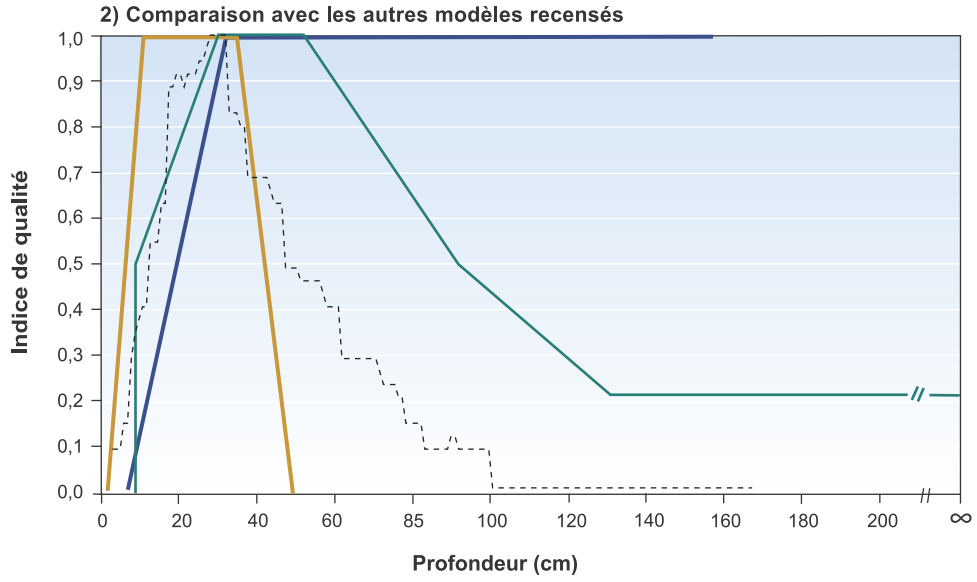
COURBES DE PRÉFÉRENCE (IQH) DE LA PROFONDEUR POUR LA REPRODUCTION DE L'OMBLE DE FONTAINE; 1) COURBE PIKAUBA ET 2) COMPARAISON AVEC LES AUTRES MODÈLES RECENSÉS

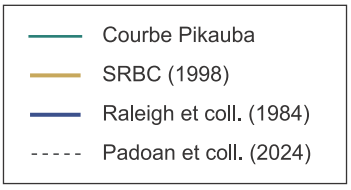
Annexe I **Courbes de préférence (IQH) de profondeur pour la reproduction de l'omble de fontaine, 1) courbe Pikauba et 2) comparaison avec les autres modèles recensés**

1) Courbe Pikauba (source: Groupe-conseil GENIVAR, 2002)



2) Comparaison avec les autres modèles recensés





Préliminaire

4348_fl_get_157_DR_reprodprof_250425.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

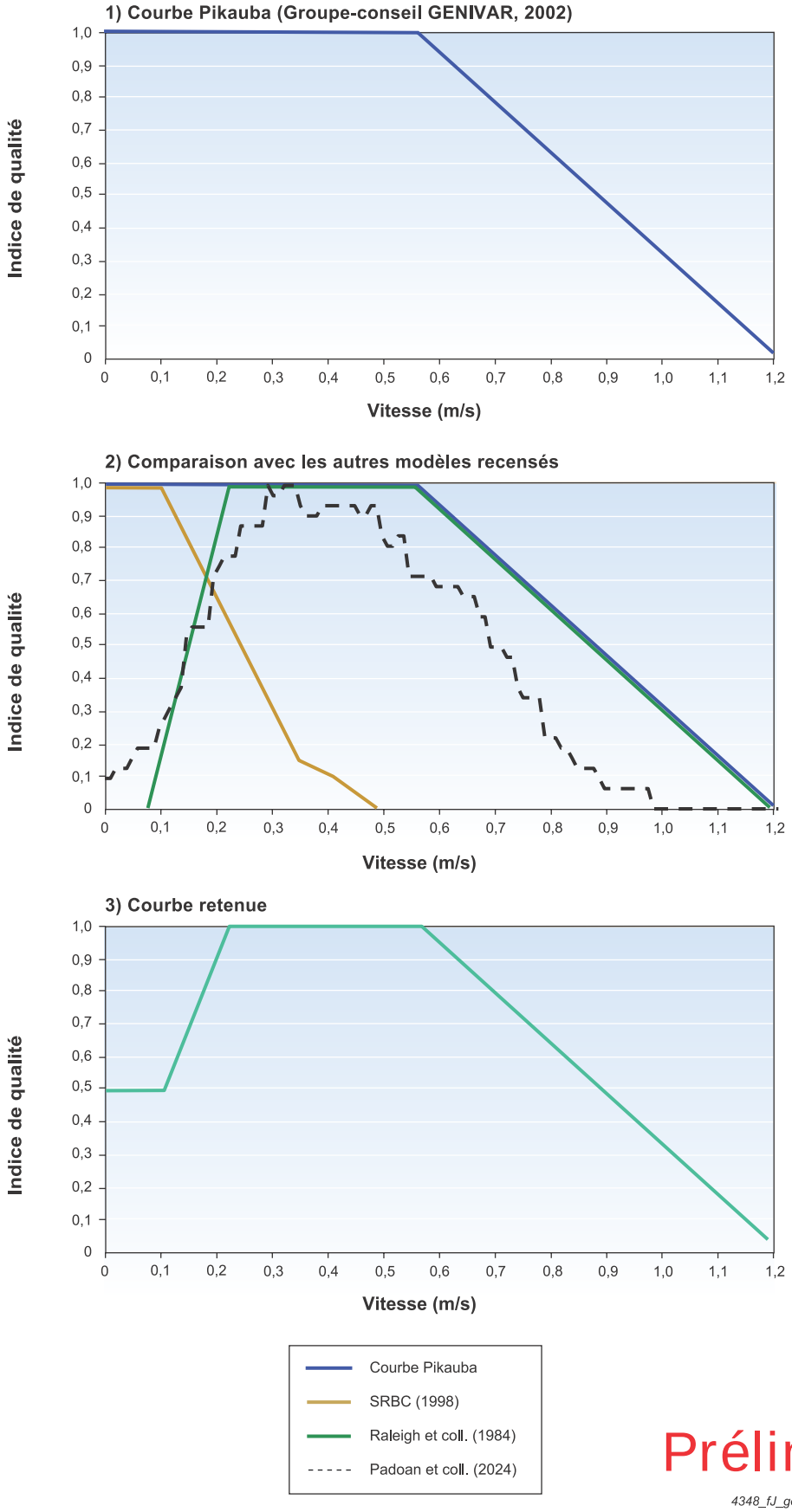
ANNEXE

J

COURBES DE PRÉFÉRENCE (IQH) DE LA VITESSE POUR LA REPRODUCTION DE L'OMBLE DE FONTAINE; 1) COURBE PIKAUBA, 2) COMPARAISON AVEC LES AUTRES MODÈLES RECENSÉS ET 3) COURBE RETENUE

Annexe J

Courbes de préférence (IQH) de vitesse pour la reproduction de l'omble de fontaine, 1) courbe Pikauba, 2) comparaison avec les autres modèles recensés et 3) courbe retenue



Préliminaire

4348_fJ_get_158_DR_reprodvitesse_250425.ai

Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

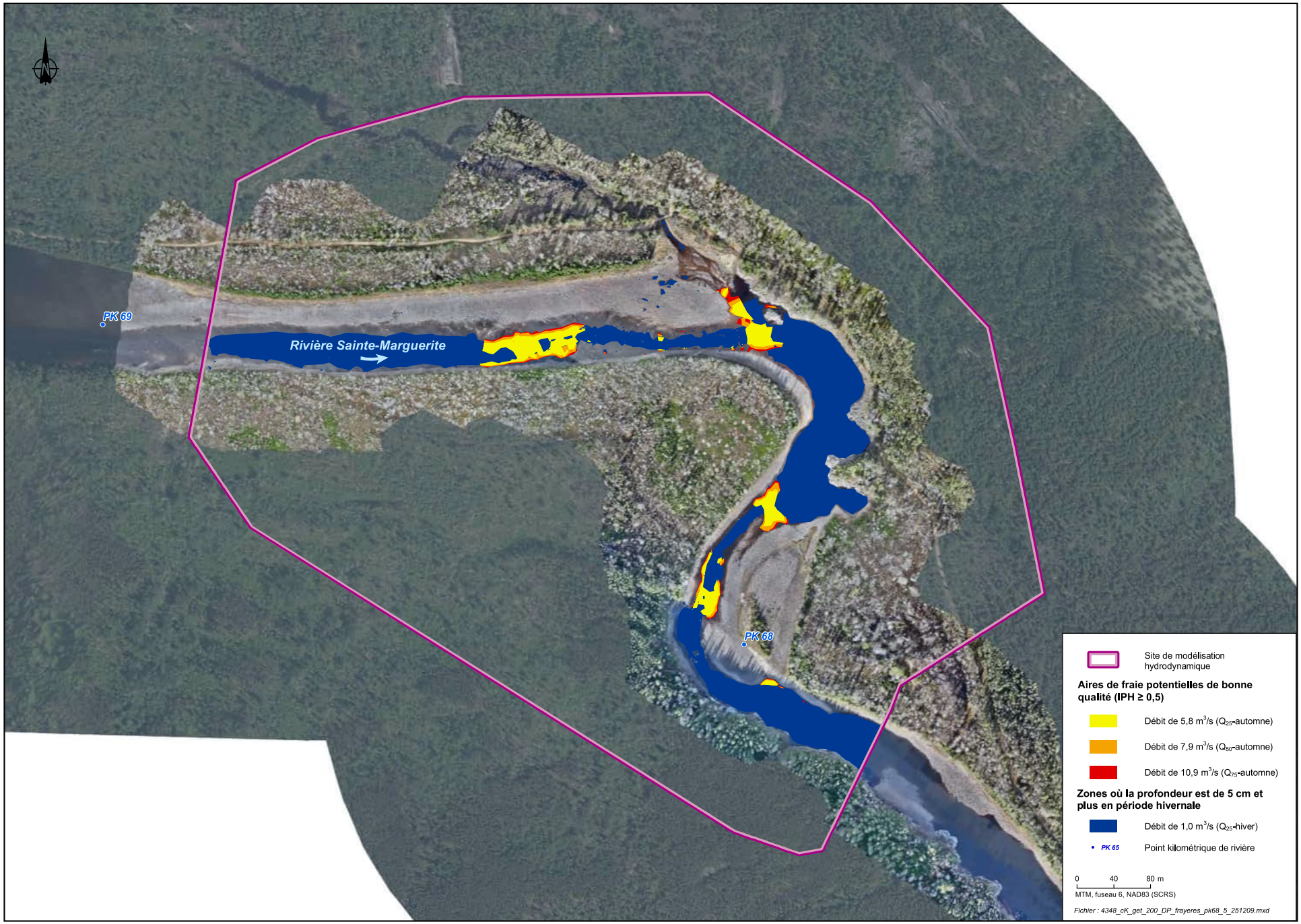
ANNEXE

K

COMPARAISON DES LIMITES DES MEILLEURES AIRES DE FRAIE (IPH DE 0,5 ET PLUS) À L'AUTOMNE AUX DÉBITS CORRESPONDANT AUX PERCENTILES 25, 50 ET 75 DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITÉ ET DES ZONES ENNOYÉES (PROFONDEUR SUPÉRIEURE À 5 CM) EN HIVER AU DÉBIT DU PERCENTILE 25 AU SITE DU PK 68,5

Annexe K

Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 25 au site du PK 68,5



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

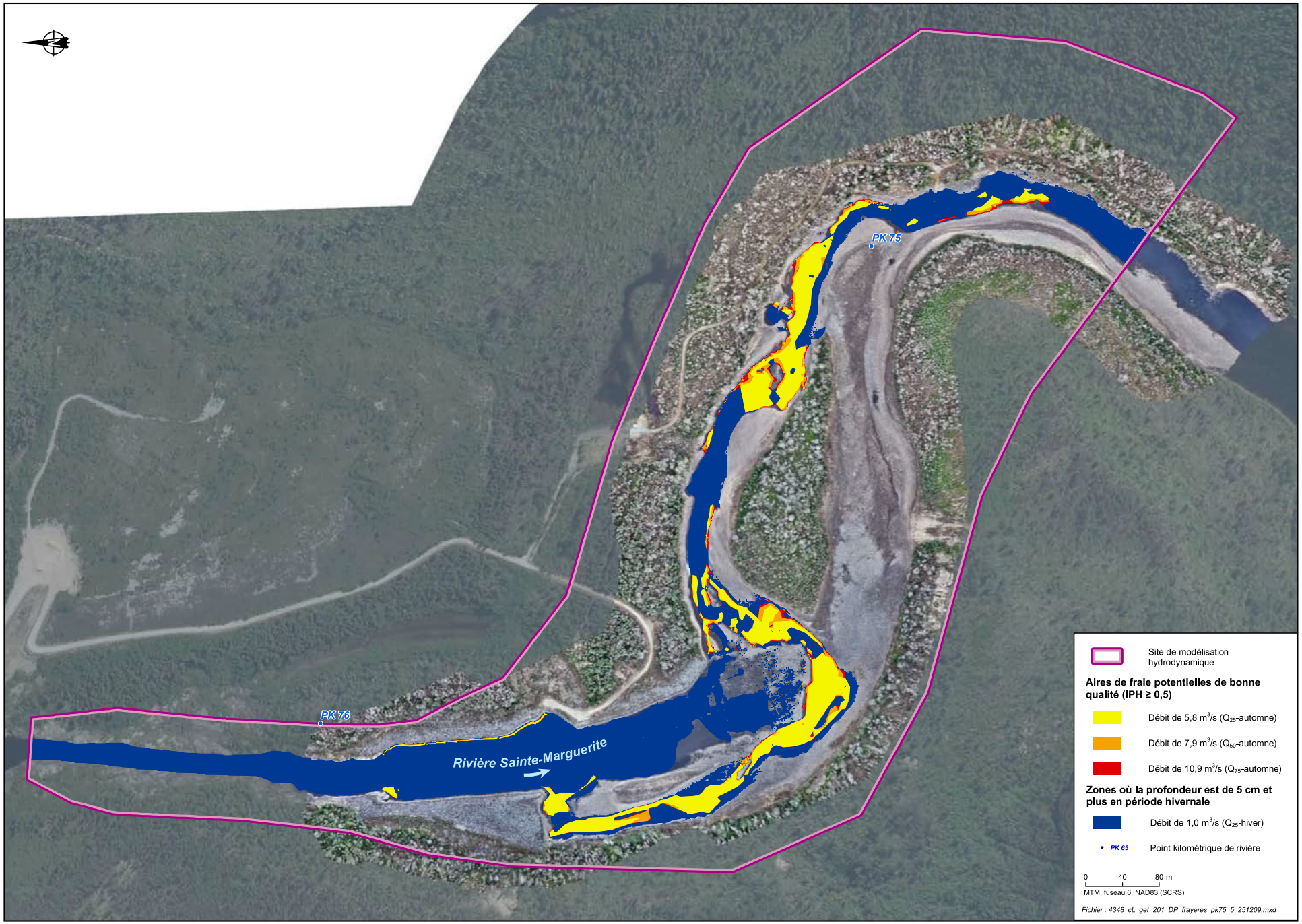
ANNEXE

L

COMPARAISON DES LIMITES DES MEILLEURES AIRES DE FRAIE (IPH DE 0,5 ET PLUS) À L'AUTOMNE AUX DÉBITS CORRESPONDANT AUX PERCENTILES 25, 50 ET 75 DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITÉ ET DES ZONES ENNOYÉES (PROFONDEUR SUPÉRIEURE À 5 CM) EN HIVER AU DÉBIT DU PERCENTILE 25 AU SITE DU PK 75,5

Annexe L

Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 25 au site du PK 75,5.



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

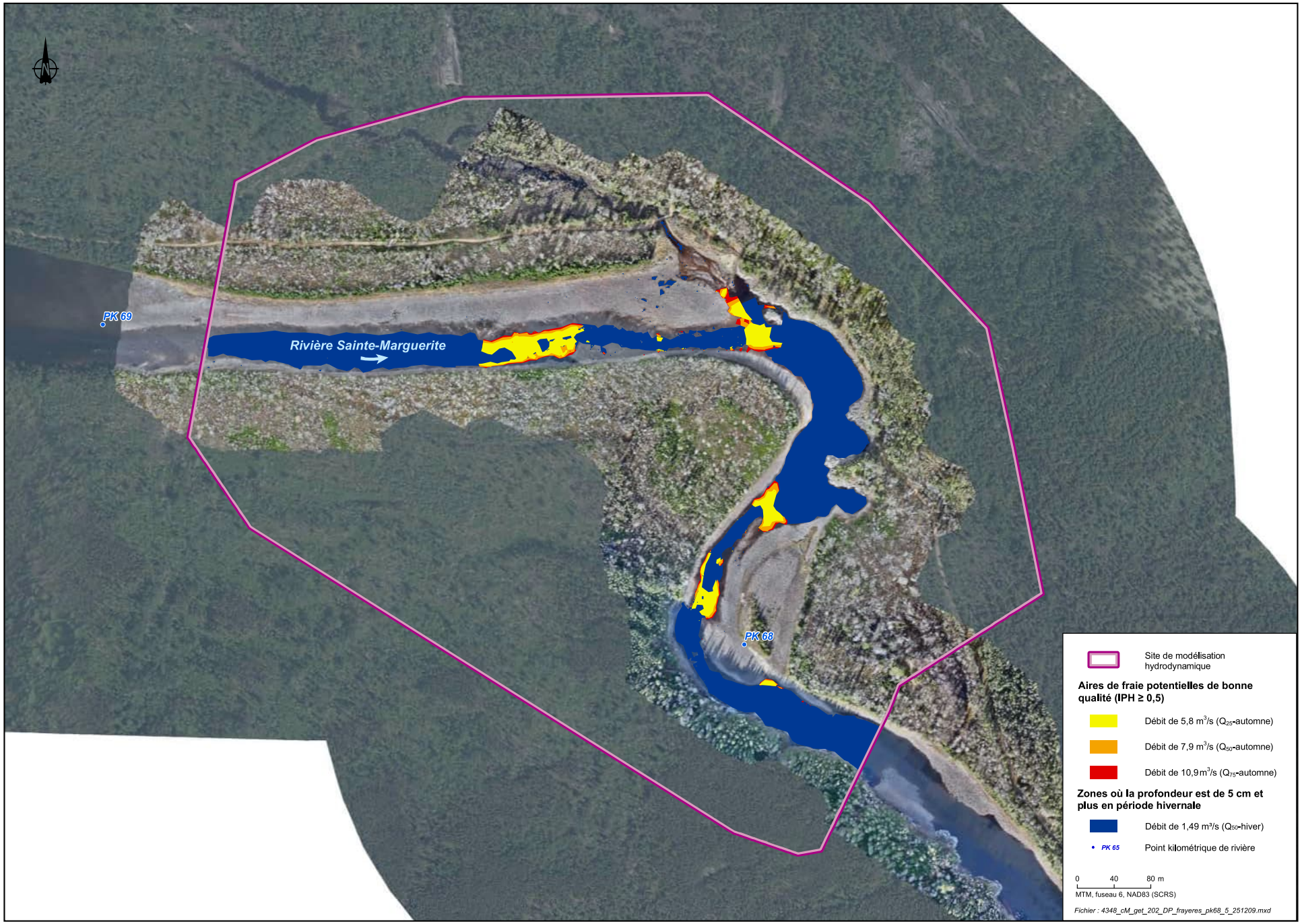
ANNEXE

M

COMPARAISON DES LIMITES DES MEILLEURES AIRES DE FRAIE (IPH DE 0,5 ET PLUS) À L'AUTOMNE AUX DÉBITS CORRESPONDANT AUX PERCENTILES 25, 50 ET 75 DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITÉ ET DES ZONES ENNOYÉES (PROFONDEUR SUPÉRIEURE À 5 CM) EN HIVER AU DÉBIT DU PERCENTILE 50 AU SITE DU PK 68,5

Annexe M

Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 50 au site du PK 68,5



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

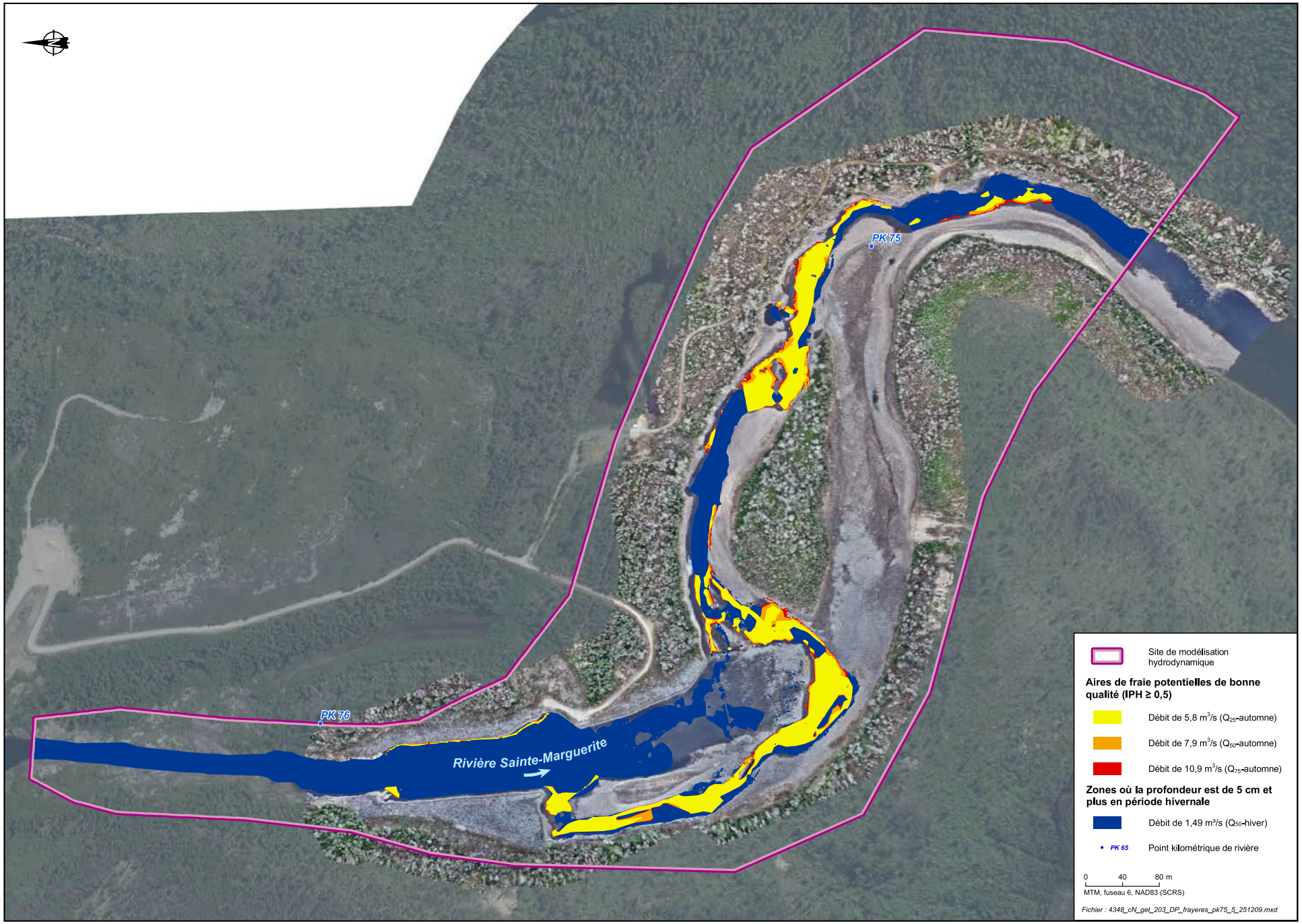
ANNEXE

N

COMPARAISON DES LIMITES DES MEILLEURES AIRES DE FRAIE (IPH DE 0,5 ET PLUS) À L'AUTOMNE AUX DÉBITS CORRESPONDANT AUX PERCENTILES 25, 50 ET 75 DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITÉ ET DES ZONES ENNOYÉES (PROFONDEUR SUPÉRIEURE À 5 CM) EN HIVER AU DÉBIT DU PERCENTILE 50 AU SITE DU PK 75,5

Annexe N

Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 50 au site du PK 75,5



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

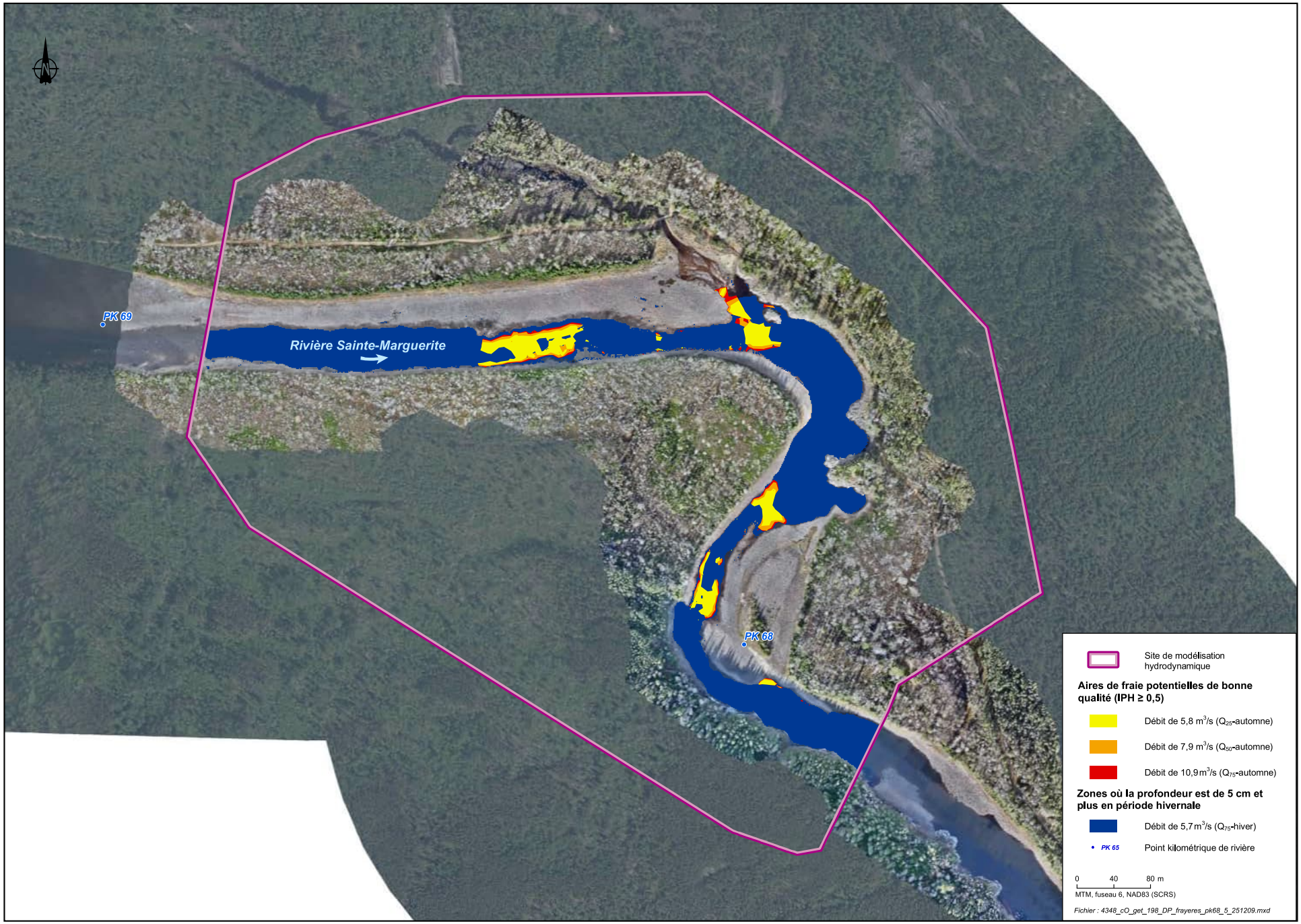
ANNEXE

O

COMPARAISON DES LIMITES DES MEILLEURES AIRES DE FRAIE (IPH DE 0,5 ET PLUS) À L'AUTOMNE AUX DÉBITS CORRESPONDANT AUX PERCENTILES 25, 50 ET 75 DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITÉ ET DES ZONES ENNOYÉES (PROFONDEUR SUPÉRIEURE À 5 CM) EN HIVER AU DÉBIT DU PERCENTILE 50 AU SITE DU PK 68,5

Annexe O

Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 75 au site du PK 68,5



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

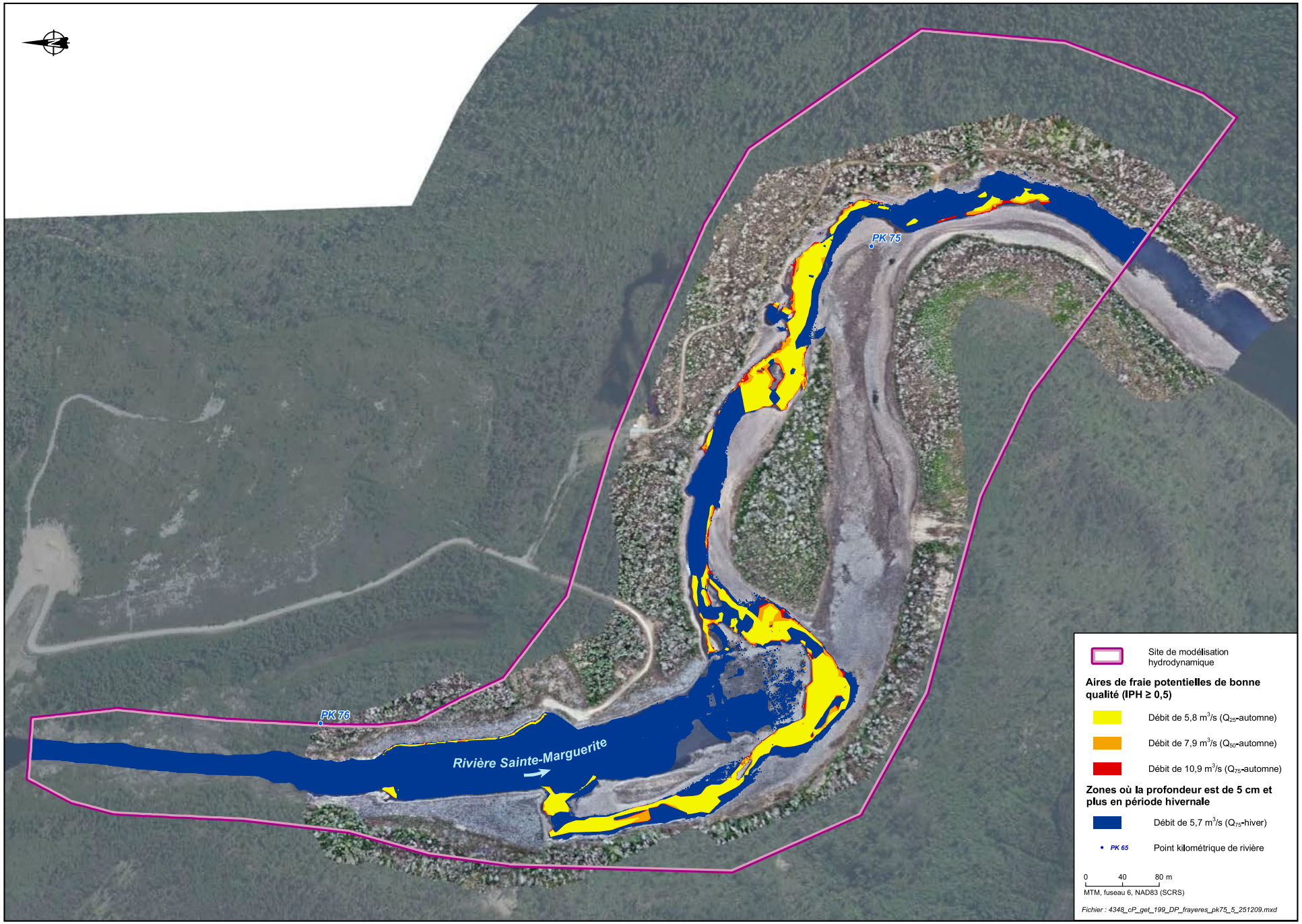
ANNEXE

P

COMPARAISON DES LIMITES DES MEILLEURES AIRES DE FRAIE (IPH DE 0,5 ET PLUS) À L'AUTOMNE AUX DÉBITS CORRESPONDANT AUX PERCENTILES 25, 50 ET 75 DANS LE TRONÇON COURT-CIRCUITÉ ET DES ZONES ENNOYÉES (PROFONDEUR SUPÉRIEURE À 5 CM) EN HIVER AU DÉBIT DU PERCENTILE 75 AU SITE DU PK 75,5

Annexe P

Comparaison des limites des meilleures aires de fraie (IPH de 0,5 et plus) à l'automne aux débits correspondant aux percentiles 25, 50 et 75 dans le tronçon court-circuité et des zones ennoyées (profondeur supérieure à 5 cm) en hiver au débit du percentile 75 au site du PK 75,5



Document d'information destiné aux publics concernés par le projet. Pour tout autre usage, communiquer avec l'unité Géomatique, à Hydro-Québec.

ANNEXE

Q

EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE MODÉLISATION DE LA RIVIÈRE PIKAUBA (GROUPE CONSEIL GENIVAR, 2002) – MODÈLE D'HABITAT POUR L'ALIMENTATION DE L'OMBLE DE FONTAINE

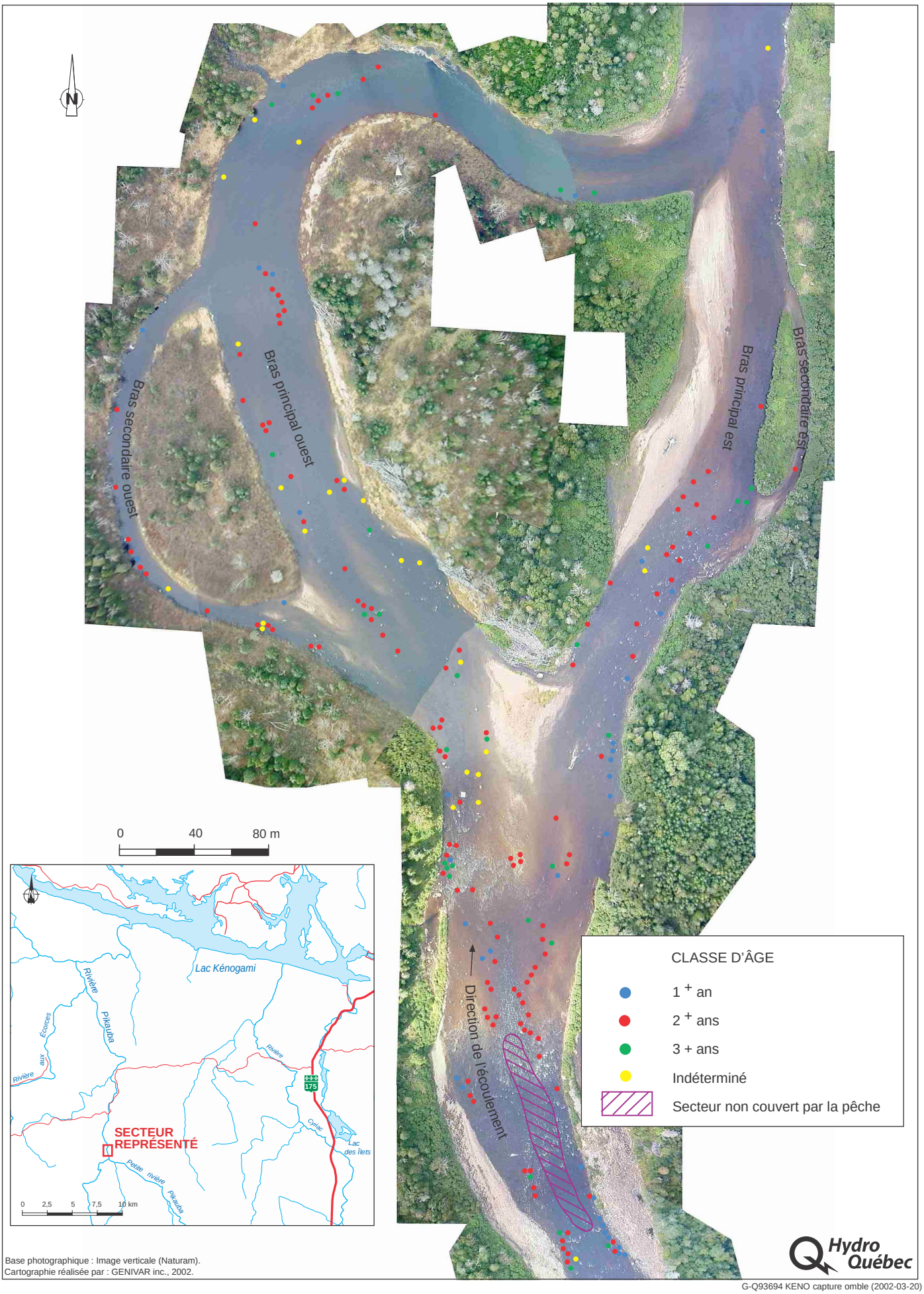
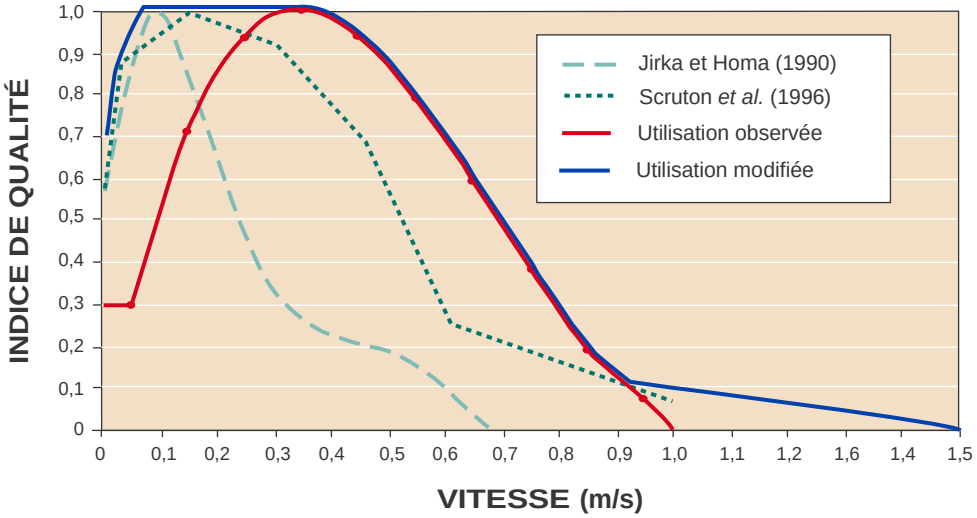
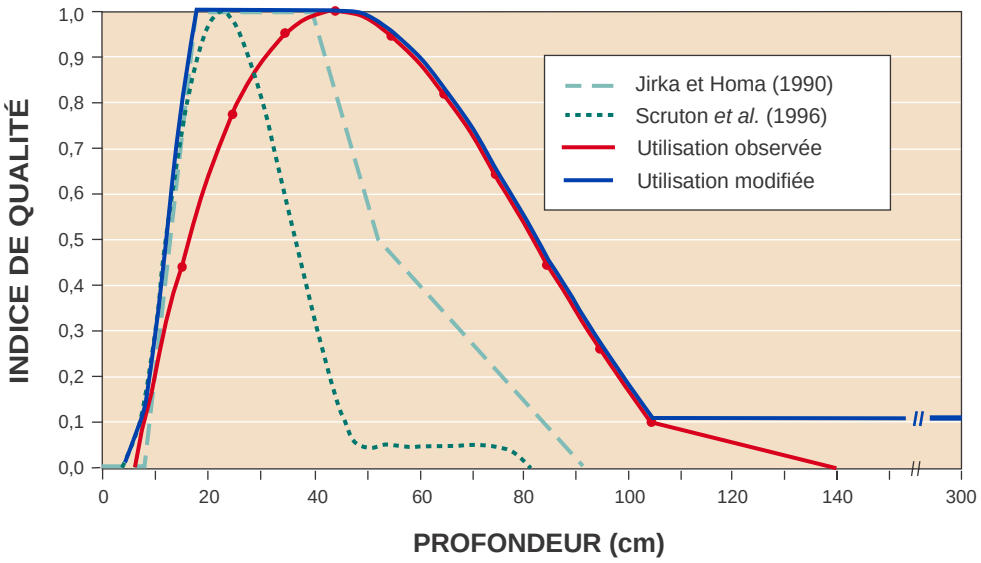
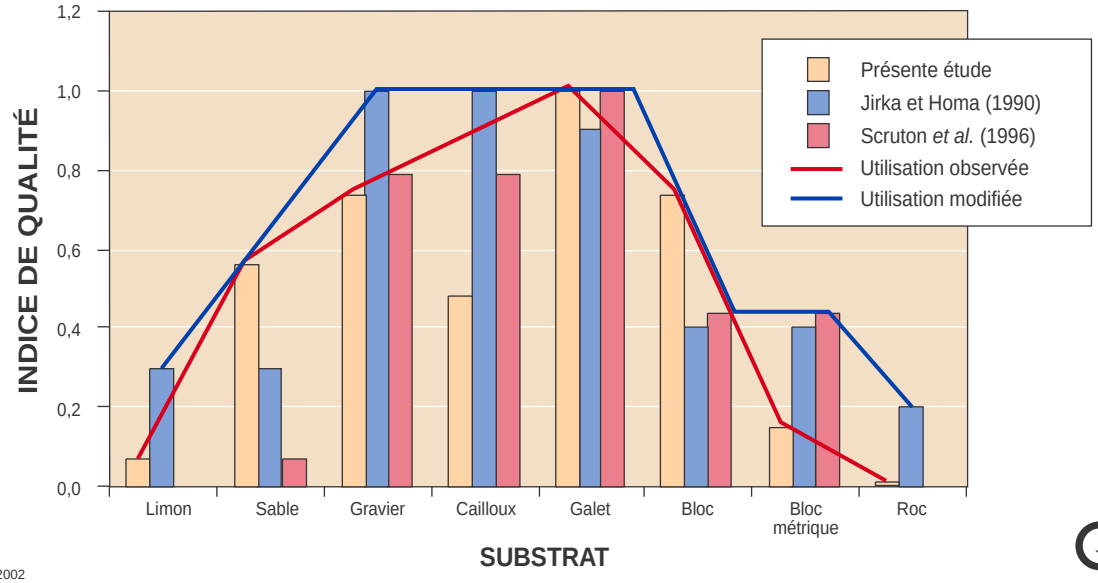


Figure 8 Localisation des captures d'ombles de fontaine sur le site modélisé au km 25 de la rivière Pikauba.







Source : GENIVAR inc., 2002

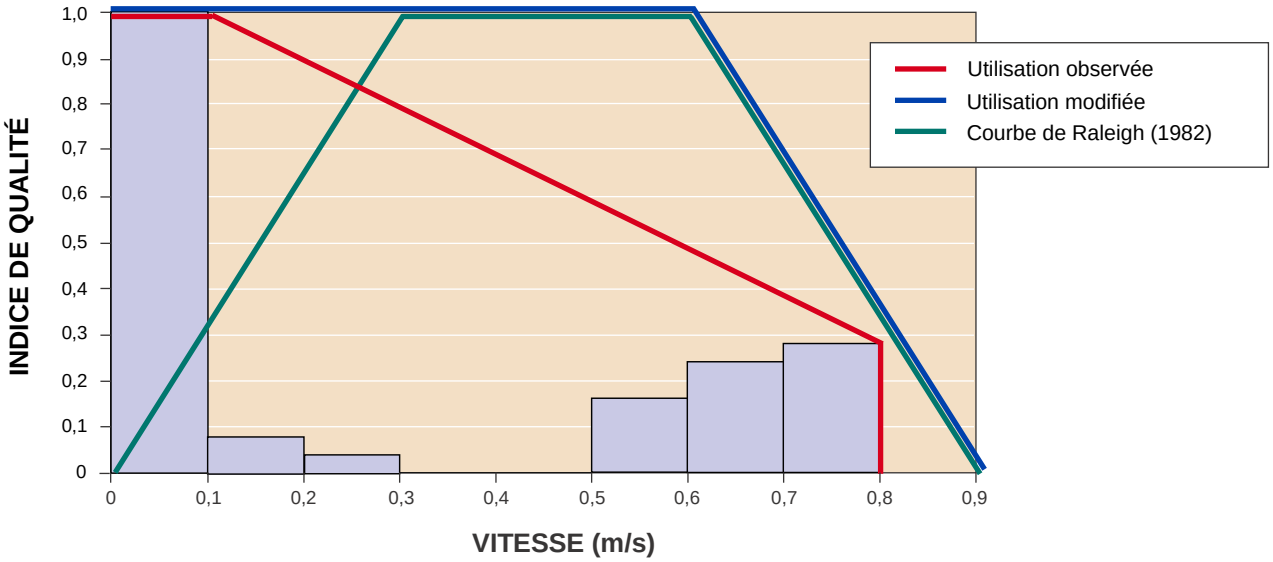
G-Q93694 habitat alimentation (02-03-2002)

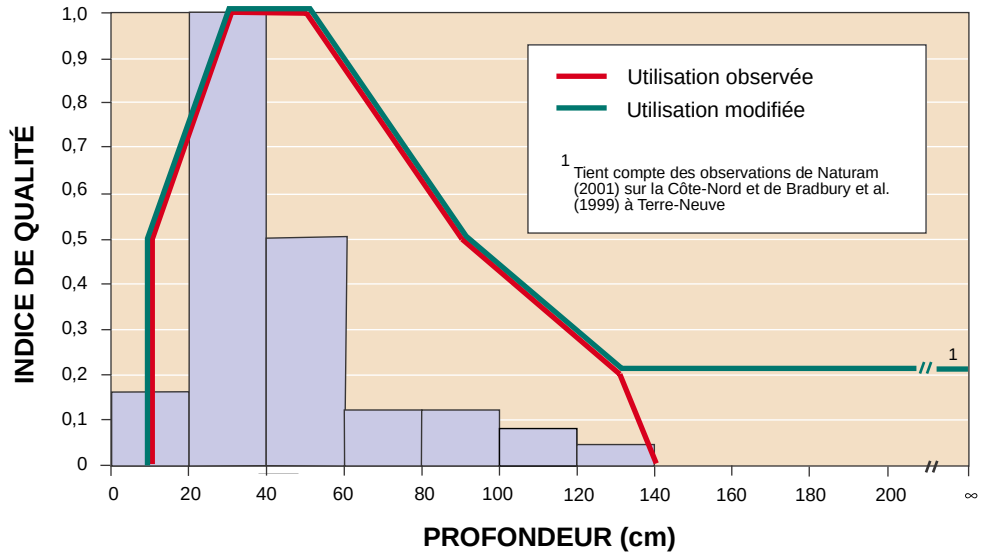
Figure 9 Indices de qualité de l'habitat d'alimentation de l'omble de fontaine dans la rivière Pikauba.

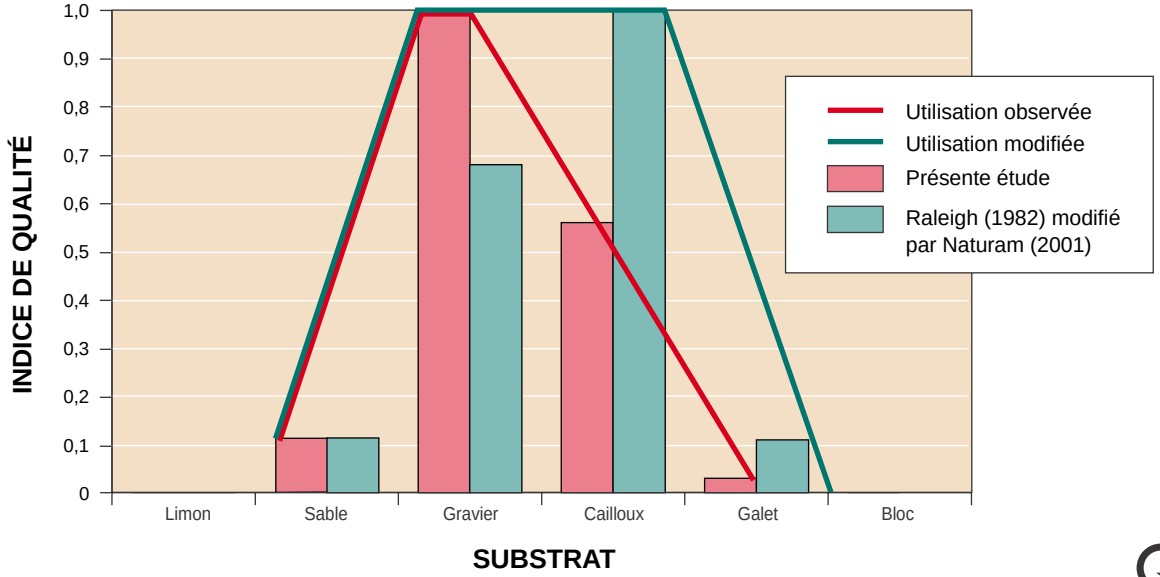
ANNEXE

R

EXTRAIT DE L'ÉTUDE DE MODÉLISATION DE LA RIVIÈRE PIKAUBA (GROUPE CONSEIL GENIVAR, 2002) – MODÈLE D'HABITAT POUR LA REPRODUCTION DE L'OMBLE DE FONTAINE







Source : GENIVAR inc., 2002.

G-Q93694 Indice reproduction (02-03-2002)

Figure 10 Indices de qualité de l'habitat de reproduction de l'omble de fontaine dans la rivière Pikauba.

