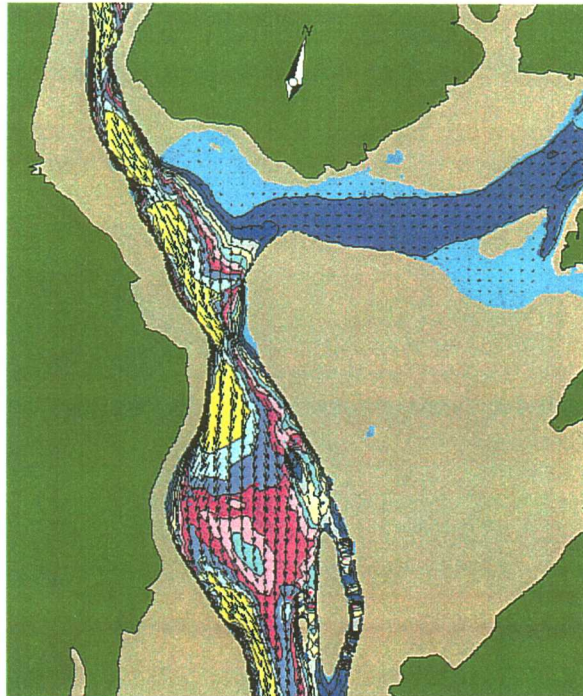


**HYDRO-QUÉBEC
DIRECTION INGÉNIERIE
CONCEPTION-AMÉNAGEMENTS DE PRODUCTION
HYDRAULIQUE ET GÉOTECHNIQUE**

AMÉNAGEMENT PÉRIBONKA

**ÉTUDE HYDRAULIQUE DES ÉCOULEMENTS
À LA CONFLUENCE DES RIVIÈRES
PÉRIBONKA ET MANOUANE**



Préparé par :

Diane Tremblay

Diane Tremblay, ing.
Conception-aménagements de production,
Hydraulique et géotechnique

Revue avant émission par :

Steven Weyman

Steven Weyman, ing.
Chef Hydraulique

16-01-03

Martine Guérette *16-01-2003*

Martine Guérette, tech.
Conception-aménagements de production,
Hydraulique et géotechnique

Francis Therrien *16-01-03*

Francis Therrien, ing.
Chargé d'équipe - Ouvrages Hydrauliques

Approuvé par :

Jean-Pierre Tournier

Jean-Pierre Tournier, ing., Ph.D.
Chef d'unité
Conception-aménagements de production,
Hydraulique et géotechnique

16/01/2003

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

1	INTRODUCTION	1
2	DONNÉES DE BASE	4
2.1	Description du site	4
2.2	Bathymétrie.....	5
2.3	Débits et niveaux	6
2.4	Caractéristiques hydrauliques de l'aménagement proposé.....	7
3	MÉTHOLOGIE	13
3.1	Domaine à l'étude	13
3.2	Conditions hydrauliques simulées	13
3.3	Modèle de simulation numérique	16
3.3.1	Logiciel	16
3.3.2	Conditions imposées aux limites du modèle	16
3.3.3	Représentation des composantes de l'aménagement.....	17
3.4	Étalonnage	18
3.4.1	Paramètres d'ajustement du modèle.....	18
3.4.2	Limites de l'étude.....	19
4	ANALYSE DES RÉSULTATS	26
4.1	Cas 1 – Conditions naturelles - Début d'inondation de la pointe de sable.....	28
4.2	Cas 2 – Conditions après aménagement – Dérivation provisoire au débit de conception	29
4.3	Cas 3 – Conditions d'écoulement en exploitation normale.....	31
4.4	Cas 4 – Conditions d'écoulement en crue.....	33
4.5	Cas 5 – Conditions d'écoulement lors de l'arrêt de la centrale	35
5	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	36

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE A – Photographies du site

ANNEXE B – Aménagement du site – Plans des ouvrages

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 3.1	Caractéristiques des cas simulés
TABLEAU 3.2	Caractéristiques des simulations d'étalonnage
TABLEAU 4.1	Résultats des simulations - Vitesses
TABLEAU 4.2	Résultats des simulations – Profondeurs d'eau

LISTE DES FIGURES

- Figure 1.1 Aménagement Péribonka – Plan de localisation.
- Figure 1.2 Aménagement Péribonka – Plan de localisation – Secteur de la confluence Péribonka – Manouane.
- Figure 2.1 Aménagement Péribonka – Topographie et relevés bathymétriques du bief aval.
- Figure 2.2 Aménagement Péribonka – Positions des relevés de vitesses et des stations de niveau.
- Figure 2.3 Rivière Péribonka – Courbe de tarage à la section PER-34. (Limite en aval du modèle numérique).
- Figure 2.4 Aménagement Péribonka – Vue en plan des ouvrages proposés.
- Figure 3.1 Aménagement Péribonka – Bathymétrie naturelle – Représentation modèle numérique.
- Figure 3.2 Aménagement Péribonka – Bathymétrie après aménagement – Représentation modèle numérique
- Figure 3.3 Aménagement Péribonka – Répartition spatiale des coefficients de frottement

Cas 1 – Inondation de la pointe de sable

- Figure 4.1.b.1 Aménagement Péribonka – Cas 1N_b2 – Inondation de la pointe – Conditions naturelles – Niveau d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 1 350 m³/s).
- Figure 4.1.b.2 Aménagement Péribonka – Cas 1N_b2 – Inondation de la pointe – Conditions naturelles – Vitesse – (Débit total de 1 350 m³/s)
- Figure 4.1.b.3 Aménagement Péribonka – Cas 1N_b2 – Inondation de la pointe – Conditions naturelles – Hauteur d'eau et vecteurs flux – (Débit total de 1 350 m³/s)

Cas 2 – Dérivation provisoire

- Figure 4.2.a.1 Aménagement Péribonka – Cas 2A_a4 – Dérivation provisoire – Après aménagement – Vitesse - (Débit total de 2 525 m³/s)
- Figure 4.2.a.2 Aménagement Péribonka – Cas 2A_a4 – Dérivation provisoire – Après aménagement – Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 2 525 m³/s)
- Figure 4.2.b.1 Aménagement Péribonka – Cas 2A_b4 – Dérivation provisoire – Après aménagement – Vitesse - (Débit total de 2 317 m³/s)
- Figure 4.2.b.2 Aménagement Péribonka – Cas 2A_b4 – Dérivation provisoire – Après aménagement – Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 2 317 m³/s)
- Figure 4.2.c.1 Aménagement Péribonka – Cas 2A_c4 – Dérivation provisoire – Après aménagement – Vitesse - (Débit total de 3 434 m³/s)
-

Figure 4.2.c.2 Aménagement Péribonka – Cas 2A_c4 – Dérivation provisoire – Après aménagement - Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 3 434 m³/s)

Cas 3 – Conditions d'exploitation

Figure 4.3.a.1 Aménagement Péribonka – Cas 3N_a2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Vitesse (Débit total de 893 m³/s)

Figure 4.3.a.2 Aménagement Péribonka – Cas 3A_a2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement Vitesse - (Débit total de 893 m³/s)

Figure 4.3.a.3 Aménagement Péribonka – Cas 3N_a2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 893 m³/s)

Figure 4.3.a.4 Aménagement Péribonka – Cas 3A_a2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 893 m³/s)

Figure 4.3.b.1 Aménagement Péribonka – Cas 3N_b2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Vitesse (Débit total de 685 m³/s)

Figure 4.3.b.2 Aménagement Péribonka – Cas 3A_b2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement Vitesse - (Débit total de 685 m³/s)

Figure 4.3.b.3 Aménagement Péribonka – Cas 3N_b2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 685 m³/s)

Figure 4.3.b.4 Aménagement Péribonka – Cas 3A_b2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 685 m³/s)

Figure 4.3.c.1 Aménagement Péribonka – Cas 3N_c2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Vitesse (Débit total de 955 m³/s)

Figure 4.3.c.2 Aménagement Péribonka – Cas 3A_c2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement -Vitesse - (Débit total de 955 m³/s)

Figure 4.3.c.3 Aménagement Péribonka – Cas 3N_c2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 955 m³/s)

Figure 4.3.c.4 Aménagement Péribonka – Cas 3A_c2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 955 m³/s)

Figure 4.3.d.1 Aménagement Péribonka – Cas 3N_d2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Vitesse (Débit total de 731 m³/s)

Figure 4.3.d.2 Aménagement Péribonka – Cas 3A_d2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement Vitesse - (Débit total de 731 m³/s)

Figure 4.3.d.3 Aménagement Péribonka – Cas 3N_d2 – Conditions d'exploitation – État naturel -Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 731 m³/s)

Figure 4.3.d.4 Aménagement Péribonka – Cas 3A_d2 – Conditions d'exploitation – Après aménagement
Hauteur d'eau et vecteurs flux - (Débit total de 731 m³/s)

Cas 4 – Conditions de crue

Figure 4.4.a.1 Aménagement Péribonka – Cas 4N_a3 – Crue 1/100 ans printemps – État naturel -Vitesse
(Débit total de 3 800 m³/s)

Figure 4.4.a.2 Aménagement Péribonka – Cas 4A_a8 – Crue 1/100 ans printemps– Après aménagement
Vitesse (Débit total de 3 800 m³/s)

Figure 4.4.a.3 Aménagement Péribonka – Cas 4N_a3 – Crue 1/100 ans printemps – État naturel -Flux
(Débit total de 3 800 m³/s)

Figure 4.4.a.4 Aménagement Péribonka – Cas 4A_a8 – Crue 1/100 ans printemps – Après aménagement
Flux - (Débit total de 3 800 m³/s)

Figure 4.4.b.1 Aménagement Péribonka – Cas 4N_b3 – Crue 1/40 ans printemps– État naturel -Vitesse
(Débit total de 3 434 m³/s)

Figure 4.4.b.2 Aménagement Péribonka – Cas 4A_b3 – Crue 1/40 ans printemps– Après aménagement
Vitesse (Débit total de 3 434 m³/s)

Figure 4.4.b.3 Aménagement Péribonka – Cas 4N_b3 – Crue 1/40 ans printemps – État naturel -Flux -
(Débit total de 3 434 m³/s)

Figure 4.4.b.4 Aménagement Péribonka – Cas 4A_b2 – Crue 1/40 ans printemps – Après aménagement
Flux - (Débit total de 3 434 m³/s)

Figure 4.4.c.1 Aménagement Péribonka – Cas 4N_c3 – Crue 1/20 ans printemps – État naturel -Vitesse
(Débit total de 3 157 m³/s)

Figure 4.4.c.2 Aménagement Péribonka – Cas 4A_c2 – Crue 1/20 ans printemps – Après aménagement
Vitesse (Débit total de 3 157 m³/s)

Figure 4.4.c.3 Aménagement Péribonka – Cas 4N_c3 – Crue 1/20 ans printemps– État naturel -Flux -
(Débit total de 3 157 m³/s)

Figure 4.4.c.4 Aménagement Péribonka – Cas 4A_c2 – Crue 1/20 ans printemps – Après aménagement
Flux - (Débit total de 3 157 m³/s)

Figure 4.4.d.1 Aménagement Péribonka – Cas 4N_d3 – Crue 1/20 ans été - automne – État naturel -
Vitesse (Débit total de 2 400 m³/s)

Figure 4.4.d.2 Aménagement Péribonka – Cas 4A_d2 – Crue 1/20 ans été - automne – Après
aménagement - Vitesse (Débit total de 2 400 m³/s)

Figure 4.4.d.3 Aménagement Péribonka – Cas 4N_d3 – Crue 1/20 ans été - automne – État naturel -Flux
(Débit total de 2 400 m³/s)

Figure 4.4.d.4 Aménagement Péribonka – Cas 4A_d2 – Crue 1/20 ans été - automne – Après
aménagement -Flux - (Débit total de 2 400 m³/s)

Figure 4.4.f.1 Aménagement Péribonka – Cas 4N_f – Crue 8-10 oct 1979 – État naturel -Vitesse (Débit
total de 1 341 m³/s)

Figure 4.4.f.2 Aménagement Péribonka – Cas 4A_f – Crue 8-10 oct 1979 – Après aménagement -
Vitesse (Débit total de 1 341 m³/s)

Figure 4.4.f.3 Aménagement Péribonka – Cas 4N_f – Crue 8-10 oct 1979 – État naturel -Flux - (Débit
total de 1 341 m³/s)

Figure 4.4.f.4 Aménagement Péribonka – Cas 4A_f – Crue 8-10 oct 1979 – Après aménagement -Flux -
(Débit total de 1 341 m³/s)

Cas 5 – Centrale arrêtée

Figure 4.5.a.1 Aménagement Péribonka – Cas 5A_a2 – Centrale arrêtée – Après aménagement -Vitesse
(Débit total de 893 m³/s)

Figure 4.5.a.2 Aménagement Péribonka – Cas 5A_a2 – Centrale arrêtée – Après aménagement - Flux
(Débit total de 893 m³/s)

Figure 4.5.b.1 Aménagement Péribonka – Cas 5A_b2 – Centrale arrêtée – Après aménagement -Vitesse
(Débit total de 685 m³/s)

Figure 4.5.b.2 Aménagement Péribonka – Cas 5A_b2 – Centrale arrêtée – Après aménagement - Flux
(Débit total de 685 m³/s)

Figure 4.5.c.1 Aménagement Péribonka – Cas 5A_c2 – Centrale arrêtée – Après aménagement -Vitesse
(Débit total de 2804 m³/s)

Figure 4.5.c.2 Aménagement Péribonka – Cas 5A_c2 – Centrale arrêtée – Après aménagement - Flux
(Débit total de 2804 m³/s)

1 INTRODUCTION

L'étude d'avant-projet d'Hydro-Québec sur la rivière Péribonka porte sur l'aménagement d'un site au km 151,8 (PK 151,8) soit à l'amont immédiat de la confluence des rivières Péribonka et Manouane (figure 1.1).

La présente étude, de modélisation bidimensionnelle des écoulements à surface libre à la confluence des rivières Péribonka et Manouane, s'inscrit dans le cadre des études environnementales de l'aménagement Péribonka.

Au moment de produire notre étude, cet aménagement comporte un barrage sur la rivière Péribonka, tout juste à l'amont de la confluence avec la rivière Manouane (figure 1.2). Le long de la rive gauche on retrouve, à environ 100 mètres de l'extrémité du barrage, l'axe de la dérivation provisoire en galerie. L'axe de la centrale, à sa sortie, se trouve à environ 100 m à la gauche de celui de la dérivation. L'évacuateur de crue est situé en rive droite de la rivière Péribonka. La restitution en rivière par l'évacuateur de crue se trouve à quelque 745 m à l'aval du barrage. Les débits de dimensionnement associés à ces ouvrages sont respectivement de 2262 m³/s pour la dérivation provisoire (crue 1/40 ans de printemps), 630 m³/s pour le débit d'équipement de la centrale, et 4900 m³/s pour l'évacuateur (crue maximale probable (CMP) d'automne). La route d'accès à la centrale passe en rive droite de la rivière Manouane.

L'objectif de cette étude est l'analyse des conditions d'écoulement à surface libre dans la zone de la confluence des deux rivières. On compare les caractéristiques de l'écoulement dans son état actuel et après aménagement. On s'intéresse tout particulièrement aux conditions favorables aux habitats de poissons ainsi qu'aux risques d'érosion, puisqu'on retrouve dans cette zone plusieurs îles et hauts-fonds constitués de matériaux potentiellement érodables, ainsi qu'une pointe sur fond de sable présentant un intérêt archéologique.

Il est important de noter que les résultats présentés dans ce rapport sont représentatifs de l'aménagement proposé pour les ouvrages. Toute modification apportée subséquemment à cet aménagement nécessitera probablement une mise à jour des résultats présentés dans le présent rapport.

2 DONNÉES DE BASE

2.1 Description du site

La rivière Péribonka (fig. 1.1) est située dans la région du Lac Saint-Jean, dans la région hydrographique 06. La rivière se jette dans le Lac Saint-Jean, au nord de celui-ci, près de la municipalité de Péribonka. Le site de l'aménagement Péribonka se situe à la confluence de cette rivière avec la rivière Manouane, soit près du point kilométrique 151,8 (71°11' de longitude Ouest, 49°30' de latitude Nord). En amont de ce site on retrouve, en rive droite, la confluence avec la rivière aux Serpents. On retrouve également à 37 km en amont la centrale Chute des passes, et quelques 15 km plus en amont le réservoir Passes-Dangereuses, appartenant tous deux à l'Alcan. À environ 108 km en aval de notre site on trouve l'aménagement Chute-du-diable, appartenant également à l'Alcan.

Cette étude de modélisation bidimensionnelle des écoulements à surface libre couvre la zone de confluence des rivières Péribonka et Manouane, en remontant sur une longueur de 1 200 m sur la rivière Manouane, tandis que sur la Péribonka la zone s'étend sur 1 000 m vers l'amont et 2 000 m vers l'aval de la confluence.

Les auteurs de ce rapport ont réalisé des visites du site entre le 13 et le 16 mai 2002. Durant cette période, des relevés de bathymétrie, de vitesses et de niveaux d'eau étaient en cours. Le débit de la rivière Manouane variait alors entre 270 et 283 m³/s, tandis que les apports de la Péribonka étaient entre 267 et 318 m³/s (voir tableau 3.2).

Dans ce secteur, la rive gauche de la Péribonka est sablonneuse à l'aval de la confluence, alors que sa rive droite présente des affleurements rocheux séparés par des rives sablonneuses. La pointe nord de la confluence entre les deux rivières est essentiellement rocheuse (voir photographies, Annexe A). Les berges de la rivière Manouane sont principalement sablonneuses avec, selon les endroits, un couvert herbeux, broussailleux ou forestier.

Le lit de la Péribonka est surtout sablonneux avec quelques zones plus graveleuses, alors que celui de la Manouane est plutôt graveleux. La zone de la confluence est peu profonde. Le chenal principal d'écoulement longe la rive droite de la Péribonka et la rive gauche de la Manouane. Au centre de la rivière, dans la partie à l'aval de la confluence, on note un haut-fond sablonneux. Un peu plus en aval on remarque deux îles de sable le long de la rive gauche de la rivière. Un forage réalisé dans ce secteur indique près de 70 m de mort-terrain, dont au moins 26 m de sable silteux.¹

Tout juste en aval de la confluence, en rive gauche des deux rivières, on remarque une zone triangulaire de basse élévation (inférieure à 178 m). Le terrain y est de nature sableuse. La pointe est couverte de végétation – arbres, broussailles ou plantes selon les endroits – et est bordée par une plage constituée de sable le long de la Manouane alors que des galets la recouvrent par endroits le long de la Péribonka. On note également un corridor plus dénudé qui traverse cette pointe et qui est indicatif du passage récent d'écoulement traversant cette zone. Cette pointe présente un intérêt environnemental car c'était autrefois une zone de rencontre pour les autochtones. On y retrouve notamment des sépultures.²

2.2 Bathymétrie

Les relevés bathymétriques utilisés ont été réalisés en novembre et décembre 2001, ainsi qu'en mai 2002, par l'équipe d'Hydrométrie d'Hydro-Québec et par la firme Entreprises Normand Juneau Inc. Les points relevés sont présentés sur la figure 2.1. Cette figure présente également la topographie utilisée. La cartographie utilisée est presque partout à l'échelle 1:5000, sauf dans le secteur situé en rive gauche et complètement à l'aval de notre zone d'étude où seule la cartographie 1:20 000 était disponible.

Le modèle de terrain a été réalisé avec le logiciel LDD (Land Development Desktop – Autodesk release 2i).

1 Communication personnelle de André Lavoie, technicien qui a fait le suivi au chantier, Unité Hydraulique et géotechnique.
2 Communication personnelle de André Burroughs, archéologue, spécialiste Unité Environnement.

On remarque, à la figure 2.1, que la densité des lignes de relevés est plus élevée dans la zone où la construction des ouvrages est prévue que dans la partie à l'aval de la zone de modélisation hydrodynamique. On note également qu'une ligne de relevés a dû être rejetée au traitement (espacement plus grand entre les lignes 9 et 10). La bathymétrie obtenue, après traitement par LDD et par Mike-21, est tout de même jugée suffisamment régulière dans l'ensemble pour les besoins de notre étude. On notera tout de même que deux zones de la bathymétrie présentent des irrégularités locales en raison de l'espacement des relevés.

La première zone se trouve le long de la rive droite de la Péribonka, juste à l'aval du point "H" de la figure 3.2. On y note une *pointe* qui est générée dans la bathymétrie par l'espacement trop grand des lignes de relevés à cet endroit, ce qui occasionne une influence trop forte des relevés topographiques (sur la rive), lors de l'interpolation par les modèles de terrains. Étant donnée l'effet très localisé et la position de cette anomalie, à droite du chenal principal et à quelque 500 m de la sortie de l'évacuateur, il n'a pas été jugé nécessaire d'effectuer des correctifs au modèle de terrain pour mieux définir cette petite zone.

Le second secteur, où la densité des relevés rend la bathymétrie irrégulière, se trouve le long de la rive gauche, principalement dans le passage étroit entre l'île boisée et cette rive. Le modèle de terrain obtenu, après traitement numérique, présente de légères ondulations qu'on peut observer aux figures 3.1 et 3.2 sous forme de cercles. Ici également, cet effet est produit par l'espacement trop grand des lignes transversales de relevés, par rapport à la densité des points topographiques dans les lignes longitudinales en rive gauche. Une ligne supplémentaire de relevés, réalisée longitudinalement dans ce passage étroit et peu profond, aurait éventuellement permis d'améliorer le modèle de terrain obtenu dans ce secteur. Pour les besoins de notre analyse actuelle, il n'a pas été jugé nécessaire d'ajuster la représentation du modèle de terrain.

2.3 Débits et niveaux

Dans le secteur étudié on retrouve les stations suivantes (exploitées par Hydro-Québec) de mesure des niveaux d'eau (figure 2.2).

- La station PERI0717 située en rive droite de la rivière Péribonka, juste en amont de la confluence, pour laquelle on dispose de relevés à partir du 11 mai 2001 (on a cependant

observé une influence de la Manouane sur cette station en période de crues et la station a été déplacée).

- La station PERI0728, située en rive gauche de la Péribonka, en aval de la confluence, au PK 150,8. Cette station est exploitée depuis le 16 octobre 2001.
- La station MANO0716 située en rive droite de la rivière Manouane à environ 7 km en amont de la confluence avec la rivière Péribonka. Cette station est en opération depuis quelques années mais elle est cependant devenue inopérante durant une partie de la crue de printemps 2002.

Des jaugeages ont été réalisés en mai et en octobre 2001 afin de permettre d'établir les courbes de tarage à ces stations. Les débits mesurés couvrent la gamme de 533 m³/s à 571 m³/s sur la Péribonka (station PERI0728). À la station MANO0716 les débits jaugés couvrent une plage allant de 116 m³/s à 384 m³/s.

Les données obtenues à ces stations et les résultats des simulations numériques provenant d'une analyse unidimensionnelle ont permis de générer une courbe de tarage (fig. 2.3) pour établir la condition limite aval du modèle bidimensionnel de calcul.

Pour les fins d'étalonnage du modèle numérique, des relevés de vitesses ont été effectués les 14, 15 et 16 mai 2002 par l'équipe hydrométrique d'Hydro-Québec. Les sections de relevés sont présentées à la figure 2.2.

2.4 Caractéristiques hydrauliques de l'aménagement proposé

L'aménagement Péribonka, tel que proposé au moment de réaliser la présente étude, est montré à la figure 2.4. L'annexe B présente les plans des ouvrages modélisés. Il s'agit d'un aménagement au fil de l'eau. Après aménagement, le débit à l'aval du barrage demeure donc le même que celui sans aménagement. Il est fonction en pratique du débit naturel de la rivière aux Serpents auquel s'ajoute le débit géré passant au site Chute-des-Passes situé plus en amont sur la rivière Péribonka.

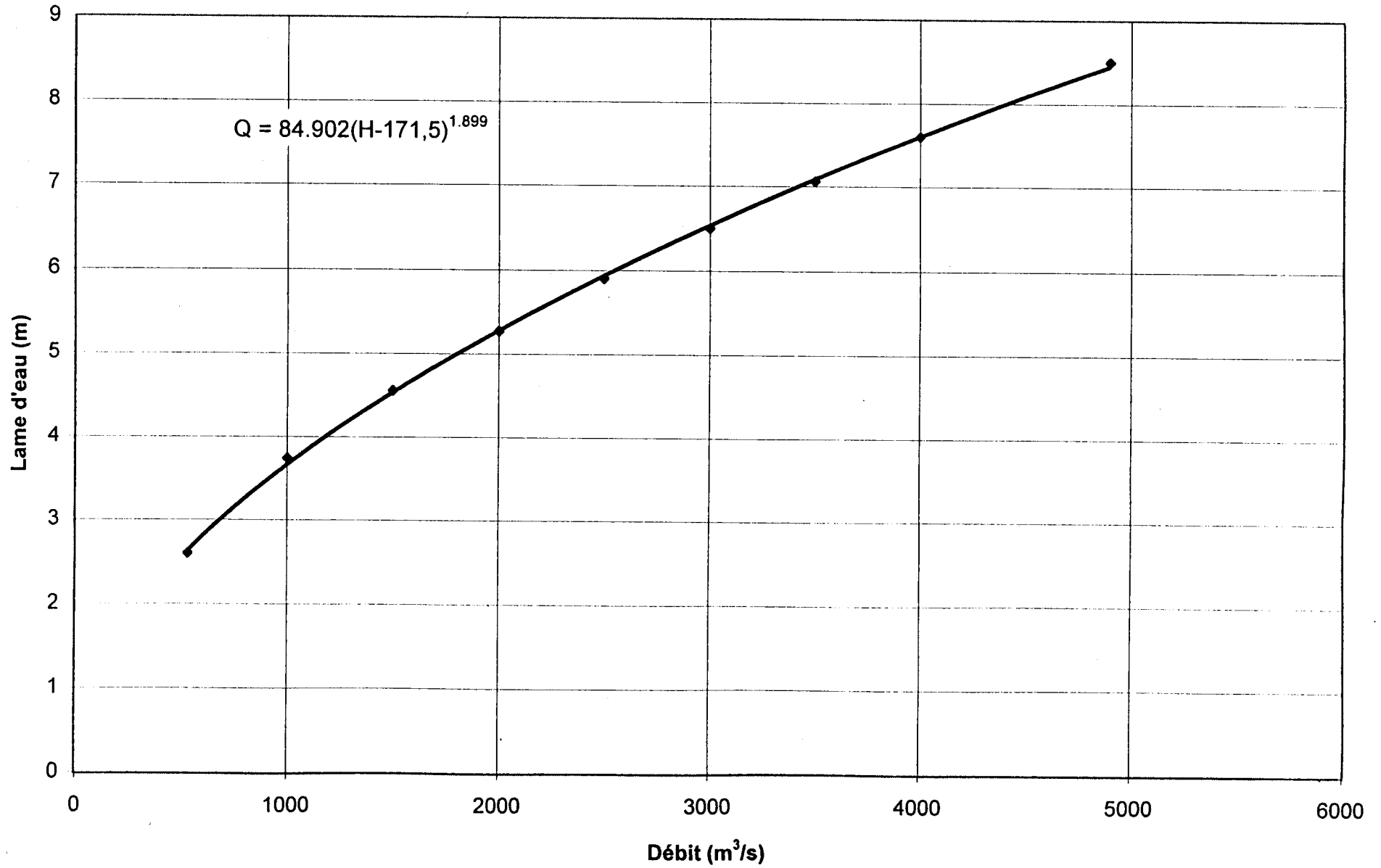
Les débits inférieurs à $630 \text{ m}^3/\text{s}$, lorsque tous les groupes sont disponibles, passeront par la centrale, alors que le débit excédentaire passera par l'évacuateur de crue.

L'évacuateur de crue comporte 3 vannes pour une capacité d'évacuation de $4\,900 \text{ m}^3/\text{s}$. Elle est déterminée par la pointe horaire laminée de la CMP d'automne. Une fosse de 10 m de profondeur termine le canal de fuite de la centrale et permet la dissipation d'énergie avant la restitution en rivière.

En période de construction, la dérivation provisoire en galerie est conçue pour un débit de $2\,262 \text{ m}^3/\text{s}$, soit le débit de crue 1/40 ans de printemps.

On suppose dans cette étude qu'au moment de la construction de l'aménagement Péribonka, la rivière Manouane a déjà fait l'objet d'un détournement vers Bersimis-1. Le module de la rivière Manouane, amputé des débits dérivés vers Bersimis-1 (Pipmuacan), est de $76 \text{ m}^3/\text{s}$, soit une réduction de $30 \text{ m}^3/\text{s}$ par rapport au cas sans dérivation (références 1, 2 et 3). En crue, l'excédent d'eau ne pouvant être accepté à Bersimis-1, la plus grande partie du débit sera retournée dans le cours naturel de la rivière Manouane (à partir approximativement des crues de débit supérieur à une crue 1/7 ans).

Figure 2.3
RIVIÈRE PÉRIBONKA
COURBE DE TARAGE À LA SECTION PER-34
(limite en aval du modèle numérique)



3 MÉTHOLOGIE

3.1 Domaine à l'étude

À partir du point de confluence des rivières Péribonka et Manouane, la zone modélisée dans cette étude remonte sur environ 1 200 m dans la rivière Manouane. Cette rivière se jette dans la Péribonka en rive gauche avec un angle de 75 degrés. La rivière Péribonka est représentée dans le modèle sur environ 1 000 m en amont de la confluence et quelque 2 000 m en aval.

La largeur de la rivière Péribonka varie de 110 à 500 m dans ce secteur, tandis que celle de la rivière Manouane est de l'ordre de 185 à 500 m. La largeur du lit majeur est de l'ordre de 500 m.

L'ensemble du domaine modélisé s'inscrit dans un rectangle de 2,0 km par 2,9 km de côté. Pour les calculs, le domaine a été découpé en mailles carrées de 3 m de côté. Cette dimension a été retenue afin de permettre un niveau de détail suffisamment fin pour l'analyse des zones présentant un intérêt plus particulier (frayères potentielles, îles, etc.).

3.2 Conditions hydrauliques simulées

Plusieurs conditions d'écoulement ont été simulées, dans l'état actuel de la rivière et après aménagement. Ces conditions ciblent les points d'intérêt environnementaux et hydrauliques suivants.

- **Cas 1** : Déterminer l'ordre de grandeur du débit, et la récurrence de crue associée, correspondant au début de l'inondation de la pointe de sable, car cette pointe présente un intérêt archéologique et sa mise en valeur est envisagée.
- **Cas 2** : Documenter les conditions hydrodynamiques attendues au débit de conception de la dérivation provisoire et les risques d'érosion au pied du batardeau (lequel batardeau restera en place et deviendra le pied du barrage permanent). Trois cas sont simulés combinant le débit de dimensionnement de la dérivation provisoire de 2262 m³/s (crue

1/40 ans de printemps), à trois conditions différentes de débits sur la Manouane : dans le cas (a) le débit moyen du mois de mai (263 m³/s), le cas (b) présente le débit moyen du mois de novembre (55 m³/s), ces deux périodes sont importantes pour les habitats du poisson, enfin le cas (c) correspond à la crue 1/40 ans de printemps de la Manouane (1172 m³/s).

- **Cas 3** : Définir les conditions d'écoulement attendues pour les débits en conditions d'exploitation. L'objectif premier est de faire ressortir les modifications des écoulements au droit des habitats du poisson (profondeurs d'eau et vitesses d'écoulement) afin de permettre aux spécialistes dans ce domaine d'identifier les zones qui présenteraient des conditions futures propices à être désignées comme zones de remplacement d'habitat. L'objectif secondaire est de définir les zones potentielles d'érosion en conditions futures.

Les débits simulés totaux vont de 685 m³/s à 893 m³/s et correspondent aux conditions moyennes de mai et de novembre, soit deux périodes de frai importantes dans ce secteur.

- **Cas 4** : Documenter les conditions anticipées en période de crue. Cinq conditions de crue ont été simulées, dans chaque cas on a posé l'hypothèse la plus sévère, soit que la même récurrence de crue survenait à la fois sur la Manouane et sur la Péribonka, en raison de la proximité des deux bassins versants. Cette hypothèse sera vérifiée en 2003 lors de la revue des crues statistiques et des coefficients de corrélation entre les deux rivières.

Le premier cas est une crue printanière 1/100 ans (débit total 3 800 m³/s), la crue printanière 1/40 ans (3434 m³/s), les crues printanière et d'été-automne 1/20 ans (3157 m³/s et 2400 m³/s) (références 1, 2 et 3).

Le dernier cas est une crue prise dans l'historique des débits et choisie pour donner un débit assez élevé qui aurait été déversé par l'évacuateur, avec la centrale tournant à son débit maximal, sur une période d'au moins quelques jours, ayant donc le temps nécessaire pour produire éventuellement de l'érosion. L'historique disponible comporte une vingtaine d'années de données. Très peu d'événements correspondaient à ces critères. La

crue retenue correspond au débit de pointe journalière de la crue du 8 au 10 octobre 1979 (débit total de 1341 m³/s, dont 465 m³/s par l'évacuateur et 246 m³/s par la Manouane, après retrait du débit qui serait détourné vers Bersimis-1).

Pour ces conditions on désire évaluer l'impact, par rapport aux conditions naturelles, de l'écoulement provenant de l'évacuateur sur les îles, le haut-fond et la rive opposée. On veut également savoir si des modifications au patron d'écoulement de la Manouane seront induites par l'aménagement. Les résultats présentés sont représentatifs des écoulements en présence des ouvrages tels que considérés dans cette étude.

- **Cas 5** : Documenter les conditions hydrauliques en conditions futures avec la centrale complètement arrêtée durant une certaine période. Trois cas ont été simulés dans ces conditions. Les deux premiers cas combinent un débit de 630 m³/s par l'évacuateur (transfert du débit de la centrale), avec selon le cas le débit moyen de mai (263 m³/s) ou de novembre (55 m³/s) sur la Manouane. Dans le troisième cas le débit total retenu est de 2804 m³/s et correspond à une crue 1/40 ans de printemps pour la Manouane (1 172 m³/s) et un débit de 1632 m³/s par l'évacuateur (< 1/10 ans).

Toutes les simulations sont réalisées en eau libre.

Le tableau 3.1 présente la liste des cas simulés avec leurs principales caractéristiques.

3.3 Modèle de simulation numérique

3.3.1 Logiciel

Le logiciel Mike-21 (version 2001 du Danish Hydraulic Institute) a été utilisé pour la modélisation des écoulements dans la confluence. Il s'agit d'un logiciel commercial, utilisé dans de nombreux pays, de calcul aux différences finies des écoulements hydrodynamiques bi-dimensionnels dans le plan horizontal.

Le modèle est à fond fixe. Les effets des courants sur les zones érodables impliquent donc une interprétation hydraulique particulière. Le modèle simule les conditions d'assèchement et d'inondation du lit et des berges de la rivière.

3.3.2 Conditions imposées aux limites du modèle

La figure 3.1 présente la bathymétrie, en conditions naturelles, telle que représentée dans les simulations réalisées avec le logiciel Mike 21.

En conditions naturelles, le modèle comporte trois frontières ouvertes. On a imposé des conditions de débit entrant aux deux limites amont du modèle, soit aux limites des rivières Péribonka et Manouane en amont de la zone de confluence.

L'introduction du débit sur les frontières amont des rivières a été réalisée au moyen de réservoirs rectangulaires fictifs, placés tout juste à l'amont de la limite de la bathymétrie (le bassin fictif sur la Manouane n'est pas montré dans les résultats présentés). L'écoulement est réparti uniformément sur la frontière amont de ces réservoirs fictifs. Cette façon de procéder permet, par une mise en vitesse progressive avant l'entrée en rivière, de "stabiliser" numériquement l'entrée de l'écoulement dans le modèle. Cette approche permet également d'éviter d'exonder la frontière du modèle, ce qui peut, dans certains cas, causer des problèmes d'instabilité numérique.

À la limite aval du modèle, une condition de niveau d'eau uniforme est imposée sur toute la largeur de la section d'écoulement. Le niveau est déterminé à partir de la courbe de tarage

montrée à la figure 2.3. Cette courbe de tarage provient de l'analyse unidimensionnelle de l'ensemble de la rivière Péribonka, laquelle a été calibrée en tenant compte de plusieurs stations de mesures, dont la station PERI0728 située à environ 1300 m à l'amont de la limite aval du modèle d'analyse 2D (voir figure 2.2).

3.3.3 Représentation des composantes de l'aménagement

On présente à l'annexe B les plans des ouvrages à l'étude pour l'aménagement Péribonka. Pour représenter ces ouvrages on apporte les modifications suivantes au modèle numérique :

- On ajoute à la bathymétrie naturelle les composantes de l'aménagement proposé (voir figure 2.4): le barrage, le canal de fuite de la dérivation provisoire, le canal de fuite de la centrale, la partie aval de l'évacuateur de crue, la route d'accès en rive droite de la rivière Manouane.
- La frontière ouverte sur la rivière Péribonka disparaît, étant remplacée par le barrage. Celle de la rivière Manouane demeure inchangée.
- On ajoute des frontières à la sortie de la centrale et de la dérivation. Les débits à évacuer, et les vitesses de sortie, sont répartis aux nœuds du maillage le long de cette frontière. Un bassin "fictif" amont n'était pas requis dans ce cas puisque que la portion amont de chacun de ces canaux de fuite constitue déjà un bassin réel de par sa profondeur ce qui suffit à assurer la stabilité du modèle.
- Pour représenter l'évacuateur, on a ajouté une frontière à l'extrémité amont de la fosse de dissipation. On impose ici le débit aux nœuds (sources) ainsi que la vitesse calculée à la sortie de la fosse (pour assurer la conservation de la quantité de mouvement), à partir de l'application d'un modèle 1D. Il est en effet inutile de représenter une plus longue portion de l'évacuateur vers l'amont puisque ce sont les conditions en rivière et sur les berges qui nous intéressent dans cette étude. On évite ainsi d'avoir à diminuer le pas de temps de calcul pour pouvoir tenir compte des vitesses très rapides dans l'évacuateur (et donc d'allonger indûment les temps de calculs).

La figure 3.2 présente la bathymétrie, en conditions après aménagement, telle que représentée dans les simulations de Mike-21. Les lettres A à I identifient 9 points dont les résultats seront comparés au chapitre 4.

3.4 Étalonnage

3.4.1 Paramètres d'ajustement du modèle

Les données d'étalonnage disponibles pour cette étude sont :

- les données de débit et de niveau d'eau qui ont servi à déterminer la courbe de tarage à la station PERI0728.
- des relevés de profondeurs d'eau et de vitesses d'écoulement dans la zone modélisée, réalisés par Entreprises Normand Juneau Inc entre le 14 et le 16 mai 2002.

L'étalonnage du modèle s'est fait principalement par l'ajustement des lignes d'eau en conditions actuelles pour des débits de 537, 560 et 597 m³/s, soit les débits observés durant la campagne de mesures des niveaux d'eau et des vitesses (du 14 au 16 mai 2002).

Le tableau 3.2 présente les caractéristiques principales des trois cas d'étalonnage disponibles.

À partir de l'étalonnage, une valeur uniforme de 0,3 a été retenue pour le coefficient de viscosité turbulente (Eddy). De même, on a retenu un coefficient de frottement (Manning) uniforme de 0,025 dans toutes les zones immergées. Cette valeur est cohérente pour un fond de sable.

Pour les simulations dans les zones normalement émergées, on a opté pour une variation spatiale du coefficient de frottement (figure 3.3). Cette variation est basée sur les observations sur le terrain et les photographies disponibles (annexe A) afin de tenir compte de la présence de sable, d'herbes, de broussailles ou de zones boisées sur les berges. En effet, dans les simulations présentées à la section suivante, on note plusieurs cas de débordement sur les berges, principalement en rive gauche de la Manouane et de la Péribonka. Nous ne disposons cependant

pas de mesures réalisées à des débits suffisamment grands pour permettre un étalonnage plus précis.

Un pas de temps de calcul de 0,8 seconde a permis d'obtenir la stabilité du modèle pour tous les débits simulés.

Par la suite, l'analyse hydraulique a servi à déterminer la cohérence des résultats, du point de vue des patrons d'écoulement obtenus et de leur évolution en fonction de l'augmentation du débit simulé.

L'étalonnage du modèle est satisfaisant et permet une analyse comparative du comportement hydrodynamique de la zone étudiée pour les conditions actuelles et futures.

3.4.2 Limites de l'étude

Les patrons d'écoulement sont valables pour la configuration étudiée. La plage des mesures de débit, entre 530 et 590 m³/s, ne permet pas d'étalonner ou de valider le modèle pour des conditions de forts débits. Toutefois la comparaison des conditions avant et après aménagement est suffisamment fiable pour illustrer les modifications au régime hydraulique causées par l'implantation des ouvrages.

Tableau 3.1 - Caractéristiques des cas simulés

#	Cas de simulation 2D	Description	Péribonka					Manouane	Contrainte de niveau à l'aval du modèle (voir figure 2.3) (m)	Numéros des figures de résultats correspondantes
			Débit total dans Péribonka aval (m³/s)	Cas Naturel Contrainte de débit à l'amont Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q centrale Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q évacuateur Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q dérivation Péribonka (m³/s)	Cas Naturel ou Aménagé Contrainte de débit à l'amont Manouane partiellement dérivée (m³/s)		
INONDATION DE LA POINTE DE SABLE										
1	Peri_1N_b2_900_450_17579	Conditions naturelles - Débit de début d'inondation de la pointe de sable située en rive gauche de la zone de confluence	1350.0	900.0	---	---	---	450.0	175.79	Figure 4.1.b.1 - Niveau d'eau et vecteurs flux Figure 4.1.b.2 - Vitesse Figure 4.1.b.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
DÉRIVATION PROVISOIRE										
2	Peri_2A_a4_d2262_263_17747	Après aménagement - Dérivation au débit max 1/40 ans, et débit moyen de mai sur la Manouane	2524.8	---	---	---	2262.0	262.8	177.47	Figure 4.2.a.1 - Vitesse Figure 4.2.a.2 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
3	Peri_2A_b4_d2262_55_17720	Après aménagement - Dérivation au débit max 1/40 ans, et débit moyen de novembre sur la Manouane	2317.0	---	---	---	2262.0	55.0	177.20	Figure 4.2.b.1 - Vitesse Figure 4.2.b.2 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
4	Peri_2A_c4_d2262_1172_17852	Après aménagement - Dérivation au débit max 1/40 ans, et débit 1/40 ans sur la Manouane	3434.0	---	---	---	2262.0	1172.0	178.52	Figure 4.2.c.1 - Vitesse Figure 4.2.c.2 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
CONDITIONS D'EXPLOITATION										
5	Peri_3N_a2_630_283_17495	Conditions naturelles - Conditions hydrodynamiques en mai - Rivière Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur Manouane	892.8	630.0	---	---	---	262.8	174.95	Figure 4.3.a.1 - Vitesse Figure 4.3.a.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
6	Peri_3A_a2_c630_283_17495	Après aménagement - Centrale à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur Manouane	892.8	---	630.0	---	---	262.8	174.95	Figure 4.3.a.2 - Vitesse Figure 4.3.a.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
7	Peri_3N_b2_630_55_17450	Conditions naturelles - Conditions hydrodynamiques en novembre - Rivière Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur Manouane	685.0	630.0	---	---	---	55.0	174.50	Figure 4.3.b.1 - Vitesse Figure 4.3.b.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
8	Peri_3A_b2_c630_55_17450	Après aménagement - Centrale Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur Manouane	685.0	---	630.0	---	---	55.0	174.50	Figure 4.3.b.2 - Vitesse Figure 4.3.b.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
9	Peri_3N_c2_692_263_17508	Conditions naturelles - Rivière Péribonka à (630 m³/s + moyenne des déversements en mai (selon simulations énergétiques par modèle Simhyde)) Manouane : moyenne des débits de mai	955.0	692.2	---	---	---	262.8	175.08	Figure 4.3.c.1 - Vitesse Figure 4.3.c.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
10	Peri_3A_c2_c630_e62_263_17508	Après aménagement - Centrale à 630 m³/s Évacuateur : moyenne des déversements en novembre (selon simulations énergétiques par modèle Simhyde) Manouane : moyenne des débits de mai	955.0	---	630.0	62.2	---	262.8	175.08	Figure 4.3.c.2 - Vitesse Figure 4.3.c.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
11	Peri_3N_d2_676_55_17461	Conditions naturelles - Rivière Péribonka à (630 m³/s + moyenne des déversements en novembre (selon simulations énergétiques par modèle Simhyde)) Manouane : moyenne des débits de novembre	730.6	675.6	---	---	---	55.0	174.61	Figure 4.3.d.1 - Vitesse Figure 4.3.d.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux
12	Peri_3A_d2_c630_e46_55_17461	Après aménagement - Centrale à 630 m³/s Évacuateur : moyenne des déversements en novembre (selon simulations énergétiques par modèle Simhyde) Manouane : moyenne des débits de novembre	730.6	---	630.0	45.6	---	55.0	174.61	Figure 4.3.d.2 - Vitesse Figure 4.3.d.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux

Tableau 3.1 (suite) - Caractéristiques des cas simulés

#	Cas de simulation 2D	Description	Péribonka				Manouane	Contrainte de niveau à l'aval du modèle (voir figure 2.3) (m)	Numéros des figures de résultats correspondantes	
			Débit total dans Péribonka aval (m³/s)	Cas Naturel Contrainte de débit à l'amont Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q centrale Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q évacuateur Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q dérivation Péribonka (m³/s)			Cas Naturel ou Aménagé Contrainte de débit à l'amont de Manouane partiellement dérivée (m³/s)
CONDITIONS DE CRUE										
13	Peri_4N_a3_2500_1300_17890	Conditions naturelles - Conditions hydrauliques en crue 1/100 ans de printemps sur les deux rivières	3800.0	2500.0	---	---	---	1300.0	178.90	Figure 4.4.a.1 - Vitesse Figure 4.4.a.3 - Flux
14	Peri_4A_a8_c630_e1870_1300_17890	Après aménagement - Conditions hydrauliques en crue 1/100 ans de printemps sur les deux rivières	3800.0	---	630.0	1870.0	---	1300.0	178.90	Figure 4.4.a.2 - Vitesse Figure 4.4.a.4 - Flux
15	Peri_4N_b3_2262_1172_17852	Conditions naturelles - Conditions hydrauliques en crue 1/40 ans de printemps sur les deux rivières	3434.0	2262.0	---	---	---	1172.0	178.52	Figure 4.4.b.1 - Vitesse Figure 4.4.b.3 - Flux
16	Peri_4A_b3_c630_e1832_1172_17852	Après aménagement - Conditions hydrauliques en crue 1/40 ans de printemps sur les deux rivières	3434.0	---	630.0	1632.0	---	1172.0	178.52	Figure 4.4.b.2 - Vitesse Figure 4.4.b.4 - Flux
17	Peri_4N_c3_2084_1073_17821	Conditions naturelles - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans de printemps sur les deux rivières	3157.0	2084.0	---	---	---	1073.0	178.21	Figure 4.4.c.1 - Vitesse Figure 4.4.c.3 - Flux
18	Peri_4A_c2_c630_e1454_1073_17821	Après aménagement - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans de printemps sur les deux rivières	3157.0	---	630.0	1454.0	---	1073.0	178.21	Figure 4.4.c.2 - Vitesse Figure 4.4.c.4 - Flux
19	Peri_4N_d3_1770_630_17731	Conditions naturelles - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans d'été-automne sur les deux rivières	2400.0	1770.0	---	---	---	630.0	177.31	Figure 4.4.d.1 - Vitesse Figure 4.4.d.3 - Flux
20	Peri_4A_d2_c630_e1140_630_17731	Après aménagement - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans d'été-automne sur les deux rivières	2400.0	---	630.0	1140.0	---	630.0	177.31	Figure 4.4.d.2 - Vitesse Figure 4.4.d.4 - Flux
21	Peri_4N_f_1095_246_17578	Conditions naturelles - Crue du 8 au 10 octobre 1979 - Débit du 9 octobre	1341.0	1095.0	---	---	---	246.0	175.78	Figure 4.4.1.1 - Vitesse Figure 4.4.1.3 - Flux
22	Peri_4A_f_c630_e465_246_17578	Après aménagement - Crue du 8 au 10 octobre 1979 - Débit du 9 octobre	1341.0	---	630.0	465.0	---	246.0	175.78	Figure 4.4.1.2 - Vitesse Figure 4.4.1.4 - Flux
CENTRALE ARRÊTÉE										
23	Peri_5A_a2_c0_e630_263_17495	Après aménagement - Conditions hydrauliques avec centrale arrêtée, évacuateur à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur la Manouane	892.8	---	0.0	630.0	---	262.8	174.95	Figure 4.5.a.1 - Vitesse Figure 4.5.a.2 - Flux
24	Peri_5A_b2_c0_e630_55_17450	Après aménagement - Conditions hydrauliques avec centrale arrêtée, évacuateur à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur la Manouane	685.0	---	0.0	630.0	---	55.0	174.50	Figure 4.5.b.1 - Vitesse Figure 4.5.b.2 - Flux
25	Peri_5A_c2_c0_e1632_1172_17796	Après aménagement - Conditions hydrauliques avec centrale arrêtée, Évacuateur Péribonka et rivière Manouane à la crue 1/40 ans de printemps	2804.0	---	0.0	1632.0	---	1172.0	177.96	Figure 4.5.c.1 - Vitesse Figure 4.5.c.2 - Flux

Pour tous les cas : Valeurs pour couvrant/déouvrant : 0.3 et 0.2

Pas de temps de calcul = 0,8 seconde

Manning : 0.025 dans la rivière et variable sur les berges

Tableau 3.2 - Caractéristiques des cas d'étalonnage

#	Cas de calibration 2D	Description	Débit total dans Pérignonka aval (m ³ /s)	Débit à l'amont Pérignonka (m ³ /s)	Débit à l'amont Manouane (m ³ /s)	Niveau à l'aval du modèle (m)	Manning	Coefficient de viscosité turbulente (Eddy)	Lignes de relevés de vitesses (figure 2.2)
1	Peri_318_279_17425_calA_13	Débit du 14 mai 2002 (Diminution du débit de 20 m ³ /s au cours des relevés)	597	318	279	174,26	0,025	0,3	JCT15, JCT16 PeriAv23, PeriAv24, PeriAv25, PeriAv26, PeriAv27, PeriAV28, PeriAv29
2	Peri_277_284_17417_calB_14	Débit du 15 mai 2002 (Diminution du débit de 15 m ³ /s durant les relevés)	560	277	283	174,17	0,025	0,3	PeriAm30, JCT13, JCT14, Man1, Man2, Man3, Man4, Man5, Man6, Man7, Man8, Man9, Man10, Man11, Man12
3	Peri_267_270_17412_calC_14	Débit du 16 mai 2002 (Diminution de 3 m ³ /s du débit total durant les relevés)	537	267	270	174,12	0,025	0,3	PeriAv17, PeriAv18, PeriAv19, PeriAv20, PeriAv21, PeriAv22

4 ANALYSE DES RÉSULTATS

Cette section présente les résultats des simulations réalisées. Les caractéristiques de chacun des 5 cas ont été décrites à la section 3.2. Le tableau 3.1 présente les caractéristiques de chaque simulation ainsi que les numéros des figures qui lui sont associées.

Afin de faciliter l'analyse, les champs de vitesses présentés partagent tous la même échelle de couleurs pour décrire les zones « d'iso-vitesse ». Par contre, la taille des vecteurs-vitesse a été ajustée en fonction du débit, afin de permettre une meilleure lisibilité. On a procédé de la même façon pour la représentation de la répartition du flux. Les figures présentant les profondeurs d'eau partagent également une échelle commune afin de faciliter les comparaisons.

On notera, dans l'échelle des vitesses, que la plage des vitesses de 0,6 à 0,8 m/s (référence 4), correspondant à la vitesse de début d'entraînement d'un sable grossier, a été représentée par une couleur facilement repérable (rose), afin de permettre de mieux distinguer les cas où un début de potentiel d'érosion est à prévoir sur les bancs de sable. Les échelles de profondeurs et de vitesses utilisées visent également à faire ressortir les plages de 0,3 à 2,0 m et de 0,1 m/s à 1,0 m/s, afin de faciliter les analyses environnementales subséquentes relatives aux habitats du poisson.

En plus des figures, présentant par iso-couleurs les résultats sur l'ensemble du domaine étudié, neuf points ont été sélectionnés, dans des zones présentant un intérêt particulier du point de vue de l'écoulement. Pour ces neuf points, les valeurs de la vitesse et de la profondeur d'eau sont tabulées pour onze des simulations réalisées. La figure 3.2 indique la position des points sélectionnés, identifiés de A à I. On retrouve au tableau 4.1 les vitesses obtenues, alors que le tableau 4.2 donne les profondeurs d'eau correspondantes.

Tel que discuté à la section 2.2, bien que la bathymétrie obtenue, après traitement par LDD et par Mike-21, est été jugée suffisamment régulière dans son ensemble pour les besoins de notre étude, deux zones restreintes, dans la partie aval du modèle, présentaient des irrégularités locales en

raison de l'espacement plus élevé des sections transversales de relevés par rapport à la forte densité des points topographiques en rive.

La première zone forme un décrochement en forme de pointe dans la bathymétrie à quelque 500 m à l'aval de la sortie de l'évacuateur (fig. 3.2, aval du point "H") à droite du chenal principal. L'effet est très localisé et la position de cette anomalie n'a pas une importance particulière dans l'analyse des résultats.

Le second secteur concerné se trouve le long de la rive gauche, principalement dans le passage étroit entre l'île boisée et cette rive. Le modèle de terrain obtenu, après traitement numérique, présente de légères ondulations, lesquelles ont pour effet de causer sur chaque point haut une augmentation de la vitesse d'écoulement obtenue par le modèle numérique (sur les figures de hauteurs de lame d'eau et de vitesse, par exemple 4.3.c.1, on remarque cet effet par une suite de petites zones circulaires d'iso-contours de hauteur ou de vitesse).

Tout en étant conscients de la limitation que cet effet impose à l'analyse des conditions dans cet étroit passage, nous avons considéré que l'analyse sur le reste du domaine à l'étude n'était pas entravé. En effet, le passage concerné est situé du côté gauche de l'île, donc du côté opposé au bord d'attaque du courant provenant de l'évacuateur ou du chenal principal de la rivière. Les modifications aux conditions d'érosion qui pourraient être occasionnées par la présence de l'aménagement Péribonka semblent donc bien plus importantes de l'autre côté de l'île (côté droit), secteur où la bathymétrie obtenue est plus régulière, et les vitesses en fortes crues le plus souvent suffisamment au-dessus des vitesses de début d'entraînement pour que les variations artificielles de la bathymétrie ne puissent en être la cause.

4.1 Cas 1 – Conditions naturelles - Début d'inondation de la pointe de sable

L'objectif du premier cas étudié est de définir, en conditions naturelles, la récurrence de crue à partir de laquelle débute la submersion de la pointe de sable, qui se trouve en rive gauche à la confluence des deux rivières et qui présente un intérêt historique. On cherche donc à savoir si la mise en valeur éventuelle de cette zone doit tenir compte d'inondations possibles de faible ou au contraire de grande récurrence.

Sur le terrain on observe une zone plus dénudée qui s'ouvre entre les arbres et indique le passage assez récent de débit, passant de la Manouane à la Péribonka en traversant la pointe plutôt qu'en la contournant. On note également, sur la topographie de la figure 2.2, que le point coté le plus bas est à l'élévation 174,2 m et que la présence d'eau y est indiquée, ce que l'on constate également sur le terrain.

La courbe de tarage qui a été établie pour l'aval du modèle numérique indique qu'au niveau de 174,2 m correspond un débit d'à peine 560 m³/s. Il s'agit ici du débit combiné des rivières Manouane et Péribonka, alors que le débit de crue 1/10 ans d'été-automne de la rivière Péribonka seule est déjà de l'ordre de 1550 m³/s.

L'examen de la topographie nous indique cependant que la zone la plus basse de la pointe ne commencera à être inondée dans sa partie basse qu'à partir du niveau 175,7 m environ, en raison d'un léger rehaussement du terrain près des rives. Un débit de 1350 m³/s a été évalué comme limite de début d'inondation (niveau d'eau à la limite aval du modèle de 175,79 m). Ce débit est inférieur à la sommation des débits de récurrence 1/2 ans de printemps des deux rivières (1670 m³/s). En crue d'été-automne, ce débit correspond à une crue combinée des deux rivières se situant entre 1/10 ans et 1/2 ans.

Dans le cas présenté, ce débit de 1350 m³/s a été réparti de la façon suivante entre les deux rivières : 900 m³/s provenant de la Péribonka, et un débit de 450 m³/s provenant de la Manouane.

La figure 4.1.b.1 présente la variation de la surface du plan d'eau ainsi que les vecteurs flux. À la figure 4.1.b.2 on présente une carte des vitesses obtenues, sous forme d'iso-vitesses et de vecteurs, tandis que la figure 4.1.b.3 montre la hauteur de la lame d'eau en rivière et les vecteurs flux. On estime la submersion dans le "corridor" au centre de la pointe à quelques centimètres tout au plus. On pourra cependant observer dans les résultats présentés au cas 4 que la pointe est complètement submergée à partir d'une crue de récurrence 1/20 ans de printemps.

4.2 Cas 2 – Conditions après aménagement – Dérivation provisoire au débit de conception

La simulation des conditions hydrodynamiques en dérivation provisoire a été analysée en considérant celle-ci à son débit de dimensionnement, soit la crue 1/40 ans de printemps. À ce débit s'ajoute celui provenant de la rivière Manouane après détournement partiel, pour laquelle trois cas ont été considérés : les apports moyens de mai, ceux de novembre (périodes de frai), et une condition de plus forte hydraulicité décrite par le passage simultané de la crue 1/40 dans les rivières Péribonka et Manouane. Les débits totaux simulés varient de 2317 m³/s à 3434 m³/s.

Les résultats des simulations sont montrés sur les 6 figures de la série 4.2. Une carte des profondeurs d'eau superposées au champ des flux d'écoulement et une carte des vitesses des courants illustrent les conditions hydrauliques pour chacune des trois combinaisons de débit simulées.

Crue 1/40 ans de Péribonka avec les apports moyens printaniers de Manouane

Dans le cas d'un débit total de 2525 m³/s, la carte des champs des courants (figure 4.2.a.1) montre que les vitesses d'écoulement sont maximales à la sortie du canal de fuite de la galerie de dérivation provisoire. On y observe des vitesses de 4 à 5 m/s, atteignant localement des valeurs de 5 à 6 m/s. On note que, pour ce débit, seule l'extrémité de la pointe de sable est partiellement inondée, les points hauts demeurant à découvert. Les vitesses n'y dépassent cependant pas 0,3 m/s, soit des vitesses inférieures à la vitesse de début d'entraînement des sables grossiers.

Pour ce débit de $2525 \text{ m}^3/\text{s}$, la carte des flux d'écoulement (figure 4.2.a.2) montre que les veines d'eau à la sortie de la galerie de dérivation provisoire suivent les zones d'eau profondes au centre et en rive droite de la rivière Péribonka. Par ailleurs, il n'y a pas de remontée significative d'eau dans le bras de la rivière Manouane. Enfin, même si la pointe de sable est partiellement inondée par une lame d'eau pouvant atteindre près de 3 m par endroits, cette lame d'eau participe peu aux échanges d'eau entre les deux rivières.

Le champ d'écoulement dans la rivière Péribonka est perturbé par la présence de la galerie de dérivation provisoire sur une zone confinée par le lit actuel de la rivière Péribonka et qui s'étire sur 740 m environ à l'aval de la sortie de la galerie, soit jusqu'à la zone où on a un étranglement de la rivière. À l'aval de cette zone, l'écoulement de la rivière Péribonka n'est plus influencé par la présence de la galerie.

Crue 1/40 ans de Péribonka avec les apports moyens d'automne de Manouane

Dans le cas d'un débit total de $2317 \text{ m}^3/\text{s}$, le champ des vitesses d'écoulement à la sortie de la dérivation présente peu de différence avec le cas précédent.

Pour ce débit de $2317 \text{ m}^3/\text{s}$, la carte des flux d'écoulement (figure 4.2.b.2) montre encore une fois que les veines d'eau à la sortie de la galerie de dérivation provisoire suivent les zones d'eaux profondes au centre et en rive droite de la rivière Péribonka. Par ailleurs, outre une très légère tendance giratoire de l'écoulement sur la pointe de sable vers la rivière Manouane, il n'y a pas de remontée significative d'eau dans le bras de cette rivière. La pointe de sable est inondée par une lame d'eau pouvant atteindre près de 3 m ponctuellement, mais les vitesses y sont très faibles et cette zone participe peu aux échanges d'écoulement.

Le resserrement de la largeur de la rivière Péribonka à 740 m environ à l'aval de la galerie de dérivation provisoire délimite la zone d'influence de la galerie de dérivation provisoire sur l'écoulement dans la rivière Péribonka.

Crue 1/40 ans dans les rivières Péribonka et Manouane

Dans ces conditions de crue la vitesse maximale du courant atteint 4 et 5 m/s, en face du batardeau à l'aval du barrage, soit des vitesses semblables à celles obtenues pour les deux débits inférieurs.

Pour cette condition, l'eau de la rivière Manouane emprunte nettement la voie de débordement vers la rivière Péribonka. L'épaisseur d'eau sur la pointe de sable atteint des valeurs approchant 6 m. Les vitesses du courant dans cette zone approchent localement 1,0 m/s. Ces zones sont toutefois discontinues et ne permettent pas, par conséquent, un transport net de sable vers l'aval.

Le fort débit dans la rivière Manouane plaque la veine d'écoulement en sortie de la galerie de dérivation provisoire sur la rive rocheuse du côté droit de la rivière Péribonka. Malgré des vitesses d'écoulement élevées (3,0 m/s à 3,5 m/s), aucune érosion n'est à prévoir à cet endroit.

Pour ce débit de 3434 m³/s, la carte des flux d'écoulement (figure 4.2.c.2) montre que les veines d'eau à la sortie de la galerie de dérivation provisoire suivent les zones d'eau profondes au centre et en rive droite de la rivière Péribonka. Il n'y a pas ici non plus de remontée significative d'eau dans le bras de cette rivière.

Le resserrement de la largeur de la rivière Péribonka à 740 m environ à l'aval de la galerie de dérivation provisoire délimite encore une fois la zone d'influence de la galerie de dérivation provisoire sur l'écoulement dans la rivière Péribonka.

4.3 Cas 3 – Conditions d'écoulement en exploitation normale

Cette série de simulations présente les conditions d'écoulement, avant et après aménagement, pour quatre cas de combinaisons de débits représentant des conditions normales d'exploitation, et couvrant une gamme de débits totaux allant de 685 m³/s à 955 m³/s.

L'objectif des cas simulés ici est principalement de permettre par la suite l'analyse environnementale des habitats de poissons, perdus ou apparus par suite de l'aménagement. Les cas simulés correspondent donc aux conditions moyennes de mai et de novembre, soit deux périodes de frai importantes dans ce secteur.

Sur la Manouane on retrouvera deux cas de débits, soit un débit de 263 m³/s, correspondant au débit moyen de mai, et 55 m³/s qui correspond au débit moyen de novembre. Dans les deux cas on suppose que la rivière Manouane aura déjà préalablement fait l'objet d'un détournement vers Bersimis-1 (Pipmuacan).

Pour la rivière Péribonka on suppose que la centrale est à pleine capacité, soit 630 m³/s (débit passant par la rivière en conditions naturelles). Dans les cas (c) et (d) on ajoutera à ce débit un déversement par l'évacuateur, correspondant à la moyenne des déversements, des mois de mai ou novembre, telle qu'obtenue des simulations d'optimisation énergétique (en ne retenant que les années où il y a déversement) (référence 3).

Pour chacun des cas, naturel et aménagé, on présente une première figure montrant les champs de vitesses et une seconde montrant les vecteurs-flux superposés aux iso-contours de hauteur de lame d'eau.

Dans tous les cas de débits présentés, que ce soit en conditions naturelles ou aménagées, on retrouve les similitudes suivantes :

- En conditions naturelles, les vitesses maximales atteintes se situent entre 1 et 1,5 m/s, avec pour les deux cas de plus grand débit une toute petite zone de vitesses entre 1,5 et 2,0 m/s (couleur verte) dans l'étranglement situé immédiatement à l'aval de la confluence. Après aménagement, la zone de vitesses entre 1,5 et 2,0 m/s dans l'étranglement s'agrandit légèrement et une deuxième zone de même vitesse apparaît à la sortie de la centrale. Pour les deux cas de plus faible débit total (685 m³/s et 731 m³/s), des vitesses de 2 à 3 m/s sont obtenues très localement.

- il n'y a pratiquement pas de différence dans le patron d'écoulement de la rivière Manouane, avec ou sans l'aménagement. La route ne modifie pas le patron d'écoulement pour cette gamme de débits d'exploitation;
- en conditions d'exploitation normale, les débits passant par l'évacuateur de crue sont négligeables par rapport au débit total, et n'ont pas d'influence sur les patrons d'écoulement;
- pour les trois cas ayant les plus grands débits, on remarque des vitesses correspondant au début des vitesses d'entraînement potentiel (0,6 à 0,8 m/s), mais associées à des profondeurs d'eau faibles, le long de l'île boisée se trouvant près de la rive gauche de la Péribonka, à l'aval de l'évacuateur. Cependant, l'aménagement ne cause pas d'augmentation de ces vitesses pour la gamme de débits d'exploitation.
- on retrouve des vitesses maximales de 0,8 à 0,9 m/s sur le haut-fond situé au centre de la partie aval de la rivière Péribonka (face à la sortie de l'évacuateur). Ces vitesses diffèrent toutefois très peu qu'il y ait ou non aménagement. De plus, comme en bordure de l'île, la profondeur d'eau y est faible (environ 1 m au centre du haut-fond).

4.4 Cas 4 – Conditions d'écoulement en crue

Conditions naturelles

En conditions de crue, on observe un comportement similaire pour les débits de crue de 1/100 ans de printemps (3800 m³/s, figures série 4.4.a), de 1/40 ans de printemps (3434 m³/s, figures série 4.4.b), et 1/20 ans de printemps (3157 m³/s, figures série 4.4.c) :

- le débit provenant de la rivière Péribonka est confiné en rive droite;
- l'extrémité de la pointe de sable est complètement submergée et le débit provenant de la rivière Manouane déborde sur celle-ci avec des vitesses pouvant atteindre 1 à 1,5 m/s,

vitesse semblables à celles atteintes dans le chenal de la Manouane. Cette vitesse est suffisante pour provoquer une érosion des sables. La zone d'érosion est toutefois bien définie et s'il y a effectivement érosion, il y aura formation d'un chenal dans lequel les vitesses auront forcément chuté, du fait de l'augmentation de l'aire mouillée;

- à l'aval de la zone de sortie prévue pour l'évacuateur, on note que pour ces débits les vitesses atteintes au centre de la rivière atteignent 2 à 2,5 m/s, et entre 1,5 et 2,5 m/s, selon les débits, au-dessus du haut-fond qui devrait donc s'éroder jusqu'à ce que l'augmentation de la section soit suffisante pour faire diminuer les vitesses;
- l'île boisée près de la rive gauche est submergée, mais les vitesses y demeurent en dessous de 0,7 m/s et elle ne devrait pas subir d'érosion.

En conditions de crue 1/20 ans d'été-automne (2400 m³/s, figures série 4.4.d), on observe quelques différences avec les résultats des débits supérieurs :

- l'extrémité de la pointe de sable n'est plus complètement submergée. Les vitesses maximales rencontrées n'excèdent pas 0,9 m/s, le flux y est très réduit et cette zone participe peu à l'écoulement, les risques d'érosion y sont donc faibles;
- à l'aval de la zone de sortie prévue pour l'évacuateur, pour ce débit les vitesses atteintes au centre de la rivière n'excèdent pas 2,0 m/s, et entre 1,0 et 2,0 m/s, au-dessus du haut-fond, lequel a donc encore un risque potentiel d'érosion.

Pour le dernier cas, soit la crue du 8 au 10 octobre 1979, (débit total de 1341 m³/s, figures série 4.4.f),

- on note que seules quelques zones basses de la pointe de sable sont inondées (ce débit correspond au débit de début d'inondation de la pointe du cas 1, mais avec une répartition différente des apports des deux rivières);
- les vitesses dans la Manouane sont limitées à 0,5 m/s et il n'y a plus de risque d'érosion;
- dans la Péribonka, les vitesses dans le chenal principal sont entre 1 et 1,5 m/s, avec des zones plus restreintes entre 1,5 m/s et 2 m/s. Les vitesses sur le haut-fond varient entre 1 et 1,2 m/s;

- l'île en aval près de la rive gauche n'est plus submergée et les vitesses et les flux obtenus à sa périphérie indiquent qu'il n'y a pas de risque d'érosion.

Conditions après aménagement

Après aménagement, on peut résumer ainsi les modifications aux conditions hydrodynamiques :

- dans la partie aval de la confluence, une réduction des vitesses sur le haut-fond, tout en demeurant dans la plage des vitesses supérieures au début d'entraînement des sables grossiers, en raison de l'effet d'étalement de l'écoulement vers la rive gauche provoqué par la sortie de l'évacuateur;
- pour tous les débits (à l'exception du débit de 1341 m³/s), l'île boisée près de la rive gauche se retrouve maintenant dans une zone de vitesses potentiellement érosives (vitesses maximales 0,7 à 1,0 m/s) et le flux augmente;
- le tracé actuel de la route d'accès en rive droite de la Manouane crée un effet d'étranglement qui accentue le potentiel érosif sur l'extrémité de la pointe de sable. Les vitesses maximales rencontrées sont les mêmes, mais elles couvrent des zones plus grandes. Le déplacement de la route plus près de la rive droite améliorerait ces conditions hydrauliques.

4.5 Cas 5 – Conditions d'écoulement lors de l'arrêt de la centrale

Lorsque la centrale est arrêtée, pour les trois cas de débit total présentés (685, 893 et 2804 m³/s) on constate que l'écoulement n'a qu'une faible capacité d'érosion (vitesse inférieure à 0,1 m/s) en amont de la sortie de la centrale (figure 4.5.a.2). Il n'y a donc pas de capacité de transport sauf dans la zone identifiée par des vitesses supérieures à 0,8 m/s. Or, dans cette zone, l'orientation du courant est vers le sud-ouest, donc en s'éloignant de la centrale. Les résultats des simulations ne laissent pas entrevoir de courant de retour pouvant entraîner des problèmes d'ensablement au droit du canal de fuite.

5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude hydraulique des écoulements dans la zone de confluence des rivières Péribonka et Manouane nous permet de tirer les conclusions suivantes.

En conditions naturelles, la submersion de la pointe de sable en rive gauche débute à un débit de 1350 m³/s. Ce débit correspond à une récurrence plus fréquente que 1 dans 2 ans de crue de printemps.

En dérivation provisoire, la rivière Péribonka retrouve ses conditions actuelles d'écoulement dès la section étroite située à 740 m à l'aval de la galerie de dérivation provisoire.

En conditions normales d'exploitation de l'aménagement proposé, pour des débits inférieurs à 1000 m³/s, on ne note pas de modification significative du patron d'écoulement dans la Manouane ni d'augmentation du potentiel d'érosion par rapport aux conditions actuelles

Le haut-fond et les îles en rive gauche de la rivière Péribonka sont alignés avec la direction de l'écoulement en sortie du canal de fuite de l'évacuateur de crue. En conditions de crues, les résultats indiquent un recul potentiel de ces bancs sableux sur une distance latérale d'environ 150 à 200 m vers la rive gauche.

En conditions de crue, le tracé actuel de la route d'accès en rive droite de la Manouane crée un effet d'étranglement qui accentue le potentiel érosif sur l'extrémité de la pointe de sable. Le déplacement de la route plus près de la rive droite améliorerait ces conditions hydrauliques.

En recommandation, il est suggéré de réaliser un calcul plus approfondi de l'entraînement du sable en tenant compte des contraintes de cisaillement de fond, en plus de la vitesse

d'entraînement, et de la modification du fond, pour simuler l'évolution des vitesses à la périphérie de la pointe de sable et des îles et hauts-fonds en fonction de l'accroissement de la section d'écoulement.

Enfin, à partir des résultats présentés dans cette étude, où on constate un débordement sur les deux rives de la Manouane pour des crues de l'ordre de la crue centennale, il est aussi recommandé d'effectuer quelques relevés topographiques ponctuels sur l'île située en rive gauche à la limite amont du modèle pour mieux représenter les conditions d'écoulement durant les épisodes de fort débit.

Tableau 4.1 - Résultats des simulations - Vitesses

# (réf. Tableau 3.1)	Cas de simulation 2D	Description	Péribonka					Manouane	Contrainte de niveau à l'aval du modèle (voir figure 2.3) (m)	Numéros des figures de résultats correspondantes	Vitesses (m/s)								
			Débit total dans Péribonka aval (m³/s)	Cas Naturel Contrainte de débit à l'amont Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q centrale Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q évacuateur Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q dérivation Péribonka (m³/s)	Cas Naturel ou Aménagé Contrainte de débit à l'amont Manouane partiellement dérivée (m³/s)			Point A Amont chenal Manouane	Point B Chenal Manouane amont de confluence	Point C Extrémité pointe de sable	Point D Jonction sorties centrale et dérivation	Point E Étranglement Péribonka	Point F Péribonka sortie Évacuateur	Point G Haut-fond centre Péribonka sortie évacuateur	Point H Chenal rive droite Péribonka aval	Point I Rive droite ile boisée aval Péribonka
INONDATION DE LA POINTE DE SABLE																			
1	Peri_1N_b2_900_450_17579	Conditions naturelles - Débit de début d'inondation de la pointe de sable située en rive gauche de la zone de confluence	1350.0	900.0	--	--	--	450.0	175.79	Figure 4.1.b.1 - Niveau d'eau et vecteurs flux Figure 4.1.b.2 - Vitesse Figure 4.1.b.3 - Hauteur d'eau et vecteurs flux	0.88	0.70	1.00	0.12	1.83	1.20	0.91	1.03	1.02
DÉRIVATION PROVISOIRE																			
2	Peri_2A_a4_d2262_263_17747	Après aménagement - Dérivation au débit max 1/40 ans, et débit moyen de mai sur la Manouane	2524.8	--	--	--	2262.0	262.8	177.47	Figure 4.2.a.1 - Vitesse Figure 4.2.a.2 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	0.34	0.32	0.29	3.66	3.47	1.48	1.87	0.81	0.89
CONDITIONS D'EXPLOITATION																			
7	Peri_3N_a2_630_263_17495	Conditions naturelles - Conditions hydrodynamiques en mai - Rivière Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur Manouane	892.8	630.0	--	--	--	262.8	174.95	Figure 4.3.a.1 - Vitesse Figure 4.3.a.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	0.70	0.59	0.77	0.06	1.48	1.06	0.69	1.03	0.83
8	Peri_3A_a2_c630_263_17495	Après aménagement - Centrale à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur Manouane	892.8	--	630.0	--	--	262.8	174.95	Figure 4.3.a.2 - Vitesse Figure 4.3.a.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	0.70	0.64	0.94	1.30	1.63	1.11	0.69	1.03	0.83
9	Peri_3N_b2_630_55_17450	Conditions naturelles - Conditions hydrodynamiques en novembre - Rivière Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur Manouane	685.0	630.0	--	--	--	55.0	174.50	Figure 4.3.b.1 - Vitesse Figure 4.3.b.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	0.21	0.17	0.41	0.03	1.26	1.00	0.56	1.04	0.68
10	Peri_3A_b2_c630_55_17450	Après aménagement - Centrale Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur Manouane	685.0	--	630.0	--	--	55.0	174.50	Figure 4.3.b.2 - Vitesse Figure 4.3.b.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	0.21	0.18	0.53	1.47	1.44	1.01	0.55	1.04	0.68
CONDITIONS DE CRUE																			
19	Peri_4N_d3_1770_630_17731	Conditions naturelles - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans d'été-automne sur les deux rivières	2400.0	1770.0	--	--	--	630.0	177.31	Figure 4.4.d.1 - Vitesse Figure 4.4.d.3 - Flux	0.83	0.74	0.93	0.12	2.43	1.46	1.35	1.03	1.16
20	Peri_4A_d2_c630_e1140_630_17731	Après aménagement - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans d'été-automne sur les deux rivières	2400.0	--	630.0	1140.0	--	630.0	177.31	Figure 4.4.d.2 - Vitesse Figure 4.4.d.4 - Flux	0.82	0.78	0.87	0.29	1.36	1.53	1.08	1.13	1.18
21	Peri_4N_f_1095_246_17578	Conditions naturelles - Crue du 8 au 10 octobre 1979 - Débit du 9 octobre	1341.0	1095.0	--	--	--	246.0	175.78	Figure 4.4.1.1 - Vitesse Figure 4.4.1.3 - Flux	0.48	0.38	0.69	0.10	1.82	1.18	0.91	1.02	1.01
22	Peri_4A_f_c630_e465_246_17578	Après aménagement - Crue du 8 au 10 octobre 1979 - Débit du 9 octobre	1341.0	--	630.0	465.0	--	246.0	175.78	Figure 4.4.1.2 - Vitesse Figure 4.4.1.4 - Flux	0.49	0.43	0.74	0.87	1.35	0.92	0.90	1.00	1.07
CENTRALE ARRÊTÉE																			
23	Peri_5A_a2_c0_e630_263_17495	Après aménagement - Conditions hydrauliques avec centrale arrêtée, évacuateur à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur la Manouane	892.8	--	0.0	630.0	--	262.8	174.95	Figure 4.5.a.1 - Vitesse Figure 4.5.a.2 - Flux	0.73	0.67	0.29	0.02	0.55	1.17	0.70	1.04	0.84

Tableau 4.2 - Résultats des simulations - Profondeurs d'eau

# (réf. Tableau 3.1)	Cas de simulation 2D	Description	Péribonka					Manouane	Contrainte de niveau à l'aval du modèle (voir figure 2.3) (m)	Numéros des figures de résultats correspondantes	Profondeurs d'eau (m)								
			Débit total dans Péribonka aval (m³/s)	Cas Naturel Contrainte de débit à l'amont Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q centrale Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q évacuateur Péribonka (m³/s)	Cas Aménagé Q dérivation Péribonka (m³/s)	Cas Naturel ou Aménagé Contrainte de débit à l'amont Manouane partiellement dérivée (m³/s)			Point A Amont chenal Manouane	Point B Chenal Manouane amont de confluence	Point C Extrémité pointe de sable	Point D Jonction sorties centrale et dérivation	Point E Étranglement Péribonka	Point F Péribonka sortie Évacuateur	Point G Haut-fond centre Péribonka sortie évacuateur	Point H Chenal rive droite Péribonka aval	Point I Rive droite ile boisée aval Péribonka
INONDATION DE LA POINTE DE SABLE																			
1	Peri_1N_b2_900_450_17579	Conditions naturelles - Débit de début d'inondation de la pointe de sable située en rive gauche de la zone de confluence	1350.0	900.0	---	---	---	450.0	175.79	Figure 4.1.b.1 - Niveau d'eau et vecteurs flux Figure 4.1.b.2 - Vitesse Figure 4.1.b.3 - Hauteur d'eau et vecteurs flux	3.59	3.97	2.31	2.98	8.68	3.88	2.46	5.22	2.04
DÉRIVATION PROVISOIRE																			
2	Peri_2A_a4_d2262_263_17747	Après aménagement - Dérivation au débit max 1/40 ans, et débit moyen de mai sur la Manouane	2524.8	---	---	---	2262.0	262.8	177.47	Figure 4.2.a.1 - Vitesse Figure 4.2.a.2 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	5.04	5.46	3.88	5.52	10.24	5.54	4.12	6.90	3.73
CONDITIONS D'EXPLOITATION																			
7	Peri_3N_a2_630_263_17495	Conditions naturelles - Conditions hydrodynamiques en mai - Rivière Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur Manouane	892.8	630.0	---	---	---	262.8	174.95	Figure 4.3.a.1 - Vitesse Figure 4.3.a.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	2.73	3.11	1.47	2.12	7.86	3.04	1.60	4.36	1.20
8	Peri_3A_a2_c630_263_17495	Après aménagement - Centrale à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur Manouane	892.8	---	630.0	---	---	262.8	174.95	Figure 4.3.a.2 - Vitesse Figure 4.3.a.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	2.74	3.12	1.46	3.20	7.85	3.04	1.60	4.36	1.20
9	Peri_3N_b2_630_55_17450	Conditions naturelles - Conditions hydrodynamiques en novembre - Rivière Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur Manouane	685.0	630.0	---	---	---	55.0	174.50	Figure 4.3.b.1 - Vitesse Figure 4.3.b.3 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	2.21	2.63	1.04	1.65	7.43	2.59	1.15	3.90	0.74
10	Peri_3A_b2_c630_55_17450	Après aménagement - Centrale Péribonka à 630 m³/s et moyenne des débits de novembre sur Manouane	685.0	---	630.0	---	---	55.0	174.50	Figure 4.3.b.2 - Vitesse Figure 4.3.b.4 - Hauteurs d'eau et vecteurs flux	2.19	2.62	1.01	2.72	7.42	2.59	1.15	3.90	0.74
CONDITIONS DE CRUE																			
19	Peri_4N_d3_1770_630_17731	Conditions naturelles - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans d'été-automne sur les deux rivières	2400.0	1770.0	---	---	---	630.0	177.31	Figure 4.4.d.1 - Vitesse Figure 4.4.d.3 - Flux	5.09	5.49	3.87	4.51	10.16	5.41	3.99	6.76	3.58
20	Peri_4A_d2_c630_e1140_630_17731	Après aménagement - Conditions hydrauliques en crue 1/20 ans d'été-automne sur les deux rivières	2400.0	---	630.0	1140.0	---	630.0	177.31	Figure 4.4.d.2 - Vitesse Figure 4.4.d.4 - Flux	5.02	5.41	3.80	5.53	10.23	5.42	3.99	6.76	3.58
21	Peri_4N_f_1095_246_17578	Conditions naturelles - Crue du 8 au 10 octobre 1979 - Débit du 9 octobre	1341.0	1095.0	---	---	---	246.0	175.78	Figure 4.4.f.1 - Vitesse Figure 4.4.f.3 - Flux	3.51	3.92	2.31	2.94	8.67	3.87	2.45	5.21	2.03
22	Peri_4A_f_c630_e465_246_17578	Après aménagement - Crue du 8 au 10 octobre 1979 - Débit du 9 octobre	1341.0	---	630.0	465.0	---	246.0	175.78	Figure 4.4.f.2 - Vitesse Figure 4.4.f.4 - Flux	3.48	3.89	2.27	4.00	8.70	3.88	2.45	5.20	2.03
CENTRALE ARRÊTÉE																			
23	Peri_5A_a2_c0_e630_263_17495	Après aménagement - Conditions hydrauliques avec centrale arrêtée, évacuateur à 630 m³/s et moyenne des débits de mai sur la Manouane	892.8	---	0.0	630.0	---	262.8	174.95	Figure 4.5.a.1 - Vitesse Figure 4.5.a.2 - Flux	2.66	3.03	1.41	3.13	7.87	3.06	1.60	4.36	1.20

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Thiémonge, N., *Avant-projet Péribonka – Valeurs des débits modules aux aménagements actuels et futurs*, communication interne, HQ-DPPE-HG-DS-2001-0041-02-31, HQ-DPPE-HG-CI-2002-0080-01, 11 septembre 2002.
 2. Thiémonge, N., *Avant-projet Péribonka – Estimation des pointes de crues de printemps, d'été-automne et d'hiver à PER-3D et à la confluence de la Manouane avec la Péribonka*, communication interne, HQ-DPPE-HG-DS-2001-0041-02-31, HQ-DPPE-HG-CI-2002-0046-01, 6 mai 2002.
 3. Thiémonge, N., *Rivière Péribonka – Étude d'avant-projet – Aménagement du site PER3D – Études hydrologiques*, rapport, HQ-DPPE-HG-DS-2001-0041-02-32, HQ-DPPE-HG-RA-2002-0042-01, décembre 2002.
 4. Simons, D.B. et Senturk, F., *SEDIMENT TRANSPORT TECHNOLOGY*, Water Resources Publications, 1977.
-