

## Complexe de *la Romaine*

*Rapport sectoriel*

*Détermination du régime de débits réservés*



Octobre 2007





# **Complexe de la Romaine**

## **Détermination du régime de débits réservés**

**Rapport sectoriel**

**HYDRO-QUÉBEC ÉQUIPEMENT**

**UNITÉ ENVIRONNEMENT**

**et**

**GENIVAR Société en commandite**

OCTOBRE 2007



---

**Auteur(s) et titre (pour fins de citation) :**

GENIVAR, 2007. *Complexe de la rivière Romaine – Détermination du régime de débits réservés. Rapport sectoriel*. Rapport de GENIVAR Société en commandite pour Hydro-Québec, unité Équipement, Direction de l'Environnement et services techniques. 94 p. et annexes.

**Résumé :**

Cette étude a été réalisée dans le cadre de l'avant-projet du complexe de la Romaine. Elle a pour objectif de déterminer les débits réservés pendant les phases d'exploitation et de construction de ce complexe, dans le tronçon fluvial à l'aval du point de restitution de la Romaine-1, ainsi que dans les tronçons court-circuités de la Romaine-1, de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4.

Dans le tronçon inférieur de la Romaine (en aval de la centrale de la Romaine-1), les débits proposés en phase d'exploitation sont modulés selon les saisons biologiques de façon à maintenir l'habitat du poisson en tout temps de l'année. Ainsi, le débit réservé est établi à 200 m<sup>3</sup>/s entre le 16 octobre et le 15 novembre pour assurer la reproduction des saumons adultes. Le même débit est appliqué entre le 7 juin et le 7 juillet, pour l'émergence des alevins et la reproduction des espèces printanières. Durant la saison estivale, soit entre le 8 juillet et le 15 octobre, le débit est fixé à 170 m<sup>3</sup>/s pour maintenir les habitats d'alimentation des saumons juvéniles. Enfin, il est de 140 m<sup>3</sup>/s durant la saison froide, soit entre le 16 novembre et le 6 juin, pour assurer le recouvrement en eau des frayères de saumon, où se déroule l'incubation des œufs. Les dates d'application de ces débits réservés tiennent compte de la modification du régime thermique en conditions futures.

Le débit réservé de 200 m<sup>3</sup>/s durant la reproduction va entraîner une légère baisse de la disponibilité d'habitats sur les frayères situées au PK 49,8 et au PK 46,2. En compensation, des habitats de fraie seront aménagés en rive gauche à proximité de ces frayères afin de maintenir la même quantité d'habitats qu'au débit médian en conditions naturelles.

Pendant le remplissage des réservoirs de la Romaine-4, de la Romaine-3 et de la Romaine-1 (en phase de construction), les débits réservés en aval du PK 51,5 seront les mêmes que ceux définis pour la période d'exploitation. Pendant le remplissage du réservoir de la Romaine-2, les débits réservés pour les périodes biologiques d'été et d'automne seront également les mêmes qu'en exploitation. Toutefois, ils seront réduits à 70 m<sup>3</sup>/s et à 140 m<sup>3</sup>/s pour les périodes d'hiver et de printemps, respectivement. Même réduits, ces débits réservés ne pourront pas être respectés durant l'étape 2 du remplissage du réservoir de la Romaine-2, qui compte au total trois étapes. Les pertes temporaires d'habitats ainsi encourues seront compensées par la mise en place d'un programme de restauration du saumon dans la Romaine.

Il n'est pas nécessaire de provoquer des crues artificielles pour entretenir la qualité granulométrique des frayères de saumon et pour maintenir les écotones riverains (notamment les marécages). Une étude portant sur la dynamique hydrosédimentaire en conditions actuelles et futures indique que la qualité du substrat des frayères se maintiendra sans le recours à de telles crues. Par ailleurs, les déversements occasionnels prévus en aval de la centrale Romaine-1 seront suffisamment fréquents et considérables pour maintenir les écotones riverains.

Comme mesure d'atténuation aux variations fréquentes de débit en période d'exploitation, il est prévu d'aménager des habitats afin d'offrir des abris pour les saumons juvéniles en hiver et pour les alevins nouvellement émergés au printemps. Ces aménagements seront localisés en aval des frayères qui seront mises en place au PK 49,8 et au PK 46,2, ainsi qu'en aval de celle qui sera aménagée à la hauteur approximative du PK 51.

Dans les tronçons court-circuités, le débit réservé est équivalent à 1 % du module annuel, soit de 2,7 m<sup>3</sup>/s à la Romaine-2, de 2,2 m<sup>3</sup>/s à la Romaine-3 et de 1,8 m<sup>3</sup>/s à la Romaine-4. Les apports intermédiaires se déversant dans les tronçons seront suffisants pour moduler ces débits réservés et reproduire, dans une certaine mesure, les principaux événements hydrologiques (crues et étiages). Ces débits ne sont cependant pas suffisants pour maintenir la quantité d'habitat du poisson disponible en conditions naturelles et des mesures de compensation seront mises en place dans d'autres plans d'eau pour la production d'omble de fontaine.

Il est à noter enfin qu'aucun débit réservé n'est prévu dans le tronçon court-circuité de la Romaine-1. Les pertes d'habitats ainsi occasionnées seront compensées par l'aménagement de frayères et d'habitats d'élevage dans les secteurs du PK 51, du PK 48,9 et du PK 46,2.

**Mots clés :** Complexe de la Romaine, débit réservé, modélisation hydrodynamique, modèle d'habitat, faune ichtyenne.

**Liste de distribution :** Hydro-Québec Équipement, direction Environnement et Services techniques

**Version :** Finale

**Code de diffusion :** Interne/externe

**Date :** Octobre 2007

## Équipe de réalisation

---

### Hydro-Québec ÉQUIPEMENT (Unité Environnement)

Responsable de l'étude : Michel Bérubé

### GENIVAR Société en commandite

Directeur de projet : Claude Théberge

Chargés de projet : Louis Belzile  
Michel Belles-Isles

Collaborateurs : Pierre Pelletier  
Frédéric Lévesque  
Mylène Levasseur  
Gino Beauchamp  
Yanick Plourde  
Steve Renaud  
Karine Lussier

Techniciens : Pierre Hébert  
Nathalie Guérard  
Jacques Mercier  
Guy Allard  
Dominick Cuerrier

Cartographes : Diane Gagné  
Line Savoie  
Mélissa Gaudreault  
Renée Richard

Traitement de texte et édition : Lucie Bellerive  
Patricia Castonguay

---

N° référence du consultant : B101304-675



# Table des matières

	<b>Page</b>
Sommaire .....	iii
Équipe de réalisation .....	v
Table des matières .....	vii
Liste des tableaux.....	xi
Liste des figures.....	xiii
Liste des cartes.....	xv
Liste des annexes.....	xvii
1. INTRODUCTION .....	1
2. DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	3
2.1 TRONÇON PK 0-52.....	3
2.2 TRONÇONS COURT-CIRCUITÉS .....	5
3. DÉMARCHE MÉTHODOLOGIQUE .....	9
3.1 TRONÇON À L'AVAL DU PK 52.....	9
3.1.1 Démarche générale.....	9
3.1.2 Espèces et périodes biologiques critiques .....	9
3.1.3 Période estivale.....	12
3.1.3.1 Méthode de modélisation des microhabitats (MMH) .....	12
3.1.3.2 Paramètres de base à l'étude .....	12
3.1.3.3 Modèles d'habitat .....	14
3.1.3.4 Modélisation des conditions hydrodynamiques.....	19
3.1.3.5 Simulation d'habitat et interprétation des courbes .....	21
3.1.4 Période automnale .....	24
3.1.4.1 Paramètres de base de l'étude .....	24
3.1.4.2 Modèles d'habitat .....	24
3.1.4.3 Modélisation des conditions hydrodynamiques.....	26
3.1.4.4 Simulation d'habitat et interprétation des courbes .....	28
3.1.5 Période hivernale .....	28
3.1.6 Période printanière.....	29
3.1.6.1 Débit minimal pour l'émergence.....	30
3.1.6.2 Vérification de l'efficacité du débit réservé printanier pour les espèces à fraie printanière.....	31

## Table des matières (suite)

	<b>Page</b>
3.1.7 Séries temporelles d'habitats.....	34
3.2 TRONÇONS COURT-CIRCUITÉS .....	34
3.2.1 Approche générale.....	34
3.2.2 Campagnes de relevés .....	36
3.2.2.1 Relevés biologiques.....	36
3.2.2.2 Relevés physiques.....	37
3.2.2.3 Modélisation des apports intermédiaires.....	37
4. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	39
4.1 TRONÇON EN AVAL DE LA ROMAINE-1 (PK 0 À PK 52) .....	39
4.1.1 Débits réservés en exploitation.....	39
4.1.1.1 Période estivale (alimentation des juvéniles du saumon) .....	39
4.1.1.2 Période automnale (fraie du saumon).....	40
4.1.1.3 Période hivernale (Incubation des œufs et survie des juvéniles du saumon).....	47
4.1.1.4 Période printanière (émergence des alevins de saumons et accès aux frayères) .....	48
4.1.1.5 Périodes biologiques en conditions futures.....	48
4.1.1.6 Crues d'entretien.....	49
4.1.2 Pendant la construction .....	53
4.1.3 Mesures d'atténuation.....	55
4.1.3.1 Frayères.....	55
4.1.3.2 Aires d'élevage (abris) .....	56
4.1.3.3. Programme de restauration du saumon.....	59
4.1.4 Résumé-synthèse .....	59
4.2 TRONÇONS COURT-CIRCUITÉS .....	61
4.2.1 Tronçon de la Romaine-1 .....	61
4.2.2 Tronçon de la Romaine-2 .....	62
4.2.2.1 Communauté de poissons .....	62
4.2.2.2 Habitats potentiels.....	63
4.2.2.3 Débit réservé proposé.....	63
4.2.2.4 Mesures d'atténuation et de compensation .....	68

## Table des matières (suite)

	<b>Page</b>
4.2.3 Tronçon de la Romaine-3.....	71
4.2.3.1 Communauté de poissons.....	71
4.2.3.2 Habitats potentiels.....	71
4.2.3.3 Débit réservé proposé.....	72
4.2.3.4 Mesures d'atténuation et de compensation.....	75
4.2.4 Tronçon de la Romaine-4.....	76
4.2.4.1 Communauté de poissons.....	76
4.2.4.2 Habitats potentiels.....	77
4.2.4.3 Débit réservé proposé.....	79
4.2.4.4 Mesures d'atténuation et de compensation.....	80
5. CONCLUSION.....	87
6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	89



## Liste des tableaux

	<i>Page</i>
Tableau 2-1. Caractéristiques des tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4.....	7
Tableau 3-1. Périodes et fonctions biologiques critiques. ....	10
Tableau 3-2. Sites de modélisation retenus pour l'alimentation des juvéniles durant la période estivale. ....	14
Tableau 3-3. Sections et cellules utilisées pour la modélisation hydrodynamique de l'habitat d'alimentation des juvéniles du saumon. ....	19
Tableau 3-4. Débits de calibration du modèle 1D à l'aval du PK 52. ....	20
Tableau 3-5. Sections et cellules utilisées pour la modélisation hydrodynamique de l'habitat de fraie du saumon. ....	26
Tableau 3-6. Effort de pêche consacré dans ou près des tronçons court-circuités de 2003 à 2005. ....	36
Tableau 4-1. Comparaison des débits réservés d'été obtenus selon différents modèles d'habitat d'alimentation et méthodes d'interprétation des courbes de disponibilité d'habitat. ....	39
Tableau 4-2. Identification et localisation des meilleurs segments de rivière pour l'alimentation des saumons juvéniles. ....	40
Tableau 4-3. Comparaison des débits réservés d'automne obtenus selon différents modèles d'habitat de reproduction et méthodes d'interprétation des courbes de disponibilité d'habitat.....	44
Tableau 4-4. Débit requis pour maintenir 90 % de la quantité maximale de tous les habitats ( $0 \geq I_g \leq 1$ ) et des meilleurs habitats ( $I_g \geq 0,7$ ) sur les frayères à saumon de la Romaine. ....	46
Tableau 4-5. Résultats de l'analyse 1D dans les trois frayères de saumon modélisées. ....	47
Tableau 4-6. Débits réservés proposés selon les périodes biologiques dans la Romaine, en aval de la Romaine-1. ....	60
Tableau 4-7. Liste des espèces de poisson du tronçon court-circuité de la Romaine-2.....	62
Tableau 4-8. Débits obtenus par la méthode du périmètre mouillé dans les différentes sections transversales relevées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2. ....	67
Tableau 4-9. Mesures d'atténuation et de compensation envisagées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2. ....	68

## Liste des tableaux (suite)

	<i>Page</i>
Tableau 4-10. Liste des espèces de poisson du tronçon court-circuité de la Romaine-3. ....	71
Tableau 4-11. Débits obtenus par la méthode du périmètre mouillé dans les différentes sections transversales relevées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3. ....	72
Tableau 4-12. Mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3. ....	76
Tableau 4-13. Liste des espèces de poisson du tronçon court-circuité de la Romaine-4. ....	76
Tableau 4-14. Débits obtenus par la méthode du périmètre mouillé dans les différentes sections transversales relevées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4. ....	79
Tableau 4-15. Mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4. ....	81

## Liste des figures

	<i>Page</i>
Figure 2-1. Hydrogrammes journaliers moyen et minimal de la Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1.....	4
Figure 3-1. Démarche méthodologique pour la modélisation des microhabitats (MMH). .....	13
Figure 3-2. Densités de juvéniles observées dans la rivière Romaine en 2001 en fonction de la profondeur, de la vitesse et du substrat et courbes de préférence correspondantes. ....	17
Figure 3-3. Courbes de préférence pour l'alimentation des juvéniles utilisées pour la détermination du débit réservé durant la période estivale.....	18
Figure 3-4. Description de la méthode LSD pour l'interprétation des courbes d'habitat d'alimentation des saumons juvéniles. ....	23
Figure 3-5. Fréquence d'observation des nids de saumon dans la Romaine en fonction de la profondeur, de la vitesse et du substrat et courbes de préférence correspondantes. ....	25
Figure 3-6. Courbes de préférence pour la fraie du saumon utilisées pour la détermination du débit réservé durant la période automnale. ....	27
Figure 3-7. Schématisation de l'analyse 1D sur une section transversale typique pour la détermination du débit réservé d'hiver.....	29
Figure 3-8. Profil de la dévalaison des smolts dans la rivière Betsiamites. ....	32
Figure 3-9. Profil de la dévalaison des smolts dans la rivière Trinité.....	33
Figure 4-1. Disponibilité des habitats d'alimentation du saumon juvénile en fonction du débit (A) et détermination du débit réservé pour la période estivale (B). ....	41
Figure 4-2. Disponibilité des habitats d'alimentation du saumon juvénile en fonction du débit dans les meilleurs sites.....	42
Figure 4-3. Disponibilité des habitats de reproduction du saumon atlantique en fonction du débit (A) et détermination du débit réservé pour la période d'automne (B).....	43
Figure 4-4. Disponibilité des meilleurs habitats de reproduction du saumon ( $lg \geq 0,7$ ) en fonction du débit.....	45
Figure 4-5. Hydrogramme actuel de la Romaine en aval du point de restitution de la centrale de la Romaine-1 et débits réservés proposés. ....	60
Figure 4-6. Hydrogrammes des apports intermédiaires dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, la Romaine-3 et la Romaine-4 en conditions d'exploitation. ....	64

## Liste des figures (suite)

	<i>Page</i>
Figure 4-7. Superficie mouillée approximative en fonction du débit dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2. ....	67
Figure 4-8. Superficie mouillée approximative en fonction du débit dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3. ....	75
Figure 4-9. Superficie mouillée approximative en fonction du débit dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4. ....	80

## Liste des cartes

	<i>Page</i>
Carte 2-1.	Description sommaire du projet et aire d'étude.....5
Carte 3-1.	Localisation des sites de modélisation. ....15
Carte 4-1.	Habitats en conditions naturelles et futures du tronçon court-circuité de la Romaine-2. ....65
Carte 4-2.	Localisation des mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2.....69
Carte 4-3.	Habitats en conditions naturelles et futures du tronçon court-circuité de la Romaine-3. ....72
Carte 4-4.	Localisation des mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3.....77
Carte 4-5.	Habitats en conditions naturelles et futures du tronçon court-circuité de la Romaine-4. ....83
Carte 4-6.	Localisation des mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4.....85



## Liste des annexes

- Annexe 1 Évaluation des impacts de la modification du régime thermique en conditions futures sur la reproduction du saumon atlantique, l'incubation des œufs et l'émergence des alevins
- Annexe 2 Localisation des sections utilisées pour la modélisation des conditions hydrodynamiques au site des PK 16,2 à 22,0
- Annexe 3 Sections utilisées pour la modélisation des conditions hydrodynamiques au site des PK 33,6 à 34,9
- Annexe 4 Sections utilisées pour la modélisation des conditions hydrodynamiques au site des PK 44,8 à 47,2
- Annexe 5 Sections utilisées pour la modélisation des conditions hydrodynamiques au site des PK 48,2 à 51,1
- Annexe 6 Sections transversales utilisées pour l'analyse 1D de la frayère au PK 34
- Annexe 7 Sections transversales utilisées pour l'analyse 1D de la frayère au PK 46
- Annexe 8 Sections transversales utilisées pour l'analyse 1D de la frayère au PK 49
- Annexe 9 Relevés de terrain 2005 sur les frayères de grands brochets dans trois tributaires de la rivière Romaine en aval du PK 52
- Annexe 10 Oxygénation des bassins du tronçon court-circuité de la Romaine-2
- Annexe 11 Séries temporelles d'habitats d'alimentation et de reproduction du saumon atlantique
- Annexe 12 Répartition des meilleurs habitats de reproduction sur les frayères du PK 34,5, du PK 46,2 et du PK 48,9 aux débits de 200 m<sup>3</sup>/s, 242 m<sup>3</sup>/s, 300 m<sup>3</sup>/s et 400 m<sup>3</sup>/s
- Annexe 13 Résultats de l'analyse 1D sur les sections transversales des frayères à saumon du PK 34, du PK 46 et du PK 49
- Annexe 14 Prévisions des débits déversés à la centrale de Romaine-1
- Annexe 15 Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine
- Annexe 16 Bathymétrie et substrat des bassins situés du PK 87,4 au PK 87,8 dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2
- Annexe 17 Bathymétrie et substrat du bassin situé au PK 88,7 dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2
- Annexe 18 Bathymétrie et substrat du bassin situé au PK 89,5 dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2
- Annexe 19 Périmètre mouillé en fonction du débit dans les sections transversales relevées dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4



## 1. Introduction

---

La rivière Romaine se jette dans le fleuve Saint-Laurent près de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord. Hydro-Québec projette d'y réaliser un complexe hydroélectrique de quatre aménagements dotés de réservoirs, soit d'aval vers l'amont, Romaine-1, Romaine-2, Romaine-3 et Romaine-4.

La mise en eau des réservoirs et l'exploitation du complexe hydroélectrique entraîneront des modifications au régime hydrologique, et ce, particulièrement dans les tronçons court-circuités des centrales, ainsi que dans le tronçon compris entre l'embouchure et le point de restitution de la centrale Romaine-1. Dans les tronçons court-circuités, le débit sera considérablement réduit par rapport aux conditions actuelles, alors qu'à l'aval de la Romaine-1, le débit sera régularisé, sans réduction du débit moyen annuel. Ces modifications perturberont les habitats du poisson dans la rivière.

Dans ce contexte, l'objectif général de la présente étude consiste à déterminer le régime de débits réservés pendant l'exploitation du complexe et pendant sa construction. De manière spécifique, elle vise à :

- déterminer, pour le tronçon de rivière en aval du PK 52, un régime de débits réservés qui tienne compte des périodes biologiques critiques et qui comprend, si cela est nécessaire, des crues visant à maintenir la qualité du substrat des frayères ainsi que la structure des écotones riverains;
- réaliser la description physique et biologique des tronçons court-circuités en aval de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4 et proposer un débit réservé à mettre en place dans ces tronçons;
- proposer des mesures visant à atténuer ou à compenser certains impacts liés à la modification du régime hydrologique dans le tronçon compris entre le PK 0 et le PK 52, ainsi que dans les tronçons court-circuités.



## **2. Description sommaire de la zone d'étude**

---

La rivière Romaine a un débit moyen annuel de 325 m<sup>3</sup>/s et son bassin couvre une superficie de 14 470 km<sup>2</sup>. La longueur de son cours principal est de 490 km et la dénivellation totale entre la source et l'embouchure est approximativement de 400 m.

L'aire couverte par la présente étude comprend les 52 premiers kilomètres du cours principal de la rivière Romaine entre l'embouchure et le site prévu de la centrale de la Romaine-1, de même que les tronçons court-circuités de la Romaine-1, la Romaine-2, la Romaine-3 et la Romaine-4 (voir la carte 2.1). Ceux-ci sont situés respectivement :

- entre les PK 51,5 et 52,5 (longueur 1,0 km) pour le tronçon court-circuité de la Romaine-1;
- entre les PK 83,7 et 90,3 (longueur 6,6 km) pour le tronçon court-circuité de la Romaine-2;
- entre les PK 155,0 et 158,4 (longueur 3,4 km) pour le tronçon court-circuité de la Romaine-3;
- entre les PK 190,3 et 191,9 (longueur 1,6 km) pour le tronçon court-circuité de la Romaine-4.

Il est à noter que le tronçon court-circuité de la Romaine-1 est court, très accidenté et que les informations disponibles (survol en hélicoptère, examen de photographies aériennes, essais de pêche) indiquent qu'il ne présente pas d'habitat critique pour les espèces de poissons fréquentant le cours principal de la rivière. L'approche retenue pour ce tronçon est de n'y laisser aucun débit réservé et de compenser les pertes d'habitat par la création d'une frayère pour le saumon en aval de la centrale Romaine-1. Cet aménagement créera un habitat plus important pour la production salmonicole de la rivière que ce qu'un débit réservé dans le tronçon court-circuité apporterait. Ce tronçon n'est pas analysé plus avant dans cette étude.

### **2.1 Tronçon PK 0-52**

Dans le tronçon situé à l'aval du PK 52, la rivière est peu encaissée et s'écoule à travers une immense plaine de sable où les tourbières abondent. Les écoulements y sont généralement lents ou, à tout le moins, de type fluvial. La rivière présente une succession de longs chenaux entrecoupés de bassins.

Deux chutes importantes permettent de diviser ce tronçon en trois secteurs de longueurs à peu près égales. Il s'agit de la chute de l'Église, au PK 16, et de la chute à Charlie, au PK 35.

La figure 2-1 illustre l'hydrogramme naturel de la rivière Romaine à la station de mesure des débits ROMA0692 (PK 16). La rivière Puyjalon, qui se jette dans la rivière Romaine au niveau du PK 13, est le seul tributaire d'envergure dans le tronçon situé à l'aval du PK 52. Son débit annuel moyen est de 34 m<sup>3</sup>/s.

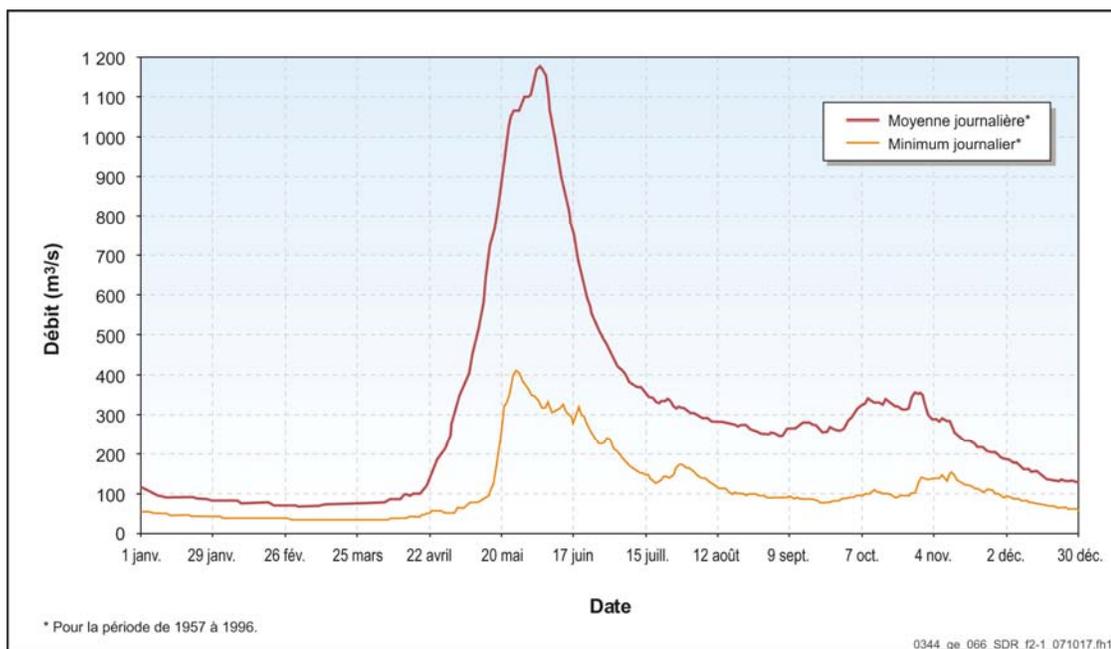
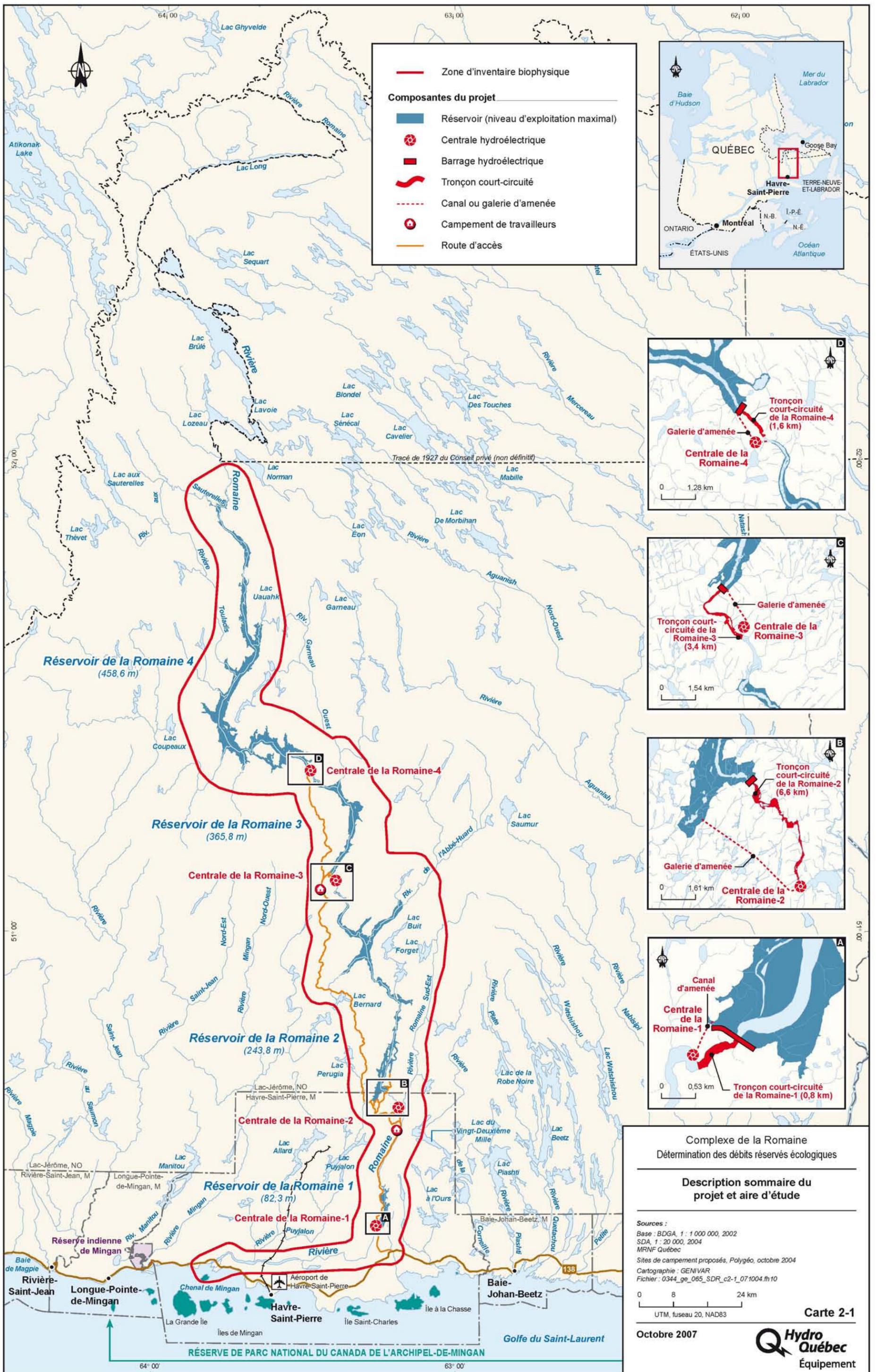


Figure 2-1. Hydrogrammes journaliers moyen et minimal de la Romaine en aval de la centrale de la Romaine-1.

La rivière Romaine est classée parmi les 118 rivières à saumon atlantique (*Salmo salar*) répertoriées au Québec. Le saumon peut remonter le tronçon principal jusqu'à la Grande Chute (située au PK 52), ainsi qu'une partie du bassin de la rivière Puyjalon (Schiefer, 1975; Shoener, 1975). La chute à Charlie, située au PK 35, constitue un obstacle sélectif à la montaison du saumon, ne laissant vraisemblablement passer qu'une partie de la population (GENIVAR, 2005).

Les diverses études menées sur l'ichtyofaune du cours principal de la rivière Romaine depuis la fin des années 1970 ont permis de recenser la présence de 18 espèces, en plus du saumon atlantique (GENIVAR, 2006a). Les principales espèces sont la ouitouche, l'épinoche à trois épines, le meunier noir, le grand corégone, le naseux des rapides et l'anguille d'Amérique.





## 2.2 Tronçons court-circuités

De façon générale, la rivière Romaine est très encaissée dans les tronçons court-circuités. La pente y est forte et les vitesses d'écoulement, élevées. Le substrat est dominé par le roc et le sable et les habitats sont en grande majorité de type lotique, à l'exception de quelques bassins situés dans le tronçon court-circuité Romaine-2. Les principales caractéristiques de ces futurs tronçons à débit réduit sont données au tableau 2-1.

Tableau 2-1. Caractéristiques des tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4.

Caractéristique	Romaine-2	Romaine-3	Romaine-4
Localisation	PK 83,7 à 90,3	PK 155,0 à 158,4	PK 190,3 à 191,9
Longueur (km)	6,6	3,4	1,6
Dénivellation (m)	61,1	35,5	14,7
Superficie du bassin intermédiaire (km <sup>2</sup> )	14,53	7,19	2,08
Nombre de tributaires principaux	27	11	3
Apports intermédiaires moyens annuels (m <sup>3</sup> /s)	0,39	0,17	0,05
Débit moyen annuel (m <sup>3</sup> /s)	273	224	185

Les pêches réalisées dans les tronçons court-circuités et dans l'ensemble du cours principal entre les PK 52 et 192 ont permis de dresser la liste des espèces présentes ou susceptibles d'utiliser ces tronçons (GENIVAR, 2005). Les espèces dominantes dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2 sont les meuniers (noir et rouge), le grand brochet, l'épinoche à trois épines, le naseux des rapides et l'omble de fontaine. Dans les tronçons court-circuités de la Romaine-3 et de la Romaine-4, le naseux des rapides et l'omble de fontaine sont les espèces les plus abondantes. Dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4, on retrouve en plus quelques ouananiches.



### **3. Démarche méthodologique**

---

#### **3.1 Tronçon à l'aval du PK 52**

##### **3.1.1 Démarche générale**

La notion de débit réservé écologique réfère à celle définie par la FAPAQ dans la politique qu'elle a émise à cet égard en 1999 (FAPAQ, 1999). Les débits réservés écologiques sont les débits minimaux requis pour maintenir, à un niveau jugé acceptable, les habitats du poisson. Ce degré d'acceptabilité correspond à une quantité et à une qualité suffisante d'habitats pouvant assurer le déroulement normal des activités biologiques des espèces de poissons qui accomplissent, en tout ou en partie, leur cycle vital dans les cours d'eau modifiés.

La démarche empruntée dans cette étude consiste à :

- identifier les espèces cibles ainsi que les périodes biologiques critiques à partir des informations disponibles;
- choisir une approche méthodologique adéquate pour établir le débit réservé pour chaque période déterminée;
- recueillir les données biophysiques requises;
- déterminer une valeur de débit réservé pour chaque période biologique.

Ces étapes sont décrites dans les prochaines sections (sections 3.1.2 à 3.1.6).

##### **3.1.2 Espèces et périodes biologiques critiques**

Il importe d'insister sur le fait que la démarche vise une modulation des débits réservés en fonction de saisons ou de périodes biologiques, de façon à protéger l'ensemble de la faune ichtyenne de la Romaine. Quatre périodes, correspondant à la chronologie du cycle vital des poissons ainsi qu'à des événements hydrologiques importants (crues, étiage, couverture de glace) ont donc été définies (voir le tableau 3-1). Pour chacune de ces périodes (été, automne, hiver et printemps), les espèces cibles ainsi que leurs phases biologiques (alimentation, fraie, incubation des œufs, etc.) ont été déterminées afin d'identifier l'espèce et le stade de développement le plus critique.

Durant l'été, la fonction biologique la plus sensible à considérer est l'alimentation des juvéniles du saumon atlantique, alors en pleine croissance. Il faut noter que, pour les besoins de l'étude, le terme « juvénile » comprend tous les stades de développement entre l'émergence et la smoltification, tant les alevins (première année de vie) que les tacons (entre le printemps suivant leur éclosion et le moment où prend fin la smoltification).

Tableau 3-1. Périodes et fonctions biologiques critiques.

Période	Date	Espèce visée	Phase biologique critique
Été	1 <sup>er</sup> juillet au 30 septembre	· Saumon atlantique	· Alimentation des juvéniles
Automne	1 <sup>er</sup> au 31 octobre	· Saumon atlantique	· Reproduction (fraie)
Hiver	1 <sup>er</sup> novembre au 31 mai	· Saumon atlantique	· Incubation des œufs · Recherche d'abris par les juvéniles
Printemps	1 <sup>er</sup> au 30 juin	· Saumon atlantique	· Éclosion des œufs et émergence des alevins de saumon
		· Meunier, grand brochet et autres espèces à fraie printanière	· Reproduction printanière

Durant la saison automnale, la fonction biologique la plus sensible est la fraie du saumon atlantique. En effet, les géniteurs ont besoin de conditions très particulières de substrat, de vitesse d'écoulement et de profondeur pour s'accoupler et enfouir leurs oeufs dans le lit des frayères. De plus, les sites de fraie du saumon sur la rivière Romaine sont bien connus et décrits. Certains de ces sites sont susceptibles d'être exondés avec des réductions de débits. La période considérée pour la phase de reproduction du saumon atlantique va du 1<sup>er</sup> au 30 octobre. Ces dates ont été établies d'après les informations recueillies sur le terrain lors des inventaires de nids (GENIVAR, 2005).

Lors des inventaires des frayères à l'automne (GENIVAR, 2005), une seule autre espèce, hormis le saumon atlantique, a fourni des indices montrant l'utilisation du tronçon des PK 0 à 52 pour des fins de reproduction. Il s'agit de l'omble de fontaine, dont une frayère a été trouvée au PK 49, un site également utilisé par le saumon. Aucune autre frayère de cette espèce n'a été trouvée ailleurs sur le cours principal de la Romaine en aval du PK 52<sup>1</sup>, ce qui n'étonne pas compte tenu de la faible importance numérique de l'omble de fontaine dans ce tronçon. C'est pourquoi cette espèce n'a pas été retenue comme espèce cible.

Il est à noter que des juvéniles (de saumon et d'autres espèces) sont présents dans le cours principal de la rivière Romaine à l'aval du PK 52 durant la période automnale, mais leurs exigences, en termes d'habitat physique, ne sont pas très restrictives puisqu'ils adoptent, pour la plupart, un comportement cryptique. Ils s'accommodent alors d'une grande variété de conditions d'écoulement. En revanche, la fraie des adultes est beaucoup plus exigeante en termes de conditions hydrauliques.

1 D'autres frayères de cette espèce ont été trouvées dans la rivière Puyjalon, qui ne sera pas touchée par le complexe de la Romaine.

Durant la saison hivernale, les fonctions biologiques les plus critiques sont l'incubation des œufs du saumon et la survie des juvéniles de la même espèce qui dépend de la présence d'abris adaptés. Durant cette période, les étiages sont sévères et la diminution des débits risque d'amener l'exondation d'une partie des frayères. Cette période s'étend du 1<sup>er</sup> novembre au 31 mai, soit entre la fin de la période de fraie du saumon et le début de l'émergence des alevins.

Durant la saison printanière, deux fonctions biologiques sensibles sont considérées, soit l'émergence des alevins du saumon et la reproduction des espèces qui fraient au printemps. En ce qui concerne les alevins, leur capacité natatoire est restreinte, ce qui les rend particulièrement sensibles. Pour ce qui est des espèces frayant le printemps, les modifications du débit sont susceptibles de compromettre leur fraie en exondant les sites de reproduction ou en restreignant l'accès aux frayères situées dans les tributaires. La durée de la période printanière a été établie du 1<sup>er</sup> au 30 juin d'après les résultats des campagnes de relevés de terrain (GENIVAR, 2005 et 2006a) et d'après le calcul des dates probables d'émergence des alevins.

Les méthodes utilisées pour déterminer le débit réservé à mettre en place pour chacune des périodes sont les suivantes :

- la méthode de modélisation des microhabitats (MMH) pour les périodes d'été et d'automne;
- la modélisation hydrodynamique des niveaux d'eau dans les frayères pour la période hivernale;
- une argumentation biologique portant sur l'émergence et l'accessibilité des tributaires (frayères) en fonction du débit ainsi que sur une modélisation hydraulique 1D pour la période printanière.

Ces méthodes sont décrites en détail dans les sections suivantes.

Compte tenu de la modification éventuelle du régime thermique en aval de la centrale Romaine-1, il est probable que les fonctions biologiques identifiées précédemment soient décalées dans le temps par rapport aux conditions naturelles. Des observations effectuées sur la Betsiamites à l'aval de Bersimis-2 indiquent que des températures plus chaudes à l'automne et à l'hiver entraînent une fraie plus tardive des saumons et une accélération de la phase d'incubation des œufs (Doyon et coll. 1994; Boudreault et Domingue, 1991). Une étude prévisionnelle du régime thermique en conditions futures dans la rivière Romaine a été réalisée et elle indique, en effet, que ce régime sera modifié (Hydro-Québec, 2006). Les modifications attendues du régime thermique ont été prises en considération pour l'application des dates de débit réservé associées aux différentes périodes (annexe 1).

### 3.1.3 Période estivale

#### 3.1.3.1 Méthode de modélisation des microhabitats (MMH)

La méthode de modélisation des microhabitats (MMH) est apparentée à 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, cette approche est fréquemment utilisée en Amérique du Nord, en Nouvelle-Zélande et en Europe pour évaluer l'impact des changements de débit sur les populations de poissons et pour déterminer les débits réservés écologiques. Cette méthode consiste à définir les préférences d'habitat des espèces visées à l'aide de modèles mathématiques, lesquelles sont ensuite couplées à une modélisation des conditions hydrodynamiques du milieu afin d'obtenir une représentation des habitats disponibles selon le débit.

La figure 3-1 présente le cheminement typique sous-jacent à la méthode de modélisation des microhabitats (MMH). La première étape consiste à déterminer les paramètres de base de l'étude, c'est-à-dire l'espèce cible, la fonction biologique considérée et les sites de modélisation. Ces paramètres permettent, par la suite, de modéliser, d'une part, les conditions hydrodynamiques de la rivière et, d'autre part, de déterminer les modèles biologiques à utiliser.

La détermination des modèles biologiques consiste à élaborer, à partir des données spécifiques relevées sur la rivière et des modèles existants, des courbes de préférence adaptées au contexte de l'étude. Ces courbes sont, par la suite, utilisées dans les simulations d'habitat.

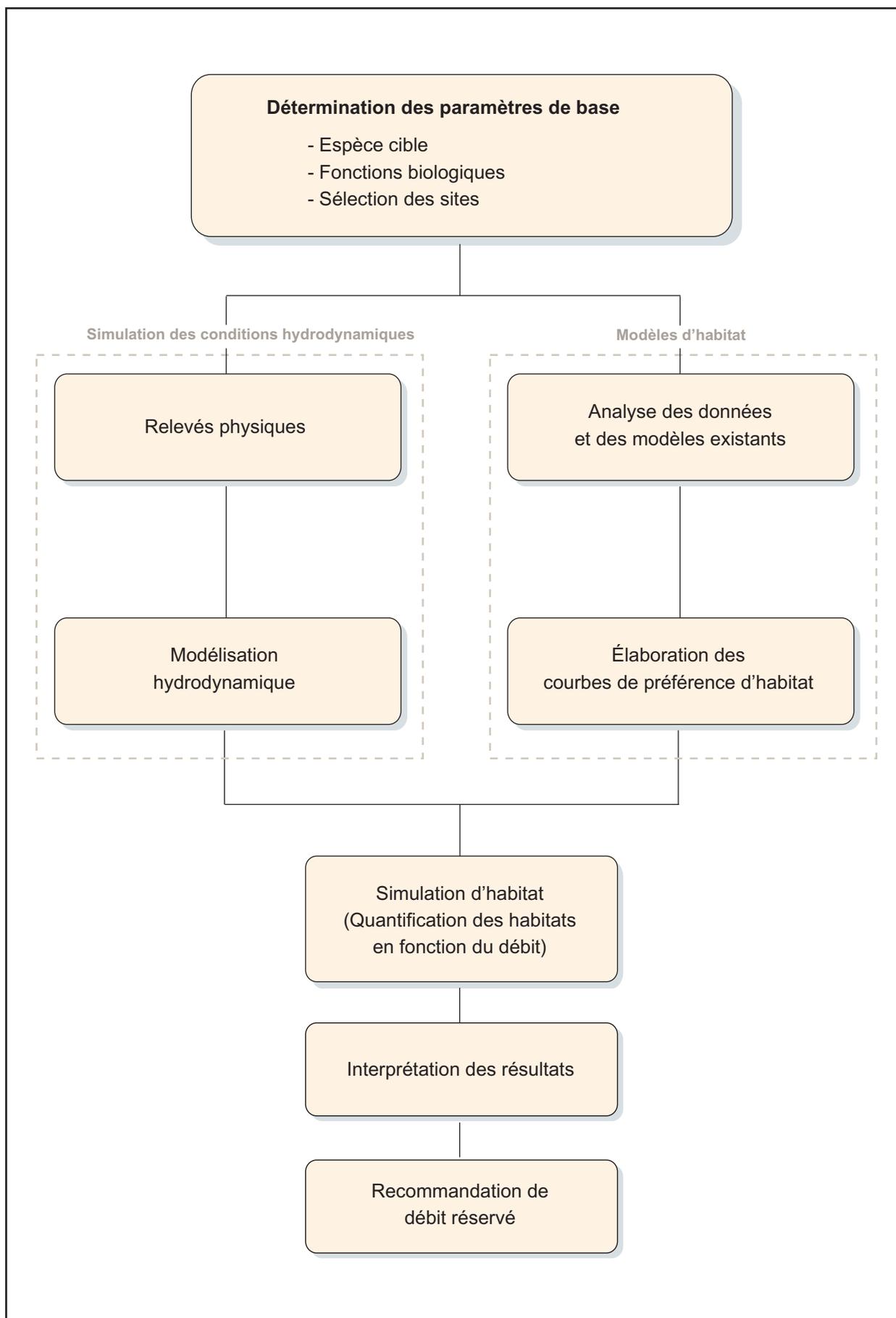
La modélisation des conditions hydrodynamiques comporte deux grandes étapes, soit la réalisation des relevés physiques sur les sites retenus et la modélisation des écoulements. Dans ce cas-ci, la modélisation a été effectuée à l'aide du logiciel HEC-RAS. Les résultats de cette modélisation sont utilisés comme paramètres pour les simulations d'habitat.

Les étapes suivantes consistent à intégrer les résultats des modélisations hydrodynamiques aux modèles biologiques de manière à simuler les quantités d'habitats du poisson puis à interpréter les résultats pour en déterminer le débit réservé. Chacune de ces étapes est décrite en détail dans les sections suivantes.

#### 3.1.3.2 Paramètres de base à l'étude

Tel que mentionné à la section 3.1.2, la fonction cible retenue pour l'analyse du débit réservé applicable l'été est l'alimentation du saumon juvénile.

Figure 3-1 Démarche méthodologique pour la modélisation des micro-habitats (MMH)



Les sites retenus pour l'analyse du débit réservé d'été, au nombre de quatre, ont été choisis en se basant sur la description des unités homogènes d'habitat photo-interprétées, ainsi que sur les résultats d'une étude menée en 2001 sur la densité des saumons juvéniles (GENIVAR, 2002). Leur emplacement est illustré à la carte 3-1 et le tableau 3-2 indique leurs points kilométriques respectifs.

Tableau 3-2. Sites de modélisation retenus pour l'alimentation des juvéniles durant la période estivale.

Site	PK	Longueur (km)
A	16,2 – 22,0	5,8
B	33,6 – 34,9	1,3
C	44,8 – 47,2	2,4
D	48,2 – 51,1	2,9

Les quatre sites ont été sélectionnés afin d'obtenir une bonne représentativité des habitats présents dans la rivière. Le site A est représentatif du secteur situé à l'aval du PK 30 et constitué de chenaux sablonneux à écoulement fluvial. Les densités de saumons juvéniles y sont faibles et les habitats d'alimentation sont de mauvaise qualité pour cette espèce. Les sites B, C et D sont situés en amont du PK 30. Les densités observées de juvéniles dans ces secteurs sont élevées, l'écoulement y est relativement rapide, les profondeurs faibles et le substrat est relativement grossier (gravier, caillou, galets).

Les sites retenus représentent une longueur totale de 12,4 km, soit 23 % de l'ensemble des superficies d'habitats du cours principal accessible au saumon. Le site A représente environ 17 % de l'ensemble des habitats compris entre les PK 0 et 30 alors que les sites B, C et D représentent environ 30 % des habitats présents entre les PK 30 et 52.

### 3.1.3.3 Modèles d'habitat

Cette étape consiste à élaborer une représentation mathématique des préférences du saumon atlantique quant aux caractéristiques physiques de son habitat au cours du stade de développement considéré. Les préférences d'habitat sont exprimées par le biais d'indices spécifiques ( $I_{\text{variable}}$ ) variant de 0 à 1 en fonction des caractéristiques du milieu et représentés graphiquement par des courbes. Ces courbes, qui prennent généralement la forme d'une cloche, sont appelées courbes d'acceptabilité ou courbes de préférence. Une courbe spécifique est calculée pour chaque variable considérée. Dans la présente étude, trois variables sont retenues : la vitesse d'écoulement, la profondeur et la granulométrie du substrat. Elles sont généralement considérées comme les trois facteurs les plus déterminants dans le choix de l'habitat chez le saumon atlantique.



Un inventaire des juvéniles réalisé en 2001 à l'aide de divers engins de pêche (seine, pêche à la ligne, pêche électrique, plongée, seine dérivante) a permis d'établir des densités de juvéniles dans différentes classes de profondeurs, de vitesses et de substrats (figure 3-2). Les densités ont été établies de la façon suivante : pour chaque classe des trois variables considérées, le nombre de captures de juvéniles a été divisé par la superficie totale échantillonnée. Cette manière de procéder a permis de tenir compte de la disponibilité d'habitats dans la rivière et les histogrammes de densité résultant de ce traitement ont ensuite servi à tracer les courbes de préférence du saumon de la rivière Romaine (figure 3-2). Pour cela, la classe correspondant à la densité maximale s'est vue attribuer un indice de 1 alors que les classes pour lesquelles aucune capture n'a été enregistrée ont reçu un indice de 0. Les indices des autres classes sont proportionnels à la densité de juvéniles observée.

Bien que la gamme des vitesses, des profondeurs et des classes granulométriques du substrat de l'ensemble des stations de pêche soit suffisamment large pour couvrir la plupart des conditions physiques que le saumon juvénile est susceptible de rencontrer dans une rivière de grandes dimensions, les courbes du modèle résultant ne tiennent pas nécessairement compte de toute la flexibilité de l'espèce. En effet, les conditions physiques disponibles dans la rivière Romaine sont relativement peu variées. Ainsi, pour une profondeur donnée, la gamme des vitesses et des substrats associés est restreinte. Cette combinaison peut influencer la distribution de l'espèce et fausser le portrait obtenu de sa préférence pour certains habitats.

De manière à corriger ce biais occasionné par l'emploi d'un modèle spécifique possiblement trop restrictif, un second modèle a été utilisé, soit celui provenant de la rivière Moisie (Bourgeois et coll., 1996). Ce modèle d'habitat a été élaboré à partir d'une banque de données regroupant plusieurs centaines de captures et une vaste gamme de conditions physiques (figure 3-2). Ce modèle est réputé représenter assez bien les préférences du saumon dans l'ensemble des rivières de moyennes et grandes dimensions. De plus, la rivière Moisie présente plusieurs similitudes avec la Romaine : leurs bassins versants et leurs débits sont du même ordre de grandeur; elles coulent toutes les deux dans la même région géographique (le Bouclier canadien) et la végétation et les conditions climatiques y sont très similaires.

Le modèle d'habitat retenu pour la présente étude a été obtenu en combinant les deux modèles (Romaine et Moisie) et en traçant une courbe les englobant (figure 3-3). Le nouveau modèle qui en résulte se veut plus représentatif des préférences d'habitat des saumons juvéniles que chacun des deux autres modèles pris séparément.

Figure 3-2 Densités de juvéniles observées dans la Romaine en 2001 en fonction de la profondeur, de la vitesse et du substrat et courbes de préférence correspondantes

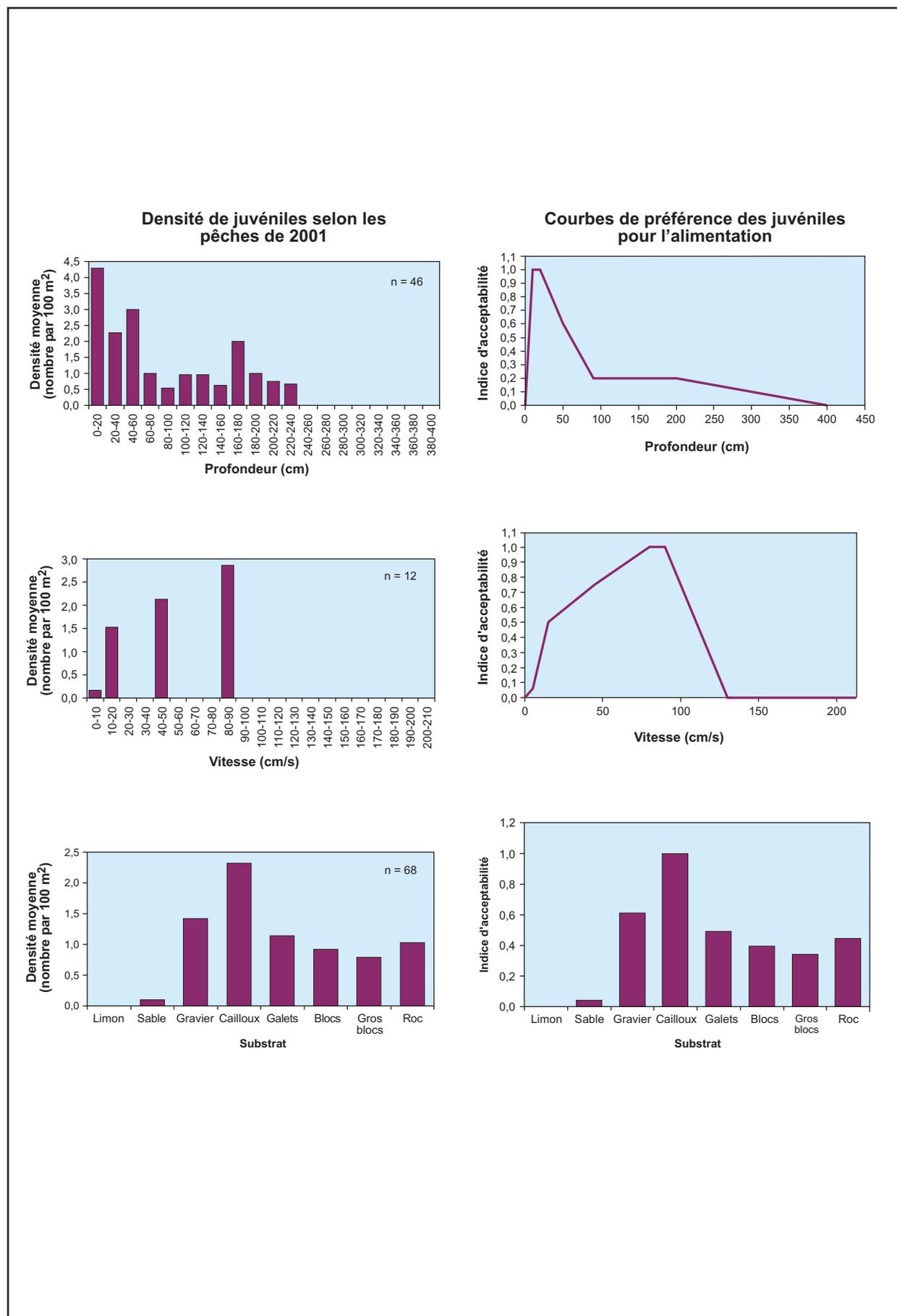
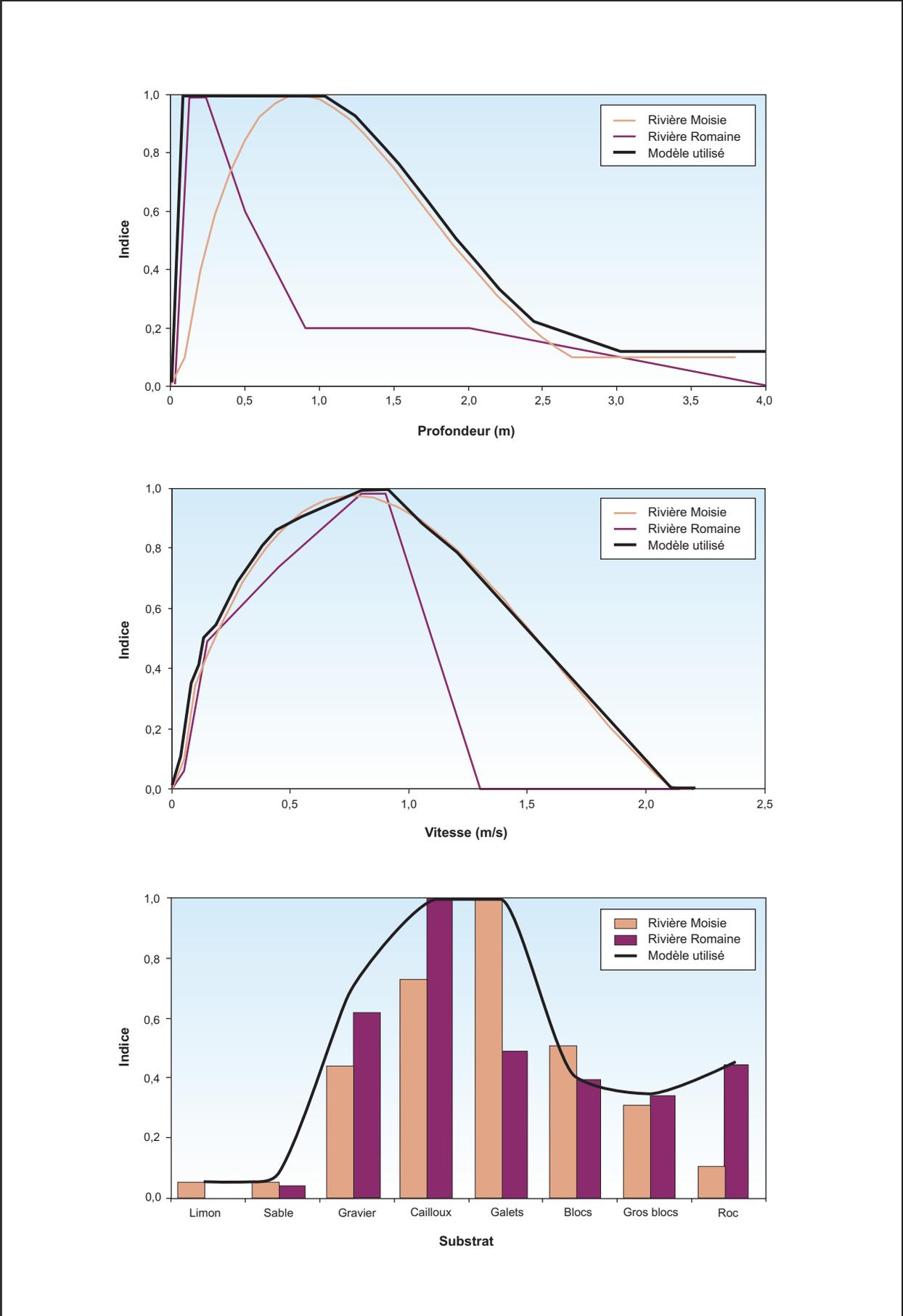


Figure 3-3 **Courbes de préférence pour l'alimentation des juvéniles utilisées pour la détermination du débit réservé durant la période estivale**



Les courbes de préférence du modèle résultant permettent de calculer un indice spécifique pour chacune des trois variables considérées. Un indice global ( $I_g$  ou  $IQH$ ) est ensuite obtenu en effectuant la moyenne géométrique des trois indices :

$$I_g \text{ (ou IQH)} = \sqrt[3]{I_s \cdot I_v \cdot I_p} \quad \text{ÉQUATION 1}$$

où

$I_v$  est l'indice spécifique de la vitesse d'écoulement

$I_p$  est l'indice spécifique de la profondeur

$I_s$  est l'indice spécifique du substrat

Précisons que l'indice associé au substrat ( $I_s$ ) est calculé de manière à tenir compte de la proportion relative de chaque classe granulométrique :

$$I_s = \sum I_i \cdot D_i \quad \text{ÉQUATION 2}$$

où

$I_i$  est l'indice associé à chaque classe  $i$

$D_i$  est le pourcentage de recouvrement associé à la classe  $i$

#### 3.1.3.4 Modélisation des conditions hydrodynamiques

La modélisation hydrodynamique des sites d'étude retenus est de type unidimensionnel (1D). Le texte qui suit en rappelle les grandes lignes.

La modélisation 1D a été réalisée à l'aide du logiciel HEC-RAS, version 3.0. Elle est basée sur des relevés effectués par Hydro-Québec et par GENIVAR sur un total de 48 sections transversales de rivière (tableau 3-3) dont les emplacements sont illustrés aux annexes 2 à 5. Ce nombre de sections est suffisant pour bien simuler les conditions hydrauliques, car les sites de modélisation sont situés dans des sections où les écoulements sont lents et relativement uniformes.

Tableau 3-3. Sections et cellules utilisées pour la modélisation hydrodynamique de l'habitat d'alimentation des juvéniles du saumon.

Site	PK	Nombre de sections	Cellule par section	Nombre de cellules
A	16,2 à 22,0	5	18	90
B	33,6 à 34,9	10	19	190
C	44,8 à 47,2	9	16	144
D	48,2 à 51,1	24	18	432
<b>Total</b>		<b>48</b>		<b>856</b>

La modélisation 1D des écoulements en régime permanent consiste essentiellement à calculer l'élévation de la surface libre au droit de chaque section. De cette élévation, divers autres paramètres sont déduits, comme le périmètre mouillé, la largeur au miroir et la vitesse moyenne sur la section.

Dans le cas de la présente modélisation, un post-traitement a été effectué afin de raffiner cette analyse et d'augmenter le degré de précision des vitesses et des profondeurs. Ainsi, chaque section transversale a été divisée en plusieurs sous-sections, qui après interpolation entre les sections, permettent de diviser chaque domaine en de nombreuses cellules (voir le tableau 3-3). Connaissant le débit transitant par chacune des sections, de même que leur géométrie, il a été possible de déduire la distribution des vitesses le long des sections par la méthode de la débitance partielle, et d'appliquer ces vitesses aux cellules correspondantes. La profondeur de chaque cellule a été déterminée à partir de l'élévation de la surface libre et de la géométrie de la section. Enfin, le substrat de chaque cellule a été, quant à lui, déterminé à partir d'une caractérisation visuelle (photo-interprétation, survol en hélicoptère et plongée) rapportée sur des photos numériques XEOS. Le modèle résultant peut prendre en considération la variation latérale de la vitesse le long d'une section transversale et peut, jusqu'à un certain point, être ainsi assimilé à un modèle 2D. Pour cette raison, il est appelé pseudo-2D. Il est à noter que l'emploi d'un véritable modèle 2D n'est pas nécessaire étant donné que les sites ont une configuration généralement rectiligne et que les écoulements y sont unidirectionnels et perpendiculaires aux axes des sections.

La modélisation hydrodynamique, c'est-à-dire la détermination de la vitesse et de la profondeur, a été réalisée pour des débits entre 50 et 1 200 m<sup>3</sup>/s (débits au PK 16) par incrémentations successives de 50 m<sup>3</sup>/s. Le modèle 1D a été calibré et validé à plusieurs débits (voir le tableau 3-4).

Tableau 3-4. Débits de calibration du modèle 1D à l'aval du PK 52.

PK	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Calibration/validation
0,60 à 21,85	379	Calibration
21,85 à 51,50	400	Calibration
0,60 à 35,28	198	Validation
33,70 à 34,75	139	Validation
34,85 à 51,40	189	Validation
34,85 à 51,40	332	Validation
44,80 à 47,05	131	Validation
48,20 à 49,50	118	Validation
1,88 à 51,82	1 317	Calibration

### 3.1.3.5 Simulation d'habitat et interprétation des courbes

Les simulations d'habitats reposent sur l'intégration de la modélisation d'habitats à la modélisation hydrodynamique des conditions d'écoulement. Le produit de cette exploitation donne lieu à l'évaluation de la quantité d'habitat à différents débits, pour chaque site modélisé. Cette quantité d'habitats s'exprime en aire pondérée utile (APU).

Pour chaque débit simulé, une APU est calculée pour chaque cellule en multipliant la superficie de celle-ci par l'indice global de qualité de l'habitat ( $I_g$  ou IQH, voir équation 1 à la section 3.1.3.3) qui lui est associé. La quantité totale d'APU sur un site à un débit donné se calcule en faisant la sommation des APU :

$$APU = \sum_{e=1}^n APU_e \quad \text{ÉQUATION 3}$$

où

$$APU_e = A_e \cdot I_{ge} \quad \text{ÉQUATION 4}$$

et où

$e$  est une cellule

$A_e$  est la superficie de la cellule  $e$

$I_{ge}$  est l'indice global de la cellule  $e$

Pour tous les sites d'étude, le calcul des APU a été fait pour les sites et à plusieurs débits compris dans la gamme considérée, soit à tous les 50 m<sup>3</sup>/s entre 50 et 1 200 m<sup>3</sup>/s. Avec les valeurs résultantes, on trace pour chaque site la courbe mettant en relation l'APU totale et le débit.

Plusieurs méthodes permettent d'interpréter les courbes d'APU en fonction du débit. La plus usuelle consiste à déterminer le débit le plus faible permettant de conserver la même quantité d'habitat qu'en conditions de débit médian naturel pour la période considérée. Cette méthode n'a cependant pas été retenue ici en raison de la forme de la courbe d'APU dont le point culminant se situe à des débits supérieurs au débit médian. La méthode retenue pour l'interprétation des courbes s'inspire de celle d'Annear et Conder (1983) et fait appel à la notion statistique de la « Least Significant Difference » de Fisher. Cette méthode, ci-après appelée « méthode LSD », permet d'identifier la gamme des débits optimaux, c'est-à-dire la gamme des débits pour lesquels les valeurs d'APU sont les plus élevés. Le débit réservé écologique est défini comme le débit minimal de cette gamme. Cette approche statistique constitue une bonne façon de tenir compte de l'incertitude liée à la variabilité des APU entre les sites.

La méthode LSD comporte les cinq étapes suivantes (voir la figure 3-4) :

1. Les courbes établissant la relation entre l'aire pondérée utilisée (APU) et le débit à chacun des sites sont tracées (voir la figure 3-4a).
2. Elles sont ensuite normées, c'est-à-dire que, pour chaque courbe, les valeurs d'APU sont exprimées en pourcentage de la valeur maximale d'APU (voir la figure 3-4b).
3. Une courbe moyenne est calculée à partir des courbes normées (voir la figure 3-4c).
4. On effectue une analyse de variance à un critère de classification en prenant les différentes valeurs d'APU (une valeur par site modélisé) à un débit donné comme étant un échantillon. L'analyse est menée à partir de 24 échantillons (50, 100, 150 ... 1 200 m<sup>3</sup>/s) regroupant chacun quatre valeurs d'APU (4 sites) après avoir vérifié l'égalité des variances et la normalité des distributions. La valeur du LSD est calculée *a posteriori* par la formule :

$$LSD = t_v \sqrt{\sum \frac{Vr}{n_i}}$$

ÉQUATION 5

où

$t_v$  =  $t$  de Student pour le degré de liberté  $v$

$Vr$  = variance résiduelle

$n_i$  = l'effectif de l'échantillon  $i$

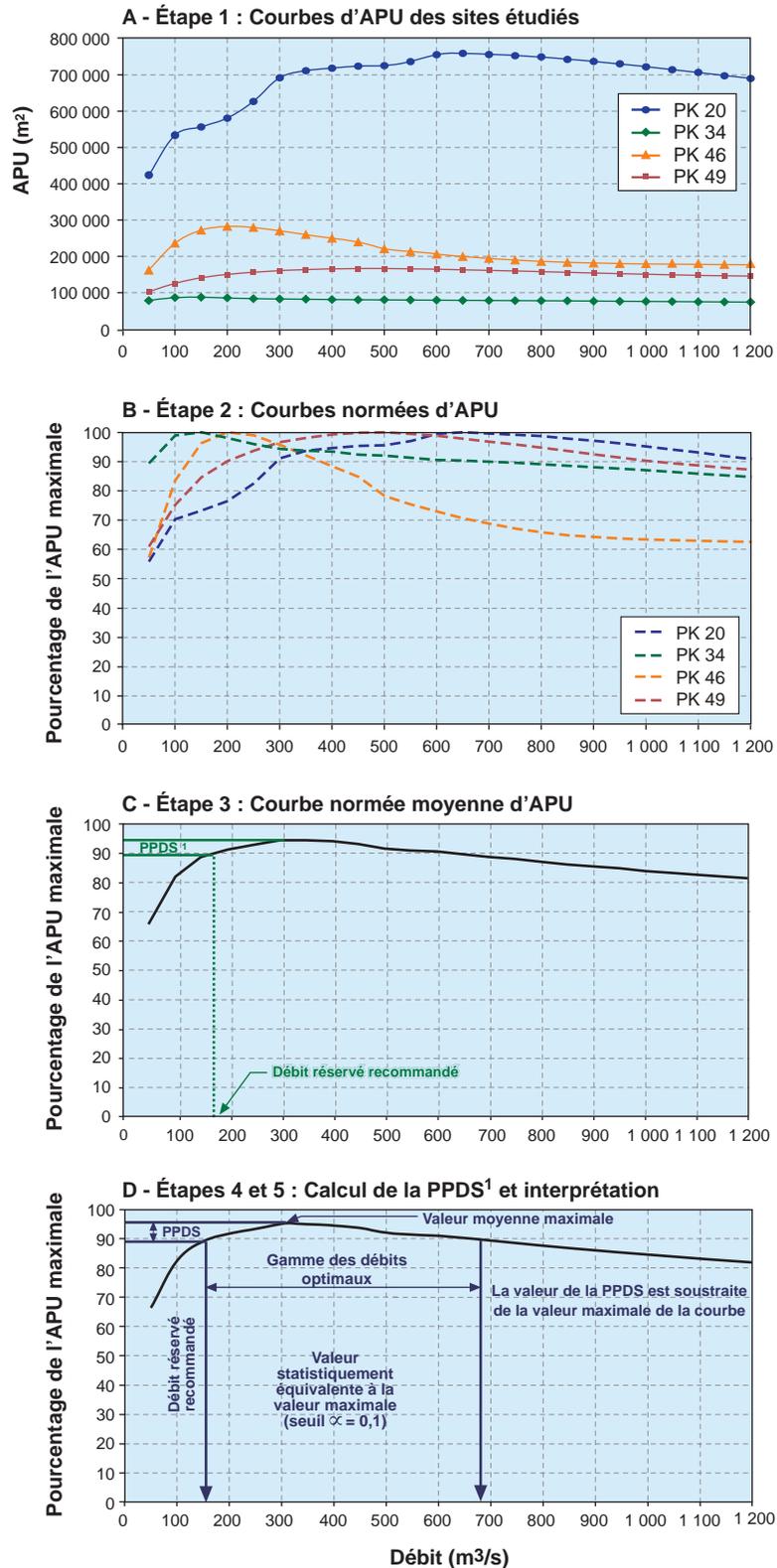
5. La valeur du LSD représente la plus petite différence en deçà de laquelle deux échantillons (débits) peuvent être considérés comme non significativement différents au seuil  $\alpha$  choisi<sup>2</sup>. Cette valeur de LSD est appliquée à la valeur maximale de la courbe normée moyenne de l'étape 3 afin de déterminer les débits à partir desquels la diminution d'habitat représente une perte significative par rapport à la valeur maximale (voir la figure 3-4d). Le plus petit débit de cette marge correspond au débit réservé proposé. Il s'agit en fait du plus petit débit pour lequel la quantité d'habitat est statistiquement équivalente à la valeur d'habitat maximale.

Dans ce contexte, la valeur du LSD constitue une mesure de la dissimilarité des courbes APU-débit d'un site à l'autre. Il est à noter que la valeur  $\alpha = 0,1$  a été retenue pour les analyses statistiques afin de diminuer la valeur du LSD et ainsi favoriser des débits réservés plus élevés et plus conservateurs, selon le principe d'une approche prudente.

---

2 En corollaire, le LSD représente la plus petite différence au delà de laquelle deux échantillons sont considérés comme significativement différents.

Figure 3-4 Description de la méthode LSD pour l'interprétation des courbes d'habitat d'alimentation des saumons juvéniles



<sup>1</sup> PPDS : plus petite différence significative (Least Significant Difference ou LSD en anglais).

#### 3.1.4 Période automnale

La détermination des débits réservés écologiques durant la période automnale est également basée sur la méthode de modélisation des microhabitats (MMH), dont la description est donnée dans les sections précédentes. Les sections suivantes donnent les particularités de son application pour la détermination du débit réservé d'automne.

##### 3.1.4.1 Paramètres de base de l'étude

Tel que déterminé à la section 3.1.2, l'espèce cible retenue pour l'analyse du débit réservé applicable l'automne est le saumon atlantique et sa fonction biologique est la reproduction.

Trois sites sont sélectionnés pour représenter l'habitat de reproduction du saumon (voir la carte 3-1). Ces sites, situés aux PK 34, 46 et 49 correspondent aux trois principales frayères connues de cette espèce dans le cours principal de la rivière Romaine d'après les résultats des inventaires de frayères (GENIVAR, 2005).

Ces frayères sont celles où le nombre de nids observés au cours des différents inventaires est le plus élevé. De plus, elles sont facilement accessibles et situées dans des tronçons de la rivière Romaine où les simulations des conditions hydrauliques sont fiables.

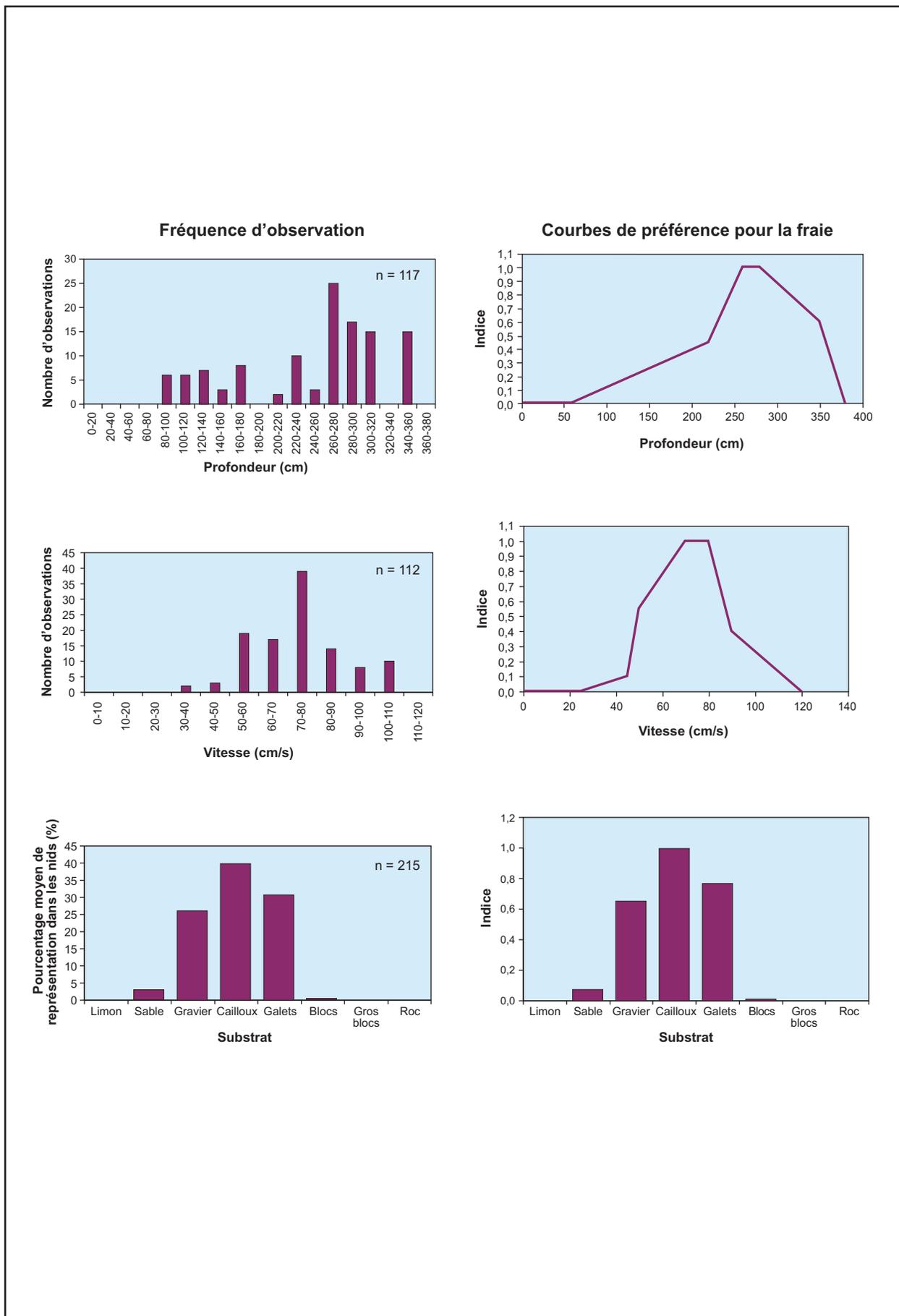
##### 3.1.4.2 Modèles d'habitat

La figure 3-5 illustre le nombre de nids observés par classes de vitesse, de profondeur et de particules granulométriques ainsi que le nouveau modèle d'habitat élaboré à partir de ces données.

Les fréquences d'observations des nids sont basées sur des inventaires presque exhaustifs. Très peu de nids en dehors de ces sites de fraie ont été observés dans le cours principal de la rivière. Ainsi, les fréquences d'observations de nids peuvent être considérées comme représentatives de la distribution réelle des nids et peuvent servir à construire directement les trois courbes de préférence du modèle d'habitat.

Comme dans le cas du modèle d'habitat pour l'alimentation des juvéniles durant la période estivale, le modèle d'habitat de reproduction est influencé par le fait que des nids ont été observés à seulement trois sites et que la gamme des conditions physiques présentes est probablement restreinte par rapport à la flexibilité de l'espèce. Cette remarque est d'autant plus importante que la majorité des nids a été observée sur la frayère du PK 34. Cette frayère présente des conditions atypiques dues aux caractéristiques particulières de la rivière et l'utilisation de ce modèle

Figure 3-5 Fréquence d'observation des nids de saumon dans la Romaine en fonction de la profondeur, de la vitesse et du substrat et courbes de préférence correspondantes



fausserait les résultats en favorisant les grandes profondeurs. En effet, les profondeurs notées sur cette aire de fraie varient entre 1,5 et 4 m. Or, tous les autres modèles connus pour la fraie du saumon indiquent que le saumon fraie surtout à des profondeurs inférieures à 1,5 m. La particularité de la frayère du PK 34 provient du fait qu'elle est située non loin du pied de la chute à Charlie (PK 35), laquelle constitue un obstacle majeur à la montaison des saumons. Une partie importante de la population des saumons adultes demeure au pied de cette chute un certain temps puis, se met à rechercher vers l'aval un substrat de fraie acceptable. La frayère du PK 34 est le premier site de fraie rencontré. Même si les conditions de profondeur ne correspondent pas à celles généralement rencontrées sur une frayère typique, le saumon s'en accommode parce que le substrat et la vitesse d'écoulement y sont favorables. La profondeur devient alors un critère secondaire.

Afin de contourner ce problème des profondeurs supérieures à 2 m dans le modèle d'habitat provenance de la rivière Romaine, nous aurions pu décider arbitrairement d'attribuer une valeur d'exposant très faible à l'indice profondeur lors du calcul des APU pour tenir compte du fait que le facteur « profondeur » est peu déterminant dans la sélection d'un site de fraie. Comme il est difficile de déterminer objectivement la valeur de cet exposant, nous avons préféré utiliser l'information additionnelle contenue dans le modèle d'habitat de reproduction de la rivière Moisie (Hydro-Québec, 1991).

Comme pour l'alimentation des saumons juvéniles, un nouveau modèle d'habitat est élaboré en combinant les modèles Romaine et Moisie. Ce nouveau modèle est obtenu en traçant des courbes englobant celles des deux modèles précédents (voir la figure 3-6). Il est plus représentatif des préférences réelles du saumon.

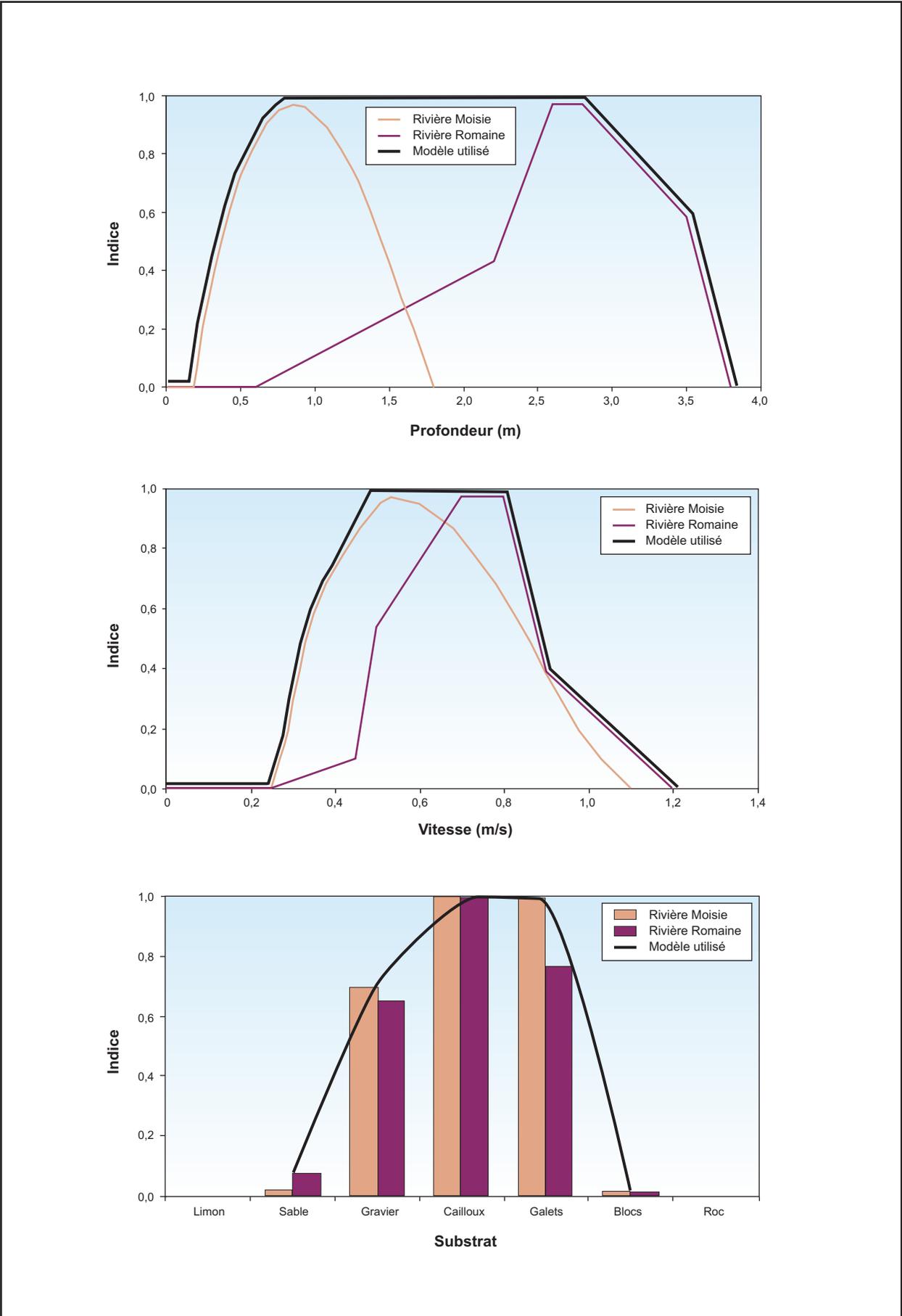
#### 3.1.4.3 Modélisation des conditions hydrodynamiques

Le nombre de sections et de cellules ayant servi à modéliser les conditions hydrauliques dans les frayères en 2005 sont données au tableau 3-5. La localisation des sections est donnée aux annexes 6 à 8.

Tableau 3-5. Sections et cellules utilisées pour la modélisation hydrodynamique de l'habitat de fraie du saumon.

Caractéristique	Frayère PK 34	Frayère PK 45	Frayère PK 49
Longueur modélisée (m)	210	140	180
Nombre de sections	10	7	9
Nombre de cellules par section	85	126	58
Nombre total de cellules	850	882	522

Figure 3-6 **Courbes de préférence pour la fraie du saumon utilisées pour la détermination du débit réservé durant la période automnale**



Des jaugeages et des profils de vitesses ont été réalisés lors des relevés de terrain, à l'aide d'un courantomètre acoustique. Ces relevés ont permis d'améliorer la distribution des vitesses par rapport à celle déterminée par la méthode de la débitance partielle.

Comme dans le cas du débit réservé pour la période estivale, la modélisation hydrodynamique des conditions automnales a été réalisée pour chacune des cellules à des débits entre 50 et 1 200 m<sup>3</sup>/s (débits au PK 16) par incrémentations successives de 50 m<sup>3</sup>/s.

#### 3.1.4.4 Simulation d'habitat et interprétation des courbes

À l'instar des habitats d'alimentation, la quantité d'habitat de reproduction (exprimée en APU) est calculée pour chaque débit considéré et ceci à chacune des trois frayères modélisées. Une courbe globale d'APU en fonction du débit est obtenue pour l'ensemble des trois frayères, laquelle est ensuite interprétée à l'aide de la méthode LSD (voir la section 3.1.3.5) pour déterminer le débit réservé écologique.

#### 3.1.5 Période hivernale

L'objectif principal du débit réservé en hiver est de protéger les œufs de saumon en incubation dans les frayères. Il vise également à offrir des conditions de survie adéquates aux juvéniles.

Le risque encouru par les œufs de saumon en incubation, tant en conditions naturelles qu'aménagées, est d'être soumis à l'exondation, à l'assèchement et au gel à la suite d'une réduction du débit et du niveau d'eau. En conditions naturelles, la présence d'une couverture de glace atténue grandement la baisse du niveau d'eau qui survient en rivière avec la récession hivernale du débit, qui atteint habituellement son maximum à la fin de mars ou au début d'avril. Parfois, l'effet de la couverture de glace est tel qu'il peut même rehausser le niveau d'eau par rapport aux périodes d'eaux libres de glace.

Toutefois, en conditions futures, le régime des glaces sera légèrement modifié dans les premiers kilomètres en aval du PK 52 (Groupe LaSalle Inc., 2006). En effet, les eaux qui sortiront de la centrale RO-1 seront légèrement plus chaudes en hiver, ce qui diminuera quelque peu la formation de glace. Alors qu'il y a, en général, une couverture de glace complète entre les PK 45 et 52 en conditions actuelles, quelques aires d'eaux libres subsisteront au centre de ce tronçon de rivière en conditions futures.

De façon générale, la couverture de glace devrait demeurer assez importante pour agir significativement sur les niveaux d'eau. Cependant, pour déterminer le débit

réservé en hiver, on a considéré l'hypothèse sécuritaire (conservatrice) qu'il y aurait absence complète de glace dans les cinq premiers kilomètres en aval de la centrale RO-1 et que les frayères des PK 46 et 49 seraient ainsi exposées à l'exondation et au gel. Le débit réservé hivernal a donc été établi pour éliminer complètement ce risque, même s'il est minime.

La détermination du débit réservé hivernal s'appuie sur la modélisation hydrodynamique des trois principales frayères de la Romaine, telle que décrite à la section 3.1.4. L'analyse consiste à établir, à l'aide du logiciel HEC-RAS, le débit nécessaire pour recouvrir de 10 cm d'eau le point le plus élevé de chacune des 28 sections traversant les trois frayères modélisées. Ces sections, illustrées aux annexes 6 à 8 sont équidistantes de 20 m et tirées du modèle numérique de terrain bâti sur chaque frayère. Le débit le plus élevé obtenu parmi les 28 sections transversales est retenu comme le débit minimal à maintenir en hiver. Cette analyse est schématisée à la figure 3-7.

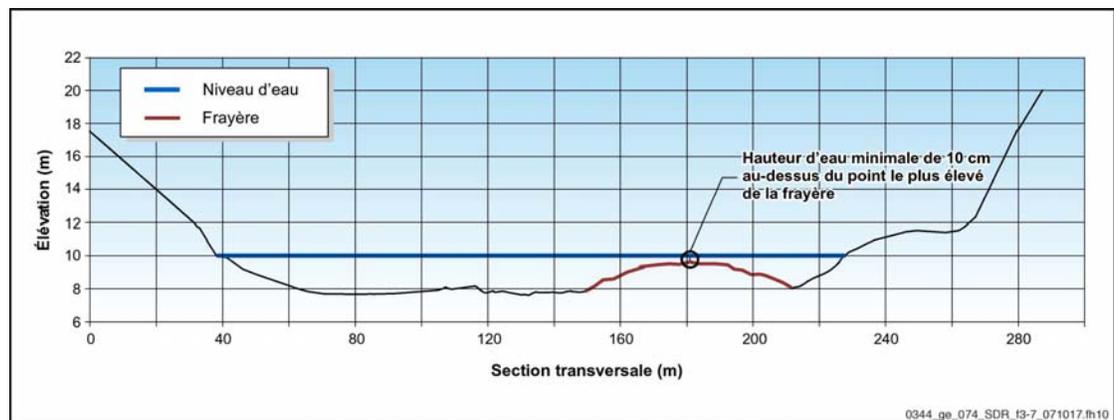


Figure 3-7. Schématisation de l'analyse 1D sur une section transversale typique pour la détermination du débit réservé d'hiver.

### 3.1.6 Période printanière

Le débit réservé printanier vise, d'une part, à assurer le bon déroulement de l'émergence des alevins de saumon et, d'autre part, à maintenir inondées et accessibles les frayères des espèces frayant au printemps.

Au plan méthodologique, l'étude du débit réservé printanier comprend deux étapes. La première a consisté à déterminer ce débit en fonction de l'émergence des alevins et la seconde, à vérifier si ce débit est adéquat pour maintenir l'accessibilité des frayères des espèces printanières (grand brochet et meuniers, outouche). Ces deux étapes sont décrites ci-après.

### 3.1.6.1 Débit minimal pour l'émergence

L'approche préconisée pour déterminer le débit minimal requis pour l'émergence repose davantage sur une argumentation biologique que sur une approche mathématique ou quantitative. Cette phase peut difficilement être modélisée sous forme de courbe d'utilisation ou de préférence (IQH), comme on le fait pour la reproduction et l'alimentation.

D'abord, l'habitat où elle se déroule correspond exclusivement aux sites choisis par les saumons adultes lors de la reproduction à l'automne. Par ailleurs, une fois émergés, les alevins se dispersent assez rapidement en raison de leur capacité nataoire réduite. Ils sont entraînés vers les zones où l'écoulement est faible ou encore vers des zones comportant des abris, comme des galets ou des blocs. Les sites d'émergence constituent de fait un habitat transitoire que les alevins ne fréquentent que peu de temps durant leur développement.

Les connaissances sur les conditions d'écoulement moyennes et limites nécessaires à l'émergence des alevins du saumon n'ont pas fait l'objet d'une quantification dans la littérature scientifique. Il n'y a pas de modèle d'habitat qui décrit mathématiquement les vitesses et les profondeurs nécessaires à cette fonction biologique. Il est donc difficile de déterminer avec précision le débit minimum pour assurer son bon déroulement. Vu l'absence d'information à cet égard, on estime que les débits équivalents à ceux ayant cours lors de la fraie sont adéquats. En effet, il est permis d'avancer que les débits qui permettent aux géniteurs de construire des nids et y déposer leur œufs sont largement en mesure d'offrir aux alevins en émergence les conditions minimales pour sortir du gravier, pour s'oxygéner, pour être à l'abri de la prédation et pour pouvoir se disperser.

Pour ces raisons, on considère que le débit minimal recommandé pour la reproduction des saumons adultes à l'automne est valable pour l'émergence. Le débit minimal à prévoir au printemps sera donc le même que celui proposé pour la reproduction en automne, lequel est déterminé au moyen de la méthode de modélisation des microhabitats (MMH) (voir la section 3.1.4).

La dévalaison des smolts n'a pas été prise en compte directement dans l'analyse du débit réservé printanier parce qu'elle est d'abord liée à la photopériode, qui est un facteur stable agissant en quelque sorte comme une horloge biologique et sur laquelle se règle le déclenchement du processus de smoltification. Les autres facteurs sont nombreux et varient d'une rivière à l'autre. Ces facteurs peuvent renforcer, accélérer ou atténuer la dévalaison selon le cas. Il s'agit principalement de la température de l'eau et du débit, mais ce peut être aussi les phases lunaires, le vent et même les interactions sociales (Ruggles 1980 ; Jonsson, 1991 ; Hvidsten et coll., 1995).

Le rôle du débit en particulier n'est pas clair, car aucune étude n'a démontré de façon évidente le lien entre ce facteur et la dévalaison. Sur la rivière Betsiamites, qui est régularisée à des fins de production d'énergie depuis la fin des années cinquante et qui ne connaît plus de crue printanière, des études ont montré que la dévalaison se déroule normalement (Plourde et Larose, 2004, 2006; Lévesque et coll., 2007). En effet, l'amorce et les pics de la dévalaison des smolts dans ce cours d'eau sont liés à une augmentation rapide de la température au printemps (figure 3-8), tout comme l'ont observé pendant deux années consécutives Caron et coll. (2006, 2007) dans la rivière Trinité, une rivière naturelle (figure 3-9). L'unique différence observée entre ces deux rivières est que la dévalaison se produit environ deux semaines plus tôt dans la rivière naturelle (Trinité) que dans la rivière aménagée (Betsiamites). Les événements de crue printanière semblent donc avoir peu d'incidence sur le profil de la dévalaison et ne constitue pas un facteur limitant pour cette activité biologique.

#### 3.1.6.2 Vérification de l'efficacité du débit réservé printanier pour les espèces à fraie printanière

Les résultats des inventaires menés en 2004 en aval du PK 52 de la Romaine indiquent que les frayères des espèces printanières se trouvent essentiellement dans la partie inférieure des tributaires (GENIVAR, 2005). Les meuniers se reproduisent dans les premiers rapides en amont des embouchures, tandis que les grands brochets déposent leurs œufs dans la végétation riveraine. Celle-ci est composée d'espèces herbacées (joncacées, graminées) et de petits arbustes, tels les éricacées, qui ont résisté à l'hiver.

Pour vérifier si le débit réservé requis pour l'éclosion et l'émergence des alevins du saumon atlantique est également adéquat pour assurer l'accès aux frayères situées dans les tributaires, des relevés de lignes d'eau ont été effectués en juin 2005 dans la partie inférieure de ces cours d'eau. Ces relevés, qui sont décrits à l'annexe 9, ont été réalisés sur trois tributaires (PK 7, 37 et 40) situés en rive droite et dont l'utilisation de la plaine d'inondation par le brochet comme aire de fraie a été confirmée.

L'examen des photos XEOS consistait à évaluer, pour chaque tributaire à écoulement permanent se jetant dans le tronçon compris entre les PK 0 et 52, les obstacles susceptibles de causer des problèmes de libre circulation du poisson entre l'embouchure et les frayères à meuniers recensées.

Figure 3-8 Profil de la dévalaison des smolts dans la rivière Betsiamites

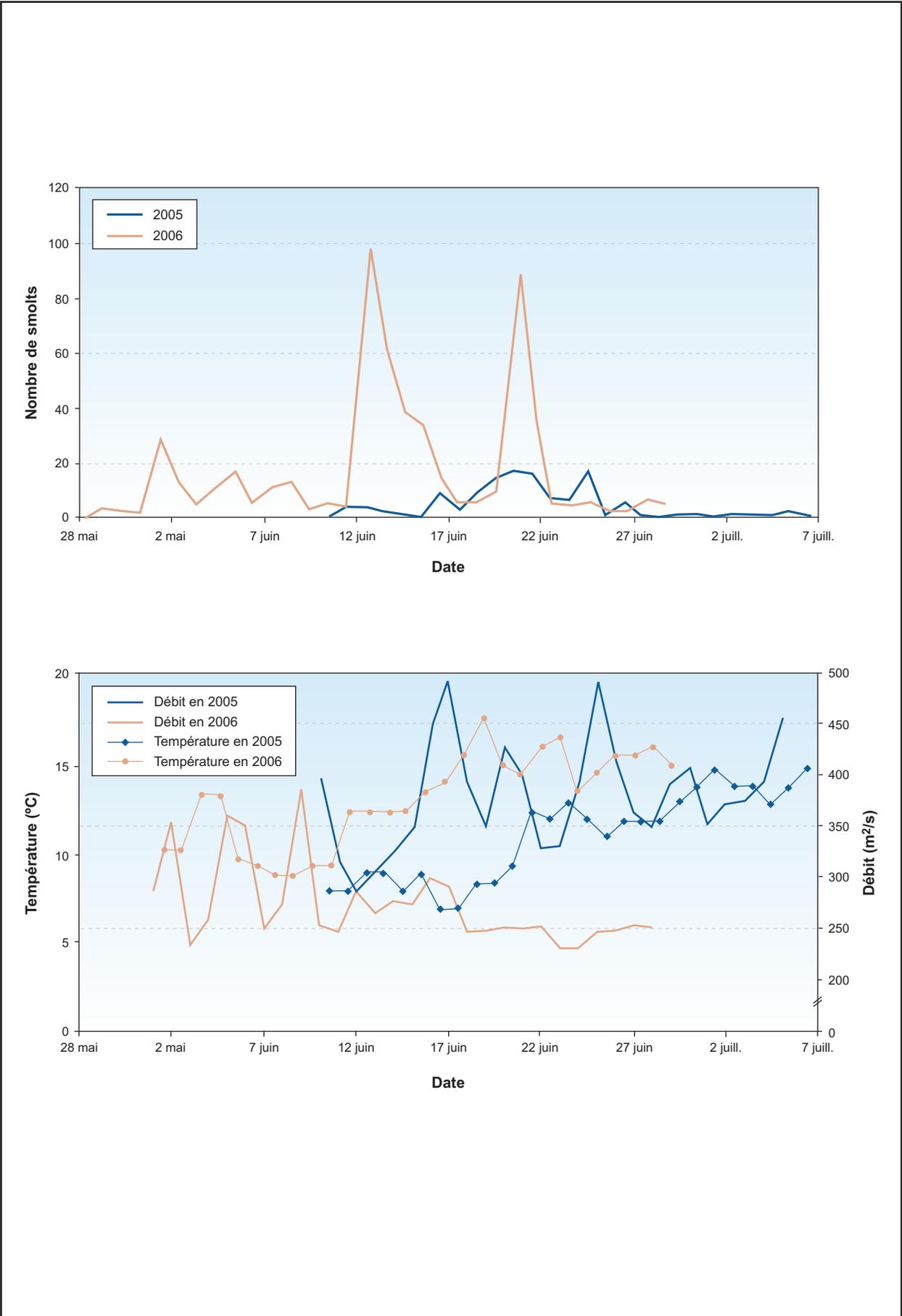
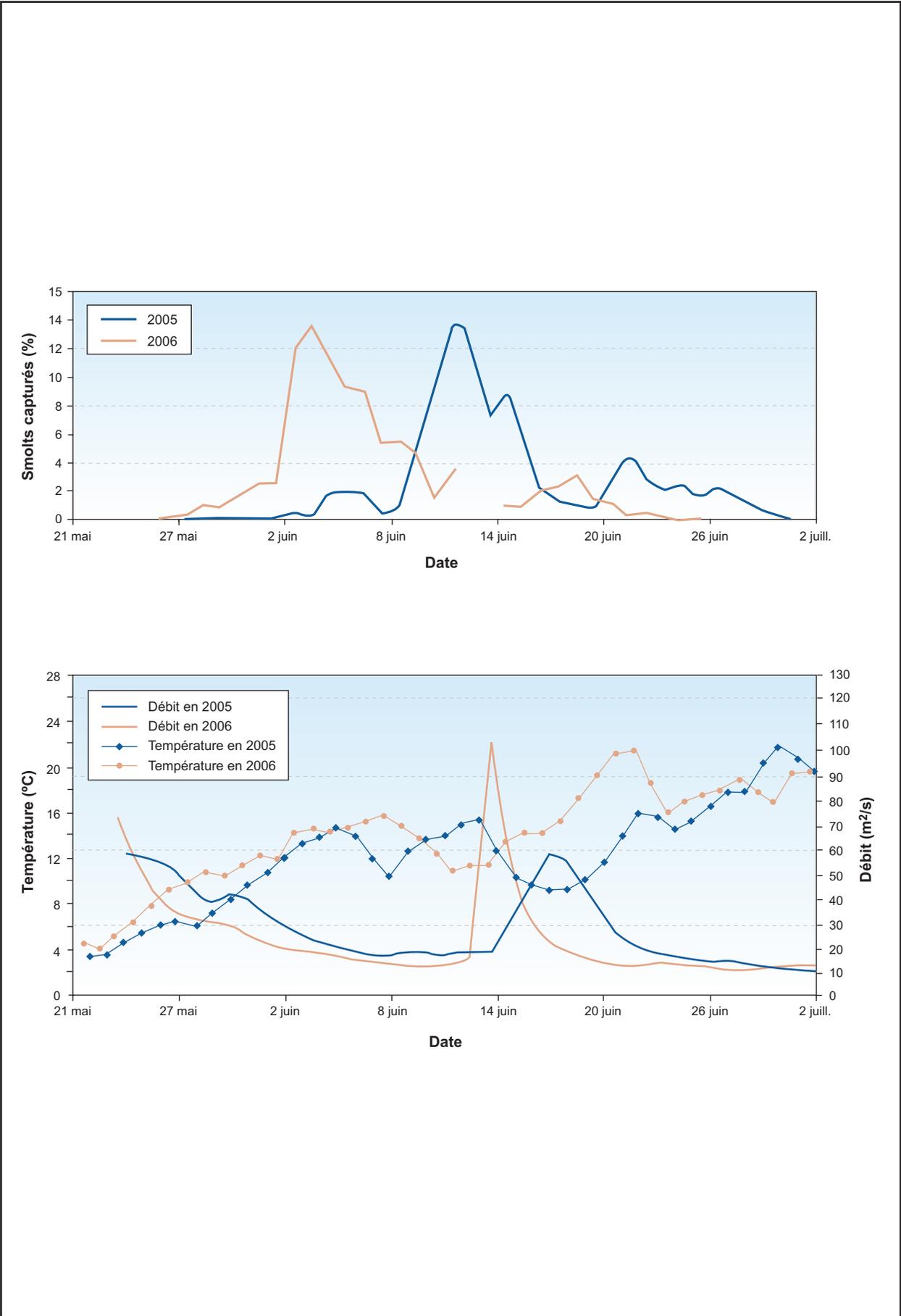


Figure 3-9 Profil de la dévalaison des smolts dans la rivière Trinité



### 3.1.7 Séries temporelles d'habitats

Les séries temporelles d'habitat permettent de représenter la disponibilité interannuelle des habitats d'alimentation des juvéniles et de reproduction sur un site donné et pour une période biologique particulière. Elles ont été élaborées à partir de la série de données hydrologiques disponible aux sites d'étude et de la relation entre le débit et les APU calculées à ces sites. Les étapes de calcul sont les suivantes :

- pour la période biologique considérée, on calcule le débit moyen et l'écart type correspondant pour chacune des années de la série hydrologique disponible; pour la rivière Romaine, la série hydrologique disponible s'étend sur 49 ans, soit de 1954 à 2004;
- pour chaque année, on transforme le débit moyen calculé (ainsi que l'écart type) en APU, à l'aide de la relation APU vs débit obtenu pour le site et la période biologique considérée; on obtient ainsi un APU moyen annuel ( $APU_{ma}$ );
- on reporte sur un graphique les valeurs d'APU (et leurs écarts types correspondant) en fonction de l'année.

L'exercice est fait tant pour les conditions naturelles de débit (l'état de référence) que pour les conditions futures (régime de débits réservés), ce qui permet de comparer les deux états.

Enfin, pour chacun des états, la disponibilité moyenne interannuelle d'habitat ( $APU_m$ ) est calculée en faisant la moyenne des valeurs d'APU moyenne annuelle.

## 3.2 **Tronçons court-circuités**

### 3.2.1 Approche générale

La détermination du régime des débits réservés écologiques dans les tronçons court-circuités est basée sur l'application d'un débit constant correspondant à 1 % du débit moyen annuel au point de coupure, avec mise en place de mesures de compensation pour les habitats perdus. Cette approche est retenue parce que les méthodes de calcul des débits réservés proposées dans la Politique de débits réservés écologiques pour la protection du poisson et de ses habitats (Société de la faune et des parcs du Québec, 1999) étaient inapplicables pour des raisons techniques ou encore donnaient des débits réservés trop élevés pour assurer la rentabilité du projet.

En effet, cette Politique préconise trois approches, soit la modélisation des microhabitats (MMH), la méthode écohydrologique et la méthode du périmètre mouillé. D'abord, la méthode de modélisation des microhabitat ne pouvait être appliquée dans les tronçons court-circuités de la Romaine-4, de la Romaine-3 et de la

Romaine-2, parce qu'il est impossible d'y réaliser tous les relevés nécessaires à la construction de modèles hydrodynamiques vraiment représentatifs de ces milieux. Les difficultés du terrain (inaccessibilité des secteurs lotiques encaissés, force du courant, etc.) limitent les relevés aux quelques bassins et secteurs relativement calmes se trouvant dans les tronçons.

Par ailleurs, selon les méthodes écohydrologique et du périmètre mouillé, il faudrait envisager des débits supérieurs à 100 m<sup>3</sup>/s dans chacun des tronçons court-circuités, ce qui est incompatible avec la rentabilité économique du projet (les résultats de l'application de ces méthodes sont détaillées à la section 4.2). La méthode écohydrologique a été appliquée selon la procédure décrite dans Belzile et coll. (1997). Conformément à la classification proposée par cette méthode, la Romaine fait partie de la région écohydrologique 1a et le débit réservé recommandé pour l'année complète est équivalent à 50% du débit médian annuel.

En ce qui a trait à la méthode du périmètre mouillé, elle consiste à déterminer, pour différents débits, le périmètre de la section hydraulique se trouvant sous la ligne des eaux. Ces valeurs servent à établir une relation entre le périmètre mouillé (qui est assimilé à l'habitat du poisson) et le débit sous la forme d'une courbe qui présente généralement un point d'inflexion correspondant à un débit-seuil en deçà duquel toute diminution de débit s'accompagne d'une perte importante du périmètre mouillé. Ce débit-seuil sert à déterminer la valeur de débit réservé en considérant que tout débit inférieur à cette valeur amène une perte marquée de superficie d'habitat.

Cette méthode a été appliquée à l'aide du logiciel HEC-RAS sur une quinzaine de sections transversales réparties dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4. La bathymétrie de ces sections a été relevée à l'été 2005 à l'aide d'un échosondeur (*Sea Max* de Marine Tech) relié à un DGPS.

Notons que les données recueillies sur ces sections transversales ont également été utilisées pour établir la relation entre la superficie mouillée approximative et le débit dans les trois tronçons court-circuités. Pour chacun de ces tronçons, les étapes suivantes ont été suivies :

- À chaque section transversale, on a calculé le niveau d'eau et la largeur au miroir pour le débit en conditions naturelles, pour le débit en conditions futures et pour les débits de 50 m<sup>3</sup>/s, de 100 m<sup>3</sup>/s et de 150 m<sup>3</sup>/s. Les débits en conditions naturelles sont de 185 m<sup>3</sup>/s, de 224 m<sup>3</sup>/s et de 273 m<sup>3</sup>/s, pour les tronçons de la Romaine-4, de la Romaine-3 et de la Romaine 2, respectivement. En conditions futures, ils seront de 1,8 m<sup>3</sup>/s, de 2,2 m<sup>3</sup>/s et de 2,7 m<sup>3</sup>/s,
- On a ensuite interpolé de façon approximative la ligne de rivage entre les sections transversales, à l'aide des photos aériennes haute résolution (XEOS<sup>®</sup>).
- Enfin, la superficie mouillée associée à chaque débit a été calculée avec le logiciel HEC-RAS. La superficie mouillée correspond à l'aire au miroir du plan d'eau.

Cet exercice a été effectué en ne considérant que les zones lenticques, c'est-à-dire les bassins et les chenaux, et en excluant les zones lotiques (les chutes, les cascades, les rapides et les seuils). Il n'y a pas suffisamment de relevés bathymétriques dans les zones lotiques pour pouvoir estimer leur superficie mouillée, même de façon approximative.

### 3.2.2 Campagnes de relevés

Une série de relevés biologiques et physiques ont été réalisés dans les tronçons court-circuités afin de décrire les communautés de poissons et les habitats présents. Ces relevés sont décrits dans les rapports d'inventaire de Belles-Isles et coll. (2004) et de GENIVAR (2005 et 2006a). Ils sont résumés dans les sections suivantes.

#### 3.2.2.1 Relevés biologiques

Trois campagnes de pêches ont été réalisées dans ou près des biefs court-circuités de la Romaine 2, la Romaine-3 et la Romaine-4, soit en 2003, 2004 et 2005. En 2003, des pêches au filet maillant, à la bourolle, à la ligne, à l'électricité et à la seine ont été effectuées du 6 au 13 août (Belles-Isles et al. 2004). Ces engins de pêche ont été mis en place en fonction des caractéristiques physiques de la rivière (faciès d'écoulement, profondeur, profil des berges, etc.). Ainsi, les filets maillants ont été utilisés uniquement dans les sections lenticques, les bourolles en eau peu profonde près des rives, la pêche électrique dans les zones à écoulement lent peu profondes ou à l'embouchure des petits tributaires et enfin la pêche à la ligne partout où l'accès le permettait. Les stations de pêche à l'électricité étaient « ouvertes ».

En 2004 et 2005, les pêches couvraient l'ensemble de la rivière Romaine (GENIVAR 2005, 2006a). Les stations ont été sélectionnées lors d'un survol en hélicoptère et étaient distribuées de manière à couvrir des types d'habitats définis. Seules quelques stations étaient positionnées dans les tronçons court-circuités ou à proximité. Les pêches ont été effectuées du 6 juillet au 4 septembre 2004, puis du 28 mai au 14 septembre 2005. Elles ont été réalisées principalement au moyen de filets expérimentaux, de bourolles appâtées et canne à pêche (mouche). La seine a également été utilisée lorsque les conditions le permettaient.

L'effort de pêche total par engin et par tronçon lors des 3 années de pêche est présenté au tableau 3-6.

Tableau 3-6. Effort de pêche consacré dans ou près des tronçons court-circuités de 2003 à 2005.

Tronçon court-circuité	Filet maillant (nuit-filet)	Bourolle (nuit-bourolle)	Ligne (heure-pêcheur)	Pêche électrique (superficie m <sup>2</sup> )	Seine (coup)
Romaine-2	20	30	18,75	378	10
Romaine-3	8	9	15,75	32	1
Romaine-4	3	3	25,5	0	0

### 3.2.2.2 Relevés physiques

Les relevés physiques réalisés dans les biefs court-circuités comprennent des sections bathymétriques dans le cours principal, une bathymétrie complète des bassins du tronçon court-circuité de la Romaine-2 (PK 87,4, PK 87,8, PK 88,6 et PK 89,5), une description de la granulométrie du substrat et le relevé de la ligne d'eau. Des photos aériennes à haute définition de type XEOS ont également été prises dans tout le cours principal.

Les secteurs bathymétriques ont été utilisés pour l'élaboration du modèle hydrodynamique 1D lequel est employé dans la simulation des périmètres mouillés en fonction du débit.

La bathymétrie des bassins a permis de déterminer que l'absence de débit réservé durant plusieurs jours consécutifs n'est pas suffisante pour occasionner leur anoxie (annexe 10), et qu'un débit très faible est suffisant pour protéger la communauté de poissons, en autant que la diminution des niveaux d'eau ne soit pas trop forte.

Les photos XEOS ont été examinées par un géomorphologue afin d'identifier les différents habitats types et de les saisir dans un système d'information géoréférencé (SIG).

### 3.2.2.3 Modélisation des apports intermédiaires

L'hydrogramme des apports intermédiaires a été calculé à l'amont et à l'aval de chacun des tronçons court-circuités (Romaine-2, Romaine-3 et Romaine-4) à partir des superficies des bassins versant des tributaires et des données historiques des précipitations pour la région. Ces données ont été utilisées dans l'analyse des variations naturelles des débits dans les tronçons court-circuités après l'application des débits réservés.



## 4. Résultats et discussion

### 4.1 Tronçon en aval de la Romaine-1 (PK 0 à PK 52)

Cette section présente successivement les débits réservés pendant l'exploitation du complexe de la Romaine, ceux prévus pendant sa construction (remplissage des réservoirs) et, enfin, les mesures visant à atténuer ou à compenser les impacts causée par la modification du régime hydrologique de la Romaine.

#### 4.1.1 Débits réservés en exploitation

##### 4.1.1.1 Période estivale (alimentation des juvéniles du saumon)

Les simulations d'habitats d'alimentation des saumons juvéniles en fonction du débit sont illustrées à la figure 4-1a. Selon la méthode « LSD » appliquée sur la courbe moyenne normée, le débit réservé est de 170 m<sup>3</sup>/s (voir la figure 4-1b). En deçà de cette valeur, la disponibilité d'habitat décroît rapidement.

Cette valeur de débit est plus élevée que celles obtenues en utilisant les modèles Romaine et Moisie séparément (voir le tableau 4-1). En revanche, elle est légèrement inférieure à celle obtenue en utilisant le modèle combiné Romaine-Moisie selon la méthode d'interprétation du « 0,9 APU<sub>max</sub> », employée occasionnellement quand la méthode du « débit équivalent au débit médian » ne peut être utilisée, soit lorsque le débit médian est inférieur au débit optimal (voir la figure 4-1b).

Tableau 4-1. Comparaison des débits réservés d'été obtenus selon différents modèles d'habitat d'alimentation et méthodes d'interprétation des courbes de disponibilité d'habitat.

Méthode d'interprétation	Modèle d'habitat			Débit médian (m <sup>3</sup> /s)
	Romaine m <sup>3</sup> /s	Moisie m <sup>3</sup> /s	Romaine + Moisie (m <sup>3</sup> /s)	
0,9 APU <sub>max</sub> <sup>1</sup>	N/A <sup>3</sup>	146	195	284
LSD <sup>2</sup>	N/A <sup>3</sup>	136	<b>170</b>	284

<sup>1</sup> Valeur correspondant à 90 % de la quantité maximale d'habitat calculée en APU.

<sup>2</sup> LSD = méthode de « Least significant difference ».

<sup>3</sup> N/A : non applicable parce que le sommet de la courbe des APU en fonction du débit correspond au plus bas débit simulé.

Une analyse plus approfondie a été faite sur les meilleurs sites d'alimentation pour valider les résultats présentés ci-dessus. À l'aide de la photo-interprétation, on a sélectionné, à l'intérieur des quatre sites modélisés, les meilleurs segments pour l'élevage des juvéniles, c'est-à-dire les rapides, les seuils et les chenaux où le sable

n'est la composante dominante du substrat. Six (6) segments ont ainsi été sélectionnés (tableau 4-2), pour lesquels on a produit la relation entre la disponibilité d'habitats et le débit<sup>3</sup> (figure 4-2). En appliquant la méthode « LSD » sur l'ensemble de ces courbes, il ressort qu'un débit de 124 m<sup>3</sup>/s serait requis pour maintenir la disponibilité des meilleurs habitats d'élevage. Ce débit est inférieur à celui obtenu en analysant l'ensemble des sites. Le débit réservé écologique de 170 m<sup>3</sup>/s apparaît donc comme un débit réservé sécuritaire pour le maintien des habitats d'alimentation des saumons juvéniles.

Tableau 4-2. Identification et localisation des meilleurs segments de rivière pour l'alimentation des saumons juvéniles.

Site	PK	Longueur (km)
Site B1	34,4 à 34,7	0,3
Site C1	46,0 à 47,1	1,1
Site D1	48,1 à 49,0	0,9
Site D2	49,0 à 50,5	1,5
Site D3	50,5 à 51,1	0,6
Total		4,4

Les séries temporelles pour l'alimentation des saumons juvéniles sont présentées à l'annexe 11. Elles montrent que la disponibilité moyenne interannuelle d'habitats ( $APU_{mi}$ ) sera plus élevée en conditions de débit réservé (170 m<sup>3</sup>/s) qu'en conditions naturelles à certains sites (sites B et C) et plus faibles à d'autres (A et D). Les différences sont toutefois faibles et représentent des variations inférieures à 10 % par rapport aux conditions naturelles. Aux sites où les conditions de débit réservé représentent une diminution par rapport aux conditions naturelles, l' $APU_{mi}$  demeure tout de même à l'intérieur des limites de fluctuations observées sur la rivière depuis 40 ans.

#### 4.1.1.2 Période automnale (fraie du saumon)

La figure 4-3a montre les résultats des simulations d'habitats de reproduction du saumon aux trois frayères modélisées. Le débit réservé déterminé à l'aide de la méthode LSD est de 242 m<sup>3</sup>/s (voir la figure 4-3b).

Ce débit est supérieur à la valeur obtenue en utilisant uniquement le modèle Romaine (234 m<sup>3</sup>/s) et à celle obtenue à l'aide du modèle combiné, selon la méthode « 0,9  $APU_{max}$  » (voir le tableau 4-3).

3 En utilisant le modèle combiné « Romaine et Moisie »

Figure 4-1 Disponibilité des habitats d'alimentation du saumon juvénile en fonction du débit (A) et détermination du débit réservé pour la période estivale (B)

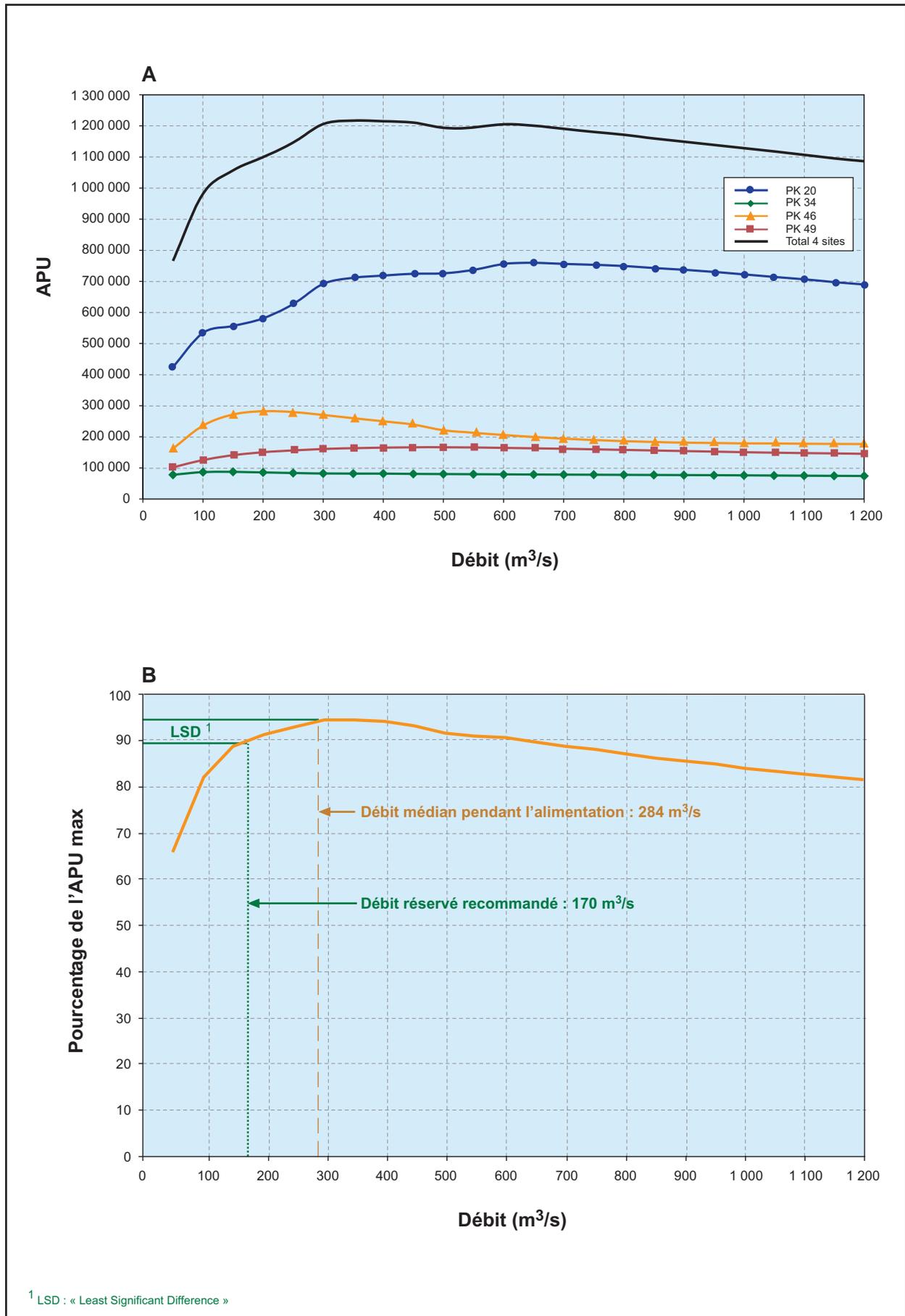


Figure 4-2 Disponibilité des habitats d'alimentation du saumon juvénile en fonction du débit dans les meilleurs sites

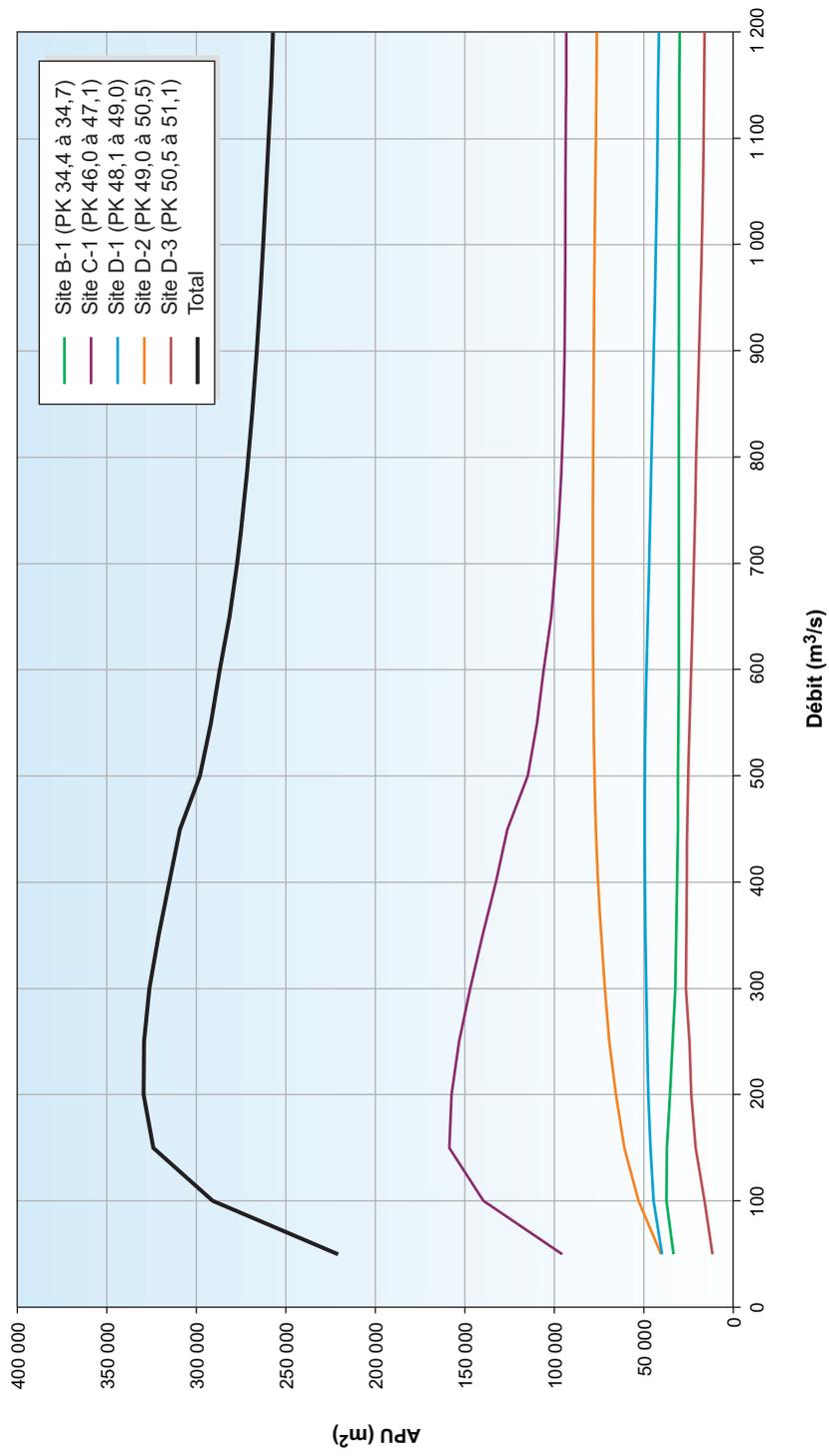


Figure 4-3 Disponibilité des habitats de reproduction du saumon atlantique en fonction du débit (A) et détermination du débit réservé pour la période d'automne (B)

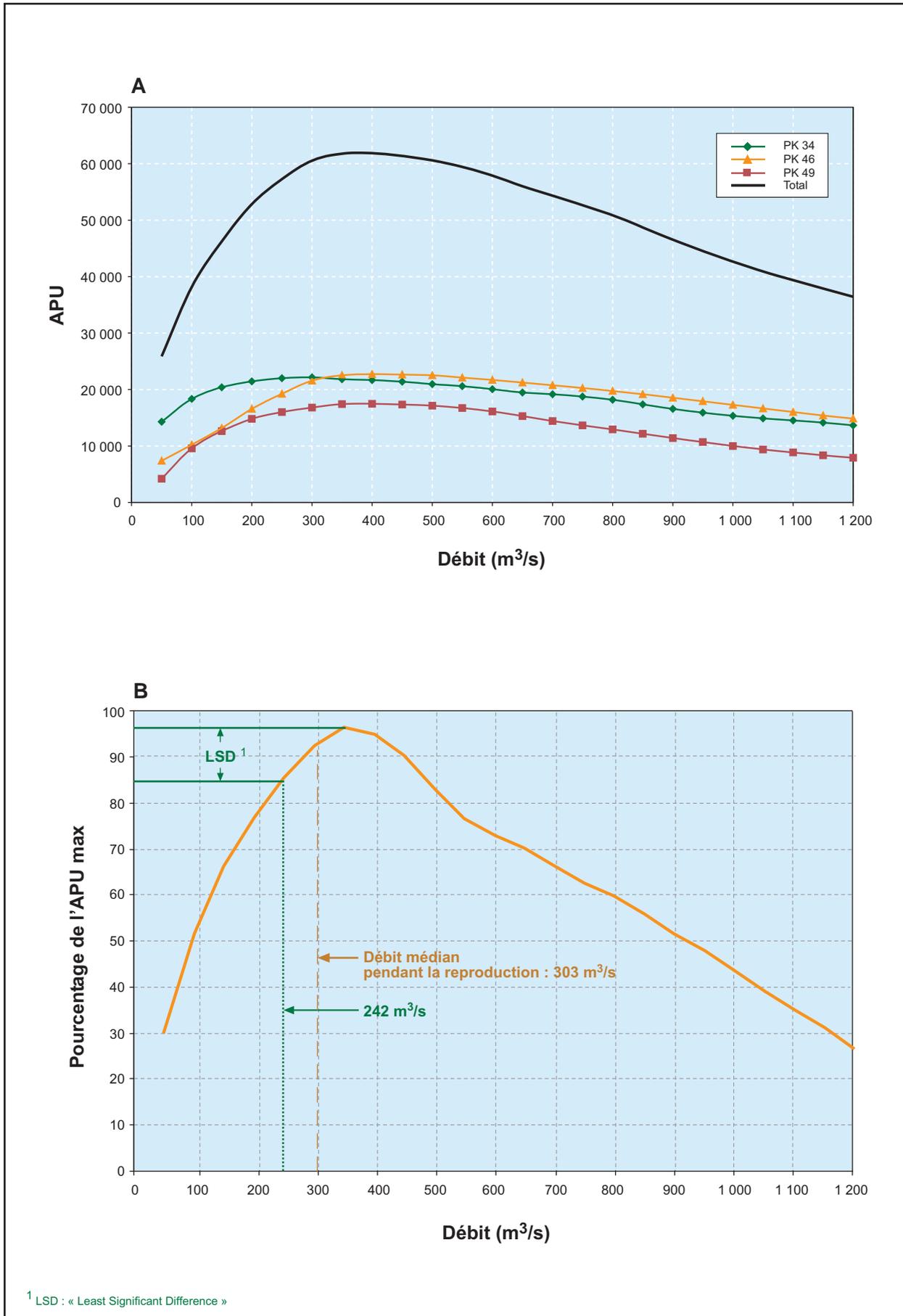


Tableau 4-3. Comparaison des débits réservés d'automne obtenus selon différents modèles d'habitat de reproduction et méthodes d'interprétation des courbes de disponibilité d'habitat.

Méthode d'interprétation	Modèle d'habitat			Débit médian (m <sup>3</sup> /s)
	Romaine m <sup>3</sup> /s	Moisie m <sup>3</sup> /s	Romaine + Moisie (m <sup>3</sup> /s)	
0,9 APU <sub>max</sub> <sup>1</sup>	234	N/A <sup>3</sup>	232 m <sup>3</sup> /s	303
LSD <sup>2</sup>	210	N/A <sup>3</sup>	<b>242 m<sup>3</sup>/s</b>	303

1 Correspondant à 90 % de la quantité maximale d'habitat calculée en APU.

2 LSD = méthode de « Least significant difference ».

3 N/A : non applicable parce que le sommet de la courbe des APU en fonction du débit correspond au plus bas débit simulé.

Il est à noter que les méthodes « 0,9 APU max » ou « LSD » ne peuvent être appliquées pour le modèle Moisie. En effet, le sommet de la courbe des APU en fonction du débit correspond au plus bas débit simulé. Le débit correspondant à 90 % de l'APU maximal est donc inférieur à la limite du modèle hydrodynamique.

Par ailleurs, comme pour l'alimentation, la méthode du « débit équivalent au débit médian » ne peut être utilisée, car le débit médian est inférieur au débit optimal (voir la figure 4-3b).

Comme pour les habitats d'alimentation, une analyse plus approfondie a été faite sur les meilleurs habitats de reproduction, soit ceux dont l'indice de qualité (*Ig*) est supérieur à 0,7. La figure 4-4 illustre la disponibilité de ces habitats en fonction du débit<sup>4</sup> et l'annexe 12 regroupe les images illustrant leur répartition aux débits de 200, de 242, de 300 et de 400 m<sup>3</sup>/s, sur toutes les frayères étudiées. La méthode LSD appliquée aux courbes de la figure 4-4 indique qu'un débit de 94 m<sup>3</sup>/s serait suffisant pour assurer le maintien de la disponibilité des meilleurs habitats de fraie sur l'ensemble des trois sites étudiés.

Toutefois, il faut souligner une grande disparité entre les frayères car le débit requis pour le maintien des habitats est variable d'un site à l'autre (tableau 4-4). À la frayère du PK 34,5, qui est la plus importante des frayères dans la Romaine, un débit aussi bas que 140 m<sup>3</sup>/s peut maintenir au moins 90 % de la quantité maximale des habitats disponibles sur ce site, peu importe leur qualité. Aux frayères du PK 46,2 et du PK 48,9, des débits respectifs de 270 m<sup>3</sup>/s et de 221 m<sup>3</sup>/s sont nécessaires pour maintenir le même pourcentage d'habitat. Si on ne considère que les meilleurs habitats (ceux dont l'indice global [*Ig*] de qualité est  $\geq 0,7$ ), les débits requis pour maintenir 90% de la quantité maximale d'habitats sont de 96 m<sup>3</sup>/s, de 386 m<sup>3</sup>/s et de 214 m<sup>3</sup>/s, pour les PK 34,5, 46,2 et 48,9, respectivement. En bref, les débits requis pour le maintien des habitats sont bas pour la frayère du PK 34,5, mais plus élevés pour celles des PK 46,2 et 48,9.

4 En utilisant le modèle combiné « Romaine et Moisie ».

Figure 4-4 Disponibilité des meilleurs habitats de reproduction du saumon (IG  $\geq 0,7$ ) en fonction du débit

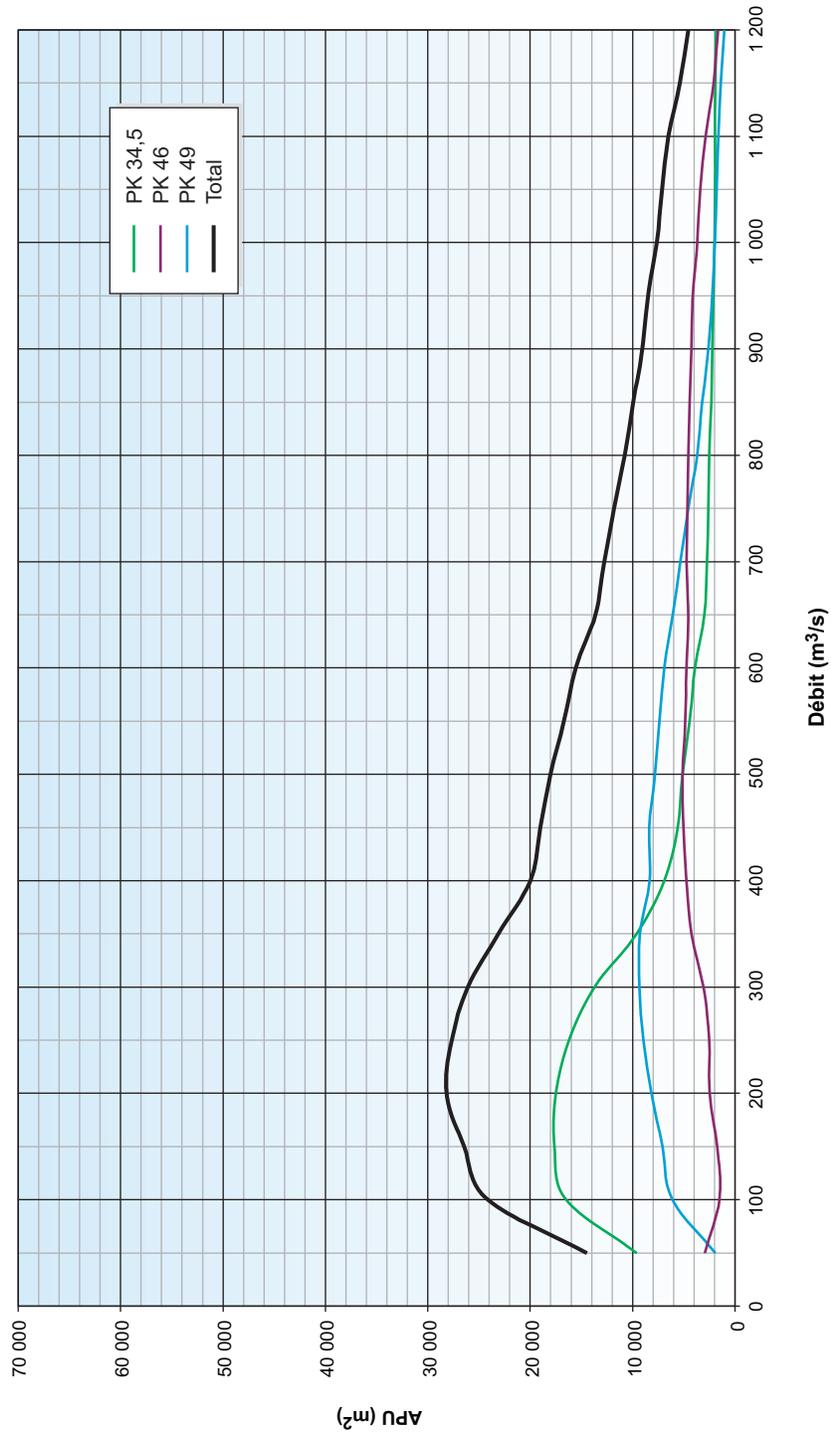


Tableau 4-4. Débit requis pour maintenir 90 % de la quantité maximale de tous les habitats ( $0 \geq Ig \leq 1$ ) et des meilleurs habitats ( $Ig \geq 0,7$ ) sur les frayères à saumon de la Romaine.

Site	Tous les habitats <sup>a</sup>	Meilleurs habitats <sup>b</sup>
Pk 34,5	140	96
Pk 46,2	270	386
Pk 48,9	221	214

a Habitats dont l'indice global de qualité est compris entre 0 et 1.

b Habitats dont l'indice global de qualité est compris entre 0,7 et 1.

Compte tenu de la grande disparité des besoins en débit d'une frayère à l'autre, une approche mixte de débit réservé et d'aménagement d'habitats est suggérée. Ainsi, il est proposé de fixer le débit réservé à 200 m<sup>3</sup>/s plutôt qu'à 242 m<sup>3</sup>/s durant la période de reproduction. Ce débit, qui correspond au débit optimal d'une turbine, permet de maintenir tout près de 100% des habitats disponibles sur la frayère du PK 34,5, qui est la plus fréquentée par le saumon. Toutefois, il entraîne une légère réduction de la disponibilité des habitats de fraie aux PK 46,2 et 48,9 par rapport aux conditions moyennes durant la période de reproduction. Pour y remédier, il est proposé d'aménager des frayères à ces deux endroits, à proximité des frayères existantes, afin de redonner la même disponibilité d'habitat de fraie à 200 m<sup>3</sup>/s qu'au débit médian durant la fraie en conditions naturelles. Les détails relatifs aux concepts d'aménagement des frayères sont donnés à la section 4.1.3.

De plus, il est proposé de maintenir constant le débit de 200 m<sup>3</sup>/s durant toute la période de reproduction (1 mois), afin d'éviter le dérangement des géniteurs durant leurs activités de reproduction. En effet, des auteurs ont signalé que les variations de débit durant la fraie pouvaient perturber le creusage des nids par les saumons, ainsi que la ponte des oeufs (Burt et Mundie, 1986). Les géniteurs ont tendance à abandonner les nids qu'ils creusent lorsque les variations sont subites et considérables. En outre, le maintien d'un débit constant de 200 m<sup>3</sup>/s durant la fraie élimine complètement le risque d'exondation des œufs durant l'hiver, car les saumons vont forcément déposer leurs œufs à un niveau d'eau plus bas qu'en conditions naturelles.

Les séries temporelles pour la reproduction du saumon sont présentées à l'annexe 11. Elles montrent que la disponibilité moyenne interannuelle d'habitats en conditions de débit réservé (200 m<sup>3</sup>/s) sera proche de celle observée en conditions naturelles pour la frayère du PK 49 et du PK 34. De fait, dans le cas de cette dernière frayère (PK 34), elle est presque similaire. La différence la plus marquée s'observe pour la frayère du PK 46 où l'APU<sub>mi</sub> en conditions futures représentera 63 % de celle en conditions actuelles. À chacun des sites, l'APU<sub>mi</sub> en conditions futures demeure à l'intérieur des limites de fluctuations normales observées sur la rivière depuis 40 ans.

#### 4.1.1.3 Période hivernale (Incubation des œufs et survie des juvéniles du saumon)

L'annexe 13 regroupe les résultats de l'analyse 1D effectuée sur les sections transversales des frayères à saumon du PK 34, du PK 46 et du PK 49, selon les critères énoncés à la section 3.1.5. Le tableau 4-5 fait une synthèse de ces résultats et indique le débit nécessaire pour recouvrir chacune des diverses sections transversales.

Il en ressort que la section la plus critique, c'est-à-dire celle qui exige le débit le plus élevé, est située au PK 48,88 (sur la frayère située le plus en amont). Le débit requis pour recouvrir cette section est de 140 m<sup>3</sup>/s et est, dès lors, considéré comme le débit réservé à prévoir durant la période hivernale.

Le tableau 4-5 fait ressortir également que la frayère du PK 34 est la moins critique, car un débit aussi faible que 50 m<sup>3</sup>/s suffirait pour la maintenir inondée. Ceci s'explique par le fait que cette frayère est située en zone profonde (2 à 4 m) comparativement aux deux autres frayères, ce qui la rend moins sensible à une réduction de débit.

Tableau 4-5. Résultats de l'analyse 1D dans les trois frayères de saumon modélisées.

Section (PK)	Niveau maximal de la section (m)	Débit pour un recouvrement de 10 cm (m <sup>3</sup> /s)
<b>Frayère PK 34</b>		
34,45	8,48	< 50
34,47	7,84	< 50
34,49	8,40	< 50
34,51	7,87	< 50
34,53	7,92	< 50
34,55	8,21	< 50
34,57	7,36	< 50
<b>Frayère PK 46</b>		
46,15	17,17	77
46,17	17,59	136
46,19	17,40	110
46,21	17,15	74
46,23	16,25	< 50
46,25	16,22	< 50
<b>Frayère PK 49</b>		
48,84	17,90	132
48,86	17,94	137
48,88	17,96	140
48,90	17,93	136
48,92	17,82	122
48,94	17,33	62
48,96	17,95	139
48,98	17,41	71

Le débit de 140 m<sup>3</sup>/s peut être considéré sécuritaire pour les raisons suivantes :

- l'analyse 1D a été réalisée sur l'hypothèse prudente qu'il y aura absence totale de glace au droit des frayères considérées dans l'analyse. De fait, il y aura vraisemblablement formation d'une couverture de glace, mais en moins grande quantité qu'en conditions naturelles;
- la section critique du PK 48,88 constitue le plus haut point dans les trois frayères modélisées. Comme ce point sera protégé de l'exondation, à plus forte raison les autres points le seront tous;
- le débit de 140 m<sup>3</sup>/s est de beaucoup supérieur au débit d'étiage hivernal moyen en conditions naturelles, qui est d'environ 70 m<sup>3</sup>/s.

#### 4.1.1.4 Période printanière (émergence des alevins de saumons et accès aux frayères)

Tel que mentionné à la section 3.1.6, le débit recommandé pour la période de fraie d'automne est considéré comme valable pour assurer le bon déroulement de l'éclosion des œufs et l'émergence des alevins. Ce débit a été établi à 200 m<sup>3</sup>/s (voir la section 4.1.2).

En ce qui concerne l'accessibilité des frayères pour les espèces se reproduisant au printemps, la photo-interprétation permet d'anticiper que le débit proposé donnera accès à la plupart des frayères à meuniers situées en aval du PK 52. Par contre, les relevés réalisés au printemps 2005 au niveau de la végétation arbustive riveraine de la partie inférieure de ces tributaires, dans laquelle le grand brochet dépose ses œufs, indiquent que cette strate est en grande partie exondée à un débit de 200 m<sup>3</sup>/s (annexe 9). De fait, un débit minimum de 700 m<sup>3</sup>/s serait nécessaire pour inonder les frayères de cette espèce. Il est suggéré de discuter avec les autorités gouvernementales du poids à accorder aux différentes espèces dans la rivière Romaine avant d'envisager la construction d'aménagements qui permettraient de maintenir des niveaux d'eau suffisants sur les frayères à grands brochets des tributaires durant le printemps, sans avoir à maintenir des débits réservés considérables. En effet, le grand brochet représente un prédateur important pour les tacons du saumon atlantique et de gros efforts seront investis pour la conservation de cette dernière espèce dans le tronçon situé à l'aval de la Grande chute. Par conséquent, favoriser la fraie du grand brochet pourrait atténuer grandement les effets attendus sur le saumon.

#### 4.1.1.5 Périodes biologiques en conditions futures

L'étude sur le régime thermique de la Romaine montre que, de façon générale, la température de l'eau en été sera plus froide qu'en conditions naturelles. À l'inverse, la température de l'eau en hiver sera légèrement plus chaude (Hydro-Québec, 2006). Les effets de cette modification du régime thermique sur les périodes de reproduction et d'émergence sont traités à l'annexe 1. Il en ressort que la période de reproduction sera décalée d'une à deux semaines par rapport aux conditions

naturelles. De manière à tenir compte de ces modifications, les dates d'application du débit réservé automnal ont été fixées du 16 octobre au 15 novembre plutôt que du 1<sup>er</sup> au 31 octobre (conditions naturelles).

Par ailleurs, l'éclosion des œufs sera devancée d'une semaine, soit le 19 mai au lieu du 29 mai, et l'émergence des alevins sera retardée de 2 jours, soit le 21 juin au lieu du 19 juin (annexe 1). Ceci nous amène à fixer la période d'application du débit réservé printanier entre le 7 juin et le 7 juillet. De cette manière, la date moyenne d'émergence en conditions futures sera au centre de la période d'application du débit réservé.

#### 4.1.1.6 Crues d'entretien

La régularisation des cours d'eau, provoquée par la construction de barrages et la création de réservoirs, peut entraîner une modification du régime sédimentaire (Williams et Wolman, 1984; Wu et Chou, 2003). D'une part, l'écrêtement des crues en aval des ouvrages de retenue s'accompagne habituellement d'une baisse de la capacité de transport sédimentaire. D'autre part, les apports de l'amont en sédiments grossiers (sable grossier, gravier, caillou, galet) peuvent être éliminés par la rétention dans les réservoirs, tandis que les sédiments fins (sable fin, limon et argile) continuent à être transportés vers l'aval. Il peut en résulter une accumulation des particules fines dans les tronçons de rivière où la capacité de transport du cours d'eau est réduite (Wesche et coll., 1980; Wilcock et coll., 1996a, 1996b; Kondolf, 1997).

Les sédiments fins qui se déposent sur le lit peuvent être déplacés à nouveau. Toutefois, une partie peut se loger dans les interstices du substrat et s'y accumuler avec le temps, la rivière n'ayant plus la compétence de remanier le lit. Ce colmatage, en plus d'augmenter la proportion de sédiments fins dans le substrat, crée une sorte de compaction des matériaux. Il peut nuire à la construction des nids par les géniteurs, diminuer la survie des œufs en incubation et affecter l'émergence des alevins (Hausle et Coble, 1976; Milhous, 1990; Diplas et Parker, 1985; Wilcock et coll., 1996a, 1996b).

Une solution envisagée pour prévenir ou limiter la détérioration de la qualité du substrat est la mise en place d'un programme de crues d'entretien. Une crue d'entretien consiste en un déversement contrôlé des eaux d'un réservoir de manière à imiter en partie l'action des crues naturelles (Wesche et coll., 1980, Wilcock et coll., 1996a, 1996b).

Les caractéristiques de ces crues, c'est-à-dire leur fréquence, leur ampleur et leur durée, sont établies en fonction des objectifs poursuivis. Selon le Conseil pour la conservation des ressources halieutiques du Pacifique (CCRHP, 2000), ces objectifs peuvent être multiples : restaurer les habitats sur des seuils ou dans des fosses, enlever les sédiments déposés en surface d'un lit ou à l'intérieur d'un substrat, maintenir le gravier des frayères lâche, conserver la largeur ou la géométrie d'un chenal (notamment pour des fins de navigation), maintenir une plaine d'inondation, créer divers habitats riverains, etc.

Dans le cas du tronçon en aval du point de restitution de la centrale de la Romaine-1, les objectifs visés sont essentiellement de :

- maintenir la qualité du substrat dans les frayères de saumon;
- maintenir la structure des habitats riverains (écotones).

Les sections suivantes détaillent ces deux objectifs et décrivent les études et les analyses effectuées pour les atteindre.

### ***Maintien de la qualité du substrat dans les frayères***

Généralement, pour préserver la qualité granulométrique des frayères à saumon, le régime hydrologique doit être en mesure d'enlever les particules fines (sable, limon, argile) déposées en surface, de même que celles qui se sont infiltrées en profondeur dans les interstices du substrat. Le débit requis pour retirer les sédiments infiltrés est nécessairement supérieur à celui permettant de déplacer les sédiments déposés en surface. Afin d'assurer un nettoyage adéquat des frayères, le pavement doit être mobilisé par l'écoulement afin d'expulser les sédiments fins logés en profondeur.

En conditions naturelles, dans le tronçon de la rivière Romaine en aval du PK 52,5, il y a peu d'endroits où le substrat est adéquat pour la fraie du saumon (expliquer pourquoi). Ce tronçon compte seulement trois sites de fraie confirmés, qui sont situés au PK 34,5, au PK 46,2 et au PK 49.

Pour mieux comprendre la dynamique hydrosédimentaire au droit des frayères à saumon de la rivière Romaine, une étude spécifique d'une durée d'un an a été entreprise en août 2005 (GENIVAR, 2007a). Ses objectifs consistaient à :

1. décrire les conditions hydrosédimentaires actuelles au droit des principales frayères à saumon de la Romaine;
2. prévoir les conditions hydrosédimentaires en conditions futures sur ces mêmes sites, à la suite de la régularisation du débit;
3. évaluer la pertinence de procéder à des crues d'entretien visant à maintenir la qualité du substrat des frayères.

La description des conditions hydrosédimentaires actuelles au droit des trois frayères à saumon a été effectuée au moyen de différents instruments, soit des trappes à sédiments, des cubes d'infiltration (aussi appelé nid artificiel) et des néphélomètres à radio diffusion. Les trappes à sédiments servent à capter les matériaux charriés sur le lit de la rivière ("bed load" ou charge de fond). Les cubes d'infiltration permettent de mesurer la quantité de sédiments fins qui se déposent ou s'infiltrent dans le substrat. Enfin, les néphélomètres mesurent en continu la turbidité de l'eau. Quatre campagnes de terrain ont été menées pour installer et relever périodiquement ces instruments, soit une première à l'automne 2005 et les autres en

février, en mars et en août 2006. L'étude a donc couvert un cycle hydrologique annuel complet, de même que toute la période d'incubation des œufs saumon (novembre à mai-juin), pendant laquelle ces derniers sont exposés à la sédimentation des particules fines.

L'étude comportait également la mise en œuvre d'un modèle numérique hydrosédimentaire (à l'aide du logiciel GSTARS) afin d'évaluer les tendances à long terme de la dynamique sédimentaire, à la suite de la régularisation du débit du cours aval de la Romaine. Enfin, des analyses théoriques à partir de l'équation des contraintes tractrices ont permis de prévoir la capacité de la rivière à mobiliser le pavement des frayères et à le nettoyer des particules fines, tant en conditions actuelles que futures.

Les résultats de cette étude, en plus d'avoir permis de comprendre la dynamique sédimentaire au droit des frayères à saumon, ont démontré qu'il n'est pas nécessaire de procéder à des crues artificielles pour assurer le maintien de la qualité du substrat des frayères à saumon. Les raisons soutenant cette conclusion sont les suivantes :

- Les résultats des campagnes d'échantillonnage indiquent que les processus de sédimentation et d'infiltration des particules fines sont survenus pendant toute la période de développement des embryons. Aucune mobilisation du pavement ne s'est produite sur toute la durée de l'étude, même lors de la crue printanière de 2006 qui correspond à peu près à une crue de récurrence de 1,5 à 2 ans. Donc, contrairement à ce qui est généralement observé dans d'autres rivières à saumon (Levasseur et coll., 2006), les crues de la Romaine ne permettent pas de mobiliser le pavement des frayères et de nettoyer leur lit en expulsant une certaine quantité de sédiments fins.
- L'analyse théorique des contraintes tractrices montre que des débits supérieurs à une période de retour de 10 000 ans ( $3\,205\text{ m}^3/\text{s}$ ) seraient requis pour mobiliser le pavement des frayères. Cette analyse, combinée aux observations de terrain, montre que la Romaine n'a pas la capacité d'assurer le nettoyage du substrat des frayères en conditions actuelles. C'est pourquoi la mise en place d'un programme de crues d'entretien n'est pas requise.
- L'analyse des modifications hydrosédimentaires en conditions futures renforce également cette conclusion. En conditions actuelles, on a constaté que l'hiver est la seule période où se produit la sédimentation des particules fines sur le lit de la rivière. En conditions futures, les conditions de débits ne permettront plus le dépôt des sédiments fins puisque la rivière aura la capacité de les transporter tout au long de l'année. L'arrêt de la sédimentation des particules fines durant l'hiver limitera considérablement le processus d'infiltration qui est à l'origine de la détérioration de la qualité des frayères observée durant la période d'incubation des œufs de saumon.

- De plus, en conditions futures, les apports en sable provenant de l'amont du barrage de la Romaine-1 seront à toutes fins utiles coupés. Le modèle hydrosédimentaire montre que cette diminution des apports en sable, combinée au laminage des crues, fait en sorte qu'il y aura une tendance à l'érosion des sables sur les frayères du PK 34,5 et du PK 46. Dans le substrat de la frayère du PK 49, il y a très peu de sable (5 %) et il est anticipé que cette tendance se maintiendra en conditions futures.
- Enfin, le renouvellement des graviers et des cailloux, qui constituent le substrat essentiel d'une frayère à saumon, est généralement assuré lors d'événements de crue. Dans la Romaine, le pavement des frayères est constitué de matériaux reliques datant de la dernière déglaciation et il n'y a pas de renouvellement de ces matériaux par les crues. D'une part, la rivière n'a pas la capacité de les transporter et d'autre part, ces matériaux ne sont pas présents sur les berges ou le lit de la rivière en aval de la Grande Chute (PK 52,5). Un programme de crues d'entretien ne permettrait pas de modifier cette condition actuelle.

En définitive, les analyses et les observations faites dans cette étude mènent à la conclusion qu'il n'est pas nécessaire de procéder à des crues d'entretien dans la rivière Romaine aux fins de nettoyage des frayères à saumon.

### ***Maintien des écotones riverains***

Les milieux humides riverains de la rivière Romaine, à l'aval de Romaine-1, comportent surtout des marécages (Bouchard et Deshayé, 2005). Les marais, qui précèdent les marécages au bord de l'eau, y demeurent étroits et dans les eaux peu profondes, particulièrement entre les PK 2 et 45, croissent des herbiers aquatiques.

Le marécage est un milieu humide dominé par une végétation ligneuse, arborescente ou arbustive, et soumis à des inondations saisonnières. Dans la zone d'étude, on retrouve des marécages d'aulne rugueux, de saules et de myrique baumier. La limite supérieure du marécage correspond au niveau moyen de crue atteint par la rivière sur une récurrence de deux ans, soit un débit de 1 500 m<sup>3</sup>/s. La cote inférieure du marécage se situe au niveau correspondant à un débit approximatif de 800 m<sup>3</sup>/s. L'existence des marécages dépend donc des niveaux d'inondation printaniers qui surviennent sur la Romaine, tandis que la position des marais et des herbiers est déterminée par les niveaux d'eau moyens de la saison estivale (marais au bord de l'eau et herbiers sous l'eau).

Une crue d'entretien pour le maintien du marécage devrait donc atteindre 1 500 m<sup>3</sup>/s, de façon à toucher les marécages dans leur ensemble. En ce qui concerne la durée des crues, il semble qu'elle devrait être d'au moins cinq jours afin d'éliminer efficacement les espèces terrestres qui tenteraient de s'y établir. À cet égard, Hammer (1992) mentionne que des essences comme le bouleau à papier et

le peuplier faux-tremble tolèrent une inondation de moins de cinq jours durant leur saison de croissance. Une durée de cinq jours serait donc la durée de temps minimale de la crue nécessaire pour le maintien des marécages. En ce qui concerne la fréquence, on l'estime entre 5 et 20 ans. Selon les résultats du suivi de la végétation riveraine des rivières Eastmain et Opinaca à la Baie James (Bouchard et Ouzilleau, 2004), le marécage persiste plus d'une vingtaine d'années suite à une coupure complète, mais quelques essences forestières s'y installent progressivement. Ainsi, un intervalle de 20 ans nous paraît trop long pour le maintien de l'intégrité du marécage, tandis qu'un intervalle de 5 ans reste court. Il est certain que durant un intervalle de cinq ans sans crue, les arbres qui s'introduiraient dans le marécage resteraient peu nombreux, ne pourraient atteindre un diamètre considérable et demeureraient toujours très vulnérables à une crue.

Les simulations hydrologiques d'Hydro-Québec prévoient que des déversements devraient avoir lieu en moyenne une année sur deux ou trois en phase d'exploitation et devraient durer une semaine en moyenne (annexe 14). Une année sur quatre environ, ces déversements, ajoutés aux débits turbinés à RO-1, permettront d'atteindre des débits de 800 m<sup>3</sup>/s en aval de RO-1, soit assez pour toucher les marécages. Par ailleurs, ils pourraient atteindre 1200 m<sup>3</sup>/s et inonder une bonne partie des marécages en moyenne une année sur six.

Ainsi, il apparaît que les déversements prévus seront suffisamment fréquents et considérables pour assurer le maintien des marécages à l'aval de la Romaine-1. Il n'est donc pas nécessaire de provoquer des crues artificielles dans ce but.

### **Synthèse**

L'étude sur la dynamique hydrosédimentaire des frayères à saumon et la réflexion présentée ci-dessus au sujet des écotones riverains montrent qu'il n'est pas nécessaire de prévoir un programme de crues d'entretien en aval du barrage de la Romaine-1. Toutefois, un suivi des frayères à saumon sera quand même réalisé afin de s'assurer que leur qualité sédimentologique se maintiendra en conditions futures. En ce qui a trait aux écotones riverains, ils feront également l'objet d'un suivi parce que leur maintien sera lié aux déversements à la centrale de la Romaine-1. Il faut s'assurer que ceux-ci seront suffisants pour rencontrer les objectifs écologiques fixés. Comme il s'agit de prévisions hydrologiques, il existe une incertitude sur la fréquence et l'ampleur de ces déversements. Au besoin, des crues artificielles pourront être provoquées.

#### **4.1.2 Pendant la construction**

Pendant le remplissage des réservoirs de la Romaine-4, de la Romaine-3 et de la Romaine-1, les débits réservés maintenus aval du PK 51,5 seront les mêmes que ceux définis précédemment pour la période d'exploitation.

Pendant le remplissage du réservoir de la Romaine 2, la situation sera différente, car les débits réservés seront réduits au cours des périodes biologiques d'hiver et du printemps. Au lieu de 140 et de 200 m<sup>3</sup>/s, comme en exploitation, ils seront respectivement de 70 et de 140 m<sup>3</sup>/s. Les débits réservés seront toutefois les mêmes qu'en exploitation en ce qui a trait aux périodes biologiques d'été et d'automne.

La justification de la réduction des débits réservés d'hiver et de printemps est la suivante. D'abord, en hiver, la présence de la glace en aval de la centrale de la Romaine-1 fait en sorte que le débit réservé peut être équivalent au débit moyen de mars, soit 70 m<sup>3</sup>/s. En effet, la couverture de glace permet au niveau d'eau de se maintenir à un niveau comparable à celui en absence de glace, comme ce sera le cas en phase d'exploitation. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir un débit réservé de 140 m<sup>3</sup>/s durant la mise en eau, tel que prévu en exploitation.

Par ailleurs, au printemps, le débit réservé peut être de 140 m<sup>3</sup>/s au lieu de 242 m<sup>3</sup>/s, comme prévu en exploitation. Selon la modélisation 1D (voir section 4.1.1.3), ce débit est suffisant pour recouvrir d'eau les frayères et assurer l'émergence des alevins et leur dispersion dans le milieu. Toutefois, ce n'est pas un débit assez élevé pour protéger ces derniers efficacement de la prédation par les oiseaux aquatiques. Comme le remplissage devrait durer environ trois mois (selon le scénario d'hydraulicité moyenne), l'impact ne se produira qu'au cours d'une seule année et il est jugé acceptable.

Le remplissage du réservoir de la Romaine 2 se déroulera en trois étapes. Pendant la première étape, qui durera environ 42 jours en conditions d'hydraulicité moyenne, on utilisera la dérivation provisoire pour maintenir un débit réservé à la fois dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2 et en aval de la centrale de la Romaine-1. Le niveau du réservoir passera de 147 m à 172 m. Les vannes de la galerie de dérivation provisoire seront utilisées pour maintenir le débit réservé en aval de la Romaine-1. Pour tous les scénarios d'apports hydriques considérés, cette étape se terminera avant le 31 mai et le débit minimum assuré en aval du PK 52,5 sera de 70 m<sup>3</sup>/s, ce qui correspond à un étiage hivernal moyen.

La deuxième étape, qui durera environ 24 jours en conditions d'hydraulicité moyenne, commencera avec la fermeture de la dérivation provisoire et se terminera entre le 24 mai et le 12 juillet, lorsque le niveau d'eau aura atteint la crête du coursier de l'évacuateur de crues, soit 228,3 m. Pendant cette étape, il ne sera pas possible de maintenir le débit réservé réduit prévu pour la période printanière (140 m<sup>3</sup>/s). La construction d'un ouvrage régulateur entre le niveau de la dérivation provisoire et celui du coursier de l'évacuateur pose des difficultés techniques considérables. Seuls les apports des tributaires, dont la Romaine sud-est au PK 82,5 et la Puyjalon au PK 16, assureront le maintien d'un certain débit dans la rivière. Selon le scénario d'hydraulicité moyenne, ces apports seront de 70 m<sup>3</sup>/s en aval du PK 52,5. Il faut préciser que les débits réservés requis seront fournis dès que cela sera possible.

L'absence de débit réservé pendant cette étape entraînera des pertes temporaires d'habitats et de production piscicole, notamment pour le saumon atlantique. Ces pertes seront compensées par l'aménagement de frayères et d'aires d'élevage pour cette espèce au PK 50,5, au PK 49 et au PK 46 et par la mise en place d'un programme de restauration du saumon. Ces mesures de compensation sont détaillées à la section 4.1.3.

La troisième étape durera environ 30 jours, soit jusqu'à ce que le réservoir atteigne son niveau d'exploitation maximal (243,8 m). On utilisera alors l'évacuateur de crues pour maintenir le régime de débits réservés dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2 et en aval de la centrale de la Romaine-1. Ainsi, durant cette étape de la mise en eau, l'évacuateur sera géré de façon à ce que les débits minimums suivants soient respectés en aval de l'aménagement de la Romaine-1 :

- 70 m<sup>3</sup>/s entre le début de cette étape (vers le 1<sup>er</sup> avril) et le 31 mai (débit réservé d'hiver réduit par rapport à celui prévu en exploitation);
- 140 m<sup>3</sup>/s entre le 1<sup>er</sup> et 30 juin (débit réservé printanier réduit par rapport à celui prévu en exploitation);
- 170 m<sup>3</sup>/s entre le 1<sup>er</sup> juillet et le 30 septembre (débit réservé d'été équivalent à celui prévu en exploitation);
- 200 m<sup>3</sup>/s entre le 1<sup>er</sup> et le 31 octobre (débit réservé d'automne équivalent à celui prévu en exploitation);
- la plus faible des valeurs suivantes: 140 m<sup>3</sup>/s ou les apports naturels à l'emplacement du barrage de la Romaine-1, entre le 1<sup>er</sup> novembre et la fin du remplissage.

#### 4.1.3 Mesures d'atténuation

##### 4.1.3.1 Frayères

Des aires de fraie seront aménagées à proximité des frayères existantes au PK 46,2 et au PK 48,9 afin d'assurer la même disponibilité d'habitat de reproduction au débit d'exploitation de 200 m<sup>3</sup>/s qu'au débit médian en conditions naturelles (303 m<sup>3</sup>/s). Ces aires de fraie seront aménagées en rive gauche, soit sur la rive opposée aux frayères actuelles. Plus précisément, elles seront situées au PK 45,4 et au PK 48,9 et leurs superficies seront de 5000 m<sup>2</sup> et de 3000 m<sup>2</sup>, respectivement. Notons qu'une troisième frayère de 2 500 m<sup>2</sup> sera également aménagée au PK 50,9 (en rive gauche), afin de compenser la perte de petites frayères existantes au PK 51,3 et au PK 51,4 causée par la construction du canal de fuite de la centrale de la Romaine-1. L'aménagement de ces trois frayères se justifie également par le fait que les saumons pourraient franchir en plus grand nombre la chute à Charlie en période exploitation. Les critères et les détails relatifs à leur conception apparaissent dans GENIVAR (2007b).

Rappelons par ailleurs qu'il est proposé de maintenir constant le débit de 200 m<sup>3</sup>/s durant toute la période de reproduction (1 mois), afin d'éviter le dérangement des géniteurs durant leurs activités de reproduction.

#### 4.1.3.2 Aires d'élevage (abris)

Malgré que des débits réservés soient prévus en aval du point de restitution de la centrale de la Romaine-1, la modification du régime hydrologique de la Romaine peut avoir des impacts négatifs sur la faune ichthyenne, notamment sur le saumon atlantique. En effet, l'exploitation de la centrale de Romaine-1 occasionnera des variations parfois fréquentes et rapides du débit dans le tronçon d'aval au moment du démarrage ou de l'arrêt d'un groupe-alternateur. Conséquemment, les niveaux d'eau pourront fluctuer, particulièrement dans les premiers kilomètres en aval du point de restitution des eaux.

Cette fluctuation décroîtra cependant d'amont vers l'aval. L'étude sur le laminage à l'aval de la centrale de la Romaine-1 (Hydro-Québec, en cours) a montré que le démarrage ou l'arrêt d'un deuxième groupe se traduira par des fluctuations de débits de 200 à 400 m<sup>3</sup>/s au PK 51,5 (elles pourraient même atteindre occasionnellement 485 m<sup>3</sup>/s), et de 220 à 300 m<sup>3</sup>/s au PK 34. Il en résultera des fluctuations moyennes de niveau d'eau d'environ 1,0 m au PK 51,5, de 0,7 m au PK 48,9, de 0,6 m au PK 46,2, de 0,5 m au PK 34,5 et de 0,05 m au PK 16.

Les fluctuations de débit en aval de la centrale Romaine-1 provoqueront une variation rapide des vitesses d'écoulement et des profondeurs sur les habitats d'élevage des saumons juvéniles. Une étude particulière a été réalisée pour évaluer l'ampleur de ces variations, à partir de la modélisation 1D et de relevés au terrain (annexe 15). Il en ressort que les écarts de vitesse moyenne de courant sur des sections transversales de rivière pourraient atteindre 0,04 et 0,21 m/s et les écarts de profondeur maximale, entre 0,69 et 0,94 m (voir tableaux A15-1 et A15-2 de l'annexe 15). Par ailleurs, il se dégage également que la vitesse d'écoulement, en différents points dans la colonne d'eau, pourrait varier jusqu'à 0,42 m/s (figures A15-15 et A15-16 de l'annexe 15).

Ces fluctuations, du moins dans les premiers kilomètres à l'aval de la centrale, peuvent être suffisantes pour nuire aux saumons juvéniles pendant les périodes où ils sont plus vulnérables, soit au cours de l'hiver et durant les premières semaines après l'émergence. C'est pourquoi il est envisagé de créer des habitats à différents endroits dans la rivière qui serviront d'abris aux juvéniles et qui les protégeront des variations subites de débit.

D'abord, pour bien camper la problématique, il apparaît nécessaire de faire une brève revue de la documentation existante sur le comportement des tacons en hiver et sur l'émergence des alevins au printemps. Ensuite, les critères devant servir dans la conception des aménagements d'habitats sont établis, puis un concept préliminaire est proposé.

### ***Comportement des tacons en hiver***

La saison hivernale constituerait un goulot d'étranglement pour la survie des tacons (Mäki-Petäys et coll., 2004; Harwood et coll., 2002; Whalen et coll., 1999; Cunjak et coll., 1998). Leur métabolisme et leur capacité natatoire sont réduits. Les températures froides de l'eau (près du point de congélation), une dynamique des glaces variable, l'accumulation de neige, la présence de frasil et de glace de fond, une dépression du pH de l'eau, des débits très faibles où leur variation subite sont autant de facteurs pouvant affecter la survie des juvéniles.

En automne, lorsque la température descend sous les 7 °C à 10 °C, les saumons juvéniles suppriment leur activité diurne, adoptent un comportement cryptique et ont tendance à se réfugier dans les interstices du substrat (Heggenes et Saltveit, 1990; Rimmer et coll., 1983). Durant toute la saison hivernale, ils demeurent enfouis dans le substrat. La présence des abris est donc essentielle, car elle procure aux tacons non seulement des refuges contre le courant, mais aussi contre la glace et le frasil (Mäki-Petäys et coll., 2004; Harwood et coll., 2002; Whalen et coll., 1999).

Cependant, des études récentes indiquent qu'ils quittent parfois leurs abris et effectuent des sorties durant la nuit (Mäki-Petäys et coll., 2004; Whalen et coll., 1999; Whalen et Parrish, 1999; Crisp et Hurley, 1991). Le but précis de ces sorties n'est pas connu. Il est probable qu'ils s'alimentent, quoique l'examen des contenus stomacaux révèle que la nourriture n'est généralement pas digérée (communication personnelle de Normand Bergeron, INRS). Ils cherchent peut-être à fuir des conditions qui deviennent de moins en moins propices à leur survie (baisse du niveau d'eau, présence de frasil).

Durant leur sortie, les juvéniles effectuent la plupart du temps des déplacements courts (moins de 3 m), mais certains peuvent parcourir jusqu'à 80 m (communication personnelle de Normand Bergeron, INRS). Il y aurait deux pics d'activité dans les déplacements, un à l'aurore et l'autre au crépuscule (Hiscock et coll., 2002). Or, c'est à ces moments que la demande d'énergie augmente et que le nombre maximal de groupes turbines-alternateurs pourrait être mis en fonction à la Romaine-1, occasionnant des variations de débits et conséquemment de niveaux d'eau et de vitesses. Il est ainsi possible que les juvéniles soient déplacés vers l'aval en raison de leur capacité natatoire réduite.

Ce phénomène de dévalaison est d'autant plus probable qu'il a été démontré que le lit de la Romaine est constitué dans une forte proportion de matériaux fins, offrant peu d'abris. En effet, la photo-interprétation des habitats réalisée en 2001 a mis en évidence qu'environ 92 % du cours principal est constitué de chenaux dont le substrat est à dominance de sable (GENIVAR, 2005, 2006a). Dans ce contexte, faire des aménagements qui augmenteront la quantité d'abris en phase d'exploitation peut contribuer à augmenter la qualité de l'habitat et le taux de survie des juvéniles.

Par ailleurs, il est rapporté par des chercheurs norvégiens (Salveit et coll., 2001; Halleraker et coll., 2003) que les variations subites de débit peuvent occasionner l'échouage de poissons isolés en berge (stranding) lorsque la bathymétrie de la rivière présente une pente douce. Hydro-Québec étudie actuellement si cette situation pourrait s'appliquer à la rivière Romaine.

### ***Alevins nouvellement émergés***

Une fois émergés du substrat, les alevins se dispersent vers leur premier site d'alimentation en se laissant dériver vers l'aval durant la nuit (Mills, 1989; Crisp et Hurley, 1991; Saltveit et coll., 1995). Ils sont ainsi entraînés dans des secteurs généralement limités au 1<sup>er</sup> km en aval des frayères et où les vitesses d'écoulement sont faibles (Webb et coll., 2001; Salveit et coll., 1995; Crisp et Hurley, 1991; Anderson et Nehring, 1985).

Aussi longtemps qu'ils n'ont pas atteint une certaine taille, les alevins sont vulnérables : ils peuvent être entraînés vers des secteurs peu propices à leur développement ou être délogés de leur site d'alimentation (Cattanéo et coll., 2002; Saltveit et coll., 1995; Anderson et Nehring, 1985; Ottaway et Clarke, 1981). La sensibilité des alevins aux débits élevés diminue progressivement lorsqu'ils ont atteint une taille leur permettant de nager de façon soutenue (Jensen et coll., 1991). Chez les alevins de saumon atlantique étudiés par Heggnes et Traaen (1988) au moyen d'un dispositif expérimental, la vitesse de courant critique au nez du poisson, était déjà plus élevée après seulement deux semaines d'alimentation (taille de 40 à 50 mm). Comme il y a peu d'abris contre le courant dans la rivière Romaine, en raison de la rareté de matériel grossier, il est probable que les variations fréquentes des débits et des niveaux en aval du barrage Romaine-1 puissent provoquer l'entraînement des alevins vers l'aval de façon plus fréquente et sur des distances plus grandes qu'en conditions naturelles.

### ***Concept d'aménagement***

Dans ce contexte, l'objectif visé par l'aménagement d'habitat consiste principalement à augmenter la quantité d'abris où les vitesses d'écoulement sont réduites. Ces aménagements permettront tant aux alevins nouvellement émergés qu'aux tacons d'y trouver refuge lors des variations du débit, tout en leur offrant des sites propices à l'alimentation.

Les secteurs ciblés pour la réalisation des aménagements d'habitats pour les saumons juvéniles correspondent au premier kilomètre en aval des frayères qui seront aménagées en rive gauche au PK 45,4, au PK 48,9 et au PK 50,9. Pour le secteur de la frayère du PK 34, son éloignement par rapport à la centrale de la Romaine-1 fait en sorte que les variations de débits y seront moins marquées. La disponibilité d'abris rocheux permettant aux tacons de se réfugier est donc moins cruciale en aval de cette frayère.

Les trois sites d'aménagement proposés se limitent au premier kilomètre en aval des frayères aménagées, car ils sont fortement susceptibles d'être colonisés par les alevins après l'émergence et également de servir d'abris aux tacons durant la saison froide. Ils seront situés en rive gauche, tout comme les frayères aménagées. Leur localisation et leurs superficies sont les suivants :

- PK 45,2 : 7 500 m<sup>2</sup>
- PK 48,8 : 3 500 m<sup>2</sup>
- PK 50,7 : 3 750 m<sup>2</sup>

Au total, tout près de 15 000 m<sup>2</sup> d'habitat d'élevage du saumon juvénile seront aménagés aux trois sites ciblés. Les critères et les détails relatifs à la conception de ces aménagements sont donnés dans GENIVAR (2007b).

#### 4.1.3.3. Programme de restauration du saumon

Le programme de restauration du saumon vise principalement à compenser les pertes temporaires d'habitat et de production du saumon causée par l'absence de débit réservé durant l'étape 2 du remplissage du réservoir de la Romaine-2. Ce programme s'inspirera de celui en cours actuellement sur la rivière Betsiamites et comprendra plusieurs éléments dont les plus importants sont :

- l'introduction d'alevins vésiculés produits à partir de la fraie artificielle de géniteurs capturés vivants dans la Romaine;
- le reconditionnement des géniteurs après la fraye dans une pisciculture locale;
- le suivi de la population de saumon (décompte de nids, dévalaison des smolts, etc.) et des aménagements de frayère et d'habitats d'élevage;
- le suivi étroit de l'exploitation du saumon dans la rivière.

#### 4.1.4 Résumé-synthèse

Le régime de débit réservé proposé en aval du point de restitution de la centrale de la Romaine-1 pendant l'exploitation est résumé au tableau 4-6 et illustré à la figure 4-5. En bref, le débit réservé sera de 200 m<sup>3</sup>/s au moment de l'émergence des alevins de saumon (printemps) et au moment de la reproduction du saumon (automne), de 170 m<sup>3</sup>/s durant la période d'alimentation estivale et enfin de 140 m<sup>3</sup>/s durant l'hiver.

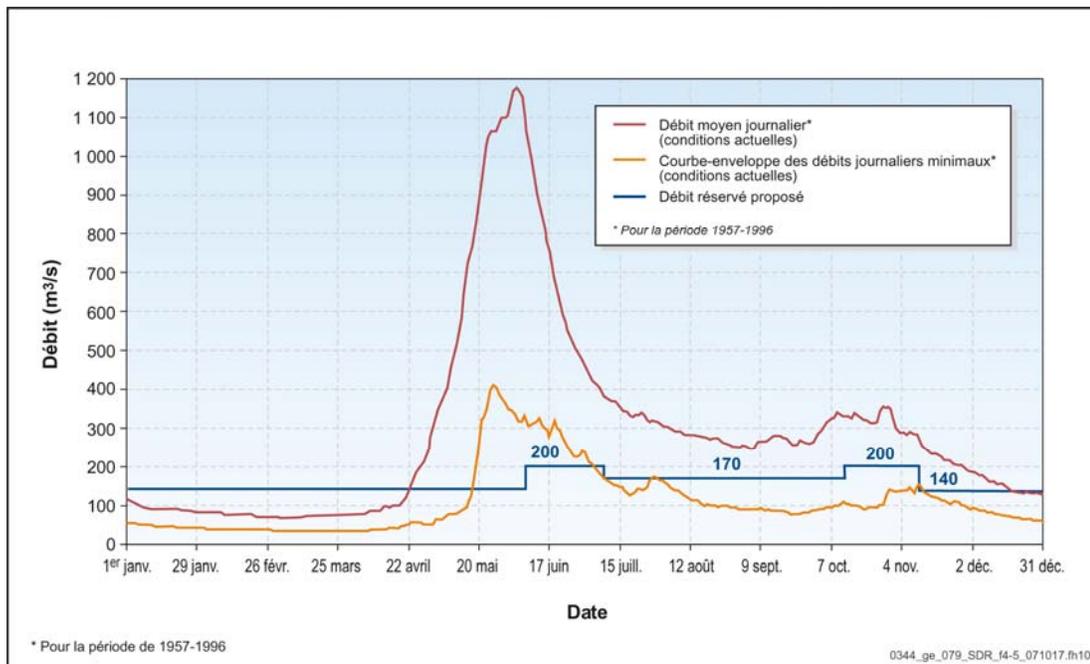


Figure 4-5. Hydrogramme actuel de la Romaine en aval du point de restitution de la centrale de la Romaine-1 et débits réservés proposés.

Tableau 4-6. Débits réservés proposés selon les périodes biologiques dans la Romaine, en aval de la Romaine-1.

Période	Date	Justification biologique	Débits réservés proposés (m <sup>3</sup> /s)
Été	8 juillet au 15 octobre	Alimentation des saumons juvéniles	170
Automne	16 octobre au 15 novembre	Fraie du saumon	200
Hiver	16 novembre au 6 juin	Incubation des œufs du saumon et survie des juvéniles	140
Printemps	7 juin au 7 juillet	Éclosion des œufs, résorption du sac vitellin et émergence des alevins Accès aux tributaires pour les meuniers	200

Les dates d'application de ces débits réservés sont données au tableau 4-6 et tiennent compte du régime thermique de la rivière Romaine en conditions futures. Ainsi, l'application du débit réservé printanier s'étendra du 7 juin au 7 juillet pour tenir compte du décalage de l'émergence des alevins de saumon par rapport aux conditions naturelles. La période de fraie automnale, quant à elle, s'étendra du 16 octobre au 15 novembre, considérant que la reproduction du saumon sera légèrement retardée.

Les débits réservés représentent des débits minimaux qui seront respectés en période d'exploitation de la centrale de la Romaine-1. En réalité, les débits en rivière varieront entre ces débits minimaux et le débit maximal en exploitation (environ 485 m<sup>3</sup>/s), et parfois plus, lors de l'évacuation de crues importantes.

Le débit réservé de 200 m<sup>3</sup>/s est inférieur au débit réservé écologique de 242 m<sup>3</sup>/s, ce qui occasionnera une légère baisse de la disponibilité d'habitat sur les frayères du PK 48,9 et du PK 46,2. En compensation, des frayères seront aménagées en rive gauche de la Romaine, à proximité des frayères existantes, afin de maintenir la même quantité d'habitats de reproduction qu'au débit médian en conditions naturelles.

Rappelons que le débit de 200 m<sup>3</sup>/s au printemps ne permet pas d'assurer l'inondation des frayères du grand brochet durant la reproduction de cette espèce. Il s'agit toutefois d'un choix considérant l'accent mis sur la conservation et le développement de la ressource saumon dans la rivière Romaine. Ce choix doit être discuté avec les autorités gouvernementales avant d'être confirmé.

Le régime de débits réservés ne comprend pas de crues artificielles visant à maintenir la végétation riveraine (marécages) et la qualité sédimentologique des frayères de saumon. D'abord, l'étude portant sur la dynamique hydrosédimentaire en conditions naturelles et futures montre que de telles crues ne sont pas nécessaires pour l'entretien de la qualité granulométrique des frayères. Par ailleurs, il apparaît que les déversements occasionnels prévus en aval de la centrale de Romaine-1 seront suffisamment fréquents et considérables pour faire office de crues d'entretien.

Pour atténuer les impacts de la fluctuation des débits imposés par le mode d'exploitation, des habitats d'élevage seront aménagés en aval des frayères qui seront mises en place dans le secteur du PK 51, du PK 46,2 et du PK 48,9. Leur superficie totale atteindra 15 000 m<sup>2</sup>.

Pendant le remplissage des réservoirs de la Romaine-4, de la Romaine-3 et de la Romaine-1 (en phase de construction), les débits réservés en aval du PK 51,5 seront les mêmes que ceux définis pour la période d'exploitation. Pendant le remplissage du réservoir de la Romaine-2, les débits réservés pour les périodes biologiques d'été et d'automne seront également les mêmes qu'en exploitation. Toutefois, ils seront réduits à 70 m<sup>3</sup>/s et à 140 m<sup>3</sup>/s pour les périodes d'hiver et de printemps, respectivement. Même réduits, ces débits réservés ne pourront pas être respectés durant l'étape 2 du remplissage du réservoir de la Romaine-2, qui compte au total trois étapes. Les pertes temporaires d'habitats ainsi encourues seront compensées par la mise en place d'un programme de restauration du saumon dans la Romaine

## **4.2 Tronçons court-circuités**

### **4.2.1 Tronçon de la Romaine-1**

Le tronçon court-circuité de la Romaine-1 est constitué d'une succession de deux chutes séparées par un rapide. L'ensemble du tronçon d'une longueur d'environ 800 m et d'une dénivellation de 34 m est dominé par le roc.

Il est proposé de ne laisser aucun débit réservé dans ce tronçon et d'aménager, en guise de mesure de compensation, des aires d'élevage pour les saumons juvéniles à proximité des frayères existantes et de celles qui seront aménagées dans les secteurs du PK 48,9, du PK 46,2 et du PK 51.

#### 4.2.2 Tronçon de la Romaine-2

Le tronçon court-circuité de la Romaine-2 a une longueur totale de 6,6 km, entre les PK 83,7 et 90,3. La superficie de son bassin versant est de 14,53 km<sup>2</sup> et il reçoit les eaux de 27 tributaires. Le débit moyen annuel est de 273 m<sup>3</sup>/s au droit du futur barrage de la Romaine-2.

##### 4.2.2.1 Communauté de poissons

Les résultats des campagnes de pêche (GENIVAR, 2005) permettent de définir la liste des espèces susceptibles d'utiliser le bief court-circuité de la Romaine-2 (voir le tableau 4-7). Il est important de remarquer que certaines espèces énumérées dans ce tableau ont été capturées dans des stations situées un peu plus bas à l'aval ou un peu plus loin à l'amont du tronçon court-circuité. Les habitats de ces stations sont cependant suffisamment semblables à ceux du tronçon court-circuité de la Romaine-2 pour que les captures soient représentatives de sa communauté de poissons.

Tableau 4-7. Liste des espèces de poisson du tronçon court-circuité de la Romaine-2.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Code	Abondance dans le bief court-circuité <sup>1</sup>
Épinoche à trois épines	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	GAAC	P
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	ESLU	P
Grand corégone	<i>Coregonus clupeaformis</i>	COCL	P
Méné de lac	<i>Couesius plumbeus</i>	COPL	P
Ménomini rond	<i>Prosopium cyclindraceum</i>	PRCY	P
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	CACO	P
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	CACA	A
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	RHCA	A
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	SAFO	A
Ouitouche	<i>Semotilus corporalis</i>	SECO	P

<sup>1</sup> P = présence ; A : espèce abondante représentant plus de 15 % des captures.

Le meunier rouge, l'ombre de fontaine et le naseux des rapides sont les espèces les plus abondantes et traduisent le fait que la majorité des milieux présents dans la zone d'étude sont des habitats d'eaux vives favorables à ces espèces.

Les autres espèces ont été capturées, en grande majorité, dans les secteurs plus calmes correspondant à des faciès de bassin. La composition en espèces de ces bassins est plus diversifiée. On y observe des meuniers, des grands brochets, des ouitouches, etc. Le meunier noir semble dominer dans ces bassins, suivi par l'ombre de fontaine et la ouitouche.

#### 4.2.2.2 Habitats potentiels

Le tronçon court-circuité de la Romaine-2 est constitué d'une succession de gros rapides ou de cascades avec de petits paliers formant des bassins de dissipation d'énergie. Ces zones d'écoulement lotique sont donc entrecoupées par quatre grands bassins où les écoulements sont lents. La distribution des habitats-types dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2 est illustrée à la carte 4-1.

Les relevés physiques ont révélé que le fond des bassins est composé de sable et de cailloux. Les galets et gravier sont localement abondants. Le bassin du PK 87,8 est, quant à lui, dominé par le roc. Deux de ces bassins (PK 87,3 et 89,5) présentent des plages de gravier favorables à la fraie de l'omble de fontaine et des meuniers. Ces deux bassins sont alimentés également par un petit tributaire. Des alevins d'omble de fontaine ont d'ailleurs été observés à l'embouchure de ces cours d'eau.

La bathymétrie et la granulométrie des bassins de la Romaine-2 sont illustrées aux annexes 16 à 18.

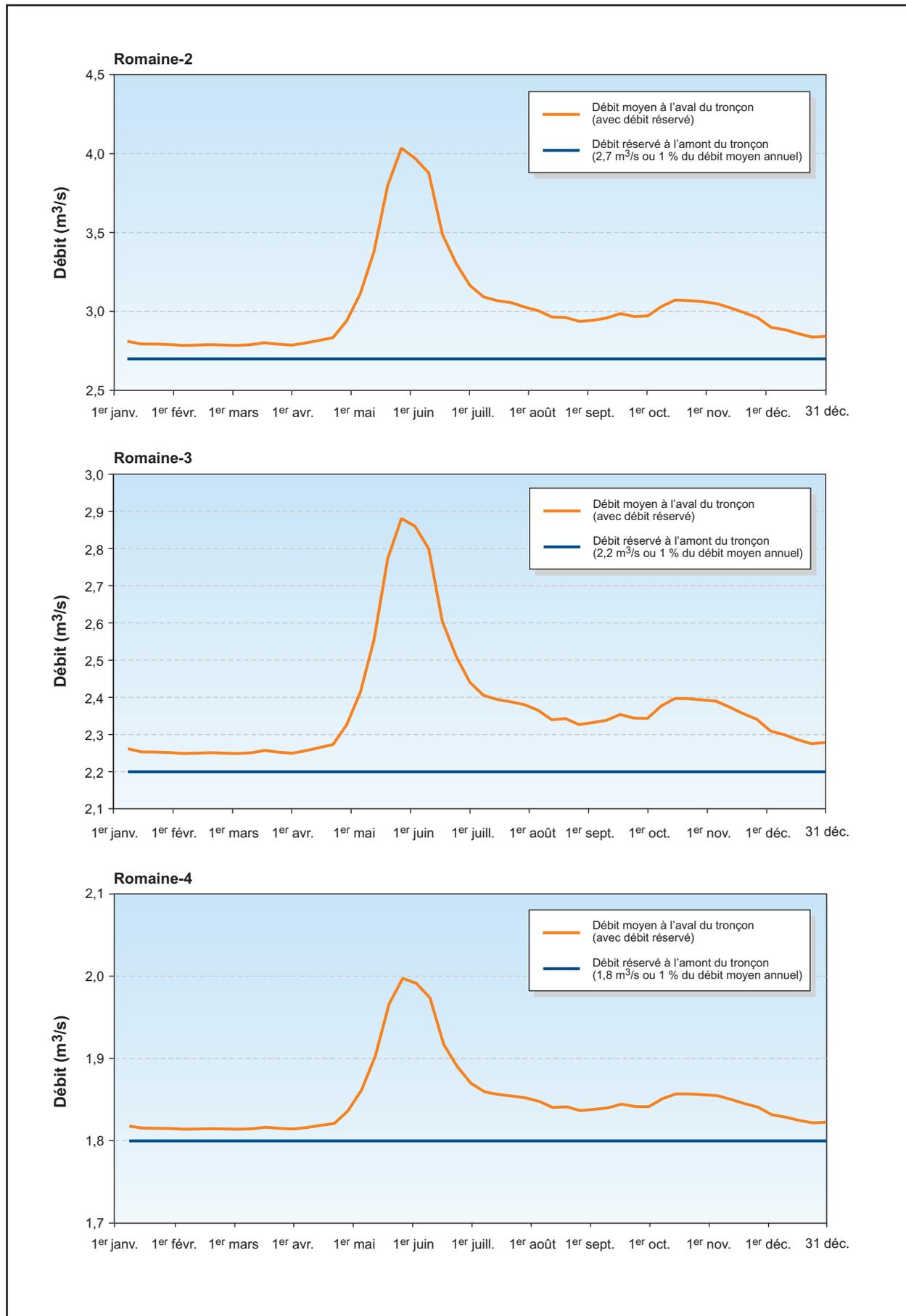
Dans les zones de rapides, le substrat est dominé par le roc et les blocs. Ces zones constituent, dans l'ensemble, des habitats de faible qualité. Les campagnes de terrain de 2004 et 2005 n'ont pas permis d'identifier d'aire de fraie dans les zones hors bassins du cours principal. Des populations de poissons peuvent néanmoins s'y maintenir en exploitant certains microhabitats, comme les abris hydrauliques à l'aval des blocs, les zones de contre-courant, les petites baies ou les bassins de dissipation au pied des cascades.

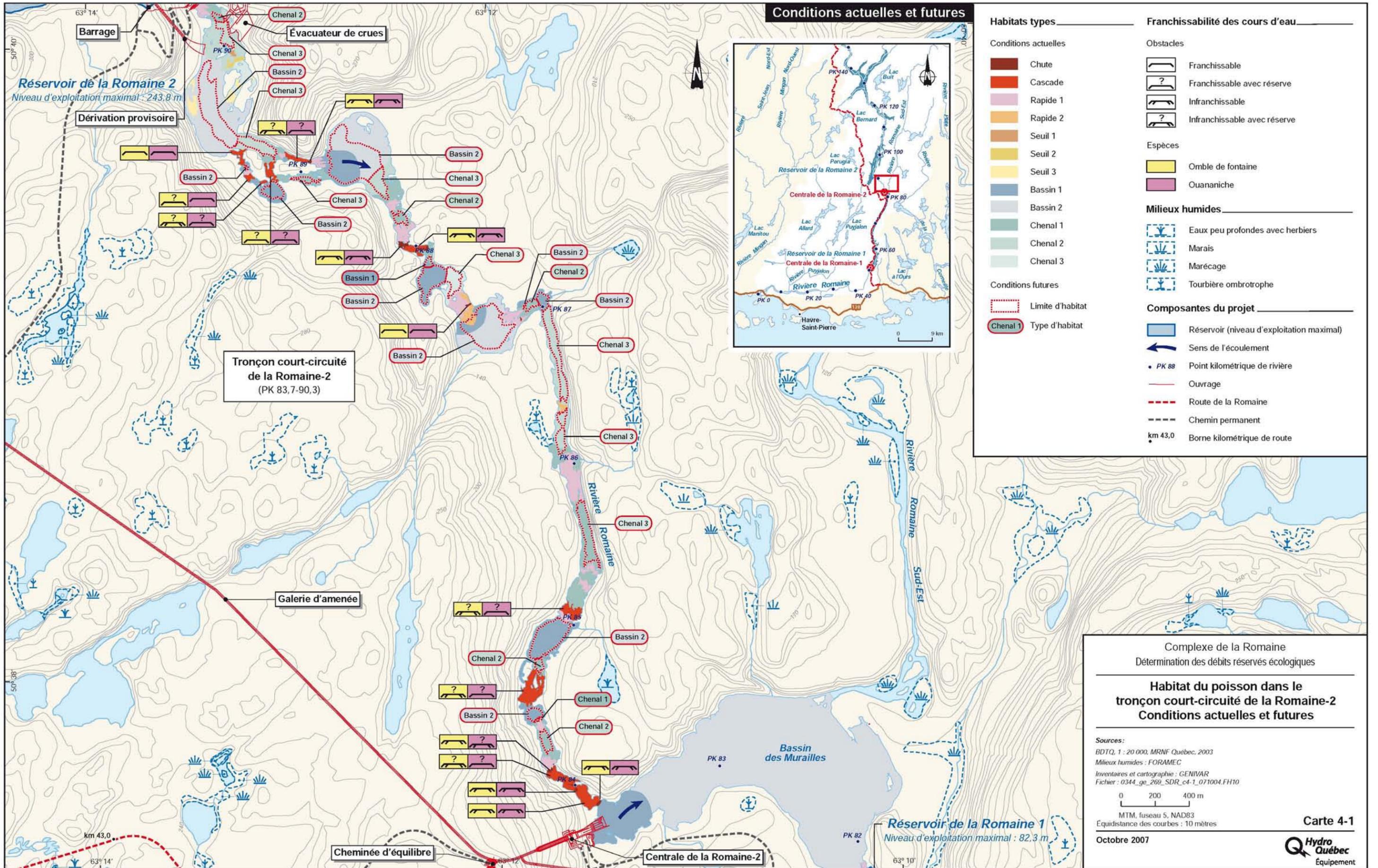
#### 4.2.2.3 Débit réservé proposé

Le débit réservé proposé pour le tronçon court-circuité de la Romaine-2 est de 2,7 m<sup>3</sup>/s, ce qui représente 1 % du débit annuel moyen à cet endroit (271 m<sup>3</sup>/s). Ce débit sera constant dans la partie amont du tronçon court-circuité, alors que dans la partie aval, il variera selon les saisons en raison des apports intermédiaires des 27 tributaires qui s'y jettent et dont le débit annuel est d'environ 3,0 m<sup>3</sup>/s. L'hydrogramme à l'amont et à l'aval du tronçon court-circuité de la Romaine-2 en condition d'exploitation est donné à la figure 4-6.

Rappelons que les débits réservés découlant des méthodes écohydrologique et du périmètre mouillé sont trop élevés pour assurer la rentabilité économique du projet. Il faudrait en effet envisager un débit de 135 m<sup>3</sup>/s selon la première méthode ou de 182 m<sup>3</sup>/s selon la seconde (tableau 4-8 et annexe 19), dans le tronçon court-circuité de Romaine-2. Rappelons également qu'il était impossible, en raison des difficultés du terrain, d'effectuer tous les relevés hydrauliques nécessaires à l'application de la méthode de modélisation des microhabitats (MMH).

Figure 4-6 Hydrogrammes des apports intermédiaires dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, la Romaine-3, la Romaine-4 en conditions d'exploitation.





**Conditions actuelles et futures**

<b>Habitats types</b>		<b>Franchissabilité des cours d'eau</b>	
Conditions actuelles		Obstacles	
	Chute		Franchissable
	Cascade		Franchissable avec réserve
	Rapide 1		Infranchissable
	Rapide 2		Infranchissable avec réserve
	Seuil 1	Espèces	
	Seuil 2		Omble de fontaine
	Seuil 3		Ouananiche
	Bassin 1	<b>Milieux humides</b>	
	Bassin 2		Eaux peu profondes avec herbiers
	Chenal 1		Marais
	Chenal 2		Marécage
	Chenal 3		Tourbière ombrotrophe
Conditions futures		<b>Composantes du projet</b>	
	Limite d'habitat		Réservoir (niveau d'exploitation maximal)
	Chenal 1 Type d'habitat		Sens de l'écoulement
			PK 88 Point kilométrique de rivière
			Ouvrage
			Route de la Romaine
			Chemin permanent
			km 43,0 Borne kilométrique de route

Complexe de la Romaine  
Détermination des débits réservés écologiques

---

**Habitat du poisson dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2**  
Conditions actuelles et futures

---

*Sources:*  
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF Québec, 2003  
Milieux humides : FORAMEC  
Inventaires et cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_269\_SDR\_c4-1\_071004.FH10

0 200 400 m

MTM, fuseau 5, NAD83  
Équidistance des courbes : 10 mètres

Carte 4-1

Hydro Québec  
Équipement

Octobre 2007

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



Tableau 4-8. Débits obtenus par la méthode du périmètre mouillé dans les différentes sections transversales relevées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2.

Section <sup>a</sup>	Débit réservé
83,69	120
86,54	170
86,64	150
86,74	350
86,90	120
<b>Moyenne</b>	<b>182</b>

a Le profil bathymétrique de chaque section est donnée à l'annexe 19.

Le débit réservé proposé permettra tout de même de maintenir au moins 34,7 ha, soit 19 % de la superficie actuelle. Mentionnons que la superficie en conditions futures ne tient compte que des habitats dans les bassins et les chenaux profonds. La superficie des zones peu profondes est négligée, ce qui sous-estime la superficie réelle en conditions futures.

La perte d'habitat par rapport aux conditions naturelles se chiffre à environ 55 ha. L'option de laisser un débit réservé un peu plus élevé a également été abandonnée, car elle ne permet pas de baisser de façon significative la perte d'habitat. En laissant, par exemple, un débit équivalent à 5 et à 10% du débit moyen annuel, soit des débits de 13,5 et de 27,1 m<sup>3</sup>/s, le gain d'habitat serait à peine de 3 ha (figure 4-7).

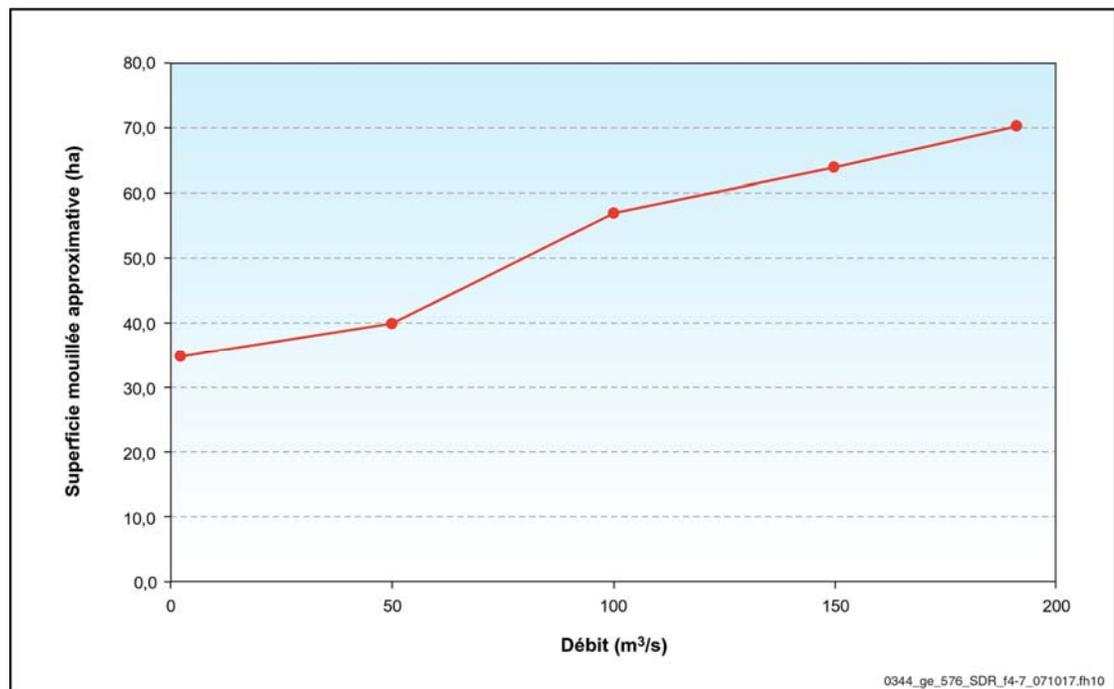


Figure 4-7. Superficie mouillée approximative en fonction du débit dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2.

#### 4.2.2.4 Mesures d'atténuation et de compensation

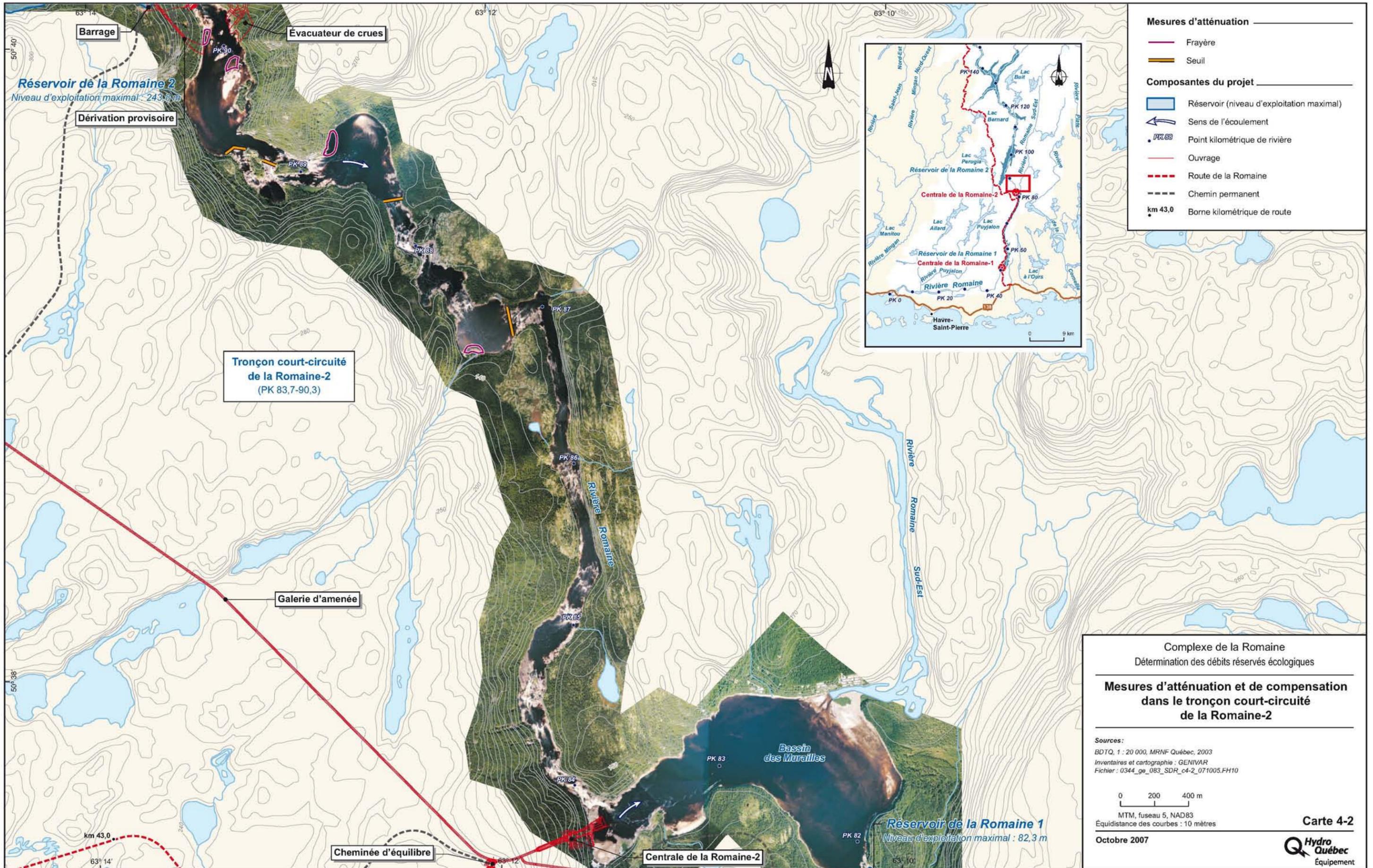
La mise en place du débit réservé occasionnera une perte d'habitat pour les espèces présentes dans le tronçon court-circuité. Ces pertes seront compensées en dehors du tronçon court-circuité par une série de mesures visant l'omble de fontaine et décrites dans le rapport sectoriel sur le potentiel d'aménagement de la faune ichthyenne (GENIVAR, 2006b).

Deux types de mesures d'atténuation dans le tronçon de la Romaine-2 avaient préalablement été proposés pour accompagner la mise en place de ce débit réservé, soit le maintien des niveaux d'eau dans les bassins et l'aménagement de seuils et frayères dans les zones lotiques. La carte 4-2 et le tableau 4-9 localisent et identifient les mesures qui avaient été envisagées. Des seuils étaient prévus sur ou près des points de contrôle des niveaux d'eau des principaux bassins du tronçon court-circuité ainsi qu'une série de frayères à l'amont de ces seuils.

Toutes ces mesures d'atténuation ont toutefois été rejetées après une première analyse technique. Cette analyse a démontré que les conditions d'exploitation impliqueront des évacuations relativement fréquentes et importantes dans le tronçon. Ces évacuations sont susceptibles d'occasionner un lessivage plus ou moins complet des frayères aménagées avec le déplacement du matériel qui les compose. Les conditions hydrauliques sévères qui régneront lors de ces évacuations impliquent des contraintes techniques de stabilité des structures telles la construction de seuils en béton. De plus, le tronçon court-circuité est localisé dans une vallée très encaissée de la rivière Romaine, ce qui rend la construction des accès techniquement très difficile et très coûteuse. L'analyse a également démontré qu'il est difficile de prévoir les écoulements en exploitation équivalents à 1 % du débit actuel dans des milieux lotiques comme ceux du tronçon court-circuité. Le débit de la rivière pourrait, par endroits, s'écouler en disparaissant entre les blocs du lit de la rivière et ne représenter aucune valeur comme habitat du poisson. Enfin, il est apparu que les gains de superficie d'habitat provenant de l'aménagement de seuils étaient minimes pour des coûts importants et une faisabilité technique incertaine.

Tableau 4-9. Mesures d'atténuation et de compensation envisagées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2.

Localisation approximative	Aménagement
PK 87,2	1 seuil de 155 m
PK 87,4	1 frayère de 63 m <sup>2</sup>
PK 88,3	1 seuil de 130 m
PK 88,8	1 frayère de 71 m <sup>2</sup>
PK 89,1	3 seuils de 95 m, 80 m et 70 m
PK89,8	1 frayère de 50 m <sup>2</sup>
PK90,0	1 frayère de 40 m <sup>2</sup>



- Mesures d'atténuation**
- Frayère
  - Seuil
- Composantes du projet**
- Réservoir (niveau d'exploitation maximal)
  - ← Sens de l'écoulement
  - PK 68 Point kilométrique de rivière
  - Ouvrage
  - - - Route de la Romaine
  - - - Chemin permanent
  - km 43,0 Borne kilométrique de route

**Complexe de la Romaine**  
Détermination des débits réservés écologiques

---

**Mesures d'atténuation et de compensation**  
dans le tronçon court-circuité  
de la Romaine-2

---

**Sources:**  
BDTQ, 1 : 20 000, MRNF Québec, 2003  
Inventaires et cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_083\_SDR\_c4-2\_071005.FH10

0 200 400 m

MTM, fuseau 5, NAD83  
Équidistance des courbes : 10 mètres

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



#### 4.2.3 Tronçon de la Romaine-3

Le tronçon court-circuité de la Romaine-3 a une longueur totale de 3,4 km. La superficie du bassin versant de ce tronçon est de 7,19 km<sup>2</sup>. Onze (11) tributaires se jettent dans ce tronçon dont le débit moyen annuel est de 223 m<sup>3</sup>/s au droit du futur barrage.

##### 4.2.3.1 Communauté de poissons

Les résultats des campagnes de pêche permettent de définir la liste des espèces susceptibles d'utiliser le bief court-circuité de la Romaine-3 (voir le tableau 4-10). Il est important de remarquer que certaines espèces énumérées dans ce tableau ont été capturées dans des stations situées un peu plus loin à l'aval et à l'amont du bief court-circuité, mais les habitats présents à ces stations étaient similaires à ceux de la zone d'étude.

Tableau 4-10. Liste des espèces de poisson du tronçon court-circuité de la Romaine-3.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Code	Abondance dans le bief court-circuité <sup>1</sup>
Grand brochet	<i>Esox lucius</i>	ESLU	P
Lotte	<i>Lota lota</i>	LOLO	P
Ménomini rond	<i>Prosopium cyclindraceum</i>	PRCY	P
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	CACO	P
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	CACA	A
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	RHCA	P
Ombre de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	SAFO	A

<sup>1</sup> P = présence : A : espèce abondante représentant plus de 15 % des captures.

Le meunier rouge et l'ombre de fontaine sont les espèces les plus abondantes et traduisent le fait qu'une grande partie des biotopes présents dans la zone d'étude sont des habitats d'eaux vives favorables à ces espèces. Les autres espèces ont été capturées en grande majorité dans les secteurs plus calmes (bassins latéraux et zones de contre-courant), mais leur abondance est faible et elles semblent marginales.

##### 4.2.3.2 Habitats potentiels

Le tronçon court-circuité de la Romaine-3 est, lui aussi, constitué d'une succession de gros rapides, de cascades et de chenaux à écoulement relativement rapide. La distribution des habitats-types dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3 est illustrée à la carte 4-3).

Le substrat est dominé par le roc et les blocs et l'ensemble des caractéristiques physiques des biotopes présents en font des habitats de faible qualité. La campagne de terrain de 2004 n'a pas permis de confirmer la présence d'aires de fraie dans ce tronçon. Des populations de poissons peuvent néanmoins s'y maintenir en exploitant certains microhabitats, comme les abris hydrauliques à l'aval des blocs, les zones de contre-courant, les petites baies ou les bassins de dissipation au pied des cascades.

#### 4.2.3.3 Débit réservé proposé

Le débit réservé proposé pour le tronçon court-circuité de la Romaine-3 est de 2,2 m<sup>3</sup>/s, ce qui représente 1 % du débit annuel moyen (223 m<sup>3</sup>/s). Ce débit sera constant dans la partie amont du tronçon alors que dans la partie aval, il variera selon les saisons en raison des apports intermédiaires des onze tributaires qui drainent des bassins versants d'une superficie totale de 7,19 km<sup>2</sup> et dont le débit annuel global est de 0,2 m<sup>3</sup>/s. L'hydrogramme à l'amont et à l'aval du tronçon court-circuité de la Romaine-3 en conditions d'exploitation est donné à la figure 4-6.

Comme pour le tronçon court-circuité de la Romaine-2, ce débit réservé est proposé parce que les débits réservés découlant des méthodes écohydrologique et du périmètre mouillé sont trop élevés pour assurer la rentabilité économique du projet. Il faudrait en effet envisager un débit de 111 m<sup>3</sup>/s selon la première méthode ou de 177 m<sup>3</sup>/s selon la seconde (tableau 4-11 et annexe 19), dans le tronçon court-circuité de Romaine-3. Rappelons également qu'il était impossible, en raison des difficultés du terrain, d'effectuer tous les relevés hydrauliques nécessaires à l'application de la méthode de modélisation des microhabitats (MMH).

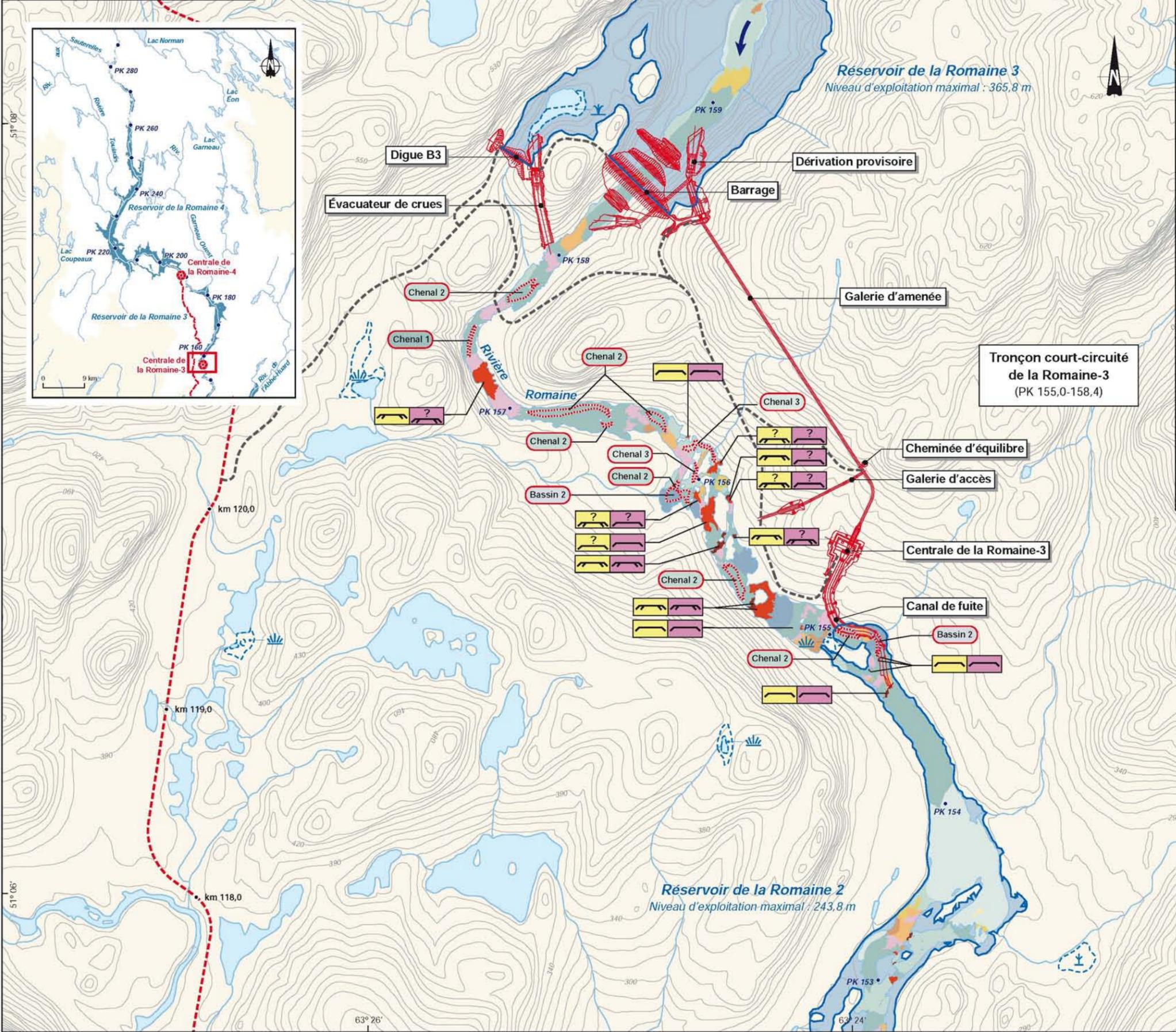
Tableau 4-11. Débits obtenus par la méthode du périmètre mouillé dans les différentes sections transversales relevées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3.

Section <sup>a</sup>	Débit réservé
157,69	160
157,84	150
158,05	160
158,18	175
158,30	215
158,44	200
<b>Moyenne</b>	<b>177</b>

a Le profil bathymétrique de chaque section est donnée à l'annexe 19.

Le débit proposé permettra de maintenir une superficie mouillée de 4,1 ha, soit environ 10 % de la superficie actuelle. Mentionnons que cette estimation de la superficie en conditions futures ne tient compte que des habitats dans les bassins et les chenaux profonds. La superficie des zones peu profondes est négligée, ce qui sous-estime la superficie réelle en conditions futures.

Conditions actuelles et futures



<b>Habitats types</b>		<b>Franchissabilité des cours d'eau</b>	
Conditions actuelles		Obstacles	
	Chute		Franchissable
	Cascade		Franchissable avec réserve
	Rapide 1		Infranchissable
	Rapide 2		Infranchissable avec réserve
	Seuil 1		
	Seuil 2		
	Seuil 3		
	Bassin 1		
	Chenal 1		
	Chenal 2		
	Chenal 3		
Conditions futures		Espèces	
	Limite d'habitat		Omble de fontaine
	Type d'habitat		Ouananiche
		<b>Milieux humides</b>	
			Eaux peu profondes avec herbiers
			Marécage
			Tourbière ombrotrophe
		<b>Composantes du projet</b>	
			Réservoir (niveau d'exploitation maximal)
			Sens de l'écoulement
			PK 157 Point kilométrique de rivière
			Ouvrage
			Route de la Romaine
			Chemin permanent
			km 120,0 Borne kilométrique de route

Complexe de la Romaine  
Détermination des débits réservés écologiques

---

**Habitat du poisson dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3**  
Conditions actuelles et futures

---

**Sources:**  
Hydro-Québec, 1 : 20 000, 2003  
Milieux humides : FORAMEC  
Inventaires et cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_270\_SDR\_c4-3\_071004.FH10

0 200 400 m

MTM, fuseau 5, NAD83  
Équidistance des courbes : 10 mètres

Carte 4-3

Hydro Québec  
Équipement

Octobre 2007



La perte d'habitat par rapport aux conditions naturelles se chiffre à environ 34,9 ha. L'option de laisser un débit réservé un peu plus élevé a également été abandonnée, car elle ne permet pas de baisser de façon significative la perte d'habitat. En laissant, par exemple, un débit équivalent à 5 et à 10% du débit moyen annuel, soit des débits de 11,6 et de 22,3 m<sup>3</sup>/s, le gain d'habitat serait à peine de 1 ha (figure 4-8).

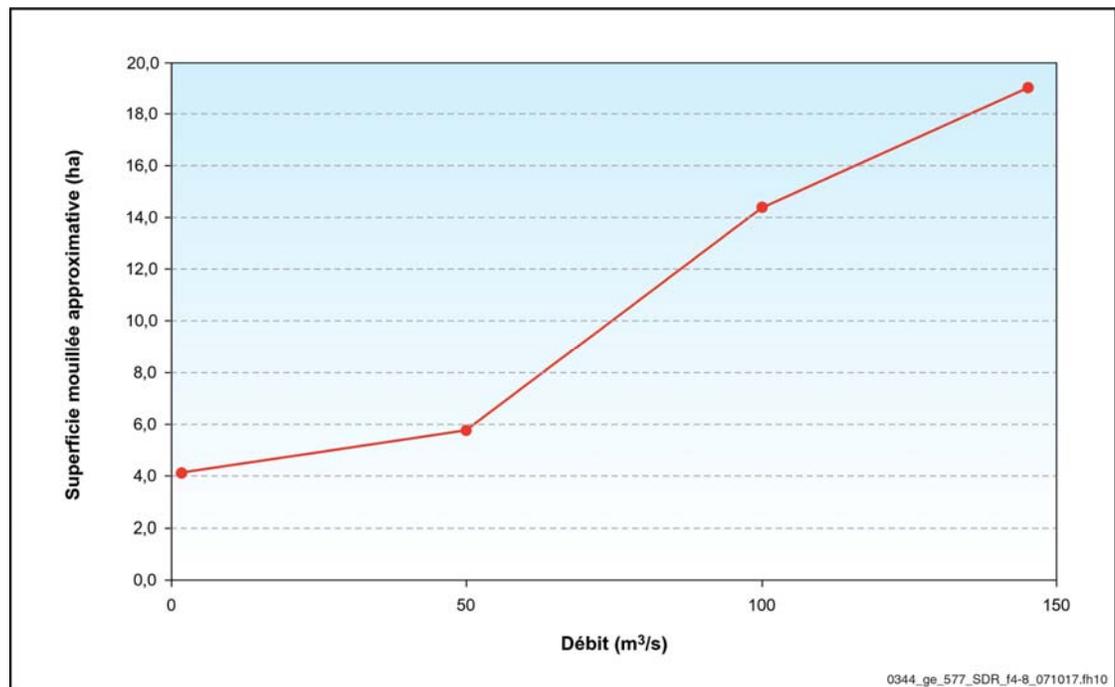


Figure 4-8. Superficie mouillée approximative en fonction du débit dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3.

#### 4.2.3.4 Mesures d'atténuation et de compensation

La mise en place d'un débit réservé équivalent à 1 % du débit annuel occasionnera une perte d'habitat pour les espèces présentes dans le tronçon court-circuité. Cette perte sera compensée, pour l'omble de fontaine, par des mesures de compensation en dehors des tronçons. Ces mesures sont décrites dans le rapport sectoriel sur le potentiel d'aménagement de la faune ichthyenne (GENIVAR, 2006b).

Aucune mesure d'atténuation n'est prévue dans le bief correspondant au tronçon court-circuité de la Romaine-3. Comme dans le cas du tronçon court-circuité de la Romaine-2, la construction de seuil en aval de bassins ou de fosses naturelles et d'étendre, à certains endroits, des substrats propices à la reproduction de l'omble de fontaine a été envisagée (carte 4-4 et tableau 4-12). Une analyse de la faisabilité de ces travaux a fait ressortir que ces aménagements seraient très coûteux et que le gain en habitat était marginal, voire incertain. Cette idée a donc été abandonnée. Plus de détails au sujet de cette analyse sont donnés à la section 4.2.2.4.

Tableau 4-12. Mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-3.

Localisation approximative	Aménagement
PK 155,3	2 seuils de 60 m et 75 m
PK 155,5	1 frayère de 17 m <sup>2</sup>
PK 155,9	3 seuil de 35 m, 50 m et 65 m
PK 156,4	1 frayère de 71 m <sup>2</sup>
PK 157,7	1 seuil de 55 m
PK 157,9	1 frayère de 38 m <sup>2</sup>

#### 4.2.4 Tronçon de la Romaine-4

Le tronçon court-circuité de la Romaine-4 a une longueur totale de 1,6 km. La superficie du bassin versant est de 2,08 km<sup>2</sup>. Trois tributaires importants se jettent dans ce tronçon dont le débit moyen annuel est de 185 m<sup>3</sup>/s au niveau du futur barrage.

##### 4.2.4.1 Communauté de poissons

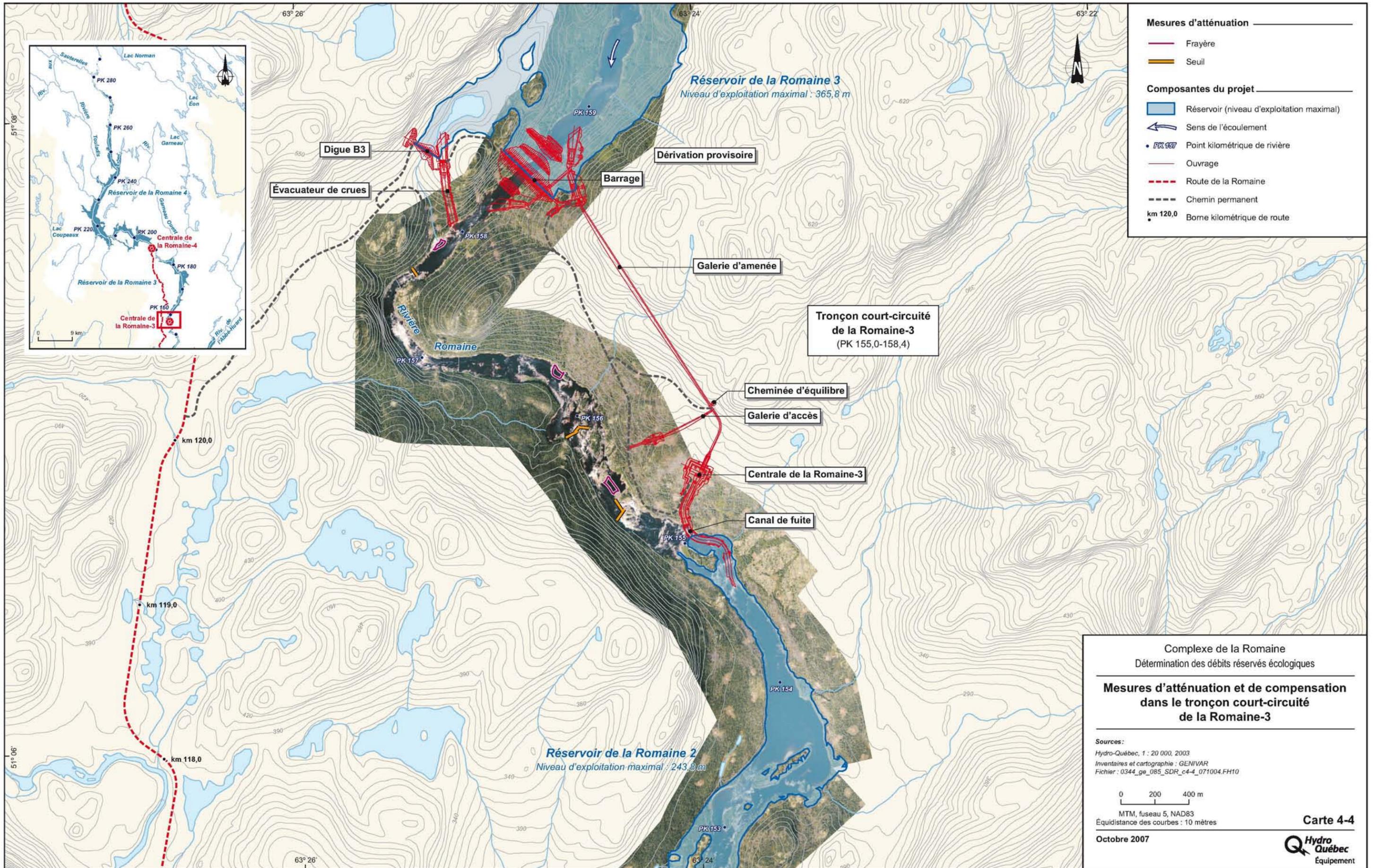
Les résultats des campagnes de pêche (GENIVAR, 2005) permettent d'établir la liste des espèces susceptibles d'utiliser le bief court-circuité de la Romaine-4 (voir le tableau 4-13). Il est important de remarquer que certaines espèces énumérées dans ce tableau ont été capturées dans des stations en aval et en amont du bief court-circuité (du PK 185 au PK 195), mais les habitats de ces stations sont similaires à ceux de la zone d'étude.

Le meunier rouge et l'omble de fontaine sont les espèces les plus abondantes et traduisent le fait que la majorité des milieux présents dans la zone d'étude sont des habitats d'eaux vives favorables à ces espèces. Quelques ouananiches ont également été capturées à la ligne aux pieds des zones de rapides. Les autres espèces ont été capturées, en majorité, dans les secteurs plus calmes (bassins latéraux et zones de contre-courant), mais leur abondance est faible et ces espèces semblent marginales.

Tableau 4-13. Liste des espèces de poisson du tronçon court-circuité de la Romaine-4.

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Code	Abondance dans le bief court-circuité <sup>1</sup>
Ménomini rond	<i>Prosopium cyclindraceum</i>	PRCY	P
Meunier noir	<i>Catostomus commersoni</i>	CACO	P
Meunier rouge	<i>Catostomus catostomus</i>	CACA	A
Naseux des rapides	<i>Rhinichthys cataractae</i>	RHCA	P
Omble de fontaine	<i>Salvelinus fontinalis</i>	SAFO	A
Ouananiche	<i>Salmo salar</i>	SSAO	P

<sup>1</sup> P = présence : A : espèce abondante représentant plus de 15 % des captures.





#### 4.2.4.2 Habitats potentiels

Le tronçon court-circuité de la Romaine-4 est, lui aussi, constitué d'une petite chute et de rapides avec quelques cuvettes de dissipation. La distribution des habitats-types dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4 est illustrée à la carte 4-5. Le substrat est variable, mais les galets et graviers sont importants. Ces milieux s'avèrent de bons habitats pour l'alimentation des salmonidés. La campagne de terrain de 2004 n'a pas permis de confirmer la présence d'aires de fraie dans ce tronçon.

#### 4.2.4.3 Débit réservé proposé

Le débit réservé proposé pour le tronçon court-circuité de la Romaine-4 est de 1,8 m<sup>3</sup>/s, ce qui représente 1 % du débit annuel moyen (184 m<sup>3</sup>/s). Ce débit sera constant dans la partie amont du tronçon court-circuité. Par contre, dans la partie aval, près du canal de fuite, il variera selon les saisons en raison des apports intermédiaires des trois tributaires qui drainent des bassins versant d'une superficie totale de 2,08 km<sup>2</sup>. L'hydrogramme à l'amont et à l'aval du tronçon court-circuité de la Romaine-4 en conditions d'exploitation est donné à la figure 4-6.

Comme pour les tronçons court-circuités de la Romaine-2 et de la Romaine-3, ce débit réservé est proposé parce que les débits réservés découlant des méthodes échohydrologique et du périmètre mouillé sont trop élevés pour assurer la rentabilité économique du projet. Il faudrait en effet envisager un débit de 92 m<sup>3</sup>/s selon la première méthode ou de 100 m<sup>3</sup>/s selon la seconde (tableau 4-14 et annexe 19), dans le tronçon court-circuité de Romaine-4.

Tableau 4-14. Débits obtenus par la méthode du périmètre mouillé dans les différentes sections transversales relevées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4.

Section <sup>a</sup>	Débit réservé
190,85	100
190,98	100
191,06	100
191,15	100
<b>Moyenne</b>	<b>100</b>

a Le profil bathymétrique de chaque section est donnée à l'annexe 19.

Le débit proposé permettra de maintenir une superficie mouillée de 1,49 ha, soit environ 10 % de la superficie actuelle. Mentionnons que cette évaluation de la superficie en conditions futures ne tient compte que des habitats dans les bassins et les chenaux profonds. La superficie des zones peu profondes est négligée, ce qui sous-estime la superficie réelle en conditions futures.

La perte d'habitat par rapport aux conditions naturelles se chiffre à environ 12,0 ha. L'option de laisser un débit réservé un peu plus élevé a également été abandonnée, car elle ne permet pas de baisser de façon significative la perte d'habitat. En laissant, par exemple, un débit équivalent à 5 et à 10% du débit moyen annuel, soit des débits de 9 et de 18 m<sup>3</sup>/s, le gain d'habitat serait à peine de 0,5 et 1,3 ha, respectivement (figure 4-9).

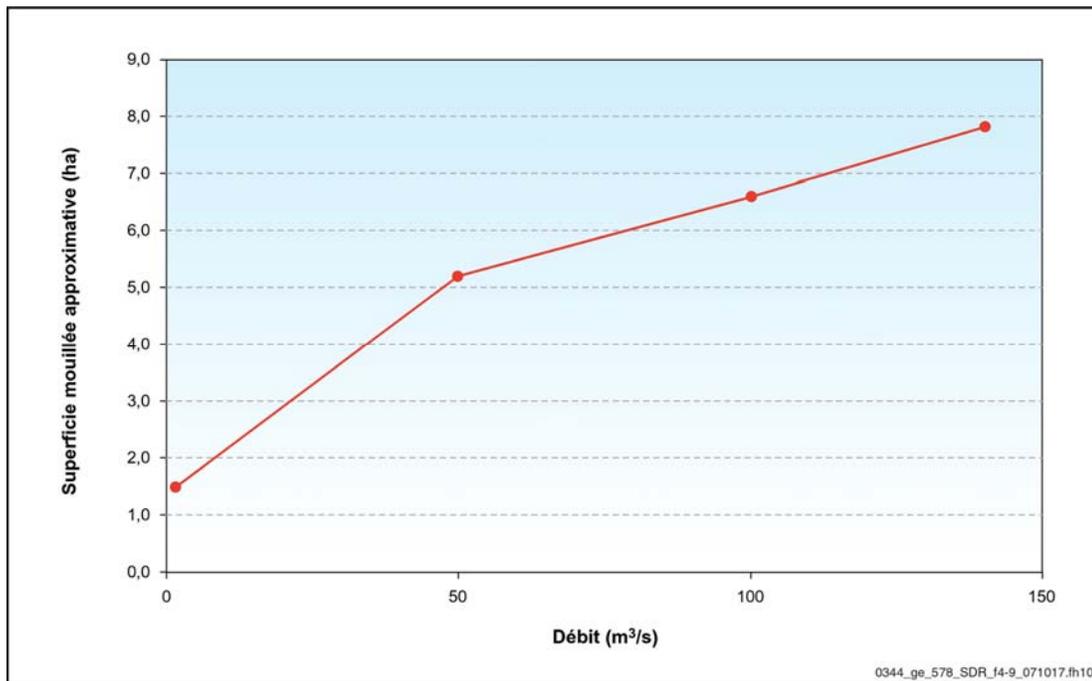


Figure 4-9. Superficie mouillée approximative en fonction du débit dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4.

#### 4.2.4.4 Mesures d'atténuation et de compensation

La mise en place d'un débit réservé équivalent à 1 % du débit annuel moyen occasionnera une perte d'habitat dans le tronçon court-circuité. Cette perte d'habitat sera compensée hors tronçon, pour l'omble de fontaine, par une série de mesures de compensation décrites dans un rapport séparé. Tel que mentionné précédemment, le débit proposé permettra tout de même de maintenir près de 1,5 ha d'habitat dans les zones profondes (bassins), soit 10 % de la superficie actuelle.

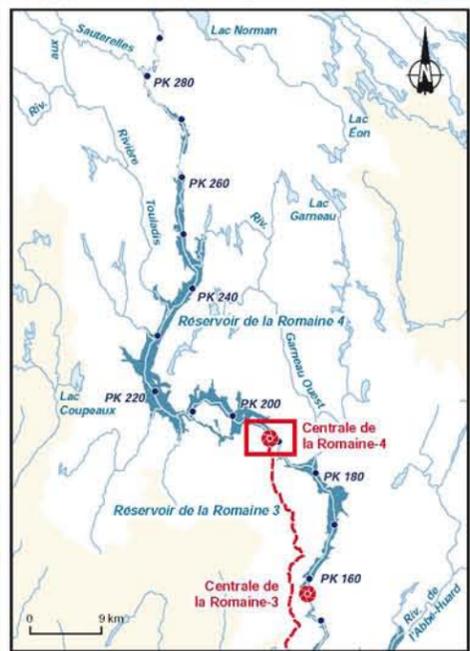
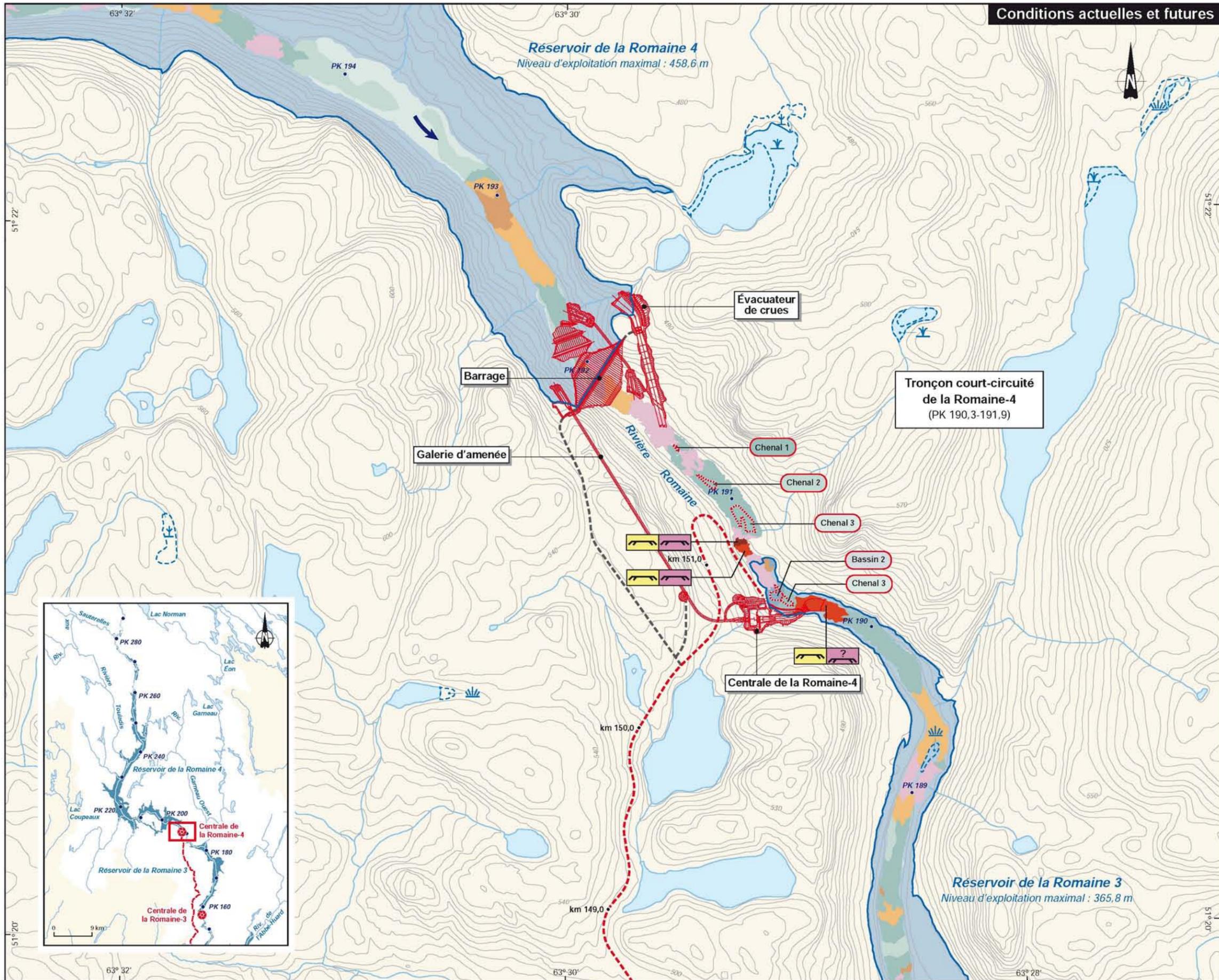
Aucune mesure d'atténuation n'est prévue dans le bief correspondant au tronçon court-circuité de la Romaine-4. Comme dans le cas des tronçons court-circuités de la Romaine-2 et de la Romaine-3, la construction de seuil en aval de bassins ou de fosses naturelles et d'étendre, à certains endroits, des substrats propices à la reproduction de l'omble de fontaine a été envisagée (carte 4-6 et tableau 4-15). Une analyse de la faisabilité de ces travaux a fait ressortir que ces aménagements

seraient très coûteux pour un gain en habitat marginal. Cette idée a donc été abandonnée. Plus de détails au sujet de cette analyse sont donnés à la section 4.2.2.4.

Tableau 4-15. Mesures d'atténuation et de compensation analysées dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4.

Localisation approximative	Aménagement
PK 190,8	1 seuil de 205 m
PK 191,2	1 frayère de 46 m <sup>2</sup>





**Conditions actuelles et futures**

**Habitats types**

Conditions actuelles

- Chute
- Cascade
- Rapide 1
- Rapide 2
- Seuil 1
- Bassin 1
- Bassin 2
- Chenal 1
- Chenal 2
- Chenal 3

Conditions futures

- Limite d'habitat
- Type d'habitat

**Franchissabilité des cours d'eau**

Obstacles

- Infranchissable
- ? Infranchissable avec réserve

Espèces

- Omble de fontaine
- Ouananiche

**Milieus humides**

- Eaux peu profondes avec herbiers
- Marécage
- Tourbière ombrotrophe

**Composantes du projet**

- Réservoir (niveau d'exploitation maximal)
- Sens de l'écoulement
- PK 191 Point kilométrique de rivière
- Ouvrage
- Route de la Romaine
- Chemin permanent
- Borne kilométrique de route

Complexe de la Romaine  
Détermination des débits réservés écologiques

**Habitat du poisson dans le tronçon court-circuité de la Romaine-4**  
**Conditions actuelles et futures**

Sources:

Hydro-Québec, 1 : 20 000, 2003  
Milieux humides : FORAMEC  
Inventaires et cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_271\_SDR\_c4-5\_071004.FH10

0 200 400 m

MTM, fuseau 5, NAD83  
Équidistance des courbes : 10 mètres

Octobre 2007

Carte 4-5









## 5. Conclusion

---

Ce rapport sectoriel présente le régime des débits réservés proposé pendant l'exploitation et la construction du complexe hydroélectrique de la Romaine, dans la partie inférieure de la Romaine (en aval du point de restitution de la centrale de la Romaine-1) et dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4. Pour le tronçon inférieur de la Romaine, le régime proposé est modulé selon les saisons biologiques de façon à maintenir l'habitat du poisson en tout temps de l'année.

Ainsi, durant la période estivale (8 juillet au 15 octobre), le débit réservé est de 170 m<sup>3</sup>/s afin d'assurer le maintien des habitats d'alimentation des saumons juvéniles. Il est de 200 m<sup>3</sup>/s entre le 16 octobre et le 15 novembre pour maintenir la disponibilité des habitats de reproduction des saumons adultes. Il est de 140 m<sup>3</sup>/s durant toute la saison froide, entre le 16 novembre et le 6 juin, pour assurer le recouvrement en eau des frayères de saumon, où se déroule l'incubation des oeufs. Enfin, entre le 7 juin et le 7 juillet, il est rehaussé à nouveau à 200 m<sup>3</sup>/s, durant l'émergence des alevins.

Les valeurs précédentes représentent des débits minimaux qui seront respectés en période d'exploitation de la centrale de la Romaine-1. En réalité, les débits en rivière varieront entre ces débits minimaux et le débit maximal en exploitation (environ 485 m<sup>3</sup>/s), et parfois plus, lors de l'évacuation de crues importantes.

Le débit réservé printanier de 200 m<sup>3</sup>/s va également entraîner une perte d'habitat de reproduction des grands brochets, qui déposent leurs œufs dans les plaines d'inondation se trouvant dans la partie inférieure de certains tributaires. Toutefois, il n'est pas recommandé de faire d'aménagement compensateur particulier pour cette espèce prédatrice, parce que cela pourrait être incompatible avec les efforts consentis pour le maintien et le développement de la population de saumon atlantique.

Il n'est pas nécessaire de provoquer des crues artificielles pour maintenir la structure des écotones riveraine (les marécages) et entretenir la qualité granulométrique des frayères de saumon. D'abord, les déversements prévus en aval de la centrale Romaine-1 seront suffisamment fréquents et considérables pour maintenir les écotones riverains. Par ailleurs, une étude séparée sur la dynamique hydrosédimentaire des frayères en conditions actuelles et futures indique que la qualité granulométrique de leur lit se maintiendra sans le recours à des crues d'entretien. Un suivi sera effectué pour confirmer cette conclusion.

Pendant le remplissage des réservoirs de la Romaine-4, de la Romaine-3 et de la Romaine-1 (en phase de construction), les débits réservés en aval du PK 51,5 seront les mêmes que ceux définis pour la période d'exploitation. Pendant le remplissage du réservoir de la Romaine-2, les débits réservés pour les périodes biologiques d'été et d'automne seront également les mêmes qu'en exploitation.

Toutefois, ils seront réduits à 70 m<sup>3</sup>/s et à 140 m<sup>3</sup>/s pour les périodes d'hiver et de printemps, respectivement. Même réduits, ces débits réservés ne pourront pas être respectés durant l'étape 2 du remplissage du réservoir de la Romaine-2, qui compte au total trois étapes. Les pertes temporaires d'habitats ainsi encourues seront compensées par la mise en place d'un programme de restauration du saumon dans la Romaine.

Pour atténuer les impacts de la fluctuation des débits imposés par le mode d'exploitation, des habitats d'élevage seront aménagés en aval des frayères qui seront mises en place dans le secteur du PK 51, du PK 46,2 et du PK 48,9. Leur superficie totale atteindra 15 000 m<sup>2</sup>.

Dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4, le débit réservé sera équivalent à 1 % du module annuel. Il sera donc de 2,7 m<sup>3</sup>/s à la Romaine-2, de 2,2 m<sup>3</sup>/s à la Romaine-3 et de 1,8 m<sup>3</sup>/s à la Romaine-4. Les apports intermédiaires se déversant dans ces tronçons seront suffisants pour faire moduler le débit réservé et reproduire dans une certaine mesure les principaux événements hydrologiques (crues et étiages).

Ces débits ne sont pas suffisants pour maintenir la quantité d'habitats du poisson disponible en conditions naturelles et des mesures de compensation pour l'omble de fontaine seront mises en place en dehors des tronçons court-circuités.

Il est à noter qu'aucun débit réservé n'est prévu dans le tronçon court-circuité de la Romaine-1 en raison de la courte distance qui sépare le barrage du canal de fuite et aussi du fait qu'il s'agit d'habitats peu utilisés par le poisson.

Enfin, les mesures suivantes seront mises de l'avant pour atténuer ou compenser certains impacts liés à la modification du régime hydrologique de la rivière :

- Des frayères artificielles seront aménagées à proximité des frayères existantes au PK 48,9 et au PK 46,2 parce que le débit de 200 m<sup>3</sup>/s occasionnera une légère baisse de la disponibilité d'habitats à ces deux endroits. En effet, ce débit est inférieur au débit écologique, qui est de 242 m<sup>3</sup>/s. Les aménagements permettront ainsi d'assurer, dans le secteur de ces frayères, la même quantité d'habitat en condition d'exploitation qu'en condition naturelles au débit médian.
- Des habitats d'élevage seront aménagés juste en aval des frayères aménagées dans le secteur du PK 48,9 et du PK 46,2, ainsi qu'en aval d'une autre frayère aménagée au PK 51. Ces aménagements visent à atténuer les impacts sur les saumons juvéniles de la fluctuation des débits imposés par le mode d'exploitation et à compenser en partie la perte permanente d'habitat dans le tronçon court-circuité de la Romaine-1.
- Un programme de restauration sera mis en place pour compenser la perte temporaire d'habitat et de production causée par l'absence de débit réservé durant l'étape 2 du remplissage du réservoir de la Romaine-2.

## 6. Références bibliographiques

---

- ANDERSON, R. M. et R. B NEHRING. 1985. *Impacts of stream discharge on trout rearing habitat and trout recruitment in the South Platte River, Colorado*. Dans: F.W. Olson, R.G. White et R.H. Hamre (éds). Proceedings of the Symposium of Small Hydropower and Fisheries. May 1-3 1985. Denver, Colorado. p. 59-64.
- ANNEAR, T. C. et A. L. CONDER. 1983. *Evaluation of instream flow needs for use in Wyoming*. Wyoming Game and Fish Department, Fish Division. Completion report for contract No YA-512-CT9-226. 247 p.
- BELLES-ISLES, M., Y. PLOURDE, P. PELLETIER, C. THÉBERGE et P. THIBODEAU. 2004. *Complexe de la rivière Romaine – Aménagement intégral de la rivière Romaine. Étude préliminaire sur les débits réservés et la faune ichthyenne*. Rapport du Groupe conseil GENIVAR à la direction Environnement et Services techniques d'Hydro-Québec. 134 p et annexes.
- BELZILE, L., P. BÉRUBÉ, V. HOANG et M. LECLERC. 1997. *Méthode écohydrologique de détermination des débits réservés pour la protection des habitats du poisson dans les rivières du Québec*. Rapport de l'INRS-Eau et de GENIVAR Groupe Conseil inc. au ministère de l'Environnement et de la Faune et à Pêches et Océans Canada. 83 p. et annexes.
- BOUCHARD, D. et J. DESHAYES. 2005. *Complexe de la Romaine. Étude d'avant-projet. Étude de la végétation et de la flore*. Rapport de FORAMEC inc. pour Hydro-Québec. 54 p. et annexes.
- BOUCHARD, D. et J. OUZILLEAU. 2004. *Centrale de l'Eastmain-1-A et dérivation Rupert. Suivi de la végétation riveraine et aquatique des rivières Eastmain et Opinaca — 2003*. Rapport pour la Société d'énergie de la Baie James. Québec, FORAMEC inc.
- BOUDREAU, A. et J. DOMINGUE. 1991. *Accroissement du potentiel salmonicole de la rivière Betsiamites. Étude de faisabilité : Phase 1 – rapport finale des activités 1990*. Rapport du Groupe Environnement Shooner inc. et de Naturam inc. pour la Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec, 52 p. et annexes.
- BOURGEOIS, G., P. BOUDREAU, A. BOUDREAU et M. LECLERC. 1996. *Validation de la modélisation de l'habitat salmonicole au site Taoti sur la rivière Moisie*. Rapport final de GENIVAR Groupe Conseil inc. (n° 697) et INRS-Eau (n° 495) à la vice-présidence Ingénierie et Services, Hydro-Québec. 49 p. et annexes.
- BOVEE, K. D. 1982. *A Guide to stream habitat analysis using the Instream Flow Incremental Methodology*. U. S. Fish and Wildlife Service, Washington D. C. Instream Flow Information Paper n° 12 (FWA/OBS-82/86).
- BURT, D.W. et J.H. MUNDIE, 1986. *Case histories of regulated stream flow and its effects on salmonids populations*. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1477, 98 p.

- CARON, F., D. FOURNIER, et V. CAUCHON. 2006. *Travaux de recherche sur le saumon des rivières Saint-Jean et de la Trinité en 2005*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune. 71 p.
- CARON, F., D. FOURNIER, et V. CAUCHON. 2007. *Travaux de recherche sur le saumon des rivières Saint-Jean et de la Trinité en 2006*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche sur la faune. 73 p.
- CATTANÉO, F., N. LAMOUREUX, P. BREIL et H. CAPRA. 2002. The influence of hydrological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) population dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59 : p. 12-22.
- CCRHP. 2000. *Sand and gravel management and fish habitat protection in British Columbia salmon and steelhead streams*. Background paper no. 3, partie 9. <http://www.fish.bc.ca/html/fish2220.htm>
- CRISP, D. T. et M. A. HURLEY. 1991. Stream channel experiments on downstream movement of recently emerged trout, *Salmo trutta* L. and salmon, *S. salar* L. - 1. Effect of four different water velocity treatments upon dispersal rate. *Journal of Fish Biology*. 39: p. 347-361.
- CUNJAK, R. A., T. D. PROWSE et D. L. PARRISH. 1998. *Atlantic salmon (Salmo salar) in winter : the season of parr discontent?* *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (suppl. 1) : p. 161-180.
- DIPLAS, P. et G. PARKER. 1985. *Pollution of gravel spawning grounds due to fine sediments*. Project Report 240. St. Anthony Falls Hydraulic Laboratory. University of Minneapolis. Minneapolis.
- DOYON, J.-F., LÉVESQUE, F., BOUDREAU, A. et C. THÉBERGE. 1994. *Accroissement de la production salmonicole de la rivière Betsiamites. Étude de faisabilité : phase 1 – Rapport des activités 1993*. Rapport du Groupe Environnement Shooner inc. pour la Vice-présidence Environnement, Hydro-Québec, 39 p. et annexes.
- 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. 2002. *Aménagement hydroélectrique de la Romaine-1 – Étude de la population de saumon atlantique de la rivière Romaine en 2001*. Rapport présenté à la direction Environnement et services techniques, Hydro-Québec par le Groupe conseil GENIVAR. 119 p. et annexes.
- GENIVAR. 2005. *Complexe de la rivière Romaine – Faune ichtyenne : rapport d'inventaire 2004*. Rapport préliminaire de GENIVAR Groupe Conseil inc. à la Direction de l'Environnement et services techniques, Hydro-Québec Équipement. 222 p. et annexes.

- GENIVAR. 2006a. *Complexe de la rivière Romaine – Faune ichtyenne : rapport d'inventaire 2005*. Rapport préliminaire de GENIVAR Groupe Conseil inc. à la Direction de l'Environnement et services techniques, Hydro-Québec Équipement. 222 p. et annexes.
- GENIVAR. 2006b. *Complexe de la rivière Romaine - Faune ichtyenne : rapport sectoriel sur le potentiel d'aménagement de la faune ichtyenne*. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil inc. à Hydro-Québec Équipement, Direction de l'Environnement et Services techniques. 106 p. et annexes.
- GENIVAR. 2007a. *Complexe de la rivière Romaine – Dynamique hydrosédimentaire des frayères à saumon atlantique*. Rapport sectoriel. Pelletier, P., Levasseur, M., Bouazza, Z., Delage, P.-L. et Hamdi, S. GENIVAR Société en commandite pour Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 84 p. et annexes.
- GENIVAR. 2007b. *Complexe de la rivière Romaine – Concept d'aménagement d'habitats de compensation relativement à l'absence de débit réservé pendant le remplissage du réservoir de la Romaine-2*. Rapport préliminaire de GENIVAR Société en commandite pour Hydro-Québec Équipement, Unité Environnement. 18 p. et annexe.
- GROUPE-CONSEIL LASALLE. 2006. *Complexe de la Romaine. Étude du régime hydraulique en présence de glace*. Rapport du Groupe-Conseil LaSalle inc. à Hydro-Québec. 46 p. + annexes.
- HALLERAKER, J.H., S.J. SALVEIT, A. HARBY, J.V. ARNEKLEIV, H.-P. FJEDSTAD et B. KOHLER. 2003. Factors influencing stranding of wild juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent decreases in an artificial stream. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 19: 589-603.
- HAMMER, D. A. 1992. *Creating freshwater wetlands*. Chelsea, MI, Lewis Publishers.
- HARWOOD, A. J., N. B. METCALFE, S. W. GRIFFITHS, et J. C. ARMSTRONG. 2002. Intra-land inter-specific competition for winter concealment habitat in juvenile salmonids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 59: p. 1515-1523.
- HAUSLE, D. A. et D. W. COBLE. 1976. Influence of sand in redds on survival and emergence of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Trans. Am. Fish. Soc.* 105 (1): p. 57-63.
- HEGGENES, J. et S. J. SALTVEIT. 1990. Seasonal and spatial microhabitat selection and segregation in young Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta* L., in a Norwegian river. *Journal of Fish biology.* 36: p. 707-720.
- HEGGENES, J. et T. TRAAEN. 1988. Downstream migration and critical water velocities in stream channels for fry of four salmonid species. *J. Fish. Biol.* 32: p. 717-727.
- HISCOCK, M. J., D. A. SCRUTON, J. A. BROWN, et C. J. PENNELL. 2002. Diel activity pattern of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in early and late winter. *Hydrobiologia.* 483: p. 161-165.

- HYDRO-QUÉBEC. 2006. *Complexe Romaine de RO-4 à l'embouchure. Régime thermique de l'eau. Variante 1BC retenue en 2005*. Rapport en cours d'élaboration par Hydro-Québec Équipement. Direction ingénierie de production. Conception, hydraulique et géotechnique.
- HYDRO-QUÉBEC. 1991. *Aménagement hydroélectrique Sainte-Marguerite-3. Rapport d'avant-projet. Volume 4, partie 7. Impacts sur le saumon de la Moisie et sur son exploitation, mesures d'atténuation et suivi*. Hydro-Québec, groupe Équipement. 150 p. et annexes.
- HVIDSTEN, N.A., JENSEN, A.J., VIVAS, H., BAKKE, O et T.G. HEGGBERGET. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic. J. Freshw. Res.* 70: 38-48.
- JENSEN, A. J., JOHNSEN, B. O., SAKSGARD, L. 1989. Temperature requirements in atlantic salmon (*Salmo salar* L.), brown trout (*S. trutta*) and arctic charr (*S. alpinus*) from hatching to initial feeding compared to their geographical distribution. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46 : 786-789.
- JENSEN, A. J., B. O. JOHNSEN, et T. G. HEGGBERGET. 1991. Initial feeding time of Atlantic salmon, *Salmo salar*, alevins compared to river flow and water temperature Dans : Norwegian streams. *Environmental Biology of Fishes.* 30 : p. 379-385.
- JONSSON, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic. J. Freshw. Res.* 66: 20-35.
- KONDOLF, G. M. 1997. Hungry water: effects of dams and gravel mining on river channels. Department of Landscape Architecture and Environment. *Environmental Management*, vol. 21 (4) : p. 533-551.
- LEVASSEUR, M. BERGERON, N., LAPOINTE, M et F. BÉRUBÉ. 2006. Effects of silt and very fine sand dynamics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) redds on embryo hatching success. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* (63): 1450-1459.
- LEVESQUE, F., LAROSE, M. et BEAUCHAMP, G. 2007. Projet de restauration du saumon de la rivière Betsiamites – Bilan des activités réalisées en 2006. Rapport de GENIVAR Société en commandite à la Société de restauration du Saumon de la rivière Betsiamites. 59 p. et annexes.
- MÄKI-PETÄYS, A, J. ERKINARO, E. NIEMELÄ, A. HUUSKO et T. MUOTKA. 2004. Spatial distribution of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a subarctic river: size-specific changes in a strongly seasonal environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: p. 2329-2338.
- MILLS, D. 1989. *Ecology and management of Atlantic salmon*. Chapman and Hall, London & New York. 351 p.
- MILHOUS, R. T. 1990. *Calculation of flushing flows for gravel and cobble bed rivers*. In Hydraulic Engineering, vol 1. Proceedings of the 1990 National Conference, edited by H.H. Chang and J.C. Hill, p. 598-603, American Society of Civil Engineering, New York.

- OTTAWAY, E. M. et A. CLARKE. 1981. A preliminary investigation into the vulnerability of young trout and atlantic salmon to downstream displacement by high water velocities. *J. Fish. Biol.* 19 : p. 35-145.
- PLOURDE, Y et M. LAROSE. 2004. *Projet de restauration du saumon de la rivière Bestismites – Bilan des activités réalisées en 2003*. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil inc. à la Société de restauration du saumon de la rivière Betsiamites. 69 p. et annexes.
- PLOURDE, Y. et M. LAROSE. 2006. *Projet de restauration du saumon de la rivière Betsiamites – Bilan des activités réalisées en 2005*. Rapport de GENIVAR Groupe Conseil inc. à la Société de restauration du Saumon de la rivière Betsiamites. 48 p. et annexes.
- RIMMER, D. M., U. PAIM et R. L. SAUNDERS. 1983. Autumnal habitat shift of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a small river. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40 (6): p. 671-680.
- ROBITAILLE, P. 1998. *Qualité des eaux des rivières aux Outardes, Manicouagan et Moisie, 1979 à 1996*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq no EN980963, rapport 116, 28 p. et annexes.
- RUGGLES, C.P. 1980. A review of downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 952, 1-37.
- SALTVEIT, S. J., T. BREMNES et O. R. LINDAS. 1995. *Effect of sudden increase in discharge in a large river on newly emerged Atlantic salmon (Salmo salar) and brown trout (Salmo trutta) fry*. *Ecology of Freshwater Fish.* 4: p. 168-174.
- SALVEIT, S.J., J.H. HALLERAKER, J.V. ARNEKLEIV et A. HARBY. 2001. Field experiments on stranding in juvenile atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regul. Rivers: Res. Mgmt.* 17: 609-622.
- SCHIEFER, K. 1975. *Atlantic salmon management study of the Romaine river*. A report for Quebec Iron and Titanium Corporation, Sorel. Québec. Beak Consultants Ltd. 16 p.
- SHOONER, G. 1975. *Rivière Romaine. Mission de reconnaissance du 5 au 7 septembre 1975*. Rapport présenté à la Direction du service Environnement, Hydro-Québec. 17 p.
- WEBB, J. H., R. J. FRYER, J. B. TAGGART, C. E. THOMPSON et A. F. YOUNGSON. 2001. *Dispersion of Atlantic salmon (Salmo salar) fry from competing families as revealed by DNA profiling*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: p. 2386-2395.
- WESCHE, T. A., R. W. REISER et D. J. WICHERS. 1980. *Fishery resources and instream flow recommendations for streams to be impacted by Cheyenne's proposed phase II developments*. Completion report submitted to Wyoming Game and Fish Department, Wyoming Water Resources Research Institute.

- WHALEN, K. G. et D. L. PARRISH. 1999. Nocturnal habitat use of Atlantic salmon parr in winter. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56 : p. 1543-1550.
- WHALEN, K. G., D. L. PARRISH et M. E. MATHER. 1999. Effects of ice formation on selection of habitats and winter distribution of post-young-of-the-year Atlantic salmon parr. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56 : p. 87-96.
- WILCOCK, P. R., A. F. BARTA, C. C. SHEA, G. M. KONDOLF, W. V. G. MATTHEWS et J. PITLICK. 1996a. Observations of flow and sediment entrainment on a large gravel-bed river. *Water Resources Research* 32: p. 2897-2909.
- WILCOCK, P. R., G. M. KONDOLF, W. V. G. MATTHEWS et A. F. BARTA. 1996b. Specification of sediment maintenance flows for a large gravel-bed river. *Water Resources Research* 32: p. 2911-2921.
- WILLIAMS, G. P. et M. G. WOLMAN. 1984. *Downstream effects of dams on alluvial rivers*. In: Geological Survey Professional paper 286 U.S. Government Printing Office, Washington D.C. 83 p.
- WU, F. C. et Y. J. CHOU. 2003. Simulation of gravel-sand bed response to flushing flows using a two-fraction entrainment approach: model development and flume experiment. *Water Resources Research* 39 (8): p. 1211.

## **ANNEXE 1**

Évaluation des impacts de la modification du régime thermique  
en conditions futures sur la reproduction du saumon atlantique,  
l'incubation des œufs et l'émergence des alevins



ANNEXE 1. Évaluation des impacts de la modification régime thermique en conditions futures sur la reproduction du saumon atlantique, l'incubation des œufs et l'émergence des alevins.

## **Introduction**

Dans le contexte de l'établissement d'un régime de débits réservés écologiques visant à protéger les périodes biologiques critiques des espèces de poissons d'intérêt, la présente annexe vise à évaluer l'impact de la modification du régime thermique de l'eau de la Romaine sur la reproduction, l'incubation des oeufs et l'émergence des alevins de saumon atlantique. Ainsi, tout décalage de l'une ou plusieurs de ces phases du cycle vital pourra être pris en compte dans la modulation saisonnière des débits réservés en aval de la centrale de la Romaine-1.

Il est à noter que l'impact éventuel de la modification du régime thermique sur la croissance des tacons sera évalué dans le chapitre "Poissons" de l'étude d'impact.

## **Méthode**

Le taux de développement des oeufs de salmonidés peut être estimé à partir de la température de l'eau durant la période d'incubation (degrés-jours). L'équation employée pour estimer la date d'éclosion des œufs est tirée des travaux de Crisp (1981) et a été vérifiée pour des basses températures par Wallace et Heggberget (1988). Elle se formule comme suit :

$$\text{Log D} = (-2,6562 \text{ Log } (T + 11)) + 5,1908$$

où D = durée de l'incubation en jours jusqu'à 50 % d'éclosion

et T = température de l'eau (°C)

La durée du séjour des alevins dans le gravier et la date de leur émergence ont été estimées d'après l'équation de Jensen et coll. (1989), qui se formule comme suit :

$$\text{Log D} = 2,6562 - 1,27 \text{ Log } T$$

où D = durée de la résorption vitelline en jours jusqu'à ce que 50 % des alevins soient émergés

et T = température de l'eau (°C)

ANNEXE 1 (suite). Évaluation des impacts de la modification régime thermique en conditions futures sur la reproduction du saumon atlantique, l'incubation des œufs et l'émergence des alevins.

Le régime thermique en conditions actuelles dans la Romaine au PK 16 a été calculé à l'aide du modèle « Rivetherm ». Ce modèle établit un bilan journalier des échanges thermiques entre l'air et la surface de la rivière. Les années comprises entre 1984 et 2003 ont été simulées et pour une date donnée, la température journalière correspond à la moyenne des 20 années simulées. Les températures de l'eau mesurées dans la Romaine, dans la rivière Abbé Huard et dans la Romaine Sud-Est ont permis de valider le modèle.

En conditions futures, le modèle « Restherm » a été utilisé pour établir le régime thermique dans les réservoirs. Ce modèle permet de reproduire l'établissement de la stratification thermique. Le modèle utilise les courbes d'emmagasinement des réservoirs, le régime des apports naturels, le mode d'exploitation du réservoir et les caractéristiques physiques des ouvrages qui soutirent le débit. Les mêmes années ont été simulées. Afin de prédire comment la température de l'eau évolue dans la rivière vers l'aval (PK 35) depuis la centrale de la Romaine-1, le modèle « Rivetherm » a été utilisé. Le modèle tient compte des caractéristiques physiques de l'écoulement en rivière (profondeur, vitesse et largeur du plan d'eau).

En hiver, la température de l'air étant plus basse que celle de l'eau à la sortie de la centrale de la Romaine-1, l'eau se refroidit donc vers l'aval jusqu'à ce qu'elle atteigne 0 °C. Toutefois, avec la glace de rive qui se forme et les assiettes de frasil isolant la surface de l'eau, le processus de refroidissement réel sera légèrement retardé par rapport à ce qui est calculé par le modèle « Rivetherm ». L'isolement de la surface de l'eau par les plaques de glace a été pris en considération par le modèle Mike-ice pour affiner les prédictions hivernales entre le 27 novembre et le 24 avril. Entre le 24 avril et le 13 mai, les données ont été interpolées entre les deux modèles.

## **Résultats**

### *Reproduction*

Les observations réalisées sur les frayères de la Romaine entre 1999 et 2004 indiquent que les saumons fraient durant les deux dernières semaines d'octobre lorsque les températures de l'eau sont comprises entre 5 et 7 °C. En conditions futures, la présence des réservoirs fera en sorte que l'eau se refroidira plus lentement à l'automne. Ce refroidissement plus tardif occasionnera un décalage d'environ une semaine de la reproduction du saumon (tableau A1-1).

ANNEXE 1 (suite). Évaluation des impacts de la modification régime thermique en conditions futures sur la reproduction du saumon atlantique, l'incubation des œufs et l'émergence des alevins.

Tableau A1-1. Estimation des périodes biologiques associées à la reproduction du saumon de la Romaine en conditions actuelles et futures.

	Conditions actuelles	Conditions futures
Reproduction	Deux dernières semaines d'octobre	26 octobre – 5 novembre
Éclosion <sup>1</sup>	29 mai	19 mai
Émergence <sup>2</sup>	19 juin	21 juin

<sup>1</sup> Date prédite où 50 % des œufs ont complété 100 % de leur développement.

<sup>2</sup> Date prédite où 50 % des alevins ont résorbé 100 % de leur sac vitellin (émergence).

### **Éclosion**

Les tableaux A1-2 et A1-3 présentent respectivement les pourcentages de développement des œufs de la Romaine en conditions actuelles et futures. En conditions actuelles, l'éclosion se produit vers la fin mai alors qu'en conditions futures, elle sera devancée d'environ une dizaine de jours en raison des températures de l'eau légèrement plus chaudes durant l'hiver.

### **Émergence**

Les tableaux A1-4 et A1-5 présentent respectivement les pourcentages de développement des alevins de la Romaine jusqu'à la résorption complète de leur sac vitellin en conditions actuelles et futures. Ces simulations indiquent que les alevins émergeront vers le 21 juin en moyenne plutôt que le 19 juin, ceci malgré une éclosion plus hâtive. Ce léger décalage est attribuable au réchauffement printanier plus lent en raison de la présence du réservoir de la Romaine-1.

### **Références**

CRISP, D. T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater Biology* 11:361-368.

WALLACE, J. C., et T. G HEGGBERGETT. 1988. Incubation of eggs of atlantic salmon (*Salmo salar*) from different Norwegian streams at temperature below 1°C. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45: 193-196.

Tableau A1-2. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 16 de la Romaine en conditions actuelles.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
30-oct	4,95	2,00	99,04	0,0101	1,01	1,01
31-oct	4,63	2,02	104,50	0,0096	0,96	1,97
1-nov	4,46	2,03	107,63	0,0093	0,93	2,90
2-nov	4,22	2,05	112,20	0,0089	0,89	3,79
3-nov	4,09	2,06	114,73	0,0087	0,87	4,66
4-nov	4,03	2,06	115,97	0,0086	0,86	5,52
5-nov	3,80	2,08	120,99	0,0083	0,83	6,35
6-nov	3,35	2,12	131,14	0,0076	0,76	7,11
7-nov	2,93	2,15	141,93	0,0070	0,70	7,81
8-nov	2,74	2,17	147,20	0,0068	0,68	8,49
9-nov	2,53	2,19	153,41	0,0065	0,65	9,15
10-nov	2,44	2,19	156,18	0,0064	0,64	9,79
11-nov	2,26	2,21	161,78	0,0062	0,62	10,40
12-nov	1,98	2,23	171,29	0,0058	0,58	10,99
13-nov	1,70	2,26	181,50	0,0055	0,55	11,54
14-nov	1,50	2,28	189,52	0,0053	0,53	12,07
15-nov	1,37	2,29	194,81	0,0051	0,51	12,58
16-nov	1,37	2,29	194,52	0,0051	0,51	13,09
17-nov	1,36	2,29	194,94	0,0051	0,51	13,61
18-nov	1,31	2,30	197,35	0,0051	0,51	14,11
19-nov	1,14	2,31	204,60	0,0049	0,49	14,60
20-nov	0,81	2,34	219,94	0,0045	0,45	15,06
21-nov	0,62	2,36	229,98	0,0043	0,43	15,49
22-nov	0,54	2,37	234,30	0,0043	0,43	15,92
23-nov	0,44	2,38	239,61	0,0042	0,42	16,34
24-nov	0,37	2,39	243,55	0,0041	0,41	16,75
25-nov	0,30	2,39	247,52	0,0040	0,40	17,15
26-nov	0,24	2,40	251,05	0,0040	0,40	17,55
27-nov	0,18	2,41	254,64	0,0039	0,39	17,94
28-nov	0,12	2,41	258,31	0,0039	0,39	18,33
29-nov	0,06	2,42	262,05	0,0038	0,38	18,71
30-nov	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	19,09
1-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	19,46
2-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	19,84
3-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	20,22
4-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	20,59
5-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	20,97
6-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	21,34
7-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	21,72
8-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	22,10
9-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	22,47
10-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	22,85
11-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	23,22
12-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	23,60
13-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	23,98
14-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	24,35

Tableau A1-2. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 16 de la Romaine en conditions actuelles.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
15-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	24,73
16-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	25,10
17-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	25,48
18-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	25,86
19-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	26,23
20-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	26,61
21-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	26,99
22-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	27,36
23-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	27,74
24-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	28,11
25-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	28,49
26-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	28,87
27-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	29,24
28-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	29,62
29-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	29,99
30-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	30,37
31-déc	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	30,75
1-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	31,12
2-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	31,50
3-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	31,88
4-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	32,25
5-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	32,63
6-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	33,00
7-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	33,38
8-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	33,76
9-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	34,13
10-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	34,51
11-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	34,88
12-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	35,26
13-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	35,64
14-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	36,01
15-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	36,39
16-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	36,77
17-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	37,14
18-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	37,52
19-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	37,89
20-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	38,27
21-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	38,65
22-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	39,02
23-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	39,40
24-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	39,77
25-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	40,15
26-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	40,53
27-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	40,90
28-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	41,28
29-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	41,65

Tableau A1-2. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 16 de la Romaine en conditions actuelles.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
30-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	42,03
31-janv	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	42,41
1-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	42,78
2-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	43,16
3-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	43,54
4-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	43,91
5-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	44,29
6-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	44,66
7-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	45,04
8-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	45,42
9-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	45,79
10-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	46,17
11-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	46,54
12-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	46,92
13-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	47,30
14-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	47,67
15-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	48,05
16-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	48,43
17-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	48,80
18-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	49,18
19-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	49,55
20-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	49,93
21-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	50,31
22-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	50,68
23-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	51,06
24-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	51,43
25-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	51,81
26-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	52,19
27-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	52,56
28-févr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	52,94
1-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	53,32
2-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	53,69
3-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	54,07
4-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	54,44
5-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	54,82
6-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	55,20
7-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	55,57
8-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	55,95
9-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	56,32
10-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	56,70
11-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	57,08
12-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	57,45
13-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	57,83
14-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	58,21
15-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	58,58
16-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	58,96

Tableau A1-2. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 16 de la Romaine en conditions actuelles.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
17-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	59,33
18-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	59,71
19-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	60,09
20-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	60,46
21-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	60,84
22-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	61,21
23-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	61,59
24-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	61,97
25-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	62,34
26-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	62,72
27-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	63,09
28-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	63,47
29-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	63,85
30-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	64,22
31-mars	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	64,60
1-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	64,98
2-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	65,35
3-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	65,73
4-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	66,10
5-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	66,48
6-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	66,86
7-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	67,23
8-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	67,61
9-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	67,98
10-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	68,36
11-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	68,74
12-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	69,11
13-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	69,49
14-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	69,87
15-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	70,24
16-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	70,62
17-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	70,99
18-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	71,37
19-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	71,75
20-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	72,12
21-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	72,50
22-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	72,87
23-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	73,25
24-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	73,63
25-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	74,00
26-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	74,38
27-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	74,76
28-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	75,13
29-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	75,51
30-avr	0,00	2,42	265,86	0,0038	0,38	75,88
1-mai	0,07	2,42	261,36	0,0038	0,38	76,27

Tableau A1-2. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 16 de la Romaine en conditions actuelles.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
2-mai	0,14	2,41	256,96	0,0039	0,39	76,66
3-mai	0,21	2,40	252,66	0,0040	0,40	77,05
4-mai	0,28	2,40	248,46	0,0040	0,40	77,45
5-mai	0,37	2,39	243,33	0,0041	0,41	77,86
6-mai	0,48	2,38	237,41	0,0042	0,42	78,29
7-mai	0,61	2,36	230,52	0,0043	0,43	78,72
8-mai	0,75	2,35	223,10	0,0045	0,45	79,17
9-mai	0,92	2,33	214,84	0,0047	0,47	79,63
10-mai	1,11	2,31	206,14	0,0049	0,49	80,12
11-mai	1,31	2,29	197,19	0,0051	0,51	80,63
12-mai	1,63	2,27	184,20	0,0054	0,54	81,17
13-mai	2,05	2,23	168,87	0,0059	0,59	81,76
14-mai	2,44	2,19	156,13	0,0064	0,64	82,40
15-mai	2,81	2,16	145,38	0,0069	0,69	83,09
16-mai	3,13	2,14	136,77	0,0073	0,73	83,82
17-mai	3,54	2,10	126,79	0,0079	0,79	84,61
18-mai	3,91	2,07	118,43	0,0084	0,84	85,45
19-mai	4,31	2,04	110,47	0,0091	0,91	86,36
20-mai	4,71	2,01	103,09	0,0097	0,97	87,33
21-mai	5,18	1,98	95,37	0,0105	1,05	88,38
22-mai	5,64	1,95	88,61	0,0113	1,13	89,51
23-mai	6,10	1,92	82,41	0,0121	1,21	90,72
24-mai	6,56	1,89	76,81	0,0130	1,30	92,02
25-mai	6,98	1,86	72,07	0,0139	1,39	93,41
26-mai	7,45	1,83	67,33	0,0149	1,49	94,89
27-mai	7,85	1,80	63,60	0,0157	1,57	96,47
28-mai	8,43	1,77	58,69	0,0170	1,70	98,17
<b>29-mai<sup>1</sup></b>	<b>8,86</b>	<b>1,74</b>	<b>55,33</b>	<b>0,0181</b>	<b>1,81</b>	<b>99,98</b>
30-mai	9,31	1,72	52,16	0,0192	1,92	101,89
31-mai	9,76	1,69	49,20	0,0203	2,03	103,93

1 Date prédite où 50 % des œufs auront complété 100 % de leur développement.

Tableau A1-3. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 35 de la Romaine en conditions futures.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
6-nov	4,80	2,01	101,53	0,0098	0,98	0,98
7-nov	4,54	2,03	106,21	0,0094	0,94	1,93
8-nov	4,28	2,05	111,13	0,0090	0,90	2,83
9-nov	4,05	2,06	115,69	0,0086	0,86	3,69
10-nov	3,84	2,08	119,94	0,0083	0,83	4,52
11-nov	3,67	2,09	123,77	0,0081	0,81	5,33
12-nov	3,43	2,11	129,25	0,0077	0,77	6,11
13-nov	3,18	2,13	135,35	0,0074	0,74	6,85
14-nov	2,95	2,15	141,35	0,0071	0,71	7,55
15-nov	2,73	2,17	147,61	0,0068	0,68	8,23
16-nov	2,57	2,18	152,28	0,0066	0,66	8,89
17-nov	2,36	2,20	158,51	0,0063	0,63	9,52
18-nov	2,22	2,21	162,99	0,0061	0,61	10,13
19-nov	1,99	2,23	170,98	0,0058	0,58	10,72
20-nov	1,83	2,25	176,60	0,0057	0,57	11,28
21-nov	1,81	2,25	177,45	0,0056	0,56	11,85
22-nov	1,66	2,26	183,08	0,0055	0,55	12,39
23-nov	1,38	2,29	194,15	0,0052	0,52	12,91
24-nov	1,19	2,31	202,38	0,0049	0,49	13,40
25-nov	1,10	2,31	206,23	0,0048	0,48	13,89
26-nov	0,99	2,33	211,45	0,0047	0,47	14,36
27-nov	0,90	2,33	215,94	0,0046	0,46	14,82
28-nov	0,90	2,33	215,51	0,0046	0,46	15,29
29-nov	0,92	2,33	214,89	0,0047	0,47	15,75
30-nov	0,81	2,34	219,98	0,0045	0,45	16,21
1-déc	0,80	2,34	220,70	0,0045	0,45	16,66
2-déc	0,80	2,34	220,49	0,0045	0,45	17,11
3-déc	0,71	2,35	225,30	0,0044	0,44	17,56
4-déc	0,67	2,36	227,22	0,0044	0,44	18,00
5-déc	0,66	2,36	227,59	0,0044	0,44	18,44
6-déc	0,67	2,36	227,02	0,0044	0,44	18,88
7-déc	0,60	2,36	231,03	0,0043	0,43	19,31
8-déc	0,48	2,38	237,48	0,0042	0,42	19,73
9-déc	0,36	2,39	244,05	0,0041	0,41	20,14
10-déc	0,34	2,39	245,46	0,0041	0,41	20,55
11-déc	0,35	2,39	244,90	0,0041	0,41	20,96
12-déc	0,35	2,39	244,80	0,0041	0,41	21,36
13-déc	0,37	2,39	243,42	0,0041	0,41	21,78
14-déc	0,38	2,39	242,73	0,0041	0,41	22,19
15-déc	0,35	2,39	244,82	0,0041	0,41	22,60
16-déc	0,31	2,39	247,14	0,0040	0,40	23,00
17-déc	0,37	2,39	243,35	0,0041	0,41	23,41
18-déc	0,40	2,38	241,59	0,0041	0,41	23,83
19-déc	0,33	2,39	245,70	0,0041	0,41	24,23
20-déc	0,32	2,39	246,16	0,0041	0,41	24,64
21-déc	0,32	2,39	246,62	0,0041	0,41	25,04

Tableau A1-3. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 35 de la Romaine en conditions futures.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
22-déc	0,36	2,39	244,06	0,0041	0,41	25,45
23-déc	0,34	2,39	245,32	0,0041	0,41	25,86
24-déc	0,32	2,39	246,28	0,0041	0,41	26,27
25-déc	0,32	2,39	246,26	0,0041	0,41	26,67
26-déc	0,30	2,39	247,44	0,0040	0,40	27,08
27-déc	0,28	2,40	248,62	0,0040	0,40	27,48
28-déc	0,19	2,41	254,20	0,0039	0,39	27,87
29-déc	0,20	2,40	253,47	0,0039	0,39	28,27
30-déc	0,15	2,41	256,54	0,0039	0,39	28,66
31-déc	0,09	2,41	259,93	0,0038	0,38	29,04
1-janv	0,07	2,42	261,56	0,0038	0,38	29,42
2-janv	0,04	2,42	263,50	0,0038	0,38	29,80
3-janv	0,04	2,42	263,07	0,0038	0,38	30,18
4-janv	0,02	2,42	264,84	0,0038	0,38	30,56
5-janv	0,01	2,42	265,15	0,0038	0,38	30,94
6-janv	0,01	2,42	264,92	0,0038	0,38	31,32
7-janv	0,07	2,42	261,70	0,0038	0,38	31,70
8-janv	0,07	2,42	261,63	0,0038	0,38	32,08
9-janv	0,10	2,41	259,58	0,0039	0,39	32,47
10-janv	0,07	2,42	261,58	0,0038	0,38	32,85
11-janv	0,08	2,42	260,88	0,0038	0,38	33,23
12-janv	0,07	2,42	261,15	0,0038	0,38	33,61
13-janv	0,07	2,42	261,18	0,0038	0,38	34,00
14-janv	0,06	2,42	262,25	0,0038	0,38	34,38
15-janv	0,02	2,42	264,27	0,0038	0,38	34,76
16-janv	0,05	2,42	262,60	0,0038	0,38	35,14
17-janv	0,06	2,42	261,74	0,0038	0,38	35,52
18-janv	0,03	2,42	264,21	0,0038	0,38	35,90
19-janv	0,04	2,42	263,07	0,0038	0,38	36,28
20-janv	0,08	2,42	260,51	0,0038	0,38	36,66
21-janv	0,05	2,42	262,49	0,0038	0,38	37,04
22-janv	0,03	2,42	263,88	0,0038	0,38	37,42
23-janv	0,08	2,42	261,10	0,0038	0,38	37,81
24-janv	0,07	2,42	261,52	0,0038	0,38	38,19
25-janv	0,11	2,41	258,70	0,0039	0,39	38,57
26-janv	0,07	2,42	261,18	0,0038	0,38	38,96
27-janv	0,04	2,42	263,35	0,0038	0,38	39,34
28-janv	0,02	2,42	264,31	0,0038	0,38	39,72
29-janv	0,03	2,42	264,02	0,0038	0,38	40,09
30-janv	0,03	2,42	263,92	0,0038	0,38	40,47
31-janv	0,05	2,42	262,70	0,0038	0,38	40,85
1-févr	0,05	2,42	262,99	0,0038	0,38	41,23
2-févr	0,08	2,42	260,91	0,0038	0,38	41,62
3-févr	0,08	2,42	260,50	0,0038	0,38	42,00
4-févr	0,04	2,42	263,43	0,0038	0,38	42,38
5-févr	0,05	2,42	262,75	0,0038	0,38	42,76

Tableau A1-3. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 35 de la Romaine en conditions futures.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
6-févr	0,04	2,42	263,11	0,0038	0,38	43,14
7-févr	0,01	2,42	265,36	0,0038	0,38	43,52
8-févr	0,00	2,42	265,62	0,0038	0,38	43,89
9-févr	0,03	2,42	264,16	0,0038	0,38	44,27
10-févr	0,04	2,42	263,10	0,0038	0,38	44,65
11-févr	0,04	2,42	263,15	0,0038	0,38	45,03
12-févr	0,05	2,42	262,53	0,0038	0,38	45,41
13-févr	0,06	2,42	262,02	0,0038	0,38	45,80
14-févr	0,03	2,42	264,01	0,0038	0,38	46,17
15-févr	0,05	2,42	262,91	0,0038	0,38	46,55
16-févr	0,06	2,42	261,81	0,0038	0,38	46,94
17-févr	0,07	2,42	261,29	0,0038	0,38	47,32
18-févr	0,07	2,42	261,37	0,0038	0,38	47,70
19-févr	0,03	2,42	264,02	0,0038	0,38	48,08
20-févr	0,06	2,42	261,80	0,0038	0,38	48,46
21-févr	0,13	2,41	257,51	0,0039	0,39	48,85
22-févr	0,15	2,41	256,75	0,0039	0,39	49,24
23-févr	0,18	2,41	254,52	0,0039	0,39	49,63
24-févr	0,22	2,40	252,45	0,0040	0,40	50,03
25-févr	0,23	2,40	251,67	0,0040	0,40	50,43
26-févr	0,23	2,40	251,44	0,0040	0,40	50,82
27-févr	0,31	2,39	246,90	0,0041	0,41	51,23
28-févr	0,34	2,39	245,32	0,0041	0,41	51,64
1-mars	0,32	2,39	246,64	0,0041	0,41	52,04
2-mars	0,37	2,39	243,59	0,0041	0,41	52,45
3-mars	0,43	2,38	240,22	0,0042	0,42	52,87
4-mars	0,41	2,38	241,06	0,0041	0,41	53,28
5-mars	0,32	2,39	246,22	0,0041	0,41	53,69
6-mars	0,22	2,40	252,04	0,0040	0,40	54,09
7-mars	0,22	2,40	252,07	0,0040	0,40	54,48
8-mars	0,23	2,40	251,77	0,0040	0,40	54,88
9-mars	0,30	2,39	247,75	0,0040	0,40	55,28
10-mars	0,41	2,38	241,46	0,0041	0,41	55,70
11-mars	0,46	2,38	238,38	0,0042	0,42	56,12
12-mars	0,54	2,37	233,96	0,0043	0,43	56,55
13-mars	0,58	2,36	231,69	0,0043	0,43	56,98
14-mars	0,69	2,35	226,26	0,0044	0,44	57,42
15-mars	0,71	2,35	225,08	0,0044	0,44	57,86
16-mars	0,75	2,35	223,04	0,0045	0,45	58,31
17-mars	0,80	2,34	220,83	0,0045	0,45	58,76
18-mars	0,87	2,34	217,03	0,0046	0,46	59,23
19-mars	0,80	2,34	220,50	0,0045	0,45	59,68
20-mars	0,86	2,34	217,84	0,0046	0,46	60,14
21-mars	0,98	2,33	212,14	0,0047	0,47	60,61
22-mars	1,03	2,32	209,69	0,0048	0,48	61,09
23-mars	1,07	2,32	207,56	0,0048	0,48	61,57

Tableau A1-3. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 35 de la Romaine en conditions futures.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
24-mars	1,08	2,32	207,43	0,0048	0,48	62,05
25-mars	1,13	2,31	204,87	0,0049	0,49	62,54
26-mars	1,29	2,30	197,93	0,0051	0,51	63,04
27-mars	1,42	2,28	192,39	0,0052	0,52	63,56
28-mars	1,56	2,27	186,87	0,0054	0,54	64,10
29-mars	1,57	2,27	186,50	0,0054	0,54	64,63
30-mars	1,58	2,27	186,11	0,0054	0,54	65,17
31-mars	1,62	2,27	184,55	0,0054	0,54	65,71
1-avr	1,65	2,26	183,44	0,0055	0,55	66,26
2-avr	1,66	2,26	183,00	0,0055	0,55	66,81
3-avr	1,62	2,27	184,38	0,0054	0,54	67,35
4-avr	1,58	2,27	186,12	0,0054	0,54	67,89
5-avr	1,68	2,26	182,38	0,0055	0,55	68,43
6-avr	1,71	2,26	180,93	0,0055	0,55	68,99
7-avr	1,66	2,26	182,97	0,0055	0,55	69,53
8-avr	1,65	2,26	183,24	0,0055	0,55	70,08
9-avr	1,72	2,26	180,92	0,0055	0,55	70,63
10-avr	1,85	2,25	175,88	0,0057	0,57	71,20
11-avr	1,90	2,24	174,04	0,0057	0,57	71,77
12-avr	1,88	2,24	174,96	0,0057	0,57	72,35
13-avr	1,86	2,24	175,49	0,0057	0,57	72,92
14-avr	1,94	2,24	172,59	0,0058	0,58	73,50
15-avr	2,08	2,22	167,84	0,0060	0,60	74,09
16-avr	2,03	2,23	169,42	0,0059	0,59	74,68
17-avr	1,84	2,25	176,27	0,0057	0,57	75,25
18-avr	1,83	2,25	176,84	0,0057	0,57	75,81
19-avr	1,88	2,24	174,88	0,0057	0,57	76,39
20-avr	1,98	2,23	171,45	0,0058	0,58	76,97
21-avr	2,09	2,22	167,50	0,0060	0,60	77,57
22-avr	2,12	2,22	166,61	0,0060	0,60	78,17
23-avr	2,20	2,21	163,92	0,0061	0,61	78,78
24-avr	2,32	2,20	159,92	0,0063	0,63	79,40
25-avr	2,40	2,20	157,39	0,0064	0,64	80,04
26-avr	2,44	2,19	156,20	0,0064	0,64	80,68
27-avr	2,52	2,19	153,82	0,0065	0,65	81,33
28-avr	2,58	2,18	151,92	0,0066	0,66	81,99
29-avr	2,63	2,18	150,31	0,0067	0,67	82,65
30-avr	2,78	2,16	146,15	0,0068	0,68	83,34
1-mai	2,94	2,15	141,68	0,0071	0,71	84,04
2-mai	3,05	2,14	138,72	0,0072	0,72	84,76
3-mai	3,13	2,14	136,69	0,0073	0,73	85,49
4-mai	3,26	2,12	133,30	0,0075	0,75	86,24
5-mai	3,45	2,11	128,90	0,0078	0,78	87,02
6-mai	3,67	2,09	123,73	0,0081	0,81	87,83
7-mai	3,84	2,08	120,09	0,0083	0,83	88,66
8-mai	3,92	2,07	118,39	0,0084	0,84	89,50

Tableau A1-3. Calcul de la durée de l'incubation des œufs de saumon à partir des températures de l'eau au PK 35 de la Romaine en conditions futures.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
9-mai	4,02	2,07	116,23	0,0086	0,86	90,37
10-mai	4,18	2,05	112,92	0,0089	0,89	91,25
11-mai	4,40	2,04	108,77	0,0092	0,92	92,17
12-mai	4,54	2,03	106,26	0,0094	0,94	93,11
13-mai	4,67	2,02	103,80	0,0096	0,96	94,07
14-mai	4,87	2,00	100,49	0,0100	1,00	95,07
15-mai	5,04	1,99	97,59	0,0102	1,02	96,09
16-mai	5,22	1,98	94,78	0,0106	1,06	97,15
17-mai	5,40	1,96	92,08	0,0109	1,09	98,24
18-mai	5,57	1,95	89,55	0,0112	1,12	99,35
<b>19 mai <sup>1</sup></b>	<b>5,74</b>	<b>1,94</b>	<b>87,20</b>	<b>0,0115</b>	<b>1,15</b>	<b>100,50</b>
20-mai	5,90	1,93	85,03	0,0118	1,18	101,68
21-mai	6,05	1,92	83,03	0,0120	1,20	102,88
22-mai	6,19	1,91	81,19	0,0123	1,23	104,11
23-mai	6,33	1,90	79,50	0,0126	1,26	105,37
24-mai	6,46	1,89	77,93	0,0128	1,28	106,65
25-mai	6,59	1,88	76,45	0,0131	1,31	107,96
26-mai	6,71	1,88	75,06	0,0133	1,33	109,29
27-mai	6,83	1,87	73,72	0,0136	1,36	110,65
28-mai	6,95	1,86	72,42	0,0138	1,38	112,03
29-mai	7,07	1,85	71,16	0,0141	1,41	113,44
30-mai	7,19	1,84	69,92	0,0143	1,43	114,87

1 Date prédite où 50 % des œufs auront complété 100 % de leur développement.

Tableau A1-4. Calcul de la date d'émergence des alevins de la Romaine à partir des températures de l'eau au PK 16 en conditions actuelles.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
30-mai	9,31	1,43	26,65	0,0375	3,75	3,75
31-mai	9,76	1,40	25,10	0,0398	3,98	7,74
1-juin	10,11	1,38	24,00	0,0417	4,17	11,90
2-juin	10,27	1,37	23,51	0,0425	4,25	16,16
3-juin	10,34	1,37	23,33	0,0429	4,29	20,44
4-juin	10,36	1,37	23,26	0,0430	4,30	24,74
5-juin	10,51	1,36	22,84	0,0438	4,38	29,12
6-juin	10,71	1,35	22,30	0,0448	4,48	33,60
7-juin	10,93	1,34	21,73	0,0460	4,60	38,21
8-juin	11,07	1,33	21,39	0,0468	4,68	42,88
9-juin	11,20	1,32	21,08	0,0474	4,74	47,63
10-juin	11,37	1,32	20,66	0,0484	4,84	52,47
11-juin	11,61	1,30	20,14	0,0497	4,97	57,43
12-juin	11,97	1,29	19,37	0,0516	5,16	62,60
13-juin	12,32	1,27	18,66	0,0536	5,36	67,95
14-juin	12,59	1,26	18,16	0,0551	5,51	73,46
15-juin	12,84	1,25	17,71	0,0565	5,65	79,11
16-juin	13,05	1,24	17,35	0,0577	5,77	84,87
17-juin	13,25	1,23	17,02	0,0588	5,88	90,75
18-juin	13,65	1,21	16,39	0,0610	6,10	96,85
<b>19-juin<sup>1</sup></b>	<b>13,93</b>	<b>1,20</b>	<b>15,97</b>	<b>0,0626</b>	<b>6,26</b>	<b>103,11</b>
20-juin	14,10	1,20	15,72	0,0636	6,36	109,47

1 Date prédite où 50 % des alevins auront résorbé 100 % de leur sac vitellin (émergence).

Tableau A1-5. Calcul de la date d'émergence des alevins de la Romaine à partir des températures de l'eau au PK 35 en conditions futures.

Date	Température moyenne journalière de l'eau (°C)	LogD	D	Taux de développement		% cumulatif
				1/D	%	
20-mai	5,90	1,68	47,60	0,0210	2,10	2,10
21-mai	6,05	1,66	46,08	0,0217	2,17	4,27
22-mai	6,19	1,65	44,73	0,0224	2,24	6,51
23-mai	6,33	1,64	43,50	0,0230	2,30	8,81
24-mai	6,46	1,63	42,39	0,0236	2,36	11,16
25-mai	6,59	1,62	41,36	0,0242	2,42	13,58
26-mai	6,71	1,61	40,40	0,0248	2,48	16,06
27-mai	6,83	1,60	39,50	0,0253	2,53	18,59
28-mai	6,95	1,59	38,64	0,0259	2,59	21,18
29-mai	7,07	1,58	37,81	0,0264	2,64	23,82
30-mai	7,19	1,57	37,01	0,0270	2,70	26,52
31-mai	7,31	1,56	36,23	0,0276	2,76	29,28
1-juin	7,43	1,55	35,47	0,0282	2,82	32,10
2-juin	7,56	1,54	34,72	0,0288	2,88	34,98
3-juin	7,69	1,53	33,97	0,0294	2,94	37,93
4-juin	7,82	1,52	33,23	0,0301	3,01	40,94
5-juin	7,96	1,51	32,50	0,0308	3,08	44,01
6-juin	8,10	1,50	31,78	0,0315	3,15	47,16
7-juin	8,25	1,49	31,08	0,0322	3,22	50,38
8-juin	8,39	1,48	30,39	0,0329	3,29	53,67
9-juin	8,54	1,47	29,73	0,0336	3,36	57,03
10-juin	8,69	1,46	29,09	0,0344	3,44	60,47
11-juin	8,83	1,45	28,49	0,0351	3,51	63,98
12-juin	8,97	1,45	27,93	0,0358	3,58	67,56
13-juin	9,11	1,44	27,40	0,0365	3,65	71,21
14-juin	9,24	1,43	26,90	0,0372	3,72	74,93
15-juin	9,37	1,42	26,44	0,0378	3,78	78,71
16-juin	9,49	1,42	26,00	0,0385	3,85	82,55
17-juin	9,61	1,41	25,58	0,0391	3,91	86,46
18-juin	9,74	1,40	25,17	0,0397	3,97	90,44
19-juin	9,86	1,39	24,76	0,0404	4,04	94,47
20-juin	10,00	1,39	24,34	0,0411	4,11	98,58
<b>21 juin <sup>1</sup></b>	<b>10,14</b>	<b>1,38</b>	<b>23,91</b>	<b>0,0418</b>	<b>4,18</b>	<b>102,76</b>

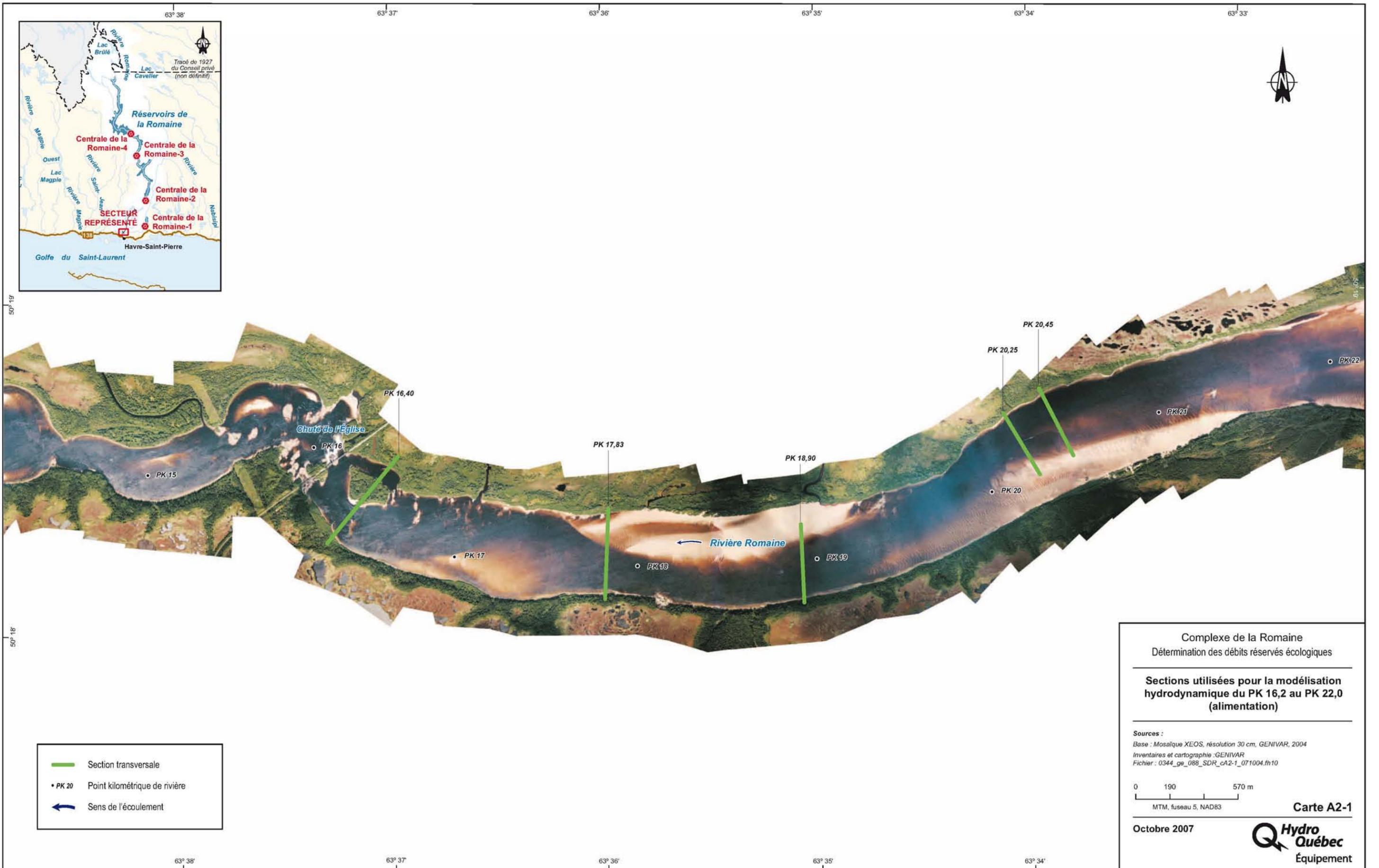
1 Date prédite où 50 % des alevins auront résorbé 100 % de leur sac vitellin (émergence).



## **ANNEXE 2**

Localisation des sections utilisées pour la modélisation  
des conditions hydrodynamiques au site des PK 16,2 à 22,0



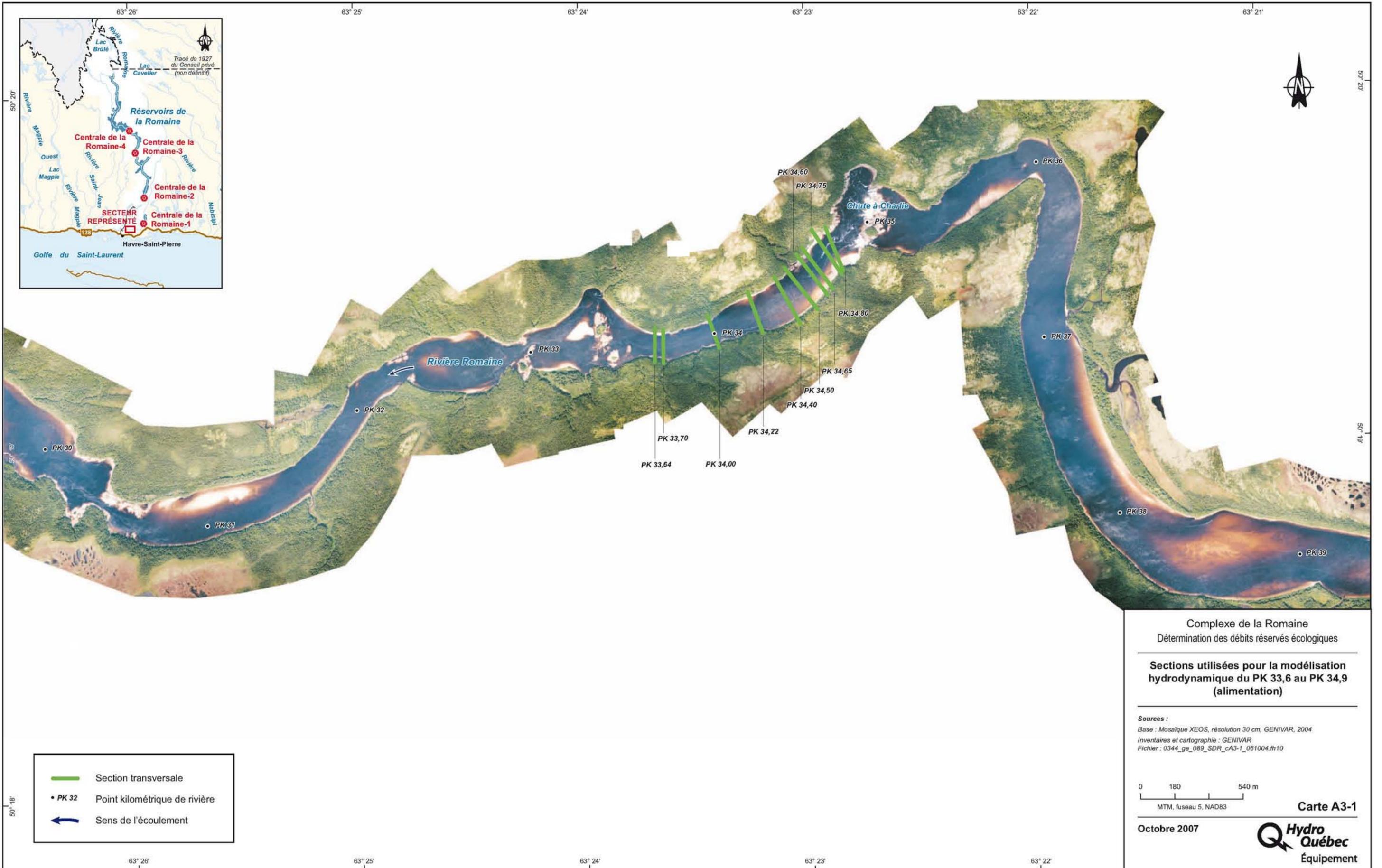




### **ANNEXE 3**

Sections utilisées pour la modélisation des conditions hydrodynamiques au site des PK 33,6 à 34,9





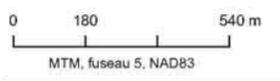
Complexe de la Romaine  
 Détermination des débits réservés écologiques

---

**Sections utilisées pour la modélisation hydrodynamique du PK 33,6 au PK 34,9 (alimentation)**

---

Sources :  
 Base : Mosaïque XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2004  
 Inventaires et cartographie : GENIVAR  
 Fichier : 0344\_ge\_089\_SDR\_cA3-1\_061004.fr10



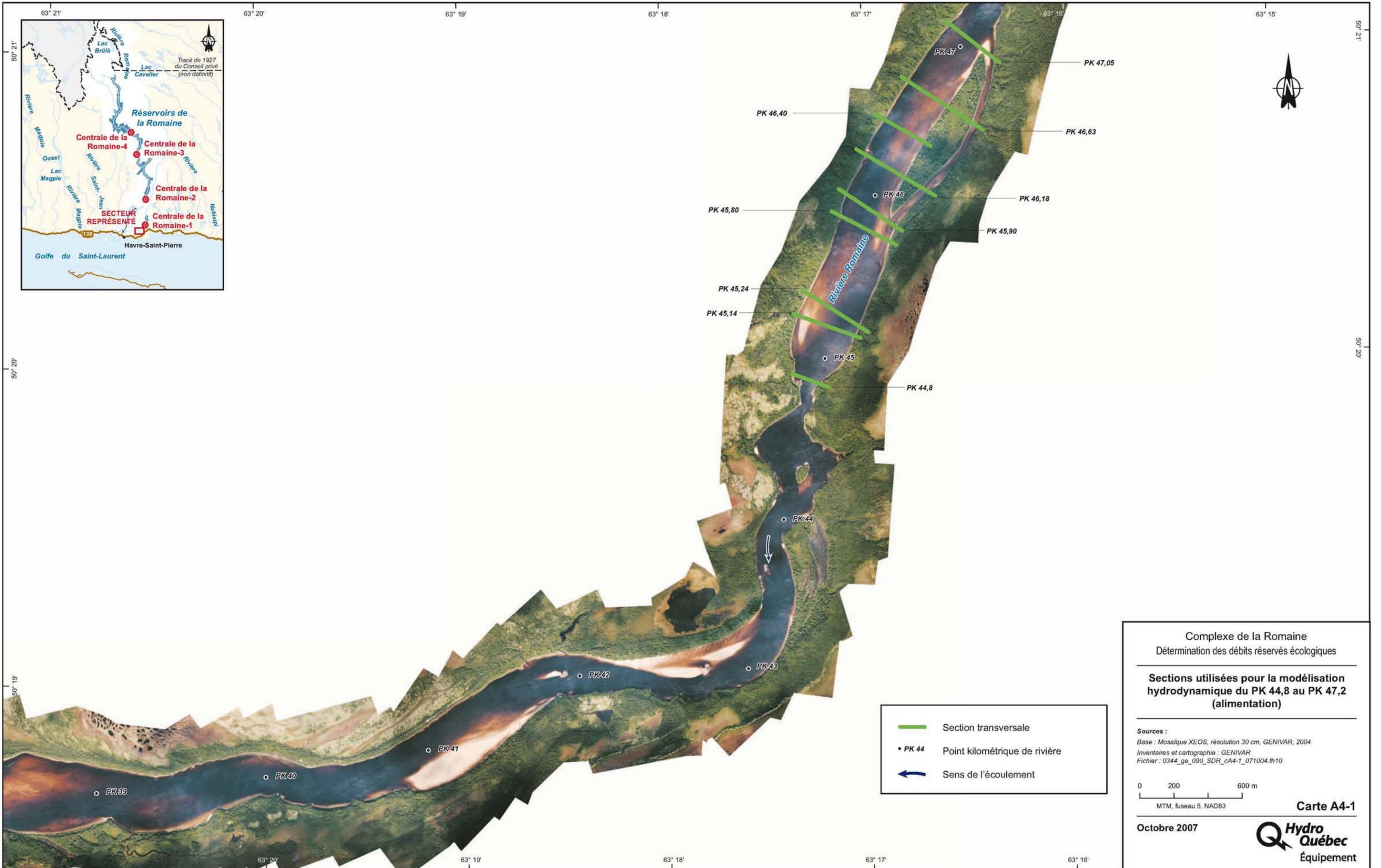
- Section transversale
- PK 32 Point kilométrique de rivière
- Sens de l'écoulement



#### **ANNEXE 4**

Sections utilisées pour la modélisation des conditions hydrodynamiques au site des PK 44,8 à 47,2



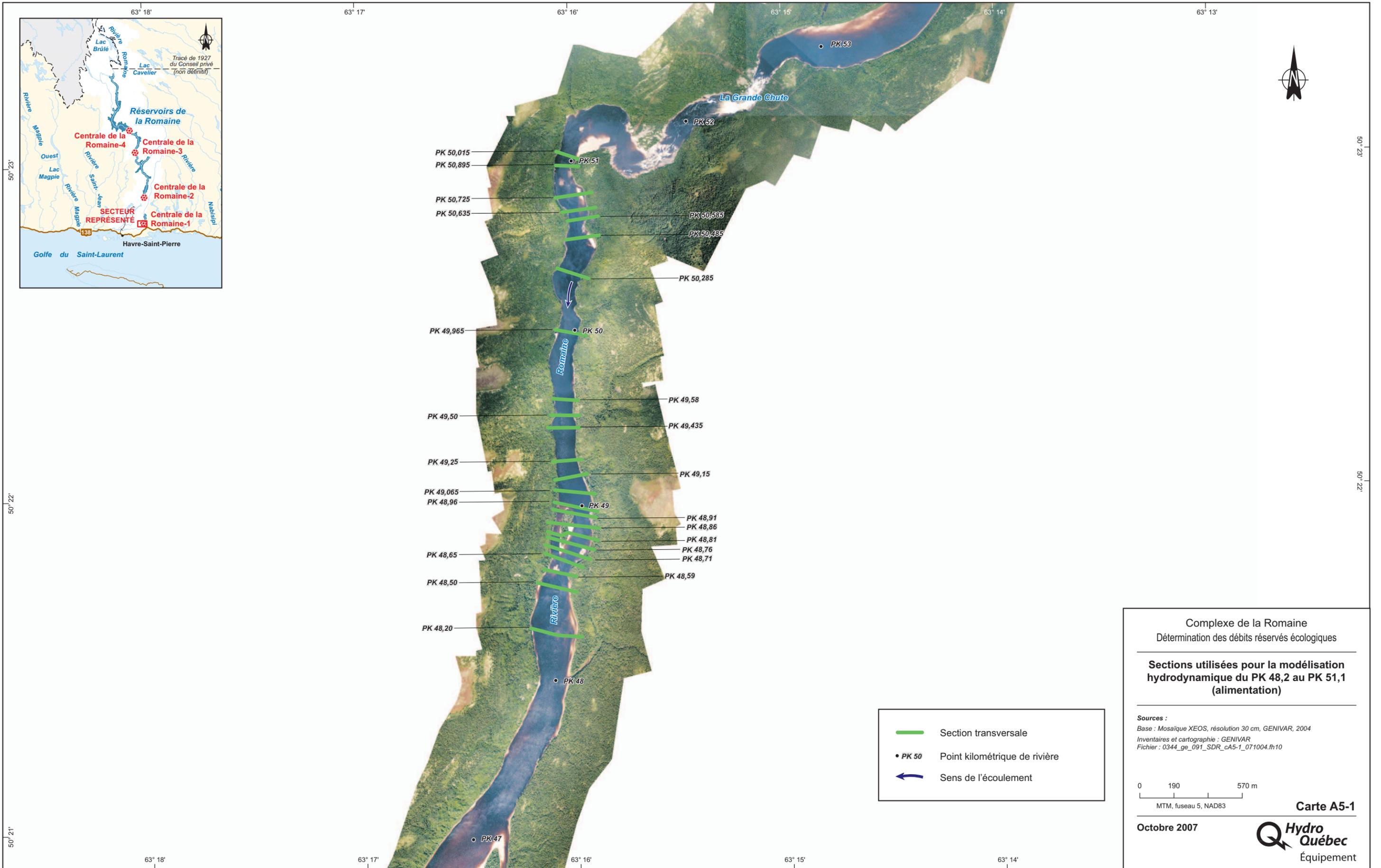




## **ANNEXE 5**

Sections utilisées pour la modélisation des conditions  
hydrodynamiques au site des PK 48,2 à 51,1





**Complexe de la Romaine**  
 Détermination des débits réservés écologiques

---

**Sections utilisées pour la modélisation hydrodynamique du PK 48,2 au PK 51,1 (alimentation)**

---

**Sources :**  
 Base : Mosaïque XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2004  
 Inventaires et cartographie : GENIVAR  
 Fichier : 0344\_ge\_091\_SDR\_cA5-1\_071004.ft10

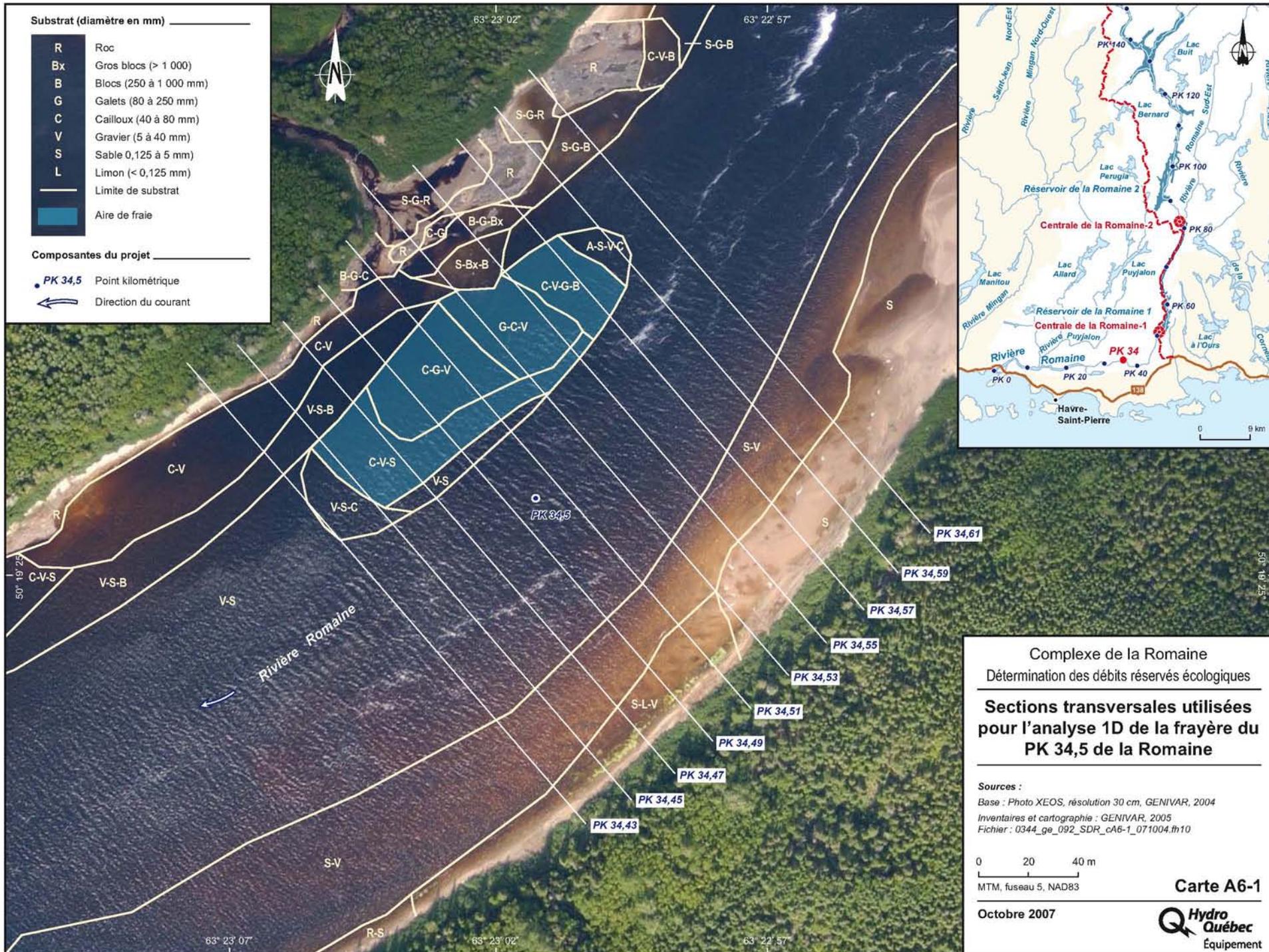




## **ANNEXE 6**

Sections transversales utilisées  
pour l'analyse 1D de la frayère au PK 34



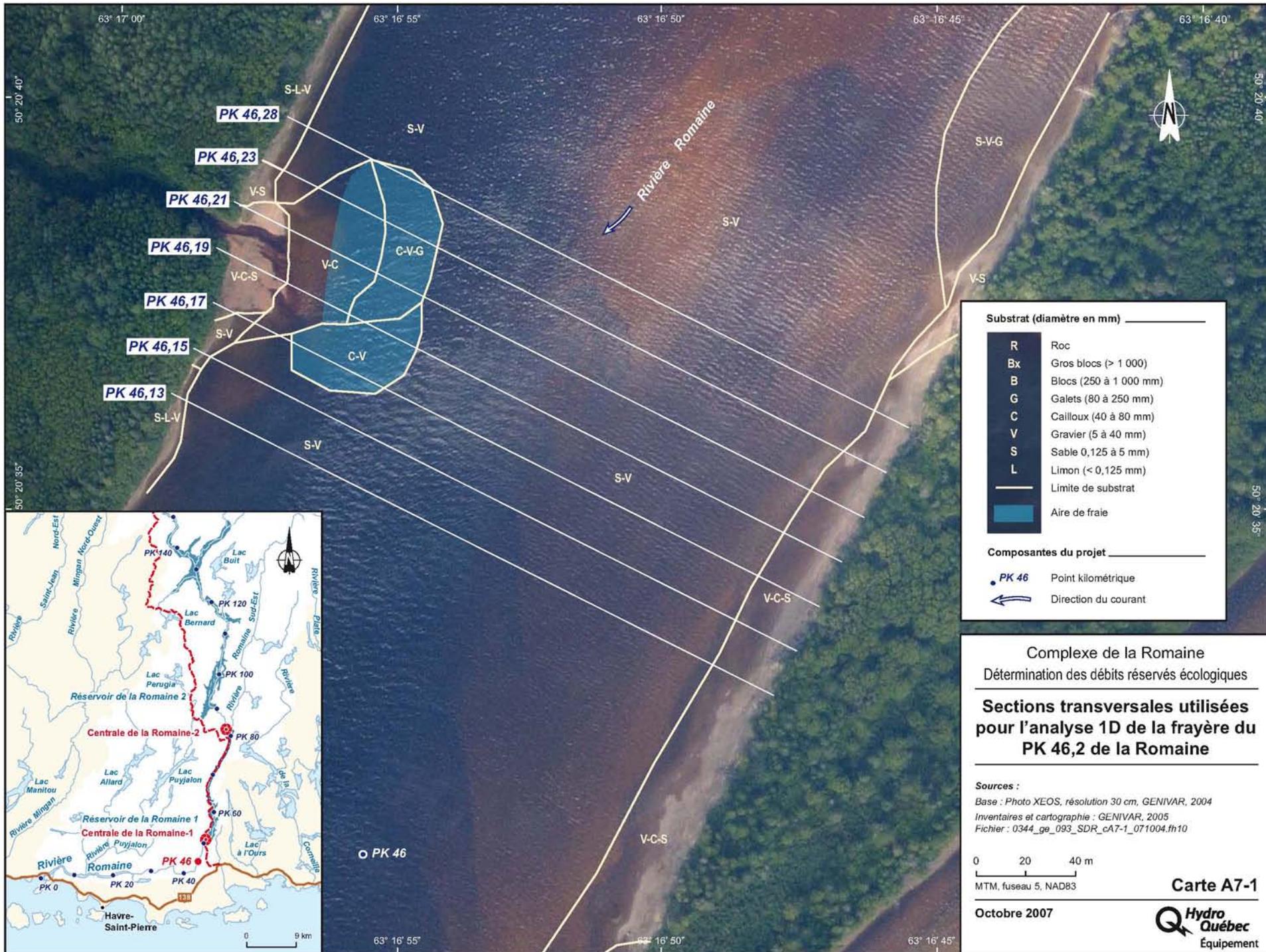




## **ANNEXE 7**

Sections transversales utilisées  
pour l'analyse 1D de la frayère au PK 46





**Substrat (diamètre en mm)** \_\_\_\_\_

R	Roc
Bx	Gros blocs (> 1 000)
B	Blocs (250 à 1 000 mm)
G	Galets (80 à 250 mm)
C	Cailloux (40 à 80 mm)
V	Gravier (5 à 40 mm)
S	Sable 0,125 à 5 mm)
L	Limons (< 0,125 mm)
—	Limite de substrat
■	Aire de fraie

**Composantes du projet** \_\_\_\_\_

- PK 46 Point kilométrique
- ↖ Direction du courant

**Complexe de la Romaine**  
Détermination des débits réservés écologiques

---

**Sections transversales utilisées pour l'analyse 1D de la frayère du PK 46,2 de la Romaine**

---

**Sources :**  
 Base : Photo XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2004  
 Inventaires et cartographie : GENIVAR, 2005  
 Fichier : 0344\_ge\_093\_SDR\_cA7-1\_071004.fh10

0 20 40 m  
 MTM, fuseau 5, NAD83

**Carte A7-1**

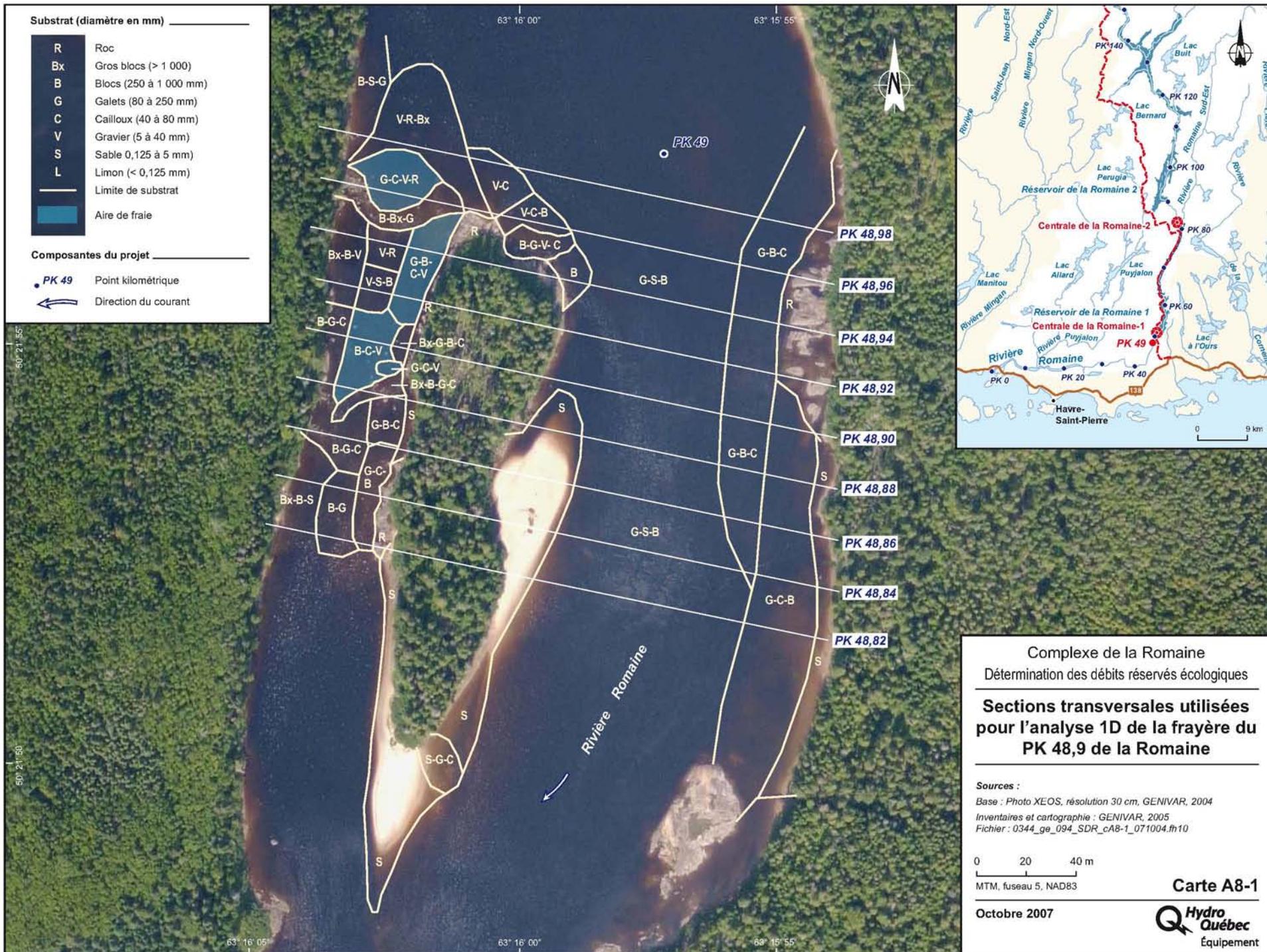
Octobre 2007



## **ANNEXE 8**

Sections transversales utilisées  
pour l'analyse 1D de la frayère au PK 49







## **ANNEXE 9**

Relevés de terrain 2005 sur les frayères de grands brochets  
dans trois tributaires de la rivière Romaine en aval du PK 52



ANNEXE 9 Relevés de terrain 2005 sur les frayères de grands brochets dans trois tributaires de la rivière Romaine en aval du PK 52.

### **Contexte**

Le débit réservé de 200 m<sup>3</sup>/s proposé au printemps en aval de la centrale de la Romaine-1 pourrait ne plus permettre l'enneigement printanier des plaines d'inondation dans la partie intérieure de certains tributaires où se reproduit le grand brochet. Une analyse particulière a été effectuée afin d'évaluer le niveau d'enneigement des frayères à brochet dans le tronçon inférieur de la Romaine (en aval de la Romaine-1) à différents débits. L'analyse visait particulièrement à :

- vérifier si le débit réservé prévu au printemps, soit 200 m<sup>3</sup>/s, est suffisant pour inonder les frayères de grand brochet et permettre aux géniteurs de les utiliser;
- si ce débit réservé est insuffisant, déterminer quel est le débit requis pour les inonder.

### **Méthodologie**

L'analyse a porté sur la partie inférieure de trois tributaires, dont l'embouchure est localisée aux PK 6,8, 37 et 39 de la Romaine, où des frayères de grand brochet ont été confirmées lors des relevés de juin 2004. L'analyse de la superficie mouillée de ces frayères selon le débit a été réalisée en utilisant trois sources de données, soit le relevé laser hélicoptère de l'ensemble de la rivière Romaine fourni par Hydro-Québec, la modélisation hydrodynamique 1D de la Romaine (GENIVAR, 2004) et des lignes d'eau relevées à l'été 2005 au moyen d'un GPS de haute précision.

Le relevé laser donne une couverture topographique très dense permettant d'obtenir la topographie des plaines d'inondation des tributaires. Ce relevé a été réalisé en période d'étiage à un débit inférieur à 200 m<sup>3</sup>/s.

La modélisation hydrodynamique 1D, quant à elle, permet d'obtenir les niveaux d'eau associés à différents débits (100 à 1 400 m<sup>3</sup>/s) de la Romaine au droit des sections transversales des PK 6,75, 37,0 et 38,5 de la Romaine, qui sont celles situées le plus près des tributaires étudiés.

Enfin, des lignes d'eau ont été relevées sur les trois tributaires étudiés afin d'évaluer la pente d'écoulement et l'étendue du débordement en crue dans les tributaires. Ces relevés ont été effectués les 2 et 3 juin 2005, alors que le débit de la Romaine a varié entre 688 à 750 m<sup>3</sup>/s à la station hydrométrique 073801. Les niveaux d'eau ont été mesurés au moyen d'un appareil de haute précision ( $\pm 1$  cm) de marque Thales Z-Max, muni d'une antenne UHF Vortex, avec le mode d'acquisition de données RTK (*Real Time Kinematic*).

ANNEXE 9 (suite). Relevés de terrain 2005 sur les frayères de grands brochets dans trois tributaires de la rivière Romaine en aval du PK 52.

Les informations acquises ont été traitées de façon à obtenir, pour chaque tributaire, la superficie mouillée à différents débits pour les aires de fraie confirmées (présence d'oeufs) et potentielles (ensemble de la plaine d'inondation). Les superficies ont été calculées au moyen d'un système d'information géographique (SIG). Une partie du contour de la frayère du PK 39,2 à un débit de 1 300 m<sup>3</sup>/s a dû être estimée par l'interprétation des images aériennes à haute résolution XEOS® en raison d'une couverture incomplète au laser.

### ***Résultats et discussion***

Les cartes A9-1 à A9-3 présentent les lignes de rivage à différents débits dans les trois tributaires étudiés ainsi que les contours des zones potentielles et confirmées de fraie du grand brochet. Rappelons que ces frayères ont été confirmées en juin 2004, alors que le débit de la Romaine était de 1 320 m<sup>3</sup>/s. Les limites d'inondation des tributaires sont aussi présentées pour des débits de 200, 500, 700, 900, 1 100 et 1 300 m<sup>3</sup>/s. Le tableau A9-1 présente, pour les différents débits, les niveaux d'eau atteints ainsi que les superficies d'inondation de chacun des tributaires.

Lors du refoulement des eaux de la Romaine dans les tributaires, les relevés confirment que la portion inférieure de ces tributaires est quasi horizontale sur la totalité de la superficie inondée (écart d'environ 10 cm du niveau d'eau entre l'amont et l'aval). Aux débits de 688 à 750 m<sup>3</sup>/s, le niveau d'eau dans les tributaires des PK 6,8, 37 et 39,2 était respectivement de 6,1 m, 18,9 m et 19,1 m. Seule la frayère du PK 39 fait exception, avec un écart de niveau d'eau de 30 cm entre la limite amont de l'ennoiement et l'embouchure. Toutefois, pour les fins de l'analyse, le niveau d'eau des tributaires est considéré égal à celui de la Romaine.

Au débit réservé printanier proposé (200 m<sup>3</sup>/s), deux des trois zones de fraie confirmées, soit celles des PK 37 et 39,2, ne seront plus ennoyées. La frayère du PK 6,8 est moins affectée et conserve 32 % (5 700 m<sup>2</sup>) de sa superficie utilisée au printemps par le grand brochet en conditions actuelles. Pour l'ensemble des zones potentielles de fraie, la superficie totale passera de 190 700 m<sup>2</sup> au débit de 1 300 m<sup>3</sup>/s à environ 9 500 m<sup>2</sup> au débit de 200 m<sup>3</sup>/s, soit une réduction de 95 %. Ces résultats confirment que le débit réservé printanier proposé est insuffisant pour maintenir le potentiel de reproduction du grand brochet dans les tributaires en aval du barrage de la Romaine-1.

ANNEXE 9 (suite). Relevés de terrain 2005 sur les frayères de grands brochets dans trois tributaires de la rivière Romaine en aval du PK 52.

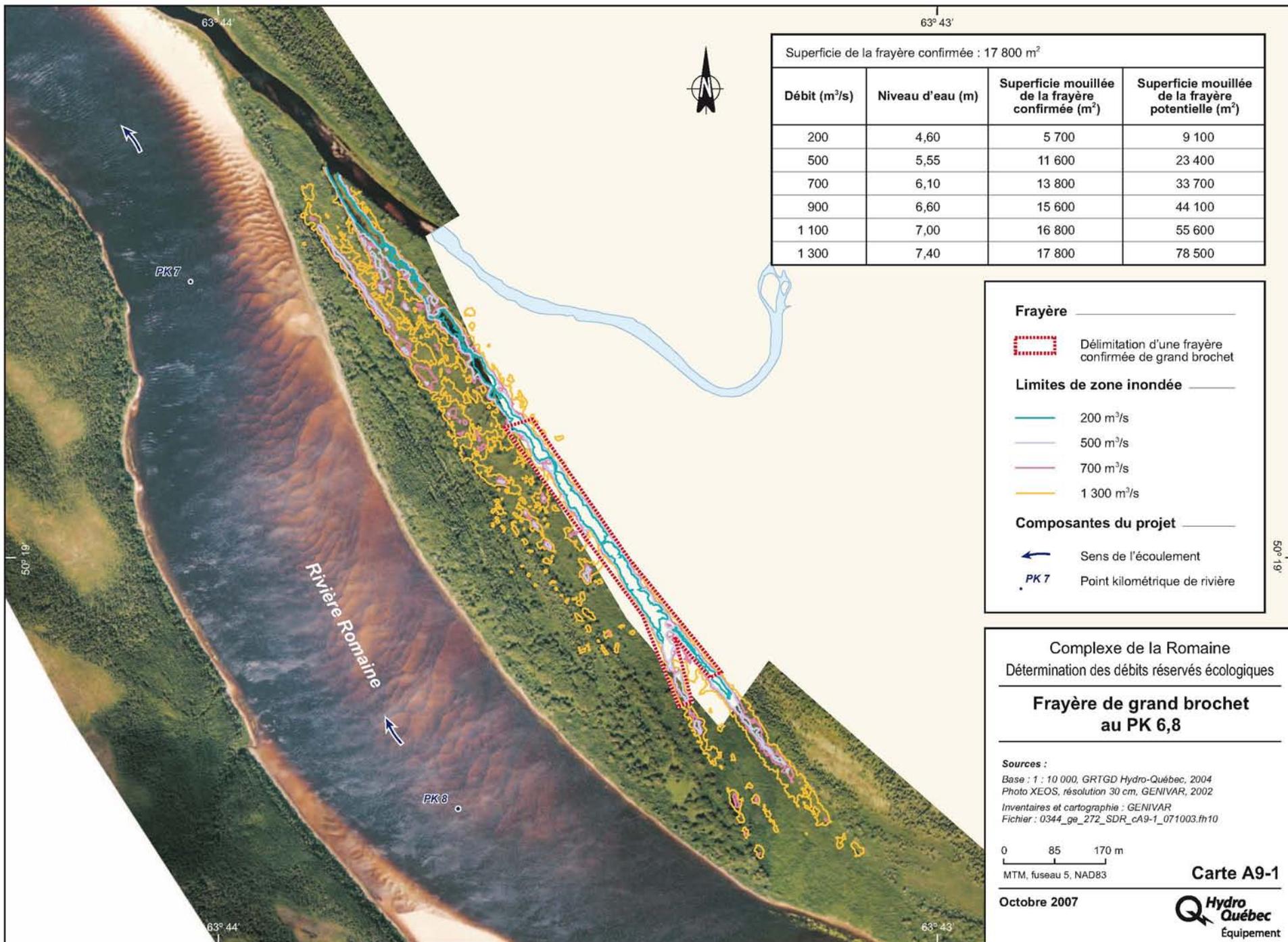
Pour assurer l'ennoiement complet des trois frayères étudiées, un débit compris entre 1 100 et 1 300 m<sup>3</sup>/s serait nécessaire. Pour maintenir un potentiel de fraie acceptable, il faudrait maintenir au moins 700 m<sup>3</sup>/s en aval de la centrale de la Romaine-1 durant la reproduction du grand brochet et l'incubation de ses oeufs. À un tel débit, 68 % de la superficie des trois frayères utilisées et 37 % de celle des zones potentielles de fraie seraient maintenus. En deçà d'un tel débit, la réduction du potentiel de reproduction est majeure.

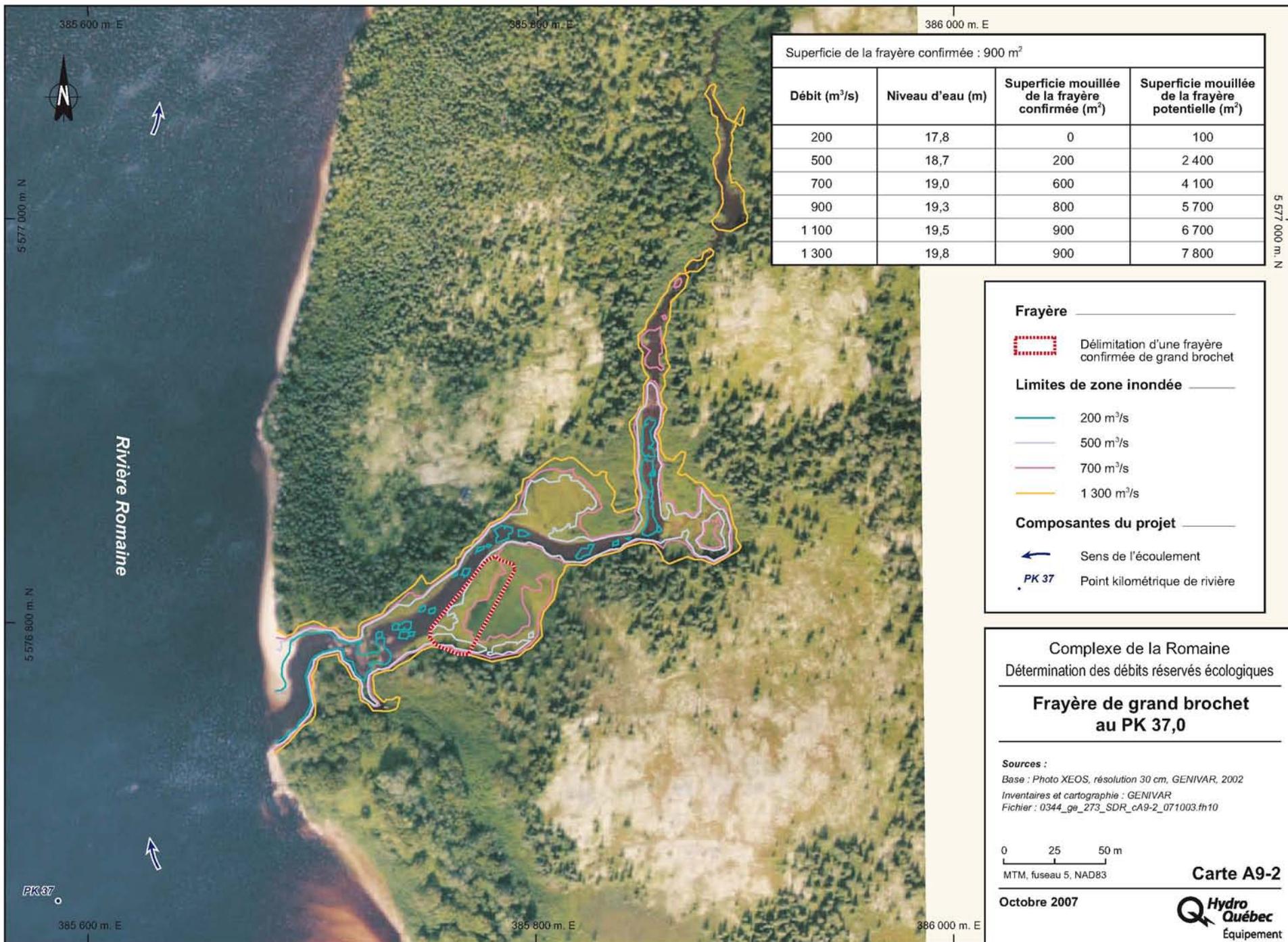
Tableau A9-1 Niveaux d'eau et superficies mouillées dans trois frayères à grand brochet à différents débits de la Romaine.

Frayère (PK)	Débit (m <sup>3</sup> /s)	Niveau d'eau (m)	Superficie approximative de la frayère (m <sup>2</sup> )	
			confirmée	potentielle
6,8	200	4,4	5 700	9 100
	500	5,6	11 600	23 400
	700	6,1	13 800	33 700
	900	6,6	15 600	44 100
	1100	7,0	16 800	55 600
	1300	7,4	17 800	78 500
37,0	200	17,8	0	100
	500	18,7	200	2 400
	700	19,0	600	4 100
	900	19,3	800	5 700
	1100	19,5	900	6 700
	1300	19,8	900	7 800
39,2	200	17,8	0	300
	500	18,7	0	7 600
	700	19,0	0	32 700
	900	19,3	0	53 800
	1100	19,5	0	66 400
	1300	19,8	2 400	104 400

**Référence**

GENIVAR. 2004. *Rivière Romaine. Modélisation hydrodynamique 1D entre les PK 0 et 192.* Rapport du Groupe conseil GENIVAR inc. à Hydro-Québec Production, Direction Aménagement de production, Hydraulique et Géomatique. 95 p. et annexes.





Superficie de la frayère confirmée : 900 m<sup>2</sup>

Débit (m <sup>3</sup> /s)	Niveau d'eau (m)	Superficie mouillée de la frayère confirmée (m <sup>2</sup> )	Superficie mouillée de la frayère potentielle (m <sup>2</sup> )
200	17,8	0	100
500	18,7	200	2 400
700	19,0	600	4 100
900	19,3	800	5 700
1 100	19,5	900	6 700
1 300	19,8	900	7 800

**Frayère** \_\_\_\_\_

Délimitation d'une frayère confirmée de grand brochet

**Limites de zone inondée** \_\_\_\_\_

200 m<sup>3</sup>/s

500 m<sup>3</sup>/s

700 m<sup>3</sup>/s

1 300 m<sup>3</sup>/s

**Composantes du projet** \_\_\_\_\_

Sens de l'écoulement

Point kilométrique de rivière

**Complexe de la Romaine**  
Détermination des débits réservés écologiques

**Frayère de grand brochet**  
**au PK 37,0**

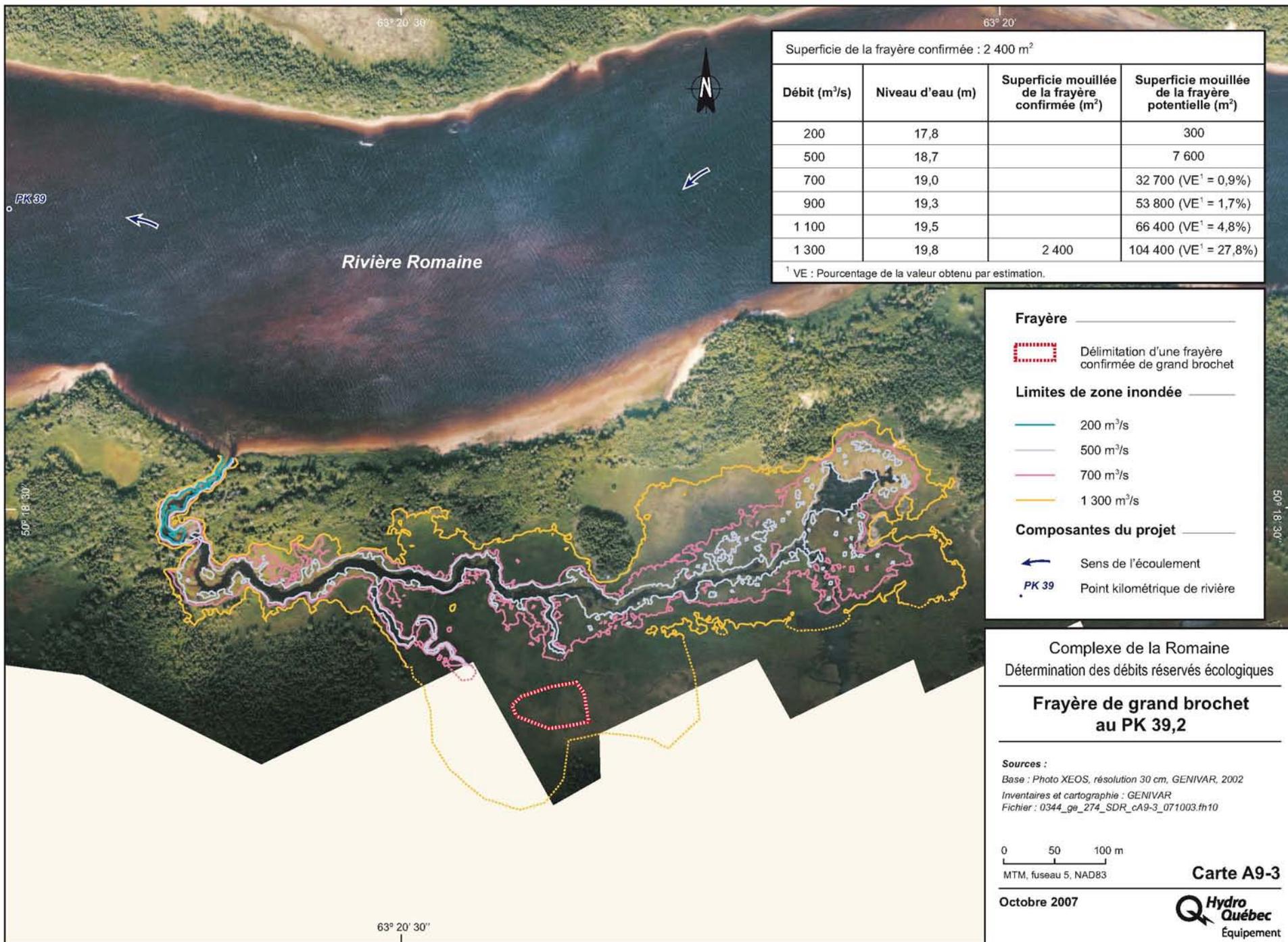
---

**Sources :**  
Base : Photo XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2002  
Inventaires et cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_273\_SDR\_cA9-2\_071003.fh10

0 25 50 m  
MTM, fuseau 5, NAD83

**Carte A9-2**

Octobre 2007



## **ANNEXE 10**

Oxygénation des bassins du tronçon court-circuité de la Romaine-2



## ANNEXE 10. Oxygénation des bassins du tronçon court-circuité de la Romaine-2.

Il est difficile d'établir avec précision les besoins en oxygène d'une population de poissons, mais il peut être démontré que l'oxygène dissous ne constitue pas un facteur limitant dans ces bassins en prenant pour hypothèse que la demande biologique en oxygène pendant cinq jours ( $DBO_5$ ) et que la respiration des poissons constituent les principales sources de consommation d'oxygène.

La  $DBO_5$  peut être établie à partir des moyennes calculées pour d'autres rivières de la Côte-Nord. Selon Robitaille (1998) la  $DBO_5$  des rivières en conditions naturelles s'établit autour de 0,2 mg  $O_2$ /l. Cette valeur est faible et ne risque pas de modifier la concentration en oxygène de l'eau, même après une période de cinq jours sans renouvellement d'eau.

En ce qui concerne la respiration des poissons, elle a été estimée pour le bassin du km 87,3 à partir d'une hypothèse pessimiste. En supposant la présence de 10 000 ombles de fontaine<sup>5</sup> d'un poids moyen de 180 g dans ce bassin de 278 542 m<sup>3</sup> (volume du bassin le 23 août 2003); il est possible de calculer la consommation en oxygène au repos et à vitesse de nage critique (tableau A-10-1).

Tableau A-10-1. Estimation de la consommation d'oxygène d'un poisson dans le bassin du km 87,3 selon leur niveau d'activité.

Activité	Consommation d'oxygène (mg $O_2$ /h)	Source
Repos	10,1	Wu 1977
	13,5	Brett 1965
	13,5	Jones et Randall 1978 <sup>b</sup>
Nage à vitesse critique <sup>a</sup>	130	Wu 1977
	137	Brett 1965
	137	Jones et Randall 1978 <sup>c</sup>

a Vitesse critique = vitesse de nage maximale qui peut être maintenue durant 60 minutes.

b  $\log(\text{consommation } O_2) = -0,63 + 0,78 \log(\text{poids})$ .

c  $\log(\text{consommation } O_2) = -0,05 + 0,97 \log(\text{poids})$ .

5 Un nombre d'environ 240 poissons, à raison de 20 poissons/ha x 12 ha s'avérerait une valeur plus réaliste.

## ANNEXE 10 (fin). Oxygénation des bassins du tronçon court-circuité de la Romaine-2.

En considérant une consommation individuelle moyenne de 75 mg O<sub>2</sub>/h, (niveau moyen d'activité selon le tableau A-8-1) une population de 10 000 poissons consommerait 750 g O<sub>2</sub>/h. En supposant aucun apport d'oxygène pendant cinq jours, en coupant tout débit arrivant dans le bassin et tout échange avec la surface de l'eau, la quantité d'oxygène consommée par les poissons durant cette période serait de 9 X 10<sup>7</sup> mg O<sub>2</sub>. Cette consommation représente une baisse d'environ 0,3 mg O<sub>2</sub>/l par rapport à une eau contenant 9 mg O<sub>2</sub>/l (valeur minimale enregistrée sur trois rivières de la Côte-Nord; Robitaille 1998). Le taux d'oxygène après cinq jours serait de 8,5 mg/l (effet combiné de la respiration des poissons et de la DBO<sub>5</sub>), concentration amplement suffisante pour assurer la survie de la faune aquatique. Il semble évident que l'oxygénation dans les bassins ne représente pas un facteur limitant sur lequel le débit réservé puisse être déduit.

### **Référence**

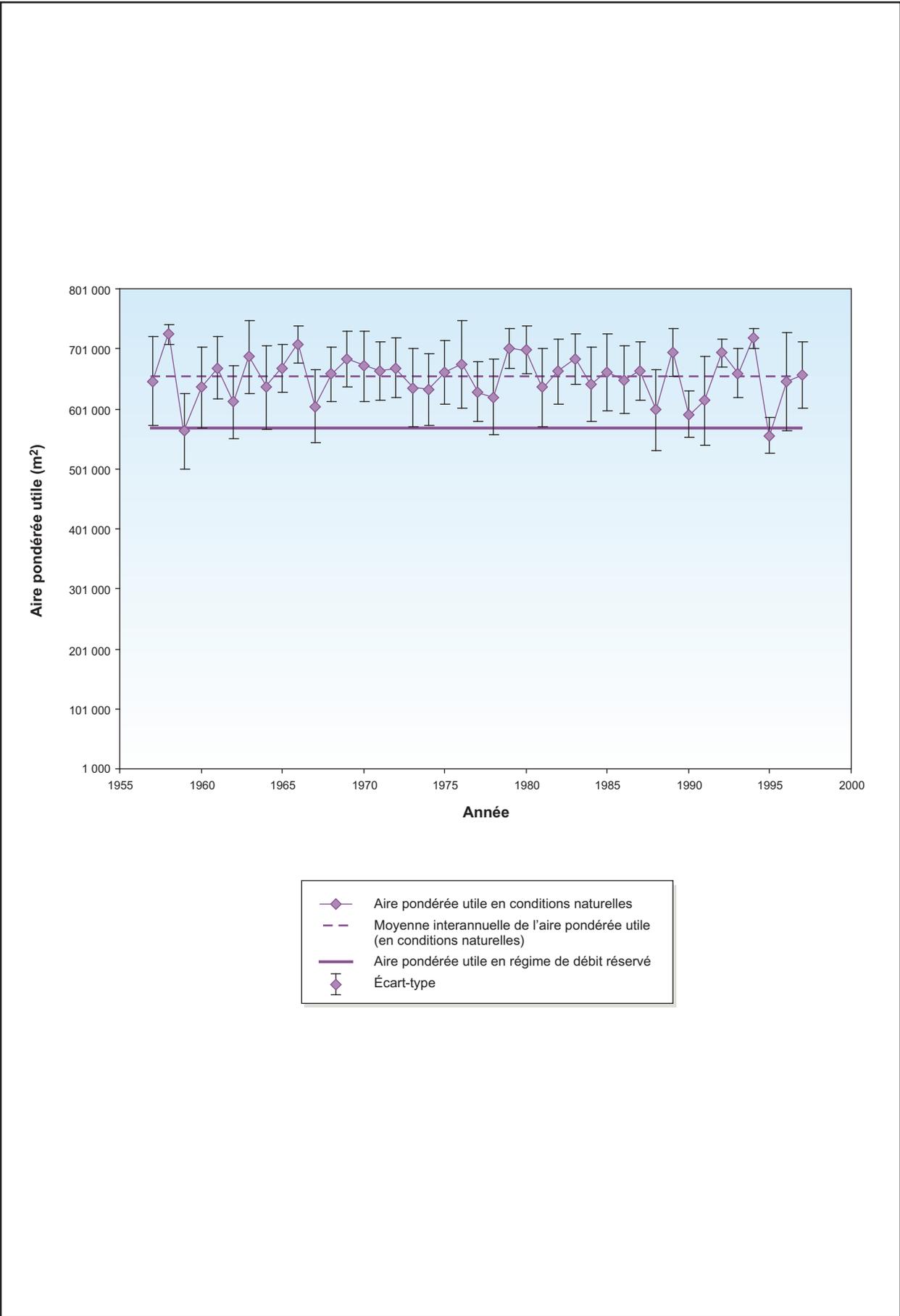
ROBITAILLE, P. 1998. *Qualité des eaux des rivières aux Outardes, Manicouagan et Moisie, 1979 à 1996*. Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Envirodoq no EN980963, rapport QE-116. 28 p. et 4 annexes.

## **ANNEXE 11**

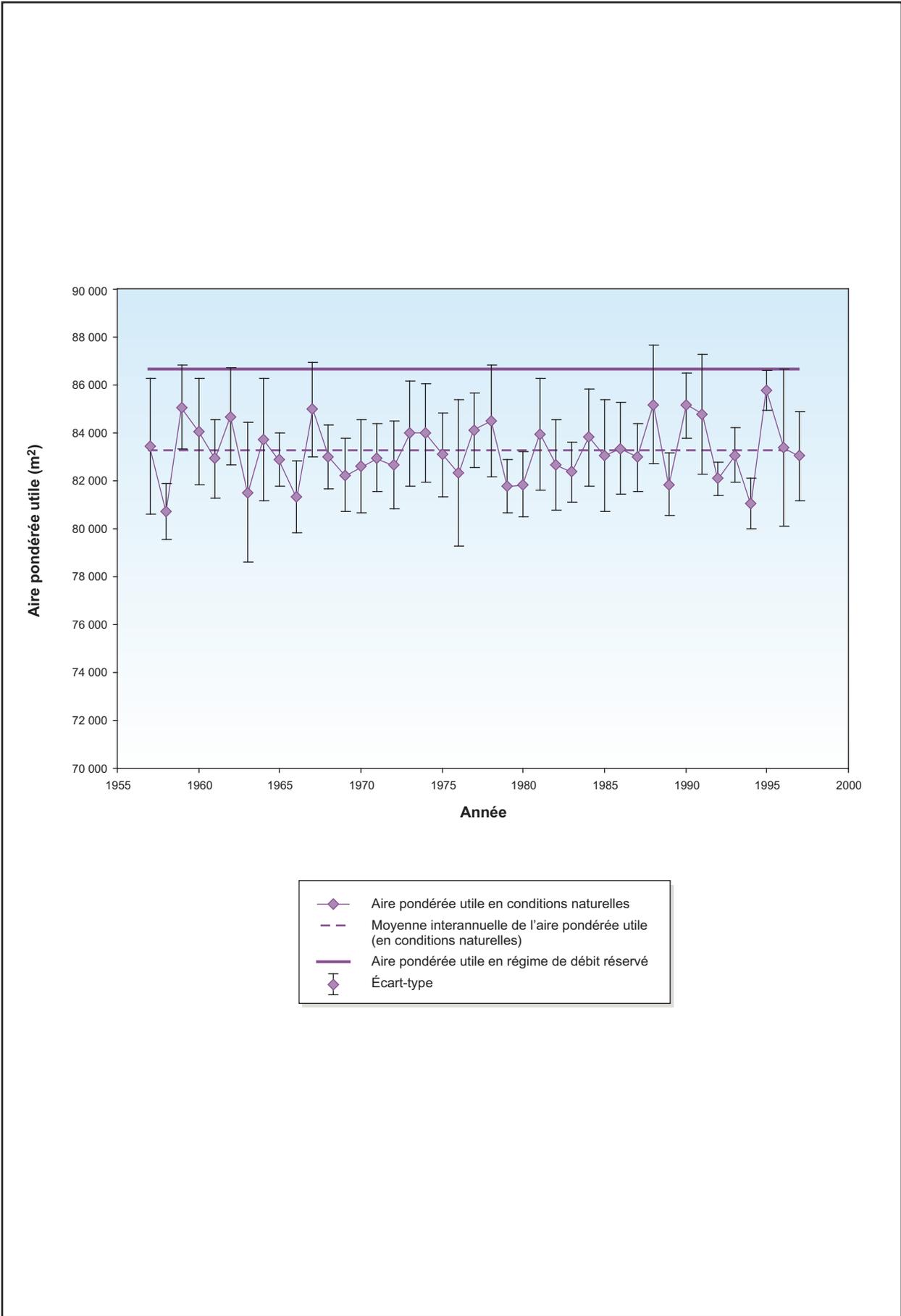
Séries temporelles d'habitats d'alimentation  
et de reproduction du saumon atlantique



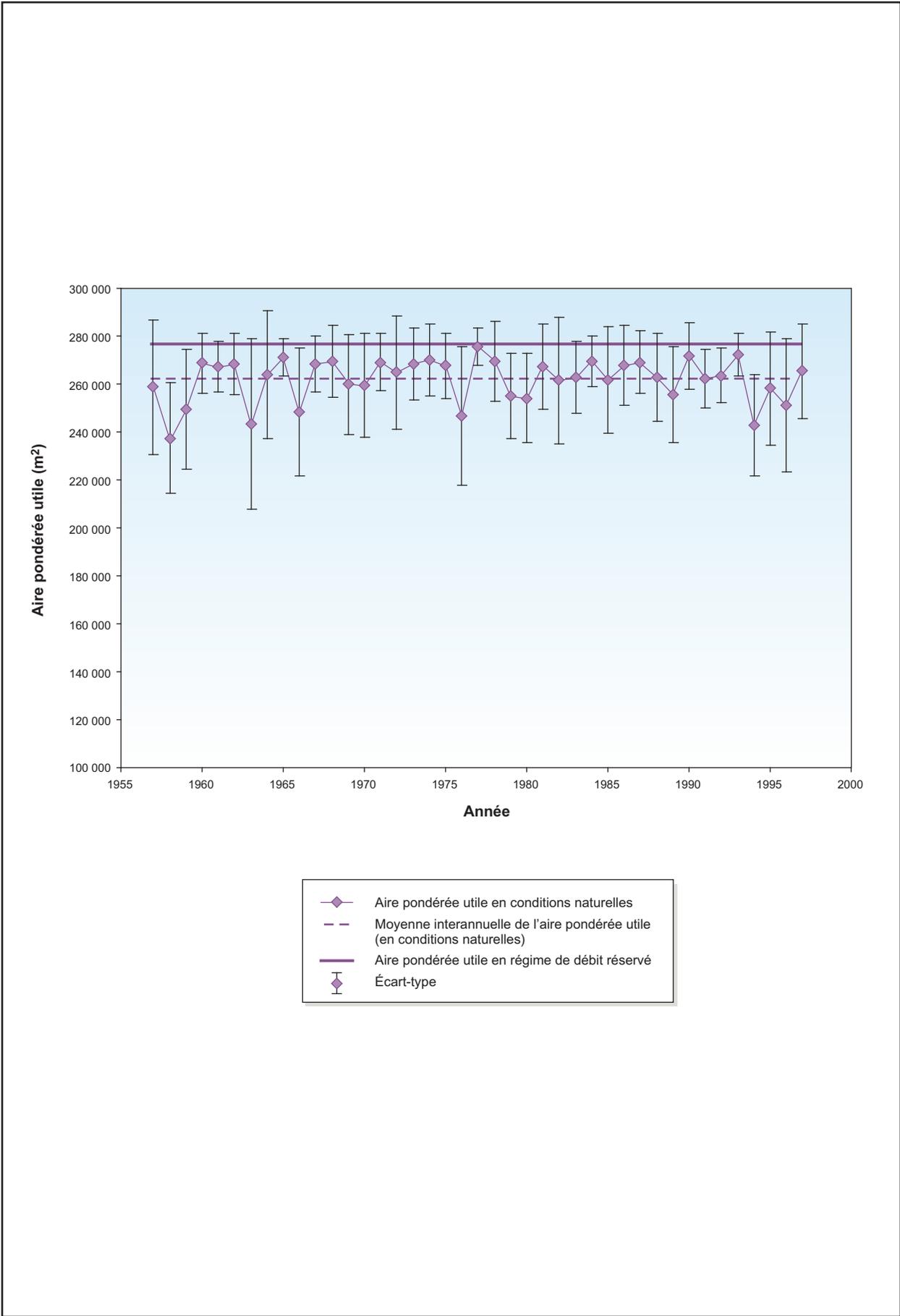
Annexe 11-1 Série temporelle d'habitats d'alimentation du saumon atlantique juvénile au site A (PK 16 au PK 22)



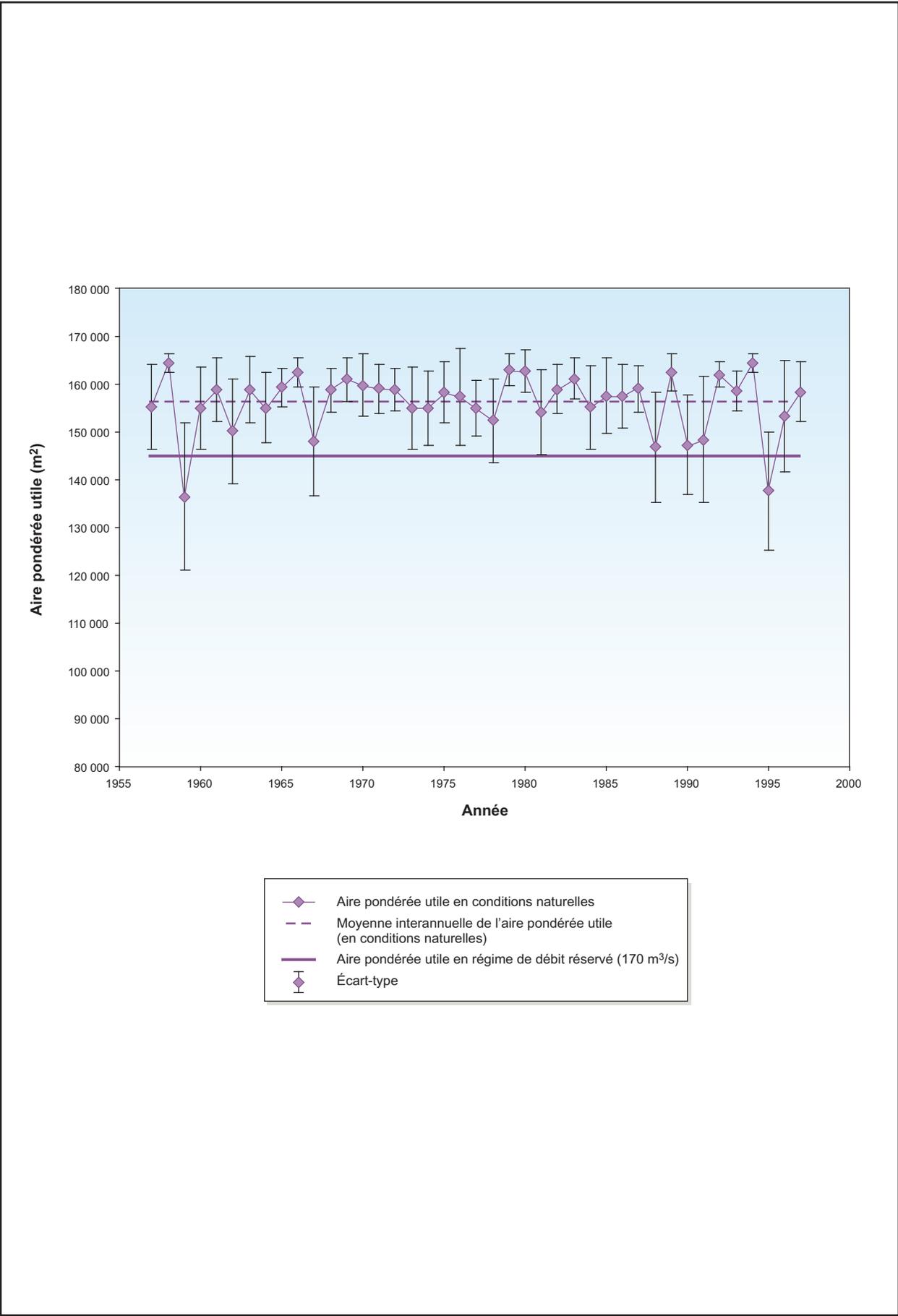
Annexe 11-2 Série temporelle d'habitats d'alimentation du saumon atlantique juvénile au site B (PK 33 au PK 35)



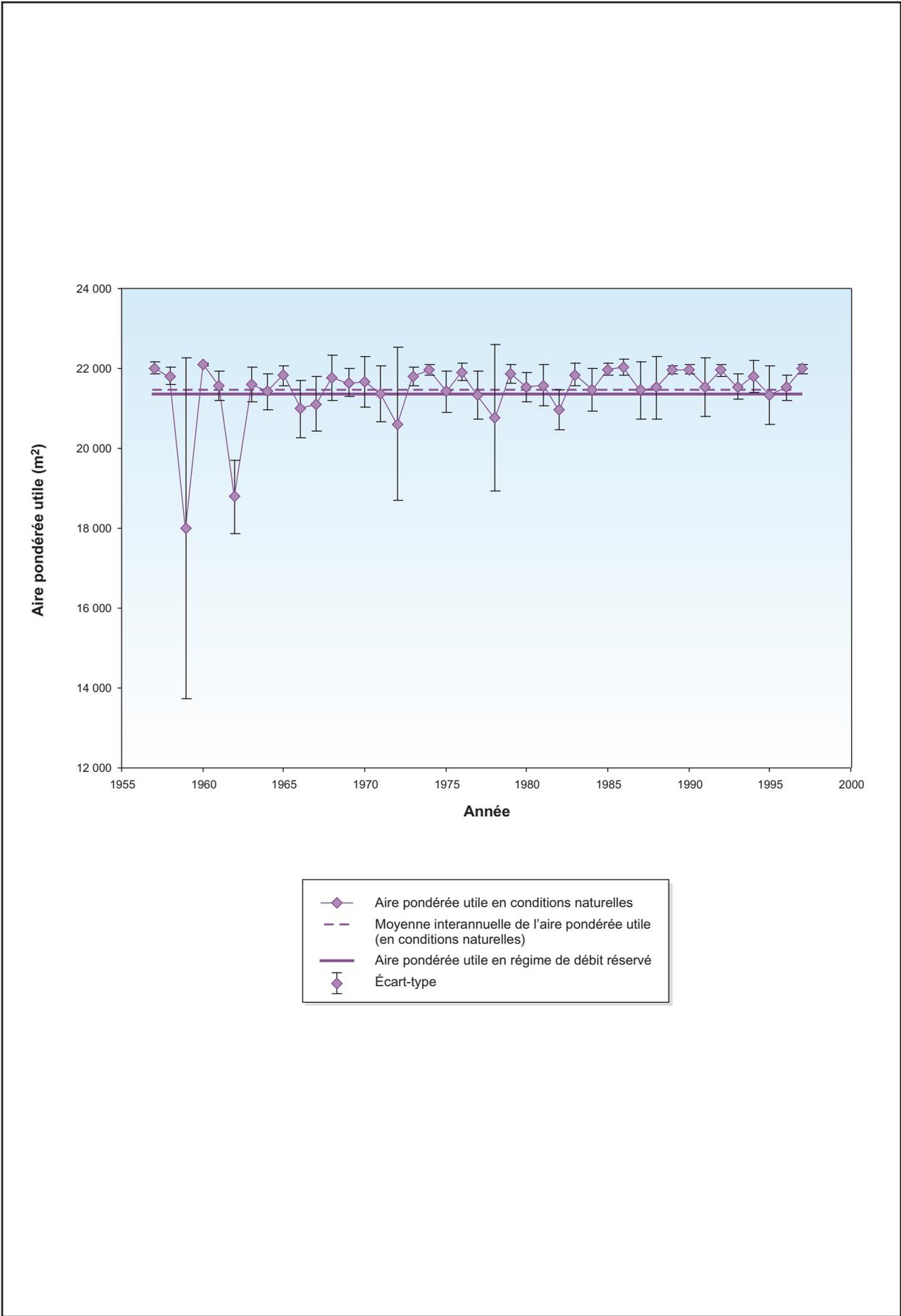
Annexe 11-3 Série temporelle d'habitats d'alimentation du saumon atlantique juvénile au site C (PK 45 au PK 47)



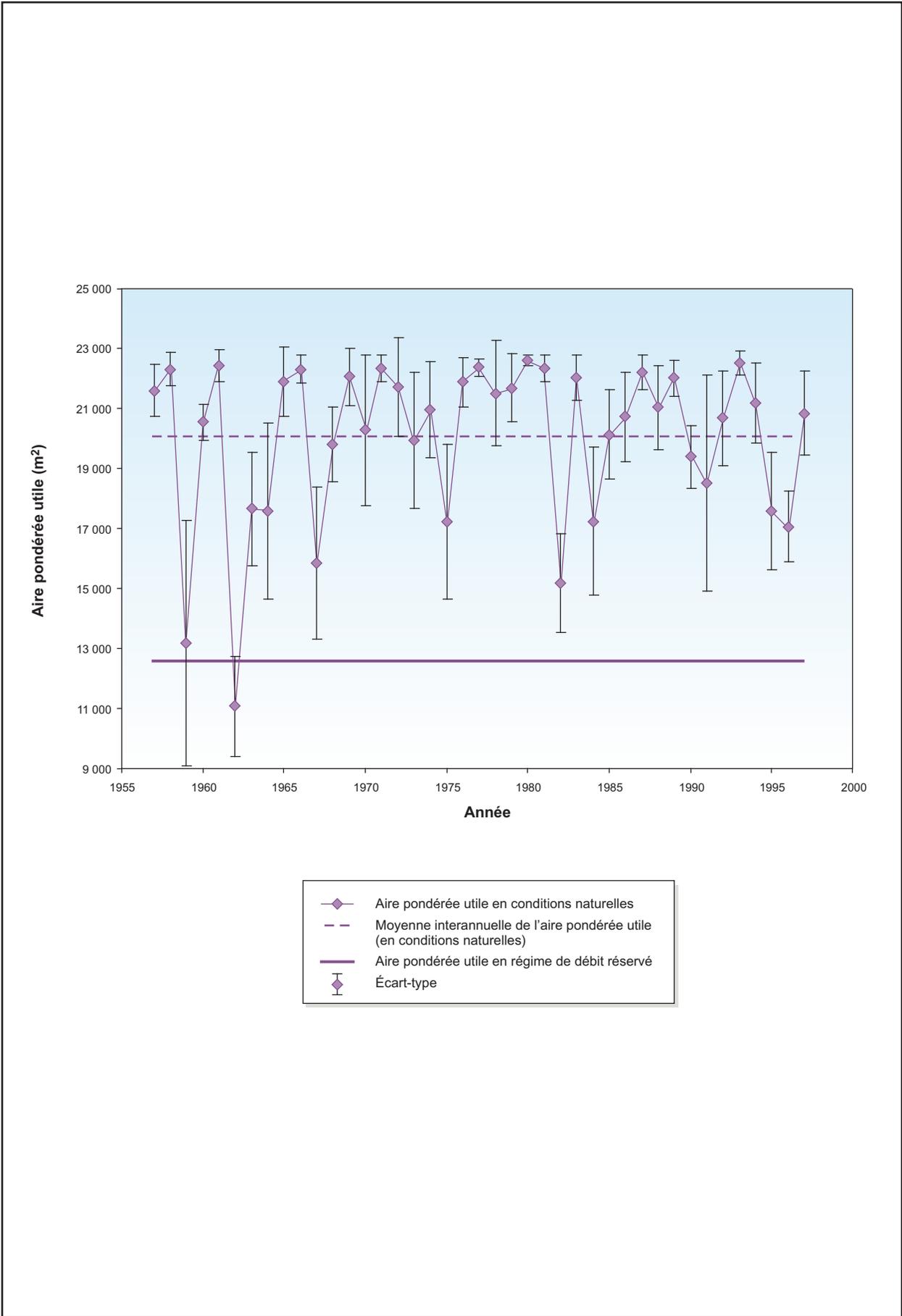
Annexe 11-4 Série temporelle d'habitats d'alimentation du saumon atlantique juvénile au site D (PK 48 au PK 51)



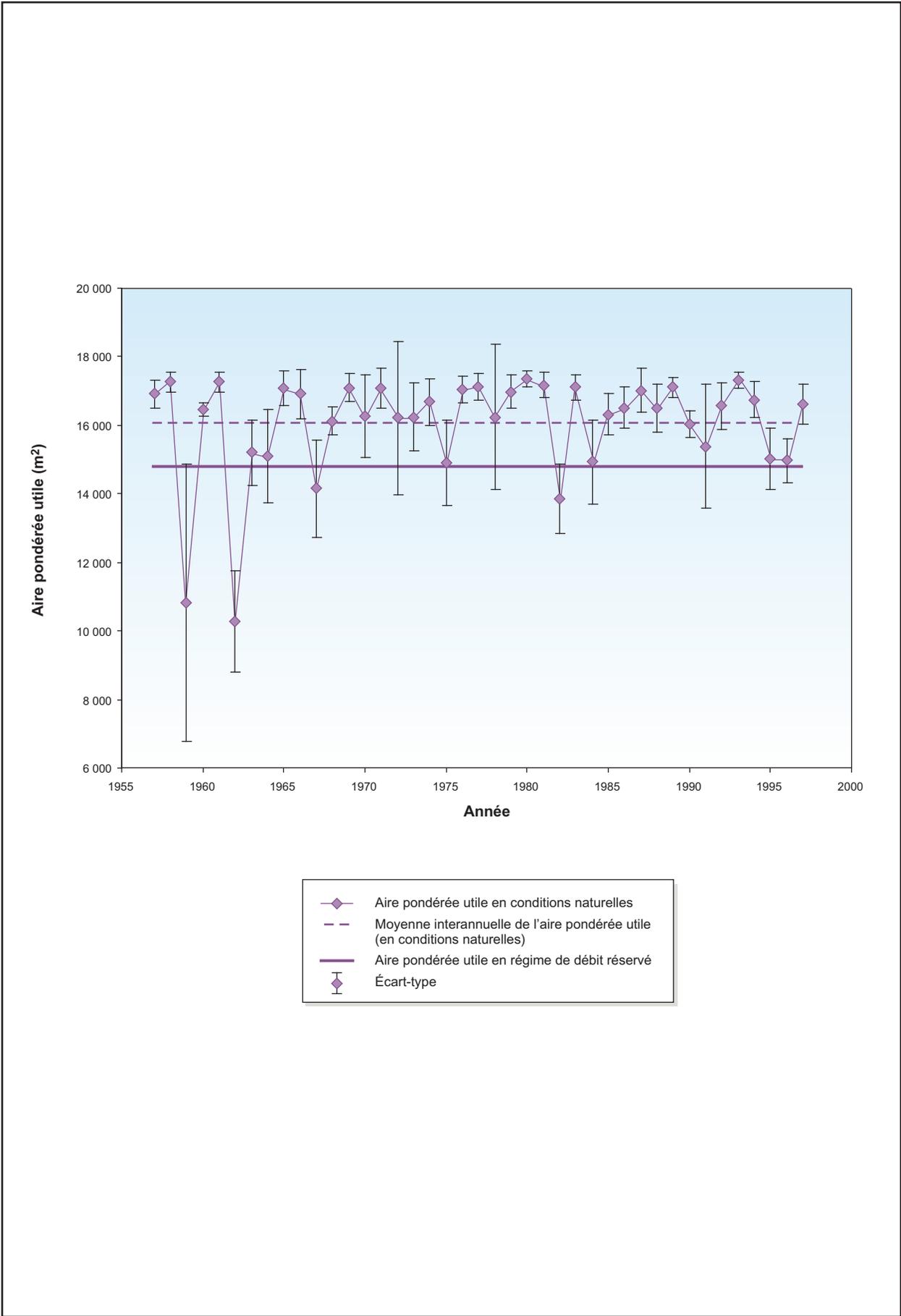
Annexe 11-5 Série temporelle d'habitats de reproduction du saumon atlantique sur la frayère du PK 34



Annexe 11-6 Série temporelle d'habitats de reproduction du saumon atlantique sur la frayère du PK 46



Annexe 11-7 Série temporelle d'habitats de reproduction du saumon atlantique sur la frayère du PK 49



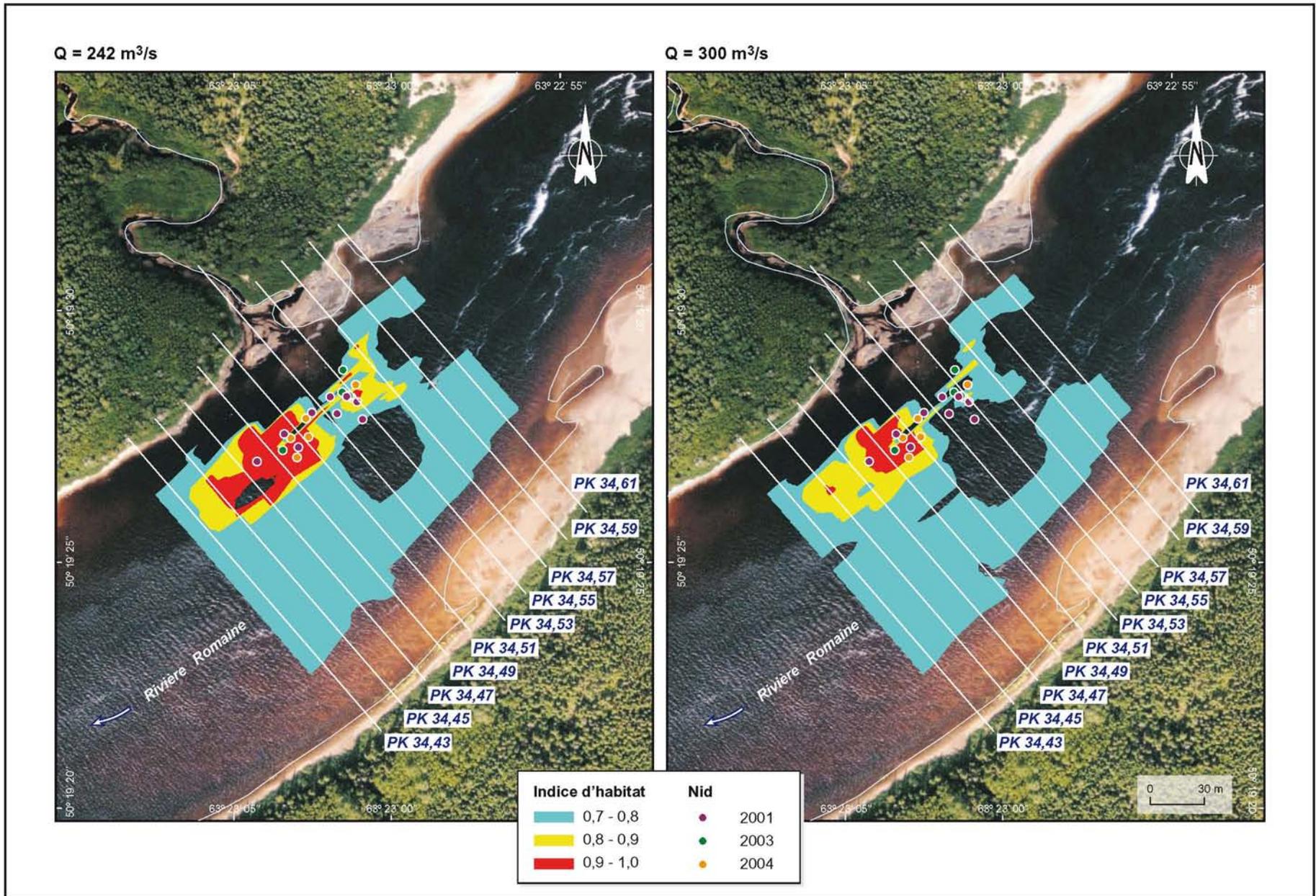


## **ANNEXE 12**

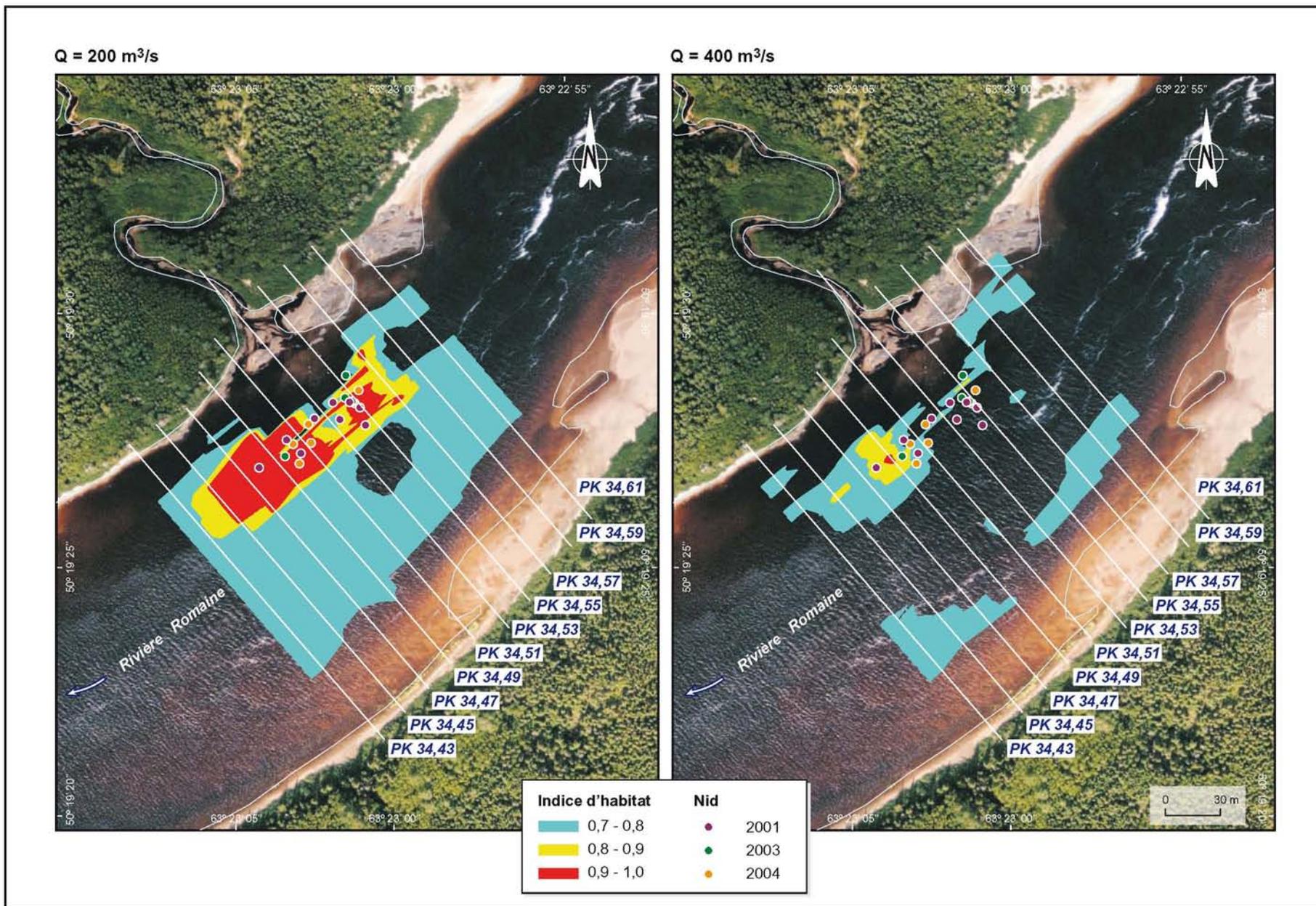
Indice de qualité d'habitat de reproduction  
aux frayères du PK 34,5, du PK 46,2 et du PK 48,9  
pour des débits de 200, 242, 300 et 400 m<sup>3</sup>/s



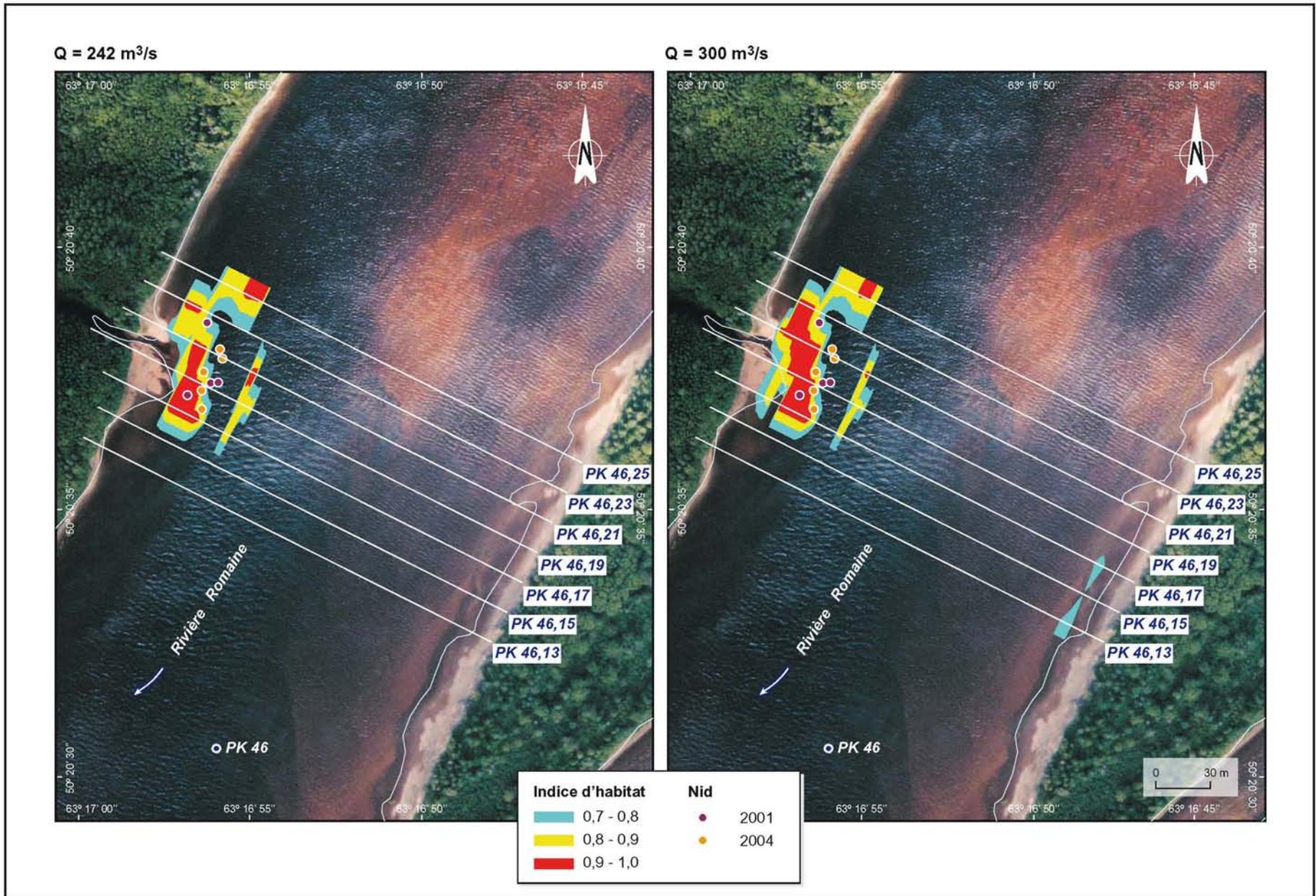
Annexe 12-1 Répartition des meilleurs habitats de reproduction (IG  $\geq 0,7$ ) sur la frayère du PK 34,5 aux débits de 242 m<sup>3</sup>/s et de 300 m<sup>3</sup>/s



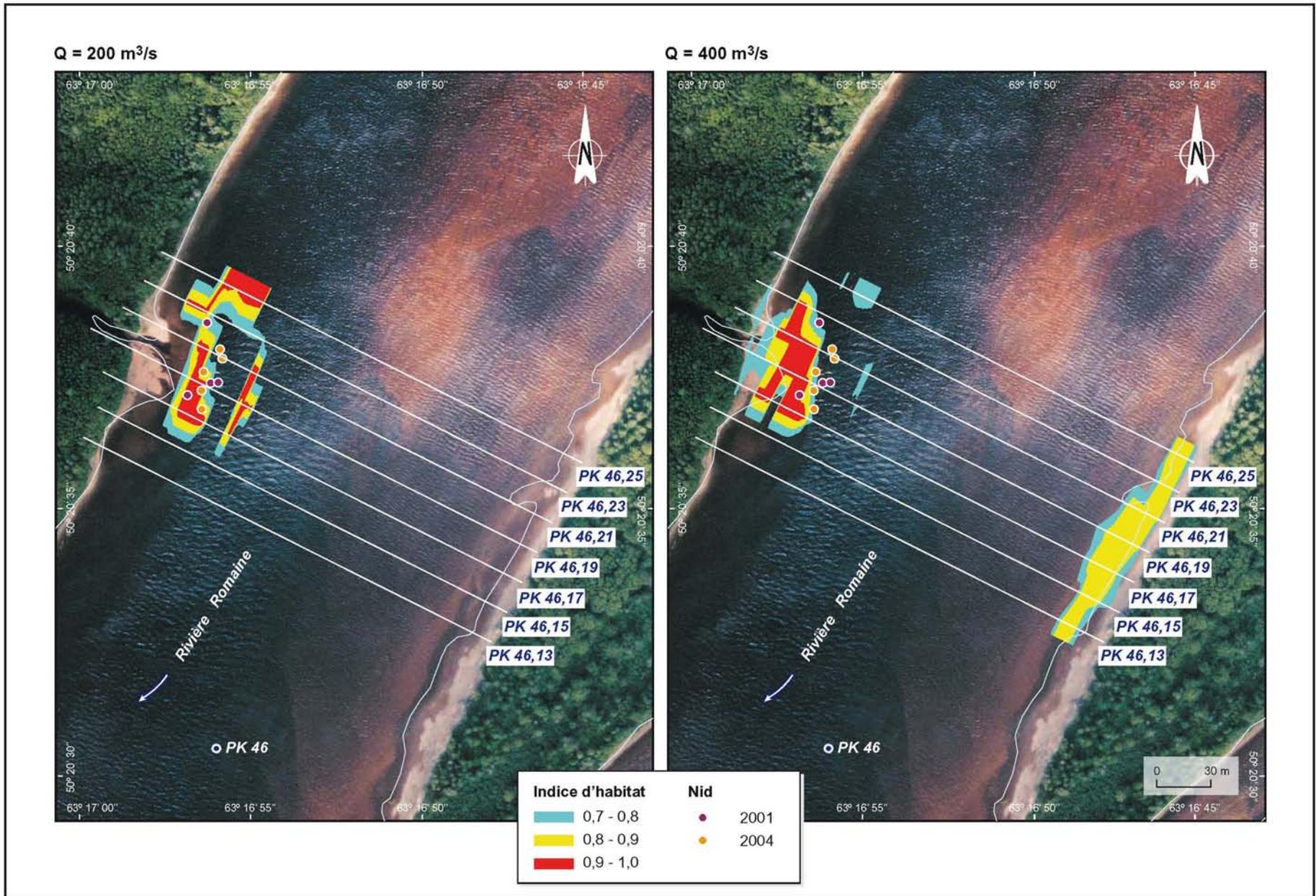
Annexe 12-2 Répartition des meilleurs habitats de reproduction (IG  $\geq 0,7$ ) sur la frayère du PK 34,5 aux débits de 200 m<sup>3</sup>/s et de 400 m<sup>3</sup>/s



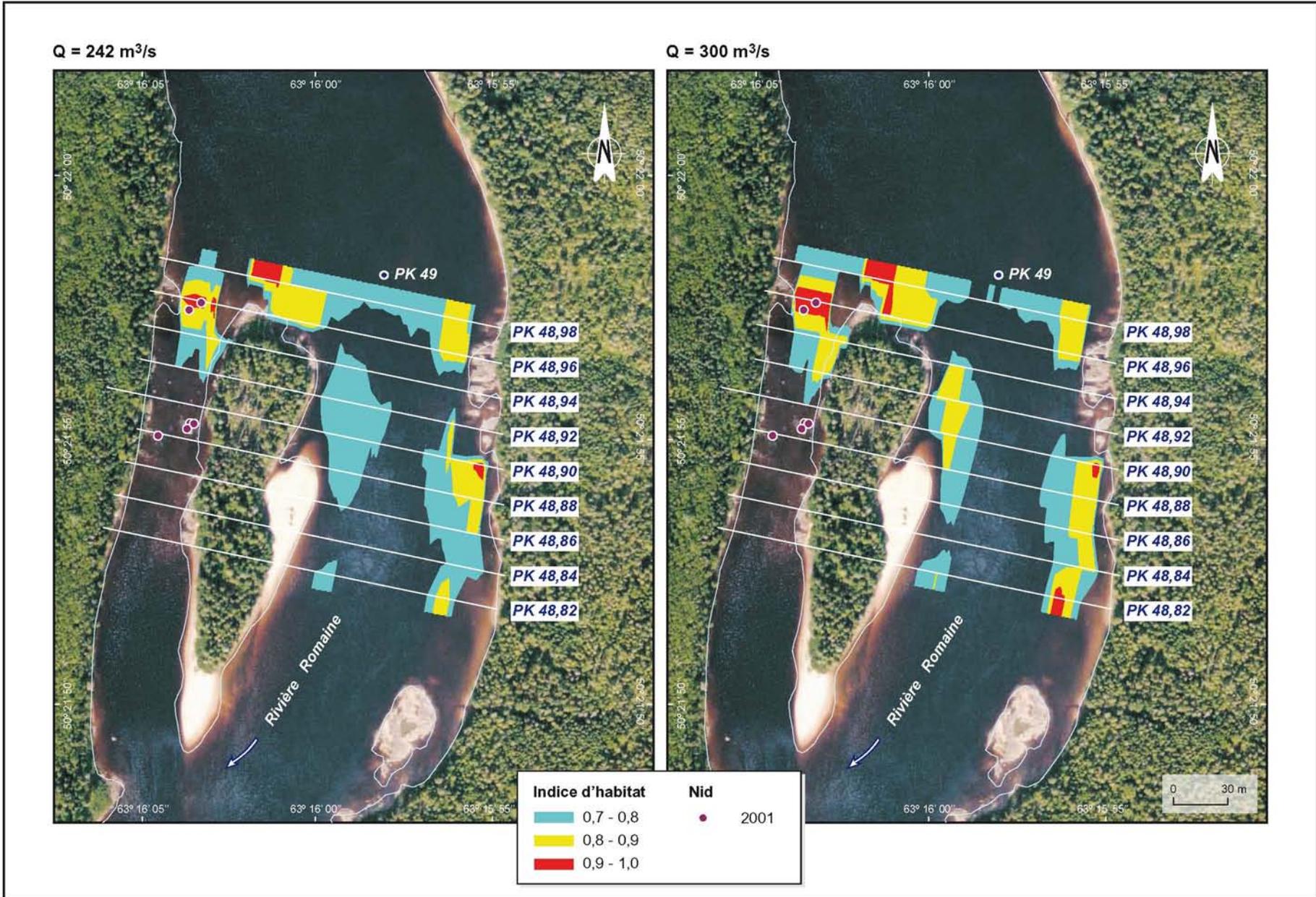
Annexe 12-3 Répartition des meilleurs habitats de reproduction (IG  $\geq 0,7$ ) sur la frayère du PK 46,2 aux débits de 242 m<sup>3</sup>/s et de 300 m<sup>3</sup>/s



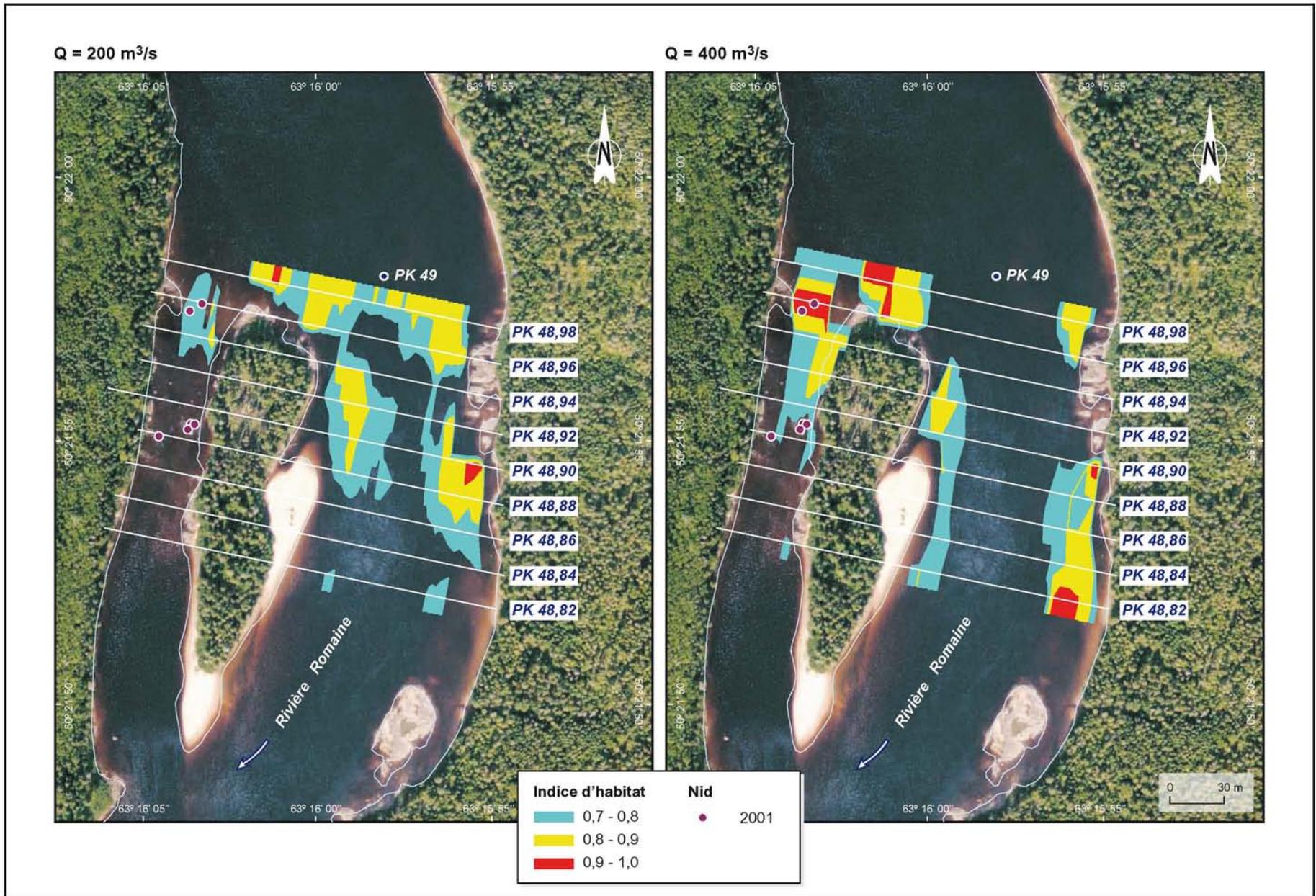
Annexe 12-4 Répartition des meilleurs habitats de reproduction (IG  $\geq 0,7$ ) sur la frayère du PK 46,2 aux débits de 200 m<sup>3</sup>/s et de 400 m<sup>3</sup>/s



Annexe 12-5 Répartition des meilleurs habitats de reproduction (IG  $\geq 0,7$ ) sur la frayère du PK 48,9 aux débits de 242 m<sup>3</sup>/s et de 300 m<sup>3</sup>/s



Annexe 12-6 Répartition des meilleurs habitats de reproduction (IG  $\geq 0,7$ ) sur la frayère du PK 48,9 aux débits de 200 m<sup>3</sup>/s et de 400 m<sup>3</sup>/s

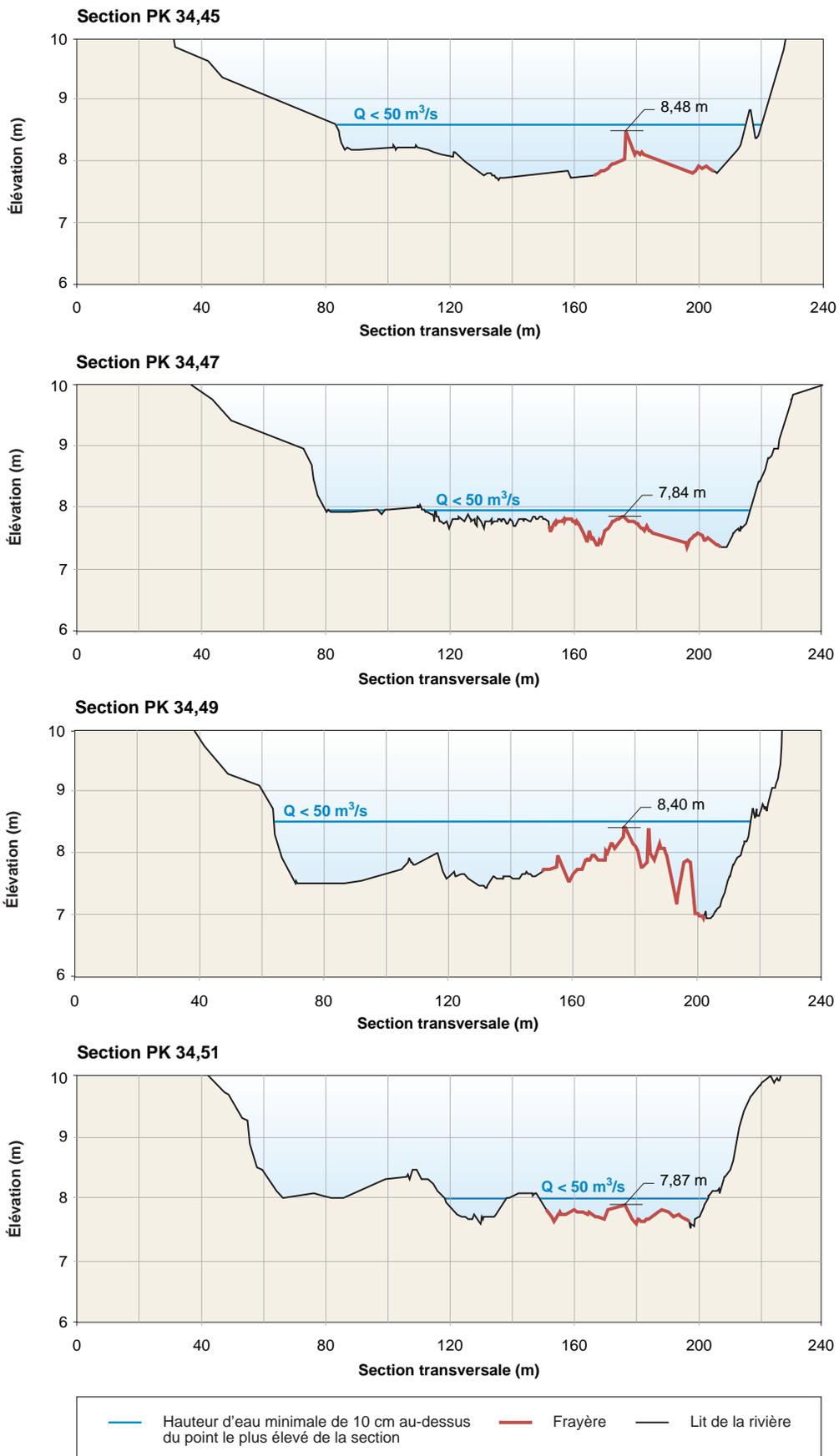


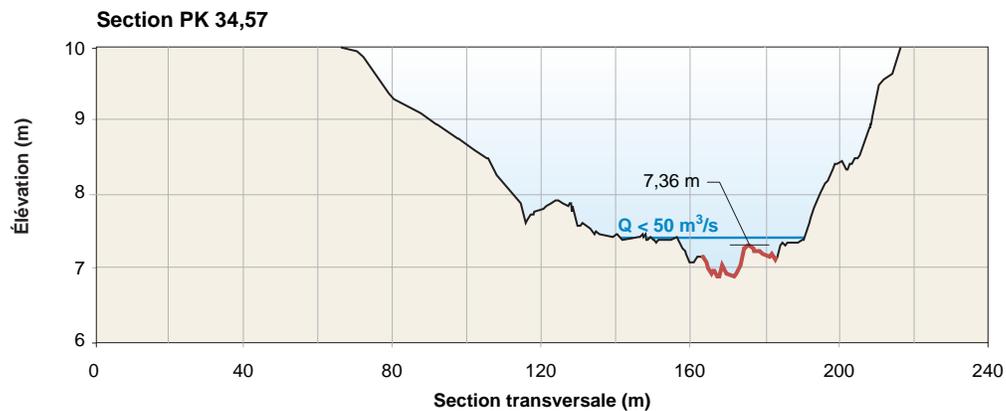
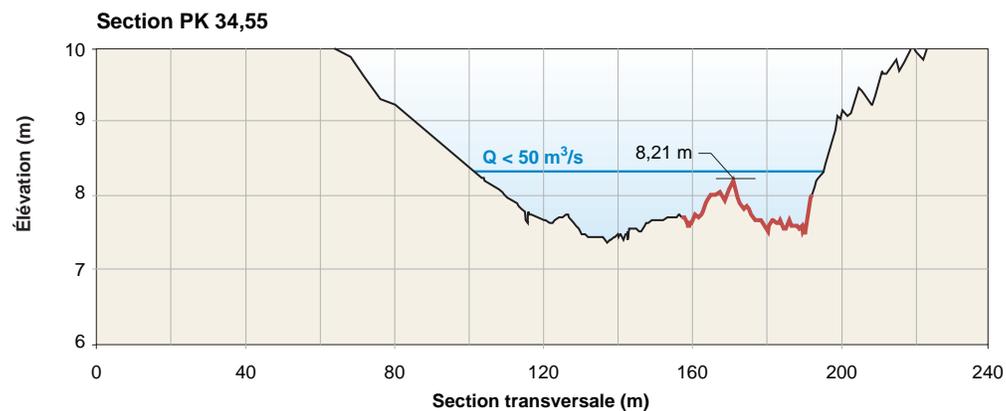
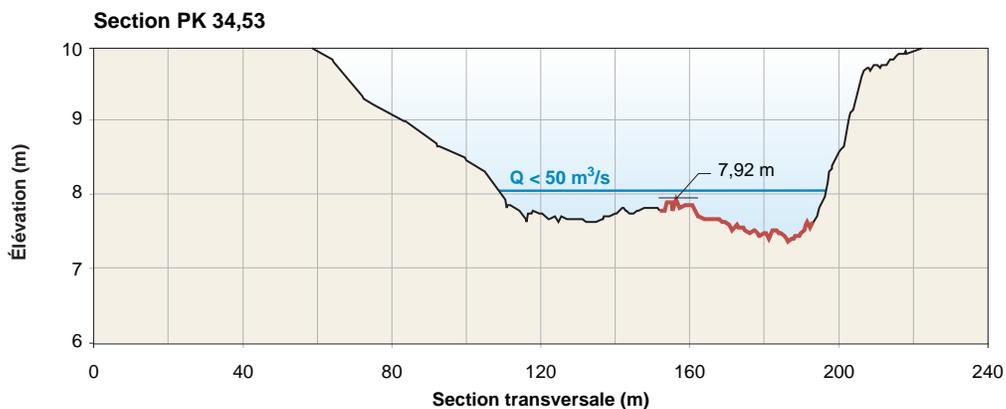
## **ANNEXE 13**

Résultats de l'analyse 1D sur les sections transversales  
des frayères à saumon du PK 34, du PK 46 et du PK 49



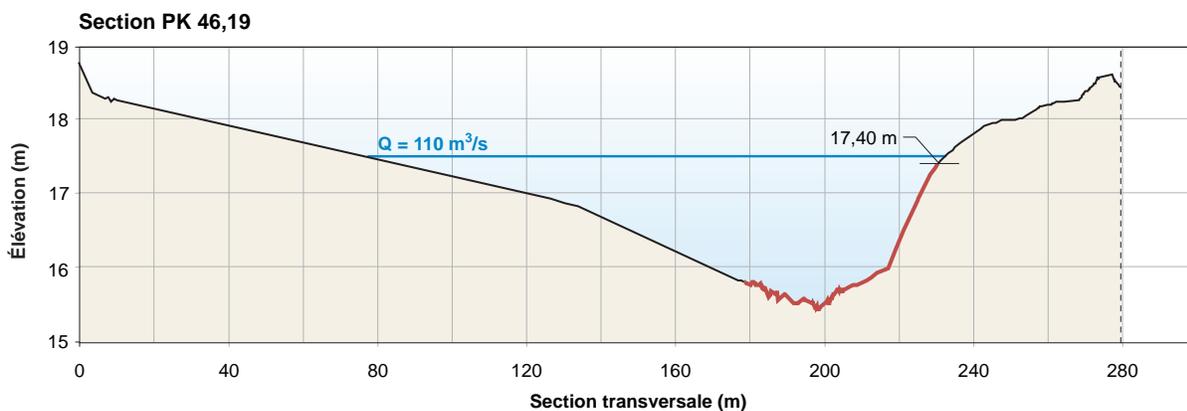
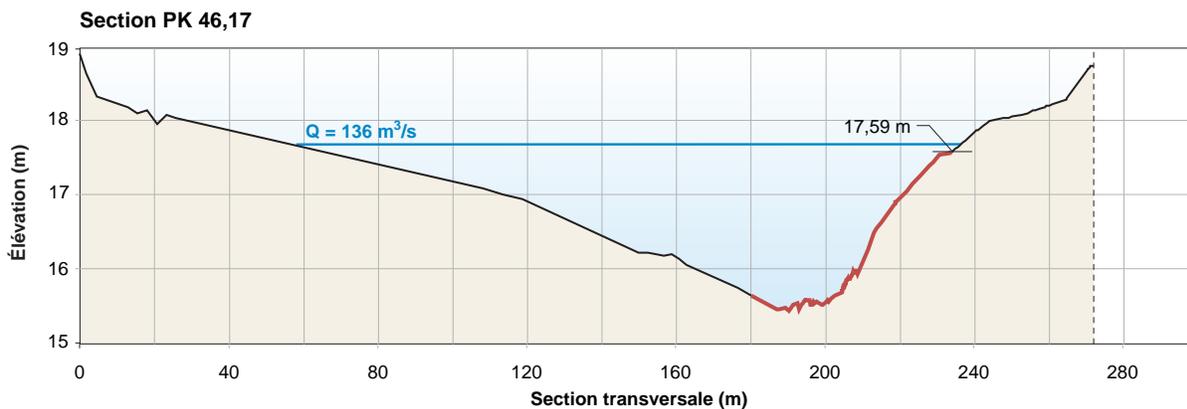
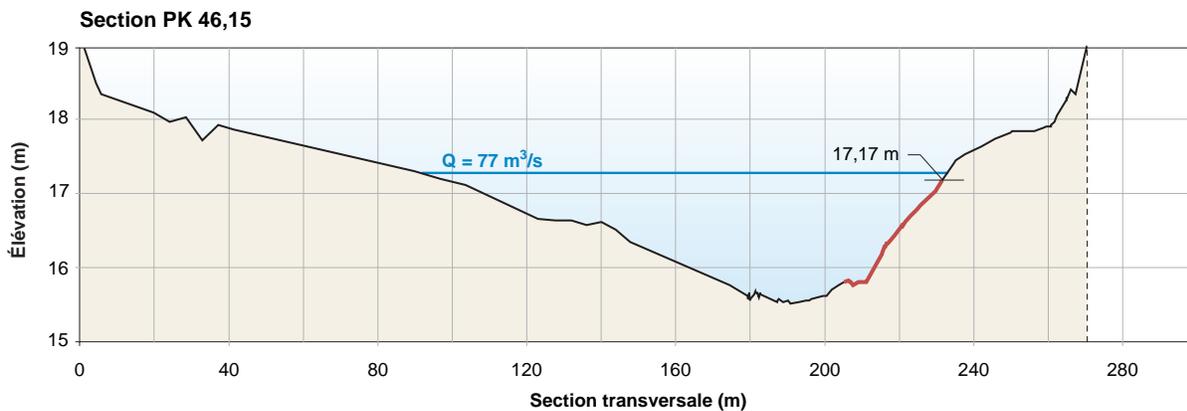
Annexe 13-1a Frayère du PK 34





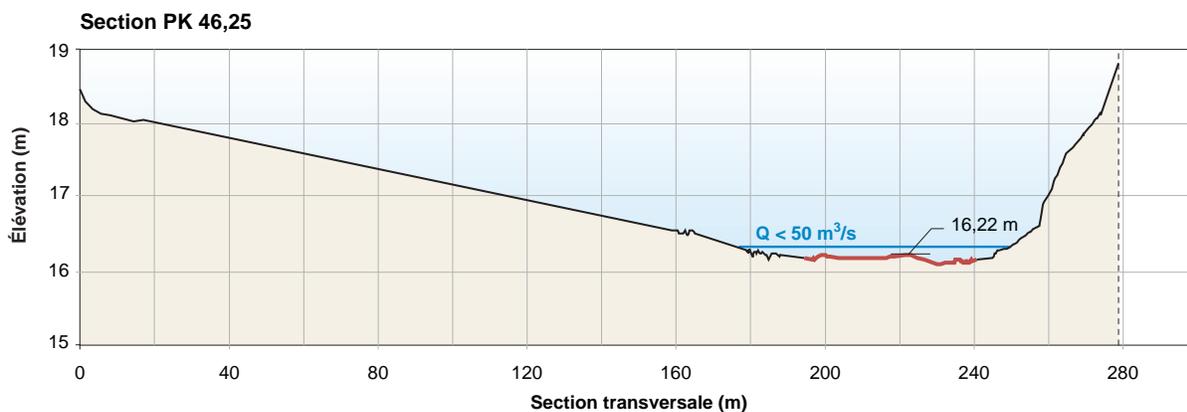
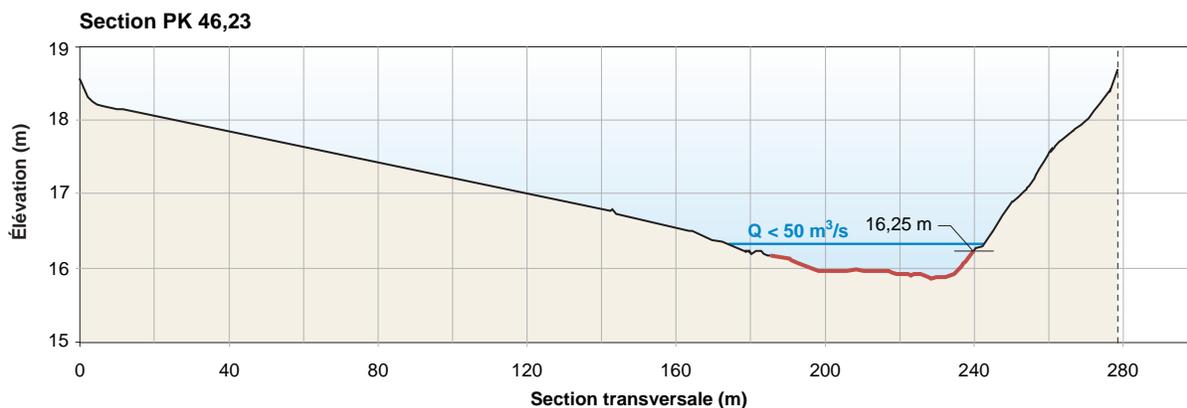
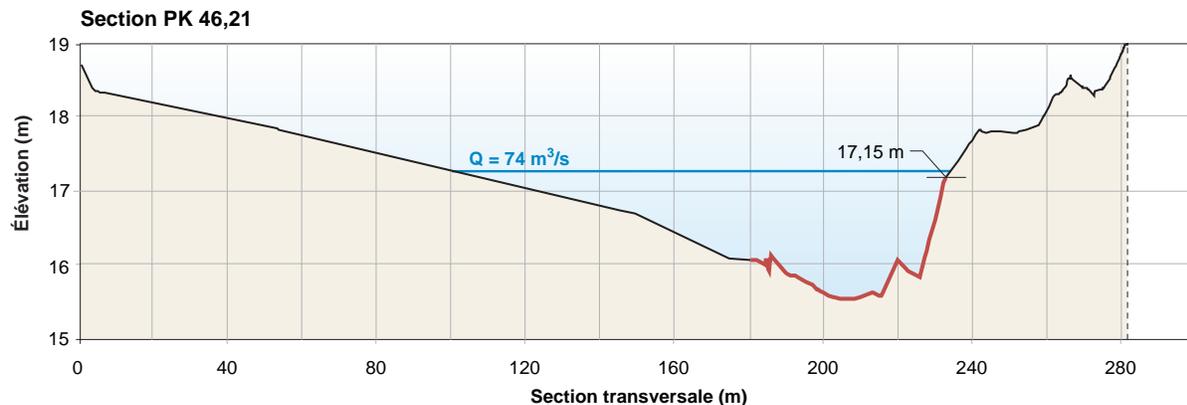
	Hauteur d'eau minimale de 10 cm au-dessus du point le plus élevé de la section		Frayère		Lit de la rivière
---	--	---	---------	---	-------------------

Annexe 13-2a Frayère du PK 46

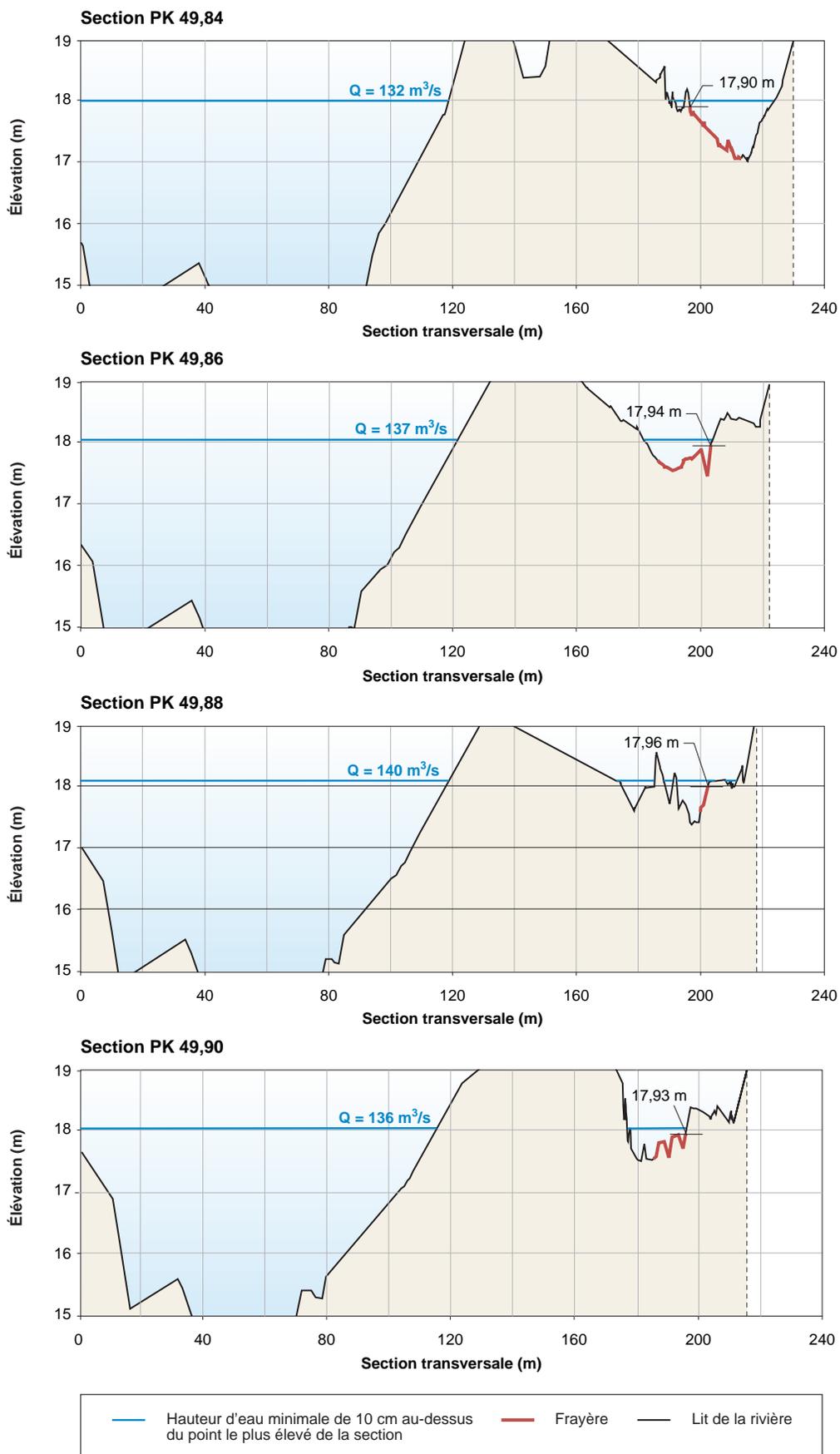


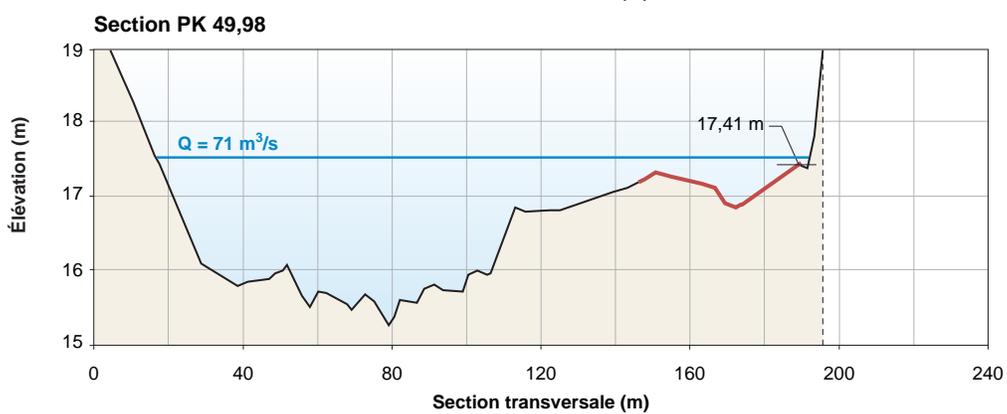
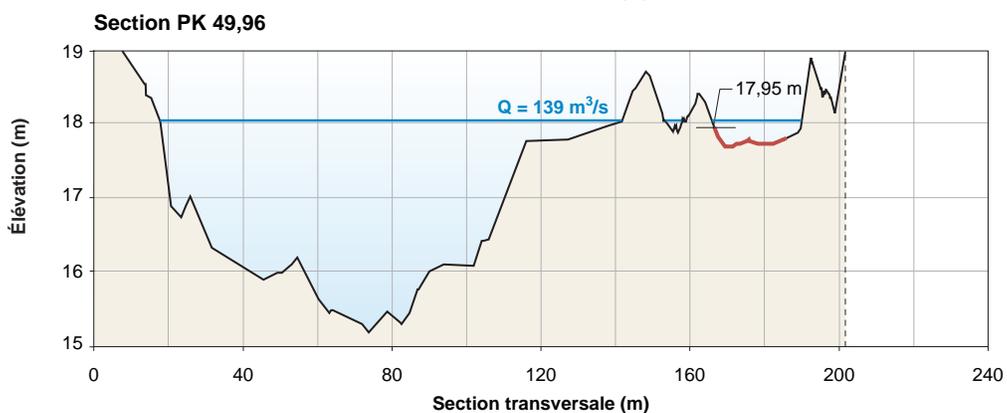
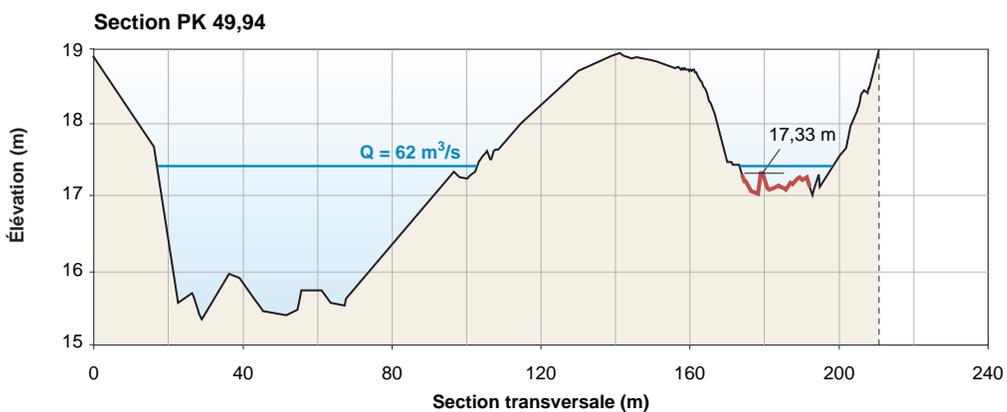
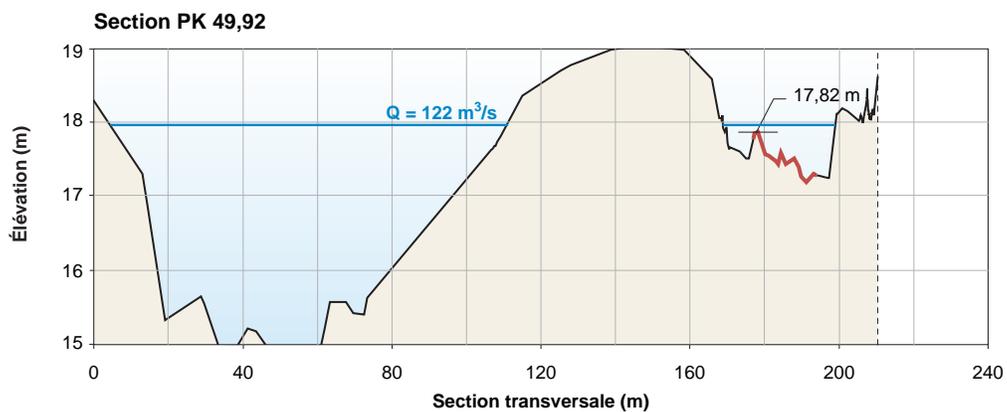
— Hauteur d'eau minimale de 10 cm au-dessus du point le plus élevé de la section
 — Frayère
 — Lit de la rivière

Annexe 13-2b Frayère du PK 46



— Hauteur d'eau minimale de 10 cm au-dessus du point le plus élevé de la section
 — Frayère
 — Lit de la rivière





— Hauteur d'eau minimale de 10 cm au-dessus du point le plus élevé de la section — Frayère — Lit de la rivière

## **ANNEXE 14**

Prévisions des débits déversés à la centrale de la Romaine-1



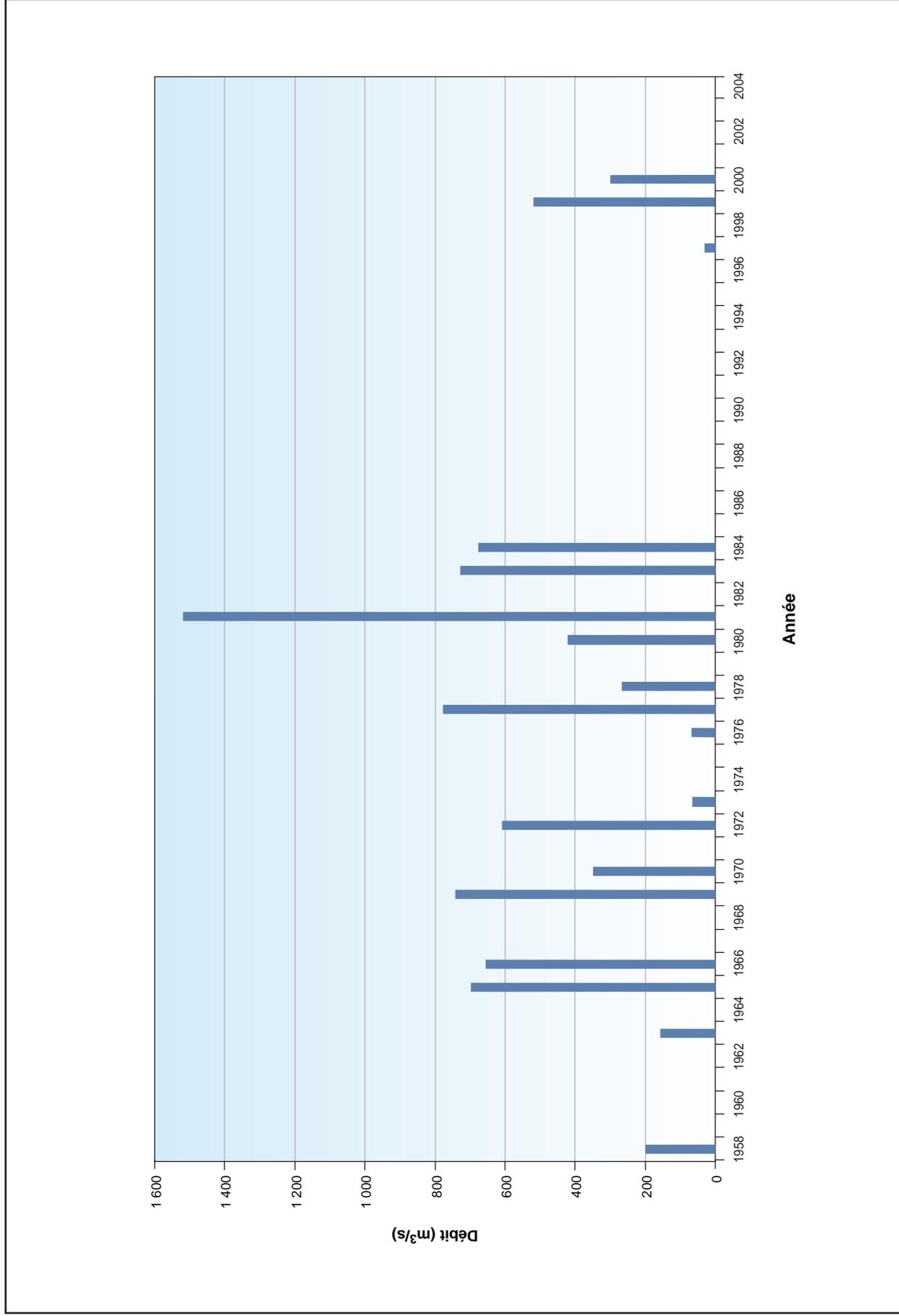
## ANNEXE 14. Prévisions des débits déversés à la centrale de Romaine-1.

Les prévisions des débits déversés à Romaine-1 sont illustrées à la figure A14. Elles proviennent des résultats des simulations de la production énergétique sur le futur système hydrique de la Romaine. Ces simulations établissent le bilan hydrique sur chacun des sites des aménagements selon un pas de temps hebdomadaire, en optimisant la production d'énergie sur l'ensemble du bassin, tout en respectant les contraintes d'exploitations, soit les limites minimales et maximales d'exploitation et les débits réservés. La période de simulation couvre les années 1957 à 2003. Des déversements à un site donné se produisent lorsque le niveau maximum d'exploitation est atteint.

Les données de base utilisée pour ces calculs sont :

- les courbes d'emménagement de chacun des réservoirs, qui ont été établies à partir des relevés topographiques laser;
- les débits hebdomadaires à chacun des sites. Les débits mesurés à la station MEQ 073801, pour la période comprise entre 1956 et 2004 et à la station MEQ 073802 pour la période de 1982 à 1992, exploitées par le Centre d'expertise hydrique ont été utilisés pour générer des séries hydrologiques aux sites des quatre centrales;
- les courbes de rendement des groupes turbine-alternateur;
- les pertes de charge dans les circuits hydrauliques des centrales et leur canal de fuite;
- les relations niveau-débit à l'aval des centrales.

Les débits déversés considérés dans la présente étude sont les valeurs maximales hebdomadaires, pour chacune des années. La valeur maximale journalière dépassera donc les débits hebdomadaires considérés dans cette étude.



## **ANNEXE 15**

Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage  
situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine



ANNEXE 15. Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine.

### ***Introduction***

L'exploitation de la centrale de la Romaine-1 va provoquer une variation notable du débit sur une base journalière en période d'exploitation. En effet, immédiatement en aval de la centrale, celui-ci pourrait varier quotidiennement entre 200 et 400 m<sup>3</sup>/s, selon qu'un ou deux groupes turbines-alternateurs soient en fonction. De telles variations pourraient avoir des effets nuisibles sur des saumons juvéniles, en raison de la fluctuation rapide des conditions d'écoulement. Les alevins après l'émergence et les tacons à la recherche d'abris en période hivernale sont particulièrement sensibles aux variations de débits.

Une étude spéciale a donc été menée afin de :

- évaluer l'effet des variations de débits à l'aval de la centrale de la Romaine-1 sur les vitesses d'écoulement et les profondeurs dans les habitats d'élevage du saumon de la Romaine, soit immédiatement en aval des frayères de saumon des PK 34,5 46,2 et 48,9;
- fournir les intrants à la conception d'aménagement servant d'abris pour les saumons juvéniles.

### ***Méthodologie***

La présente analyse a porté sur trois tronçons de rivière correspondant à des habitats d'alimentation des saumons juvéniles (cartes 15-1 et 15-2). Ces tronçons ont une longueur variant entre 500 m et 1 km et sont situés immédiatement en aval des trois principales frayères de la Romaine, soit celles des PK 34, 46 et 49. Plus précisément, ces tronçons sont compris entre les PK suivants :

- Tronçon 1 : du PK 33,64 au PK 34,4;
- Tronçon 2 : du PK 44,8 au PK 45,9;
- Tronçon 3 : du PK 48,2 au PK 48,71.

L'évaluation des effets associés aux variations de débits en aval de la centrale de la Romaine-1 sur les conditions d'écoulement dans ces tronçons repose sur une modélisation 1D et sur des relevés de vitesses de courant et de profondeurs effectués à l'été 2005.

ANNEXE 15 (suite). Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine.

### *Modélisation 1D*

Le modèle 1D utilisé dans cette étude est celui élaboré par GENIVAR (2004). Les détails concernant son application se retrouvent dans cette même référence.

L'analyse a consisté à extraire des sections transversales du modèle et à calculer, à l'aide du logiciel HEC-RAS, la vitesse d'écoulement et la profondeur moyenne sur chaque section pour des débits de 200 et de 400 m<sup>3</sup>/s au PK 52 (site de la future centrale de la Romaine-1), en tenant compte de l'effet de laminage. Le nombre de sections étudiées s'élève à cinq pour chaque tronçon.

Pour mieux décrire les variations des conditions d'écoulement le long de chaque section, celles-ci ont été subdivisées en neuf segments d'égale longueur. La vitesse et la profondeur ont été calculées dans chacun d'eux à l'aide de la méthode de la débitance partielle.

### *Relevés de vitesses et de profondeurs*

Les relevés ont été réalisés lors de deux campagnes qui ont eu lieu à des débits très proches de ceux qui prévaudront en conditions futures, lorsqu'un ou deux groupes seront en fonction. La première campagne a eu lieu entre le 14 et le 16 juin, alors que le débit à la station hydrométrique 073801 était de 379 m<sup>3</sup>/s (l'équivalent de deux groupes turbines-alternateurs) et la seconde, du 5 au 7 juillet, à un débit de 196 m<sup>3</sup>/s (l'équivalent d'un groupe turbine-alternateur).

Les relevés ont consisté à mesurer la vitesse du courant et la profondeur à plusieurs points répartis dans les tronçons d'étude. Les mêmes points ont été visités lors des deux campagnes de relevés afin de pouvoir comparer les conditions d'écoulement à deux débits différents.

À chaque point, la vitesse du courant a été mesurée à différentes profondeurs afin d'obtenir un profil vertical. Ainsi, des mesures ont été effectuées à 0,2 *h*, 0,6 *h* et 0,8 *h* (*h* étant la profondeur à partir de la surface), ainsi qu'à 10, 20, 30, 40 et 50 cm au-dessus du fond. Le niveau d'eau a aussi été mesuré à chacun des points.

Les mesures de vitesse ont été effectuées à l'aide d'un courantomètre à induction électromagnétique de marque Marsh-McBirney. Les niveaux d'eau ont été mesurés au moyen d'un appareil GPS de haute précision ( $\pm 1$  cm) de marque Thales Z-Max, muni d'une antenne UHF Vortex, avec le mode d'acquisition de données RTK (*Real Time Kinematic*).

ANNEXE 15 (suite). Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine.

Sur l'ensemble des vitesses mesurées, plusieurs ont été écartés de l'analyse en raison de difficultés techniques rencontrées sur le terrain. L'analyse a donc porté sur cinq points de mesure, situés aux PK 32,5, 44,55 et 43,65.

### ***Résultats et discussion***

Les figures A15-3 et A15-4 montrent les variations de débit et de niveaux d'eau à différents PK en aval de la centrale de la Romaine-1. Plus la distance entre les sites et la centrale est grande, plus l'effet de laminage est important, ce qui modifie l'amplitude des fluctuations du débit. Au PK 49, l'effet de laminage n'est pas encore perceptible, alors qu'aux PK 46 et 34,5, les débits de pointe sont plus faibles, soit de 380 m<sup>3</sup>/s et de 300 m<sup>3</sup>/s, respectivement. Après les pointes, le débit redescend à 200 m<sup>3</sup>/s à tous les sites.

Le tableau A15-1 présente les profondeurs moyennes et maximales dans les trois tronçons étudiés pour des débits de 200 et 400 m<sup>3</sup>/s au droit de la centrale de la Romaine-1. L'écart de la profondeur moyenne entre ces deux débits sera de 0,14 m à 0,86 m, selon les sections. La profondeur maximale pourrait varier de 0,69 m dans le tronçon 1 et d'un peu plus de 0,90 m dans les deux autres tronçons.

Pour ce qui est de la vitesse d'écoulement moyenne sur les sections transversales modélisées (tableau A15-2), leur variation sera d'environ 0,09 m/s dans les tronçons 1 et 2 et de 0,18 m/s dans le tronçon 3. Les figures A15-5 à A15-14 illustrent la répartition des vitesses le long de chaque section, telle qu'obtenue par la méthode de la débitance partielle.

Les profils verticaux de vitesses mesurées sur les cinq points retenus pour l'analyse sont illustrés aux figures 15-15 et 15-16. Il s'en dégage que l'écart de vitesses entre les débits à un et à deux groupes sera variable selon la profondeur. Il est grand près de la surface et s'amenuise vers le fond. Près du fond (0,1 à 0,5 m), là où sont généralement concentrés les saumons juvéniles, l'écart des vitesses de courant varie de 0,02 à 0,42 m/s, avec une fluctuation moyenne de 0,09 m/s.

ANNEXE 15 (suite). Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine.

Tableau A15-1. Profondeurs moyennes et maximales évaluées au moyen de la modélisation 1D.

Section du modèle hydrodynamique (PK)	Profondeur moyenne (m)				Profondeur maximale (m)			
	100 m <sup>3</sup> /s <sup>1</sup>	Débit à un groupe (m <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>	Débit à deux groupes (m <sup>3</sup> /s) <sup>3</sup>	Écart entre un groupe et deux groupes	100 m <sup>3</sup> /s <sup>1</sup>	Débit à un groupe (m <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>	Débit à deux groupes (m <sup>3</sup> /s) <sup>3</sup>	Écart entre un groupe et deux groupes
<b>Tronçon 1</b>								
33,64	3,27	3,85	4,30	0,45	5,72	6,66	7,35	0,69
33,7	4,26	4,9	5,37	0,47	6,58	7,52	8,21	0,69
34	2,49	3,09	3,48	0,39	3,84	4,78	5,47	0,69
34,22	1,94	2,37	2,95	0,58	3,33	4,29	4,98	0,69
34,4	0,99	1,78	2,42	0,64	1,86	2,82	3,51	0,69
<b>Moyenne</b>	<b>2,59</b>	<b>3,20</b>	<b>3,70</b>	<b>0,51</b>	<b>4,27</b>	<b>5,21</b>	<b>5,90</b>	<b>0,69</b>
<b>Tronçon 2</b>								
44,8	5,22	6	6,65	0,65	8,06	8,93	9,87	0,94
45,14	0,89	1,33	2,05	0,72	1,86	2,73	3,68	0,95
45,24	1,00	1,32	2,18	0,86	2,39	3,26	4,21	0,95
45,8	0,67	1,15	2,01	0,86	1,43	2,28	3,22	0,94
45,9	0,85	1,21	2,00	0,79	1,54	2,37	3,30	0,93
<b>Moyenne</b>	<b>1,73</b>	<b>2,20</b>	<b>2,98</b>	<b>0,78</b>	<b>3,06</b>	<b>3,91</b>	<b>4,86</b>	<b>0,94</b>
<b>Tronçon 3</b>								
48,2	1,74	2,23	3,03	0,8	3,18	3,83	4,72	0,89
48,46	2,98	3,20	3,34	0,14	5,70	6,35	7,24	0,89
48,585	2,14	1,64	1,9	0,26	4,91	5,55	6,44	0,89
48,66	2,68	2,86	3,37	0,51	6,54	7,21	8,12	0,91
48,71	2,57	2,55	2,9	0,35	7,57	8,25	9,16	0,91
<b>Moyenne</b>	<b>2,42</b>	<b>2,50</b>	<b>2,91</b>	<b>0,41</b>	<b>5,58</b>	<b>6,24</b>	<b>7,14</b>	<b>0,90</b>

1 Conditions hivernales moyennes actuelles.

2 Conditions hivernales futures, débit de base de 200 m<sup>3</sup>/s.

3 En conditions hivernales futures, le débit à deux groupes est de 300 m<sup>3</sup>/s au PK 34,5 et de 400 m<sup>3</sup>/s aux PK 46 et 49 en raison de l'effet de laminage.

ANNEXE 15 (suite). Caractérisation des conditions d'écoulement dans les habitats d'élevage situés en aval des principales frayères à saumon de la Romaine.

Tableau A15-2. Vitesses de courant moyennes évaluées au moyen de la modélisation 1D.

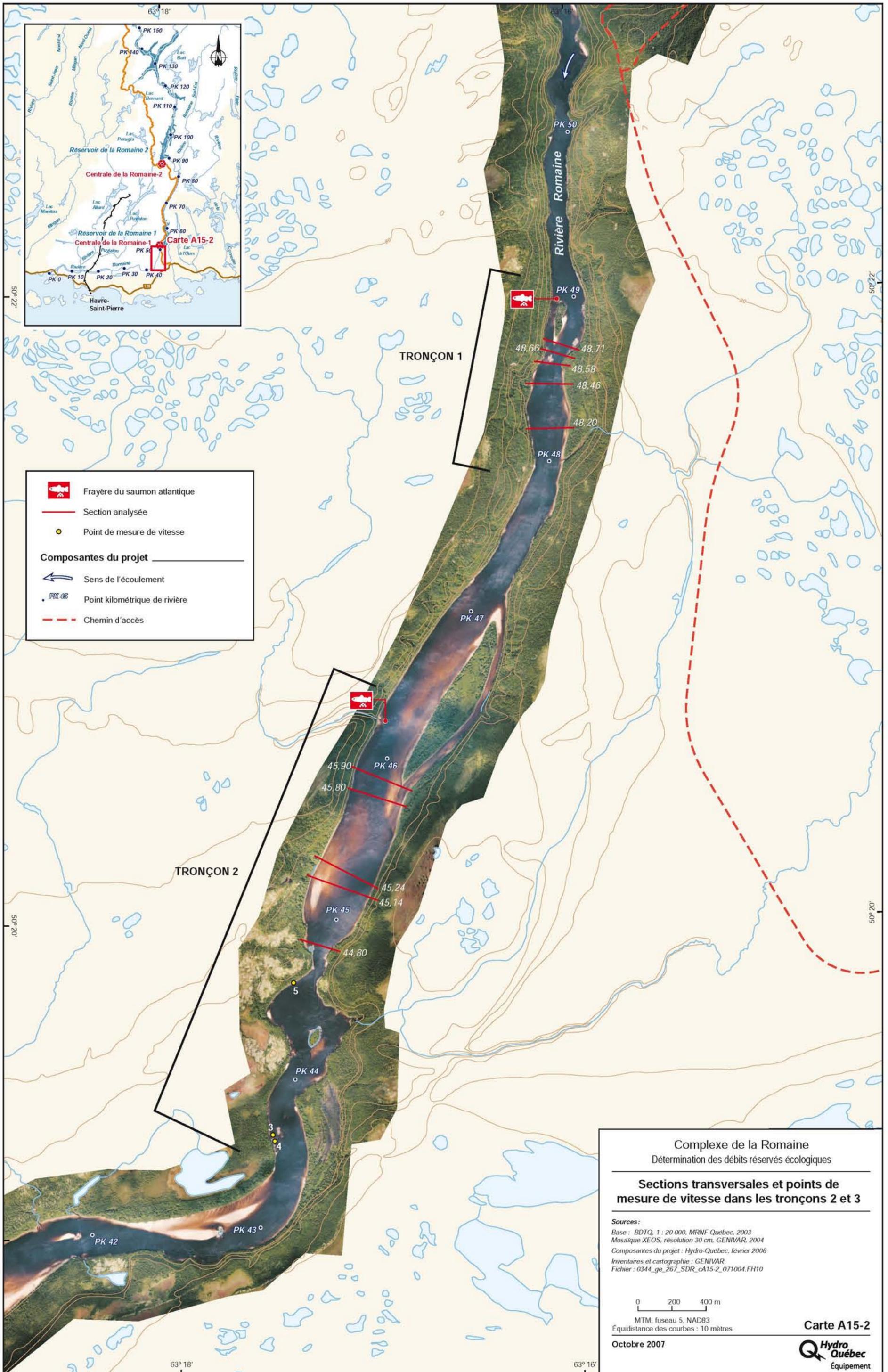
	Vitesse moyenne (m/s)			
	100 m <sup>3</sup> /s <sup>1</sup>	Débit à un groupe (m <sup>3</sup> /s) <sup>2</sup>	Débit à deux groupes (m <sup>3</sup> /s) <sup>3</sup>	Écart entre un groupe et deux groupes
<b>Tronçon 1</b>				
33,64	0,30	0,45	0,57	0,12
33,7	0,22	0,35	0,46	0,11
34	0,39	0,56	0,68	0,12
34,22	0,36	0,46	0,53	0,07
34,4	0,54	0,53	0,57	0,04
<b>Moyenne</b>	<b>0,36</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,09</b>
<b>Tronçon 2</b>				
44,8	0,20	0,34	0,58	0,24
45,14	0,58	0,51	0,56	0,05
45,24	0,44	0,43	0,49	0,06
45,8	0,70	0,55	0,60	0,05
45,9	0,56	0,50	0,55	0,05
<b>Moyenne</b>	<b>0,50</b>	<b>0,47</b>	<b>0,56</b>	<b>0,09</b>
<b>Tronçon 3</b>				
48,2	0,26	0,37	0,53	0,16
48,46	0,20	0,32	0,49	0,17
48,59	0,71	1,0	1,21	0,21
48,66	0,25	0,40	0,60	0,20
48,71	0,27	0,42	0,60	0,18
<b>Moyenne</b>	<b>0,34</b>	<b>0,50</b>	<b>0,69</b>	<b>0,18</b>

1 Conditions hivernales moyennes actuelles.

2 Conditions hivernales futures, débit de base de 200 m<sup>3</sup>/s.

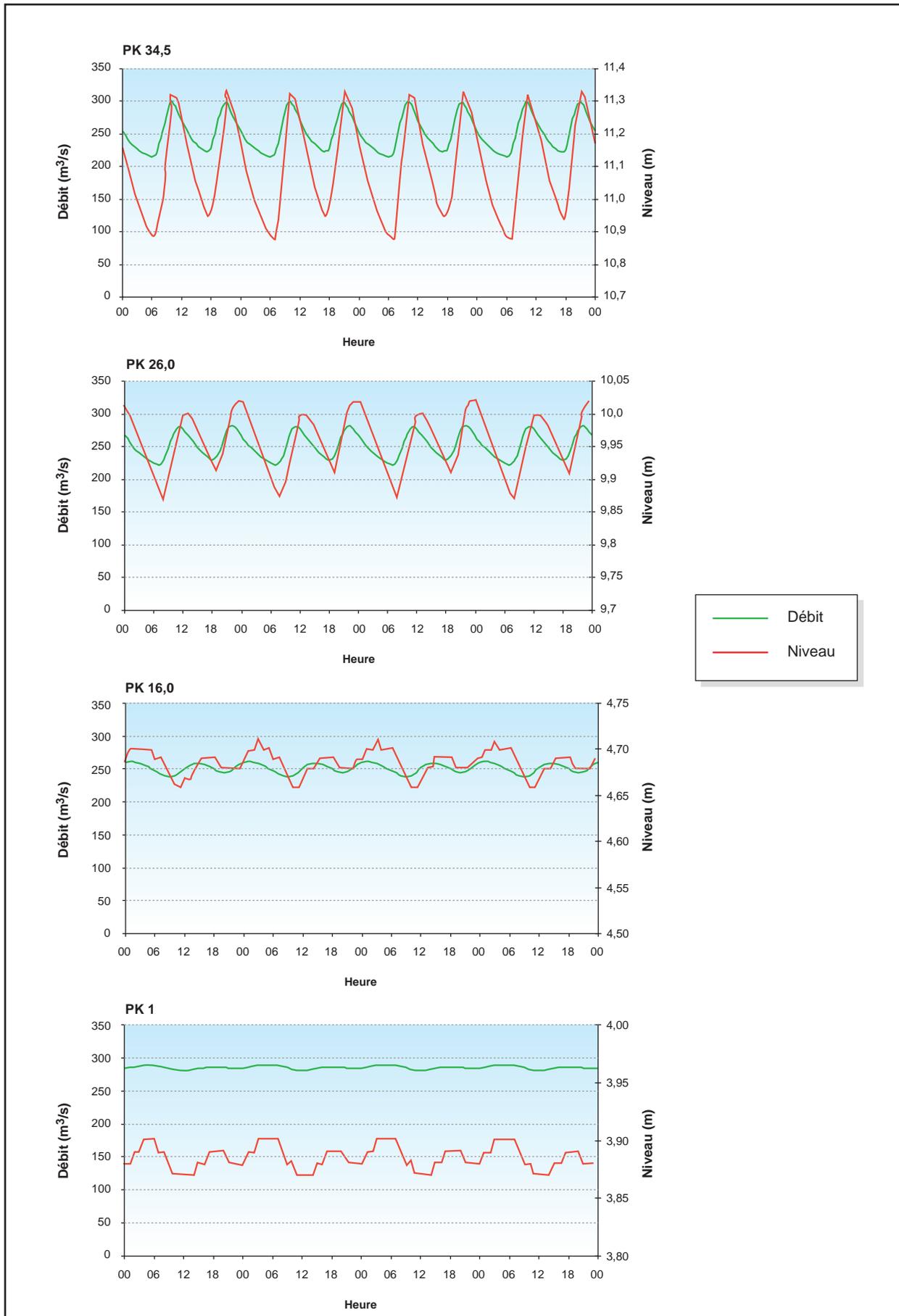
3 En conditions hivernales futures, le débit à deux groupes est de 300 m<sup>3</sup>/s au PK 34,5 et de 400 m<sup>3</sup>/s aux PK 46 et 49 en raison de l'effet de laminage.



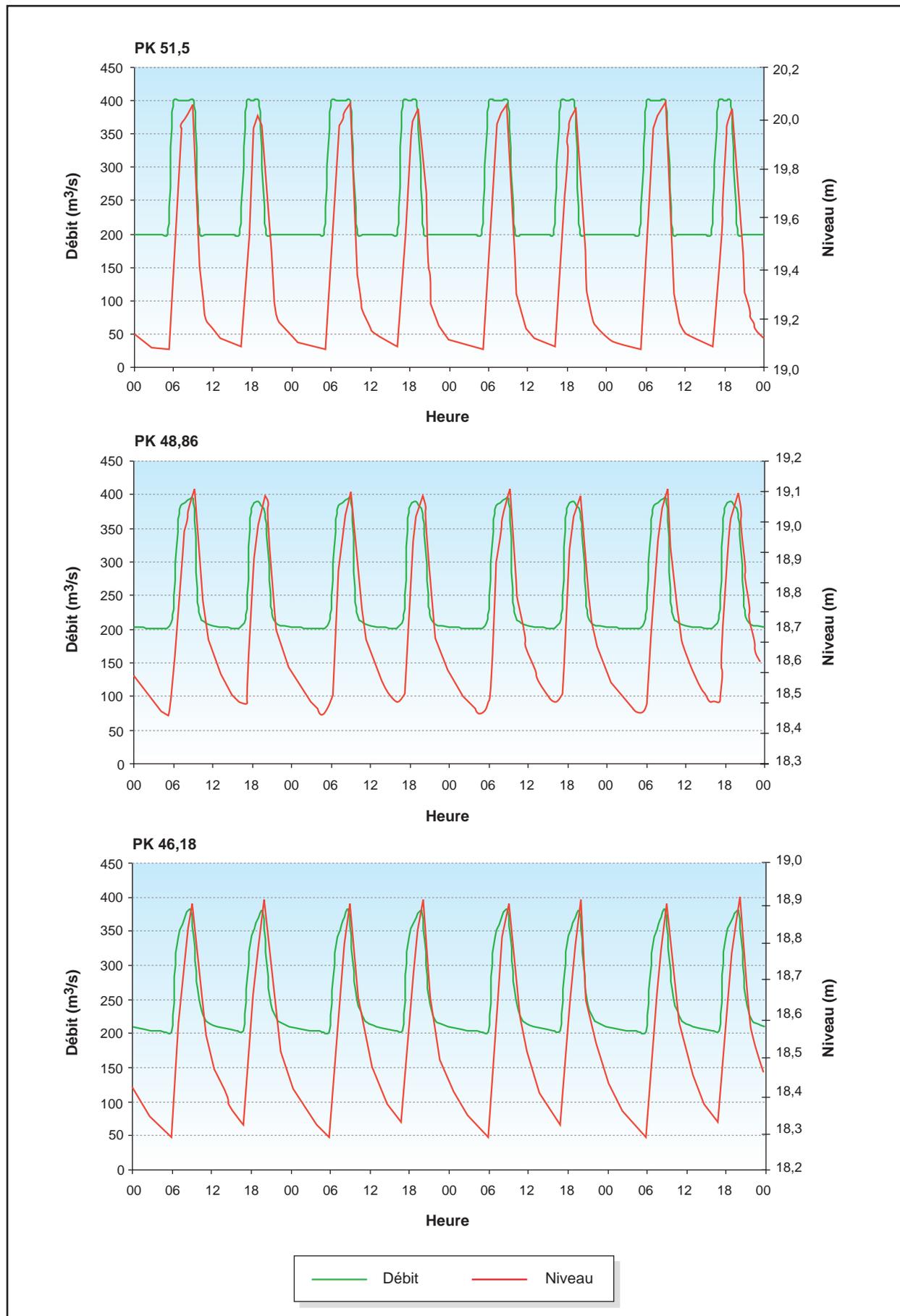




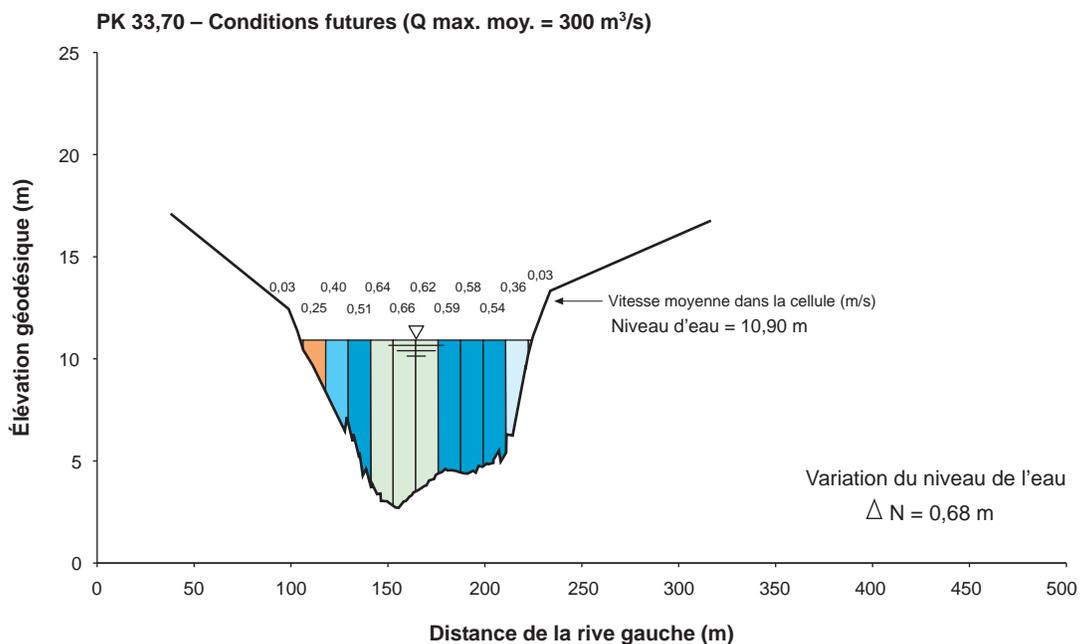
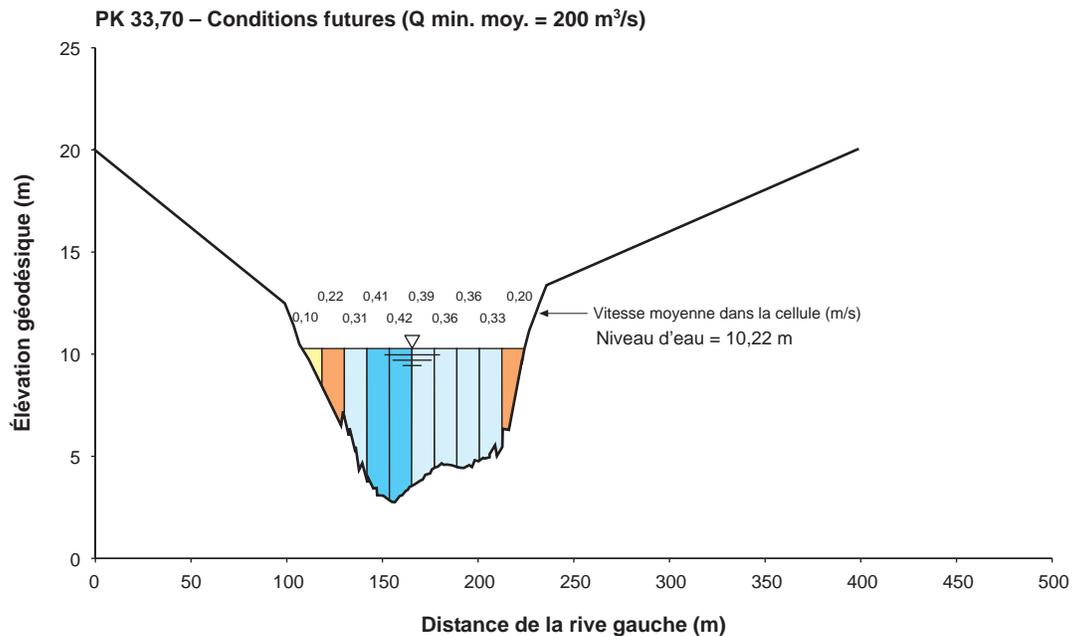
# Annexe 15-3 Variation des niveaux et débits en aval de la centrale de la Romaine-1



Annexe 15-4 Variation des niveaux et débits en aval de la centrale de la Romaine-1

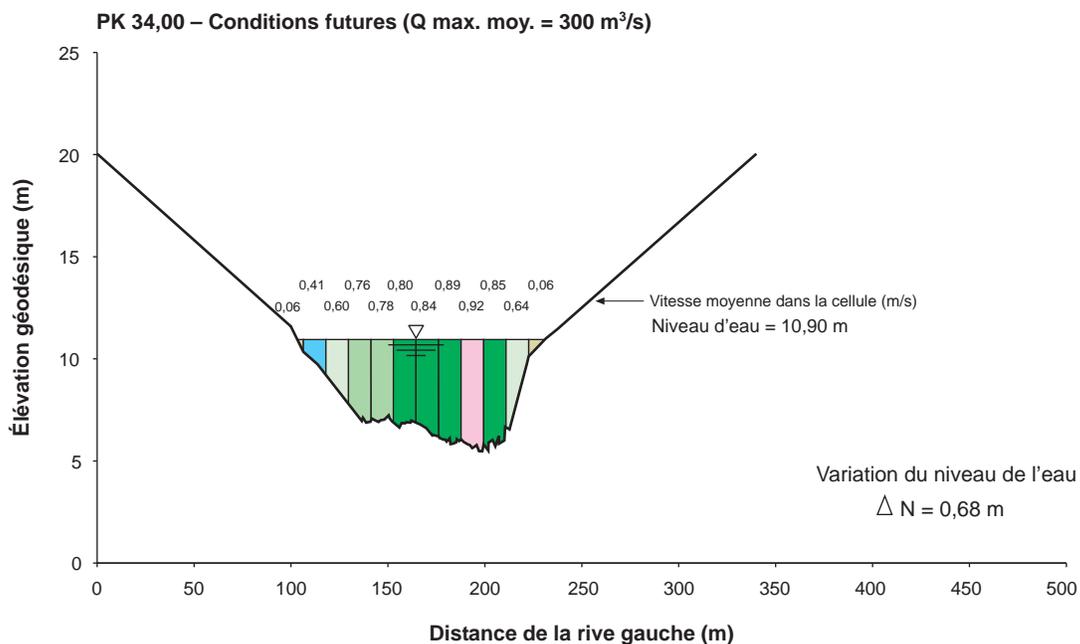
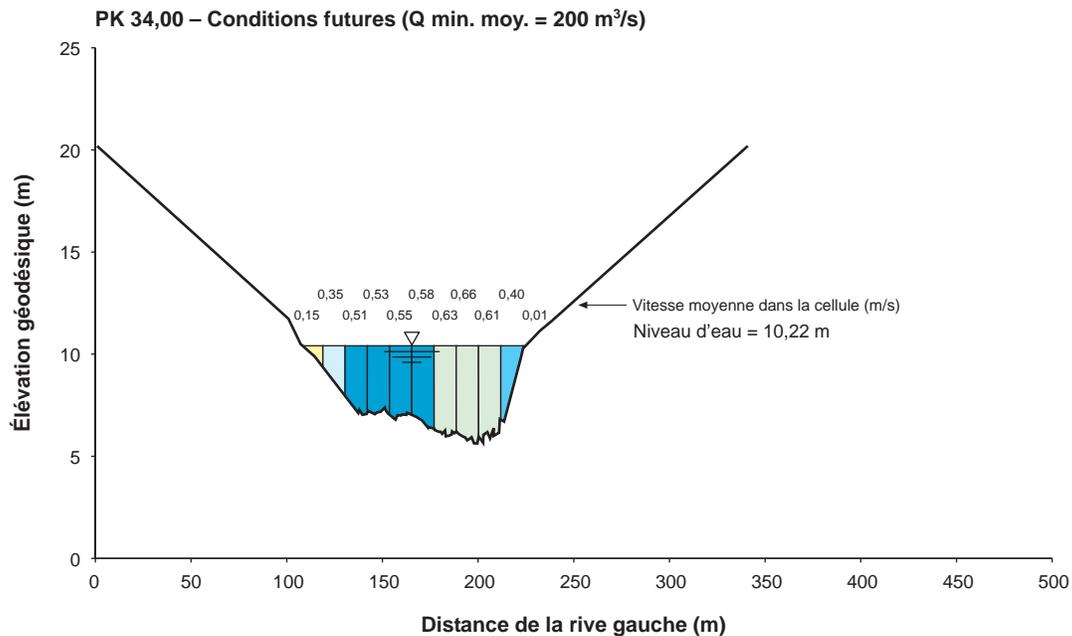


Annexe 15-5 Débitance partielle à la section PK 33,70 de la Romaine, en conditions futures



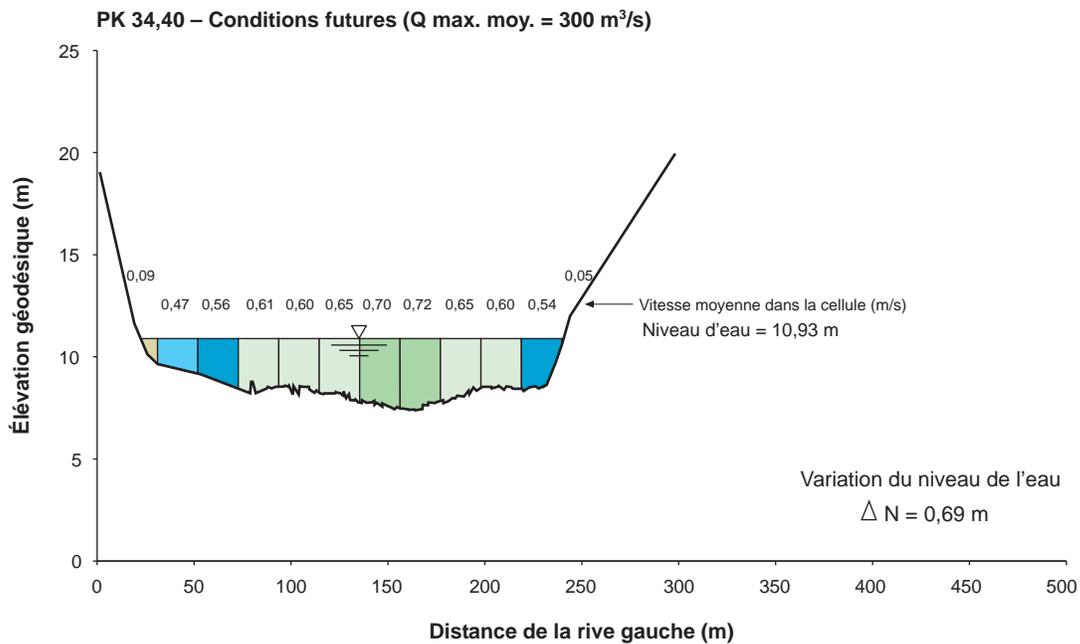
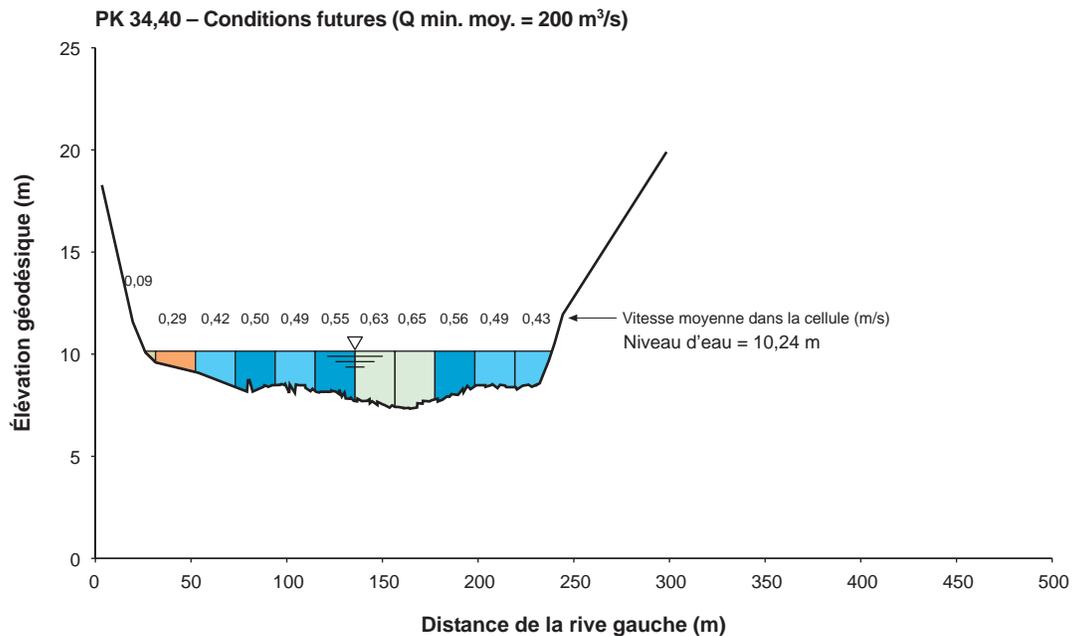
Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

Annexe 15-6 Débitance partielle à la section PK 34,00 de la Romaine, en conditions futures



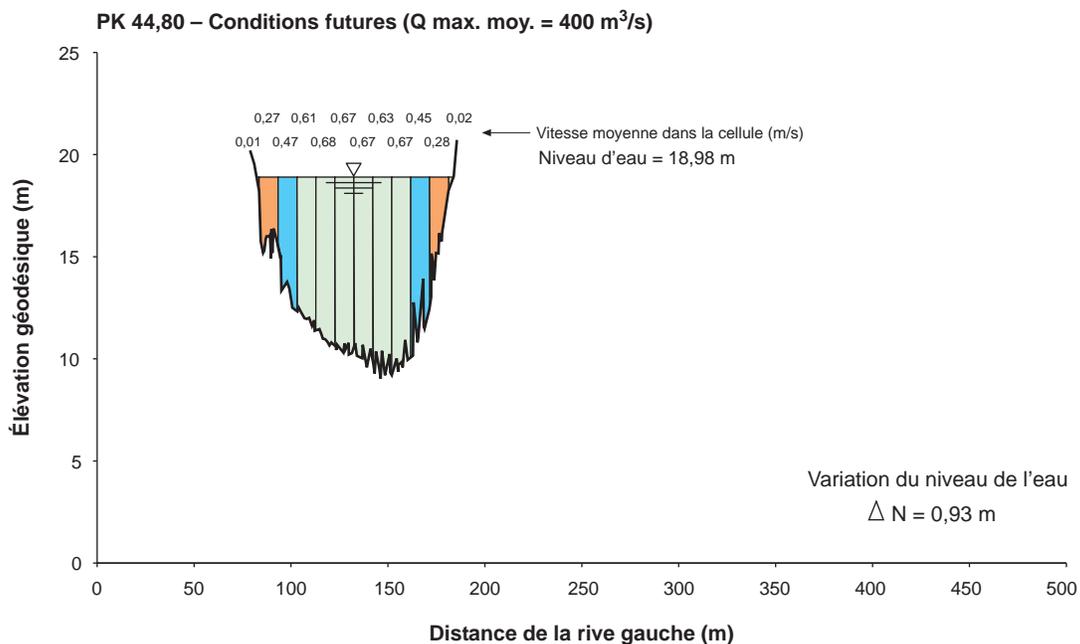
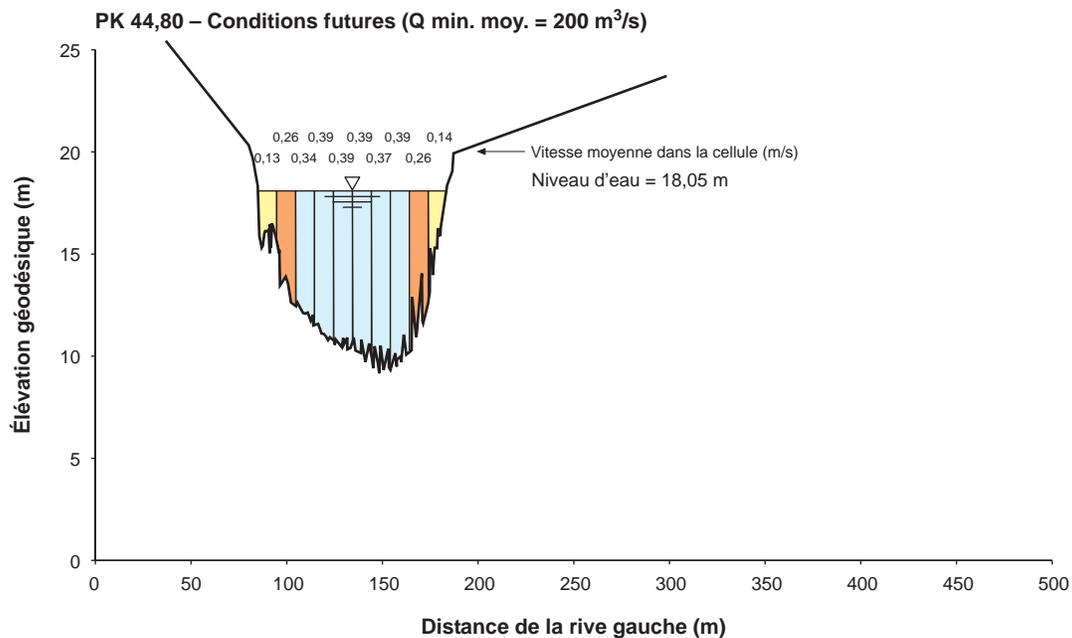
Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

Annexe 15-7 Débitance partielle à la section PK 34,40 de la Romaine, en conditions futures



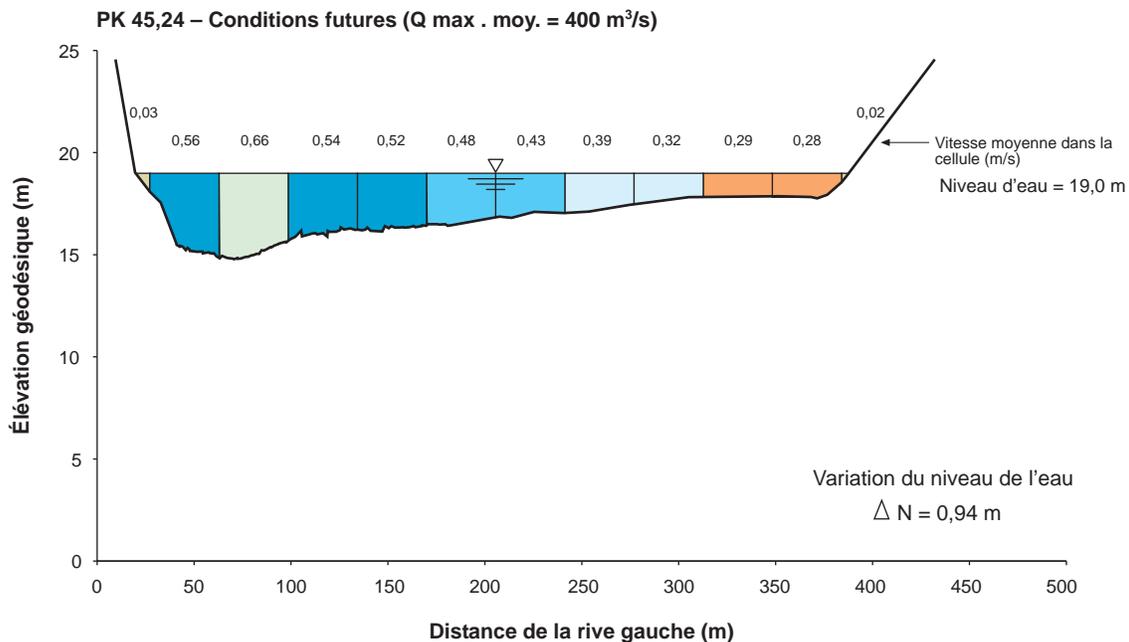
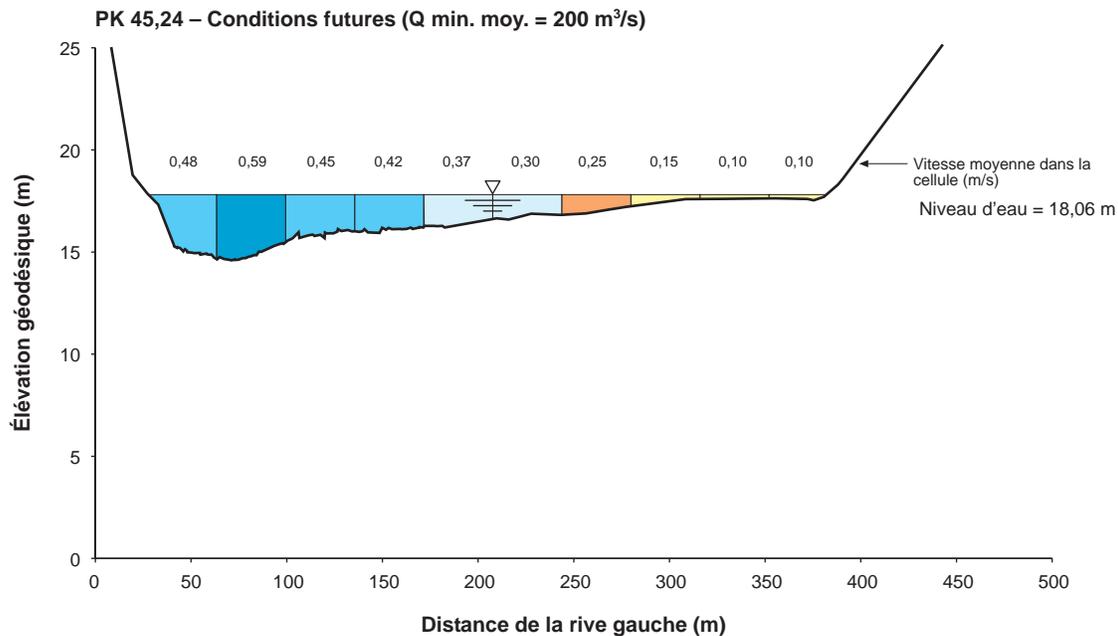
Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

Annexe 15-8 Débitance partielle à la section PK 44,80 de la Romaine, en conditions futures



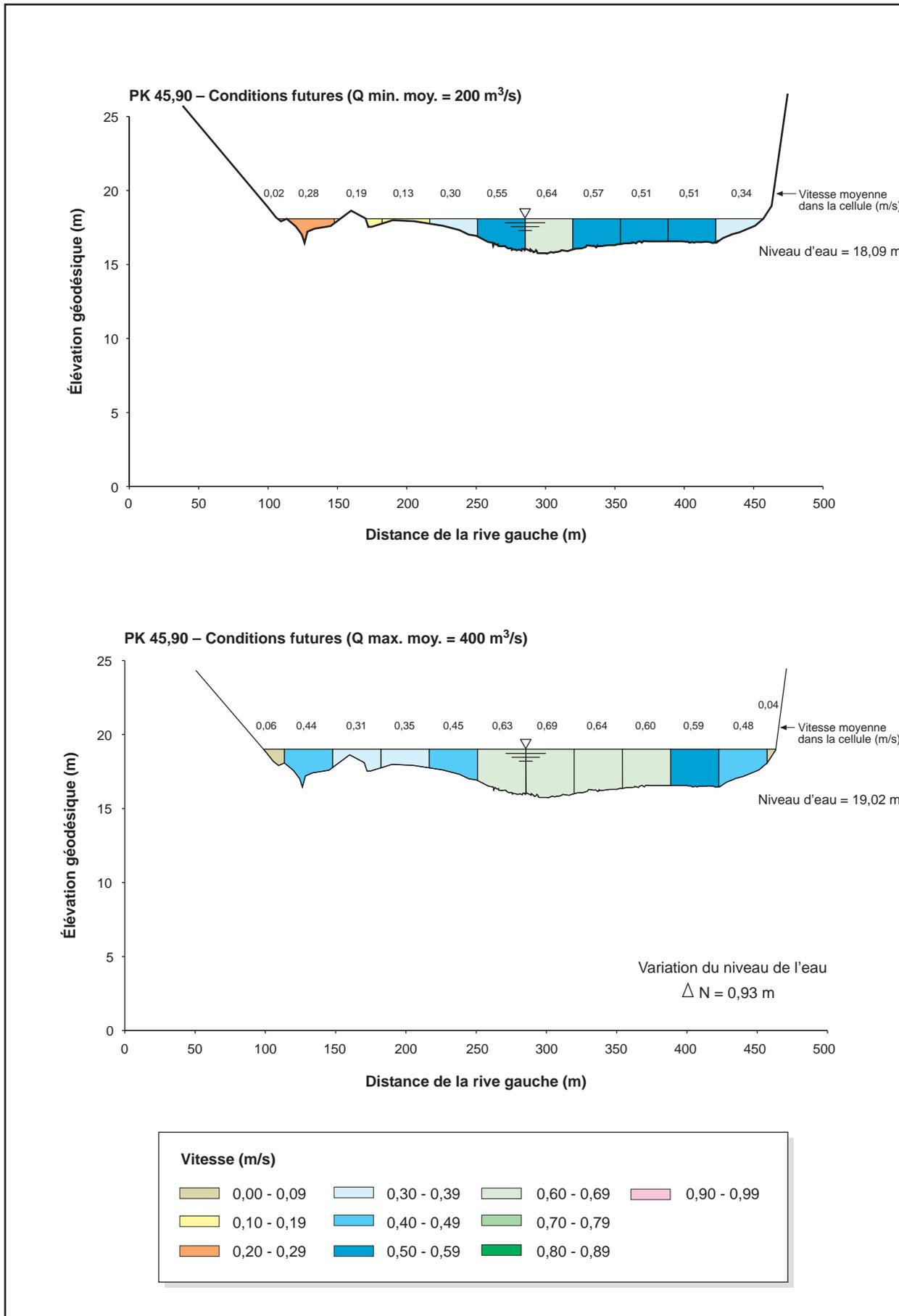
Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

Annexe 15-9 Débitance partielle à la section PK 45,24 de la Romaine, en conditions futures

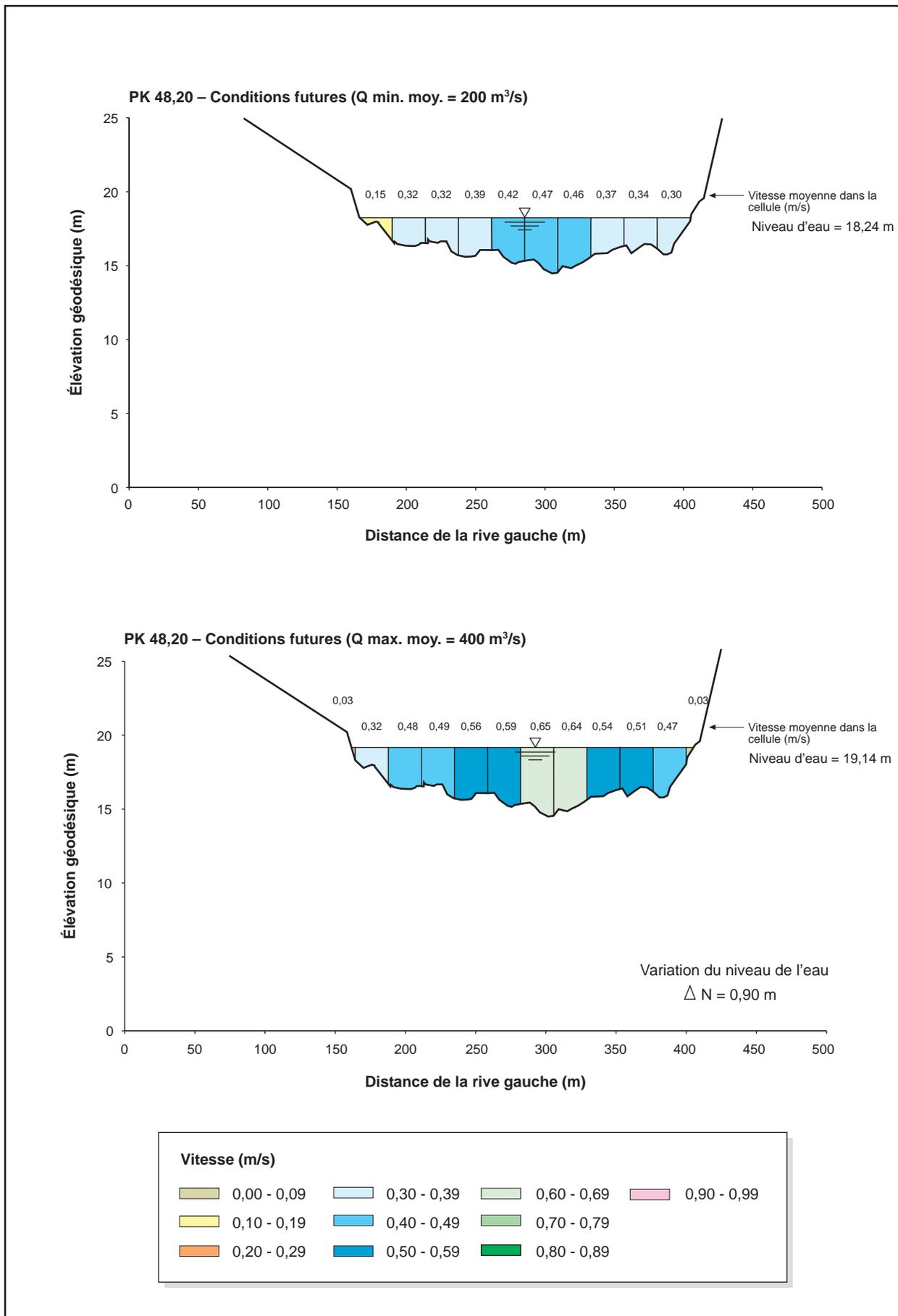


Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

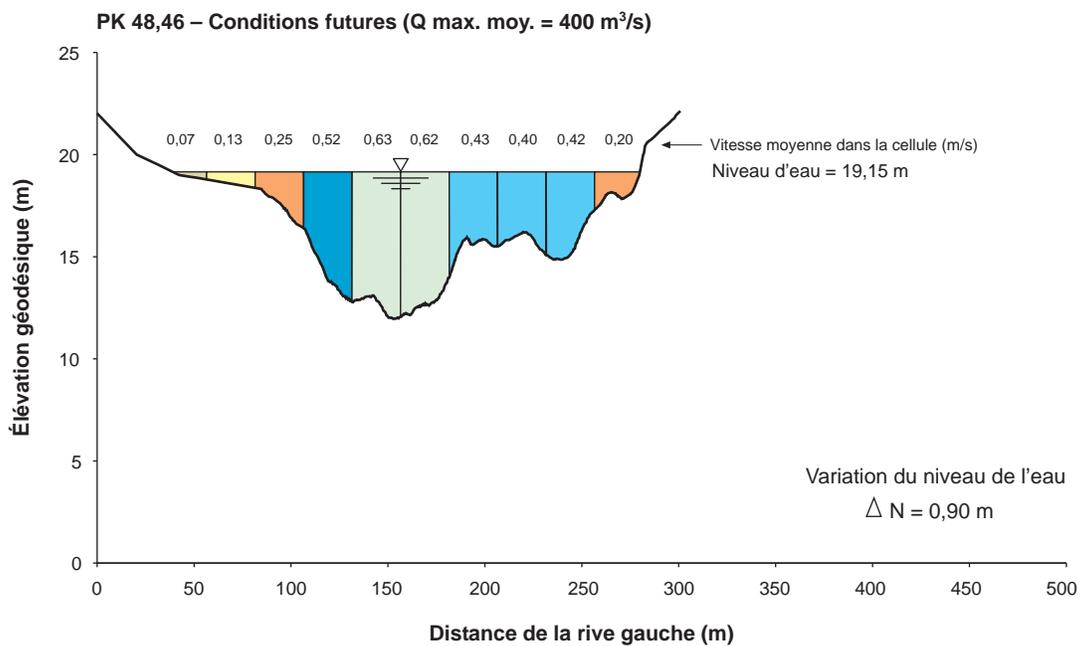
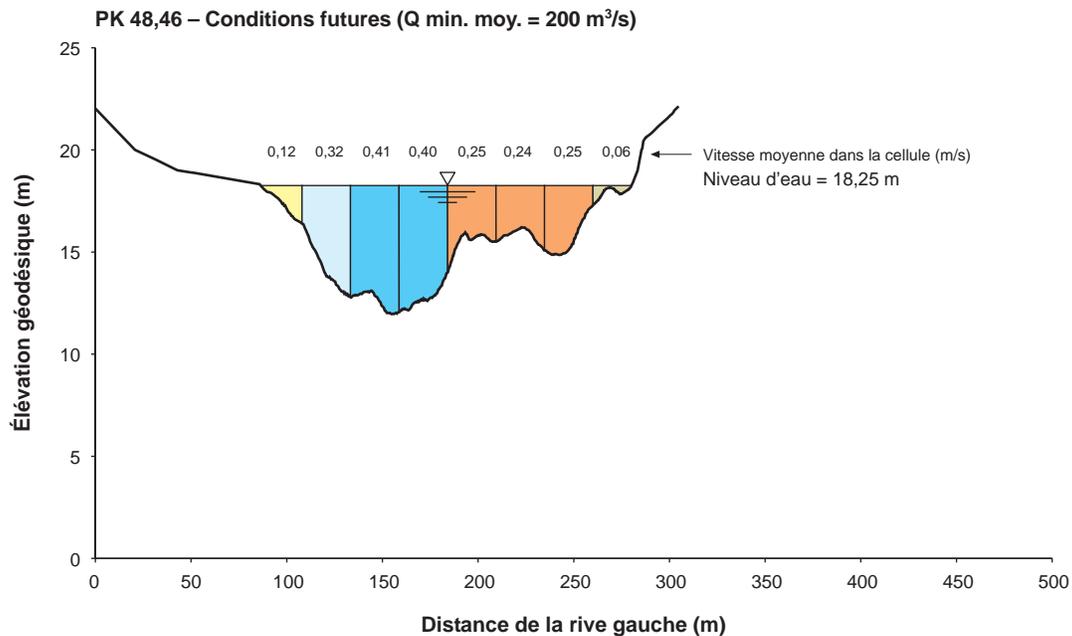
Annexe 15-10 Débitance partielle à la section PK 45,90 de la Romaine, en conditions futures



Annexe 15-11 Débitance partielle à la section PK 48,20 de la Romaine, en conditions futures

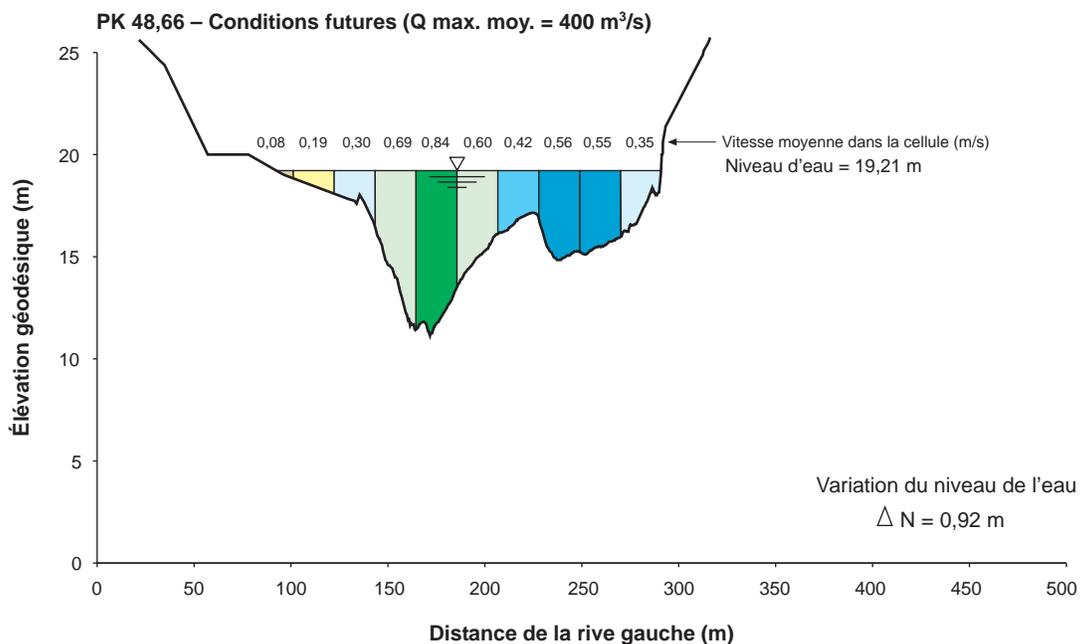
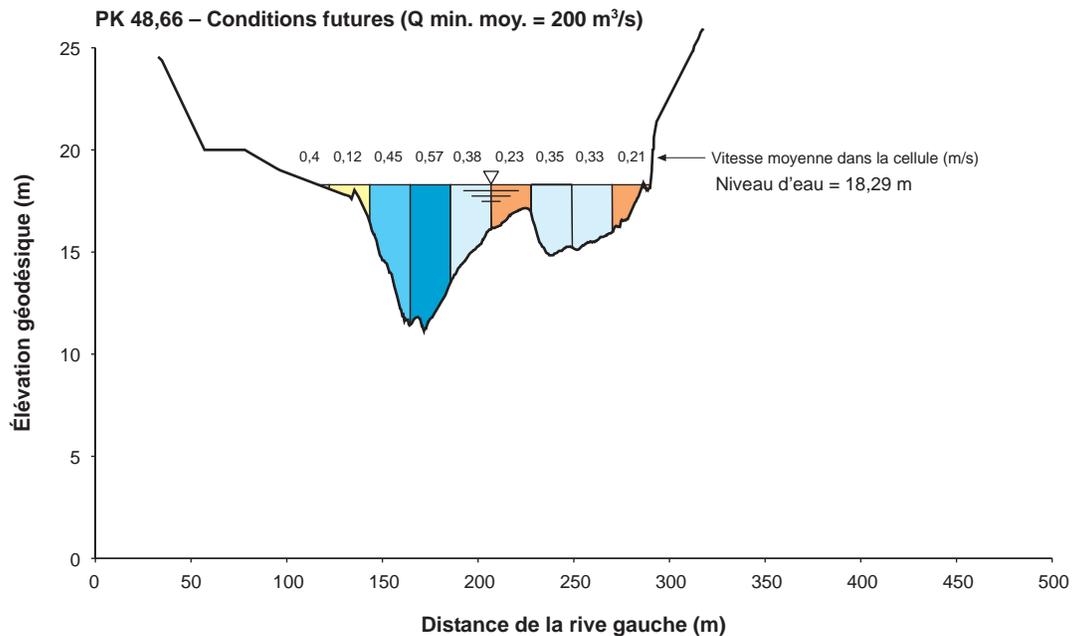


Annexe 15-12 Débitance partielle à la section PK 48,46 de la Romaine, en conditions futures



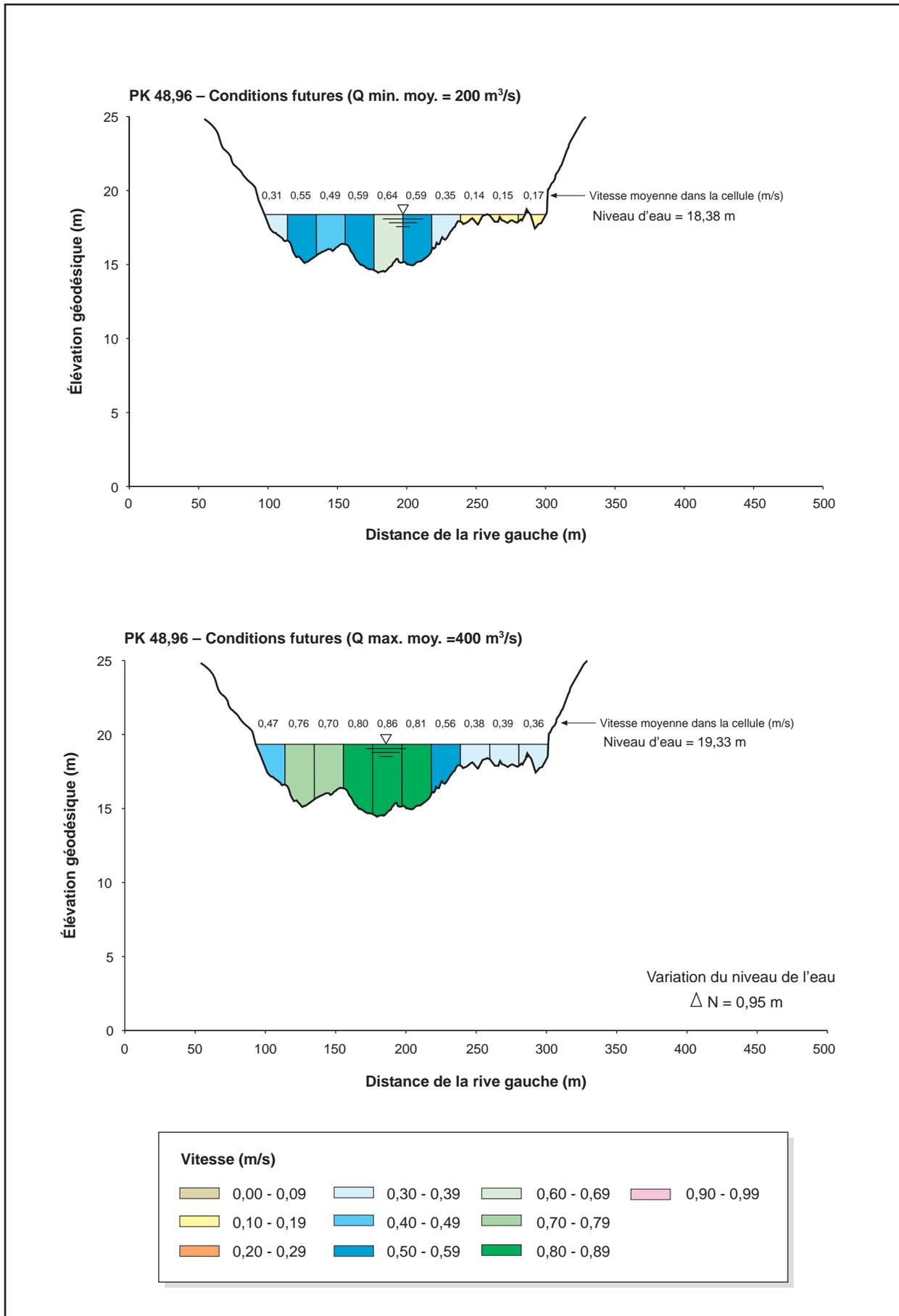
Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

Annexe 15-13 Débitance partielle à la section PK 48,66 de la Romaine, en conditions futures

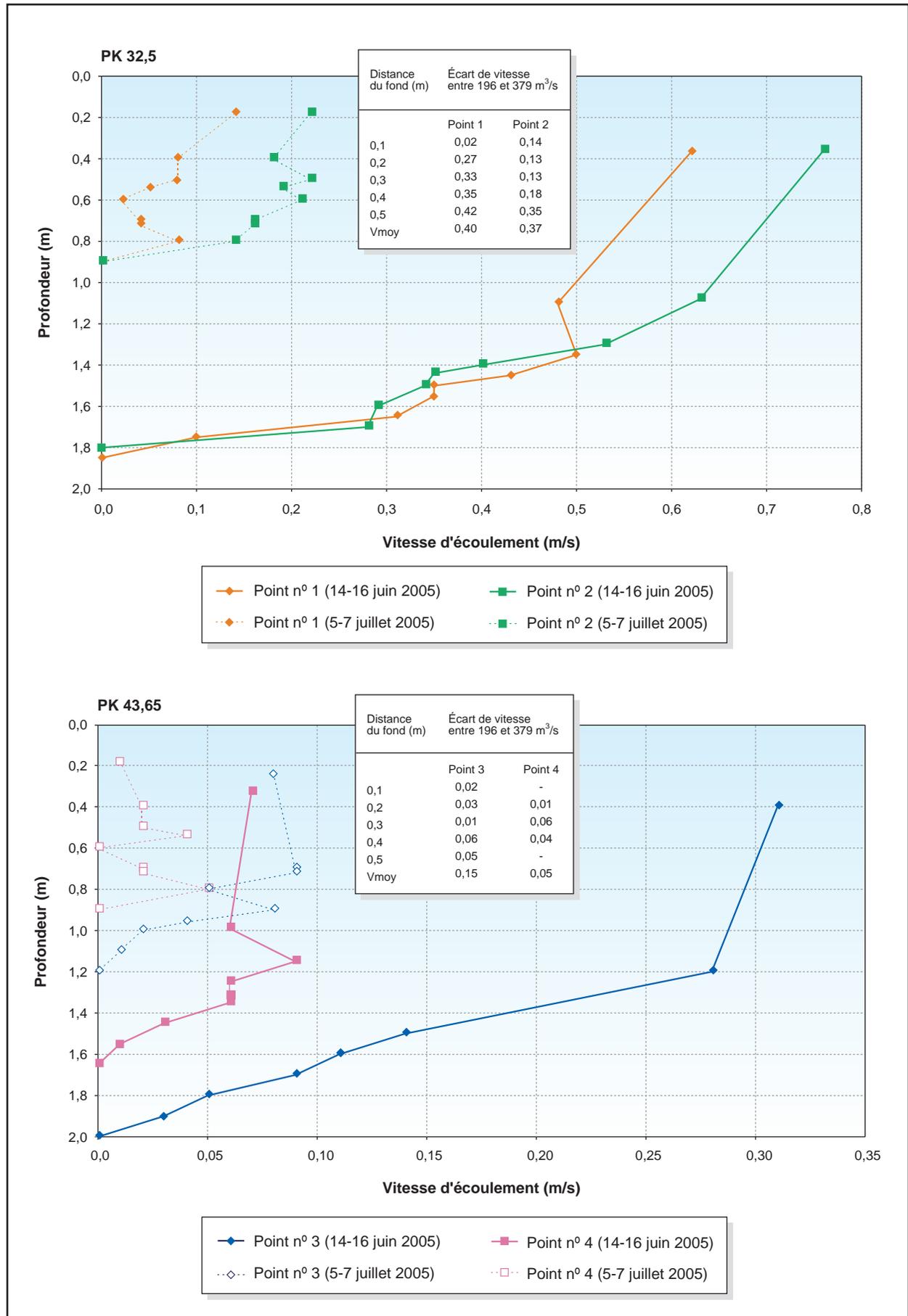


Vitesse (m/s)			
0,00 - 0,09	0,30 - 0,39	0,60 - 0,69	0,90 - 0,99
0,10 - 0,19	0,40 - 0,49	0,70 - 0,79	
0,20 - 0,29	0,50 - 0,59	0,80 - 0,89	

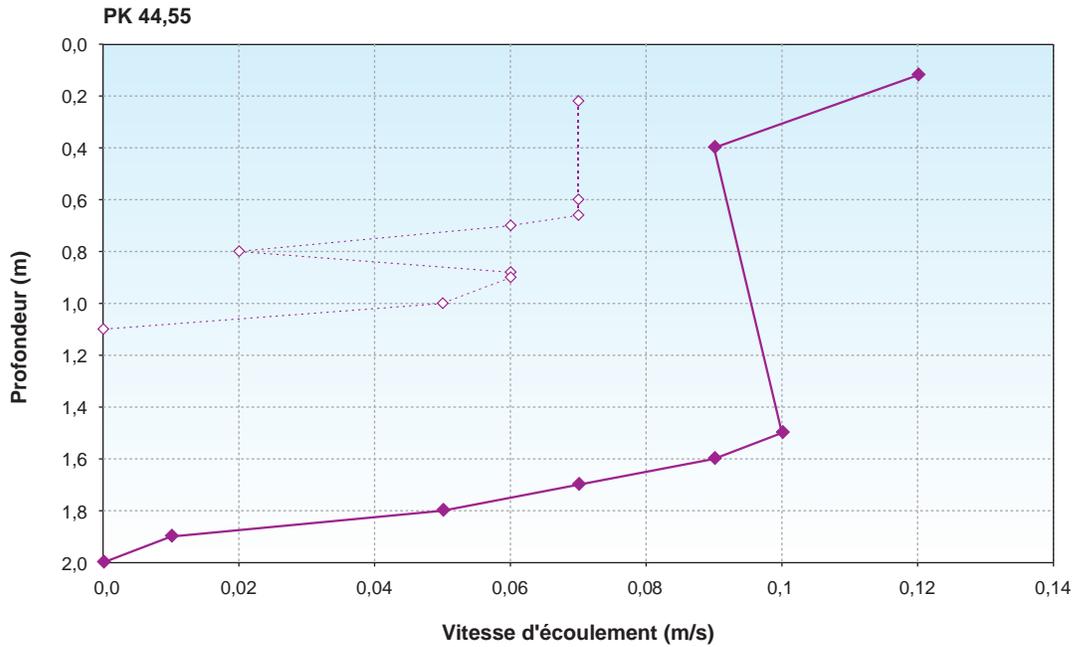
Annexe 15-14 Débitance partielle à la section PK 48,96 de la Romaine, en conditions futures



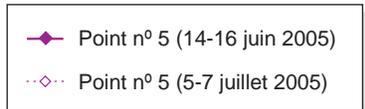
Annexe 15-15 Vitesses à différentes profondeurs à quatre points des PK 32,5 et PK 43,65, pour des débits de 379 m<sup>3</sup>/s (juin 2005) et de 196 m<sup>3</sup>/s (juillet 2005)



Annexe 15-16 Vitesses à différentes profondeurs à un point du PK 44,55, pour des débits de 379 m<sup>3</sup>/s (juin 2005) et de 196 m<sup>3</sup>/s (juillet 2005)



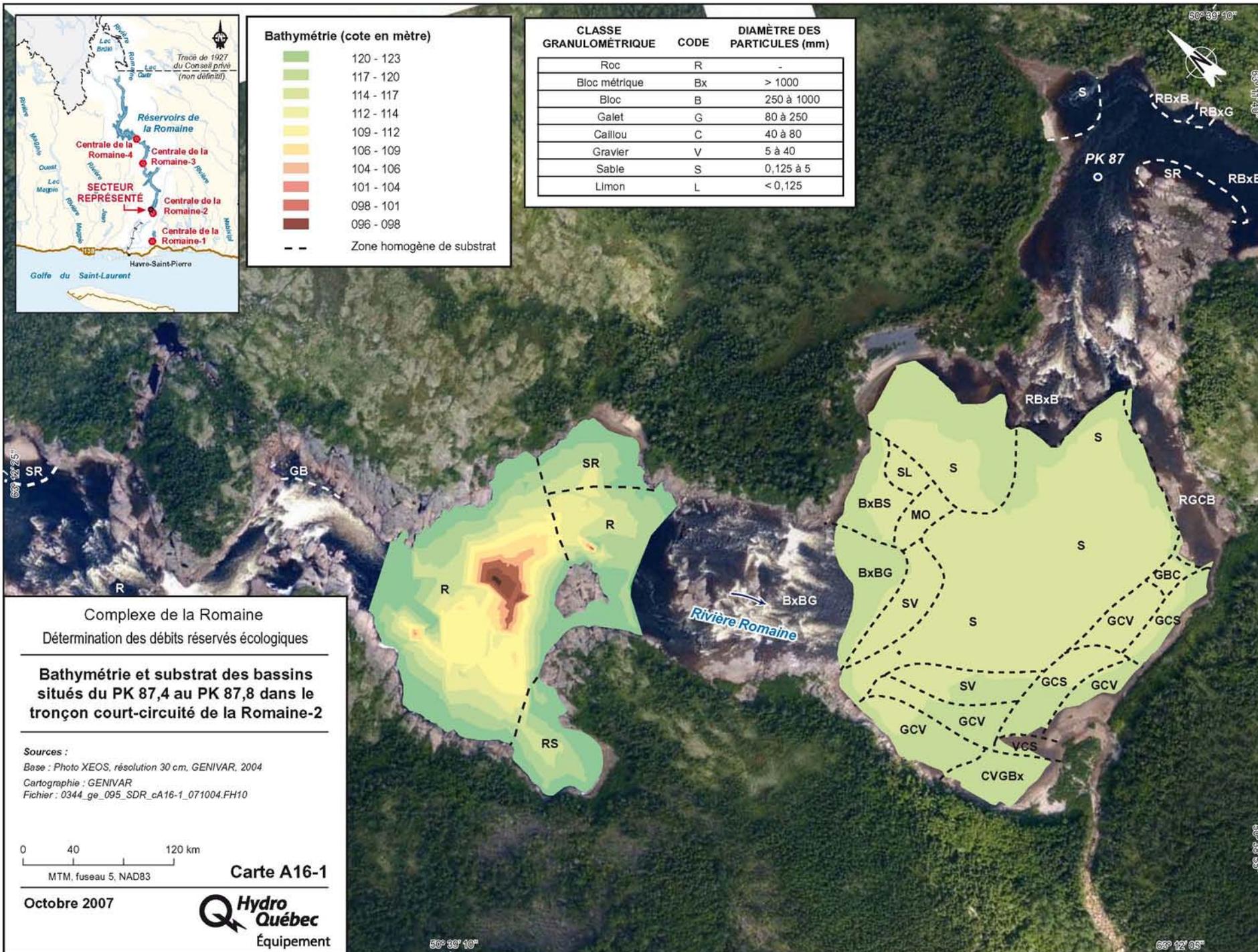
Distance du fond (m)	Écart de vitesse entre 196 et 379 m <sup>3</sup> /s
	Point 5
0,1	-
0,2	-
0,3	0,03
0,4	0,03
0,5	0,05
Vmoy	0,03



## **ANNEXE 16**

Bathymétrie et substrat des bassins situés du PK 87,4 au PK 87,8  
dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2





Complexe de la Romaine  
 Détermination des débits réservés écologiques

---

**Bathymétrie et substrat des bassins situés du PK 87,4 au PK 87,8 dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2**

Sources :  
 Base : Photo XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2004  
 Cartographie : GENIVAR  
 Fichier : 0344\_ge\_095\_SDR\_cA16-1\_071004.FH10

0 40 120 km  
 MTM, fuseau 5, NAD83

**Carte A16-1**

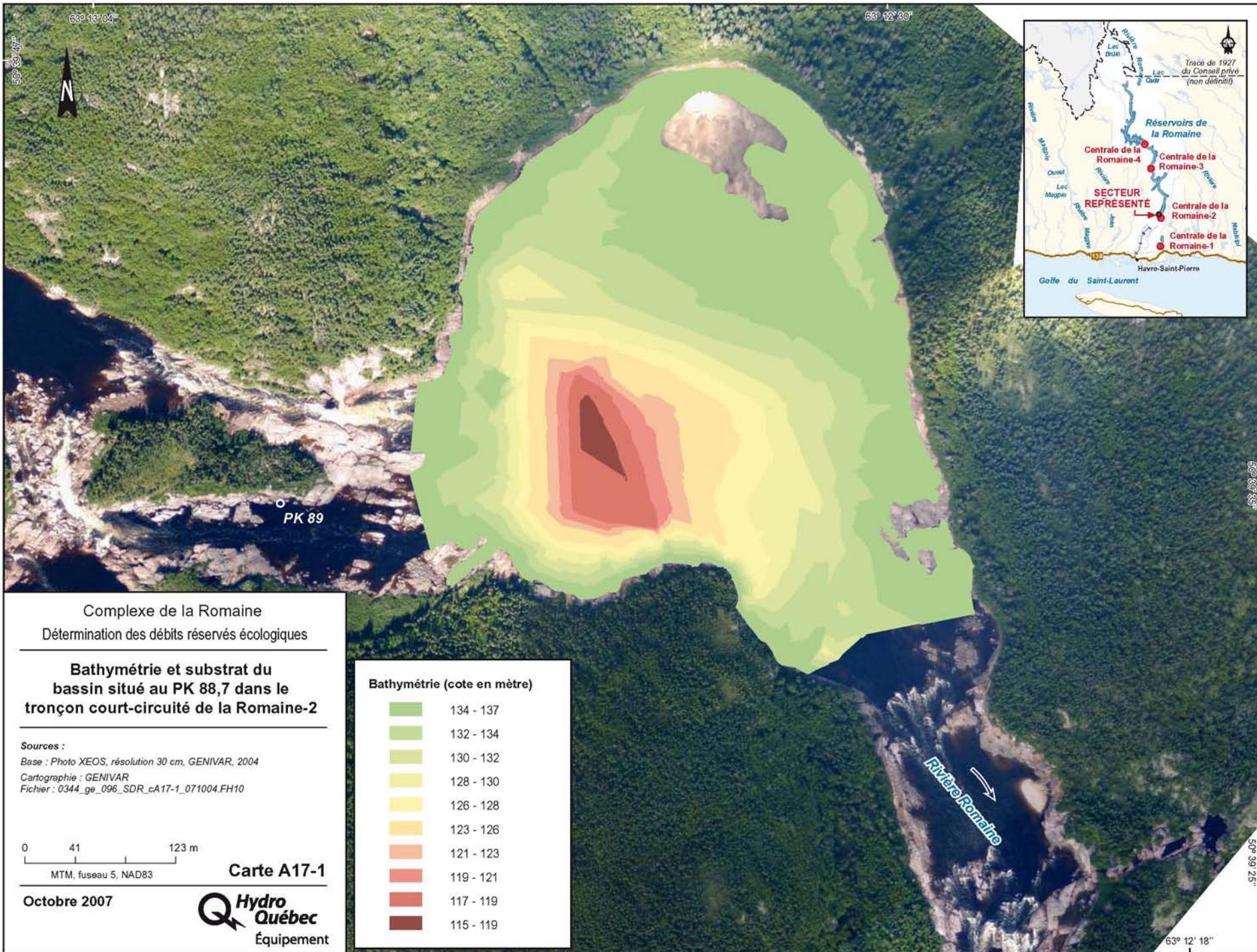
Octobre 2007



## **ANNEXE 17**

Bathymétrie et substrat du bassin situé au PK 88,7  
dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2





Complexe de la Romaine  
Détermination des débits réservés écologiques

**Bathymétrie et substrat du bassin situé au PK 88,7 dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2**

Sources :  
Base : Photo XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2004  
Cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_096\_SDR\_cA17-1\_071004.FH10



Carte A17-1

Octobre 2007



**Bathymétrie (cote en mètre)**

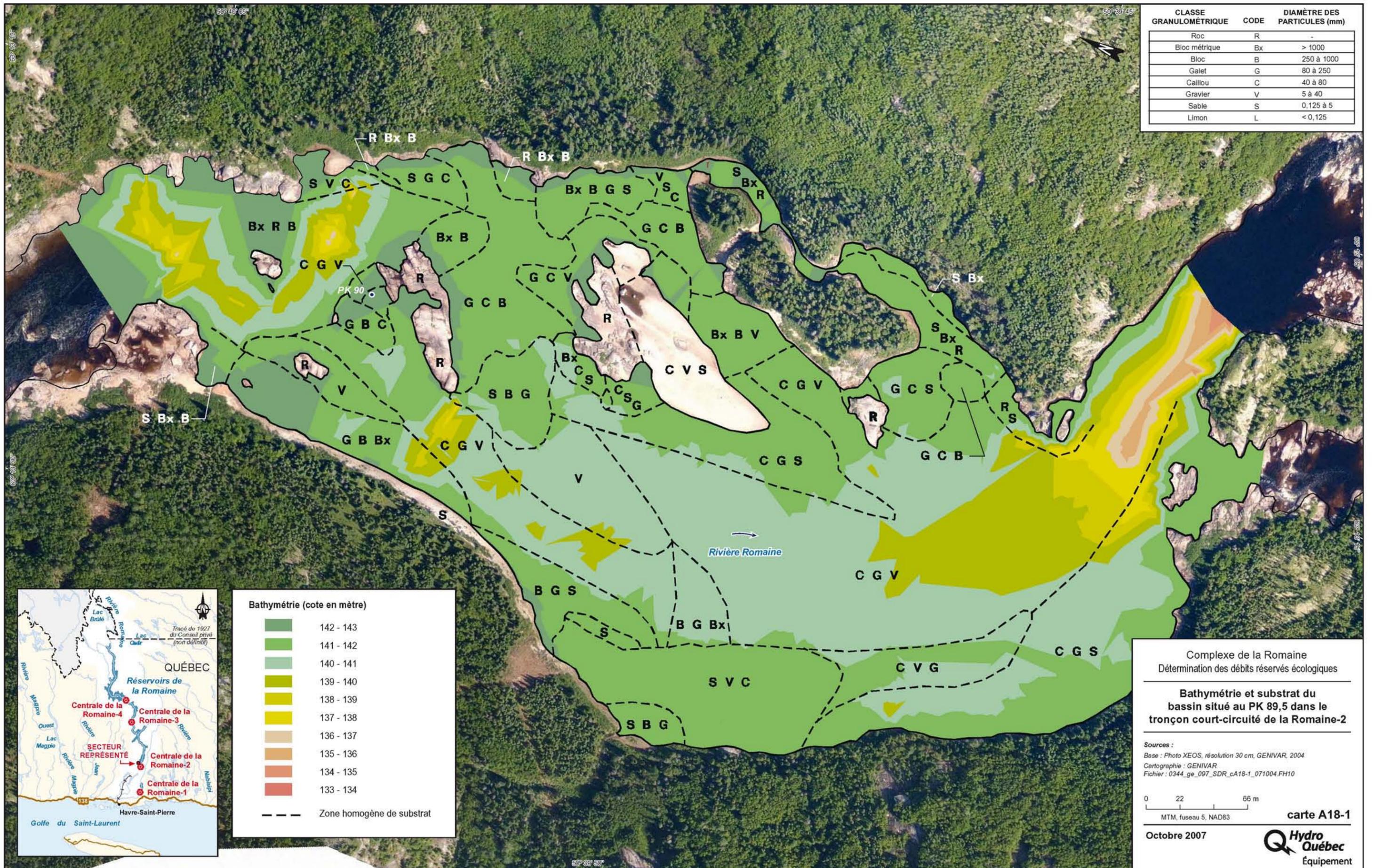
	134 - 137
	132 - 134
	130 - 132
	128 - 130
	126 - 128
	123 - 126
	121 - 123
	119 - 121
	117 - 119
	115 - 117



## **ANNEXE 18**

Bathymétrie et substrat du bassin situé au PK 89,5  
dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2





CLASSE GRANULOMÉTRIQUE	CODE	DIAMÈTRE DES PARTICULES (mm)
Roc	R	-
Bloc métrique	Bx	> 1000
Bloc	B	250 à 1000
Galet	G	80 à 250
Caillou	C	40 à 80
Gravier	V	5 à 40
Sable	S	0,125 à 5
Limons	L	< 0,125

**Bathymétrie (cote en mètre)**

[Dark Green]	142 - 143
[Medium-Dark Green]	141 - 142
[Medium Green]	140 - 141
[Light Green]	139 - 140
[Yellow-Green]	138 - 139
[Yellow]	137 - 138
[Light Yellow]	136 - 137
[Orange]	135 - 136
[Light Orange]	134 - 135
[Red-Orange]	133 - 134
[Dashed Line]	Zone homogène de substrat

Complexe de la Romaine  
Détermination des débits réservés écologiques

**Bathymétrie et substrat du bassin situé au PK 89,5 dans le tronçon court-circuité de la Romaine-2**

Sources :  
Base : Photo XEOS, résolution 30 cm, GENIVAR, 2004  
Cartographie : GENIVAR  
Fichier : 0344\_ge\_097\_SDR\_cA18-1\_071004.FH10

0 22 66 m  
MTM, fuseau 5, NAD83

carte A18-1  
Octobre 2007  
Hydro Québec  
Équipement

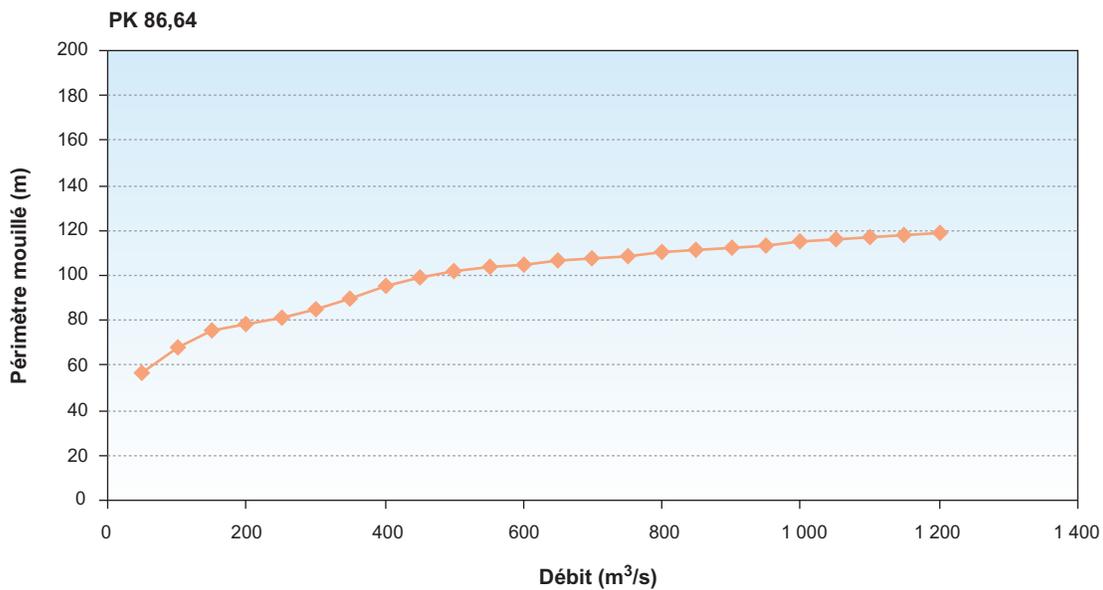
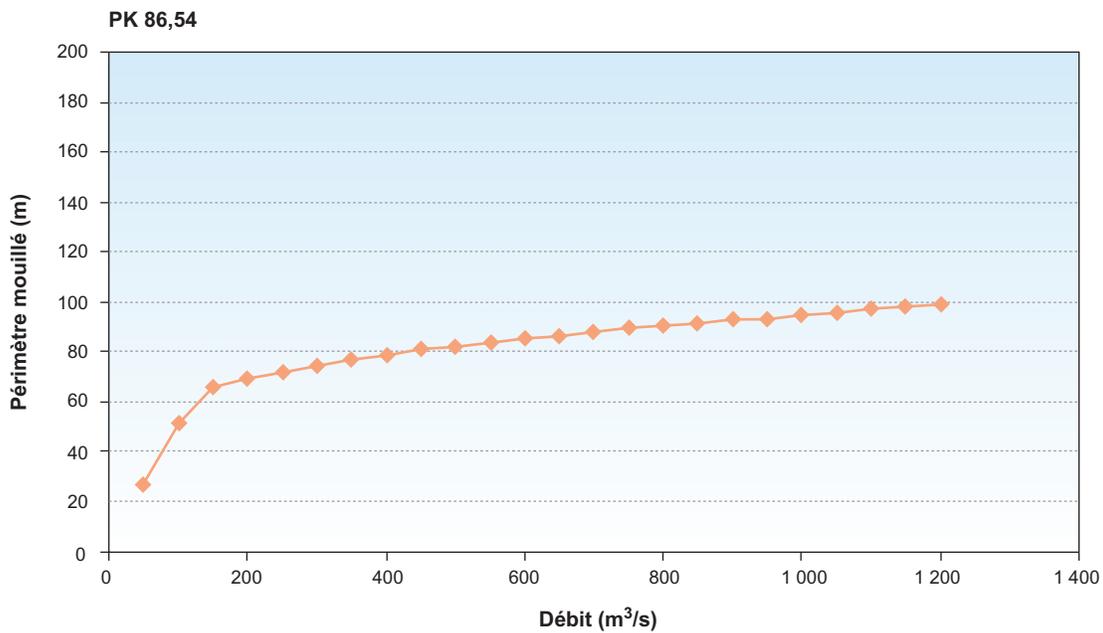


## **ANNEXE 19**

Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales relevées dans les tronçons court-circuités de la Romaine-2, de la Romaine-3 et de la Romaine-4

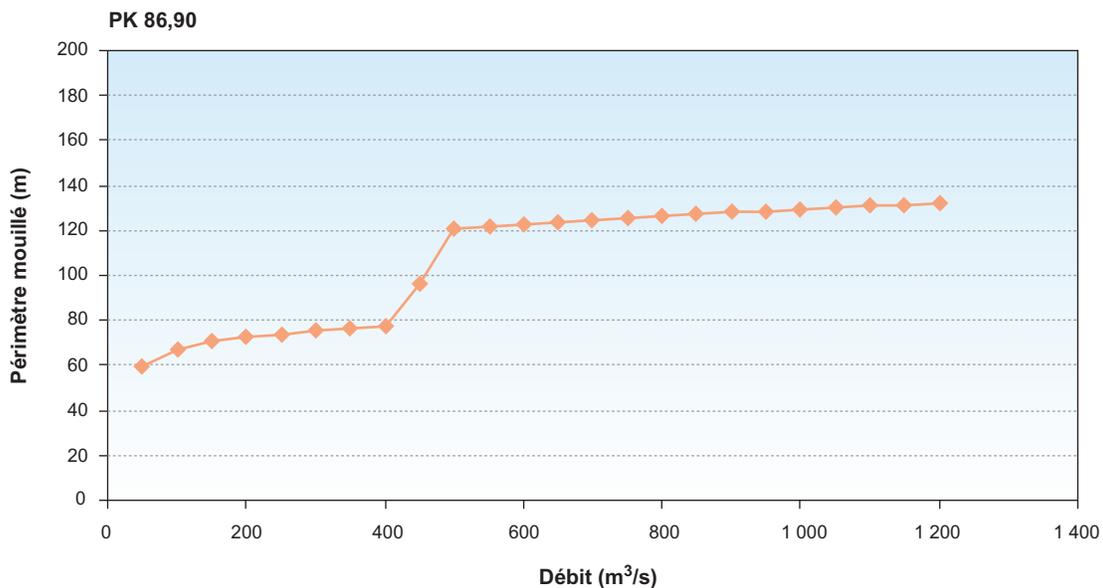
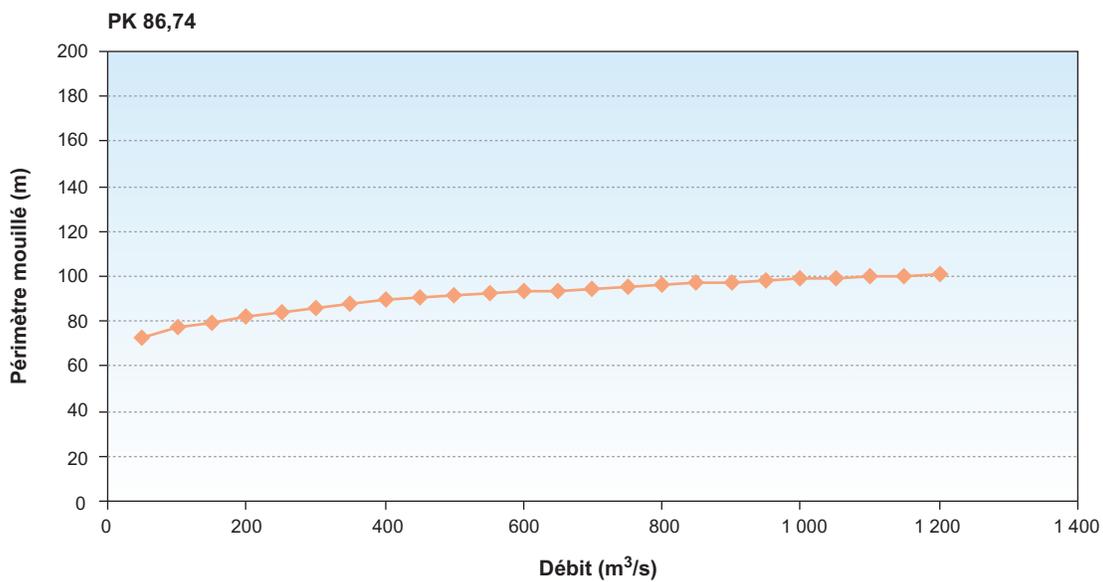


Annexe 19-1 Tronçon court-circuité de la Romaine-2 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 86,54 et au PK 86,64



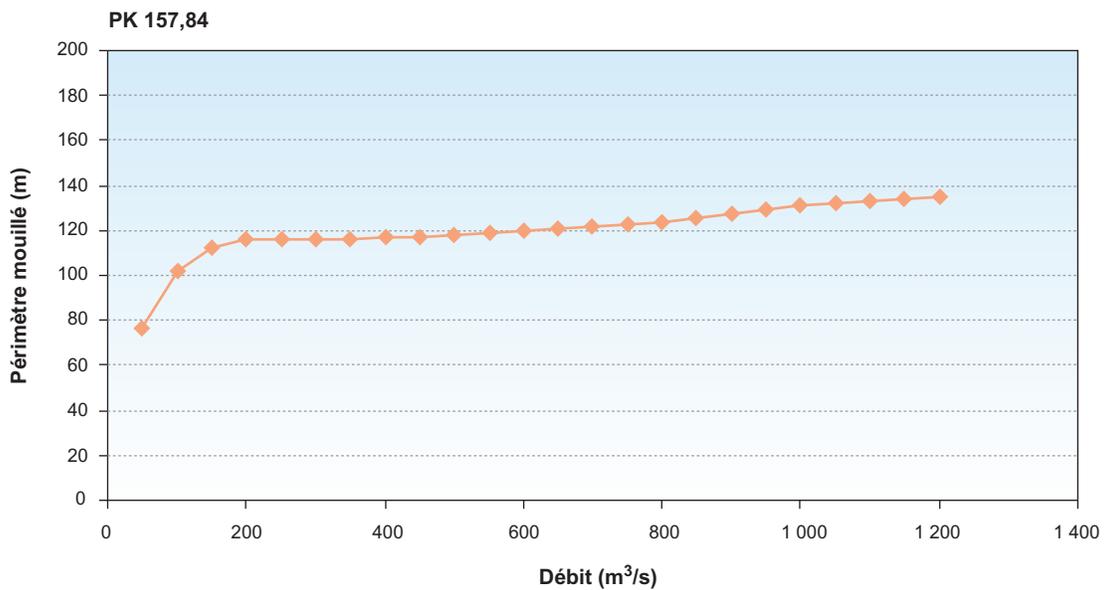
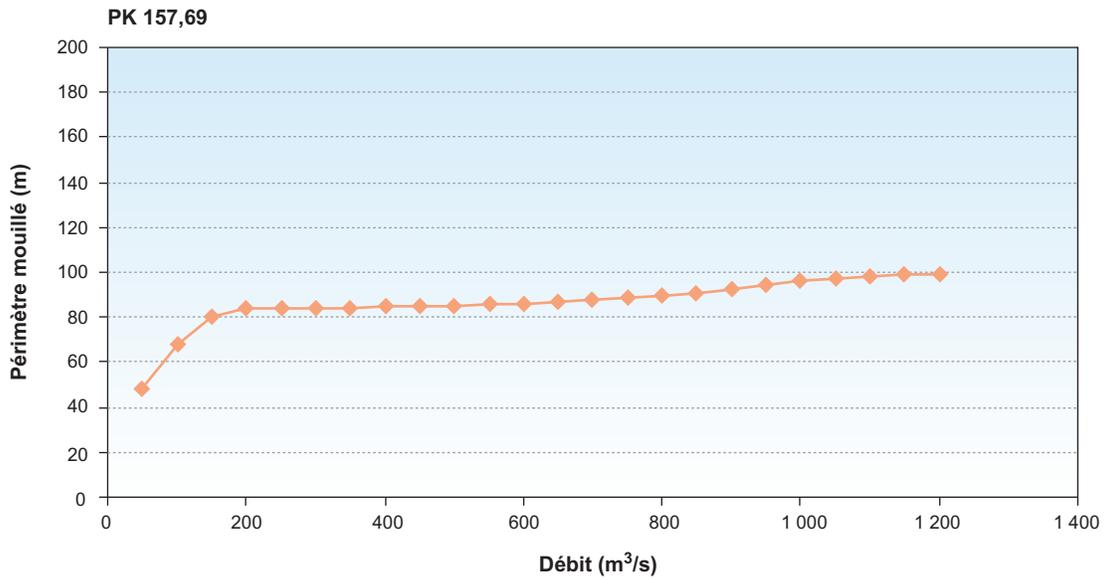
—◆— Section transversale

Annexe 19-2 **Tronçon court-circuité de la Romaine-2 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 86,74 et au PK 86,90**



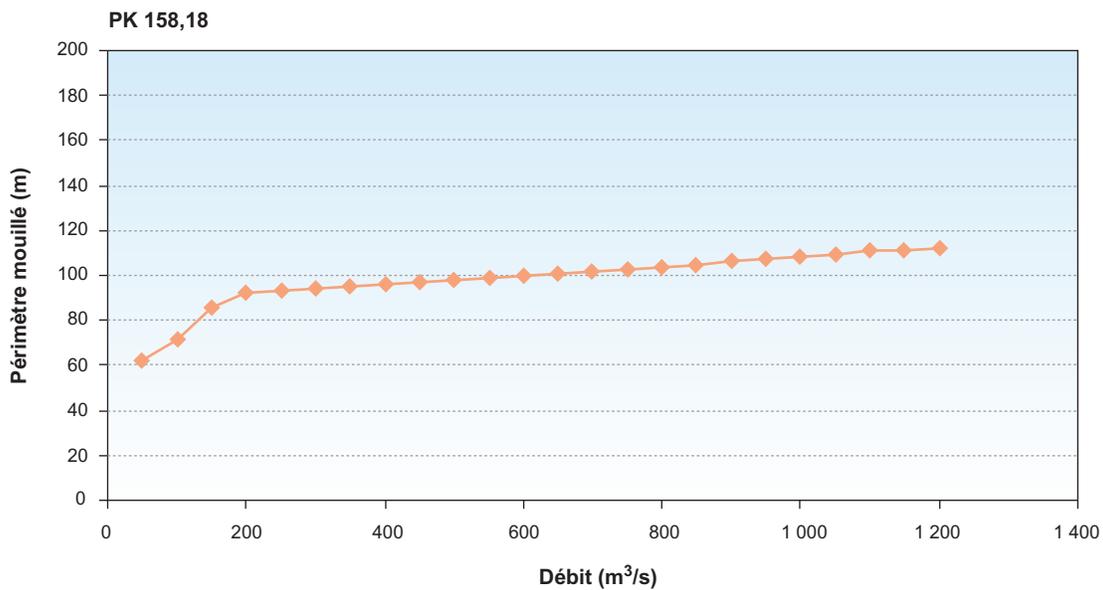
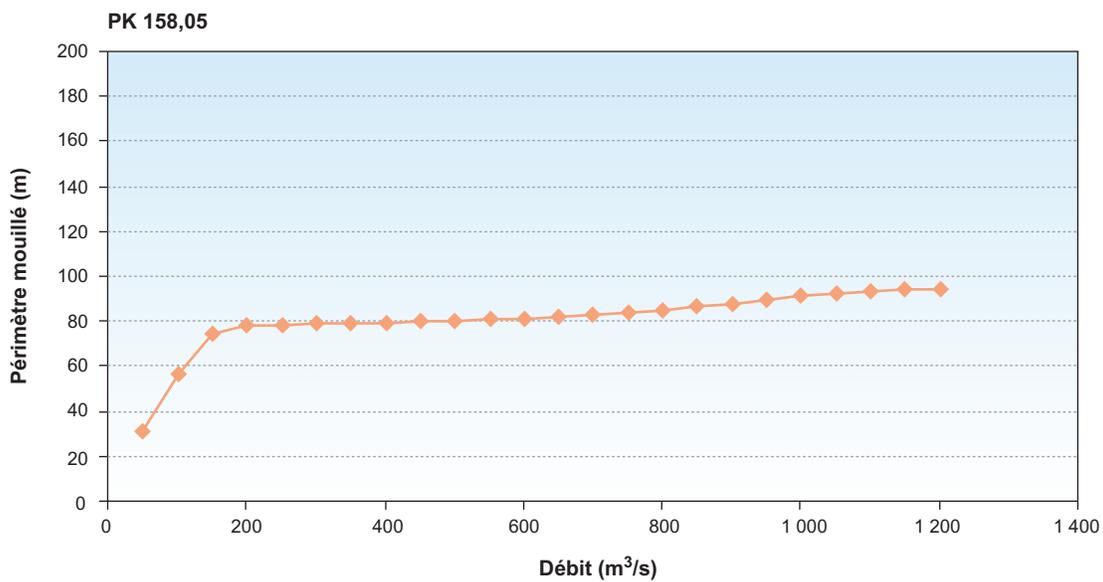
—◆— Section transversale

Annexe 19-3 Tronçon court-circuité de la Romaine-3 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 157,69 et au PK 157,84



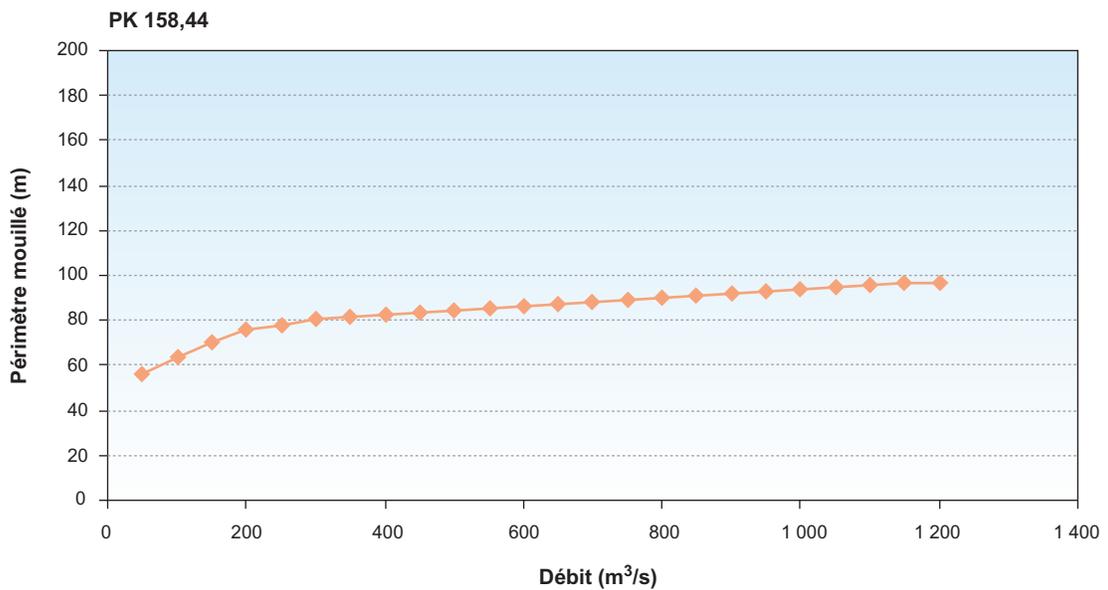
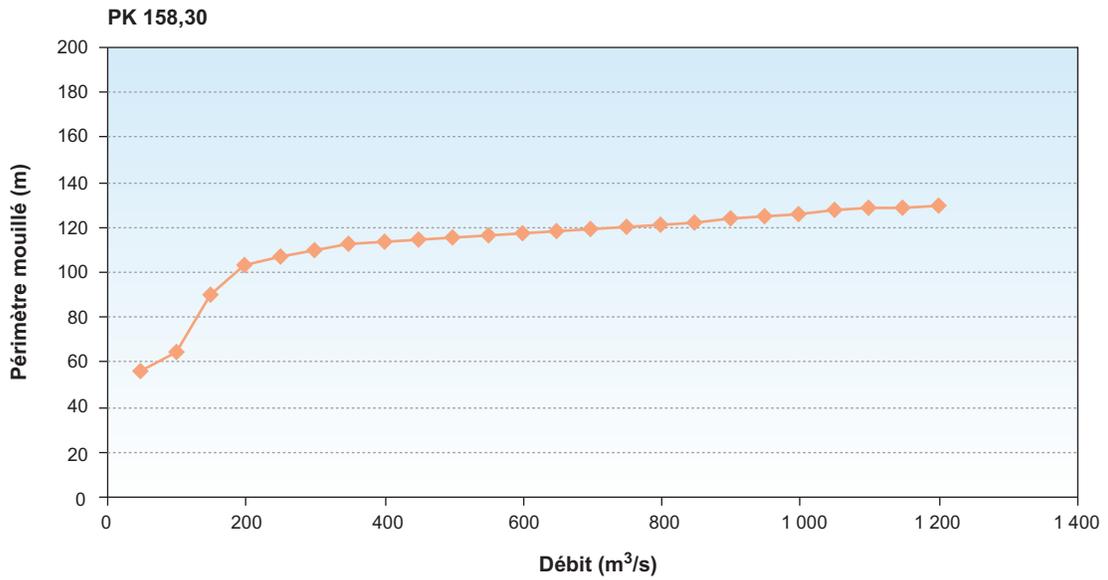
—◆— Section transversale

Annexe 19-4 **Tronçon court-circuité de la Romaine-3 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 158,05 et au PK 158,18**



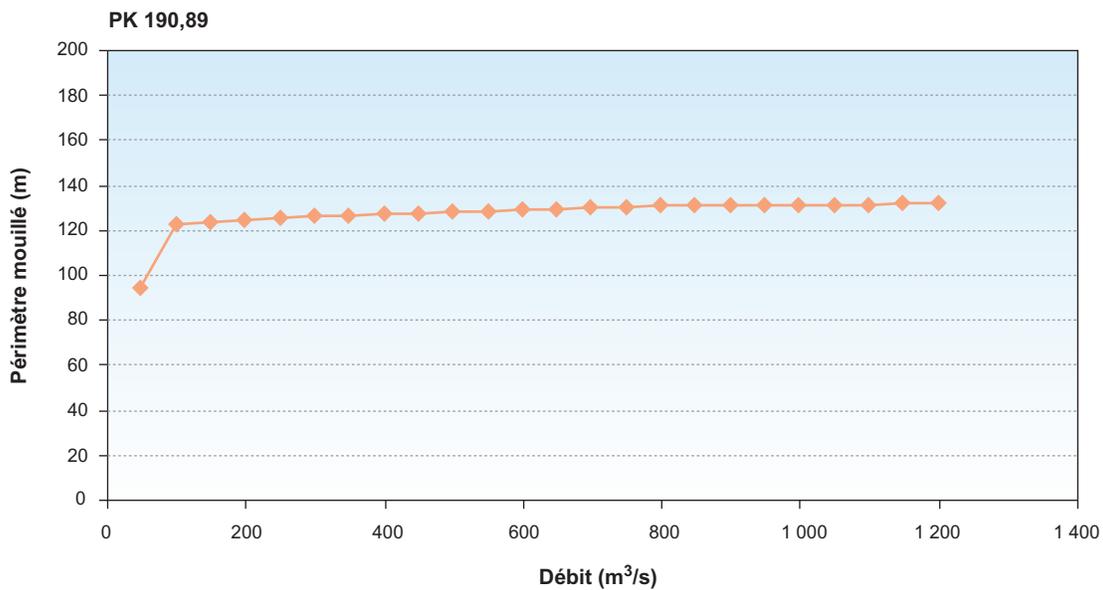
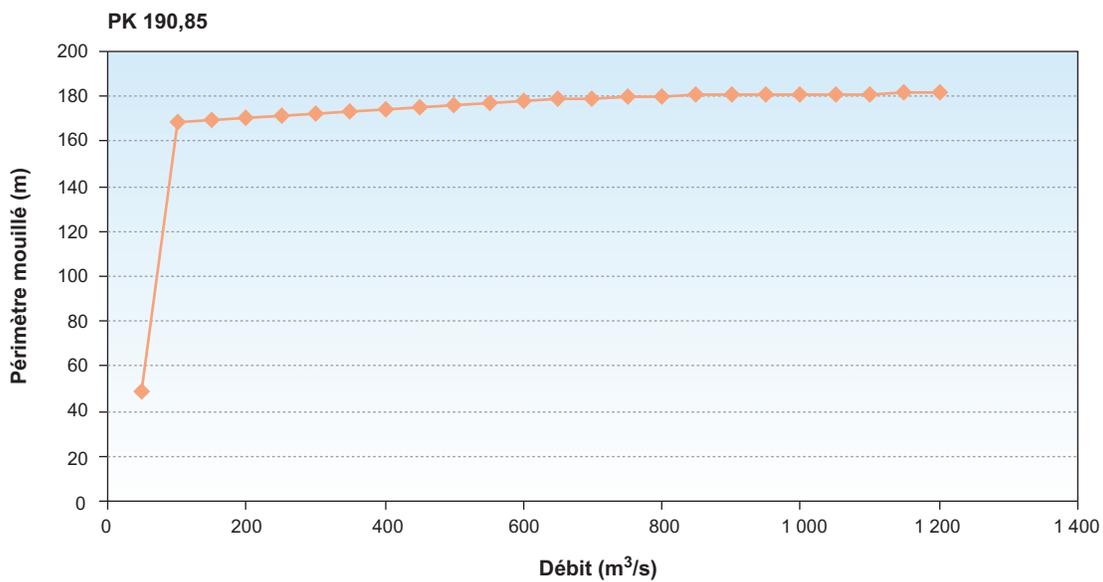
—◆— Section transversale

Annexe 19-5 **Tronçon court-circuité de la Romaine-3 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 158,30 et au PK 158,44**



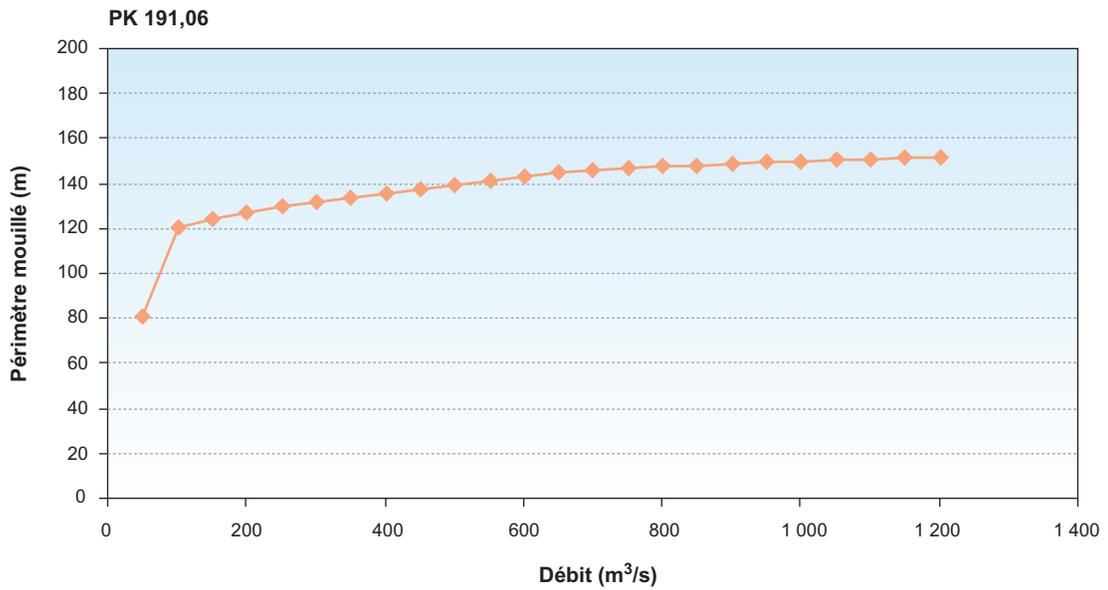
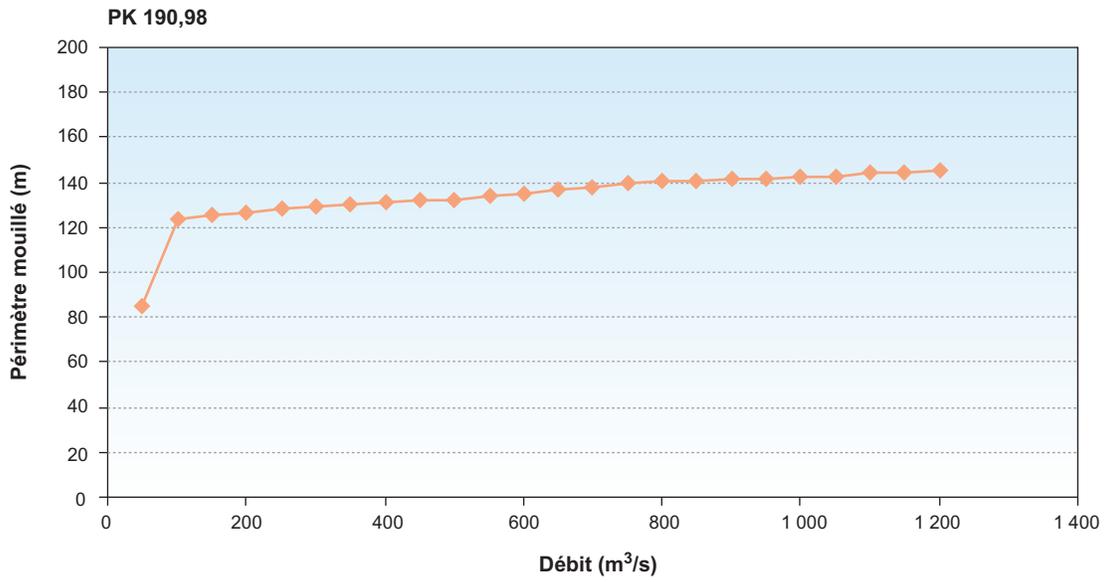
—◆— Section transversale

Annexe 19-6 Tronçon court-circuité de la Romaine-4 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 190,85 et au PK 190,89



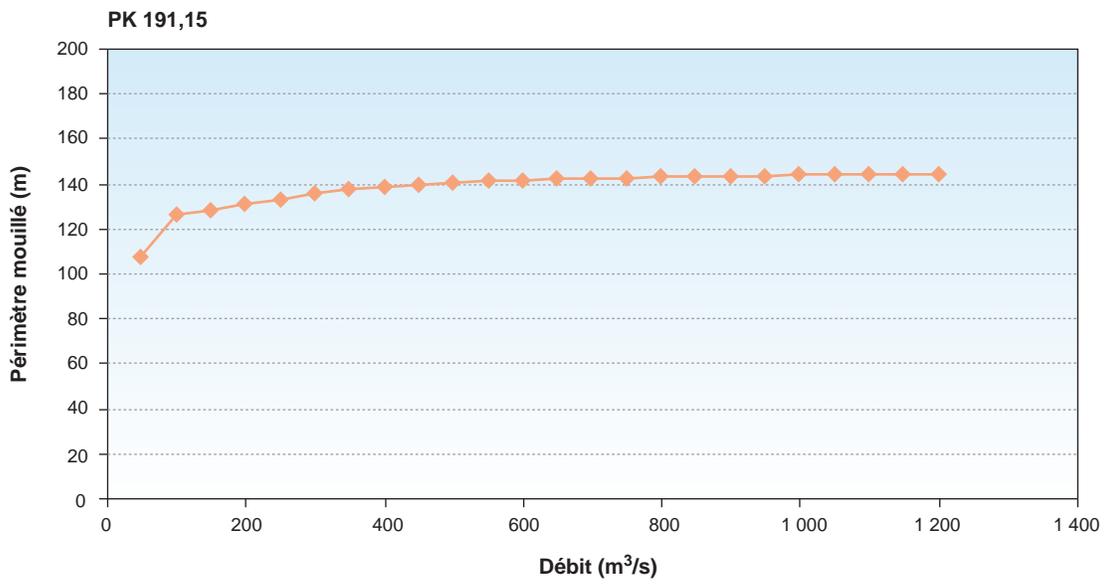
—◆— Section transversale

Annexe 19-7 **Tronçon court-circuité de la Romaine-4 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 190,98 et au PK 191,06**



—◆— Section transversale

Annexe 19-8 **Tronçon court-circuité de la Romaine-4 – Périmètre mouillé en fonction du débit aux sections transversales localisées au PK 191,15**



—◆— Section transversale



