

COMPLEXE DE LA ROMAINE
Étude de la dynamique sédimentaire

Rapport présenté à :
Hydro-Québec Équipement



Mars 2006

COMPLEXE DE LA ROMAINE

Étude de la dynamique sédimentaire

Rapport présenté à :

HYDRO-QUÉBEC ÉQUIPEMENT

Mars 2006

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
2. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE	2
2.1 Composantes hydrologiques de la Romaine	2
2.1.1 La rivière Romaine.....	2
2.1.2 Le bassin versant et les tributaires.....	3
2.1.3 La zone de l'embouchure.....	5
2.2 Géologie	11
2.3 Géomorphologie	13
2.3.1 Physiographie.....	13
2.3.2 Histoire géomorphologique.....	14
2.3.3 Géomorphologie des rives et des terrains adjacents le long du tronçon étudié de la rivière Romaine.....	16
3. MÉTHODES	18
3.1 Étude de l'érosion et calcul des apports sédimentaires potentiels	18
3.2 Caractérisation et traçage des sédiments dans le bassin de drainage de la rivière Romaine	22
3.2.1 Mise en contexte.....	22
3.2.2 Objectifs.....	24
3.2.3 Échantillonnage et analyses en laboratoire.....	27
3.2.4 Protocole analytique des laboratoires.....	27
3.2.5 Analyse statistique des données.....	32
3.3 Étude de la charge sédimentaire	34
3.3.1 Généralités.....	34
3.3.2 Sommaire des études.....	34
3.3.3 Approche d'échantillonnage.....	37
3.3.4 Instrumentation utilisée pour déterminer la charge solide.....	38
3.3.5 Traitement des données sédimentologiques.....	47
3.3.6 Analyses granulométriques et minéralogiques des particules de la charge de fond.....	48

3.4 Méthodologie d'étude des conditions hydrauliques en régime permanent	51
3.4.1 Généralités.....	51
3.4.2 Méthode de calcul.....	51
3.4.3 Données de base.....	53
3.4.4 Cas simulés.....	57
3.4.5 Paramètres du modèle hydraulique retenus.....	57
3.4.6 Calcul de la capacité de transport.....	57
4 ÉROSION ET APPORTS SÉDIMENTAIRES POTENTIELS	59
4.1 Érosion et apports de la rivière Romaine	59
4.1.1 Localisation et nature des secteurs actifs.....	59
4.1.2 Volumes fournis par l'érosion.....	60
4.2 Érosion et apports des principaux tributaires du bassin versant de la Romaine ..	61
4.2.1 Localisation et nature des secteurs actifs.....	61
4.2.2 Volumes fournis par l'érosion.....	65
5 TRAÇAGE DE LA COMPOSITION DE LA CHARGE SÉDIMENTAIRE DE LA RIVIÈRE ROMAINE	69
5.1 Analyse en composantes principales	69
5.2 Évaluation des distances de composition et des contributions des tributaires	72
6 CARACTÉRISATION DE LA CHARGE SOLIDE DE LA RIVIÈRE ROMAINE ..	78
6.1 Charge en suspension	78
6.1.1 Généralités.....	78
6.1.2 Évaluation de la charge solide en suspension.....	79
6.2 Évaluation de la charge solide de fond	86
6.2.1 Généralités.....	86
6.2.2 Évaluation de la charge de fond.....	87
6.3 Composition de la charge de fond	92
6.3.1 Distribution granulométrique.....	92
6.3.2 Minéralogie.....	94
6.3.3 Charge de fond théorique.....	96

7	ANALYSE DU TRANSIT SÉDIMENTAIRE LE LONG DE LA RIVIÈRE ROMAINE	102
7.1	Charge de fond	103
7.1.1	Bilan sédimentaire de la charge de fond.....	103
7.1.2	Dynamique sédimentaire de la charge de fond.....	106
7.2	Charge sédimentaire silto-argileuse	112
8	SYNTHÈSE	115
	BIBLIOGRAPHIE	119

ANNEXE A

Analyses géochimiques (résultats)

ANNEXE B

Synthèse des matériaux de surface, des zones actives et composition des berges (deux feuillets à l'échelle de 1 : 100 000)

LISTE DES FIGURES

Figure 3.2.1 :	Organigramme des analyses géochimiques.....	30
Figure 3.3.1 :	Profil schématique de la rivière Romaine montrant la situation des stations d'échantillonnage en relation avec les réservoirs projetés et la topographie générale.....	37
Figure 3.3.2 :	Comparaison des hydrogrammes 2003 et 2004 avec l'hydrogramme moyen et la plage des débits journaliers pour la période 1957-1996 de la rivière Romaine.....	39
Figure 3.3.3 :	Représentation schématique des zones de la colonne d'eau échantillonnées avec les instruments utilisés.....	43
Figure 3.3.4 :	Échantillonneurs utilisés pour l'échantillonnage de la charge en suspension et de la charge de fond sur la rivière Romaine, printemps 2003 et 2004.....	44
Figure 3.3.5 :	Représentation de l'approche d'échantillonnage à verticales multiples de largeur égale pour la charge solide de fond et la charge en suspension.....	45
Figure 3.3.6 :	Protocole de laboratoire de l'étude minéralogique effectuée sur les minéraux lourds de la charge de fond.....	50
Figure 6.1.1 :	Représentation des concentrations moyennes de la MES aux stations d'échantillonnage PK 3,8 et PK 162,5 sur la rivière Romaine, avril-juin 2004.....	81
Figure 6.1.2 :	Représentation des concentrations moyennes de la MES aux stations d'échantillonnage PK 3,8 et PK 53,5 sur la rivière Romaine, mai-juin 2003.....	83
Figure 6.1.3 :	Sommaire de la charge en suspension annuelle aux stations échantillonnées en 2003 et 2004 sur la rivière Romaine.....	85
Figure 6.2.1 :	Représentation des charges solides de fond quotidiennes calculées aux stations du PK 3,8 et du PK 53,5 sur la rivière Romaine, mai-juin 2003.....	88
Figure 6.2.2 :	Représentation des charges de fond quotidiennes calculées aux stations du PK 3,8 et du PK 162,5 sur la rivière Romaine, avril-juin 2004.....	89
Figure 6.2.3 :	Relation entre la charge de fond (Q_F) et le débit aux stations du PK 3,8 et du PK 53,5 sur la rivière Romaine, mai-juin 2003.....	90
Figure 6.2.4 :	Sommaire de la charge de fond aux stations échantillonnées en 2003 et 2004 sur la rivière Romaine pendant la crue printanière.....	91

Figure 6.2.5 :	Relation entre la granulométrie moyenne des sédiments (n=3) transportés par charriage et le débit aux stations d'échantillonnage visitées en 2004 (PK 3,8 et PK 162,5) et en 2003 (PK 53,5).....	93
Figure 6.2.6 :	Composition minéralogique des sédiments charriés aux stations d'échantillonnage de la zone de l'embouchure, du PK 3,8, du PK 53,5 et du PK 162,5 sur la rivière Romaine.....	95
Figure 6.2.7 :	Composition minéralogique moyenne des sédiments charriés aux stations d'échantillonnage de la zone de l'embouchure, du PK 3,8, du PK 53,5 et du PK 162,5 sur la rivière Romaine.....	96
Figure 6.2.8 :	Diagrammes des principales relations « Vitesse d'écoulement – diamètre des particules » décrivant la mise en mouvement des sédiments.....	98
Figure 6.2.9 :	Comparaison des charges de fond mesurées et des charges théoriques en fonction du débit, PK 53,5 (2003).....	99
Figure 6.2.10 :	Comparaison des charges de fond mesurées et des charges théoriques en fonction du débit, PK 162,5 (2004).....	100
Figure 6.2.11 :	Comparaison des charges de fond mesurées et des charges théoriques en fonction du débit, PK 3,8 (2003-2004).....	101
Figure 7.1.1 :	Bilan annuel de la charge de fond.....	104
Figure 7.1.2 :	Transit sédimentaire de la charge de fond le long du profil longitudinal de la rivière Romaine.....	107
Figure 7.1.3 :	Positionnement des segments étudiés de la Romaine dans le cadre de l'évolution schématique d'une rivière.....	110
Figure 7.2.1 :	Bilan annuel de la charge sédimentaire silto-argileuse.....	114

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1.1 :	Les principaux sous-bassins de la Romaine et leur superficie.....	19
Tableau 3.1.2 :	Distribution granulométrique des grands types de matériaux identifiés sur les rives en érosion.....	21
Tableau 3.2.1 :	Environnement sédimentaire des matériaux échantillonnés.....	27
Tableau 3.2.2 :	Éléments analysés et retenus pour l'analyse statistique.....	31
Tableau 3.3.1 :	Périodes d'échantillonnage de la matière en suspension durant la campagne de 1982.....	35
Tableau 3.4.1 :	Sections bathymétriques.....	53
Tableau 3.4.2 :	Stations de mesures des débits sur la Romaine.....	54

Tableau 3.4.3 : Lignes d'eau relevées pour l'étalonnage ou la validation du modèle.....	55
Tableau 4.1.1 : Estimation des volumes de sédiments fournis par l'érosion de la rivière Romaine.....	62
Tableau 4.2.1 : Estimation des volumes de sédiments fournis par l'érosion dans les bassins-versants des tributaires de la Romaine.....	67
Tableau 5.1.1 : Proportions de la contribution des divers éléments pour les six premières composantes principales.....	70
Tableau 5.1.2 : Domaines géochimiques discriminés par l'analyse en composantes principales.....	71
Tableau 6.1.1 : Statistiques descriptives de la concentration de la MES des échantillons individuels mesurée aux printemps 2003 et 2004 sur la rivière Romaine.....	80
Tableau 6.1.2 : Statistiques descriptives de la concentration de la MES des échantillons individuels mesurée aux printemps et à l'été 1982 sur la rivière Romaine.....	82
Tableau 6.1.3 : Sommaire des bilans sédimentaires pour la rivière Romaine.....	84

LISTE DES CARTES

Carte 2.1.1 : Localisation des bassins-versants des principaux tributaires de la Romaine.....	4
Carte 2.1.2 : Bathymétrie de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine.....	8
Carte 2.1.3 : Unités physiographiques de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine en 2004.....	9
Carte 2.1.4 : Contexte sédimentologique de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine.....	10
Carte 2.2.1 : Carte géologique régionale.....	12
Carte 3.2.1 : Proportions des unités géologiques par sous-bassin.....	23
Carte 3.2.2 : Distribution générale de la couverture meuble sur l'ensemble du territoire.....	25
Carte 3.2.3 : Localisation des échantillons de l'étude de la dynamique sédimentaire.....	29
Carte 3.3.1 : Mesures de la charge sédimentaire sur la rivière Romaine.....	36
Carte 4.1.1 : Volumes de sédiments érodés des berges par année dans les zones homogènes de la rivière Romaine.....	64

Carte 4.2.1 : Volumes de sédiments érodés des berges par année dans les tributaires de la rivière Romaine.....	68
Carte 5.1 : Domaines géochimiques. Analyse en composantes principales (CP1 et CP2).....	73
Carte 5.2 : Compilation des distances de composition des sédiments selon leur composition géochimique.....	76

LISTE DES PHOTOS

Photo 3.3.1 : Rivière Romaine à l'amont de Romaine 3.....	41
Photo 3.3.2 : Rivière Romaine entre Romaine 3 et Romaine 4.....	41
Photo 3.3.3 : Rivière Romaine entre Romaine 3 et Romaine 4.....	42
Photo 5.2.1 : Delta de la rivière aux Sauterelles (PK 281,5 de la rivière Romaine)..	77
Photo 7.1.1 : Rivière Romaine vue du PK 270 vers le nord-ouest.....	108
Photo 7.1.2 : Bassin des Murailles vu vers le nord-ouest.....	111

1 INTRODUCTION

L'étude de la dynamique sédimentaire du bassin versant de la Romaine s'insère à l'intérieur du mandat général octroyé à Poly-Géo inc. dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du Complexe hydroélectrique de la Romaine. Elle a été réalisée en collaboration avec l'entreprise Environnement Illimité et l'unité Conception, hydraulique et géotechnique d'Hydro-Québec. Les aspects de l'étude touchant la géomorphologie et le transit sédimentaire ont été étudiés par Poly-Géo, tandis que ceux se rapportant à la charge sédimentaire ont été couverts par Environnement Illimité. Les caractéristiques hydrauliques et la capacité de transport de la rivière ont été traitées par Hydro-Québec. L'intégration des données et des différentes sections du rapport était sous la responsabilité de Poly-Géo.

Le principal objectif de l'étude consiste à dresser un portrait de la dynamique sédimentaire actuelle du bassin versant de la rivière Romaine, de façon à évaluer les modifications susceptibles de s'y produire suite à l'aménagement du Complexe de la Romaine. Ce rapport intègre et harmonise les résultats obtenus suivant différentes approches : l'estimation des apports sédimentaires potentiels par érosion (en tenant compte de la géomorphologie des rives et du recul mesuré par photo-interprétation), l'évaluation du transit sédimentaire à l'aide du traçage géochimique, la mesure de la charge sédimentaire et le calcul de la capacité de transport à trois stations le long du parcours de la rivière Romaine. Les résultats sur lesquels se base la présente étude sont détaillés dans les rapports sectoriels relatifs à chaque domaine d'étude (Lorrain, 2005; Poly-Géo, 2005).

Le rapport comprend huit sections. La section 2 décrit l'hydrologie, la géologie et la géomorphologie du territoire d'étude. Les méthodes utilisées pour la réalisation des différents aspects de l'étude sont décrites à la section 3. Les résultats de l'étude sont présentés dans les trois sections qui suivent : l'érosion et les apports sédimentaires potentiels à la section 4, le traçage géochimique de la charge sédimentaire à la section 5 et l'évaluation de la charge sédimentaire (fond et suspension) à la section 6. La section 7 intègre l'ensemble des données et ébauche le bilan et la dynamique sédimentaire pour l'ensemble de la rivière. Les principales conclusions de l'étude sont présentées à la section 8.

2 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

2.1 Composantes hydrologiques de la Romaine

2.1.1 La rivière Romaine

La rivière Romaine prend sa source à plus de 500 m d'altitude, dans un massif de collines situé au nord du lac Long (PK 412 - 440). De sa tête jusqu'à son embouchure dans le golfe du Saint-Laurent, à l'ouest de Havre-Saint-Pierre, elle s'allonge sur plus de 496 km suivant un axe essentiellement nord-sud. L'ensemble du parcours de la rivière Romaine est représenté sur la carte 2.1.1. Le segment considéré dans l'étude de la dynamique sédimentaire s'étend depuis l'embouchure de la Romaine dans le Golfe jusqu'à la tête du lac Brûlé (vers le PK 375).

Dans la portion supérieure de son bassin, entre le lac Long (PK 412 - 440) et l'embouchure de la Petite rivière Romaine (PK 215), la rivière présente un profil longitudinal peu accentué. Elle traverse un relief faiblement ondulé et présente un tracé plutôt sinueux devenant plus rectiligne au sud de la confluence avec la rivière aux Sauterelles (PK 282). Elle recoupe plusieurs plans d'eau importants, dont les lacs Brûlé, Lavoie et Lozeau.

Vers le PK 215, la rivière bifurque vers le sud-est et s'encaisse profondément à travers les hauts plateaux rocheux compris entre le site du barrage de la Romaine-4 et le Bassin des Murailles (PK 83), en franchissant une succession de chutes et de rapides séparés par quelques segments à écoulement plus lent. La rivière enregistre une dénivelée de plus de 400 m, pour une pente générale forte (environ 2,5 m/km).

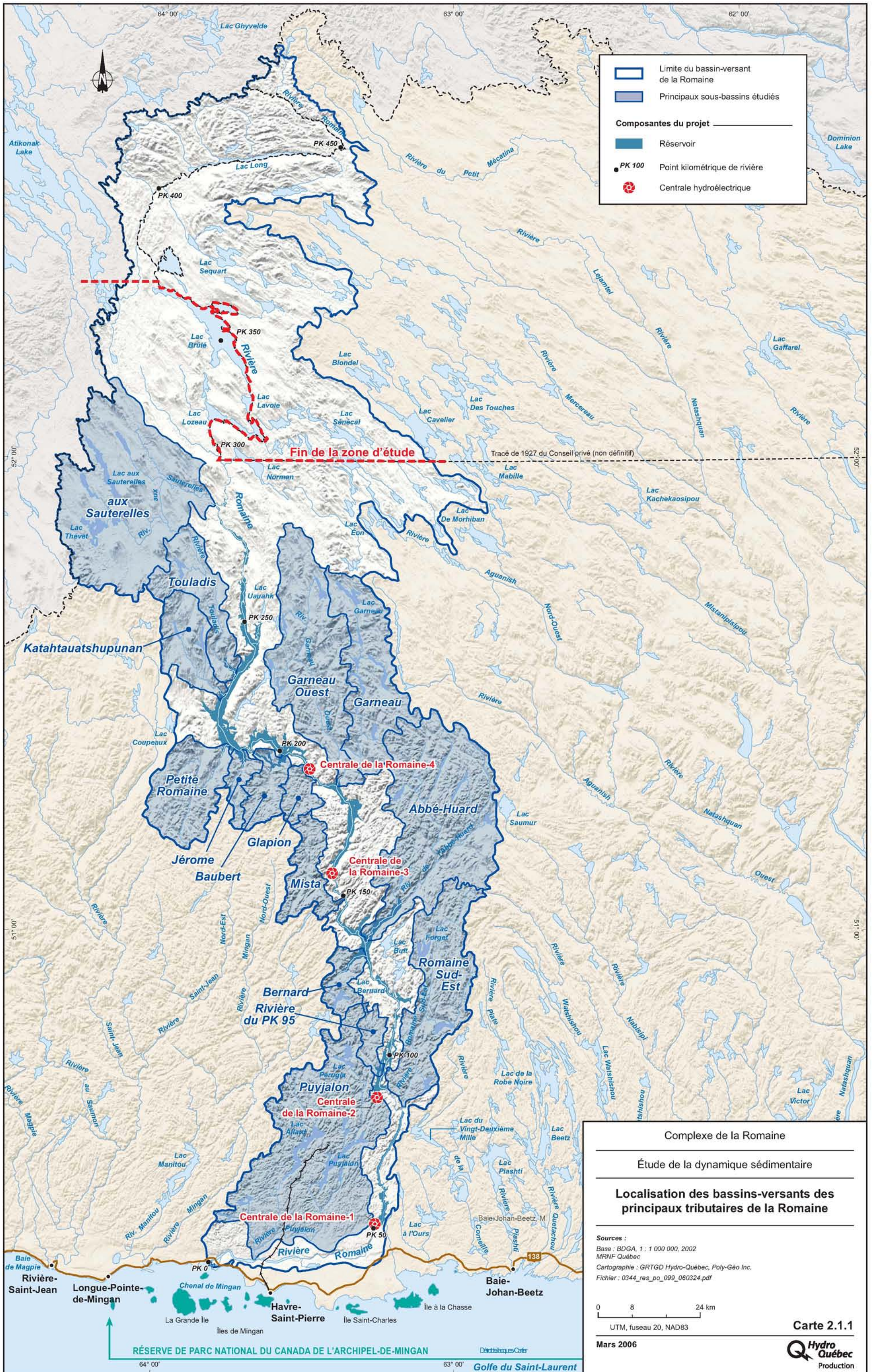
L'escarpement de la Grande Chute (PK 52) marque la transition entre le plateau laurentien et la plaine côtière. Plus en aval, la Romaine s'est taillé une vallée dans les sédiments meubles épais. Elle coule vers le sud jusqu'aux environs du PK 43, puis bifurque et maintient une direction ouest jusqu'à son embouchure. La rivière recoupe quelques rapides le long de ce segment mais sa pente, de l'ordre de 0,3 m/km, est beaucoup plus douce qu'en amont. La présence d'un seuil rocheux à l'embouchure empêche les eaux salées et les courants de marée de pénétrer dans la rivière.

2.1.2 Le bassin versant et les tributaires

Le bassin versant de la rivière Romaine draine un territoire d'environ 14 350 km². Le territoire couvert pour l'étude de la dynamique sédimentaire (d'environ 12 000 km²) englobe le lac Brûlé, dont la tête se situe vers le PK 375, et la plus grande partie du bassin-versant qui s'étend plus en aval. Il est subdivisé en une vingtaine de sous-bassins. Quatorze d'entre eux ont été pris en considération dans l'étude de la dynamique sédimentaire, soit ceux des rivières Puyjalon, Romaine Sud-Est, du PK 95, Bernard, de l'Abbé-Huard, Garneau, Glapion, Baubert, Petite Romaine, Touladis et aux Sauterelles, et les ruisseaux Mista, Jérôme et Katahtauatshupunan. Ils sont identifiés en bleu foncé sur la carte 2.1.1.

En aval du bassin des Murailles, un seul sous-bassin d'importance alimente la rivière Romaine, celui de la rivière Puyjalon. Cette dernière prend sa source dans le lac Puyjalon et s'allonge sur un peu plus de 40 km avant de se jeter dans la Romaine entre les PK 11 et 13. La majeure partie du territoire parcouru par cette rivière et ses affluents est peu accidentée et composée surtout de sédiments fins surmontés localement de tourbe. Le profil en long du cours d'eau est en pente douce, mais s'accroît à quelques kilomètres à l'aval de la décharge du lac Puyjalon.

Les sous-bassins qui se déversent dans la Romaine entre le bassin des Murailles et le PK 215 s'étendent en grande partie dans le secteur des hauts plateaux. Il s'agit des sous-bassins des rivières Romaine Sud-Est, du PK 95, Bernard, de l'Abbé-Huard, Garneau et Glapion, Baubert, Petite Romaine et des ruisseaux Mista et Jérôme. Le territoire couvert par ces bassins est dominé par le roc, souvent accidenté, portant une couverture meuble généralement mince et discontinue. Le profil en long de ces cours d'eau est souvent accentué et recoupe plusieurs seuils rocheux importants, surtout dans la partie amont des bassins. Leur partie aval parcourt des vallées dont le fond est occupé par une couverture meuble assez épaisse, composée de sable dans le cas des rivières Baubert et Petite Romaine et du ruisseau Jérôme, et de till ou de sable et gravier dans les autres cas. Seules les rivières Romaine Sud-Est et de l'Abbé-Huard ont des deltas relativement bien développés (de l'ordre de 20 000 à 50 000 m²).



Fin de la zone d'étude

Tracé de 1927 du Conseil privé (non définitif)

Centrale de la Romaine-4

Centrale de la Romaine-3

Centrale de la Romaine-2

Centrale de la Romaine-1

RÉSERVE DE PARC NATIONAL DU CANADA DE L'ARCHIPEL-DE-MINGAN

Golfe du Saint-Laurent

Plus au nord, les sous-bassins des rivières Touladis, aux Sauterelles et du ruisseau Katahtauatshupunan recourent un territoire de relief beaucoup moins accidenté¹. Ces cours d'eau et leurs tributaires présentent des profils en long peu accentués. Ils empruntent des vallées dont le fond est colmaté de sable ou de matériaux sablo-graveleux. Leur cours aval, souvent très sinueux, est régulièrement touché par l'érosion. Des deltas sableux de superficies variables (de l'ordre de 5 000 à 20 000 m²) se sont développés à leur embouchure.

Des lacs sont présents dans le bassin versant de la Romaine, mais sont inégalement distribués. La plupart des plans d'eau de grande dimension se concentrent dans la portion supérieure du bassin (lacs Long, Brûlé, Lavoie, Lozeau). À l'aval de la confluence des rivières Romaine et aux Sauterelles (PK 282), les lacs deviennent généralement plus étroits et occupent des dépressions du socle rocheux, d'axe NE/SO ou nord-sud. Ce contrôle structural est particulièrement net dans le cas des lacs Allard et Puyjalon. Les lacs sont beaucoup plus rares sur la plaine côtière, où une importante couverture meuble comble les irrégularités de la surface rocheuse.

2.1.3 La zone de l'embouchure

A. Généralités

La rivière Romaine débouche dans le golfe du Saint-Laurent sur la Moyenne Côte Nord, entre les villages de Havre Saint-Pierre à l'est et de Mingan à l'ouest. Ce secteur est circonscrit par les îles de l'archipel de Mingan qui sépare le Détroit de Jacques-Cartier, au large, du chenal de Mingan (carte 2.1.2). La zone de l'embouchure est le siège du mélange saisonnier des eaux douces de la rivière Romaine et salées du golfe Saint-Laurent.

La zone de l'embouchure n'est pas considérée ici comme étant un estuaire à proprement parlé. D'un point de vue géomorphologique, la présence des seuils rocheux que sont la Chute de l'auberge, la Fausse chute et le seuil à l'embouchure de la rivière Aisley limite la propagation de l'onde de marée vers l'amont de la rivière Romaine, de telle sorte que l'interaction entre les différentes masses d'eau se limite à la zone proximale de l'embouchure. Par ailleurs, la zone de l'embouchure constitue la confluence de la rivière Romaine et de la rivière Lechasseur (carte 2.1.2). Sa bathymétrie peu profonde,

¹ Correspondant aux unités physiographiques des collines rocheuses évasées et de la plaine de till (voir section 2.3.1).

parsemée de chenaux qui recoupent les anciens dépôts deltaïques, en fait un milieu découvrant. La rivière Romaine s'y déverse par deux chutes (chute de l'Auberge et Fausse Chute) et un tributaire (rivière Aisley) qui prend sa source aux environs du PK3,5. Tous ces affluents se retrouvent dans une large baie peu profonde qui se découvre régulièrement au gré de la marée de telle sorte qu'une partie non négligeable de la zone de l'embouchure est exondée à marée basse. Le contrôle structural du substratum rocheux fait en sorte que le lit et les berges de la rivière Romaine sont en équilibre avec la variation saisonnière de débit résultant en une érosion limitée et un faible apport sédimentaire dans la zone de l'embouchure (Lupien *et al.*, 1979).

B. Géomorphologie littorale

La zone de l'embouchure de la rivière Romaine est dominée par la présence des hauts-fonds et d'îlots, séparés par des chenaux profonds plus ou moins bien délimités, principalement dans la moitié ouest (carte 2.1.2). À marée haute (altitude de 1,15 m), la superficie mouillée de la zone de l'embouchure est d'environ 14 km² et diminue d'environ 30 % à marée basse (altitude de 0,6 m) pour atteindre 10 km² (carte 2.1.2). La topographie des chenaux est irrégulière avec une altitude qui varie entre -2 et -5 m pour le chenal ouest, entre -3,5 et -1,5 m pour le chenal central et entre -2 et -1 m pour le chenal est. Les zones exondées à marée basse sont regroupées en deux grands systèmes de battures séparées par un chenal central et bordées de part et d'autre par un chenal à l'ouest et à l'est (carte 2.1.3).

Le substrat dans la zone de l'embouchure de la rivière Romaine est dominé par le sable fin à moyen qui constitue plus de 80 % de la distribution granulométrique des sédiments (Lorrain *et al.* 2006). Malgré l'omniprésence de la fraction sableuse, une zonalité de la distribution granulométrique est observée, particulièrement à l'est de l'île La Grosse Romaine où affleurent les dépôts plus fins et près des exutoires de la rivière Romaine où affleurent les dépôts de graviers, en particulier près de la chute de l'Auberge. La répartition spatiale des sédiments est liée principalement au patron d'écoulement fluvial et à la morphologie de la zone de l'embouchure (Laroche, 1983). En période de crue, le débit de la rivière Romaine entraîne le délavage des sédiments dans la partie amont et ouest de la zone de l'embouchure. Les courants sont suffisamment importants pour empêcher l'accumulation de sédiments fins dans un secteur où apparaissent des enclaves graveleuses (Desrosiers *et al.*, 1983). La combinaison du courant de jusant avec le courant fluvial peut générer des vitesses atteignant 2 m/s et plus régulièrement de 0,75 à 1 m/s pour des débits supérieurs à 200 m³/s (Lorrain *et al.* 2006). Ailleurs, la vitesse du courant est généralement inférieure à 0,5 m/s dans les mêmes conditions. Les petites baies en bordure de la zone de l'embouchure seraient les seuls sites tranquilles favorisant la sédimentation par un mélange de silt et d'argile. Durant l'été, la diminution des courants et l'ajustement du patron de circulation expliqueraient l'augmentation de la fraction silteuse dans les autres secteurs (Laroche, 1983).

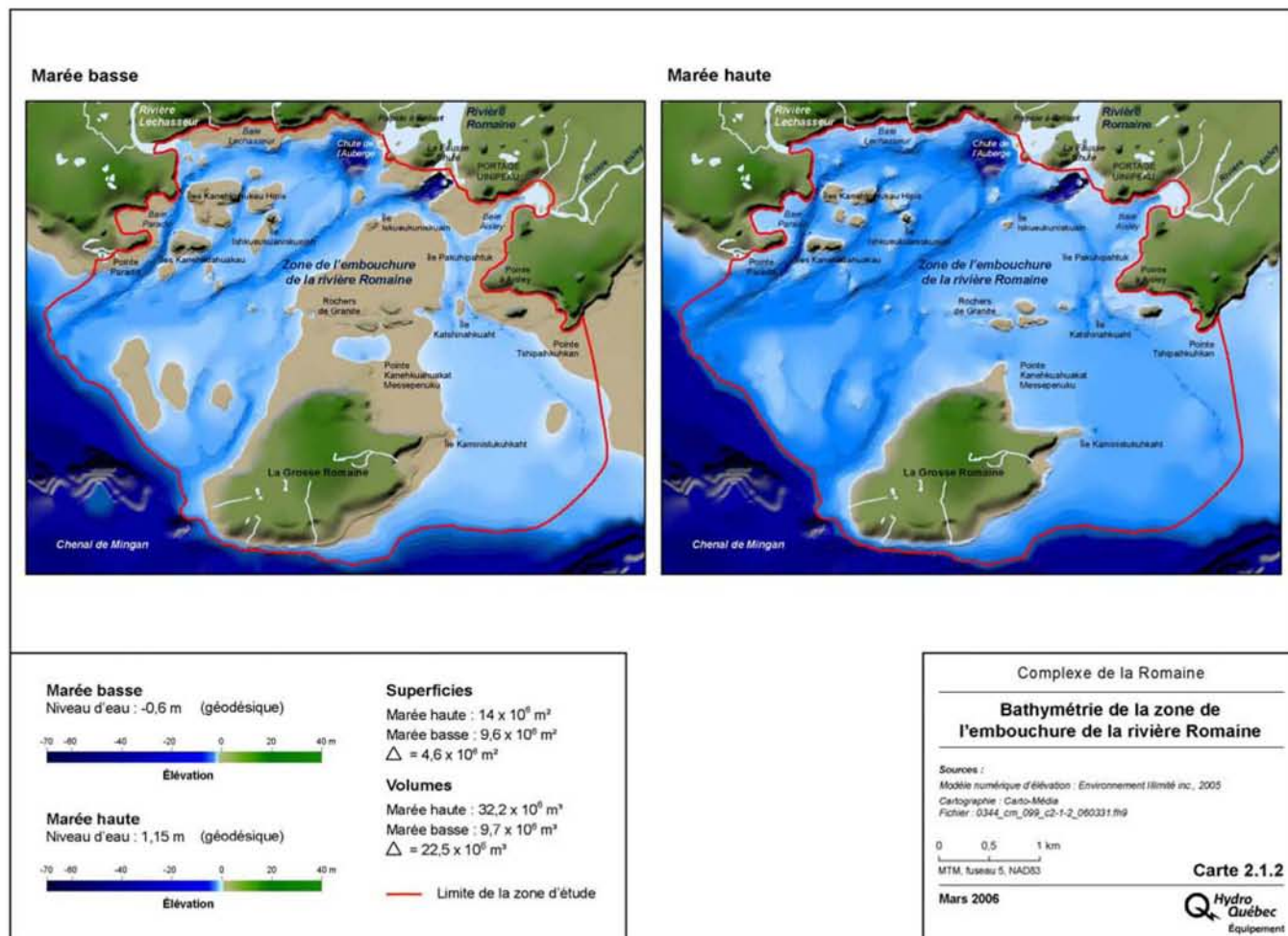
L'analyse par télédétection des mouvements actuels de sédiments estuariens et littoraux entre Magpie et Havre-Saint-Pierre montre que tous les sédiments sur le littoral est de la

Mingan (sur 5 à 6 km), proviennent de la rivière Mingan (Dubois, 1979). Seule une faible partie du littoral, proche de l'estuaire de la Romaine, est alimentée par des sédiments provenant de la rivière Romaine ou de la rivière Lechasseur. La zone de l'embouchure de la Romaine est partiellement active alors que la partie ouest constitue une zone de transit sédimentaire alimentée directement par la rivière qui entaille ses propres sédiments à l'amont (carte 2.1.4). En périphérie de la zone de transit, l'allongement des dunes sableuses à proximité de la Pointe Paradis suggère une dominance tidale des forces de remaniement alors que la grande dune exondée à marée basse entre la Pointe Paradis et l'île La Grosse Romaine témoigne de l'influence des vagues.

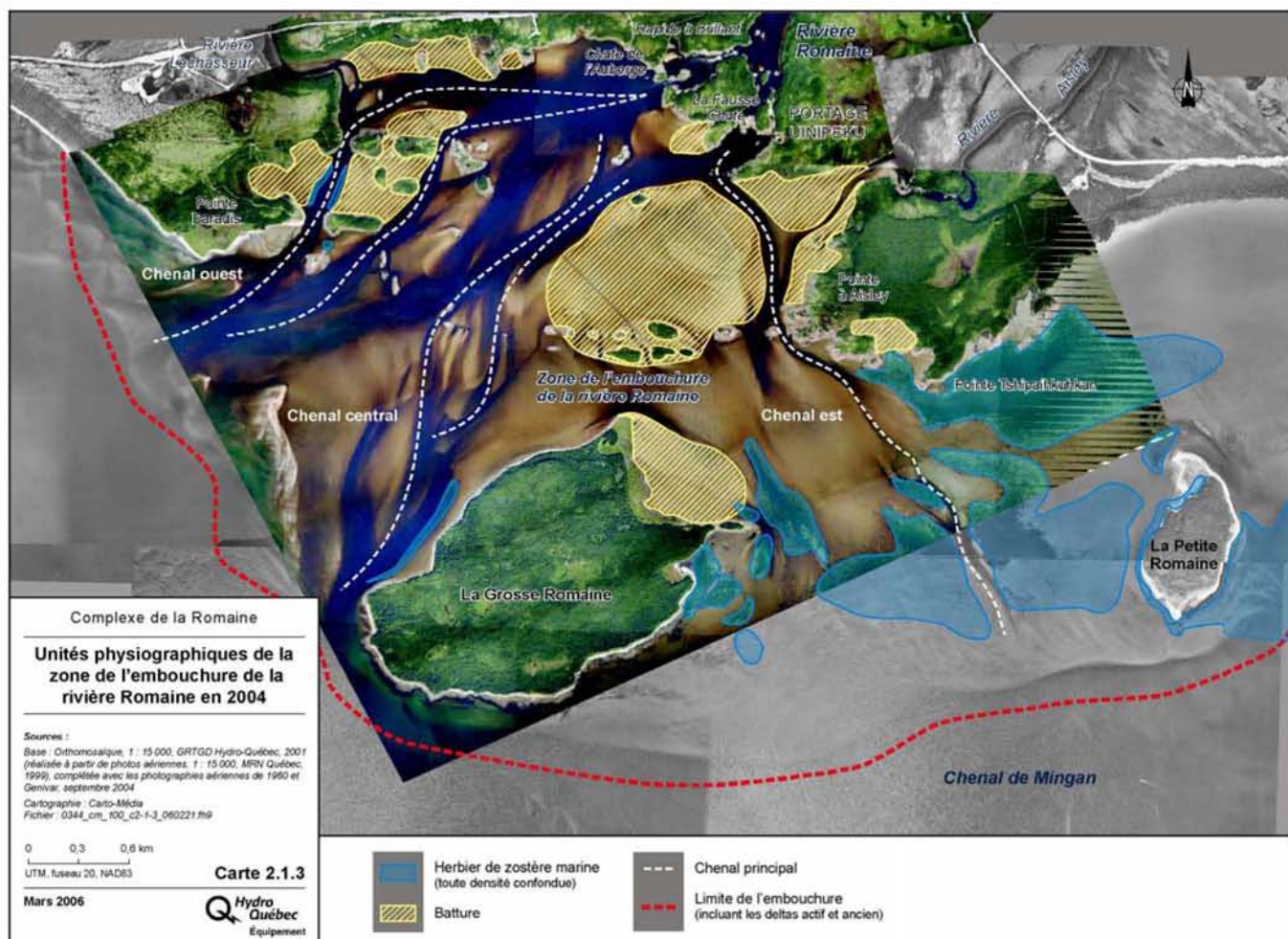
À l'est de l'île La Grosse Romaine, l'ancien delta de la Romaine qui avait partiellement recouvert les dépôts du premier delta de la rivière Mingan, est fossilisé depuis 5 500 ans (Long dans Lorrain et al., 2005). Une partie de cet ancien delta a été creusé davantage entre les îles La Petite Romaine et La Grosse Romaine pour former le plancher de ce secteur calme de la zone de l'embouchure (Laroche, 1983; Lorrain et al., 2005). Ces conditions ont favorisé le développement des herbiers de zostère marine (carte 2.1.4).

Par ailleurs, le suivi photographique de la zone de l'embouchure depuis 1948, soutient l'hypothèse que le transit sédimentaire se fait principalement du côté ouest (Lorrain et al. 2006). Les chenaux principaux forment des structures pérennes (Lorrain et al. 2005), témoignant d'un contrôle structural certain par le substratum rocheux qui affleure en formant les îlots granitiques qui parsèment la zone de l'embouchure. Cela confère à la majeure partie de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine un caractère de stabilité. Les relevés sismiques réalisés à l'été 2004 ont permis de déterminer que le delta de la rivière Romaine se construit en périphérie de la zone de l'embouchure, au pied de la cuesta sous-marine qui affleure partiellement au niveau de la Caye à Cochons (Lorrain et al. 2005).

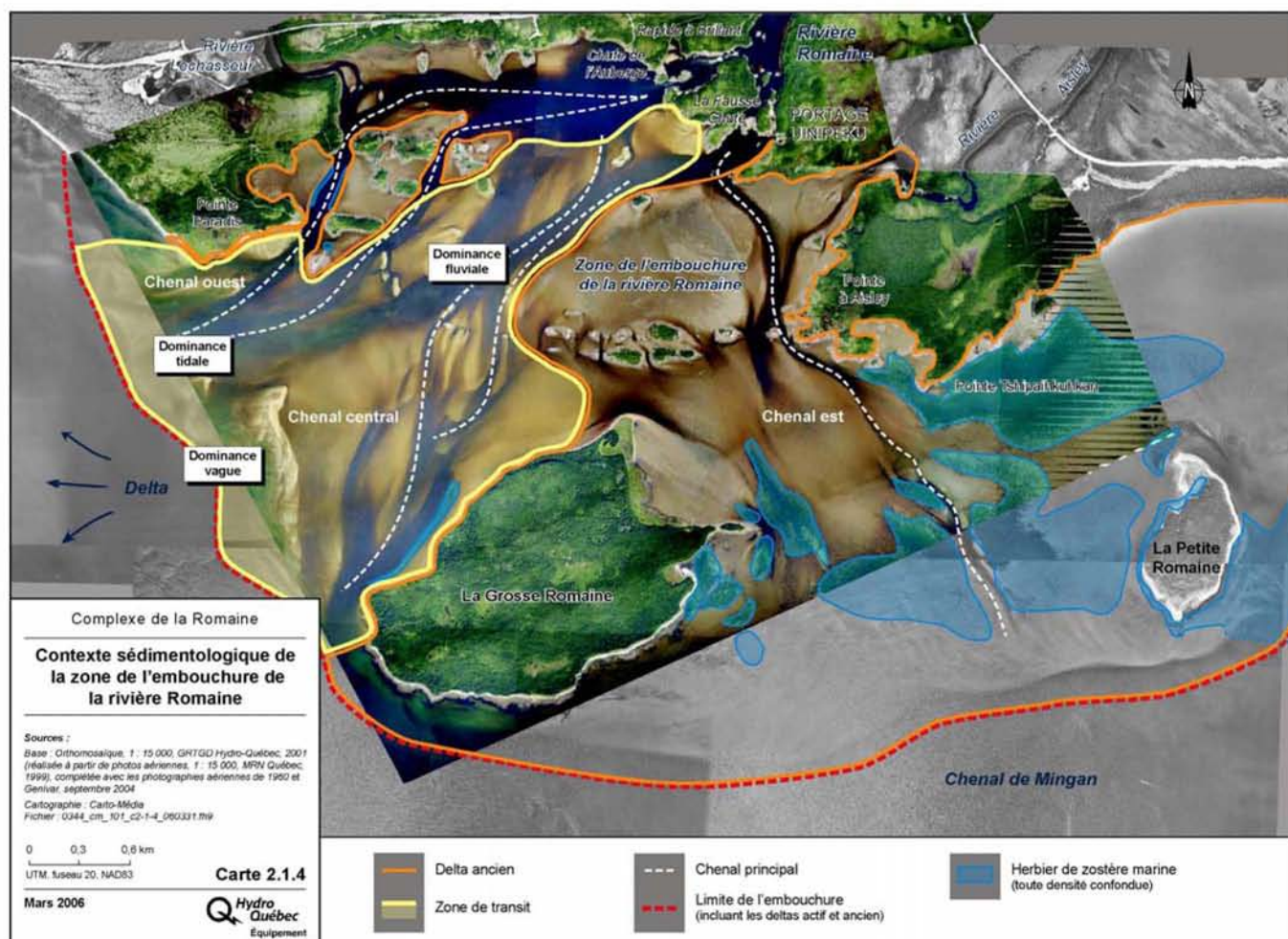
CARTE 2.1.2 Bathymétrie de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine



CARTE 2.1.3 Unités physiographiques de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine en 2004



CARTE 2.1.4 Contexte sédimentologique de la zone de l'embouchure de la rivière Romaine

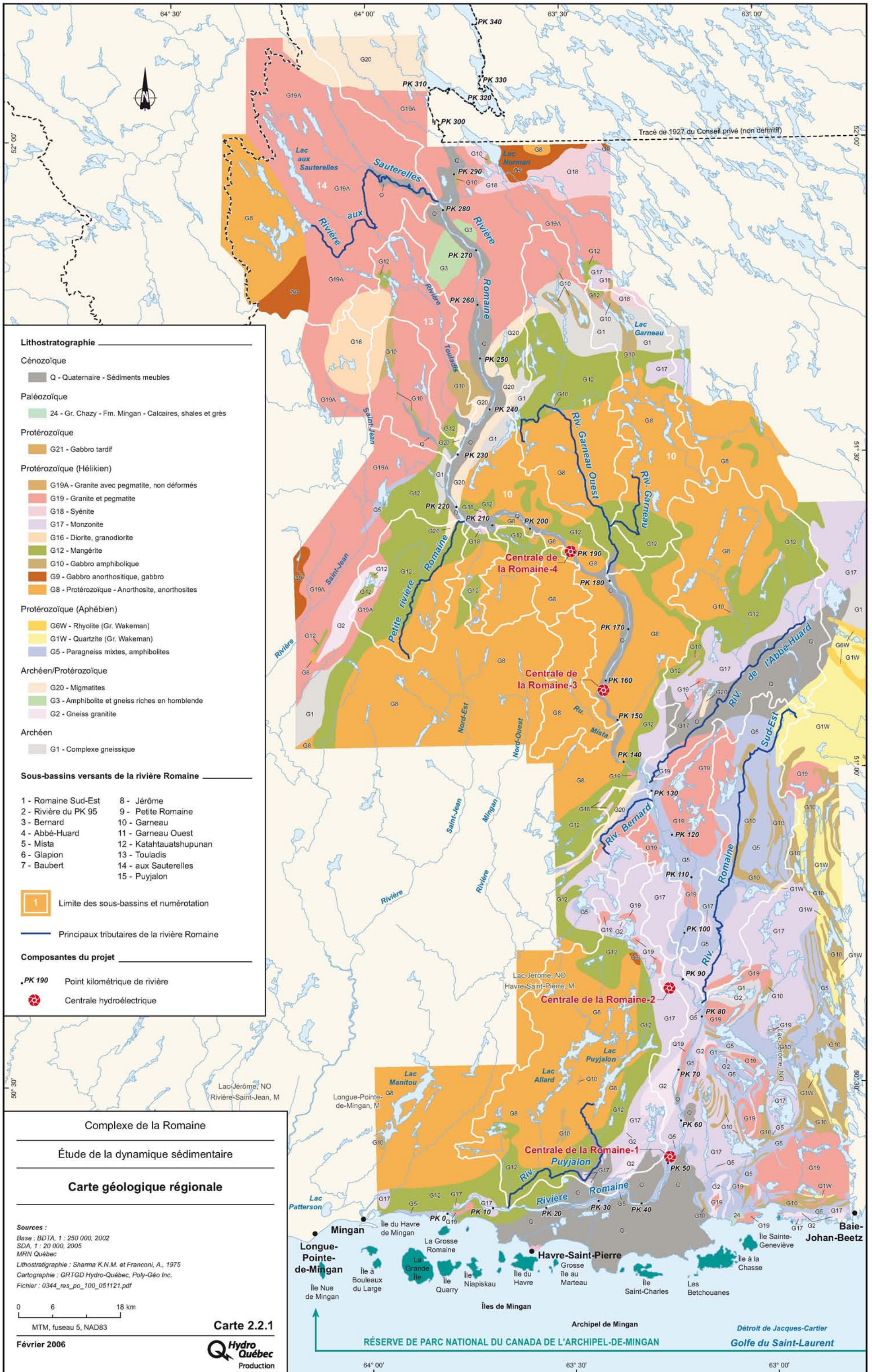


2.2 Géologie

La zone d'étude est localisée sur les roches de la province géologique structurale de Grenville, d'âge mésoprotérozoïque (entre 1 190 et 990 millions d'années) (Avramtchev, 1985; Rivers, 1997). Le corridor d'étude recoupe quatre grands assemblages lithologiques (voir la distribution géologique régionale, carte 2.2.1) :

- A. La « Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre » occupe une vaste proportion de la zone d'étude. Elle se compose d'anorthosite, de gabbro anorthositique, d'anorthosite gabbroïque et de gabbro. Des mangérites et des charnockites y sont associés (Sharma et Franconi, 1975). Ce vaste massif igné s'est mis en place durant des épisodes de pause de la construction de la chaîne de montagnes du Grenville (Corrigan et Hanmer, 1997). Les unités G8, G9, G10, G12 de la carte appartiennent à cette suite. Ces unités sont présentes entre les PK 135 et 245 de la Romaine.
- B. Un large assemblage de granites et pegmatites non déformés (G19A), associés à des syénites (G18), diorites et granodiorites (G16) borde le flanc nord de la Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre, au nord du PK 250.
- C. Un assemblage de roches sédimentaires et de roches intrusives, toutes deux déformées et métamorphisées, à l'intérieur desquelles des gneiss très anciens (archéens) ont été incorporés. Les unités G1, G2, G5, G10, G17, G20 ainsi que de petits stocks granitiques déformés (G19) forment cet assemblage. Ces unités sont présentes entre les PK 50 et 135.
- D. Dans la portion sud du corridor d'étude, entre les PK 0 et 50, les dépôts quaternaires sont si épais que le roc sous-jacent n'affleure à peu près pas. Des roches sédimentaires paléozoïques (Formation de Mingan du Groupe de Chazy) affleurent toutefois dans la zone côtière, formant notamment les îles de l'Archipel de Mingan (l'unité 24 sur la carte).

La géologie des terrains exerce une forte influence sur la géomorphologie régionale. Ainsi, les roches de la Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre (assemblage A), plus résistantes à l'érosion que les roches environnantes, forment les reliefs les plus importants du corridor d'étude : les hauts plateaux accidentés du secteur du réservoir Romaine 3 et de la portion nord du futur réservoir Romaine 2 (PK 140 à 185). La fracturation propre à ces massifs crée des reliefs très irréguliers que l'érosion glaciaire n'a pas aplanis, mais plutôt amplifiés. Des caractéristiques similaires des roches de l'assemblage C ont le même effet entre les PK 110 et 125. De petites intrusions de roches de l'assemblage C (G19) expliquent



les zones de roc accidenté dans la portion sud du futur réservoir Romaine 2 et au nord du futur réservoir Romaine 1. La majeure partie des roches de l'assemblage B est masquée par une couverture quasi-continue de dépôts meubles. Les rivières Bernard et de l'Abbé-Huard coulent, quant à elles, le long de la zone de contact entre les roches de la Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre, au nord, et les roches déformées, au sud.

2.3 Géomorphologie

2.3.1 Physiographie

Le corridor d'étude recoupe deux unités physiographiques d'étendue très inégale : la plaine côtière et le plateau laurentien. La première, large de 10 à 15 km, s'étend du golfe du Saint-Laurent jusqu'aux environs du site de l'aménagement de la Romaine-1. Elle se caractérise par une altitude faible (moins de 100 m), une surface presque plane et une épaisse couverture meuble (d'origines marine et deltaïque), qui masque généralement le substrat rocheux.

Le plateau laurentien, formé de collines rocheuses, s'étend plus au nord, depuis le site de l'aménagement de la Romaine-1 jusqu'à la frontière du Labrador. Il se subdivise en quatre sous-unités assez distinctes :

- A. Le secteur du **piedmont**, compris entre le site de l'aménagement de la Romaine-1 et celui de la Romaine-2, est formé de collines rocheuses peu élevées dont les dénivelées moyennes augmentent de quelques dizaines de mètres à plus de 150 m du sud au nord. La rivière Romaine, assez peu encaissée, coule au centre d'une vallée qui devient très étroite à faible distance du site de l'aménagement de la Romaine-1. Son fond est colmaté de sédiments marins façonnés en terrasses.
- B. Entre les sites de la Romaine-2 et de la Romaine-4 s'étend un secteur de **hauts plateaux** rocheux profondément disséqués et localement très accidentés (dénivelée de l'ordre de 200 à 300 m). À l'exception des sédiments sableux et sablo-graveleux qui comblent le fond des principales vallées, ce secteur est caractérisé par une couverture meuble extrêmement mince.
- C. Au nord du site de la Romaine-4, le relief s'atténue sensiblement et la couverture meuble devient plus épaisse. Depuis le site de la Romaine-4 jusqu'à la confluence des rivières

Romaine et aux Sauterelles (PK 282), s'étend un secteur de **collines rocheuses** évasées dont la dénivelée excède rarement les 100 m. Ces collines bordent de larges dépressions portant une couverture discontinue, mais localement très épaisse, de till et de matériaux granulaires.

- D. Plus au nord, dans le secteur du Lac Brûlé, la **plaine de till** présente une surface ondulée ponctuée de collines rocheuses dépassant à peine quelques dizaines de mètres de hauteur. Le till y forme de vastes champs de drumlins, régulièrement entrecoupés d'eskers, et la rivière Romaine coule au centre d'une large dépression comblée de dépôts sableux.

2.3.2 Histoire géomorphologique

Les matériaux meubles du territoire ont été mis en place vers la fin de la dernière glaciation quaternaire et lors de l'épisode glacio-marin subséquent. La déglaciation du secteur d'étude s'est amorcée il y a environ 10 000 ans. Le glacier continental s'est retiré vers le nord, libérant d'abord la plaine côtière, puis, graduellement, les hautes terres de l'intérieur. Mis à part deux axes morainiques qui s'allongent de part et d'autre de la rivière Romaine, vers les PK 55 et 108, les dépôts glaciaires sont très minces et discontinus au sud des aménagements projetés de la Romaine-4. Le till devient par contre abondant dans le secteur du réservoir Romaine 4 et plus au nord. Il y est souvent fuselé en longues crêtes évasées d'orientation NNO/SSE.

Les eaux de fonte glaciaire ont mis en place dans la vallée de la Romaine et dans les principales vallées secondaires, des eskers et des plaines d'épandage sableux et sablo-graveleux. Des lacs glaciaires se sont formés par endroits et ont favorisé la sédimentation de matériaux granulaires ou, très localement, de sédiments fins. Ces dépôts colmatent le fond des principales vallées du territoire et forment les plus hautes terrasses en bordure de la rivière Romaine.

Après le retrait des glaciers, les eaux marines ont envahi les terrains encore affaissés de la portion sud du territoire jusqu'à une altitude d'environ 130 m, formant la mer de Goldthwait. Ce vaste plan d'eau a recouvert l'ensemble de la plaine côtière et pénétré plus au nord pour former un estuaire dans les vallées des rivières Romaine (jusqu'au PK 87) et Romaine Sud-Est. Des sédiments silto-argileux épais (> 10 m) se sont accumulés dans les

parties profondes de la mer. Ils forment une couverture relativement continue dans la plaine côtière et sont rencontrés localement plus au nord dans la vallée de la Romaine, jusqu'au Bassin des Murailles. À la même période, les sédiments sableux transportés par les rivières Romaine et Romaine Sud-Est se sont accumulés massivement dans le secteur du bassin des Murailles, formant un delta dont la surface s'élève à 127 m d'altitude. Ces accumulations, composées de sable épais surmontant des argiles marines, occupent les plus hautes terrasses en bordure du bassin des Murailles.

En réponse au relèvement isostatique post-glaciaire, la mer s'est retirée progressivement, les terres se sont exondées et on est rapidement passé, dans le tronçon compris entre le site de l'aménagement de la Romaine-1 et le Bassin des Murailles, d'une dynamique estuarienne à une dynamique fluviale. Ces conditions ont favorisé l'accumulation de sédiments sableux et sablo-graveleux. Ces derniers recouvrent régulièrement les argiles marines.

Au sud du site de La Grande Chute (PK 50), les sédiments sableux et sablo-graveleux charriés par la Romaine et ses tributaires se sont accumulés sur les argiles de la plaine côtière en formant un vaste delta. Ce delta s'est construit progressivement vers le sud au fur et à mesure du retrait de la mer.

Avec le drainage progressif des terres, les cours d'eau se sont encaissés à travers les matériaux meubles et, ce faisant, ont façonné plusieurs niveaux de terrasses en bordure de la Romaine et de ses principaux tributaires. Des ravins et glissements de terrain se sont produits localement sur le rebord des terrasses marines. Avant que la Romaine n'adopte son lit actuel, de basses terrasses alluviales se sont développées dans les segments à débit plus lent.

L'exondation des vastes surfaces sableuses s'est accompagnée d'une forte activité éolienne, principalement dans la plaine côtière et dans le secteur du réservoir Romaine 4. Les vents y ont construit plusieurs champs de dunes, la plupart étant orientées selon un axe ouest à nord-ouest. Dans la plaine côtière surtout, la présence de couches peu perméables (ortsteins et dépôts silto-argileux) a favorisé le développement de vastes tourbières réticulées pouvant atteindre de 4 à 6 m d'épaisseur à la surface des terrasses sableuses.

2.3.3 Géomorphologie des rives et des terrains adjacents le long du tronçon étudié de la rivière Romaine

L'ensemble du tronçon étudié de la rivière Romaine a été subdivisé en 25 zones homogènes. Deux zones additionnelles ont été délimitées pour le cours aval des rivières Bernard et de l'Abbé-Huard (zones 15 et 16). Chacune des zones présente des caractéristiques relativement uniformes en ce qui concerne le profil longitudinal de la rivière et les différentes composantes géomorphologiques des talus et des berges. Les zones homogènes sont regroupées en quatre grands tronçons, lesquels correspondent grossièrement aux unités physiographiques décrites à la section 2.3.1 : plaine côtière, piedmont, hauts plateaux, collines rocheuses et plaine de till. Une synthèse des matériaux encaissants et de la composition des berges, de même que les limites des zones homogènes sont représentées sur la carte 2.3.1. Les principales caractéristiques de chacun de ces tronçons sont résumées ci-après :

- A. Le tronçon de la **plaine côtière** (PK 0 à 52,5) regroupe les zones homogènes 1 à 6. La rivière Romaine, dans l'ensemble assez large (300-500 m), forme quelques rétrécissements au droit des secteurs de rapides. Le profil en long de la rivière demeure dans l'ensemble peu accentué (environ 0,4 m/km), si on exclut la dénivelée de près de 35 m enregistrée à la Grande Chute (PK 52,5). À l'aval du PK 50, la Romaine franchit cinq principaux seuils rocheux dont la dénivelée totale est de 18 m. L'écoulement est dans l'ensemble assez lent sauf au droit des seuils rocheux et dans quelques courts secteurs de rapides. La rivière Puyjalou (PK 13) est le seul tributaire d'importance. La Romaine s'est entaillée à travers des dépôts marins silto-argileux et sableux épais, qui constituent près des trois quarts des matériaux encaissants. L'encaissement du cours d'eau a formé des terrasses souvent étagées, d'une hauteur de 5 à 20 m. La bordure supérieure des plus hauts talus est entrecoupée de plusieurs ravins et porte localement des cicatrices de glissements de terrain. Près de la moitié des rives est formée de sable, le reste étant composé à peu près également de sédiments fins et de roc. L'érosion, plus importante que dans les autres tronçons, affecte tout près de 17 % des rives. Elle se manifeste par éboulements et glissements de terrain et touche principalement les talus composés de sédiments argileux recouverts de sable et de tourbe.
- B. Le tronçon du **piedmont** (PK 52,5 à 82) englobe les zones homogènes 7 à 11. La largeur de la rivière Romaine passe de 300 m au sud à 100 m au nord. La pente du lit est un peu plus forte que dans la plaine côtière (1m/km), en raison d'une série de seuils rocheux recoupés entre les PK 58 et 62. En dehors de ce segment de rapides, les vitesses d'écoulement sont peu élevées. Ce tronçon de la Romaine reçoit peu de tributaires importants. La rivière coule dans une vallée rocheuse en partie comblée de dépôts meubles principalement sablo-graveleux, recouvrant localement des sédiments fins. Ces matériaux forment régulièrement des terrasses délimitées par des talus abrupts de 10 à

plus de 20 m de hauteur. Les matériaux encaissants et les berges se composent surtout de sable et gravier, mais le roc est dominant en rive gauche. Près de 13 % des talus riverains sont instables. Il s'agit surtout d'éboulements qui affectent le rebord des hautes terrasses sableuses ou sablo-graveleuses surmontant localement des sédiments fins. Le pied de ces talus instables est souvent recouvert d'un pavage de matériaux grossiers qui contribuent à ralentir l'érosion.

- C. Le tronçon des **hauts plateaux** (PK 82 à 197) regroupe les zones homogènes 12 à 22. Sauf exception, le lit de la Romaine est étroit (50 à 150 m) et assez linéaire. La rivière coule au fond d'une profonde vallée rocheuse et son profil longitudinal est assez incliné (3 m/km). Dans l'ensemble, les vitesses d'écoulement sont moyennes à fortes, mais deviennent plus lentes entre les PK 125 et 130 et les PK 160 et 180. Ce long tronçon de la Romaine est alimenté par plusieurs tributaires importants, dont les rivières Romaine-Sud-Est, Bernard, de l'Abbé-Huard et Garneau. Des terrasses sablo-graveleuses composent environ la moitié des matériaux encaissants. Elles sont rencontrées surtout dans le secteur de l'embouchure des rivières Bernard et de l'Abbé-Huard, ainsi qu'au sud de l'embouchure de la rivière Garneau. Le reste du tronçon est dominé par le roc. Les talus riverains font en moyenne 4 à 10 m de hauteur, mais peuvent localement atteindre 30 m. Les berges sont composées en parts égales de matériaux grossiers, de roc et de sédiments sableux ou sablo-graveleux. L'érosion touche 8 % des rives. Elle y est plus dispersée que dans les autres tronçons et s'attaque localement à la bordure des terrasses sablo-graveleuses qui s'allongent entre les secteurs rocheux. Un pavage résistant de cailloux et de blocs protège généralement le pied des talus instables.
- D. Le tronçon des **collines rocheuses** et de la **plaine de till** (PK 197 à 290) comprend les zones homogènes 23 à 27. La vallée de la Romaine s'élargit et devient nettement plus évasée. Son fond est colmaté, en amont du PK 215, par de larges terrasses de matériaux principalement sableux, et par un axe fluvio-glaciaire majeur. La pente du cours d'eau est dans l'ensemble assez faible (< 0,5 m/km), sauf à l'extrémité aval du tronçon et vers les PK 252 à 263. Le lit de la rivière s'élargit de façon importante (jusqu'à 400-500 m), mais demeure assez étroit dans les secteurs de rapides. Plusieurs tributaires alimentent ce tronçon de la Romaine. Les plus importants sont les rivières Petite Romaine, Touladis et aux Sauterelles. Les sables constituent près des deux tiers des matériaux encaissants et des berges. Le reste est composé surtout de sable et gravier. En général, la hauteur des talus riverains est assez faible (3 à 6 m), mais peut atteindre jusqu'à 40 m par endroits. L'érosion affecte 8 % des rives et touche surtout des talus sableux regroupés entre les PK 217 à 227, 255 à 262 et 271 à 281.

3. MÉTHODES

3.1 Étude de l'érosion et calcul des apports sédimentaires potentiels

L'étude de la géomorphologie, de la caractérisation des rives et de la sensibilité à l'érosion des futurs milieux riverains pour l'ensemble du territoire touché par le projet du Complexe de la Romaine est traitée en détail dans un rapport sectoriel dont la version préliminaire a été déposée en mai 2005 (Poly-Géo, 2005). Les informations concernant l'érosion des rives le long de la rivière Romaine ont été reprises dans la présente étude. Les principaux résultats sont résumés à la section 4 et la méthode utilisée pour arriver au calcul des volumes de sédiments fournis par érosion est synthétisée dans la section qui suit.

La caractérisation et la délimitation des rives en érosion le long de la rivière Romaine ont été réalisées à l'aide des photographies aériennes à l'échelle de 1 : 15 000 ou 1 : 20 000. Les modèles numériques de terrain de haute résolution ont également servi à préciser la hauteur des talus. Des vérifications de la composition des rives en érosion et de la morphologie des talus actifs (hauteur et pente) ont été faites à environ 300 sites en bordure de la rivière Romaine. La plupart ont été réalisées lors des campagnes de terrain de 2004 et de 2005. En aval du bassin des Murailles, les informations proviennent de relevés effectués en 2001 dans le cadre d'une étude traitant spécifiquement des aménagements de la Romaine-1.

L'érosion des talus riverains de la rivière Romaine et les volumes de sédiments qu'ils fournissent ont été compilés pour chacune des zones homogènes. Rappelons que les informations concernant les zones 15 et 16, représentant les segments des rivières de l'Abbé-Huard et Bernard qui seraient inondés par les réservoirs projetés, ont été incorporées dans l'analyse des tributaires.

L'évaluation de l'érosion le long des tributaires a porté sur quatorze des principaux sous-bassins alimentant le tronçon étudié de la Romaine. Il s'agit de ceux qui risquent, par leur dimension et (ou) l'importance de l'érosion qu'ils subissent, de contribuer le plus significativement à la charge sédimentaire de la Romaine. Ils sont énumérés au tableau 3.1.1.

Pour chacun de ces sous-bassins, les principaux secteurs en érosion, la composition générale des rives actives, ainsi que les secteurs propices à la sédimentation ont été identifiés le long du cours d'eau principal et de ses plus importants tributaires. Cet exercice a été réalisé à partir des photographies à l'échelle du 1 : 40 000 datant de 1989 et 1997. Les limites des zones d'érosion et de sédimentation ont été précisées lors des survols des campagnes de terrain de 2004 et 2005. Environ 25 sites ont été visités dans le but de valider l'état des rives et la composition des matériaux et d'y prélever des échantillons, lorsque requis.

Tableau 3.1.1 Les principaux sous-bassins de la Romaine et leur superficie

Secteur	Sous-bassin	Confluence avec la Romaine	Superficie (km ²)
Romaine-1	Puyjalon	PK 11 et 13	1 110
Romaine-2	Romaine Sud-Est	PK 82,5	570
	Bernard	PK 128	115
	de l'Abbé-Huard	PK 131	1 025
	Mista	PK 149	190
Romaine-3	Garneau	PK 181,5	1 240
	Glapion	PK 187,5	85
Romaine-4	Baubert	PK 198,5	140
	Jérôme	PK 214,5	80
	Petite Romaine	PK 217	350
	Katahtauatshupunan	PK 230	230
	Touladis	PK 233,5	300
	aux Sauterelles	PK 281,8	1 125

Une appréciation des volumes de sédiments érodés par la rivière Romaine et ses tributaires est fournie aux tableaux de la section 4. Dans un cas comme dans l'autre, la méthode utilisée est sensiblement la même. Toutefois, en ce qui concerne la Romaine, des données plus détaillées ont permis une estimation plus précise des quantités fournies par les rives instables. La longueur totale de rives en érosion par grandes classes de matériaux de

surface a été évaluée à partir des données cartographiées à l'échelle du 1 : 20 000 (dans le cas de la rivière Romaine) et du 1 : 50 000 (pour les tributaires). L'estimation de la hauteur moyenne des talus actifs est basée sur des observations de terrain et sur des mesures effectuées à partir de photographies aériennes ou de modèles numériques de terrain.

La détermination de taux de recul moyens jugés représentatifs est basée sur les reculs mesurés au droit des segments de rivière les plus touchés par l'érosion, soit ceux situés le long de la Romaine, entre les PK 11 et 23 et vers les PK 138 et 271, de même que ceux localisés dans le cours aval des rivières Romaine Sud-Est, Bernard, de l'Abbé-Huard et aux Sauterelles. L'estimation est faite en comparant des photographies aériennes datant de 1968-72 à des photos plus récentes (1989 à 2003), dont l'échelle varie de 1 : 15 000 à 1 : 20 000¹. Des reculs significatifs n'ont pu être mesurés qu'au droit des rives en érosion forte. Pour les rives moins actives, le recul des talus n'est pas mesurable à l'échelle des photographies aériennes utilisées. L'intensité de l'érosion a quand même pu être qualifiée en se basant sur des observations qualitatives faites sur les photographies aériennes et sur les images XEOS. En considérant l'ensemble de ces informations, trois classes d'intensité de l'érosion ont été identifiées et des taux de recul leur ont été assignés.

- Érosion forte : recul mesurable sur les photographies aériennes. Taux de recul de l'ordre de 15 à 20 cm/an;
- Érosion moyenne : recul non mesurable sur les photographies aériennes; les rives sont en érosion continue sur plus de 200 m de longueur et les talus sont en grande partie dénudés; taux de recul variant de 1 à 15 cm/an. Un taux moyen de 7 cm/an a été utilisé pour le calcul des volumes;
- Érosion faible : recul non mesurable sur les photographies aériennes; rives où l'érosion se manifeste ponctuellement et où les portions de talus dénudés sont entrecoupées de talles de végétation. Taux de recul de l'ordre de 1 cm/an.

La granulométrie des différents types de matériaux a été déterminée à partir d'analyses granulométriques effectuées sur des échantillons prélevés dans le cadre des investigations géotechniques réalisées sur le territoire par Hydro-Québec en 2004 et 2005. La distribution

¹ La liste complète des photographies aériennes utilisées pour l'étude de l'érosion dans le bassin versant de la Romaine est fournie en fin de texte dans la section « Bibliographie ».

granulométrique des matériaux composant les rives en érosion permet de distinguer les proportions de sédiments fins (silt et argile), de sable et d'éléments grossiers (graviers, cailloux, galets et blocs) livrées au cours d'eau par l'érosion. Le tableau 3.1.2 indique la distribution granulométrique des grands types de matériaux identifiés sur les rives en érosion.

Tableau 3.1.2 Distribution granulométrique des grands types de matériaux identifiés sur les rives en érosion

Grand type de matériaux	Proportion de sédiments fins (silt et argile) ¹ (%)	Proportion de sable ² (%)	Proportion d'éléments grossiers (%)
Till (T)	30	40	30
Sable et gravier (SG)	--	50	50
Sable et sable et gravier indifférenciés (S-SG)	--	75	25
Sable (S)	10	90	--
Sédiments fins (SM-CM)	90	10	--
Combinaisons³			
S/CM	50 à 75	25 à 50	--
Sm/CM	75	25	--
SG/CM	50 à 75	12,5 à 25	12,5 à 25
S-SG/CM	50 à 75	20 à 40	5 à 10

Le volume de sédiments fournis par érosion est obtenu en multipliant le taux de recul par la longueur et la hauteur moyenne des rives en érosion. La part de sédiments fins, de sable et d'éléments grossiers est ensuite calculée en respectant les proportions déterminées au tableau 3.1.2. Seules les fractions fine et sableuse susceptibles d'être prises en charge par les eaux courantes sur des distances significatives sont considérées dans l'étude du bilan sédimentaire de la Romaine. Les éléments grossiers qui s'éboulent au pied des talus actifs ne peuvent être déplacés que sur de très courtes distances (par les glaces notamment) et participent surtout à former un remblai de protection à la base des talus.

¹ La fraction identifiée « silt et argile » comprend les particules dont la taille est inférieure à 63µm.

² La fraction identifiée « sable » comprend les particules dont la taille s'échelonne de 63µm à 2 mm.

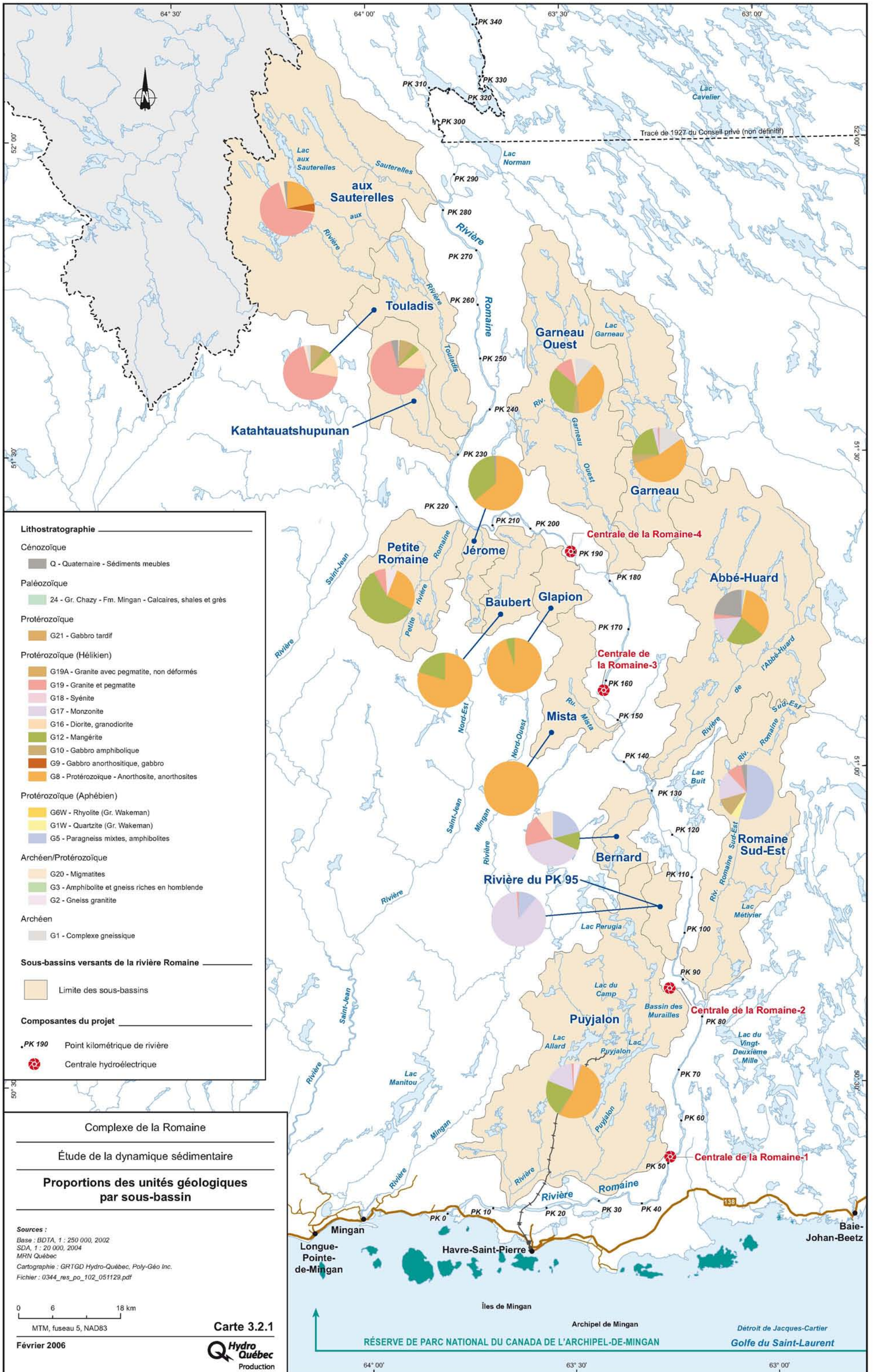
³ S/CM : couche de sable de 2 à 6 m d'épaisseur recouvrant des sédiments fins argileux; Sm/CM : couche de sable de moins de 2 m d'épaisseur recouvrant des sédiments fins argileux; SG/CM : couche de sable et gravier de 2 à 6 m d'épaisseur recouvrant des sédiments fins argileux; S-SG/CM : couche de 2 à 6 m d'épaisseur de sable et sable et gravier indifférenciés recouvrant des sédiments fins argileux.

Une méthode différente a été utilisée pour estimer les volumes de sédiments fins fournis par les glissements de terrain survenus récemment sur les rives argileuses de la Romaine à l'aval des aménagements projetés de la Romaine-1. Les glissements sont des phénomènes qui se produisent soudainement et un taux de recul moyen peut difficilement leur être attribué. Les volumes ont plutôt été estimés en mesurant la dimension des cicatrices (hauteur, largeur et longueur) à partir des modèles d'élévation numérique de haute résolution. L'exercice a été effectué pour les six cicatrices les plus récentes survenues au cours des vingt dernières années. Elles sont situées aux environs des PK 11,5 (2), 14, 18 et 23,5 (2).

3.2 Caractérisation et traçage des sédiments dans le bassin de drainage de la rivière Romaine

3.2.1 Mise en contexte

Le territoire d'étude se prête particulièrement bien au traçage de la composition des sédiments étant donné sa grande diversité géologique (carte 2.1.1). La carte 3.2.1 montre les différentes lithologies recoupées par chacun des bassins de drainage des affluents de la rivière Romaine. Les bassins-versants occupant le secteur nord du territoire d'étude (rivières aux Sauterelles, Touladis, ruisseau Katahtauatshupunan) recourent des lithologies essentiellement composées de granites et de pegmatites. Ceux des rivières Petite Romaine, Jérôme, Baubert, Glapion, Garneau, et Mista s'inscrivent à l'intérieur de la Suite anorthositique de Havre Saint-Pierre (Corrigan et Hanmer, 1997), composée d'une portion principale anorthositique (unité G8) et, en périphérie, de roches associées à sa mise en place (unités G9, G10, G12) : des gabbros, des mangérites (monzonites à hypersthène) et des charnockites (granites à hypersthène). Les bassins-versants des rivières Bernard et de l'Abbé-Huard recourent la zone de contact entre la Suite anorthositique de Havre-Saint-Pierre et les roches déformées, alors que les rivières du PK 95 et Romaine Sud-Est recourent cette zone de roches déformées composée de lithologies variées. Le bassin versant de la rivière Puyjalon, quant à lui, s'étend sur les roches de la Suite anorthositique de Havre Saint-Pierre (unités G8 et G12).



Lithostratigraphie

Cénozoïque

- Q - Quaternaire - Sédiments meubles

Paléozoïque

- 24 - Gr. Chazy - Fm. Mingan - Calcaires, shales et grès

Protérozoïque

- G21 - Gabbro tardif

Protérozoïque (Hélikien)

- G19A - Granite avec pegmatite, non déformés
- G19 - Granite et pegmatite
- G18 - Syénite
- G17 - Monzonite
- G16 - Diorite, granodiorite
- G12 - Mangérite
- G10 - Gabbro amphibolique
- G9 - Gabbro anorthositique, gabbro
- G8 - Protérozoïque - Anorthosite, anorthosites

Protérozoïque (Aphébien)

- G6W - Rhyolite (Gr. Wakeman)
- G1W - Quartzite (Gr. Wakeman)
- G5 - Paragneiss mixtes, amphibolites

Archéen/Protérozoïque

- G20 - Migmatites
- G3 - Amphibolite et gneiss riches en homblende
- G2 - Gneiss granitique

Archéen

- G1 - Complexe gneissique

Sous-bassins versants de la rivière Romaine

- Limite des sous-bassins

Composantes du projet

- PK 190 Point kilométrique de rivière
- Centrale hydroélectrique

Complexe de la Romaine

Étude de la dynamique sédimentaire

Proportions des unités géologiques par sous-bassin

Sources :
 Base : BDTA, 1 : 250 000, 2002
 SDA, 1 : 20 000, 2004
 MRN Québec
 Cartographie : GRTGD Hydro-Québec, Poly-Géo Inc.
 Fichier : 0344_res_po_102_051129.pdf

0 6 18 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Carte 3.2.1
 Hydro Québec
 Production

Février 2006

RÉSERVE DE PARC NATIONAL DU CANADA DE L'ARCHIPEL-DE-MINGAN

Îles de Mingan Archipel de Mingan

Détroit de Jacques-Cartier
 Golfe du Saint-Laurent

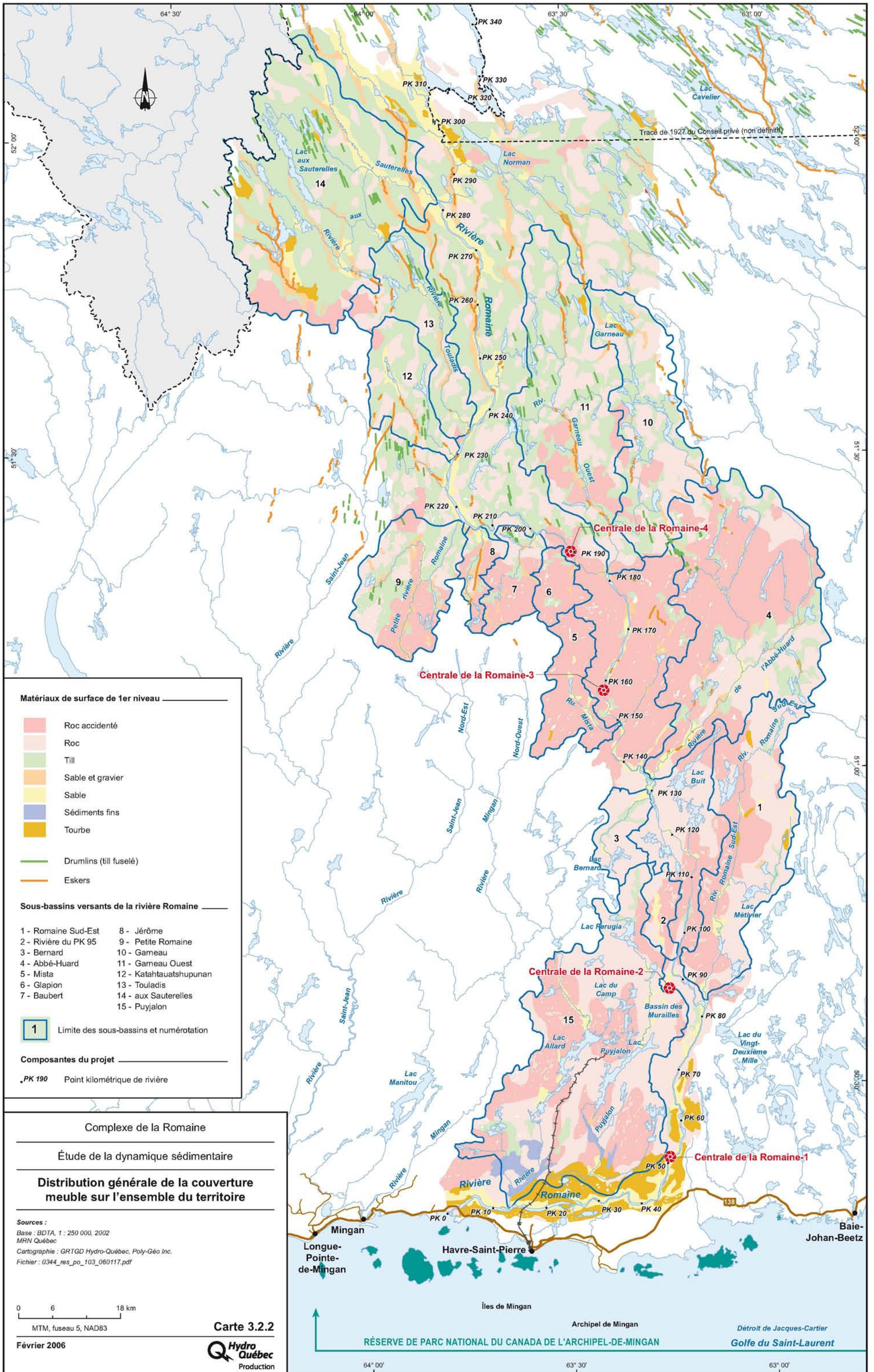
64° 00' 63° 30' 63° 00'

Les sédiments de la région, localement dérivés des roches sous-jacentes, montrent ainsi des compositions minéralogiques et géochimiques très variées. L'étude des compositions minéralogiques (Sear et al, 2000; Stendal et Theobald, 1994) et géochimiques (Plant et Raiswell, 1994; Plant et Tarney, 1994) de ces sédiments peut permettre d'identifier les sources dont ils sont dérivés. Ces deux sources d'information, géochimique et minéralogique, seront utilisées comme principal outil d'investigation de la dynamique sédimentaire.

La carte 3.2.2 montre la distribution générale de la couverture des dépôts meubles de l'ensemble du territoire. Le territoire des sous-bassins-versants des rivières aux Sauterelles, Touladis, Katahtauatshupunan ainsi que la portion nord des rivières Garneau et Garneau Ouest est recouvert d'une couverture meuble quasi-continue. Le roc affleurant prédomine dans les autres sous-bassins-versants, sauf dans les fonds de vallées, où il y a eu accumulation de sédiments meubles d'origines variées.

3.2.2 Objectifs

De nombreuses études traitant de la dynamique sédimentaire ont été réalisées dans divers contextes hydrologiques et géologiques (Bellehumeur *et al.*, 1994; Bottrill *et al.*, 2000; Hamlin *et al.*, 2000; Ottesen et Theobald, 1994). La plupart de ces études utilisent des traceurs (minéraux ou éléments chimiques) pour reconstituer le transport des sédiments. Historiquement, selon le contexte géologique, deux approches ont été privilégiées. L'approche la plus ancienne est l'emploi d'un traceur distinct initié par les Finlandais pour les études réalisées à partir de blocs erratiques. Elle est généralement utilisée pour les études de transport sédimentaire (Kujansuu et Saarnisto, 1990) là où des unités géologiques distinctes peuvent être aisément identifiées et tracées. Dans les territoires où les lithologies sont variées et étendues, comme celui du bassin versant de la Romaine, cette approche n'arrive pas à déceler un signal précis. La seconde approche, plus moderne, le traçage d'éléments composites, est alors préférable. Elle ne requiert pas l'utilisation d'éléments distinctifs ni exotiques. Cette méthode utilise un signal complexe composé de multiples paramètres qui, individuellement, ne peuvent permettre de diagnostic précis. Les proportions



Matériaux de surface de 1er niveau

- Roc accidenté
- Roc
- Till
- Sable et gravier
- Sable
- Sédiments fins
- Tourbe
- Drumlins (till fuselé)
- Eskers

Sous-bassins versants de la rivière Romaine

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1 - Romaine Sud-Est | 8 - Jérôme |
| 2 - Rivière du PK 95 | 9 - Petite Romaine |
| 3 - Bernard | 10 - Gameau |
| 4 - Abbé-Huard | 11 - Gameau Ouest |
| 5 - Mista | 12 - Katahtauatshupunan |
| 6 - Glapion | 13 - Touladis |
| 7 - Baubert | 14 - aux Sauterelles |
| | 15 - Puyjalon |

1 Limite des sous-bassins et numérotation

Composantes du projet

PK 190 Point kilométrique de rivière

Complexe de la Romaine

Étude de la dynamique sédimentaire

Distribution générale de la couverture meuble sur l'ensemble du territoire

Sources :
 Base : BDTA, 1 : 250 000, 2002
 MRN Québec
 Cartographie : GRTGD Hydro-Québec, Poly-Géo Inc.
 Fichier : 0344_res_po_103_060117.pdf

0 6 18 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Février 2006

Carte 3.2.2



Production

RÉSERVE DE PARC NATIONAL DU CANADA DE L'ARCHIPEL-DE-MINGAN

Archipel de Mingan

Détroit de Jacques-Cartier

Golfe du Saint-Laurent

Îles de Mingan

64° 00' 63° 30' 63° 00'

de ces paramètres créent l'outil de traçage. Les analyses statistiques multivariées (Isaaks et Srivastava, 1989; Swan et Sandilands, 1995; Walling et al, 1993; Bellehumeur et al, 1994) possèdent des avantages marqués permettant l'utilisation de nombreux paramètres dans l'étude du transport sédimentaire. La dépendance à un seul traceur disparaît donc au profit du traçage d'un signal composite, lui-même caractérisant plus globalement un sédiment.

L'évaluation du transport sédimentaire dans le cadre de l'étude sur la dynamique sédimentaire du bassin versant de la Romaine comporte trois principaux objectifs :

A. Évaluation du transit de la charge sédimentaire de la rivière Romaine

Pour caractériser la charge sédimentaire transportée et déposée par la rivière Romaine, les sédiments ont été échantillonnés en période d'étiage, en août et septembre 2004 ainsi qu'en août 2005. Les corps sédimentaires échantillonnés sont, dans la majeure partie, des dunes hydrauliques exondées qui, en période de hautes eaux, forment le lit de la rivière. Les analyses réalisées sur ces sédiments permettent d'identifier les variations de composition des sédiments le long du cours de la rivière Romaine.

B. Évaluation des apports des rivières affluentes à la charge sédimentaire transportée par la rivière Romaine

Pour établir les contributions potentielles des rivières affluentes à la Romaine, les deltas de ces dernières ont été échantillonnés. Les analyses permettent d'identifier la signature des sédiments apportés à la Romaine à ces lieux de confluence et l'envergure de leur contribution à la charge sédimentaire de la Romaine. En dernier lieu, des échantillons ont été prélevés sur le lit de quelques tributaires de la Romaine. Sans être systématique, cet échantillonnage permet cependant de comparer les compositions de la charge sédimentaire transportée le long des tributaires avec celles qui composent leur delta respectif. Le tableau 3.2.1 résume les démarches entreprises pour cette étude.

C. Identification des discontinuités forçant la sédimentation, en tout ou en partie, de la charge sédimentaire de la rivière Romaine

Le paramètre sélectionné pour permettre le traçage sédimentaire des particules transportées par le réseau fluvial de la région est la signature géochimique. Des analyses géochimiques détaillées ont été réalisées sur les échantillons de sédiments fluviaux présentés aux points (A) et (B). Leur analyse statistique multivariée vise à identifier des ruptures dans la continuité de la composition des sédiments de la rivière Romaine. Le chapitre 5 présente les résultats et discute de leurs implications sur le transport sédimentaire de la rivière Romaine.

Tableau 3.2.1 Environnement sédimentaire des matériaux échantillonnés

Environnement sédimentaire	Objectifs visés	Méthodes analytiques
Sédiments de la Rivière Romaine (dunes hydrauliques, plages rectilignes)	Évaluer l'évolution de la composition des sédiments dans le système fluviatile de la rivière Romaine	- Géochimie des minéraux lourds - Géochimie des minéraux légers
Sédiments deltaïques des tributaires de la rivière Romaine	Établir la signature de composition de l'apport sédimentaire des tributaires à la rivière Romaine	
Sédiments du lit de certains tributaires en amont de leur embouchure à la rivière Romaine	Caractériser l'évolution de la signature de composition des sédiments le long des tributaires de la Romaine	

3.2.3 Échantillonnage et analyses en laboratoire

En période d'étiage (fin août – début septembre 2004 et début août 2005) se sont déroulées les deux campagnes d'échantillonnage de sédiments sableux des nombreuses dunes hydrauliques exondées de la rivière Romaine qui composent, en période de hautes eaux, le lit de la rivière. Cinquante-quatre (54) échantillons ont ainsi été recueillis tout au long de la rivière Romaine (entre les PK 0 et 370). Onze (11) échantillons ont été prélevés dans la portion deltaïque des affluents afin de caractériser la signature sédimentaire des apports de ces rivières dans la Romaine. Vingt-quatre (24) autres échantillons ont été recueillis sur le cours de certaines rivières affluentes pour identifier toute variation de composition de leur charge sédimentaire respective. La carte 3.2.3 montre la localisation des sites d'échantillonnage dans l'ensemble du bassin-versant.

3.2.4 Protocole analytique des laboratoires

Le laboratoire *Acme Analytical Laboratories Ltd.* (Vancouver, CB) a réalisé les analyses géochimiques sur les portions denses (densité > 3.32) et moins denses (densité < 3.32) des particules sableuses (tailles comprises entre 63 et 250 µm). Les concentrations ont

été obtenues par ICP-MS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) après une mise en solution quasi-totale dans une solution de quatre acides (HNO₃, HClO₄, HF et HCl). L'analyse des deux phases minérales séparément permet de doubler les marqueurs potentiels de transport sédimentaire. Ainsi, les minéraux légers, communs aux roches felsiques (granite, gneiss, monzonite, syénite, diorite) pourront compléter l'information dans les zones où les roches mafiques riches en minéraux lourds (gabbro, anorthosite, diabase) sont rares, et vice-versa. Les procédures de laboratoire sont schématisées à la figure 3.2.1.

Au total, 55 éléments ont été analysés pour chacune des classes densimétriques. Certains éléments dont la concentration n'atteignait pas la limite de détection analytique ont été retirés de l'interprétation subséquente des résultats. D'autres éléments dont la distribution des concentrations était trop restreinte ont aussi été retirés de la liste des éléments retenus. Les éléments associés particulièrement à une des classes densimétriques (par exemple les éléments métalliques dans les minéraux lourds) ont été retirés de la suite retenue de l'autre classe densimétrique. En effet, la concentration en éléments métalliques de la fraction légère n'a pas d'intérêt puisque ces éléments, quoiqu'en concentrations détectables, n'ont pas d'affinités avec les minéraux de cette fraction. Le tableau 3.2.2 montre la liste des éléments analysés et ceux retenus pour l'analyse des résultats. Les données brutes des résultats analytiques sont colligées à l'annexe A.

Les échantillons de la campagne de 2004 ont subi une analyse supplémentaire. Des analyses minéralogiques de la fraction lourde ont été réalisées sur ces échantillons (n = 54). Trois cents (300) grains de sable (63 à 250 µm) par échantillon ont été identifiés desquels vingt-cinq (25) espèces minérales ont pu être distinguées. Les résultats, colligés dans un rapport soumis au printemps 2005 (Poly-Géo, 2005), reflètent les résultats des analyses géochimiques réalisées sur la fraction des minéraux lourds. La forte corrélation et la redondance des résultats entre ces analyses minéralogiques et les analyses géochimiques nous a amené à abandonner l'approche minéralogique pour les échantillons recueillis à l'été 2005. Les analyses statistiques dont les résultats et implications sont montrés au chapitre 5 ne tiennent pas compte des résultats d'analyses minéralogiques.

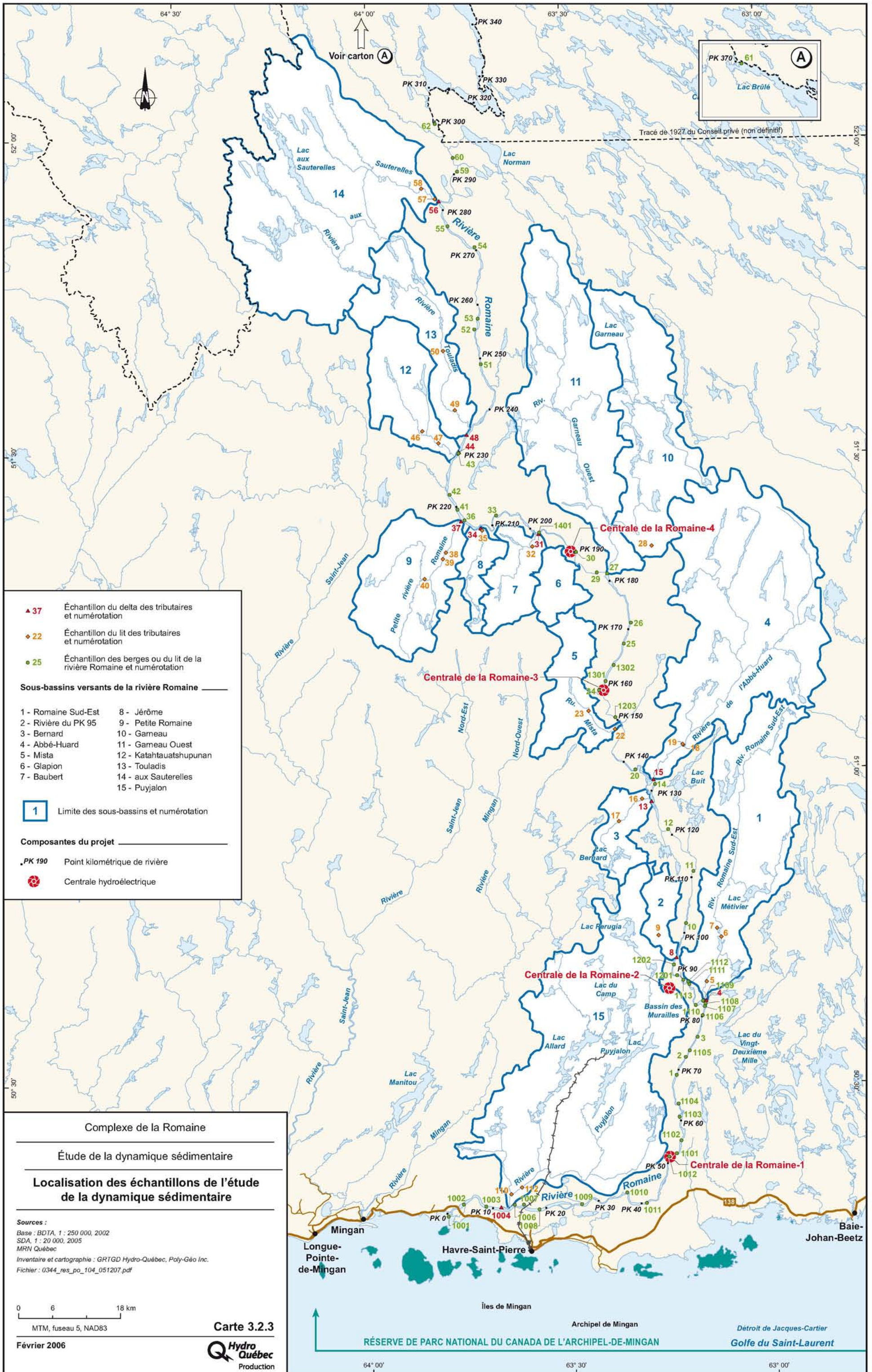


FIGURE 3.2.1 — Organigramme des analyses géochimiques

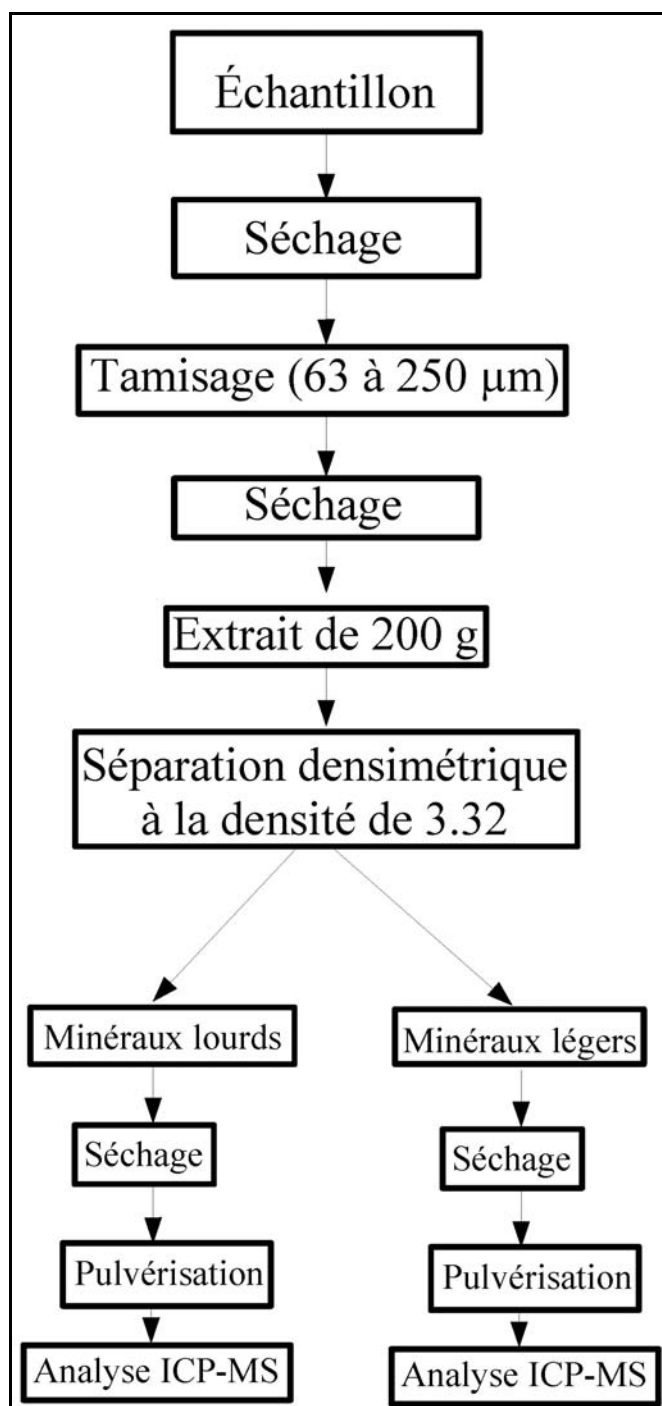


Tableau 3.2.2 Éléments analysés et retenus pour l'analyse statistique

Éléments analysés	Éléments retenus		Unités	Limite de détection
	Lourds	Légers		
Ag	√		ppb	20
Al	√	√	%	0.02
As	√		ppm	0.2
Au			ppm	1
Ba		√	ppm	1
Be			ppm	1
Bi			ppm	0.04
Ca	√	√	%	0.02
Cd	√		ppm	0.02
Ce	√	√	ppm	0.02
Co	√		ppm	0.2
Cr	√		ppm	1
Cs		√	ppm	0.1
Cu	√		ppm	0.02
Dy	√	√	ppm	0.1
Er	√	√	ppm	0.1
Eu	√	√	ppm	0.1
Fe	√		%	0.02
Ga	√	√	ppm	0.02
Gd	√	√	ppm	0.1
Hf	√	√	ppm	0.02
Ho	√	√	ppm	0.1
K		√	%	0.02
La	√	√	ppm	0.1
Li	√	√	ppm	0.1
Lu	√	√	ppm	0.1
Mg	√		%	0.02
Mn	√		ppm	2
Mo	√		ppm	0.05
Na	√	√	%	0.002
Nb	√	√	ppm	0.04
Nd	√	√	ppm	0.1
Ni	√		ppm	0.1
P	√		%	0.001
Pb	√		ppm	0.02
Pr	√	√	ppm	0.1
Rb		√	ppm	0.1
S			%	0.04
Sb	√		ppm	0.02
Sc	√		ppm	0.1
Sm	√	√	ppm	0.1
Sn	√		ppm	0.1
Sr	√	√	ppm	1
Ta	√	√	ppm	0.1
Tb	√	√	ppm	0.1
Th	√	√	ppm	0.1
Ti	√		%	0.001
Tm	√	√	ppm	0.1
U	√	√	ppm	0.1
V	√		ppm	1
W	√		ppm	0.1
Y	√		ppm	0.1
Yb	√	√	ppm	0.1
Zn	√		ppm	0.2
Zr	√		ppm	0.2

3.2.5 Analyse statistique des données

Les analyses géochimiques réalisées en laboratoire ont livré une grande quantité de données. Deux approches statistiques multivariées ont été utilisées pour aborder, sans biais, ces nombreuses données. L'analyse statistique en composantes principales permet d'identifier les tendances générales du jeu de données. Les composantes principales permettent de faire ressortir les tendances majeures d'un jeu de données en tenant compte d'un grand nombre de paramètres à la fois. Ces paramètres ont ensuite été retenus pour l'étape subséquente du traitement statistique, le calcul des distances de composition entre les échantillons. Le terme « distance de composition » est utilisé dans les sections qui suivent pour quantifier la valeur de la différence (ou, inversement, de la similitude) de composition entre deux échantillons qui se succèdent le long du parcours des eaux.

Deux paramètres ont été utilisés pour les traitements statistiques : (1) les données géochimiques des minéraux lourds et (2), les données géochimiques des minéraux légers. Les analyses géochimiques ont été réalisées sur les deux classes densimétriques. Pour le traitement des données, les résultats sont cependant regroupés.

A. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales permet d'expliquer la variance d'un large jeu de données à l'aide d'une quantité moindre de variables. Par exemple, lorsque deux variables numériques sont proportionnelles, elles s'alignent plus ou moins bien sur un graphique. Quelques points s'aligneront très bien selon une régression linéaire, alors que d'autres seront distribués de parts et d'autres de cette régression. Une telle régression, en statistiques, peut être considérée comme une composante principale. Les échantillons, au lieu d'être disposés dans un graphique à deux dimensions, peuvent être décrits par leur position sur cette ligne, où le centre est désigné comme étant égal à zéro et les nouvelles valeurs/coordonnées allouées aux échantillons seront au-dessus ou en-dessous de zéro. Ainsi, un seul paramètre peut résoudre la variance des deux variables originales. La même chose peut être faite dans un jeu de données à multiples variables. Encore une fois, une régression linéaire peut être réalisée dans la direction de la plus grande variance à travers le nuage de données. Une seconde composante principale sera la régression linéaire ayant la seconde plus grande variance. Bien que de nombreuses composantes principales puissent être calculées, la plus grande partie de la variance d'un jeu de données est fréquemment résolue par les quelques premières composantes principales,

d'où la force de cet outil statistique. Chacun des paramètres originaux a une contribution particulière à chacune des composantes principales. Ces contributions qualifient le domaine de représentation (dans notre cas, géochimique) des composantes principales. Les divers échantillons se font ainsi attribuer des positions dans les domaines géochimiques définis par des composantes principales. C'est ce que nous avons fait pour les échantillons de cette étude.

B. Analyse des distances de composition entre les échantillons sur le cours de la rivière Romaine

Le principe de distance de composition entre deux échantillons est similaire, en principe, à la distance géographique entre deux échantillons. La distance géographique mesurée entre deux échantillons se résout aisément lorsque les coordonnées géographiques des deux points sont connues. La distance se calcule simplement en utilisant les principes de géométrie cartésienne. La résolution d'une distance géographique se fait dans un espace de deux dimensions, soit X et Y, qui correspondent aux coordonnées géographiques de longitude et de latitude. La distance en termes de composition est issue du même calcul géométrique. Dans ce cas, les coordonnées ne sont plus des dimensions géographiques mais des dimensions de composition. Ainsi, au lieu d'utiliser les longitudes et latitudes des échantillons, on peut utiliser les concentrations en chrome (Cr) et en nickel (Ni). Tout comme dans le cas des distances géographiques, il est possible de constater la proximité ou l'éloignement de certains échantillons par rapport à d'autres. Des échantillons rapprochés en termes de composition peuvent être considérés comme étant semblables. Des échantillons éloignés en terme de composition seront considérés comme étant différents. Nos calculs de distance ont été réalisés en tenant compte d'un grand nombre de paramètres. Dans un espace géographique, il est possible de tenir compte de la longitude, de la latitude et aussi de l'altitude. Ainsi, la distance entre deux points est mesurée dans un espace à trois dimensions. Dans le cas des distances de composition, la grande quantité de paramètres mesurés nous permet d'évaluer la distance entre les échantillons dans un espace à 76 dimensions. Bien qu'il soit impossible d'imaginer un tel espace, les calculs se font de la même façon. Nous avons donc calculé les distances de composition entre les échantillons du lit de la rivière Romaine. Avant que les calculs de distance ne soient réalisés, les résultats ont été normalisés à leur moyenne et écart-type respectifs.

3.3 Étude de la charge sédimentaire

3.3.1 Généralités

Les rivières sont des intégrateurs de la dénudation du bassin versant. L'ensemble des particules et des substances dissoutes produites par l'altération physique (gel-dégel) et chimique (dissolution), l'érosion des rives et du talweg de la rivière et de ses tributaires ainsi que l'érosion des terres par le ruissellement est éventuellement acheminé vers la zone de l'embouchure de la rivière. Ce transport se décompose en trois modes : le transport en solution, le transport en suspension et le transport par charriage (Brassard et Petit, 1997). Les deux derniers ont fait l'objet des campagnes de 2003 et 2004. Les différents processus agiront sur des échelles de temps différentes, mais le transport de la phase particulaire sera modulé par le régime hydrologique de la rivière, avec une charge solide plus importante en période de crue.

3.3.2 Sommaire des études

Saison 1982

La première étude du régime sédimentaire de la rivière Romaine a été réalisée par Long *et al.* (1982) dans le cadre d'une version antérieure du projet d'aménagement hydroélectrique de la rivière Romaine. Long *et al.* (1982) étudiaient la rivière Romaine et la rivière Saint-Jean. Cette dernière était le centre d'intérêt de leur étude. Dans le cadre de leur étude, trois stations ont été visitées durant l'été 1982 (tableau 3.3.1). À chaque station, la charge solide a été déterminée à partir de cinq verticales de mesures sur lesquelles un échantillon était pris à mi-profondeur. La concentration de la matière en suspension (MES) a été déterminée après filtration d'un volume de 200 mL sur un filtre de 0,45 µm de porosité. La concentration moyenne a été rapportée. Le type d'échantillonneur utilisé est inconnu.

On remarque que la crue printanière a été peu couverte avec seulement 3 à 4 visites selon les stations. Néanmoins, leurs données seront décrites dans le cadre de ce rapport en ce qui a trait à la composition et à la charge quotidienne de la MES. Aucun bilan massique ne sera cependant calculé compte tenu du manque de données.

Tableau 3.3.1 Périodes d'échantillonnage de la matière en suspension durant la campagne de 1982

Station	Site de l'aménagement	Dates
ROMA0014	Romaine 4	11 juin, 28 juin, 12 août
ROMA0002	Romaine-1	24 mai, 3 juin, 11 juin, 13 août
ROMA0225	Embouchure de la rivière	25 mai, 12 juin, 28 juin, 5 août

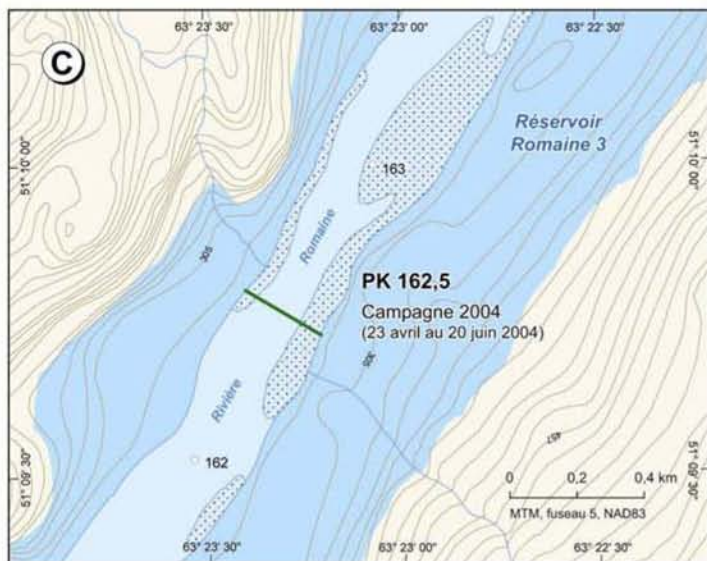
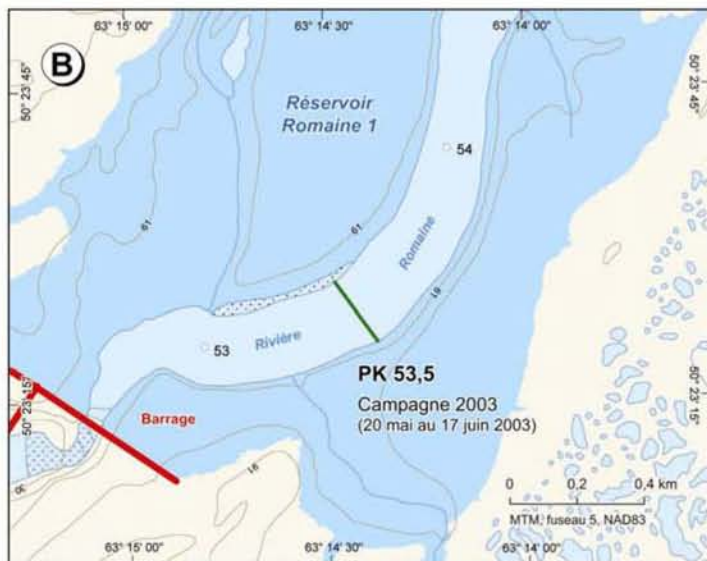
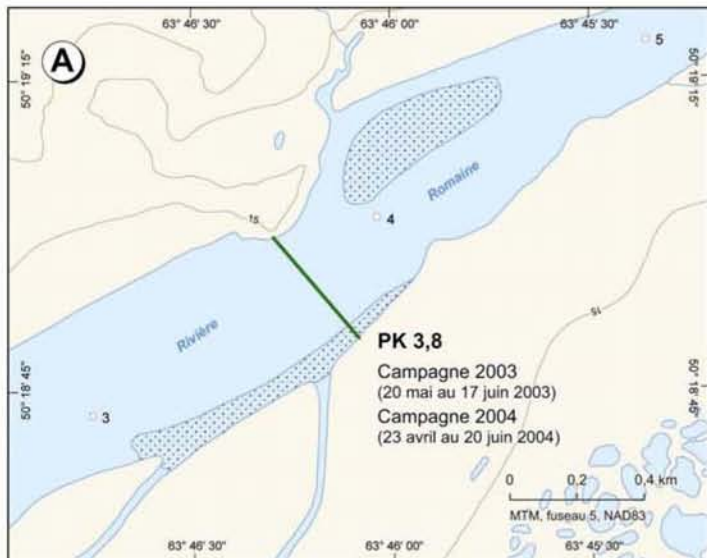
Saison 2001

Une campagne d'échantillonnage de la MES avait été entreprise en juin 2001, dans le cadre de l'étude d'avant-projet de l'aménagement de la rivière Romaine avec, comme scénario, une seule centrale au site de Romaine-1. La campagne avait été rapidement abandonnée parce qu'elle avait commencée à la mi-juin, vers la fin de la décrue, et qu'aucune variation notable de la concentration de la MES n'avait été observée, en utilisant la turbidité comme indicateur.

Saison 2003-2004

L'évaluation du régime sédimentaire de la rivière Romaine en 2004 est un complément de l'étude réalisée en 2003. En 2003, la crue de la rivière a été suivie pendant la décrue à deux stations situées aux PK 3,8 et 53,5 (carte 3.3.1). En 2004, la station située près de la zone de l'embouchure a été conservée (PK 3,8) et une nouvelle station a été localisée au PK 162,5 (Romaine-3), à l'aval d'un tronçon de rivière bordée de nombreuses terrasses constituées de sable et de gravier dont les talus actifs indiquent un apport probable en sédiments. La localisation des stations par rapport au profil topographique général de la rivière et à la localisation des futurs réservoirs est présentée à la figure 3.3.1. La localisation des stations permet de départager les apports sédimentaires du tronçon fluvial qui sera aménagé de ceux provenant du tronçon aval.

En 2004, la crue a été suivie dans sa totalité à la station aval, mais la station amont (PK 162,5) n'a été accessible de façon sécuritaire que dans la seconde moitié de la crue et de façon occasionnelle à cause des conditions météorologiques qui limitaient l'accès à la rivière en hélicoptère. En comparaison, la crue en 2003 a été plus courte, mais avec un débit de pointe plus élevé qu'en 2004 (figure 3.3.2).



Complexe de la Romaine

Mesures de la charge sédimentaire sur la rivière Romaine

Section d'échantillonnage de la matière en suspension et de la charge de fond	Campement de travailleurs projeté
Réservoir projeté (Niveau maximal d'exploitation)	Route d'accès projetée (variante ouest)
Centrale hydroélectrique projetée	Route d'accès projetée (variante est)
Barrage projeté	PK 50 Point kilométrique de rivière

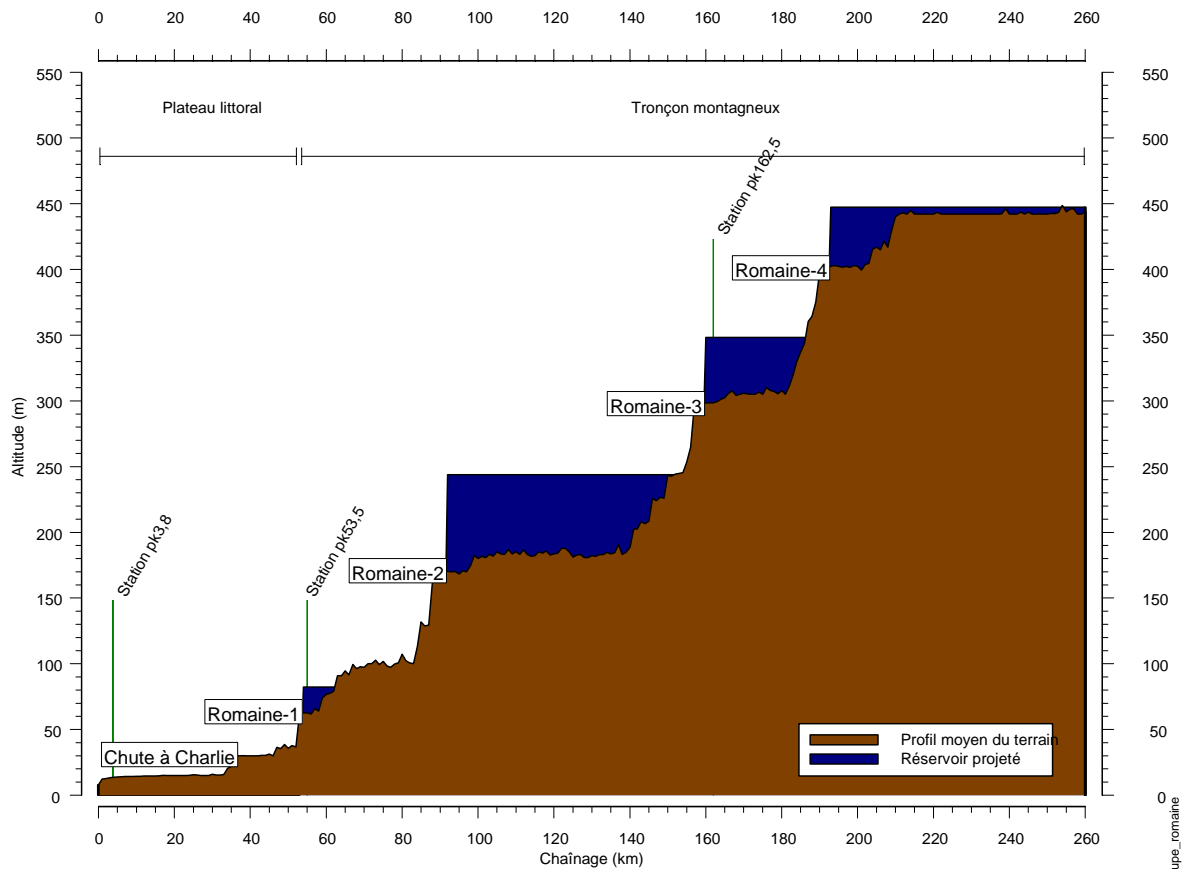
Sources :
Bases : BNDT, 1 : 50 000, 2002, © Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, reproduit avec la permission de RNCAN
BDTA, 1 : 250 000, MRN Québec, 2002
Relevés de terrain réalisés par Environnement Illimité Inc., 2003 et 2004
Cartographie : Carto-Média
Fichier : 0344_cm_060_c3-3-1_051205.th9

Décembre 2005

Carte 3.3.1

Hydro Québec
Équipement

FIGURE 3.3.1 — Profil schématique de la rivière Romaine montrant la situation des stations d'échantillonnage en relation avec les réservoirs projetés et la topographie générale



3.3.3 Approche d'échantillonnage

Durant la crue printanière 2003, l'échantillonnage a été fait de manière quasi quotidienne. La campagne d'échantillonnage s'est déroulée sur une période globale de 24 jours, du 17 mai au 9 juin 2003. Durant cette période, l'échantillonnage de la MES a été fait aux deux stations pendant 14 jours et l'échantillonnage de la charge de fond, pendant 12 jours à la station aval (km 3,8) et 14 jours à la station amont (km 53,5).

En 2004, l'échantillonnage a été fait à 28 reprises sur une période de 59 jours, entre le 23 avril 2004 et le 20 juin 2004 à la station PK 3,8. Les premières visites (du 23 avril au 8 mai) effectuées à la station aval ont été faites au pont traversant la route 138, à environ 1 km de la station prévue parce que la glace rendait les conditions non sécuritaires. Durant

cette période, des échantillons ont été recueillis durant la montée initiale de la crue. Le pic de concentration a été mesuré le 6 mai, alors que la pointe maximale de débit a été mesurée le 23 mai. À la station PK 162,5, les visites furent moins fréquentes avec neuf collectes sur une période de 27 jours, entre le 24 mai 2004 et le 19 juin 2004. La différence s'explique par la fonte tardive des glaces et les difficultés d'accessibilité par hélicoptère à la station amont.

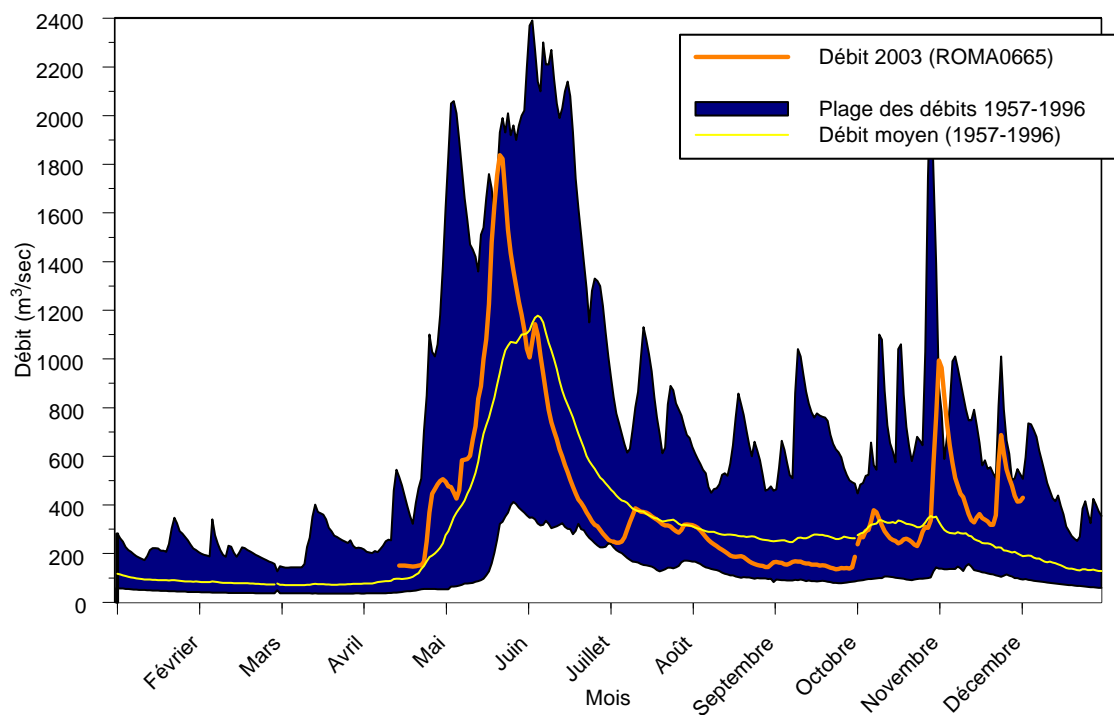
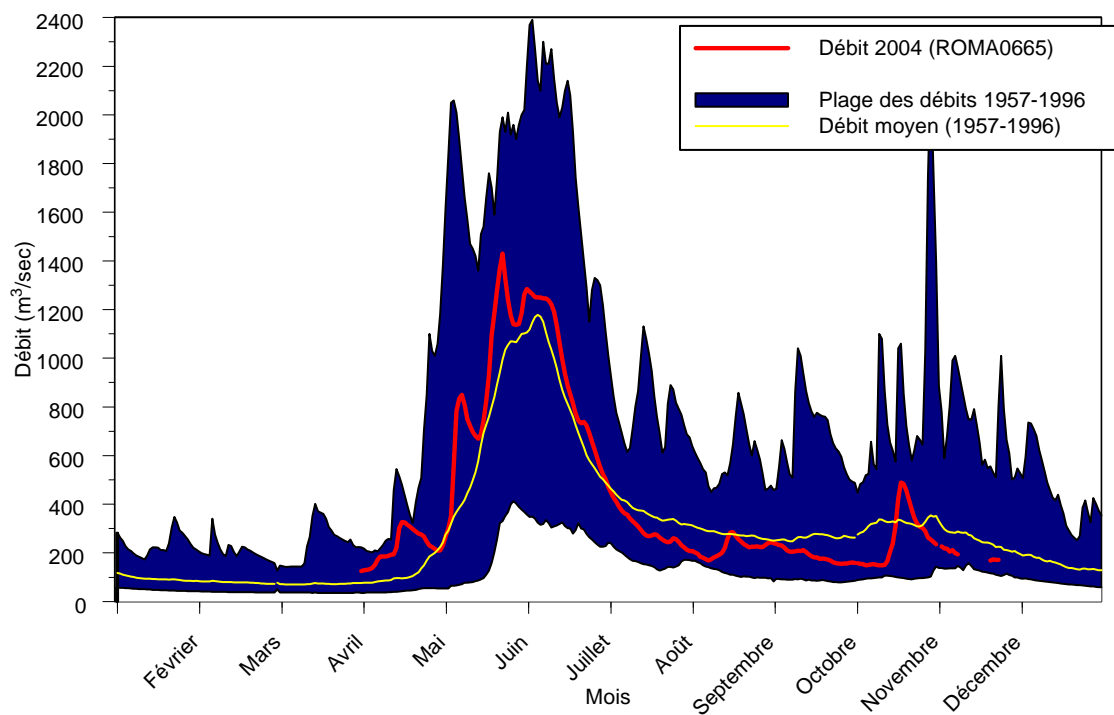
L'approche d'échantillonnage était la même en 2003 et 2004. Typiquement, trois échantillons de MES (rive gauche, centre, rive droite) et 10 échantillons (comprenant quatre réplicats) de charge de fond étaient récoltés à chaque visite. À quelques reprises, le nombre d'échantillons de charge de fond était inférieur en raison des conditions météorologiques ou des difficultés techniques rencontrées.

La section d'échantillonnage au PK 3,8 avait une largeur de 380 m et une profondeur maximale d'environ 6 m. Le fond et la rive gauche étaient constitués de sable et de gravier, alors que la rive droite était formée d'un affleurement rocheux. La section d'échantillonnage au PK 53,5 avait une largeur de 240 m et une profondeur maximale d'environ 4 m. Le fond et les deux rives étaient constitués de sable et de gravier. La largeur de la section d'échantillonnage au PK 162,5 était de 240 m avec une profondeur maximale d'environ 6 m. La nature du substrat à la section PK 162,5 était identique à celui de la station PK 3,8.

3.3.4 Instrumentation utilisée pour déterminer la charge solide

La méthodologie d'échantillonnage pour établir la charge solide transportée par la rivière Romaine s'avère originale parce que les deux composantes de la charge solide ont été mesurées : la charge solide en suspension et la charge solide de fond. La charge solide de fond n'est pas fréquemment caractérisée parce qu'il s'agit d'un processus de transport hautement variable dans le temps et l'espace. De plus, le processus de transport n'affecte qu'une mince épaisseur du lit de la rivière, environ deux à cinq fois le diamètre des grains en mouvement, ce qui rend difficile la collecte d'échantillons représentatifs.

FIGURE 3.3.2 — Comparaison des hydrogrammes 2003 et 2004 avec l'hydrogramme moyen et la plage des débits journaliers pour la période 1957-1996 de la rivière Romaine



figuresommairedébit

A. Charge en suspension

Grâce aux instruments utilisés dans le cadre de cette étude, dont l'utilisation a été normalisée par le USGS (United States Geological Survey), il a été possible d'échantillonner l'ensemble de la colonne d'eau pour caractériser la charge solide de la rivière Romaine (figure 3.3.3). Deux échantillonneurs de volumes différents (1 L et 8 L), de type intégrateur de la colonne d'eau, ont été utilisés pour prendre en compte la fourchette de profondeurs et de vitesses de courant rencontrées (figure 3.3.4). Ce type d'intégrateur fonctionne sur le principe d'un échantillonnage isocinétique qui ne provoque pas de différence de la concentration de la MES dans l'échantillonneur et dans le milieu ambiant.

À chaque section, l'échantillonnage a été fait à partir d'un câble tendu à travers la rivière pour stabiliser l'embarcation à chaque station. La collecte des échantillons intégrés de MES a été faite sur trois verticales à chaque section : rive gauche, centre et rive droite (figure 3.3.5). Le nombre de verticales a été réduit par rapport à l'approche traditionnelle (Edwards et Glysson, 1999) en suivant les recommandations de Long *et al.* (1982) qui avaient caractérisé la distribution de la MES à différentes sections de la rivière Romaine. Notons que Long *et al.* (1982) échantillonnaient à la mi-profondeur.

La principale contrainte de cette approche réside dans le fait qu'une partie des échantillons récoltés dans la colonne d'eau peut comprendre, en plus des particules fines transportées en suspension, une certaine quantité de sable fin et moyen qui transite par suspension et saltation. En effet, l'intégrateur utilisé pour échantillonner la MES descend jusqu'à une trentaine de centimètres du fond et, à cette profondeur, peut intégrer des particules grossières qui migrent par bonds. Ce phénomène, associé aux fortes vitesses des courants mais aussi aux turbulences de l'écoulement, est épisodique mais a pu se produire assez régulièrement pendant la période de crue. Bien qu'aucune mesure ne soit disponible pour évaluer l'importance de la fraction sableuse transportée par saltation, des observations au terrain suggèrent la présence de ce phénomène (photos 3.3.1 à 3.3.3). Ainsi, dans la mesure où les échantillons récoltés pour déterminer la concentration de la MES n'ont pas été analysés pour la granulométrie, il est difficile de départager la fraction sableuse de la fraction fine (silt-argile) et de normaliser les résultats en conséquence.

Les échantillons de matière en suspension étaient ensuite filtrés au laboratoire de terrain. La concentration moyenne (mg/L) des trois échantillons a été utilisée pour calculer la charge en suspension quotidienne (Q_s t/j). La filtration a été effectuée sur des filtres en fibre de verre de type GFF (dia. = 47 mm) ayant une porosité de 1 μ m. Les filtres ont été pré-brûlés et pré-pesés par le laboratoire d'analyse (Corporation des Services Analytiques Philips). Après la filtration, les filtres ont été séchés à l'étuve durant 12 heures. Les filtres ont ensuite été envoyés au laboratoire pour y être séchés de nouveau et pesés (Lorrain *et al.*, 2005 ; annexe 1).



Photo 3.3.1 Rivière Romaine à l'amont de Romaine 3

Vue oblique rapprochée d'un banc de sable montrant la remise en suspension des sédiments grossiers



Photo 3.3.2 Rivière Romaine entre Romaine 3 et Romaine 4

Vue oblique montrant la remise en suspension de sédiments grossiers formant des nuages distincts sur un tronçon aux rives rocheuses de la rivière Romaine



Photo 3.3.3 Rivière Romaine entre Romaine 3 et Romaine 4
Vue oblique montrant la remise en suspension de sédiments grossiers (bas de la photo) à proximité d'un banc de sable sur le cours supérieur de la rivière

FIGURE 3.3.3 — Représentation schématique des zones de la colonne d'eau échantillonnées avec les instruments utilisés

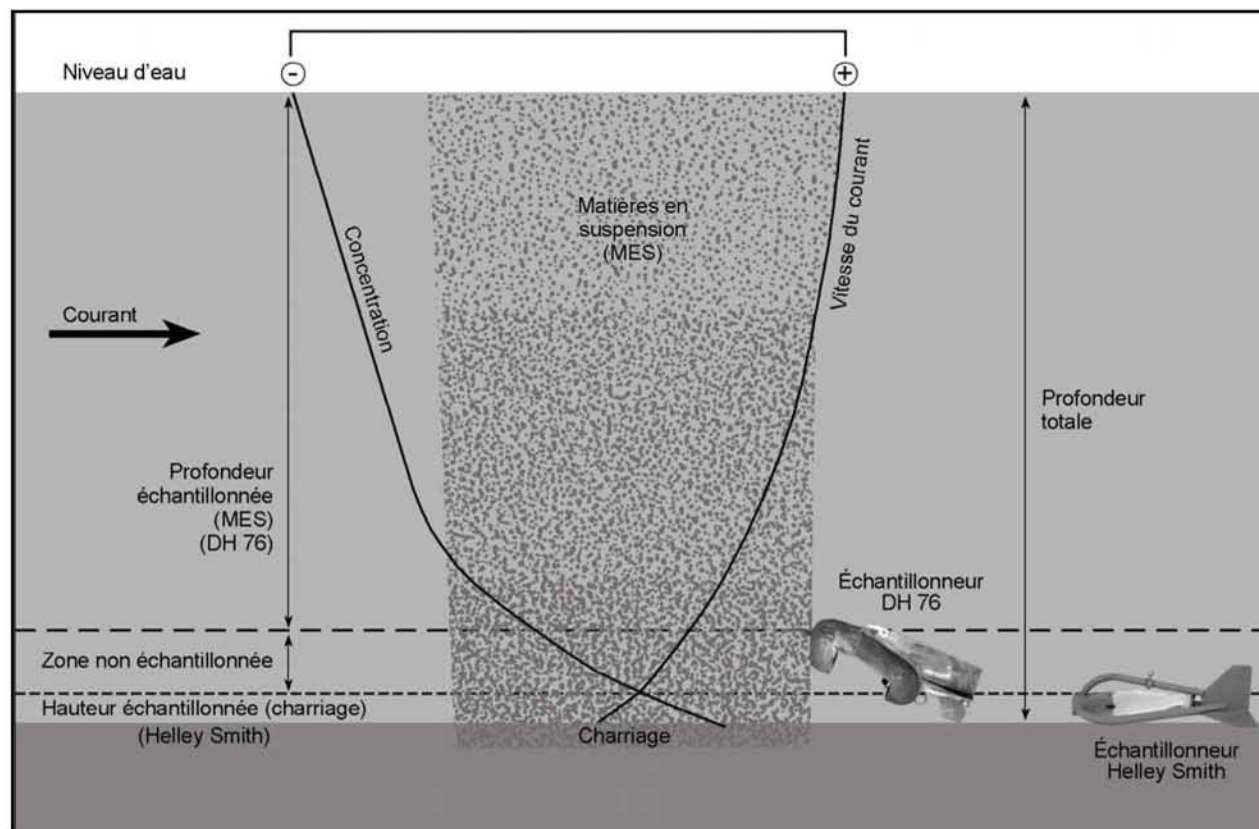
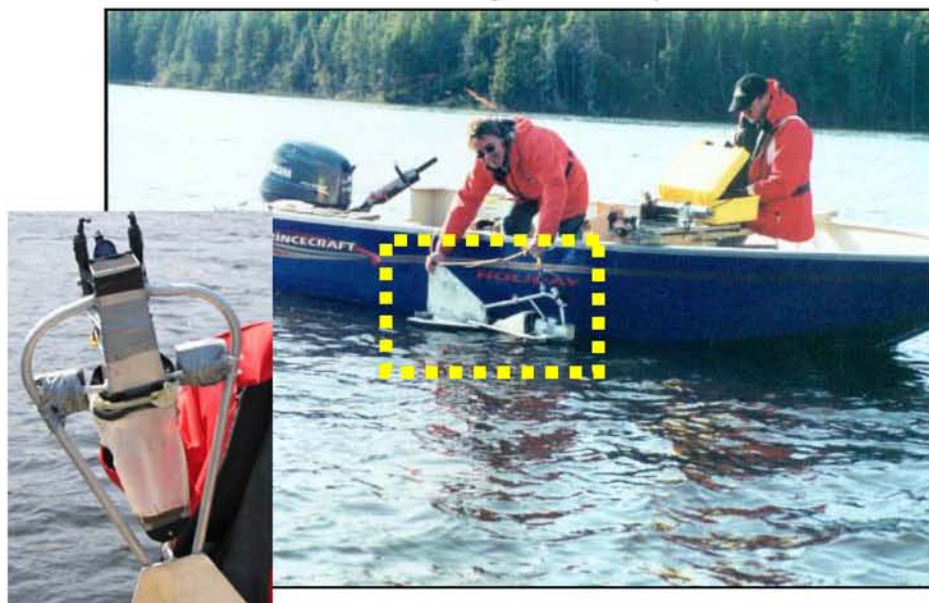


FIGURE 3.3.4 — Échantillonneurs utilisés pour l'échantillonnage de la charge en suspension et de la charge de fond sur la rivière Romaine, printemps 2003 et 2004



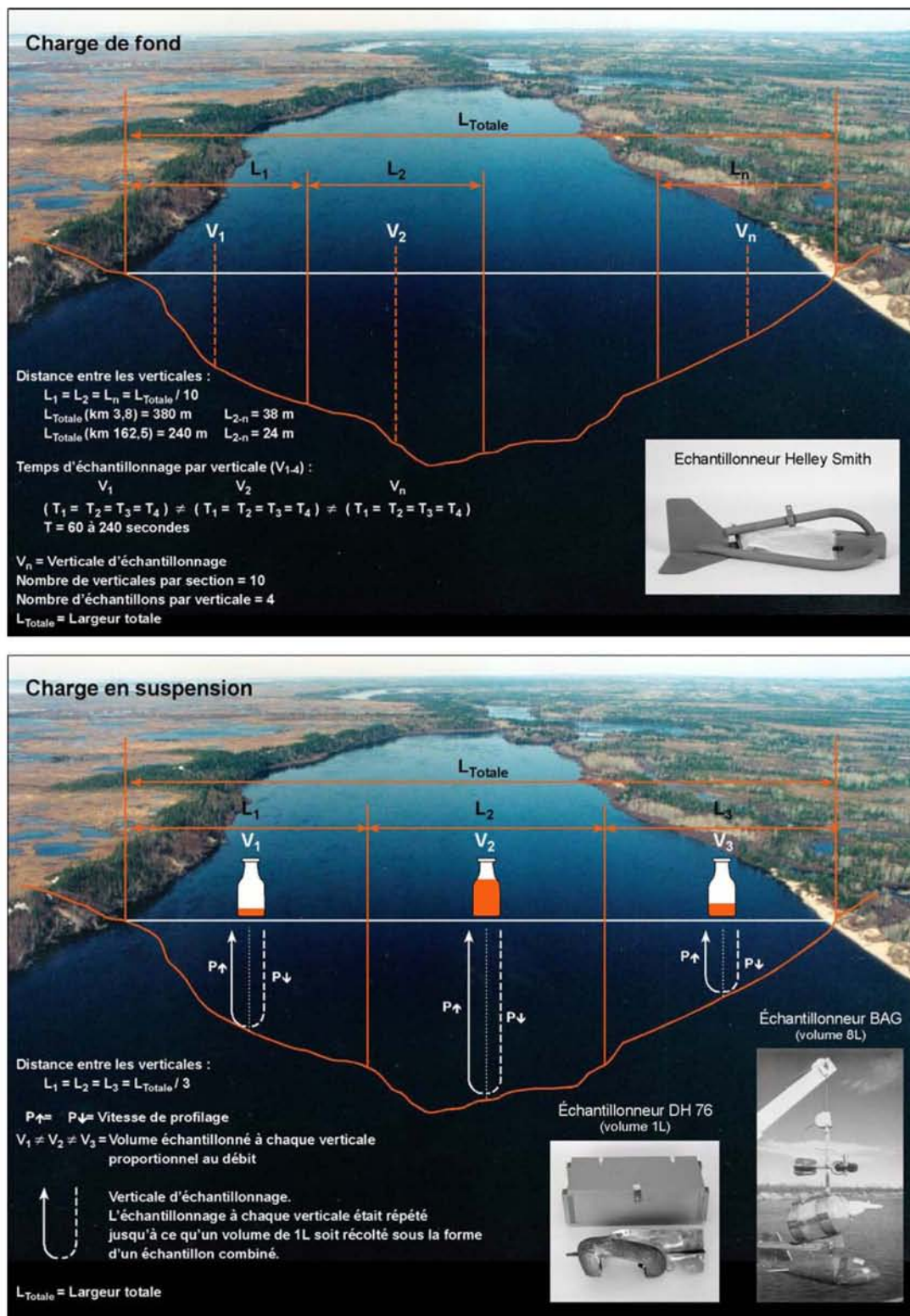
Intégrateurs de la matière en suspension, modèles USDM-59 (capacité 750 ml, poids 10 kg ; à gauche) et USD-77 (capacité 4 L, poids 45 kg ; à droite) pour les profondeurs supérieures à 5 m.

Échantillonneur de la charge de fond Helley-Smith



Note : L'échantillonneur a été équipé d'une caméra vidéo pour vérifier l'alignement dans l'axe du courant et d'un poids mort sur la ligne de levage pour éviter le « pelletage » du fond lors de la remontée.

FIGURE 3.3.5 — Représentation de l'approche d'échantillonnage à verticales multiples de largeur égale pour la charge solide de fond et la charge en suspension



B. Charge de fond

Un échantillonneur « Helley-Smith » (figure 3.3.4) a servi à la collecte des sédiments en charriage. L'instrument a été utilisé selon l'approche d'échantillonnage de verticales multiples à largeur égale (figure 3.3.5). À chaque verticale, ou station, quatre échantillons étaient recueillis après un temps de collecte équivalent pour les quatre échantillons, mais qui pouvait être différent entre les verticales (de 60 à 240 s) en fonction de la quantité de sédiments transportée.

Une fois récoltés, les sous-échantillons étaient séchés et pesés. Les sous-échantillons ont été combinés pour ne générer qu'un échantillon par verticale. Edwards et Glysson (1999) estiment que l'efficacité de la collecte avec l'échantillonneur Helley-Smith varie de 50 à 75 %.

Les résultats obtenus durant la saison 2004 laissent présager un biais dans l'échantillonnage de la charge de fond. Les quantités recueillies s'avéraient très faibles, même en période de fort débit. Un contrôle sur le terrain nous a permis d'identifier deux variables affectant la représentativité des résultats : le temps d'échantillonnage trop long et la localisation de l'échantillonneur sur le fond (Lorrain et al, 2005). Les données ont été corrigées en ce qui a trait au temps d'échantillonnage en raccourcissant arbitrairement la période d'échantillonnage à 60 s comme en 2003. Les deux valeurs sont cependant utilisées et fournissent une fourchette à l'intérieur de laquelle devraient se trouver les vraies valeurs de la charge de fond.

3.3.5 Traitement des données sédimentologiques

Le calcul de la charge solide en suspension et de fond a été effectué comme en 2003 pour établir la charge quotidienne. Le calcul de la charge solide en suspension a été fait en appliquant la série d'équations suivantes :

$$[MES]_{Vi} = \frac{M_{fVi}}{Vol_{Vi}}$$

$$[MES] = \frac{[MES]_{Vi} + .. + [MES]_n}{n}$$

$$Q_s = [MES] \times Q \times K_s$$

$$K_s = \left(86\,400 \frac{s}{j}\right) \times \frac{1 \text{ tonne}}{1 \times 10^9 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ L}}$$

- où :
- $[MES]_{Vi}$ = concentration de la MES, à la verticale V_i , en mg/L ;
 - M_{fVi} = masse filtrée au laboratoire terrain, en milligramme ;
 - Vol_{Vi} = volume d'échantillon filtré au laboratoire terrain, en litre ;
 - $[MES]$ = concentration moyenne pour une section ;
 - Q_s = charge solide en suspension quotidienne ;
 - Q = débit mesuré à la station la plus proche de la section d'échantillonnage, en m^3/s ;
 - K_s = facteur pour convertir la charge solide en suspension en tonnes/j.

Quant à la charge solide de fond, le calcul a été fait en appliquant la série d'équations suivantes :

$$R_{Vi} = \frac{K_c \times M_{Vi}}{t_{Vi}}$$

$$K_c = \left(86\,400 \frac{s}{j}\right) \times \frac{1 \text{ tonne}}{1 \times 10^6 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ m}}{N_w}$$

$$Q_c = \sum_{Vi=1}^n (R_{Vi} \times L_i)$$

- où :
- R_{Vi} = taux de charriage quotidien, mesuré par l'échantillonneur, à la verticale V_i , en tonne par jour par mètre ;
 - M_{Vi} = masse d'échantillon récoltée à la verticale V_i , en gramme ;
 - t_{Vi} = temps d'échantillonnage à chaque verticale V_i , en seconde ;
 - K_c = facteur pour convertir le taux de charriage de gramme/seconde/mètre en tonne/jour/mètre. K est calculé selon l'équation précédente ;
 - N_w = largeur de l'ouverture de l'échantillonneur Helley-Smith en mètre (0,142 m) ;
 - Q_c = charge solide de fond quotidienne en tonne par jour ;
 - L_i = largeur entre chaque verticale (figure 3.3.5).

La charge solide en suspension a été obtenue en multipliant la concentration moyenne par le débit moyen journalier. La charge solide de fond a été obtenue en effectuant la sommation des taux quotidiens.

Afin de combler la couverture incomplète de la période de la crue, les valeurs de concentration de la MES et de charges de fond quotidiennes manquantes ont été interpolées de façon linéaire à partir des valeurs adjacentes. Ensuite, le calcul de la charge de fond a été fait en effectuant la sommation pour la période de la crue (présence de transport). Pour la charge en suspension, nous avons complété pour les périodes avant et après la crue, en estimant la concentration de la MES à 2 mg/L pour la période estivale et automnale aux trois stations et à 1,5 et 1 mg/L pour la période d'hiver aux stations PK 3,8, PK 53,5 et PK 162,5 respectivement, dans la mesure où des données de débit étaient disponibles. Dans le cas contraire, la charge solide a été interpolée de façon linéaire.

3.3.6 Analyses granulométriques et minéralogiques des particules de la charge de fond

Quelques échantillons provenant des stations situées en rive gauche, au centre et en rive droite de la rivière et répartis tout au long de la crue ont été choisis pour en faire l'analyse de la granulométrie et de la composition minéralogique. Les échantillons ont été choisis parmi ceux récoltés en 2003 (PK 53,5) et en 2004 (PK 3,8 et PK 162,5). La granulométrie a été déterminée par gravimétrie selon les tailles suivantes :

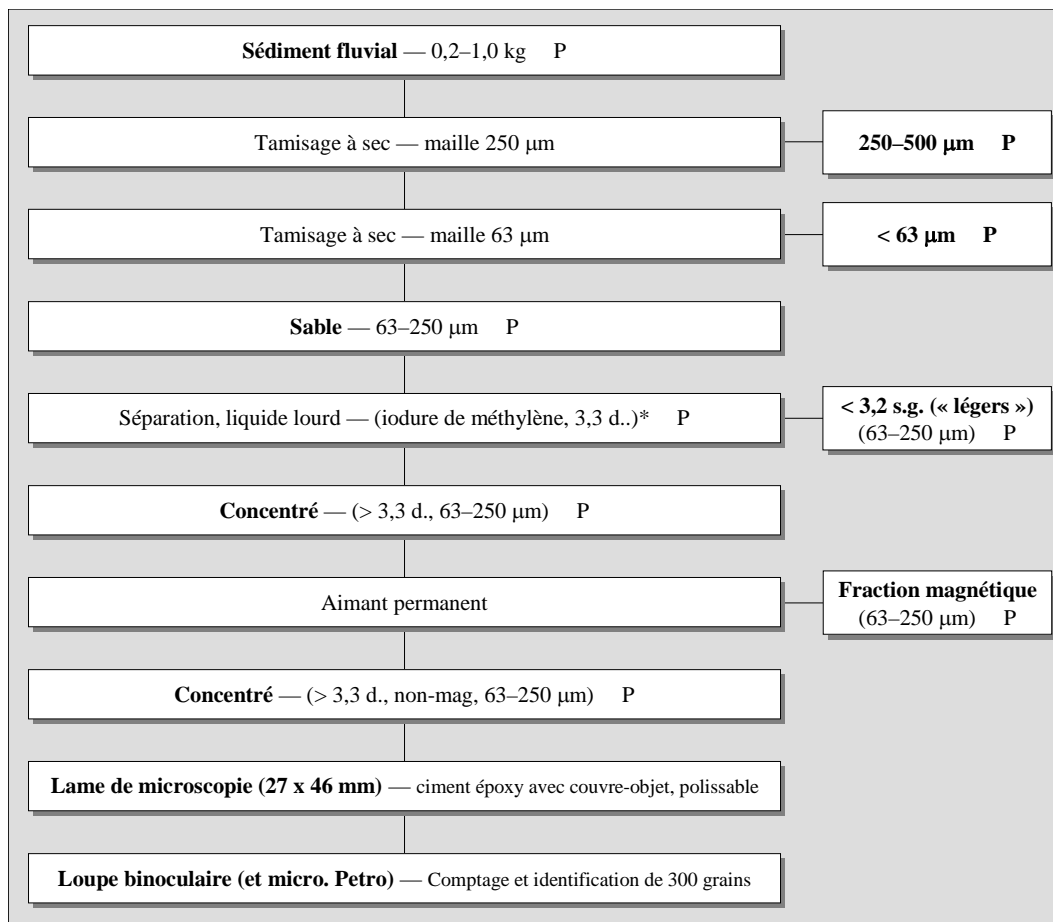
< 12,5 mm	Caillou grossier
< 9,5 mm	Caillou moyen
< 4,75 mm	Caillou fin
< PHI -1 (2 mm)	Caillou très fin
< PHI 0 (1 mm)	Sable très grossier
< PHI +1 (1/2 mm)	Sable grossier
< PHI +2 (1/4 mm)	Sable moyen
< PHI +3 (1/8 mm)	Sable fin
< PHI +4 (1/16 mm)	Sable très fin
< PHI +5 (1/32 mm)	Silt très grossier
< PHI +6 (1/64 mm)	Silt grossier
< PHI +7 (1/128 mm)	Silt moyen
< PHI +8 (1/256 mm)	Silt fin
< PHI +9 (1/512 mm)	Argile

Les résultats d'analyses fournis par les laboratoires de la Corporation des Services Analytiques Philips (Lorrain et al., 2005) ont servi au calcul de la taille moyenne des échantillons en utilisant l'équation suivante :

$$D_{50} = \frac{Q_{16} + Q_{84}}{2}$$

La préparation des échantillons destinés à l'analyse minéralogique implique un tamisage afin de séparer la fraction 63 μm – 250 μm sur laquelle se fera l'identification (voir figure 3.3.6). Le sous-échantillon est ensuite mélangé à une solution d'iodure de méthylène pour séparer les fractions minéralogiques de densité supérieure et inférieure à 3,3 g/cm^3 . Les deux fractions sont conservées et le concentré dense ($> 3,3 \text{ g}/\text{cm}^3$) est ensuite passé sous un aimant permanent pour séparer la fraction magnétique. Les grains non magnétiques sont ensuite montés sur une lame pour faire l'identification des minéraux sur 300 grains. L'identification des minéraux a été faite au laboratoire de Consorminex (Lorrain et al., 2005).

FIGURE 3.3.6 — *Protocole de laboratoire de l'étude minéralogique effectuée sur les minéraux lourds de la charge de fond. La lettre P indique qu'une pesée a été faite à cette étape.*



3.4 Méthodologie d'étude des conditions hydrauliques en régime permanent

3.4.1 Généralités

Afin d'évaluer l'importance des charges solides mesurées, les charges théoriques potentiellement transportées par la rivière ont été calculées à partir des caractéristiques hydrauliques de sections situées à proximité des sections de mesures. Les caractéristiques hydrauliques sont déduites d'un modèle hydraulique unidimensionnel.

Ce modèle a permis de caractériser le régime hydraulique de la presque totalité du parcours de la Rivière Romaine depuis le site de Romaine-4 (PK 192) jusqu'à l'embouchure de la rivière, de même que de la frontière du Québec avec le Labrador jusqu'au PK 263.

3.4.2 Méthode de calcul

La modélisation hydraulique a été réalisée par calcul de courbe de remous à l'aide du logiciel HEC-RAS. Ce logiciel utilise le module de calcul HEC-2 mis au point par le Hydrologic Engineering Center du U.S. Corps of Engineers, auquel des interfaces facilitant la visualisation des données et résultats ont été ajoutées. Ce logiciel permet de calculer les caractéristiques de l'écoulement, considéré comme unidimensionnel.

Les principales hypothèses associées au calcul de courbes de remous sont les suivantes :

- A. l'écoulement est supposé unidimensionnel, c'est-à-dire que la vitesse et le niveau d'eau sont constants sur une section transversale, perpendiculaire au sens de l'écoulement ;
- B. les effets de la friction et de la turbulence due à la friction peuvent être représentés par la formulation de Manning ;
- C. l'écoulement est supposé permanent, à tout endroit déterminé, le débit et le niveau ne varient pas dans le temps.

Les données de base utilisées pour l'étalonnage du modèle numérique sont les suivantes :

- sections transversales mesurées ;
- débits jaugés ;
- niveaux d'eau mesurés (ligne d'eau) ;
- photographies aériennes.

L'étalonnage du modèle se fait en ajustant le coefficient de Manning « n », de manière à ce que les niveaux calculés le long de la rivière reproduisent les niveaux mesurés. La valeur du coefficient de Manning dépend de la taille des matériaux formant le lit de la rivière, de même de la présence de rides et d'obstacles. Dans des rivières où la profondeur d'eau est grande et le fond très lisse, on utilise souvent des valeurs variant de 0,020 à 0,025. Lorsque l'écoulement est plus turbulent et les matériaux du fond plus grossiers, les valeurs typiques comprises de 0,030 à 0,035 sont généralement utilisées. Dans ce modèle, les valeurs suivantes ont été utilisées :

- tronçons lents en aval de la centrale de la Romaine-1, dans les secteurs plus lents:
n = 0,017 à 0,025
- lit de la rivière, dans les zones à écoulement plus rapide :
n = 0,030 à 0,040
- lit de la rivière dans les zones très rapides, avec un substrat très grossier :
n = 0,050 à 0,080

Lorsqu'il n'était pas possible de reproduire les niveaux mesurés avec des valeurs de coefficient « n » de Manning réalistes, des sections fictives ont été introduites dans la définition du domaine géométrique. Il s'agit généralement de portions de la rivière où l'écoulement passe en régime torrentiel sur une courte distance et où la géométrie de la section située à la limite amont du tronçon en régime torrentiel (section critique) dicte le niveau en amont de celle-ci ou lorsqu'il existe une contraction locale qui induit une pente plus élevée dans la rivière. Ces endroits sont repérés et leur largeur déduite à l'aide des photographies aériennes. Comme les vitesses sont élevées et les profondeurs faibles à ces endroits, il est rarement possible d'en relever la bathymétrie. On tente alors de déterminer la section qui permet de reproduire les niveaux d'eau mesurés. Les résultats de profondeurs, de vitesses et de baisse de niveaux calculés sur les sections fictives sont moins fiables qu'aux sections où la bathymétrie a été mesurée.

Le modèle a été scindé en cinq tronçons: en aval de la centrale de la Romaine-1 et en amont de chacun des quatre réservoirs projetés.

3.4.3 Données de base

A. Bathymétrie

La géométrie de la rivière est décrite par des sections transversales, perpendiculaires au sens du courant. La pente de la rive a également été relevée, afin de pouvoir décrire plus adéquatement le domaine lorsque le débit dépasse celui prévalant au moment des mesures. Certaines sections d'écoulement proviennent de sections bathymétriques interpolées dans le modèle de terrain entre les PK 48,2 et 51,5 (semis de points). Le tableau 3.4.1 indique le nombre de sections, incluant les sections fictives ajoutées pour fins d'étalonnage, définies dans chaque tronçon du modèle.

Tableau 3.4.1 Sections bathymétriques

	Nombre de sections transversales mesurées	Nombre de sections interpolées	Nombre de sections fictives
Aval Romaine-1	68	40	17
Tronçon Romaine-1 à Romaine-2	63	-	10
Tronçon Romaine-2 à Romaine-3	45	-	5
Tronçon Romaine-3 à Romaine-4	21	-	4
Amont de Romaine-4	52	-	4

B. Stations de mesures de débit

Huit stations limnimétriques ont été installées sur la rivière la Romaine. La position de ces stations et le nombre de jaugeages pour bâtir la relation niveau-débit sont donnés au tableau 3.4.2. Le centre d'expertise hydrique exploite depuis 1957 une station au km 16 de la rivière. Les débits aux autres endroits sur la rivière ont été transposés en fonction des rapports entre les bassins versants et les données de débits provenant de la station du CEHQ ou d'une station exploitée par HQ.

Tableau 3.4.2 Stations de mesures des débits sur la Romaine

Station	Position (PK)	Nombre de jaugeages
ROMA0665	5,2	17
ROMA0692	16,1	11
ROMA0714	52,8	14
ROMA0715	82,5	27
ROMA0823	90,8	13
ROMA0666	131,5	20
ROMA0827	160,2	14
ROMA0832	197,3	14

Plusieurs limnimètres ont été installés ailleurs sur le parcours de la rivière, sans faire l'objet de jaugeages. Compte tenu de leur proximité avec les stations jaugées, les débits mesurés aux stations jaugées ont été transposés à ces limnimètres afin de produire une relation niveau-débit. Ces relations peuvent par la suite être utilisées pour valider les résultats du modèle numérique à ces points particuliers.

C. Lignes d'eau

Des lignes d'eau relevées à différents débits sur l'ensemble du tronçon de la Romaine modélisé ont permis d'étalonner ou de valider le modèle d'écoulement. Ces niveaux ont été mesurés pour des conditions de débits moyens ou faibles et pour des conditions en crue. Les paramètres de frottement sont ajustés de façon à ce que le modèle reproduise les niveaux mesurés. Certains paramètres de frottement ont été ajustés différemment pour les débits de crue que pour les débits plus faibles. Le débit associé à la ligne d'eau est ajusté en fonction de la superficie du bassin versant.

Le tableau 3.4.3 identifie les relevés de lignes d'eau qui ont été utilisées pour l'étalonnage ou la validation du modèle.

Tableau 3.4.3 Lignes d'eau relevées pour l'étalonnage ou la validation du modèle

Date	Débit à la limite amont	Tronçon relevé (PK)
12 juin 2001	379 m ³ /s au site de Romaine-1	0,6 à 21,85
11 juin 2001	400 m ³ /s au site de Romaine-1	21,85 à 51,52
28 mai 2003	1317 m ³ /s au site de Romaine-1	1,88 à 47,92
1 ^{er} septembre 2003	139 m ³ /s au site de Romaine-1	33,7 à 34,75
30 août 2003	131 m ³ /s au site de Romaine-1	44,8 à 47,05
28 août 2003	118 m ³ /s au site de Romaine-1	48,2 à 49,5
11 août 2003	198 m ³ /s au site de Romaine-1	0,6 à 35,3
12 août 2003	189 m ³ /s au site de Romaine-1	34,85 à 51,4
10 juillet 2003	332 m ³ /s au site de Romaine-1	34,85 à 51,4
31 mai 2003	1 102 m ³ /s au site de Romaine-1	1,88 à 34,5
30 mai 2003	1 179 m ³ /s au site de Romaine-1	9,8 à 51,4
1 ^{er} juin 2003	1 018 m ³ /s au site de Romaine-1	41,28 à 47,92
24 mai 2003	1 722 m ³ /s au site de Romaine-1	1,88 à 35,3
25 mai 2003	1 566 m ³ /s au site de Romaine-1	34,85 à 51,4
22 mai 2003	1 913 m ³ /s au site de Romaine-1	1,88 à 30,47
23 mai 2003	1 885 m ³ /s au site de Romaine-1	34,85 à 51,40
21 mai 2003	1 818 m ³ /s au site de Romaine-1	9,80 à 35,30
10 juin 2001	396 m ³ /s au site de Romaine-2	54,92 à 136,91
1 ^{er} juin 2003	956 m ³ /s au site de Romaine-2	56,78 à 87,72
12 août 2003	178 m ³ /s au site de Romaine-2	53,95 à 88,81
9 juillet 2003	275 m ³ /s au site de Romaine-2	81,80 à 88,81
11 juin 2003	615 m ³ /s au site de Romaine-2	81,20 à 86,56
24 août 2003	124 m ³ /s au site de Romaine-2	86,39 à 86,90
21 juin 2003	354 m ³ /s au site de Romaine-2	82,52 à 88,63
8 juin 2003	765 m ³ /s au site de Romaine-2	55,53 à 87,72
29 mai 2003	1 172 m ³ /s au site de Romaine-2	86,25 à 87,18
28 mai 2003	1 238 m ³ /s au site de Romaine-2	61,48 à 88,81
25 mai 2003	1 472 m ³ /s au site de Romaine-2	57,90 à 88,81
21 mai 2003	1 710 m ³ /s au site de Romaine-2	61,70 à 83,34
12 août 2003	148 m ³ /s au site de Romaine-3	90,80 à 105,32
13 août 2003	144 m ³ /s au site de Romaine-3	102,81 à 149,09
1 ^{er} juin 2003	696 m ³ /s au site de Romaine-3	90,80 à 99,72
31 mai 2003	748 m ³ /s au site de Romaine-3	105,12 à 156,9
30 mai 2003	748 m ³ /s au site de Romaine-3	157,36 à 159,25

Tableau 3.4.3 Lignes d'eau relevées pour l'étalonnage ou la validation du modèle (suite)

Date	Débit à la limite amont	Tronçon relevé (PK)
9 juillet 2003	230 m ³ /s au site de Romaine-3	90,65 à 92,01
7 juillet 2003	200 m ³ /s au site de Romaine-3	153,40 à 158,25
10 juin 2001	317 m ³ /s au site de Romaine-3	90,65 à 95,01
21 juin 2001	288 m ³ /s au site de Romaine-3	154,65 à 158,64
7 juin 2003	620 m ³ /s au site de Romaine-3	91,70 à 151,90
8 juin 2003	571 m ³ /s au site de Romaine-3	92,01 à 147,14
11 juin 2003	470 m ³ /s au site de Romaine-3	94,84 à 106,78
5 juin 2003	729 m ³ /s au site de Romaine-3	158,00 à 159,25
6 juin 2003	670 m ³ /s au site de Romaine-3	152,23 à 157,56
25 mai 2003	1 021 m ³ /s au site de Romaine-3	90,80 à 148,70
27 mai 2003	917 m ³ /s au site de Romaine-3	148,70 à 159,25
28 mai 2003	876 m ³ /s au site de Romaine-3	90,80 à 150,59
20 mai 2003	1 086 m ³ /s au site de Romaine-3	140,87 à 156,90
21 mai 2003	1 167 m ³ /s au site de Romaine-3	90,80 à 134,30 et 157,36 à 158
24 mai 2003	1 112 m ³ /s au site de Romaine-3	149,60 à 158,00
14 août 2003	116 m ³ /s à Romaine-4	160,18 à 190,46
27 mai 2003	837 m ³ /s à Romaine-4	160,18 à 170,27
26 mai 2003	872 m ³ /s à Romaine-4	176,95 à 191,65
25 août 2003	85 m ³ /s à Romaine-4	190,85 à 191,15
7 juillet 2003	168 m ³ /s à Romaine-4	190,46 à 191,65
21 juin 2003	248 m ³ /s à Romaine-4	190,85 à 191,79
5 juin 2003	679 m ³ /s à Romaine-4	170,27 à 182,84
4 juin 2003	708 m ³ /s à Romaine-4	184,29 à 191,65
30 mai 2003	736 m ³ /s à Romaine-4	160,07 à 186,15
18 mai 2003	741 m ³ /s à Romaine-4	190,73 à 191,65
29 mai 2003	770 m ³ /s à Romaine-4	188,67 à 191,65
19 mai 2003	887 m ³ /s à Romaine-4	184,26 à 190,46
20 mai 2003	959 m ³ /s à Romaine-4	176,95 à 182,17
24 mai 2003	976 m ³ /s à Romaine-4	160,07 à 170,27
21 mai 2003	1 010 m ³ /s à Romaine-4	160,18 à 170,27
23 mai 2003	1 033 m ³ /s à Romaine-4	176,95 à 191,65
17 juillet 2004	148 m ³ /s au pk 263	263 à 308

3.4.4 Cas simulés

Les simulations hydrauliques ont été réalisées pour les conditions correspondant au débit moyen annuel et le débit de la crue moyenne. De plus, afin de comparer les capacités de transport aux charges mesurées aux stations d'échantillonnage de sédiments aux PK 3,8, 53,5 et 162,5, les simulations ont été réalisées pour des débits variant de 600 à 1800 m³/s, à intervalles de 200 m³/s, pour les PK 3,8 et 53,5 et pour des débits variant de 600 à 1000 m³/s au PK 62,5 .

3.4.5 Paramètres du modèle hydraulique retenus

Les résultats du modèle hydraulique qui ont été retenus pour l'analyse du régime hydro-sédimentologique actuel sont les suivants:

- Niveau d'eau à toutes les sections (m)
- Vitesse moyenne de l'écoulement (m/s)
- Profondeur (m)
- Contrainte tangentielle τ (N/m²)

La contrainte tangentielle τ est donnée par la relation suivante:

$$\tau = \gamma R_h S$$

où R_h est le rayon hydraulique et S la pente de l'écoulement et γ le poids volumique de l'eau.

3.4.6 Calcul de la capacité de transport

Le calcul de la charge totale de fond a été fait en utilisant les équations suivantes:

$$q_{bc} = 0,053[(s-1)g]^{0,5} d_{50}^{1,5} D_*^{-0,3} T^{2,1} \quad (\text{Van Rijn [1989], équation 8.2.19})$$

- où q_{bc} est la charge de fond par m de largeur de rivière (m²/s)
- D_* est le diamètre sédimentologique
- T est le paramètre de contrainte de cisaillement
- d_{50} est le diamètre médian des particules constituant le lit de la rivière

Le diamètre sédimentologique se calcule comme suit:

$$D_* = d_{50} \left(\frac{(s-1)g}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad (\text{Van Rijn [1989], équation 3.1})$$

- où ν est la viscosité cinématique. Sa valeur est de $1,519 \times 10^{-6}$, si la température de l'eau est de 5°C
- s est la densité spécifique des sédiments, soit 2,65

Le paramètre de contrainte de cisaillement T se calcule comme suit:

$$T = \frac{(\mu_*')^2 - (\mu_{*cr})^2}{(\mu_{*cr})^2} \quad (\text{Van Rijn [1984], équation 2})$$

- où μ_*' est la vitesse de cisaillement effective
- μ_{*cr} est la vitesse de cisaillement critique. Celle-ci se calcule comme suit:

$$\mu_{*cr} = (\theta_{crs} (s-1)gd_{50})^{0,5} \quad (\text{Van Rijn [1989], équation 3.2})$$

où θ_{crs} est le paramètre critique de Shields. Ce dernier se calcule comme suit:

Pour $1 < D_* \leq 4$	$\theta_{cr} = 0.24D_*^{-1}$
Pour $4 < D_* \leq 10$	$\theta_{cr} = 0.14D_*^{-0,64}$
Pour $10 < D_* \leq 20$	$\theta_{cr} = 0.04D_*^{-0,1}$
Pour $20 < D_* < 150$	$\theta_{cr} = 0.013D_*^{0,29}$
Pour $150 < D_*$	$\theta_{cr} = 0,055$

(Van Rijn [1989], équation 5.1.2)

4 ÉROSION ET APPORTS SÉDIMENTAIRES POTENTIELS

4.1 Érosion et apports de la rivière Romaine

4.1.1 Localisation et nature des secteurs actifs

Les talus instables le long de la rivière Romaine totalisent près de 74 km de longueur, ce qui représente 10 % de l'ensemble des rives comprises entre le PK 290 et l'embouchure du cours d'eau. Les talus instables sont cartographiés sur la carte 2.3.1 de l'annexe B.

Dans le tronçon de la plaine côtière (principalement dans les zones 2 et 3), la majeure partie des secteurs instables sont localisés à l'aval de la Grande Chute. L'érosion s'y manifeste par des éboulements et de petits glissements qui affectent les talus limitant les hautes terrasses composées d'argile marine. Le rebord des talus est régulièrement entrecoupé de ravins et de cicatrices de glissement. Six glissements identifiés dans les zones 2 et 3 se sont produits au cours des deux dernières décennies. Ils sont situés aux environs des PK 11,5 (2), 14, 18 et 23,5 (2). La majeure partie des talus instables font de 12 à 20 m de hauteur et sont composés d'argile surmontée d'une couche de sable d'épaisseur variable (1 à 6 m). Les deux tiers des rives instables de ce tronçon de la rivière Romaine subissent une érosion de faible intensité. Pour le reste des rives actives, l'érosion est d'intensité moyenne.

Plus en amont, les talus instables se concentrent surtout dans le secteur des embouchures des rivières Bernard et de l'Abbé-Huard (zones 13 et 14) et plus au nord, entre les PK 217 et 284 (zones 24 et 26). Les talus actifs sont généralement plus bas que dans la plaine côtière, s'élevant en moyenne de 5 à 10 m au-dessus du cours d'eau. Ils sont généralement composés d'un mélange de sable et de gravier dans tout le secteur du piedmont et des hauts plateaux (zones 7 à 23), et sont surtout sableux plus en amont (zones 24 à 27). Dans le piedmont (zone 11), des argiles occupent localement la base des talus. L'érosion se manifeste par le sapement au niveau de la berge et par des éboulements qui affectent régulièrement toute la hauteur des talus. Les talus instables en érosion forte, représentant environ 10 % des rives instables, sont dispersés le long des zones 12, 13, 14

et 26. Les rives où l'érosion est considérée de moyenne et de faible intensité représentent respectivement 35 % et 55 % de l'ensemble des rives actives de ce secteur.

4.1.2 Volumes fournis par l'érosion

A. Volumes totaux (43 260 m³/a)

Les volumes de sédiments fournis par l'érosion des rives de la rivière Romaine (PK 0 à 290) apparaissent au tableau 4.1.1. Les données concernant les volumes de sédiments et les proportions des fractions sableuse et silto-argileuse sont illustrées sur la carte 4.1.1.

L'ensemble des rives instables identifiées le long de la rivière Romaine fournirait annuellement quelque 43 260 m³ de sédiments. De cette quantité, seules les fractions sableuse et silto-argileuse, qui totalisent respectivement 26 270 et 12 040 m³/an, sont susceptibles d'être intégrées à la charge sédimentaire de la rivière Romaine. Les quelque 5 000 m³ restants représentent la fraction grossière (gravier, cailloux, galets et blocs) qui, ne pouvant être prise en charge par les courants, s'accumule sur la berge et sur le lit à faible distance des talus actifs.

Les apports totaux de sable, silt et argile proviennent essentiellement de quatre segments de rivière. Tout près du tiers de ces apports (environ 12 000 m³) est produit par l'érosion des talus limitant les hautes terrasses de la plaine côtière (zones 2 et 3 ; PK 5 à 30). Les cinq glissements survenus au cours des derniers vingt ans auraient fourni au total un peu plus de 100 000 m³ de matériaux, ce qui représente un volume de 5 000 à 6 000 m³ par année. Les talus actifs situés en amont des aménagements projetés de Romaine-4 (zones 24, 25 et 26; PK 215 à 284) fourniraient environ le quart des apports totaux, soit environ 9 200 m³. Les nombreuses rives en érosion identifiées le long du segment de rivière compris entre les PK 117 et 140 (zones 13 et 14), ainsi que les très hauts talus instables à la bordure nord du bassin des Murailles (zone 12; PK 83) contribueraient ensemble pour le tiers des apports, soit 4 240 m³ provenant de la zone 12 et 8 270 m³ des zones 13 et 14.

B. Volume de sable (26 270m³/a)

Le volume de sable fourni annuellement par l'érosion des rives de la rivière Romaine totalise 26 270 m³. La majeure partie de ces sédiments (21 290 m³) proviendrait des rives actives situées à l'amont du bassin des Murailles. Les plus grands volumes originent des zones 12, 14, 25 et 26. Les talus actifs de la plaine côtière et du piedmont n'en fournissent qu'environ 5 000 m³.

C. Volume de silt et argile (12 040m³/a)

Un volume total annuel de 12 040 m³ de silt et argile serait livré à la rivière Romaine par l'érosion de ses rives. La plus grande partie (8 760 m³) proviendrait des éboulements et glissements qui affectent les hauts talus de la plaine côtière (zones 2 et 3). Dans la zone 11, l'érosion des talus bordant les hautes terrasses de SG/CM en fournirait également une part importante (près de 1 500 m³). Le reste des sédiments fins (environ 1 800 m³) proviendrait de la fraction fine contenue dans les dépôts de till ou de sable qui subissent de l'érosion.

4.2 Érosion et apports des principaux tributaires du bassin versant de la Romaine

4.2.1 Localisation et nature des secteurs actifs

L'érosion en bordure des tributaires est dans l'ensemble peu étendue et d'intensité assez faible, si bien que ceux-ci ne livreraient que de modestes volumes d'alluvions à la rivière Romaine. Au total, à peine plus de 30 km de rives actives ont été identifiées le long des cours d'eau sillonnant les quatorze sous-bassins étudiés, ce qui représente environ 3 % de l'ensemble des rives examinées.

Les rivières aux Sauterelles et de l'Abbé-Huard sont les plus touchées, avec respectivement 9 et 8 km de leurs rives en érosion. Dans le bassin versant de la rivière aux Sauterelles, l'érosion se concentre dans le tronçon aval du cours d'eau principal ainsi que dans le cours inférieur de la Petite rivière aux Sauterelles, son affluent. Les talus actifs y sont composés de sable et font en moyenne 10 m de haut. L'érosion se manifeste par des éboulements qui laissent souvent de longs segments de talus entièrement dénudés. Les deux tiers des rives instables sont affectées par une érosion de moyenne ou de forte intensité. Dans le bassin de la rivière de l'Abbé-Huard, l'érosion se concentre surtout au droit des rives concaves du tronçon aval du cours d'eau. Les talus actifs sont faits de sable et gravier et, sauf exception, s'élèvent d'environ 3 à 5 m au-dessus du lit du cours d'eau. Environ 40 % des talus actifs subissent une érosion de moyenne et de forte intensité. Des deltas bien développés à l'embouchure de ces deux cours d'eau indiquent qu'une bonne part des matériaux érodés est transportée jusqu'à la Romaine.

COMPLEXE DE LA ROMAINE - ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

TABLEAU 4.1.1. Estimation des volumes de sédiments fournis par l'érosion de la rivière Romaine

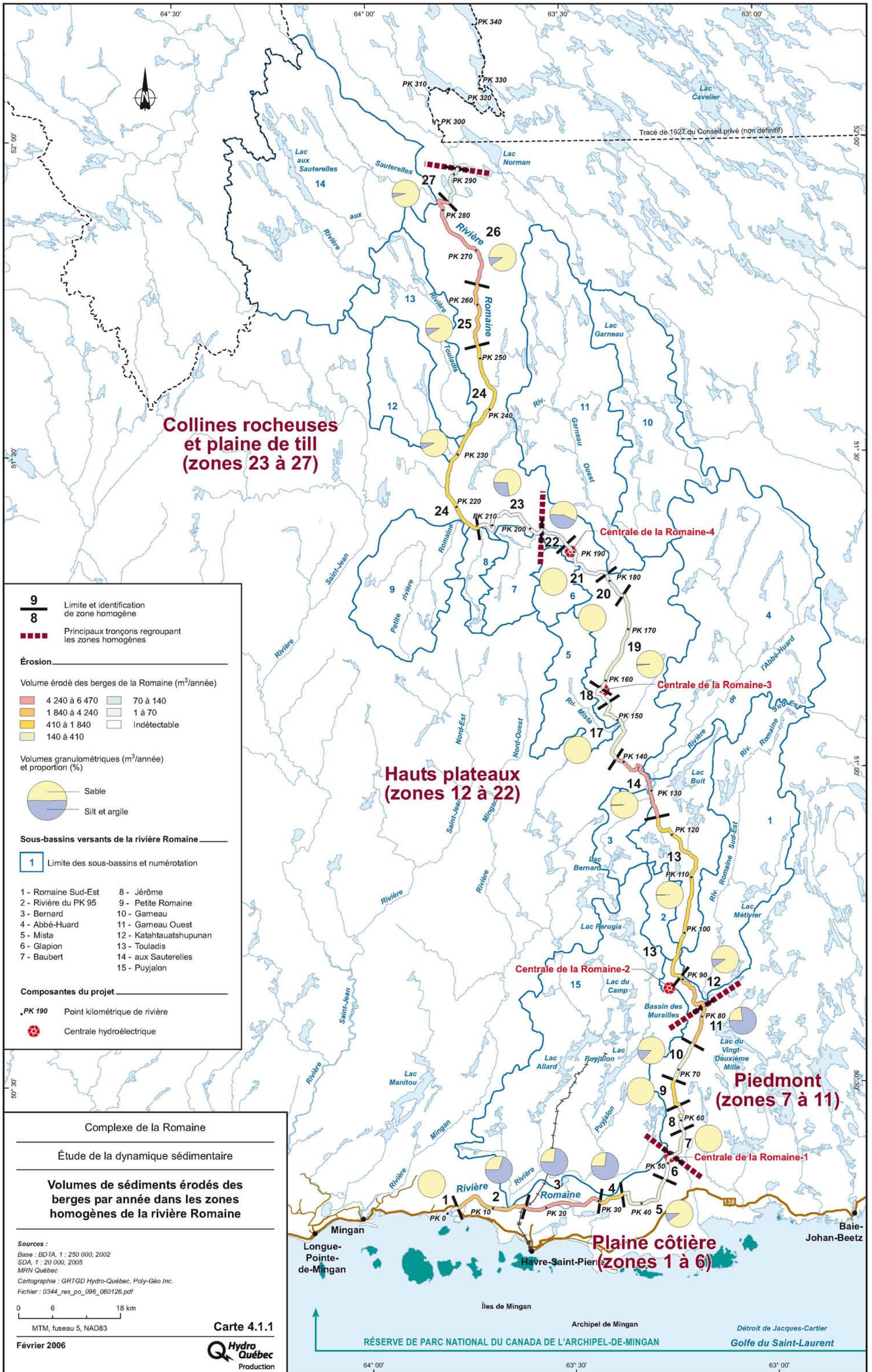
Matériaux fournis par sapement et éboulement		Volume fourni par glissement	Matériaux encaissants dominants	Volume total de sédiments fournis par l'érosion ¹				Volume total considéré dans l'étude du bilan sédimentaire (exclut les éléments grossiers) ¹		
longueur en érosion	volume moyen ¹			silt et argile	sable	grossier	volume total	Volume total de sable, silt et argile	% par rapport à l'ensemble des volumes fournis par érosion	
(m)	(m ³ /an)	(m ³ /an)		(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	%	
zone homogène										
1	100	< 10	0	S		< 10	0	< 10	< 10	< 1%
2	9 500	2 570	2 500	S/CM	3 660	1 410	0	5 070	5 070	13%
3	8 600	4 400	2 500	S/CM	5 100	1 800	< 10	6 910	6 900	18%
4	1 500	500		Sm/CM	360	140	0	500	500	1%
5	2 800	410		S	40	370	0	410	410	1%
6	0	0			0	0	0	0	0	0%
TOTAL PLAINE CÔTIÈRE										
	22 500	7 890	5 000		9 160	3 720	< 10	12 890	12 880	33%
7	1 800	190		S-SG	0	140	50	190	140	< 1%
8	100	< 10		S-SG	0	< 10	< 10	< 10	< 10	< 1%
9	2 600	600		S-SG	0	450	150	600	450	1%
10	1 200	320		S-SG	30	220	70	320	250	1%
11	3 400	2 050		S-SG/CM	1 480	450	120	2 050	1 930	5%
TOTAL PIEDMONT										
	9 100	3 160	0		1 510	1 260	390	3 160	2 770	7%

COMPLEXE DE LA ROMAINE - ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

TABLEAU 4.1.1. Estimation des volumes de sédiments fournis par l'érosion de la rivière Romaine

Matériaux fournis par sapement et éboulement		Volume fourni par glissement (m ³ /an)	Matériaux encaissants dominants	Volume total de sédiments fourni par l'érosion ¹				Volume total considéré dans l'étude du bilan sédimentaire (exclut les éléments grossiers) ¹	
longueur en érosion (m)	volume moyen ¹ (m ³ /an)			silt et argile (m ³)	sable (m ³)	grossier (m ³)	volume total (m ³)	Volume total de sable, silt et argile (m ³)	% par rapport à l'ensemble des volumes fournis par érosion (%)
zone homogène									
12	1 500	4 400	S	410	3 830	160	4 400	4 240	11%
13	4 100	2 400	S-SG	< 10	1 800	600	2 400	1 800	5%
14	11 800	8 640	S-SG	80	6 390	2 170	8 640	6 470	17%
17	1 600	730	SG	0	370	360	730	370	1%
18	0	0		0	0	0	0	0	0%
19	2 600	300	SG	< 10	170	130	300	170	< 1%
20	800	260	SG	0	130	130	260	130	< 1%
21	600	50	SG	0	30	20	50	30	< 1%
22	400	130	T	40	50	40	130	90	< 1%
TOTAL HAUTS PLATEAUX									
	23 400	16 910	0	530	12 770	3 610	16 910	13 300	35%
23	1 500	100	SG et T	20	50	30	100	70	< 1%
24	7 700	2 240	S	130	1 700	410	2 240	1 830	5%
25	2 400	2 880	S et SG	230	2 380	270	2 880	2 610	7%
26	6 300	4 910	S	460	4 280	170	4 910	4 740	12%
27	700	170	S	< 10	110	60	170	110	< 1%
TOTAL COLLINES ROCHEUSES ET PLAINE DE TILL									
	18 600	10 300	0	840	8 520	940	10 300	9 360	25%
GRAND TOTAL POUR LA RIVIÈRE ROMAINE									
	73 600	38 260	5 000	12 040	26 270	4 940	43 260	38 310	100%

1 : les volumes ont été arrondis aux 10 mètres cubes près.



**Collines rocheuses
et plaine de till
(zones 23 à 27)**

**Hauts plateaux
(zones 12 à 22)**

**Piedmont
(zones 7 à 11)**

**Plaine côtière
(zones 1 à 6)**

9
8 Limite et identification de zone homogène

Principaux tronçons regroupant les zones homogènes

Érosion

Volume érodé des berges de la Romaine (m³/année)

4 240 à 6 470	70 à 140
1 840 à 4 240	1 à 70
410 à 1 840	Indélectable
140 à 410	

Volumes granulométriques (m³/année) et proportion (%)

Sable
Silt et argile

Sous-bassins versants de la rivière Romaine

1 Limite des sous-bassins et numérotation

1 - Romaine Sud-Est	8 - Jérôme
2 - Rivière du PK 95	9 - Petite Romaine
3 - Bernard	10 - Gameau
4 - Abbé-Huard	11 - Gameau Ouest
5 - Mista	12 - Katahtauatshupunan
6 - Glapion	13 - Touladis
7 - Baubert	14 - aux Sauterelles
	15 - Puyjalon

Composantes du projet

PK 190 Point kilométrique de rivière

Centrale hydroélectrique

Complexe de la Romaine

Étude de la dynamique sédimentaire

Volumes de sédiments érodés des berges par année dans les zones homogènes de la rivière Romaine

Sources :
Base : BDTA, 1 : 250 000, 2002
SDA, 1 : 20 000, 2005
MRN Québec
Cartographie : GRTGD Hydro-Québec, Poly-Géo Inc.
Fichier : 0344_res_po_096_060126.pdf

0 6 18 km
MTM, fuseau 5, NAD83

Février 2006

Carte 4.1.1
Hydro Québec
Production

Les rivières Touladis, Petite Romaine, Bernard, et Puyjalon, ainsi que celle du PK 95 sont moins affectées par l'érosion avec chacune environ 2 à 3 km de rives instables. Dans les sous-bassins versants des rivières Touladis et Bernard, l'érosion se concentre principalement à l'intérieur des six derniers kilomètres du cours aval des cours d'eau. En ce qui concerne les sous-bassins des rivières Petite Romaine et Puyjalon, l'érosion est plus dispersée et touche des segments de rivière localisés à 10 ou 15 km de leur embouchure. Mis à part les rives instables de la Puyjalon qui sont faites surtout de sédiments argileux, les talus actifs de ces bassins sont composés de sable ou de sable et gravier. Ils dépassent rarement 3 à 5 m de hauteur et subissent une érosion de faible intensité.

Les autres sous-bassins (Katahtauatshupunan, Jérôme, Baubert, Garneau, Glapion, Mista et Romaine Sud-Est) sont peu ou pas touchés par l'érosion. Aucune érosion significative n'a été identifiée le long des cours d'eau formant les bassins de la Garneau, de la Glapion et du ruisseau Mista. Les rives instables ne totalisent pas plus de 700 m de longueur dans chacun des autres sous-bassins.

4.2.2 Volumes fournis par l'érosion

A. Volumes totaux (10 280 m³/a)

Les volumes de sédiments fournis par l'érosion dans chacun des sous-bassins étudiés sont présentés au tableau 4.2.1 et sont schématisés sur la carte 4.2.1. L'ensemble des rives instables des sous-bassins ne fournirait pas plus de 10 280 m³ de sédiments annuellement. De cette quantité, seules les fractions sableuse et silto-argileuse, qui totalisent respectivement 7 610 et 670 m³/an, sont susceptibles d'alimenter la rivière Romaine à chaque année. Le bassin de la rivière aux Sauterelles produit à lui seul près de 75 % (6 670 m³) des apports totaux, alors que celui de la rivière de l'Abbé-Huard y contribue pour 20 % (3 090 m³). Les volumes fournis par les douze autres tributaires étudiés ne représentent que 5 % des volumes totaux livrés par l'ensemble des tributaires.

B. Volume de sable (7 610 m³/a)

Les apports totaux en sable proviennent surtout des bassins de la Sauterelles (74 %) et de l'Abbé-Huard (21 %) et ceux des rivières Bernard et Petite Romaine y participent pour une faible part avec chacun 1 à 2 % des apports totaux.

C. Volume de silt et argile (670 m³/a)

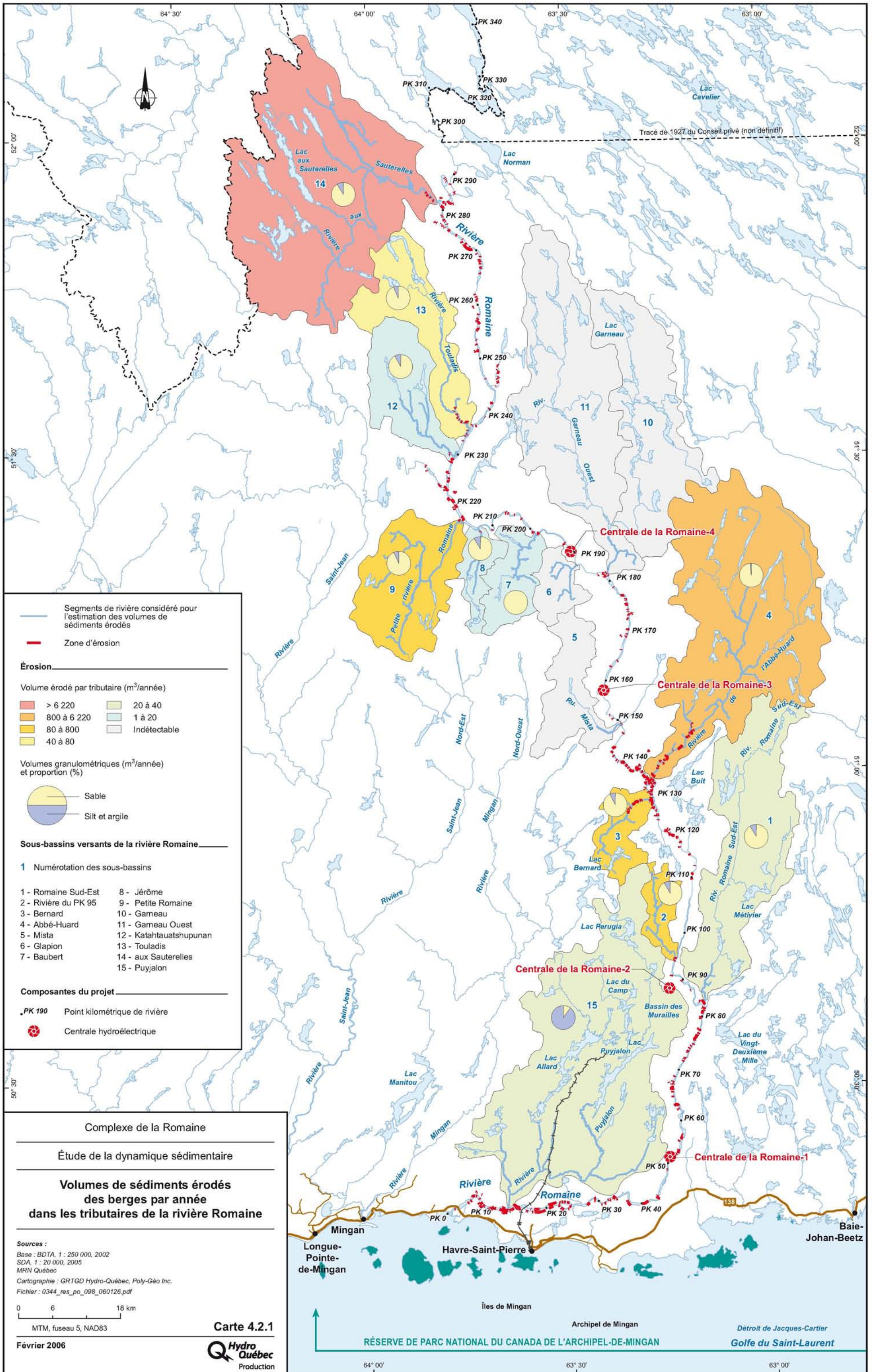
Les apports de sédiments fins sont produits essentiellement par les rivières aux Sauterelles (87 %), Puyjalon (5 %) et de l'Abbé-Huard (4 %).

COMPLEXE DE LA ROMAINE - ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

TABLEAU 4.2.1. Estimation des volumes de sédiments fournis par l'érosion dans les bassins-versants des tributaires de la Romaine

Tributaire	Matériaux fournis par sapement et éboulement		Matériaux encaissants	Volume total de sédiments fourni par l'érosion ¹				Volume total considéré dans l'étude du bilan sédimentaire (exclut les éléments grossiers) ¹
	longueur en érosion	volume moyen ¹		silt et argile	sable	grossier	volume total	
	(m)	(m ³ /an)		(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Abbe Huard	7 960	3 090	SG	40	1 610	1 440	3 090	1 650
Sauterelles	9 100	6 670	S	580	5 650	440	6 670	6 210
Touladis	1 520	60	SG	< 10	40	20	60	40
Petite Romaine	2 850	120	S-SG	< 10	80	40	120	80
Romaine Sud-Est	660	30	S	< 10	30	0	30	30
PK 95	1 800	80	S-SG	10	60	10	80	70
Bernard	2 250	160	S-SG	10	110	40	160	120
Jérôme	170	< 10	S	< 10	< 10	0	< 10	< 10
Katahtauatshupunan	320	20	S-SG	< 10	10	< 10	20	10
Baubert	190	< 10	SG	0	< 10	< 10	< 10	< 10
Puyjalon	3 360	30	CM	30	< 10	0	30	30
Total	30 180	10 280		670	7 610	2 000	10 280	8 280

1 : les volumes ont été arrondis aux 10 mètres cubes près.



— Segments de rivière considéré pour l'estimation des volumes de sédiments érodés

— Zone d'érosion

Érosion

Volume érodé par tributaire (m³/année)

> 6 220	20 à 40
800 à 6 220	1 à 20
80 à 800	Indétectable
40 à 80	

Volumes granulométriques (m³/année) et proportion (%)

— Sable

— Silt et argile

Sous-bassins versants de la rivière Romaine

1 Numérotation des sous-bassins

1 - Romaine Sud-Est	8 - Jérôme
2 - Rivière du PK 95	9 - Petite Romaine
3 - Bernard	10 - Gameau
4 - Abbé-Huard	11 - Gameau Ouest
5 - Mista	12 - Katahtauatshupunan
6 - Glapion	13 - Touladis
7 - Baubert	14 - aux Sauterelles
	15 - Puyjalon

Composantes du projet

PK 190 Point kilométrique de rivière

Centrale hydroélectrique

Complexé de la Romaine

Étude de la dynamique sédimentaire

Volumes de sédiments érodés des berges par année dans les tributaires de la rivière Romaine

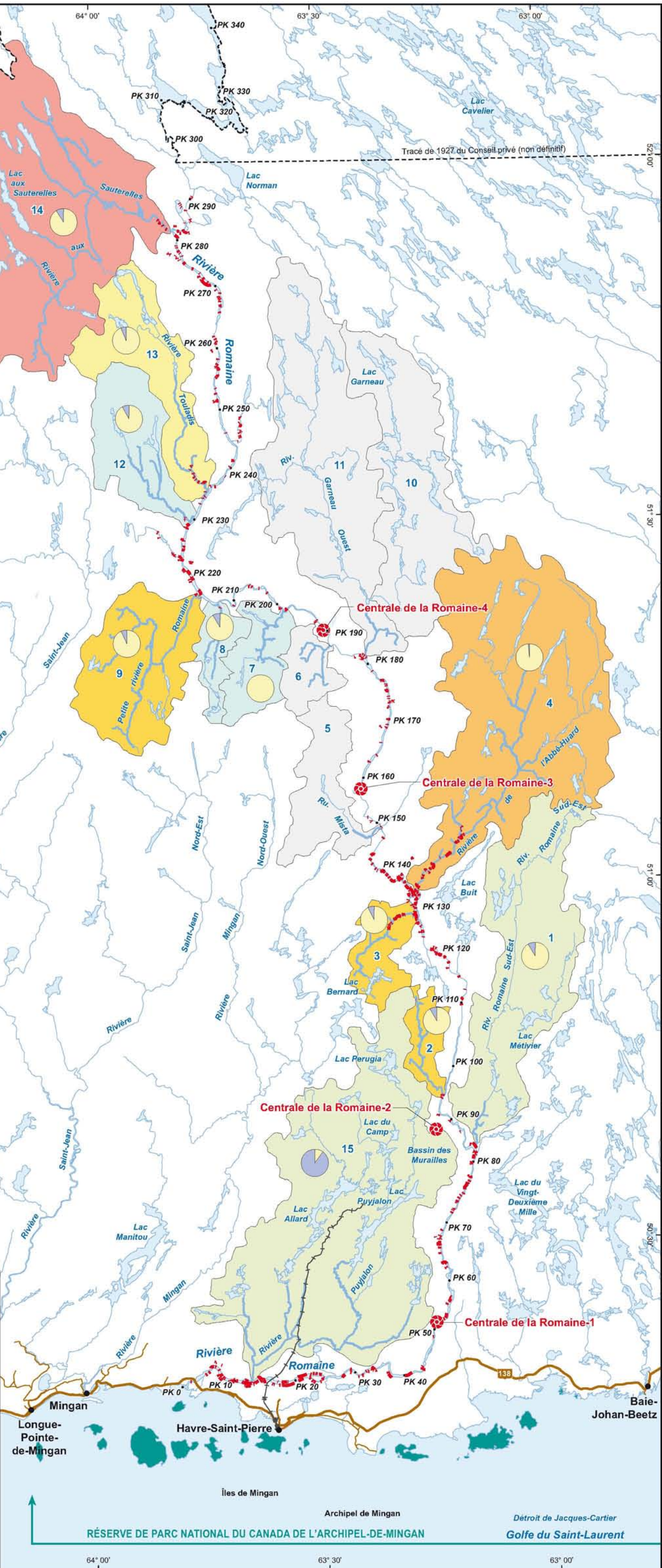
Sources :
 Base : BDTA, 1 : 250 000, 2002
 SDA, 1 : 20 000, 2005
 MRN Québec
 Cartographie : GRTGD Hydro-Québec, Poly-Géo Inc.
 Fichier : 0344_res_po_098_060126.pdf

0 6 18 km
 MTM, fuseau 5, NAD83

Février 2006

Hydro Québec
 Production

Carte 4.2.1



RÉSERVE DE PARC NATIONAL DU CANADA DE L'ARCHIPEL-DE-MINGAN

Détroit de Jacques-Cartier

Golfe du Saint-Laurent

5 TRAÇAGE DE LA COMPOSITION DE LA CHARGE SÉDIMENTAIRE DE LA RIVIÈRE ROMAINE

En s'appuyant sur les résultats d'analyses géochimiques réalisées sur les échantillons récoltés dans le bassin versant de la rivière Romaine, nous tenterons dans cette section d'identifier les principales tendances de sa charge sédimentaire sableuse en termes de composition.

5.1 Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales permet d'identifier à l'aide d'un nombre raisonnable de paramètres la variance de l'ensemble des variables originales. L'analyse en composantes principales est ici réalisée sur l'ensemble des échantillons de la présente étude. Ces échantillons, rappelons-le, sont issus du lit de la rivière Romaine, du delta de ses tributaires et du lit de certains de ces derniers.

Les six premières composantes principales réussissent à résoudre près de 85 % de la variance de l'ensemble des données. Les proportions de la contribution des éléments correspondant à ces six composantes principales sont montrées au tableau 5.1.1. Dans ce tableau, les contributions simples et cumulées sont énumérées en ordre décroissant pour chacune des composantes principales. L'assemblage des éléments les plus significatifs (ceux dont la contribution cumulée explique 50 % et plus d'une composante principale) peut être associé à des assemblages géologiques-types :

- Composante principale 1 : Groupe des éléments de terres rares
- Composante principale 2 : Groupe de minéraux (oxydes et silicates) associés à la Suite Anorthositique de Havre St-Pierre
- Composante principale 3 : Groupes de minéraux associés aux roches granitiques
- Composante principale 4 : Groupes de minéraux associés aux roches granitiques et pegmatitiques
- Composante principale 5 : Groupes de minéraux associés aux roches pegmatitiques
- Composante principale 6 : Groupe de minéraux métalliques (sulfures)

COMPLEXE DE LA ROMAINE - ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE

Tableau 5.1.1. Proportions de la contribution des divers éléments pour les six premières composantes principales.

Composante principale 1 (28,4%) ²			Composante principale 2 (26,4%) ²			Composante principale 3 (15,8%) ²			Composante principale 4 (5,7%) ²			Composante principale 5 (4,6%) ²			Composante principale 6 (3,6%) ²		
Variable ¹	Contribution (%)	Contribution cumulée (%)	Variable ¹	Contribution (%)	Contribution cumulée (%)	Variable ¹	Contribution (%)	Contribution cumulée (%)	Variable ¹	Contribution (%)	Contribution cumulée (%)	Variable ¹	Contribution (%)	Contribution cumulée (%)	Variable ¹	Contribution (%)	Contribution cumulée (%)
LO_U	2.93	2.9	LO_AL	3.44	3.4	LO_NB	6.02	6.0	LE_BA	7.73	7.7	LE_CS	9.69	9.7	LO_CU	8.54	8.5
LE_ER	2.86	5.8	LO_MG	3.41	6.9	LO_TA	5.84	11.9	LO_HF	6.01	13.7	LO_MN	9.37	19.1	LE_K	6.74	15.3
LO_SM	2.72	8.5	LO_NI	3.34	10.2	LO_MO	5.19	17.1	LO_ZR	5.88	19.6	LE_LI	9.15	28.2	LE_BA	5.59	20.9
LO_ZR	2.71	11.2	LO_FE	3.31	13.5	LO_ZN	4.76	21.8	LE_K	5.08	24.7	LO_P	8.43	36.6	LE_NA	4.52	25.4
LO_GD	2.71	13.9	LO_CA	3.19	16.7	LE_GA	4.65	26.5	LO_SB	4.47	29.2	LO_AG	6.38	43.0	LO_SB	4.35	29.7
LO_PR	2.69	16.6	LO_SR	2.99	19.7	LO_CR	4.24	30.7	LO_PB	4.44	33.6	LO_PB	4.54	47.6	LO_P	4.22	34.0
LO_ND	2.68	19.3	LO_LI	2.98	22.7	LE_AL	4.19	34.9	LE_RB	4.32	37.9	LO_SB	3.78	51.3	LO_V	3.51	37.5
LO_CD	2.67	22.0	LO_HO	2.94	25.6	LE_NA	3.88	38.8	LO_U	3.82	41.8	LE_HF	3.3	54.6	LO_GA	3.36	40.8
LO_HF	2.66	24.6	LO_TI	2.9	28.5	LO_TH	3.87	42.6	LO_SN	3.31	45.1	LE_TH	3.29	57.9	LO_FE	3.34	44.2
LO_CE	2.64	27.3	LO_NA	2.72	31.2	LE_SR	3.72	46.4	LO_W	3.23	48.3	LO_NB	3.15	61.1	LO_CR	3.2	47.4
LE_YB	2.53	29.8	LO_EU	2.63	33.9	LE_CA	3.45	49.8	LE_NA	3.02	51.3	LO_CU	2.81	63.9	LE_SR	3.09	50.5
LO_SN	2.52	32.3	LO_V	2.62	36.5	LO_LA	2.51	52.3	LO_MO	2.93	54.2	LE_K	2.56	66.5	LO_MN	2.99	53.5
LO_LA	2.48	34.8	LO_SC	2.51	39.0	LO_CO	2.22	54.5	LO_CD	2.78	57.0	LE_BA	2.35	68.8	LO_AS	2.96	56.4
LO_TB	2.46	37.3	LO_DY	2.49	41.5	LO_CA	2.15	56.7	LO_AS	2.48	59.5	LO_LU	2.24	71.0	LE_EU	2.89	59.3
LE_LU	2.38	39.6	LO_Y	2.48	44.0	LO_CE	2.06	58.8	LE_TM	1.86	61.4	LO_YB	1.91	73.0	LE_AL	2.42	61.7
LE_DY	2.36	42.0	LO_CO	2.46	46.4	LO_CU	2.05	60.8	LE_GD	1.79	63.2	LO_LI	1.73	74.7	LO_AL	2.21	63.9
LE_TM	2.34	44.3	LO_TM	2.4	48.8	LO_SB	1.92	62.7	LE_HO	1.75	64.9	LO_TM	1.54	76.2	LE_GA	1.83	65.8
LE_PR	2.29	46.6	LE_EU	2.21	51.0	LO_MN	1.77	64.5	LO_V	1.64	66.5	LO_NA	1.44	77.7	LO_SN	1.75	67.5
LE_HO	2.25	48.9	LO_LU	2.09	53.1	LE_BA	1.67	66.2	LE_SM	1.62	68.2	LE_AL	1.41	79.1	LO_MO	1.72	69.2
LO_ER	2.22	51.1	LO_TB	2.07	55.2	LE_EU	1.62	67.8	LE_ND	1.52	69.7	LE_U	1.27	80.3	LE_RB	1.61	70.8
LO_DY	2.2	53.3	LO_YB	2.06	57.2	LO_W	1.62	69.4	LO_AL	1.44	71.1	LE_TA	1.25	81.6	LO_NI	1.56	72.4
LE_TB	2.19	55.5	LE_GD	2.02	59.3	LE_TA	1.6	71.0	LE_DY	1.42	72.5	LO_ZN	1.25	82.8	LO_U	1.56	74.0
LO_PB	2.17	57.7	LO_ER	1.96	61.2	LO_NA	1.56	72.6	LO_LI	1.39	73.9	LE_SR	1.24	84.1	LO_LU	1.47	75.4
LE_NB	2.17	59.8	LE_TB	1.93	63.2	LO_GA	1.56	74.1	LO_NA	1.31	75.2	LO_ER	1.14	85.2	LO_NA	1.45	76.9
LE_ND	2.15	62.0	LE_SM	1.91	65.1	LO_PR	1.5	75.6	LO_MG	1.3	76.5	LE_YB	0.74	86.0	LO_YB	1.41	78.3
LE_SM	2.11	64.1	LE_DY	1.76	66.8	LO_AS	1.5	77.1	LO_FE	1.17	77.7	LO_CO	0.74	86.7	LO_PR	1.37	79.7
LE_LA	2.06	66.2	LE_HO	1.76	68.6	LO_MG	1.49	78.6	LO_LA	1.14	78.9	LE_GA	0.7	87.4	LO_CE	1.34	81.0
LO_Y	2.03	68.2	LE_ND	1.7	70.3	LO_TI	1.45	80.1	LE_LU	1.12	80.0	LO_MO	0.68	88.1	LO_ND	1.33	82.3
LE_GD	1.96	70.1	LE_CE	1.64	71.9	LE_NB	1.42	81.5	LO_TH	1.05	81.0	LE_TB	0.64	88.7	LO_LA	1.32	83.7
LO_TH	1.91	72.1	LE_TM	1.63	73.6	LO_ND	1.24	82.7	LO_CA	1.03	82.1	LO_MG	0.61	89.3	LE_CS	1.29	84.9
LE_CE	1.88	73.9	LE_PR	1.61	75.2	LE_LI	1.24	84.0	LE_ER	1.03	83.1	LO_AL	0.6	89.9	LO_SM	1.25	86.2
LE_HF	1.8	75.7	LE_YB	1.59	76.8	LO_V	1.22	85.2	LE_CA	1.02	84.1	LO_HF	0.59	90.5	LE_GD	0.88	87.1
LO_AS	1.72	77.5	LE_CA	1.59	78.3	LO_SR	0.88	86.1	LO_AG	1	85.1	LO_W	0.57	91.1	LO_EU	0.86	87.9
LE_TA	1.66	79.1	LO_GD	1.53	79.9	LO_LU	0.85	86.9	LO_P	0.95	86.1	LO_SC	0.55	91.6	LO_TM	0.85	88.8
LO_YB	1.59	80.7	LE_U	1.53	81.4	LO_LI	0.84	87.8	LO_CR	0.94	87.0	LE_LU	0.54	92.2	LO_GD	0.85	89.6
LO_HO	1.58	82.3	LE_LU	1.52	82.9	LO_YB	0.82	88.6	LE_PR	0.94	87.9	LO_ZR	0.46	92.6	LO_TH	0.81	90.4
LO_EU	1.56	83.8	LE_ER	1.4	84.3	LO_CD	0.79	89.4	LO_CU	0.92	88.9	LO_TI	0.45	93.1	LE_NB	0.67	91.1
LE_U	1.52	85.4	LO_SM	1.3	85.6	LO_TM	0.75	90.1	LO_TI	0.88	89.7	LO_TA	0.45	93.5	LE_LI	0.65	91.8
LO_TM	1.45	86.8	LE_NB	1.18	86.8	LO_FE	0.73	90.8	LE_YB	0.88	90.6	LO_Y	0.44	94.0	LO_AG	0.65	92.4
LO_LU	1.45	88.3	LE_LA	1.14	87.9	LO_SM	0.68	91.5	LO_CE	0.75	91.4	LE_HO	0.43	94.4	LO_CA	0.6	93.0
LE_TH	1.36	89.6	LO_GA	1.13	89.1	LO_CE	0.62	92.1	LE_CE	0.75	92.1	LO_TH	0.41	94.8	LO_W	0.57	93.6
LE_SR	1.33	91.0	LE_GA	1.13	90.2	LE_PR	0.55	92.7	LE_AL	0.73	92.8	LE_RB	0.37	95.2	LO_MG	0.55	94.1
LO_SC	1.11	92.1	LE_TA	0.98	91.2	LE_ND	0.52	93.2	LE_SR	0.7	93.5	LO_NI	0.36	95.6	LO_NB	0.53	94.7
LO_CR	0.9	93.0	LO_ND	0.93	92.1	LE_U	0.52	93.7	LE_LA	0.65	94.2	LO_ND	0.36	95.9	LO_TB	0.51	95.2
LE_NA	0.81	93.8	LE_TH	0.86	93.0	LE_K	0.51	94.2	LE_EU	0.62	94.8	LE_NB	0.32	96.2	LO_SC	0.48	95.7
LE_K	0.79	94.6	LO_ZN	0.79	93.8	LO_P	0.45	94.7	LO_GA	0.58	95.4	LE_DY	0.31	96.5	LO_ER	0.46	96.1
LE_EU	0.75	95.3	LO_PR	0.77	94.5	LE_SM	0.44	95.1	LO_CO	0.54	95.9	LE_LA	0.3	96.8	LE_CA	0.44	96.6
LO_SB	0.46	95.8	LE_LI	0.65	95.2	LO_EU	0.41	95.5	LE_TB	0.49	96.4	LO_CA	0.29	97.1	LE_SM	0.38	96.9
LO_P	0.46	96.2	LO_P	0.63	95.8	LE_LA	0.4	95.9	LO_PR	0.47	96.9	LO_HO	0.28	97.4	LO_CO	0.37	97.3
LE_RB	0.44	96.7	LO_W	0.62	96.4	LO_ER	0.39	96.3	LE_GA	0.38	97.3	LE_ER	0.27	97.7	LE_TA	0.31	97.6
LE_AL	0.43	97.1	LO_CE	0.41	96.8	LO_GD	0.36	96.7	LO_NI	0.37	97.6	LO_AS	0.25	97.9	LE_DY	0.26	97.9
LO_SR	0.36	97.5	LE_AL	0.38	97.2	LO_PB	0.3	97.0	LO_ND	0.27	97.9	LO_CE	0.25	98.2	LO_TA	0.25	98.1
LO_MO	0.35	97.8	LO_CD	0.3	97.5	LE_GD	0.23	97.2	LE_LI	0.27	98.2	LO_SN	0.24	98.4	LE_TH	0.24	98.4
LO_AL	0.34	98.2	LO_AG	0.3	97.8	LE_TB	0.23	97.5	LE_TA	0.25	98.4	LO_LA	0.24	98.7	LE_ND	0.24	98.6
LO_TI	0.32	98.5	LO_MN	0.25	98.1	LO_AG	0.23	97.7	LO_NB	0.23	98.7	LO_PR	0.24	98.9	LE_TB	0.2	98.8
LO_MN	0.25	98.7	LO_CR	0.21	98.3	LE_RB	0.22	97.9	LE_NB	0.16	98.8	LO_SM	0.22	99.1	LO_HF	0.19	99.0
LO_NA	0.23	99.0	LO_LA	0.2	98.5	LO_SN	0.22	98.1	LO_SM	0.16	99.0	LE_CA	0.18	99.3	LE_CE	0.15	99.1
LO_TA	0.16	99.1	LE_NA	0.18	98.7	LO_NI	0.2	98.3	LO_TM	0.15	99.1	LO_GD	0.18	99.5	LO_DY	0.14	99.3
LE_LI	0.14	99.3	LE_HF	0.17	98.8	LE_DY	0.2	98.5	LE_U	0.13	99.3	LE_NA	0.08	99.6	LE_HO	0.13	99.4
LO_NI	0.12	99.4	LO_ZR	0.16	99.0	LE_TH	0.2	98.7	LO_HO	0.12	99.4	LE_GD	0.07	99.6	LE_PR	0.12	99.5
LO_GA	0.11	99.5	LO_U	0.14	99.1	LO_HO	0.19	98.9	LO_SR	0.11	99.5	LE_ND	0.06	99.7	LO_ZR	0.11	99.6
LO_LI	0.09	99.6	LO_HF	0.13	99.3	LE_HF	0.17	99.1	LO_GD	0.08	99.6	LE_PR	0.06	99.8	LO_SR	0.08	99.7
LE_BA	0.08	99.7	LE_K	0.12	99.4	LO_Y	0.15	99.2	LO_LU	0.07	99.6	LE_CE	0.06	99.8	LE_U	0.07	99.8
LE_GA	0.07	99.7	LO_TA	0.12	99.5	LE_YB	0.14	99.4	LO_YB	0.07	99.7	LO_TB	0.05	99.9	LO_ZN	0.06	99.9
LO_CO	0.06	99.8	LO_AS	0.09	99.6	LO_AL	0.13	99.5	LO_ZN	0.06	99.8	LO_CD	0.04	99.9	LE_YB	0.05	99.9
LE_CS	0.05	99.8	LE_RB	0.07	99.7	LE_HO	0.13	99.6	LE_HF	0.05	99.8	LE_SM	0.04	99.9	LO_Y	0.04	99.9
LO_V	0.04	99.9	LO_PB	0.06	99.7	LO_TB	0.11	99.7	LO_SC	0.05	99.9	LE_EU	0.02	100.0	LO_PB	0.02	100.0
LO_FE	0.03	99.9	LE_SR	0.06	99.8	LE_LU	0.1	99.8	LO_Y	0.04	99.9	LO_DY	0.02	100.0	LE_HF	0.01	100.0
LO_ZN	0.02	99.9	LO_MO	0.06	99.8	LO_U	0.09	99.9	LE_CS	0.04	100.0	LO_U	0.01	100.0	LE_LU	0.01	100.0
LO_MG	0.01	99.9	LO_CU	0.06	99.9	LO_SC	0.04	100.0	LE_TH	0.02	100.0	LO_GA	0.01	100.0	LE_LA	0.01	100.0
LO_W	0.01	99.9	LO_SN	0.04	99.9	LE_ER	0.02	100.0	LO_EU	0.01	100.0	LO_EU	0.01	100.0	LO_CD	0.01	100.0
LO_CU	0	99.9	LO_NB	0.02	100.0	LE_TM	0.01	100.0	LO_TB	0.01	100.0	LE_TM	0	100.0	LE_TM	0.01	100.0
LO_AG	0	99.9	LO_TH	0.01	100.0	LO_HF	0.01	100.0	LO_TA	0	100.0	LO_V	0	100.0	LO_LI	0	100.0
LO_CA	0	99.9	LE_BA	0.01	100.0	LO_DY	0	100.0	LO_MN	0	100.0	LO_FE	0	100.0	LO_TI	0	100.0
LO_NB	0	99.9	LE_CS	0.01	100.0	LO_ZR	0	100.0	LO_ER	0	100.0	LO_CR	0	100.0	LO_HO	0	100.0
LE_CA	0	99.9	LO_SB	0	100.0	LE_CS	0	100.0	LO_DY	0	100.0	LO_SR	0				

Les assemblages géochimiques discriminés par les composantes principales ne sont pas seulement associés à des assemblages géologiques. Ils sont aussi regroupés dans l'espace et se reflètent dans la composition de la charge sédimentaire de la rivière Romaine et de ses tributaires. Le tableau 5.1.2 indique la localisation et l'étendue de chacun de ces assemblages dans le territoire d'étude.

Tableau 5.1.2 Domaines géochimiques discriminés par l'analyse en composantes principales

Domaines géochimiques limites aval et amont	Discriminant (composante principale)	Commentaire sur la distribution des domaines
(A) PK 0 à 165	1 et 2	Domaine sud (aval du PK165)
(B) PK 165 à 300	1 et 2	Domaine nord (amont du PK165)
(C) PK 0 à 50	1, 2 et 5	Aval de Romaine 1
(D) PK 0 à 70	3 et 4	Long élargissement de la rivière Romaine
(E) PK 70 à 95	3	Zone entre Romaine 2 et Romaine 1
(F) PK 105 à 215	5	Zone comprenant la SAHSP ¹ et en aval de celle-ci
(G) PK 225 à 285	6	Zone de berges sableuses de la rivière Romaine ²
(H) PK 240 et plus	3	Zone en amont de la SAHSP
(I) PK 285 et plus	5 et 6	Zone en amont de l'embouchure de la rivière aux Sauterelles

¹SAHSP : Suite anorthositique de Havre St-Pierre

²Associée aux plaines d'épandages fluvio-glaciaires

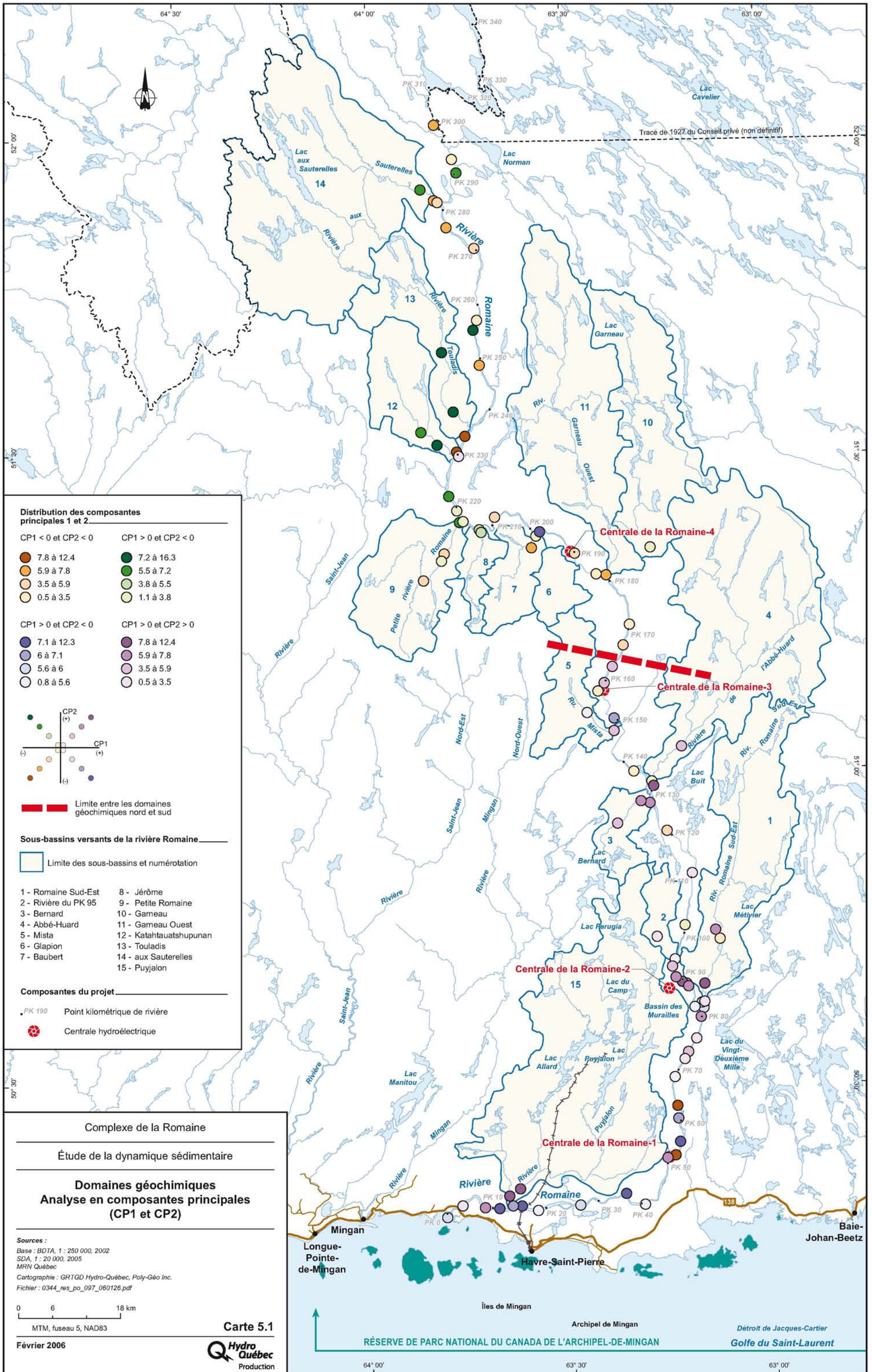
La carte 5.1 est la représentation d'une analyse thématique montrant la distribution des divers échantillons selon les composantes principales CP1 et CP2 (les deux premières composantes principales). Il ressort de cette carte thématique que la composition des échantillons est régionalement fractionnée. Ainsi, l'ensemble des échantillons montre une appartenance locale à ces domaines géochimiques que sont les combinaisons montrées en légende de cette carte. Une limite de domaines géochimiques majeure traverse la rivière Romaine aux environs du PK165, délimitant un domaine géochimique nord (B dans le tableau 5.1.2) d'un domaine géochimique sud (A). Le domaine géochimique nord est caractérisé par des valeurs négatives de la composante principale 1 alors que le domaine géochimique sud est caractérisé par des valeurs positives de la composante principale 1. La limite des domaines géochimiques nord et sud correspond également aux limites de domaines géologiques. Tel que montré aux cartes 2.2.1 et 3.2.1, le PK165 est localisé dans une zone de

changement géologique. Dans la portion en amont de ce point, le soubassement rocheux est principalement composé de roches associées à la Suite Anorthositique de Havre St-Pierre (G8, G9, G10, G12) et de roches associées aux intrusions granitiques (G19). En aval de cette zone, des monzonites (G17) et des paragneiss (G5) prédominent. Sur la carte 3.2.2, on constate que le territoire en amont du PK165 montre une couverture meuble plus continue que le territoire en aval de ce point.

5.2 Évaluation des distances de composition et des contributions des tributaires

À la différence de l'analyse en composantes principales où la distribution spatiale de la signature géochimique de l'ensemble des échantillons a été soulevée, l'évaluation des distances de composition considère la relation entre des échantillons liés entre eux par leur position respective le long du parcours des eaux. Les relations de composition entre les échantillons ont été réalisées en deux étapes :

- A. les échantillons prélevés directement du lit de la rivière Romaine ont d'abord été considérés dans le but d'identifier et de localiser les discontinuités de composition de la charge sédimentaire le long du parcours de la rivière Romaine;
- B. l'attention a ensuite été portée sur la comparaison des compositions des sédiments deltaïques des tributaires avec celles des sédiments de la rivière Romaine, en amont et en aval de ces embouchures. La contribution sédimentaire des tributaires et l'étendue de leur influence sur la composition de la charge sédimentaire de la rivière Romaine ont ainsi pu être évaluées.



A. Distances de composition géochimique entre les échantillons le long des parcours fluviaux

Tel qu'expliqué à la section 3.2.5, cette partie de l'analyse considère la similitude de la composition géochimique entre des échantillons liés par leur transport sédimentaire dans la rivière Romaine et ses tributaires. Ainsi, le calcul de distance de composition a été effectué pour chacun des échantillons prélevés sur le cours de la Romaine et celui récolté plus en aval. Les résultats des calculs de distances de composition géochimique sont illustrés sur la carte 5.2. Les échantillons sont reliés entre eux par une ligne dont la couleur correspond à leur distance de composition. Une ligne rouge ou violette entre deux échantillons montre que ceux-ci sont très différents au niveau de leur composition géochimique, alors qu'une ligne grise ou jaune indique qu'ils sont très semblables.

Les valeurs élevées de distances de composition peuvent être considérées comme des coupures du continuum de la charge sédimentaire de la rivière Romaine, d'où leur appellation « discontinuité ». Neuf discontinuités sont identifiées sur la carte 5.2. Elles sont représentées par un trait noir. Certaines d'entre elles ont été regroupées à cause de leur proximité. Ainsi, un total de six discontinuités majeures existent sur le cours de la rivière Romaine. Chacune des discontinuités représente un changement net de la composition géochimique entre l'amont et l'aval. Ce changement peut être occasionné par :

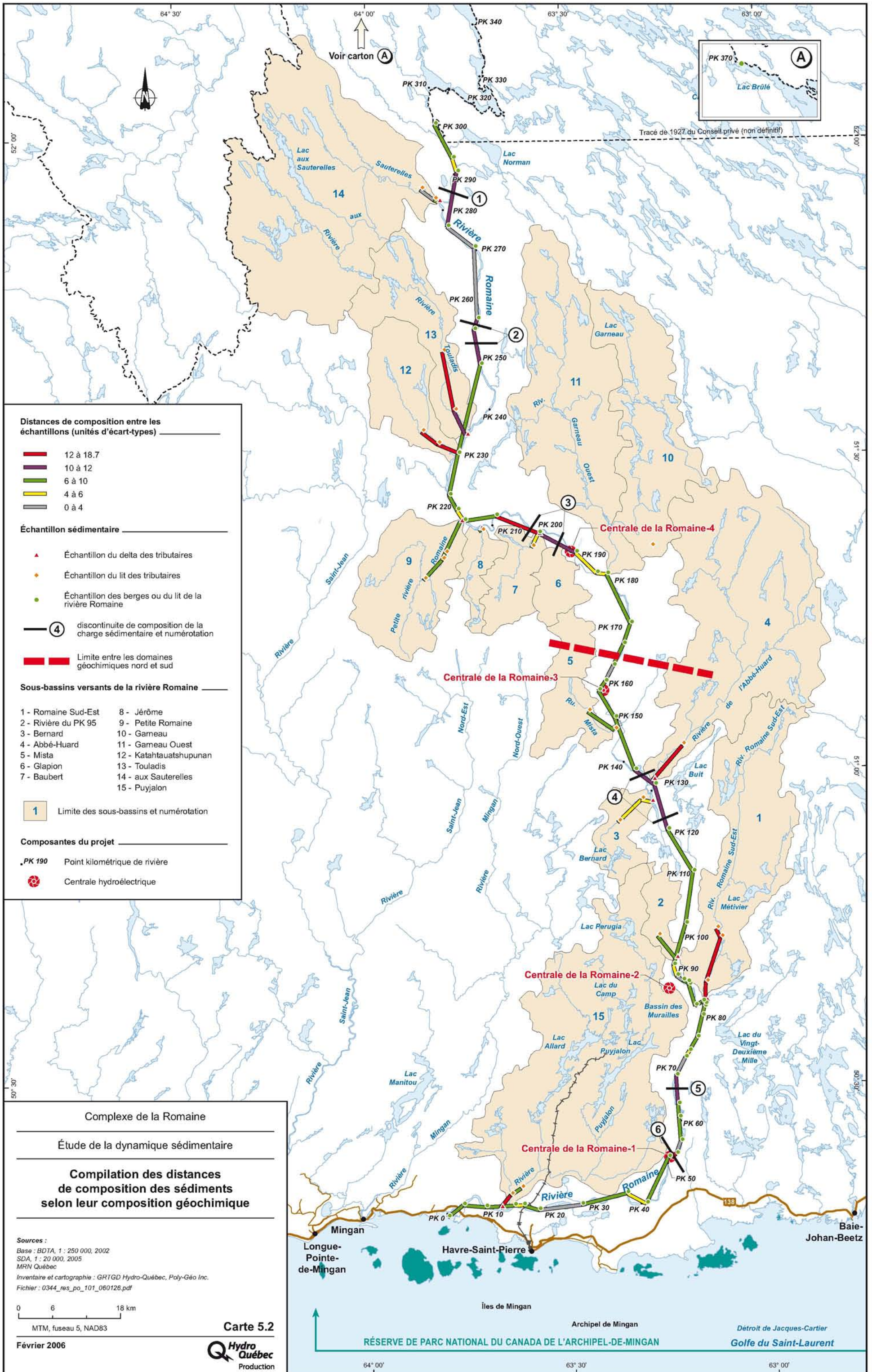
- la sédimentation partielle ou totale de la charge sédimentaire de la rivière, forçant ainsi son renouvellement progressif;
- l'incorporation d'une nouvelle source de sédiments provenant d'un tributaire ou de l'érosion des rives de la rivière Romaine modifiant de façon appréciable la composition de la charge sédimentaire.

Ces deux phénomènes ne sont pas exclusifs et peuvent donc se produire de façon concurrente. Sur cette même carte 5.2, la limite entre les domaines géochimiques nord et sud déterminée à la section 5.1.1 a été insérée. Bien qu'elle ne corresponde pas à une discontinuité de composition majeure entre deux échantillons consécutifs, cette limite correspond à la démarcation entre les domaines géochimiques des échantillons prélevés au nord et au sud du PK 165.

B. Contributions sédimentaires des tributaires à la rivière Romaine.

L'importance de la contribution des tributaires à la charge sédimentaire de la Romaine est évaluée sous deux aspects :

- L'examen des rives instables le long des principaux tributaires et l'estimation des volumes de sédiments érodés (traités à la section 4.2) a permis de constater que la plupart des tributaires subissent assez peu d'érosion et sont donc peu susceptibles de contribuer à la charge sédimentaire de la Romaine. Les rivières aux Sauterelles et de l'Abbé-Huard font cependant exception. Ensemble, elles fournissent près de 95 % des apports totaux des tributaires. Comme l'indique le delta assez bien développé à l'embouchure de la rivière aux Sauterelles, une bonne partie des sédiments semble rejoindre la rivière Romaine (voir photo 5.2.1).
- La comparaison des distances de composition entre les sédiments provenant des deltas des tributaires avec celles des sédiments de la rivière Romaine en aval et en amont de ces deltas a également permis d'apprécier l'influence des apports sédimentaires des tributaires. Ainsi, un tributaire qui contribue significativement à la charge sédimentaire de la Romaine devrait influencer la composition des sédiments du lit de Romaine à l'aval de son embouchure. Cette analyse comparative a été effectuée pour l'ensemble des tributaires présentant des deltas assez bien développés à leur embouchure dans la rivière Romaine, soit les rivières aux Sauterelles, Touladis, Katahtauatshupunan, Petite Romaine, Jérôme, Baubert, Abbé-Huard, Bernard, PK 95, Romaine Sud-Est et Puyjalon. Les principaux constats suivants ont pu en être tirés :
 - Les apports sédimentaires de la rivière aux Sauterelles influencent significativement la charge sédimentaire de la Romaine et ce, jusque vers le PK 256. La composition géochimique des sédiments de la Romaine change nettement à partir de l'embouchure de la rivière aux Sauterelles et demeure ensuite relativement stable jusqu'au PK 256.
 - Les apports de la rivière de l'Abbé-Huard et, dans une moindre mesure, ceux de la rivière Bernard, modifient de façon significative la composition des sédiments de la Romaine dans le secteur immédiat de leur embouchure. Par contre, cette influence ne se fait pas sentir sur une grande distance. En aval du PK 120, la composition des sédiments du lit devient assez différente. Ceci suggère que très peu des apports de ces deux rivières sont pris en charge par la rivière Romaine.



- Les rivières Romaine Sud-Est, du PK 95, Baubert et Jérôme contribuent faiblement à la rivière Romaine, alors que les autres tributaires (Mista, Garneau, Glapion, Petite Romaine et Katahtauatshupunan) ne semblent pas influencer la composition des sédiments de la Romaine.



Photo 5.2.1 Delta de la rivière aux Sauterelles (PK 281,5 de la rivière Romaine)
Vue oblique montrant le delta essentiellement sableux de la rivière aux Sauterelles. Le front du delta est complètement tronqué par le courant de la rivière Romaine (qui s'écoule de la droite vers la gauche). Les sédiments du delta sont ainsi intégrés à la charge sédimentaire de la rivière Romaine (la largeur approximative du chenal de la rivière aux Sauterelles est de 50 m).

6. CARACTÉRISATION DE LA CHARGE SOLIDE DE LA RIVIÈRE ROMAINE

L'évaluation des apports sédimentaires par l'approche géomorphologique permet d'établir, de manière globale, la quantité potentielle de sédiments pouvant contribuer annuellement à la charge solide de la rivière. Par contre, cette approche ne permet pas d'intégrer les contraintes hydrauliques et bathymétriques affectant la ségrégation des sédiments le long du parcours de la rivière, ni les événements de courtes périodes qui contrôlent le transport des sédiments en un point et en un moment donné. Afin d'évaluer la charge solide effective d'un cours d'eau, il faut procéder à un échantillonnage spécifique de la MES et de la charge de fond de manière intensive en période de crue.

6.1 Charge en suspension

6.1.1 Généralités

Il est important de profiter de la totalité de la période de crue pour caractériser le régime sédimentaire d'un cours d'eau, car la majeure partie du transport annuel se produit durant cette période. En ce qui concerne la matière en suspension, les variations observées peuvent se produire sur une longue (saisonnnière) ou une courte période de temps (événement ou perturbation). L'augmentation de la concentration de la matière en suspension au printemps sera en partie causée par la montée du niveau d'eau, provoquant l'érosion des dépôts d'étiage, des dépôts de matériaux libérés par les cycles de gel et de dégel et par l'érosion des berges.

On reconnaît trois grands types de relation entre les concentrations de la MES en période de crue et le débit.

- Le pic de concentration peut précéder le pic de crue si le trajet est court à partir du point d'érosion. Par exemple, un important bassin versant dont les rives du cours inférieur sont érodées, comme la rivière Romaine.
- Par contre, la concentration maximale sera en retard sur le pic de crue lorsque le niveau de la nappe phréatique est élevé et que la pluie est abondante, à cause du ruissellement de surface important.
- La coïncidence des pics de crue et de concentration se produit pour les petits bassins versants où les précipitations affectent la totalité de la superficie de drainage (Zrymiak, 1990).

Un mélange de conditions peut se produire à l'occasion, de telle sorte que le régime sédimentaire d'une rivière est difficile à prévoir. Cependant, plusieurs rivières à régime nival comme la rivière Romaine réagissent en montrant un pic de concentration en MES, qui précède le pic de crue. Ce comportement requiert un échantillonnage précoce débutant avant la crue, souvent alors que le couvert de glace est encore présent.

6.1.2 Évaluation de la charge solide en suspension

En 2004, la concentration moyenne de la MES a varié entre 2 et 29 mg/L à la station aval (PK 3,8), et entre 3 et 9 mg/L à la station amont (PK 162,5 : figure 6.1.1 et tableau 6.1.1). La fourchette des concentrations mesurées est comparable aux valeurs rapportées par Long *et al.* (1982) (tableau 6.1.2) et aux valeurs obtenues en 2003 (figure 6.1.2 et tableau 6.1.1). Dans l'ensemble, les concentrations de la MES mesurées à la station amont sont plus faibles que celles mesurées à la station aval. Même si des différences peuvent exister entre le cours inférieur et le cours supérieur d'un cours d'eau, ce qui est généralement le cas, il est probable que la différence s'explique par la période d'échantillonnage tardive et que la charge de pointe ait été manquée en 2003 comme en 2004 à la station amont. La même chose s'applique dans le cas des données de Long *et al.* (1982), qui n'ont été prélevées au site de Romaine 4 qu'à la mi-juin. Cela aura pour conséquence de sous-estimer le calcul de la charge en suspension à l'amont. Cela soulève aussi un problème méthodologique important pour établir un juste bilan sédimentaire d'une rivière à régime nival au moment de la débâcle.

Comme cela avait été rapporté en 2003, la variation de la concentration de la MES n'est pas synchrone avec la variation du débit en 2004 tout comme en 1982, où les concentrations les plus élevées ont été mesurées à la fin de mai avec un débit qui n'était pas à l'apogée. Ainsi, le pic de concentration maximal à la station aval précède le débit maximal d'environ 15 jours en 2004 (figure 6.1.1) et de 5 jours en 2003 (figure 6.1.2). En 2003, le manque de données avant le 17 mai ne permet pas de bien identifier l'occurrence du maximum de la concentration en MES. Néanmoins, ce phénomène d'hystérèse signifie clairement que les variations de la concentration de la MES sont en partie indépendantes du

débit et attribuables à la faible réserve en sédiments pouvant être éventuellement transportés depuis le cours inférieur du bassin de drainage.

La charge solide en suspension quotidienne a varié en 2004 entre 62 et 2 151 t/j à la station aval, et entre 194 et 727 t/j à la station amont (figure 6.1.2). Les valeurs maximales obtenues sont légèrement inférieures à celles de 2003 : elles varient entre 270 et 2 847 t/j pour la station aval et entre 155 à 2 084 t/j pour la station amont (tableau 6.1.3). Long *et al.* (1982) ont calculé des charges quotidiennes de l'ordre de 23 à 1 020 t/j à l'embouchure, de 36 à 3 371 t/j au site de Romaine 1 et de 52 à 426 t/j au site de Romaine 4 (tableau 6.1.3). Les faibles valeurs calculées aux sites du PK 162,5 en 2004 et de Romaine 4 en 1982 sont attribuables à l'échantillonnage tardif par rapport à la crue.

Tableau 6.1.1 *Statistiques descriptives de la concentration de la MES des échantillons individuels mesurée aux printemps 2003 et 2004 sur la rivière Romaine*

	Matières en suspension (mg/L)					
	2003			2004		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
PK 3,8	10,5 (+/- 7,1)	3,7	25,0	10,2 (+/- 7,1)	1,7	32,2
PK 53,5	5,9 (+/- 3,7)	2,7	14,7			
PK 162,5				4,5 (+/- 2,6)	0	12,0

Note : Il y avait en général trois échantillons par section : rive gauche, centre, rive droite.

FIGURE 6.1.1 — Représentation des concentrations moyennes de la MES aux stations d'échantillonnage PK 3,8 et PK 162,5 sur la rivière Romaine, avril-juin 2004

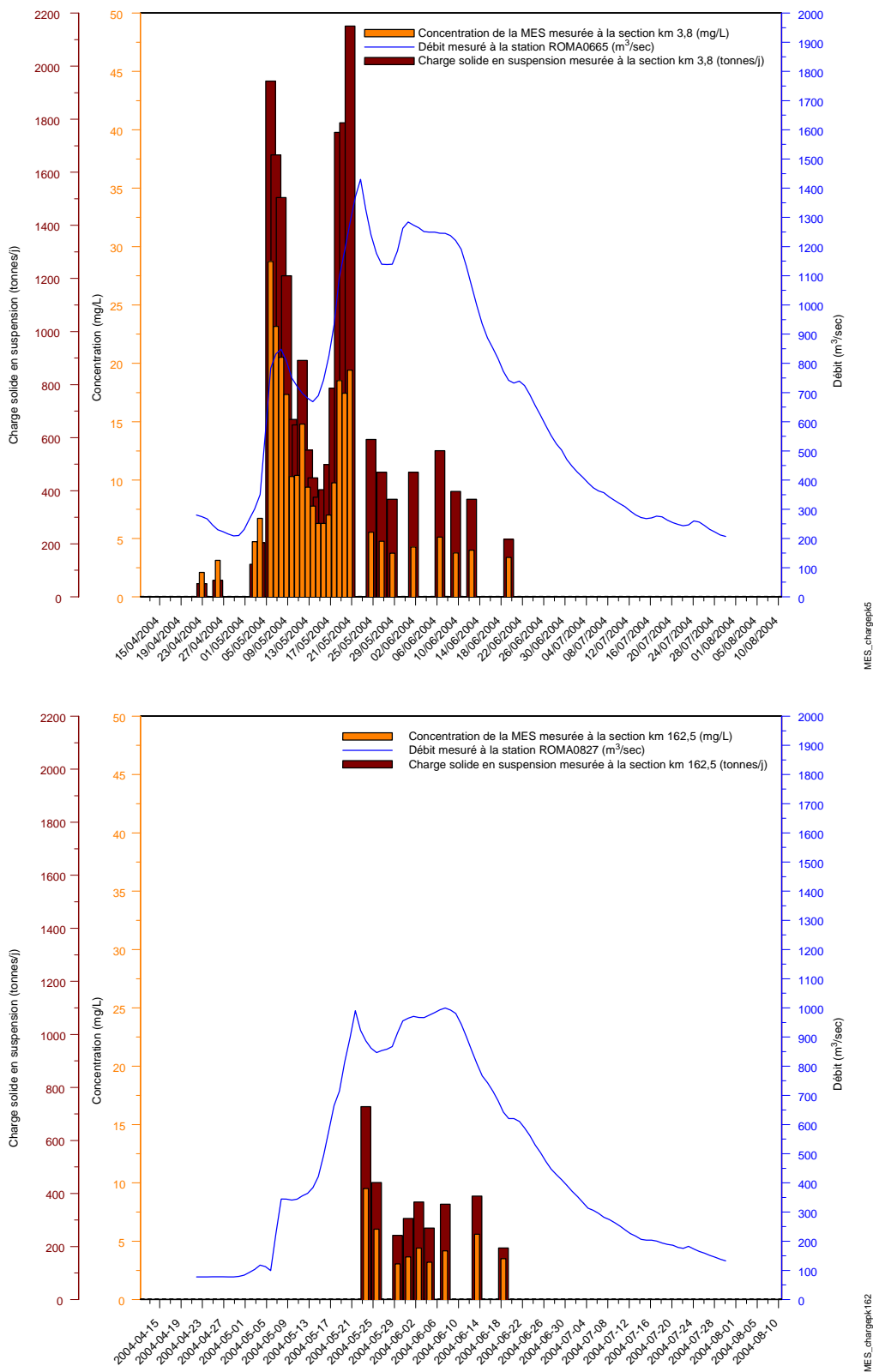


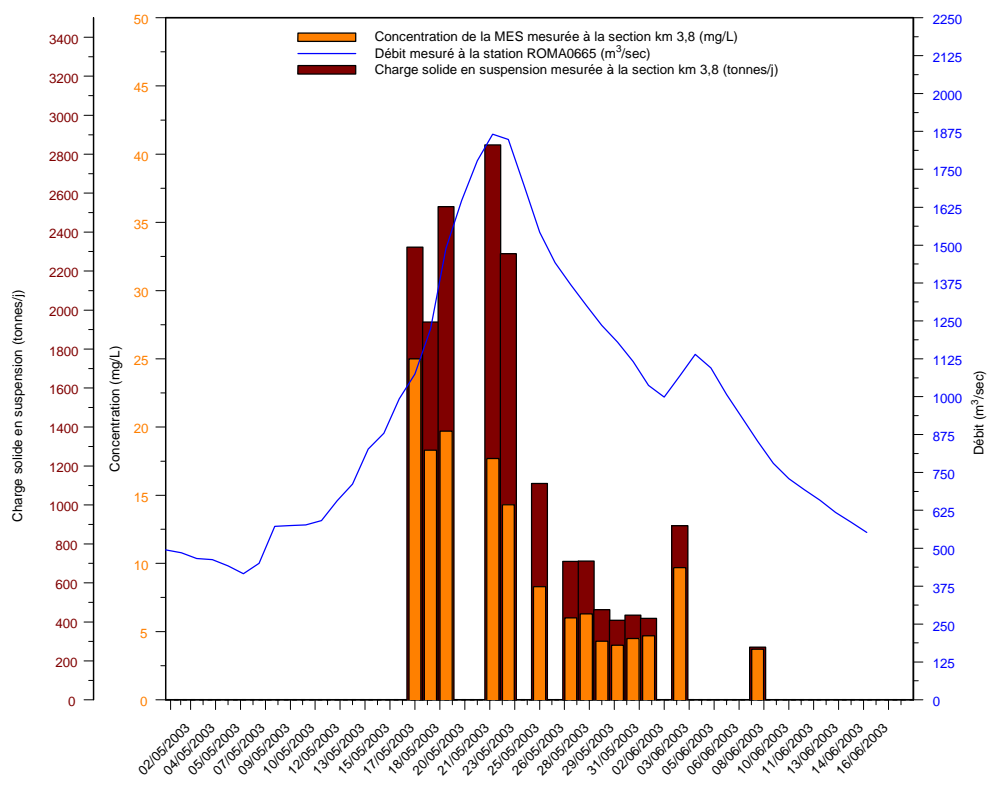
Tableau 6.1.2 *Statistiques descriptives de la concentration de la MES des échantillons individuels mesurée aux printemps et à l'été 1982 sur la rivière Romaine*

	Matières en suspension (mg/L)					
	Totale			Minérale		
	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum
ROMA0225 embouchure	8,2 (+/- 5,5)	4,2	14,5	7,9 (+/- 3,8)	4,2	11,8
ROMA0002 Romaine 1	13,4 (+/- 8,9)	2	21,7	12,9 (+/- 8,1)	2,5	20,2
ROMA0014 Romaine 4	7,6 (+/- 5,1)	4,5	13,5	7,6 (+/- 5,4)	3,2	<i>13,6</i>

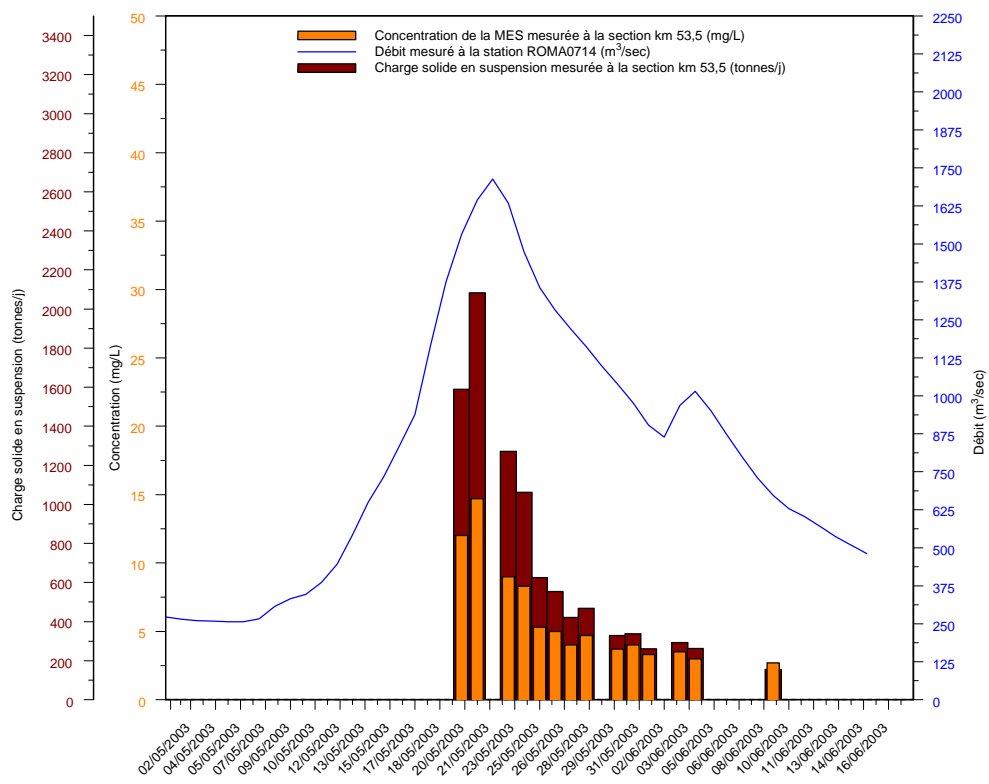
Note : L'imprécision analytique de la détermination de la concentration de la MES et les faibles valeurs mesurées expliquent pourquoi les valeurs de la fraction minérale sont parfois plus grandes que pour la fraction totale (en italique dans le tableau).

L'estimation de la charge annuelle en suspension de la rivière Romaine à l'embouchure est de l'ordre de 40 000 t/a à 60 000 t/a (figure 6.1.3). La charge estimée aux stations amont en 2003 et 2004 était respectivement de l'ordre de 48 % et 62 % de la charge à l'embouchure (tableau 6.1.3). La charge saisonnière calculée pour la période de la crue représente entre 78 % et 85 % de la charge annuelle estimée à l'embouchure et entre 77 % et 89 % aux stations du PK 53,5 et du PK 162,5 respectivement. Une contribution de particules sableuses en saltation à la charge en suspension, un phénomène non-uniforme et difficile à évaluer, module les charges en suspension annuelles aux trois stations. Les particules qui sont en saltation le demeurent dans les sections rapides et sédimenteront dans les secteurs larges à écoulement plus lent. Il n'est donc pas possible de cumuler les charges en suspension des stations amont pour expliquer les charges en suspension de la station aval.

FIGURE 6.1.2 — Représentation des concentrations moyennes de la MES aux stations d'échantillonnage PK 3,8 et PK 53,5 sur la rivière Romaine, mai-juin 2003



MES_vitesepk3



MES_vitesepk53

Bilan sédimentaire quotidien et saisonnier (tonnes/jour et tonnes/saison)

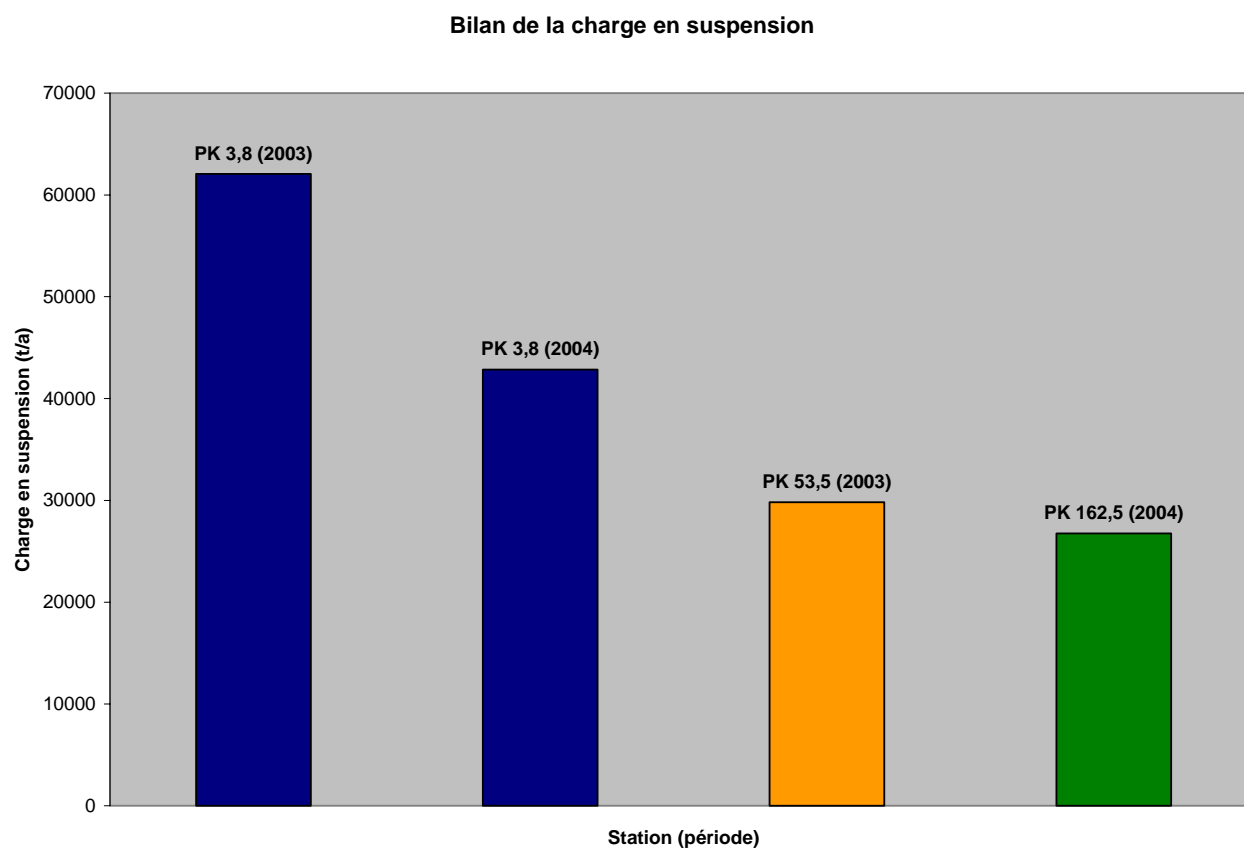
Étude	Charge quotidienne (tonnes/jour)						Charge saisonnière (tonnes/crue)			
	Aval				Amont		Aval		Amont	
	Suspension	Charriage	Suspension	Charriage	Suspension	Charriage	Suspension	Charriage	Suspension	Charriage
Env. Illimité inc., 2004 (saison 2003)	PK 3,8 270 à 2 847 2,9 à 616		PK 53,5 155 à 2 084 27 à 340				PK 3,8 48 106 7 889		PK 53,5 23 114 3 159	
Env. Illimité inc., 2005 (saison 2004)	PK 3,8 62 à 2 151 20 à 457				PK 162,5 194 à 727 117 à 346		PK 3,8 36 262 8 196 à 11 834		PK 162,5 23 834 5 740 à 7 512	
Long <i>et al.</i> (1982)	Embouchure (ROMA0225) 23 à 1 020 n.d.		ROMAINE 1 ROMA0002 36 à 3 371 n.d.		ROMAINE 4 ROMA0014 52 à 426 n.d.					

Bilan sédimentaire annuel (tonnes/an)

	Charge sédimentaire annuelle (tonnes/an)			
	Aval		Amont	
Bilan annuel — saison 2003 ⁽¹⁾	PK 3,8 62 066 7 889		PK 53,5 29 825 3 159	
Bilan annuel — saison 2004	PK 3,8 42 839 8 196 à 11 834		PK 162,5 26 745 5 740 à 7 512	

(1) Recalculé selon la méthode de 2004 où l'on calcule la charge pour les journées manquantes par interpolation et en utilisant des valeurs arbitraires de 2 mg/L en été et 1mg/L en hiver.

FIGURE 6.1.3 — *Sommaire de la charge en suspension annuelle aux stations échantillonnées en 2003 et 2004 sur la rivière Romaine*



6.2 Évaluation de la charge solide de fond

6.2.1 Généralités

En contraste, la relation entre le débit et la charge solide de fond est généralement synchrone. La mise en marche du transport par charriage est directement fonction de la vitesse du courant qui, après avoir atteint un seuil critique, permet le transport de la fraction plus ou moins grossière des sédiments. En général, plus le débit est élevé, plus la vitesse du courant augmentera en autant que la superficie de la section mouillée augmente de manière proportionnelle. La charge de fond est caractérisée par une grande variabilité spatio-temporelle du taux de transport, que ce soit pour une section donnée dans le temps ou pour une verticale en particulier. Carey (1985) a démontré en milieu naturel que le taux de transport par charriage pouvait varier d'un ordre de grandeur et que le taux maximal par rapport au taux moyen ($n=120$) était jusqu'à trois fois plus élevé pour un débit constant. De plus, la morphologie du lit de la rivière influence directement le taux de transport. Ainsi, dans les conditions d'écoulement qui caractérisent la majeure partie des rivières ($Froude < 1$), le transport par charriage est nul dans la partie creuse des dunes et maximal sur la crête, avec un gradient croissant entre les deux. En contrepartie, la matière en suspension est distribuée de manière homogène dans la colonne d'eau et la variation des concentrations est régulière, en particulier si les concentrations sont faibles (< 100 mg/L). C'est d'ailleurs pour intégrer cette variabilité des flux de la charge de fond que quatre réplicats sont recueillis à chacune des verticales d'échantillonnage.

Dans l'ensemble, le rapport entre la quantité de sédiments transportée près du fond et la quantité transportée en suspension est habituellement de l'ordre de 10-15 %, mais peut être très différent d'une rivière à l'autre et varier en fonction du débit. Maddock (1975) a déterminé que la charge solide de fond peut représenter de 5 à 150 % de la charge solide en suspension en considérant la disponibilité et la nature des sédiments et le type d'écoulement. Milliman et Meade (1983) estiment la contribution des principales rivières du monde sous la forme de charriage à 10 % de la charge en suspension.

6.2.2 Évaluation de la charge de fond

La charge de fond quotidienne (t/j) mesurée durant la période de la crue montre une variation synchrone et proportionnelle aux valeurs de débits (figures 6.2.1 et 6.2.2). Cette relation correspond à la relation générale entre la vitesse moyenne d'écoulement et la quantité de sédiments transportés au fond. La relation sera modulée par la granulométrie des sédiments ; dans le cas d'un matériel homogène elle sera linéaire et dans le cas d'un matériel hétérogène, elle pourra varier (Brassard et Petit, 1997).

Durant les deux campagnes d'échantillonnage, la charge de fond quotidienne était plus élevée à la station aval qu'aux stations amont (tableau 6.1.3). Toutes années confondues, la charge de fond¹ au PK 3,8 a varié entre 2,9 et 616 t/j ; entre 27 et 340 t/j au PK 53,5 et entre 117 et 346 t/j au PK 162,5 (tableau 6.1.3). La variation de la charge de fond en fonction du débit est significative en 2003 (figure 6.2.3), mais pas en 2004. En 2004, la charge de fond quotidienne mesurée aux deux stations témoigne de l'irrégularité du phénomène. Néanmoins, on observe une tendance saisonnière, surtout à la station aval (PK 3,8) et durant la première phase de la crue (figure 6.2.2). Par contre, les charges de fond calculées durant la décrue demeurent fortes aux deux stations malgré la diminution du débit et des vitesses de courant. Il est possible que la modification de l'approche d'échantillonnage durant la deuxième moitié de la campagne 2004 (réduction du temps d'exposition, positionnement optimal de l'échantillonneur) explique la tendance.

La sommation des charges de fond estimées durant la crue permet d'évaluer la quantité de sédiments sableux mobilisés par la rivière Romaine (tableau 6.1.3). À la station du PK 3,8, la charge saisonnière serait de l'ordre de 7 889 t (2003) à 8 196 t (11 834 $t_{\text{corrigée}}$: 2004) alors qu'à l'amont, elle serait de l'ordre de 3 159 t (PK 53,5 en 2003) à 5 740 t (7 512 $t_{\text{corrigée}}$: PK 162,5 en 2004). La quantité de sédiments mobilisés par la rivière Romaine est nettement moindre dans le tronçon supérieur au PK 53,5. Bien qu'il soit hasardeux de comparer les charges de fond entre les différentes stations sur le parcours de la rivière, parce que le continuum du transit sédimentaire n'est pas démontré (présence de pièges ou de zones d'accumulation temporaires), nous pouvons affirmer que le tronçon à l'aval du PK 53,5

¹ Basé sur les valeurs corrigées

FIGURE 6.2.1 — Représentation des charges solides de fond quotidiennes calculées aux stations du PK 3,8 et du PK 53,5 sur la rivière Romaine, mai-juin 2003

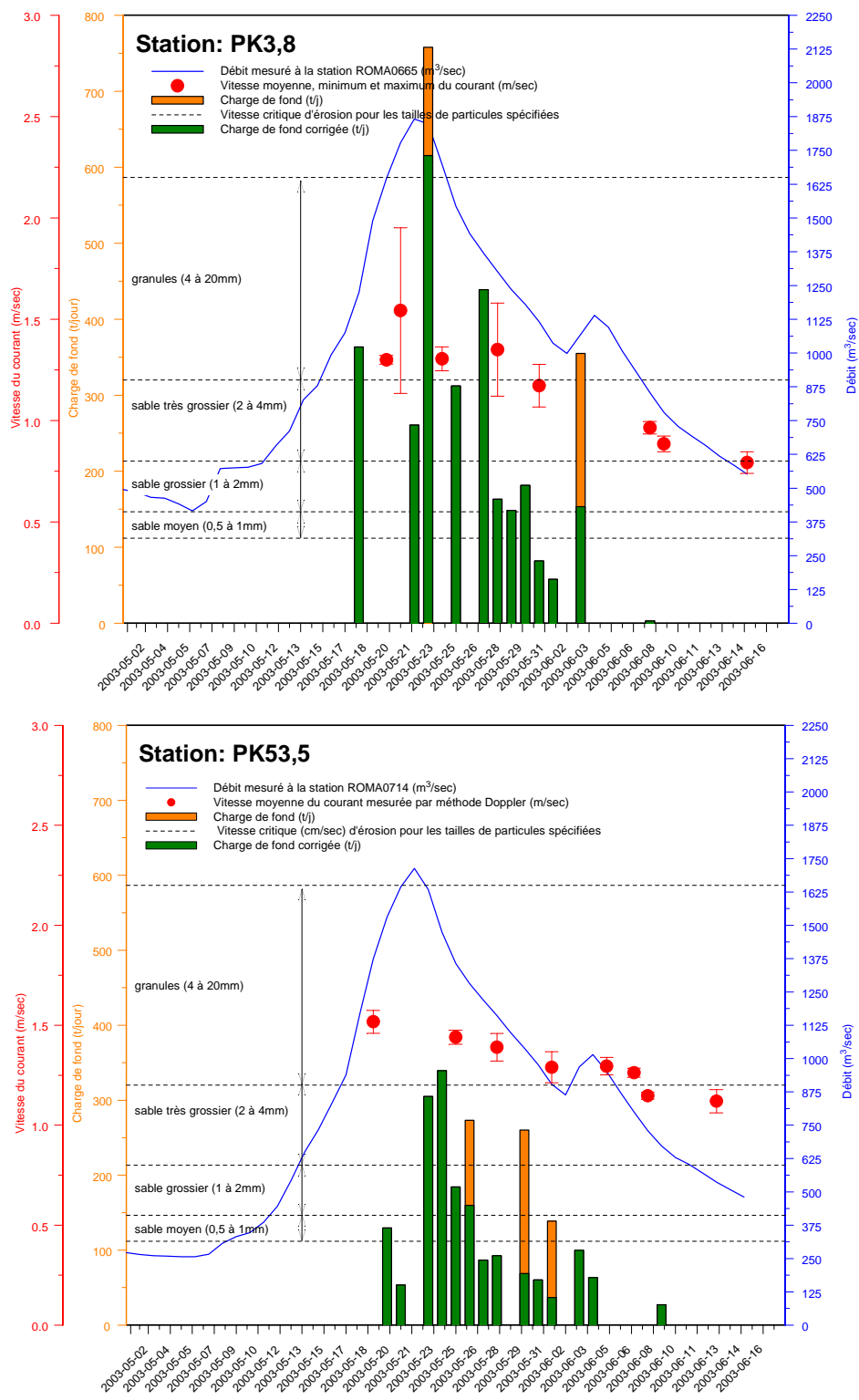


FIGURE 6.2.2 — Représentation des charges de fond quotidiennes calculées aux stations du PK 3,8 et du PK 162,5 sur la rivière Romaine, avril-juin 2004

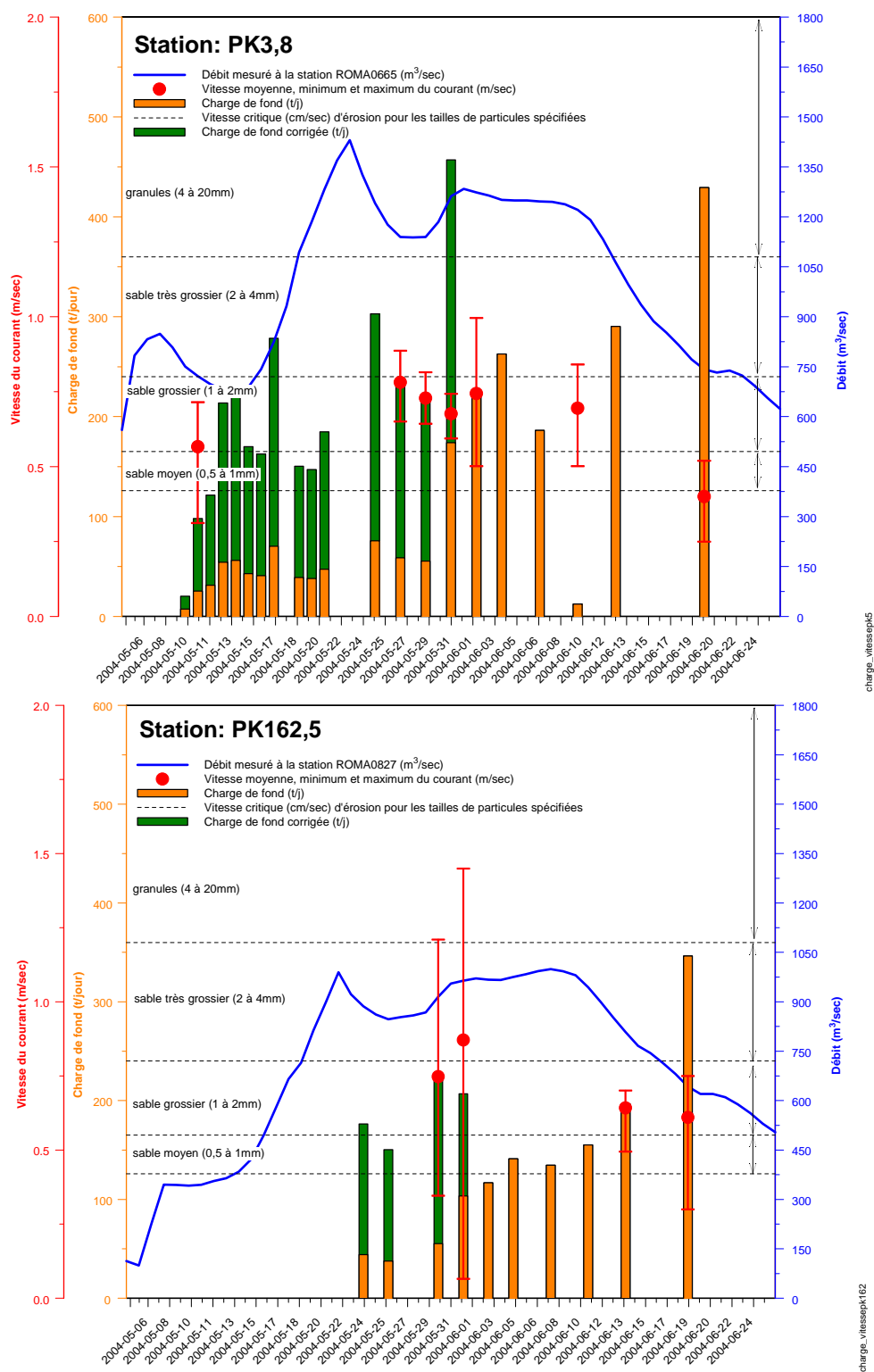
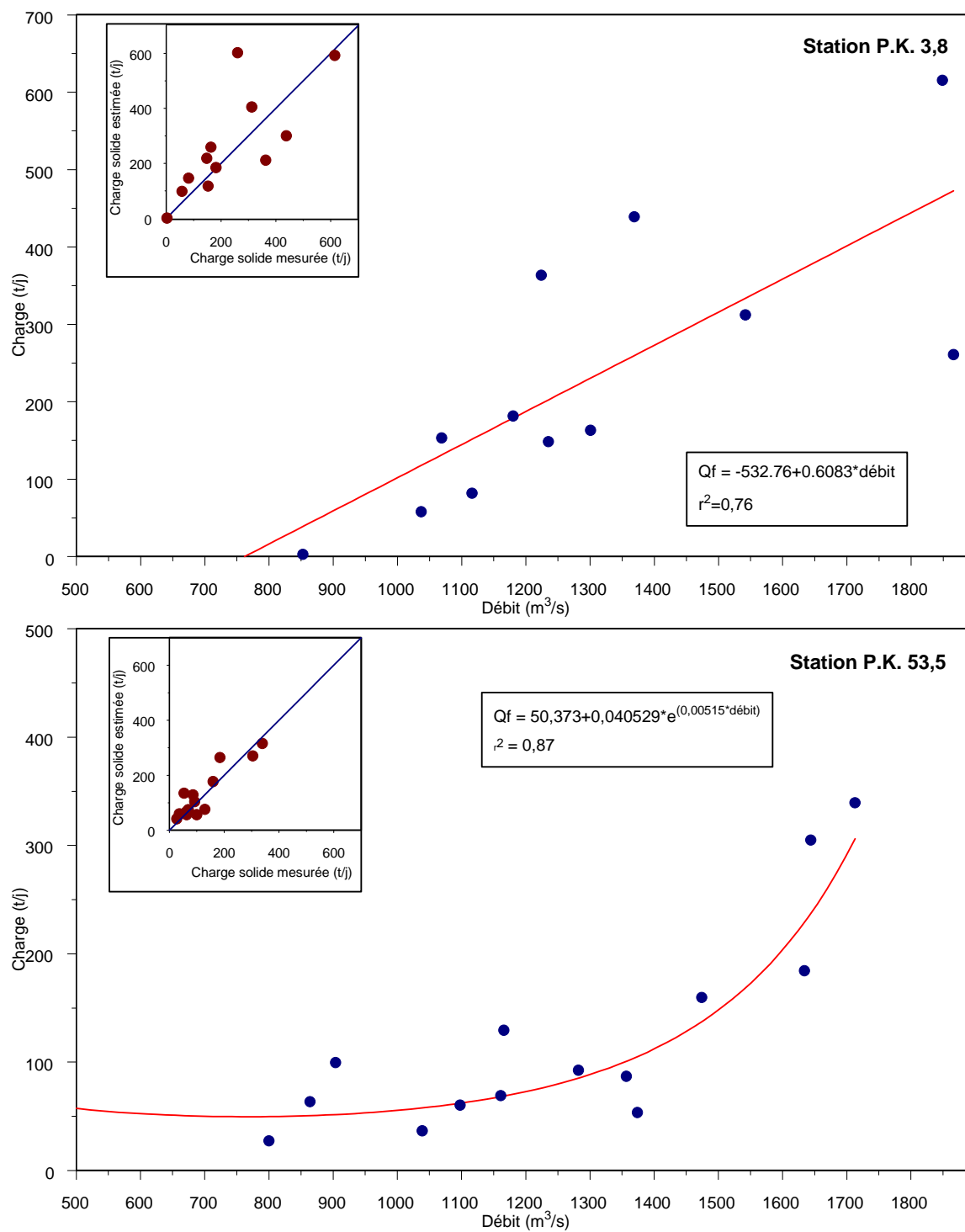
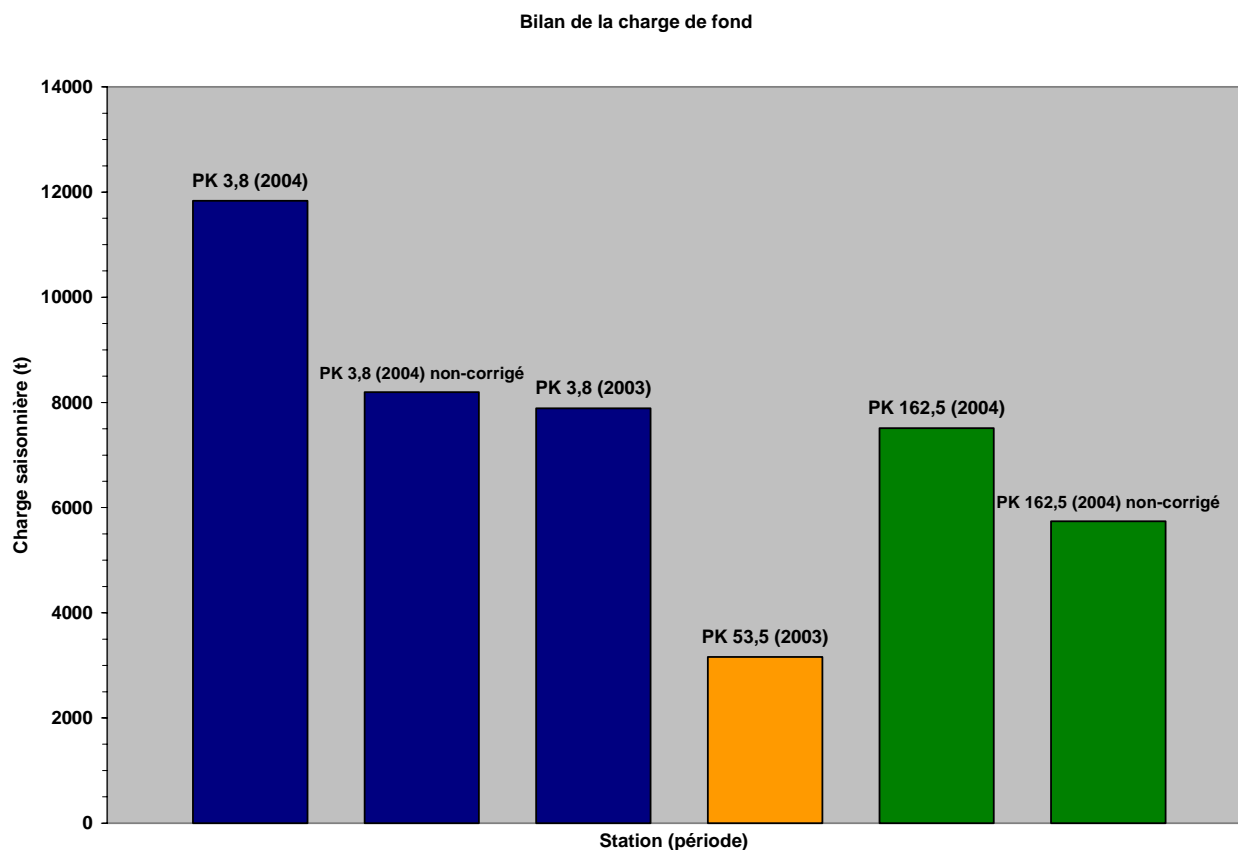


FIGURE 6.2.3 — Relation entre la charge de fond (Q_F) et le débit aux stations du PK 3,8 et du PK 53,5 sur la rivière Romaine, mai-juin 2003



fig_3_6

FIGURE 6.2.4 — Sommaire de la charge de fond aux stations échantillonnées en 2003 et 2004 sur la rivière Romaine pendant la crue printanière



contribue de manière non négligeable aux apports en sédiments grossiers à l'embouchure (figure 6.2.2).

La proportion de la charge de fond par rapport à la charge en suspension annuelle est de 19 % (28 %_{corrigée}) à la station aval et 21 % (28 %_{corrigée}) à la station amont. En 2003, le rapport était de 13 % à l'aval et de 11 % à l'amont, ce qui indique qu'une plus grande proportion de la charge solide de la rivière Romaine a été transportée par charriage en 2004, malgré des débits plus élevés (1 838 m³/s comparativement à 1 430 m³/s), mais une crue de durée plus courte en 2003 (définie arbitrairement à 75 jours en 2003 et à 95 jours en 2004).

La différence entre les deux années suggère que le transport par charriage n'est pas seulement fonction du débit. La capacité de la rivière à piéger les sédiments sur des périodes de temps plus longues que la crue elle-même module sûrement le régime sédimentaire de la

charge de fond. Même si les charges obtenues en 2004 sont plus grandes que celles obtenues en 2003, la tendance amont-aval est la même avec une charge de fond à l'embouchure plus grande que dans le cours supérieur de la rivière (figure 6.2.4). Cette tendance suggère qu'une plus grande proportion de matériel est charriée dans le tronçon aval.

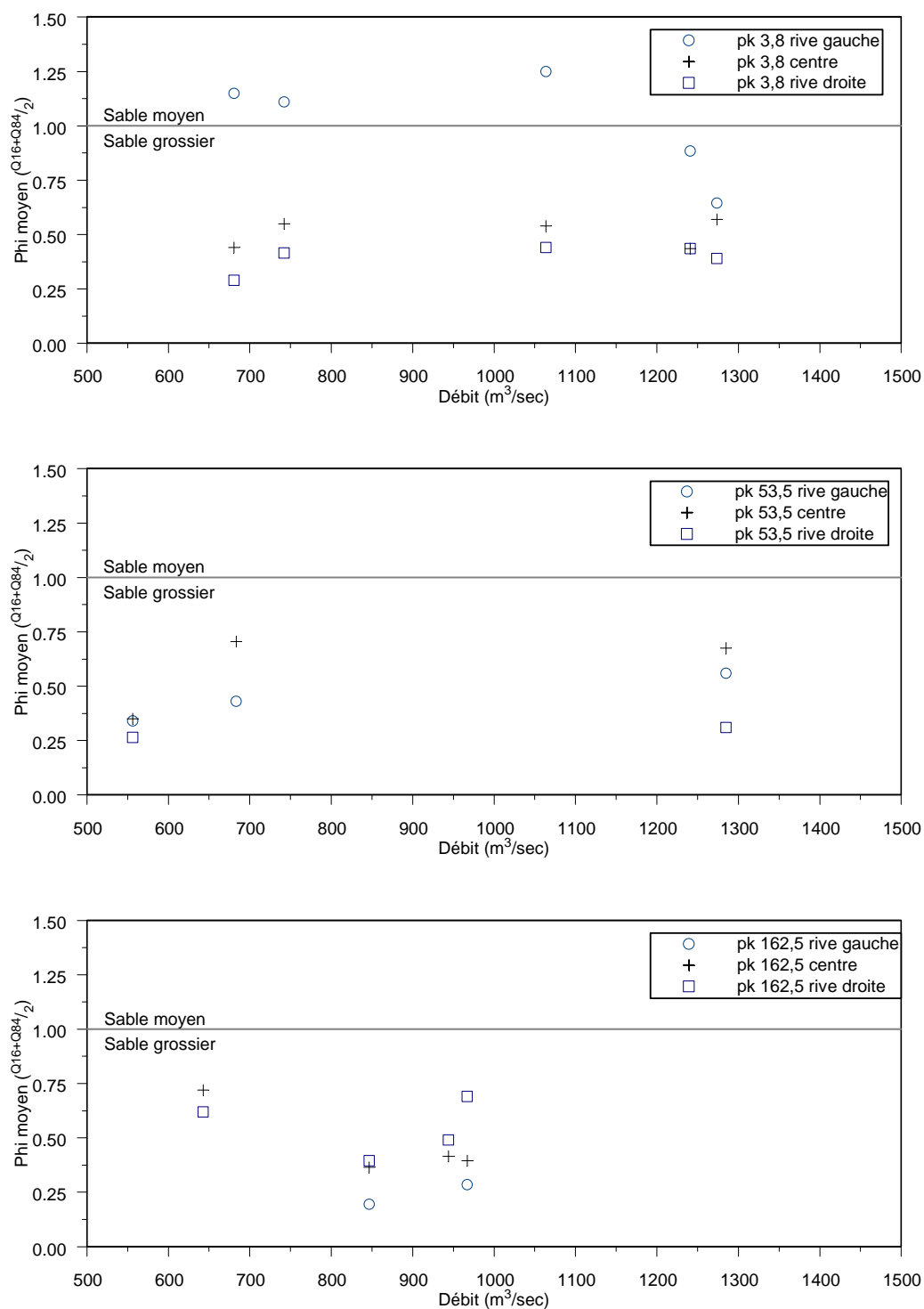
6.3 Composition de la charge de fond

6.3.1 Distribution granulométrique

Les vitesses de courant mesurées aux différentes sections (vitesse moyenne) suggèrent que la capacité de transport est suffisante pour transporter les sables moyens à grossiers ainsi que les petits graviers dans la charge de fond (figures 6.2.1 et 6.2.2). La distribution granulométrique des échantillons sélectionnés témoigne cependant que le matériel charrié est principalement constitué de sable grossier à chacune des trois stations (figure 6.2.5). La fraction du sable moyen a été observée localement à celle de l'embouchure (PK 3,8).

Les graphiques de la figure 6.2.5 montrent également qu'aux trois stations échantillonnées, l'augmentation des débits n'a pas entraîné de changements significatifs dans la granulométrie de la charge de fond et ce, même si la capacité de transport à ces sites permettrait le transport de particules plus grossières. Ceci laisse supposer que peu de matériaux grossiers seraient disponibles à l'amont des stations.

FIGURE 6.2.5 — Relation entre la granulométrie moyenne des sédiments ($n=3$) transportés par charriage et le débit aux stations d'échantillonnage visitées en 2004 (PK 3,8 et PK 162,5) et en 2003 (PK 53,5)



granulo_debit

6.3.2 Minéralogie

L'identification minéralogique a permis de reconnaître 26 minéraux lourds qui ont été regroupés en six grands groupes, incluant une catégorie d'inconnus. Ces groupes sont : les oxydes (fer et titane), les néosilicates (olivine, grenat, zircon, silicates d'aluminium), les sorosilicates (épidote), les phosphatés (monazite) et les inosilicates (amphiboles et pyroxènes) (figures 6.2.6 et 6.2.7). Le groupement des échantillons par station fait ressortir une tendance spatiale où la présence des oxydes est dominante dans le tronçon s'étendant du PK 3,8 jusqu'à l'aval du PK 162,5 (20 à 60 % d'oxydes) et moindre à l'amont (moins de 23 %) (figure 6.2.7). Cette tendance est attribuable à différentes sources de sédiments influencées par la géologie locale.

Il est intéressant de noter qu'il existe un gradient longitudinal décroissant des oxydes dans la zone de l'embouchure (figure 6.2.7). Par ailleurs, un gradient latéral est aussi observé à certaines dates aux stations PK 3,8 et PK 53,5, attribuable à la capacité de transport différente d'une rive à l'autre des sections d'échantillonnage (figure 6.2.6).

FIGURE 6.2.6 — Composition minéralogique des sédiments charriés aux stations d'échantillonnage de la zone de l'embouchure, du PK 3,8, du PK 53,5 et du PK 162,5 sur la rivière Romaine

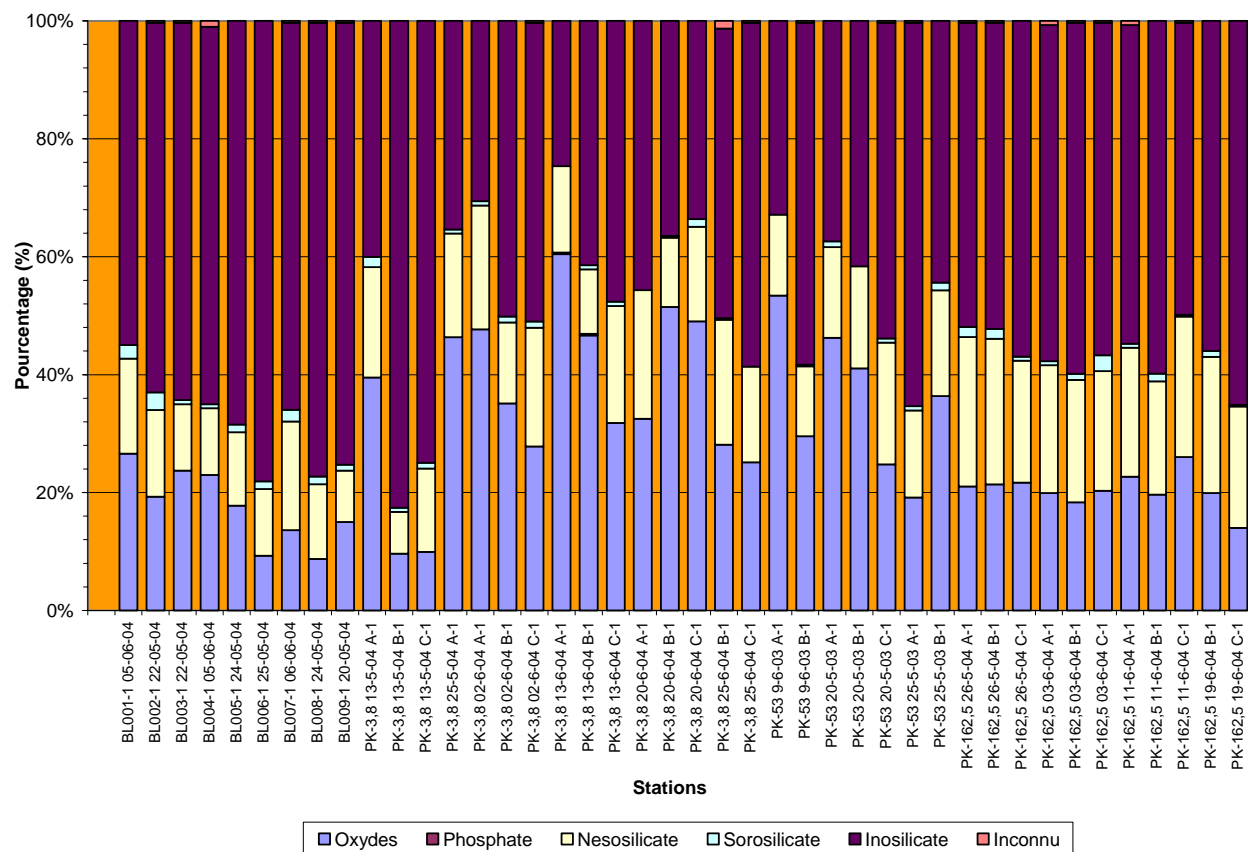
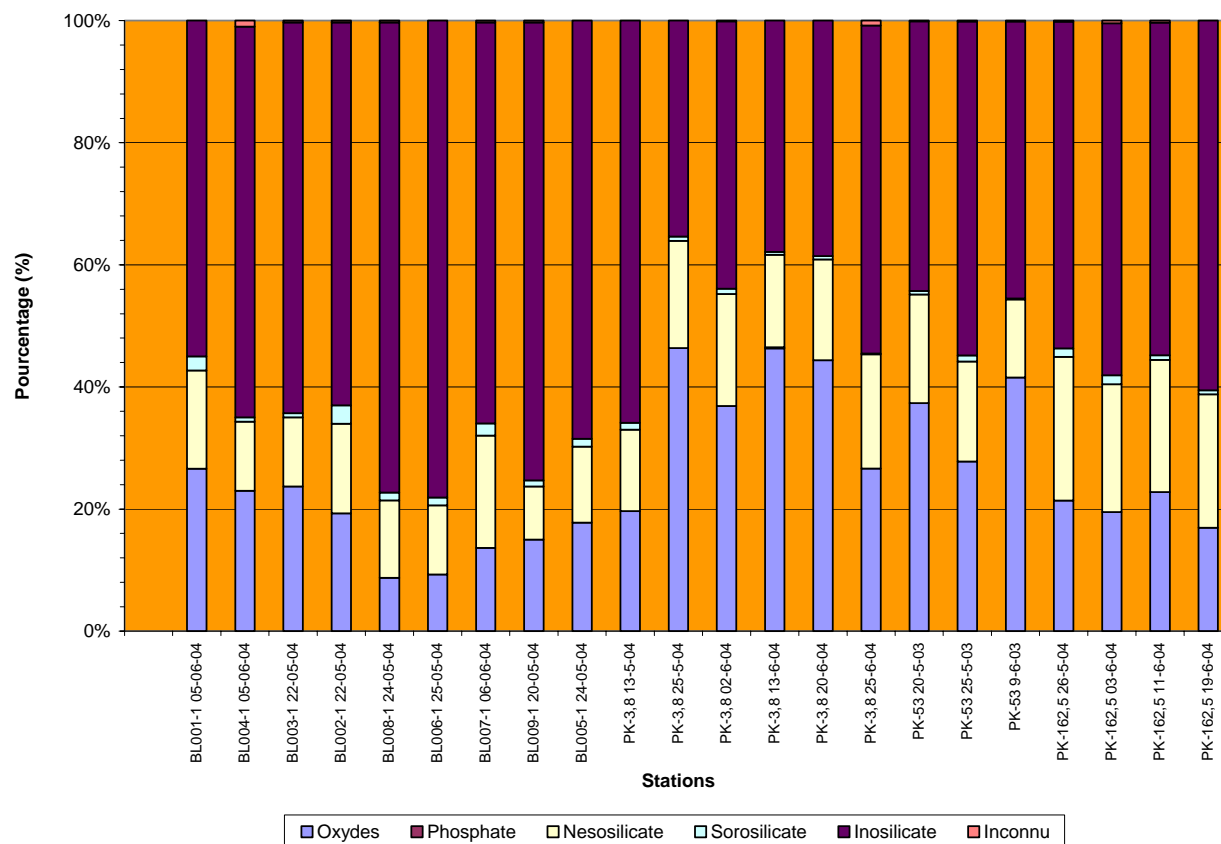


FIGURE 6.2.7 — Composition minéralogique moyenne des sédiments charriés aux stations d'échantillonnage de la zone de l'embouchure, du PK 3,8, du PK 53,5 et du PK 162,5 sur la rivière Romaine



6.3.3 Charge de fond théorique

Différentes relations entre la vitesse d'écoulement et le diamètre des particules ont été présentées dans la littérature (figure 6.2.8). En général, ces courbes sont tirées de relations empiriques issues de données prises en milieux naturels ou en laboratoire. Par ailleurs, l'application de ces modèles à différentes rivières pour prédire le taux de charriage est difficile à cause de la complexité et de l'irrégularité des fonds (formes, nature) et des changements locaux des gradients hydrauliques. La présence de formes sédimentaires est probablement le facteur le plus important qui affecte le taux de charriage en modifiant localement les contraintes de cisaillement. L'effet de la morphologie du lit, souvent évolutive dans le temps (progression des formes sédimentaires), sur les contraintes locales de cisaillement est rarement intégré dans les équations de transport sédimentaire. Néanmoins,

nous avons choisi de comparer les charges de fond mesurées avec les charges de fond calculées à partir de l'équation de Van Rijn (voir section 3.4) pour déterminer si les conditions de transport de la rivière Romaine sont représentatives des modèles hydro-sédimentaires.

L'application des équations pour évaluer le transport par charriage a été faite pour des sédiments grossiers ($d_{50} = 1 \text{ mm}$) aux sections amont (PK 162,5 et PK 53,5) et pour des sables grossiers et moyens ($d_{50} = 1 \text{ mm}$ et $0,5 \text{ mm}$) à la station aval (PK 3,8). Les calculs hydrauliques pour déterminer la puissance hydraulique de la rivière ont été faits pour des sections situées à proximité (PK 3,2; PK 53,99; PK 166), ce qui peut entraîner une autre source d'erreur.

Aux stations amont, les charges de fond mesurées en 2003 (PK 53,5) et en 2004 (PK 162,5) sont nettement inférieures aux charges théoriques et ne montrent aucune relation avec le débit (figures 6.2.9 et 6.2.10). À la station aval (PK 3,5) au contraire, les courbes théoriques pour les deux granulométries considérées (1 mm et 0,5 mm) correspondent bien aux charges mesurées, qui montrent une tendance proportionnelle avec le débit (figure 6.2.11). La relation théorique met en évidence une relation proportionnelle entre la charge de fond et le débit, que l'on peut interpréter comme étant représentatif de la puissance du cours d'eau. La relation est surtout évidente avec les données de 2003, suggérant un biais possible pour les données de 2004 à débits plus faibles. Selon les courbes théoriques, la charge de fond devient négligeable autour de $800 \text{ m}^3/\text{s}$ (charge de 20 t/j), ce qui correspond bien aux données de 2003.

FIGURE 6.2.8 — Diagrammes des principales relations « Vitesse d'écoulement – diamètre des particules » décrivant la mise en mouvement des sédiments

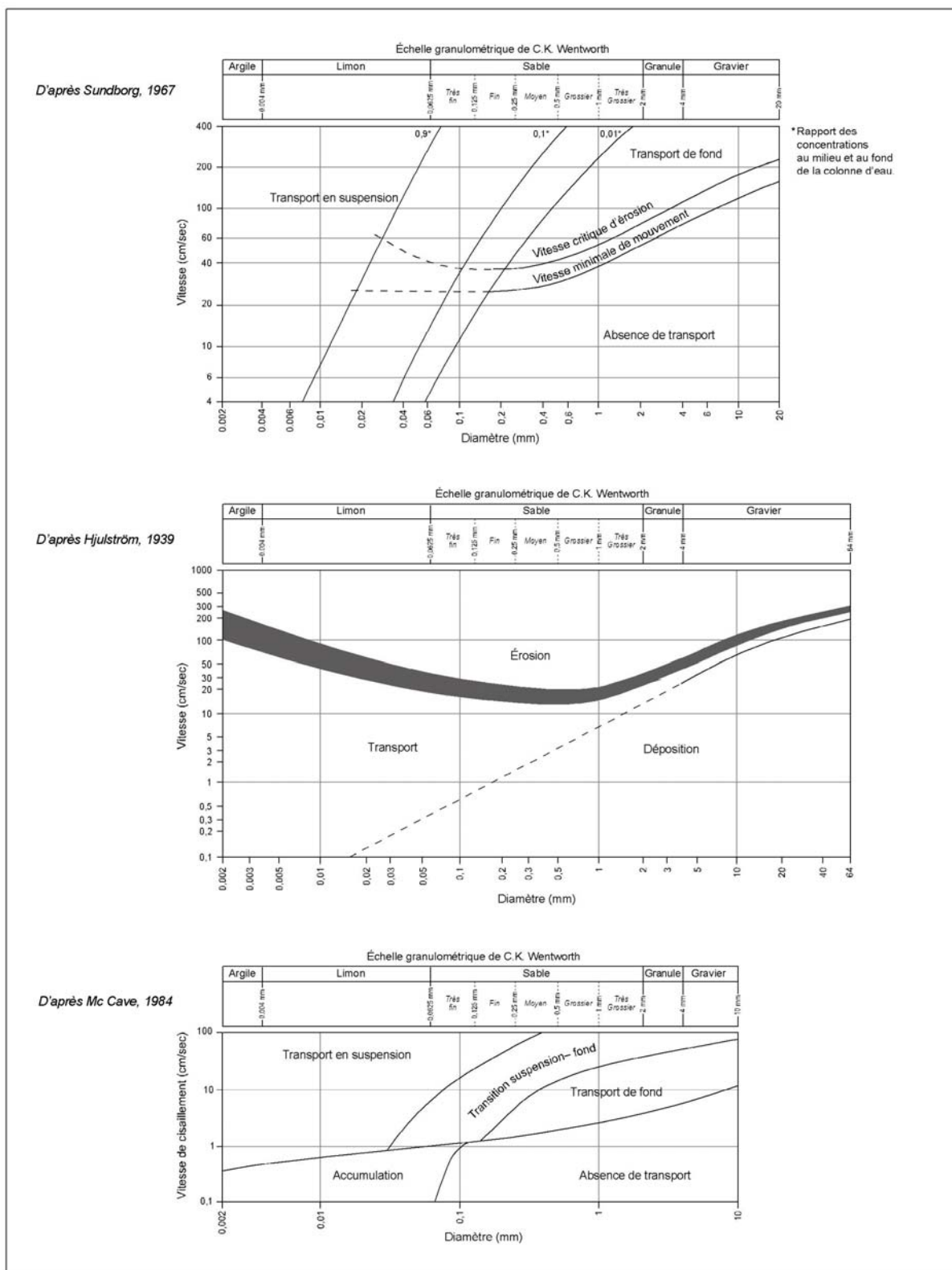


FIGURE 6.2.9 — Comparaison des charges de fond mesurées et des charges théoriques en fonction du débit, PK 53,5 (2003)

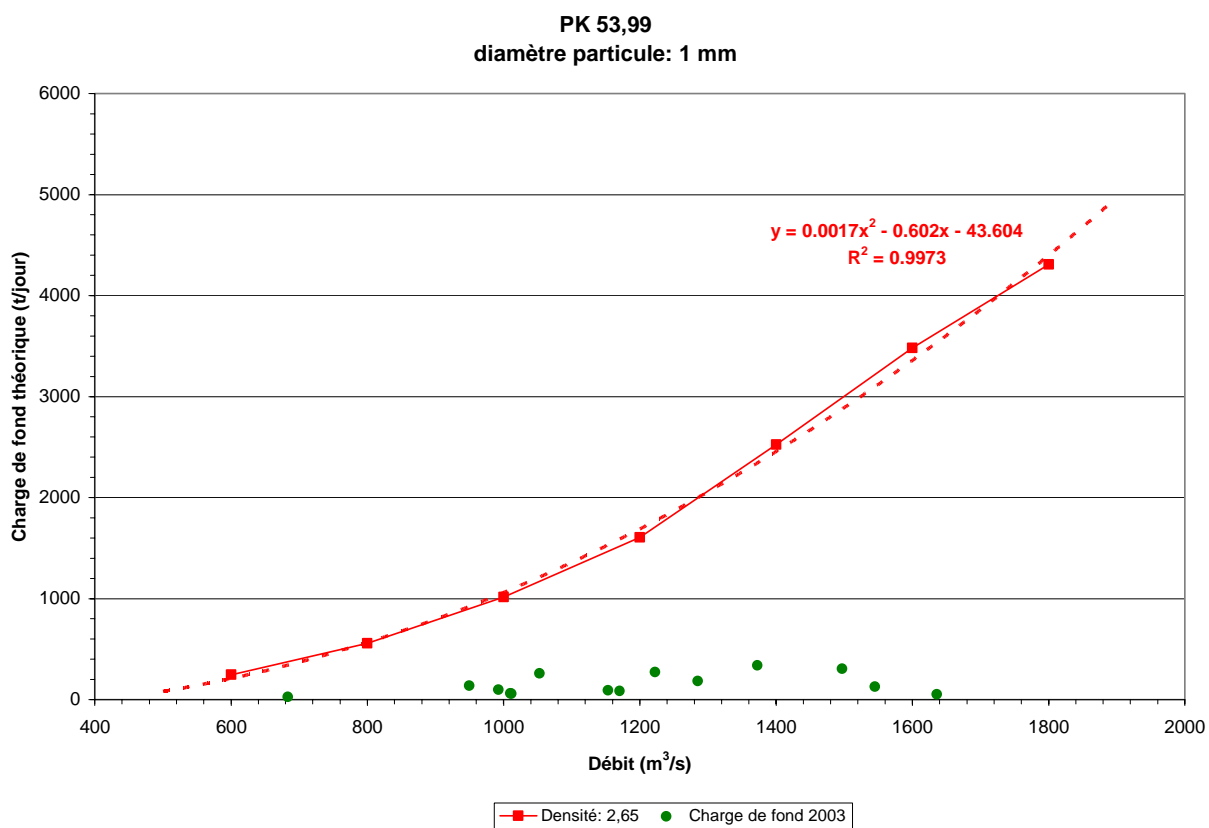


FIGURE 6.2.10 — Comparaison des charges de fond mesurées et des charges théoriques en fonction du débit, PK 162,5 (2004)

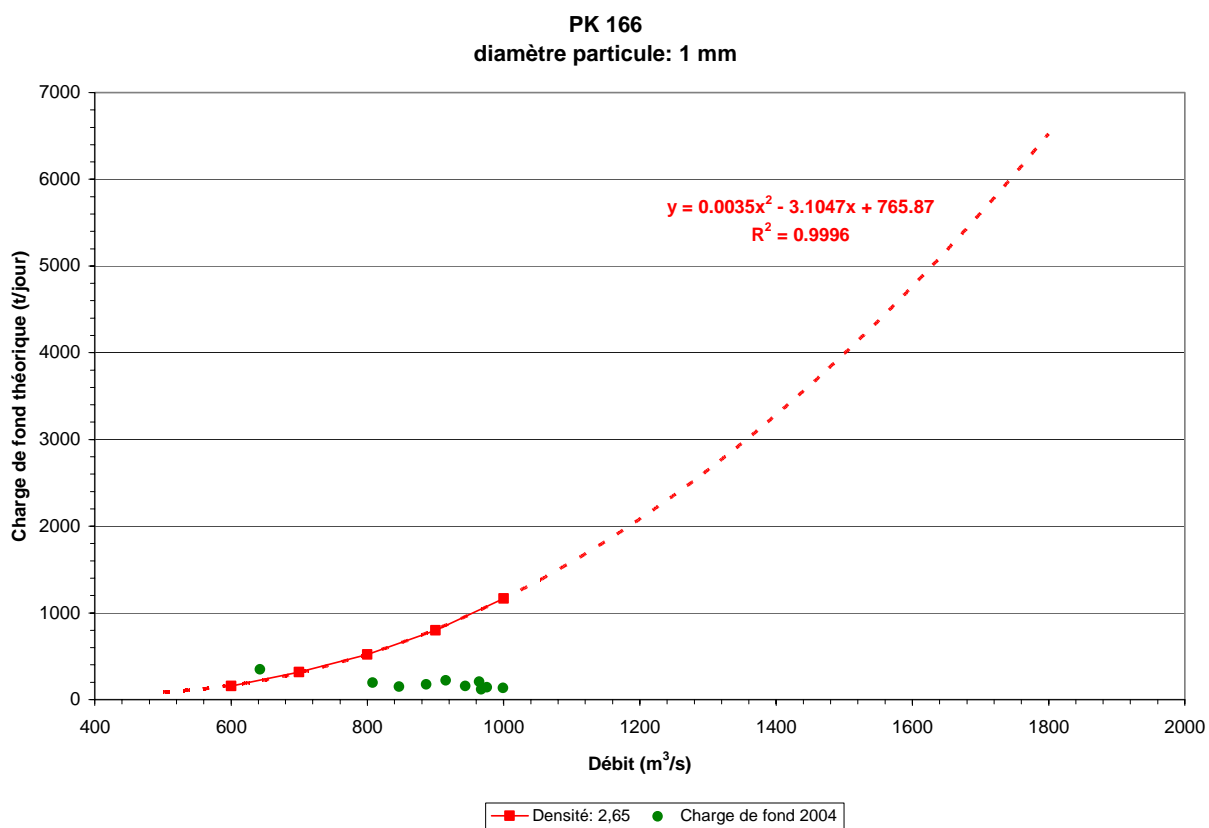
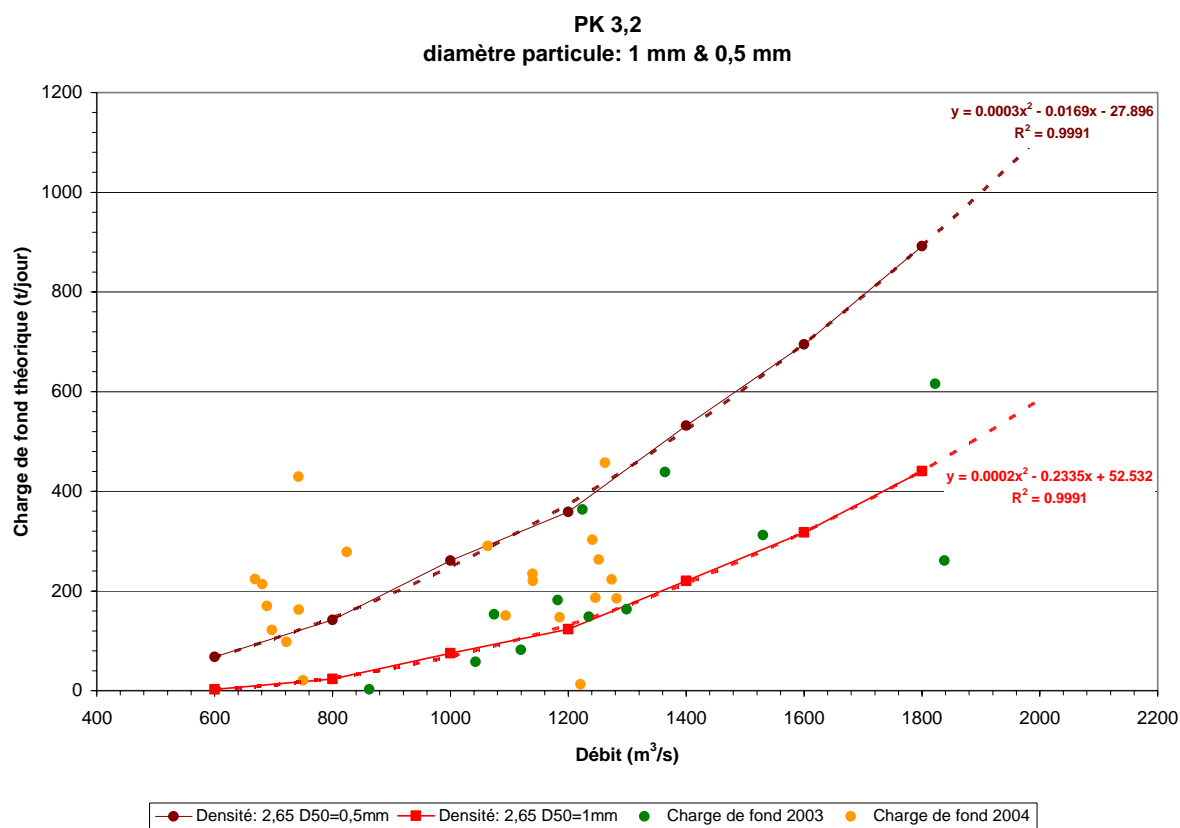


FIGURE 6.2.11 — Comparaison des charges de fond mesurées et des charges théoriques en fonction du débit, PK 3,8 (2003-2004)



7. ANALYSE DU TRANSIT SÉDIMENTAIRE LE LONG DE LA RIVIÈRE ROMAINE

En s'appuyant sur les données décrites précédemment, la présente section dresse un bilan sédimentaire pour les trois segments de rivière qui s'étendent à l'amont de chaque station de mesure de la charge sédimentaire, soit les segments compris entre les PK 290 et 162,5, entre les PK 162,5 et 53,5 et entre les PK 53,5 et 3,8.

Pour chacun des segments considérés, le bilan prend en considération les apports potentiels de sédiments et la charge sédimentaire mesurée à l'aval du segment. Les apports sédimentaires potentiels se composent donc :

- a) de la charge sédimentaire provenant de l'amont;
- b) des quantités de sédiments résultant de l'érosion des rives :
 - du segment de rivière en question;
 - des tributaires qui l'alimentent.

Un bilan positif, obtenu lorsque les quantités évacuées à l'aval sont inférieures aux apports potentiels du segment de rivière considéré, implique qu'une partie des apports de sédiments est retenue le long de ce segment. Ces sédiments ont pu s'accumuler au pied des talus actifs ou être transportés sur une certaine distance puis piégés le long du parcours des eaux dans des trappes sédimentaires. À l'inverse, un bilan négatif signifie que la quantité totale de sédiments transférée à l'aval est supérieure aux apports sédimentaires potentiels et donc que le segment de rivière subit une certaine érosion. Enfin, un bilan nul est obtenu lorsque la quantité d'apports sédimentaires est équivalente à la quantité de sédiments évacués vers l'aval. On peut alors parler de profil d'équilibre.

7.1 Charge de fond

7.1.1 Bilan sédimentaire de la charge de fond

La figure 7.1.1 schématise le bilan sédimentaire de la charge de fond des trois segments de la rivière Romaine. Les matériaux considérés autant dans le calcul des apports par érosion que dans la mesure de la charge de fond sont constitués de sable (particules de 63 µm à 2 mm).

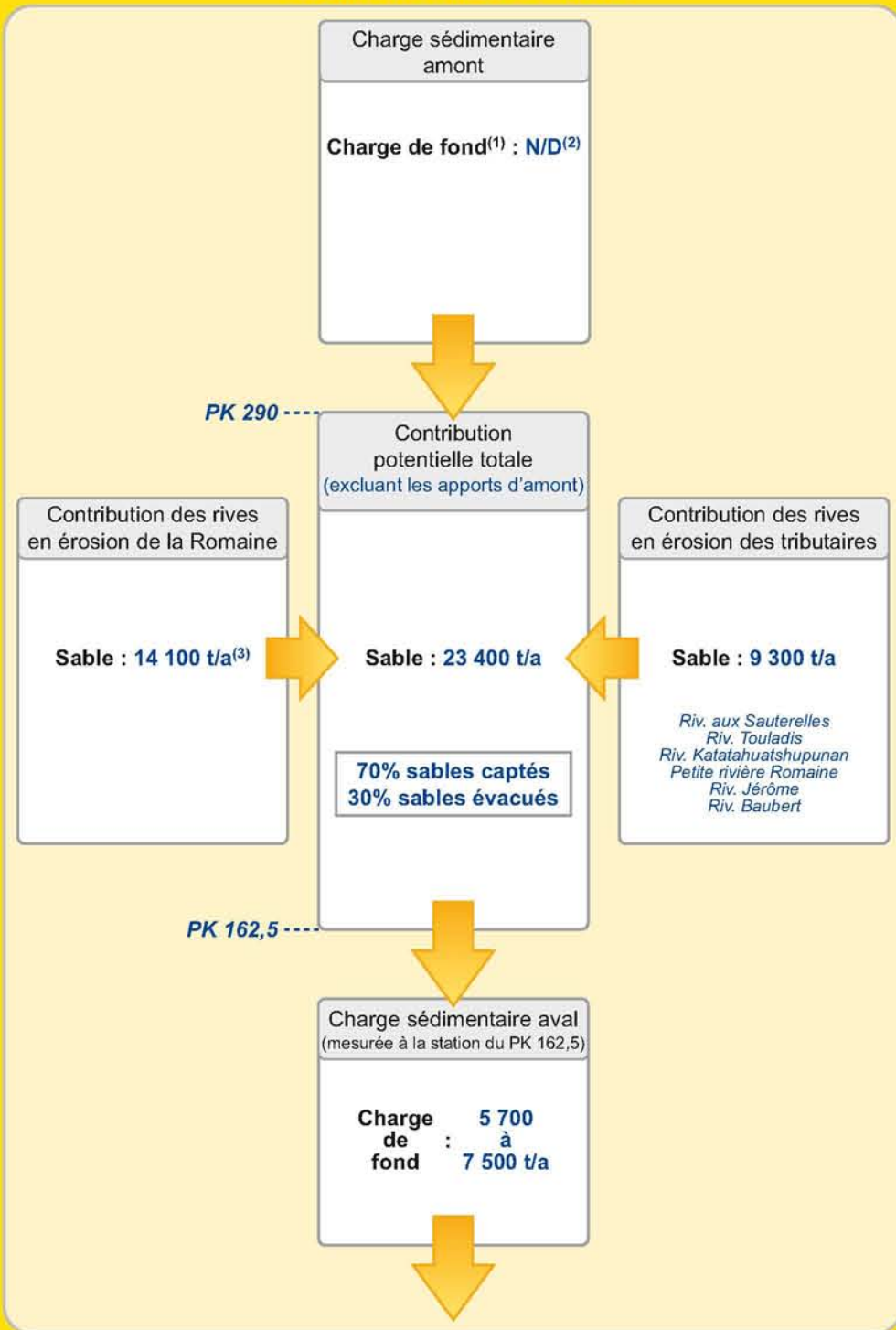
A. Segment PK 290 à 162,5

Intrants (23 400 t/a) : Ce segment de rivière, qui regroupe les zones homogènes 19 à 27, chevauche les portions de la rivière Romaine qui seraient touchées par les aménagements projetés de Romaine 3 et de Romaine 4. Il est alimenté par les rivières aux Sauterelles, Touladis, Petite Romaine et Baubert et les ruisseaux Katahtautshupunan et Jérôme, qui lui apportent une quantité totale de sable estimée à 9 300 t/a. La rivière aux Sauterelles fournirait à elle seule les deux tiers de la contribution totale des tributaires. Les talus instables le long de ce tronçon de la Romaine livreraient au total 14 100 t/a de sable. L'essentiel de la contribution des rives en érosion de la Romaine provient des zones homogènes 24 à 26. La quantité de sédiments provenant de l'amont de la zone d'étude n'est pas connue. Le total des apports potentiels de sable livrés par érosion serait donc de 23 400 t/a.

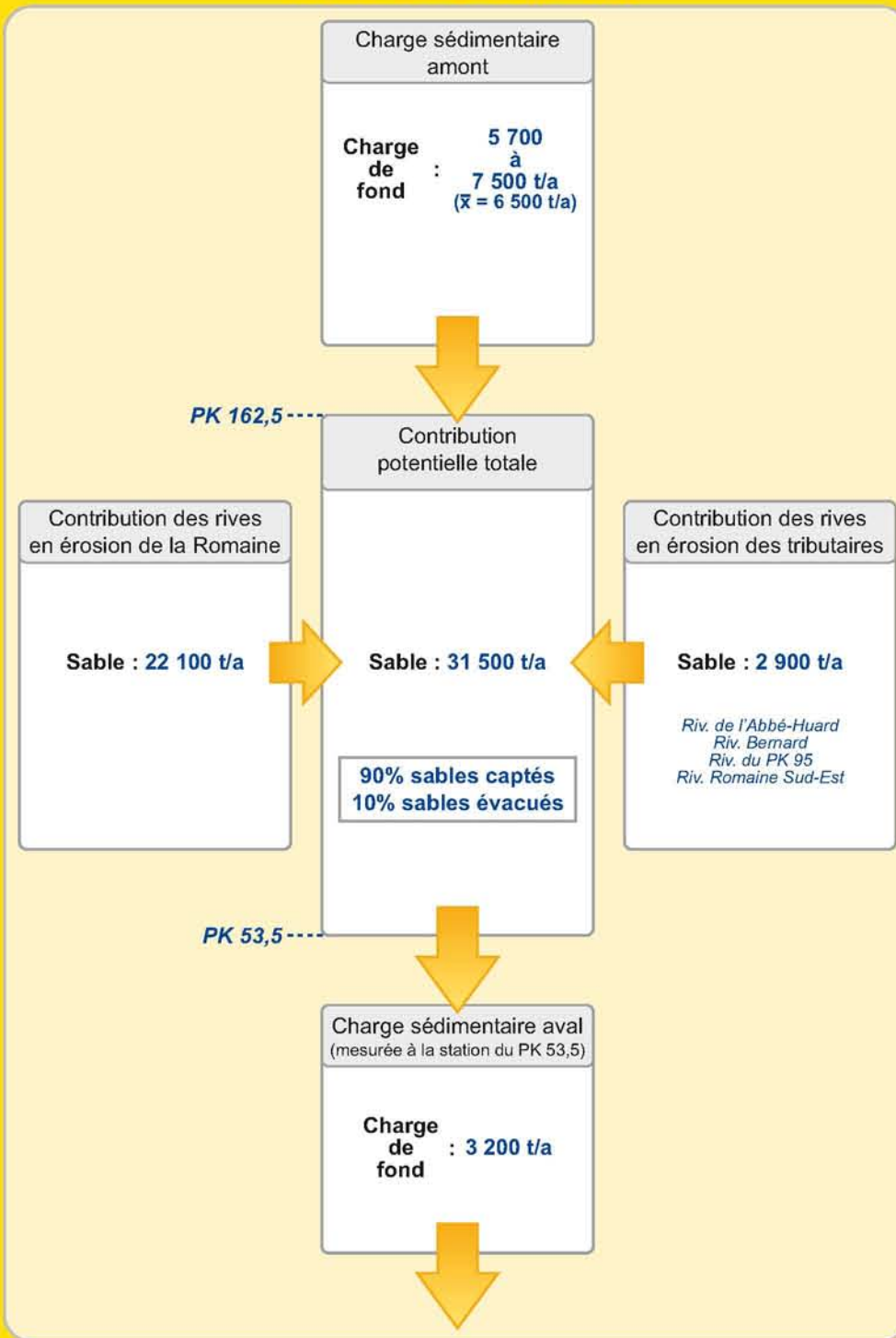
Extrants (5 700 à 7 500 t/a) : Selon les mesures, environ 30 % des apports sableux de ce segment (soit ~ 6 500 t/a en moyenne) parviennent au PK 162,5 et sont évacués vers l'aval. Par conséquent, 70 % des sédiments (soit près de 17 000 t/a) seraient captés à l'intérieur du segment de la rivière. Une certaine proportion peut s'accumuler au pied des talus actifs, alors que le reste est vraisemblablement incorporé à la charge sédimentaire, mais sédimenterait le long du parcours des eaux, dans les bassins où l'écoulement est plus lent. Ces zones de sédimentation potentielle sont identifiées à la section 7.1.2.

Potentiel : Le résultat du calcul de transport théorique de la rivière au PK 162,5 (voir section 6.2.5 du rapport et figure 6.2.10) montre un potentiel dépassant largement la charge de fond mesurée. À cet endroit, la rivière Romaine semble donc être sous-alimentée par rapport à sa capacité de transport. Ceci tend à confirmer qu'une très faible partie des sédiments érodés atteignent ce point de la rivière Romaine. Le bilan de ce segment de rivière est positif.

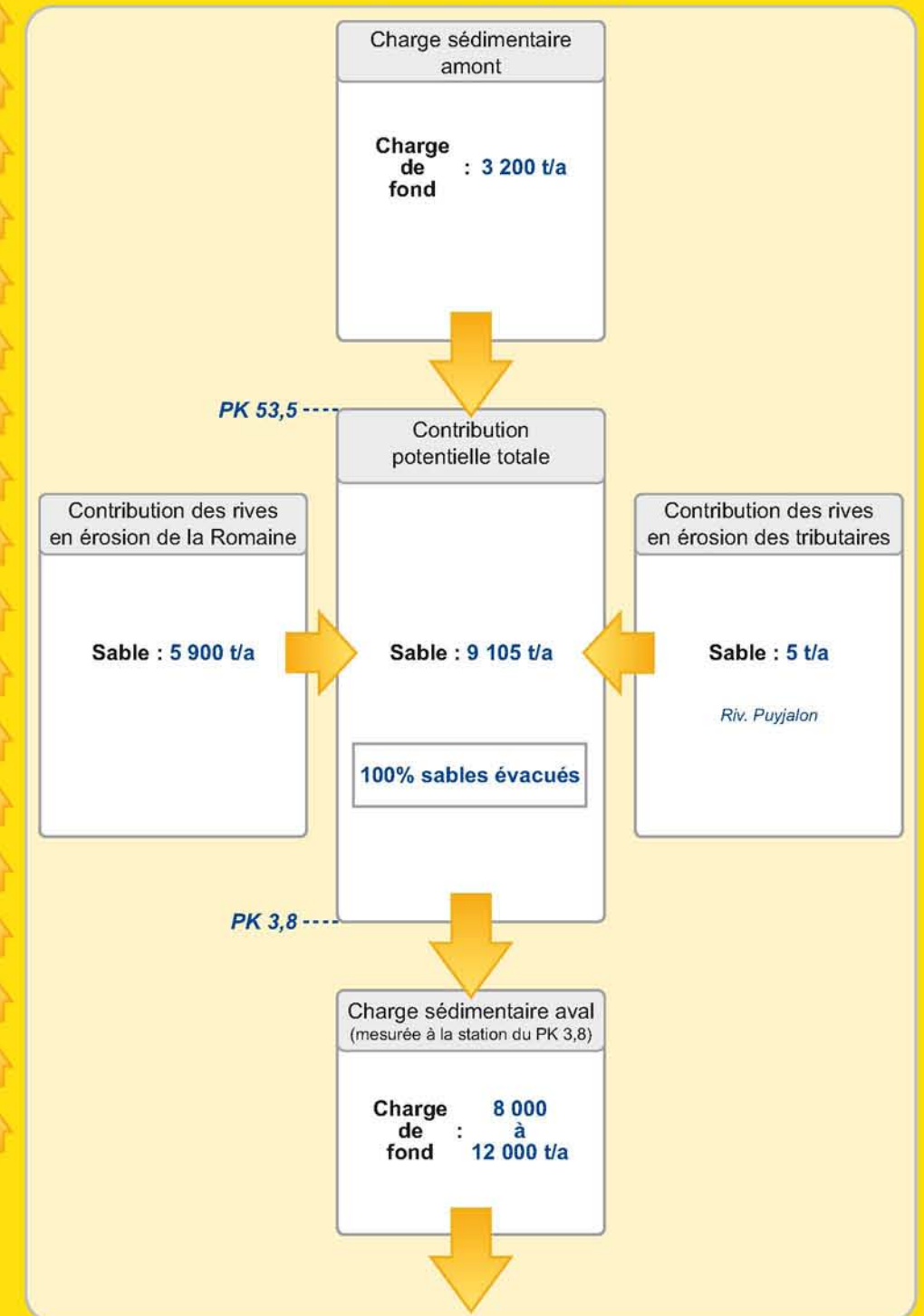
SEGMENT PK 290 - 162,5



SEGMENT PK 162,5 - 53,5



SEGMENT PK 53,5 - 3,8



Complexe de la Romaine

Étude de la dynamique sédimentaire

Bilan annuel de la charge de fond

Sources :
Cartographie : Poly-Géo Inc.
Fichier : 0344_res_po_107_060131.pdf

Figure 7.1.1

Février 2006

Hydro Québec Production

(1) : composée de 95% à 100% de sable (particules de 63 µm à 2 mm)
(2) : non disponible
(3) : tonnes/année

B. Segment PK 162,5 à 53,5

Intrants (31 500 t/a) : Ce segment de la rivière Romaine, qui s'étend sur une longueur de 109 km, serait affecté par les aménagements de Romaine 1 et Romaine 2. Il englobe les zones homogènes 7 à 18. Les tributaires suivants s'y jettent : les rivières de l'Abbé-Huard, Bernard, du PK 95 et Romaine Sud-Est. L'érosion des berges de ces tributaires livrerait à la Romaine 2 900 t de sable par année, dont près de 60 % proviennent de la rivière de l'Abbé-Huard. L'érosion des rives de la Romaine fournirait quant à elle 22 100 t/a de sédiments sableux. La plus grande partie de ces apports proviendrait des rives instables des zones homogènes 12, 13 et 14. Une charge résiduelle en provenance du segment amont, qui totaliserait ~ 6 500 t/a, s'ajoute à ces apports. Le total des apports de sédiments à ce segment de rivière s'élèverait donc à 31 500 t/a.

Extrants (3 200 t/a) : Environ 10 % des apports sableux de ce segment (soit 3 200 t/a) semblent parvenir au PK 53,5 et compléter leur transit vers l'aval. Le reste de ces sédiments (~ 28 300 t/a) serait donc capté à l'intérieur même du segment de rivière, au droit des bassins où l'écoulement est plus lent.

Potentiel : Tout comme au PK 162,5, le résultat du calcul de transport théorique de la rivière au PK 53,5 (voir section 6.2.5 du rapport et figure 6.2.9) montre un potentiel largement supérieur à la charge de fond mesurée. À cet endroit, la rivière Romaine serait aussi sous-alimentée par rapport à sa capacité de transporter. Le bilan y est donc positif.

C. Segment PK 53,5 à 3,8

Intrants (9 105 t/a) : Ce dernier segment de rivière s'allonge sur une cinquantaine de kilomètres à l'aval de la Grande Chute, le site prévu pour l'aménagement du barrage de la Romaine 1. Il regroupe les zones homogènes 2 à 6. La rivière Puyjalon, seul tributaire d'importance, y apporterait seulement 5 t de matériaux sableux par année. L'érosion des rives de la Romaine en fournirait par contre 5 900 t/a, l'essentiel provenant des zones homogènes 2 et 3. La charge résiduelle fournie par le segment amont est de 3 200 t/a. Le total des apports de sédiments à ce segment de rivière s'élèverait donc à 9 105 t/a.

Extrants (8 000 à 12 000 t/a) : Dans le cas de ce tronçon, la totalité des apports potentiels (~ 10 000 t/a) semble parvenir au PK 3,8 et poursuivre son transit vers l'aval, c'est-à-dire vers l'estuaire. Ce segment est le seul à avoir un bilan de transport équilibré, où les apports sont presque entièrement transférés vers l'aval et très peu de sédiments sont captés.

Potentiel : À l'inverse des deux stations plus en amont, la capacité de transport de la rivière Romaine au PK 3,8 (voir section 6.2.5 du rapport et la figure 6.2.11) équivaut approximativement à la charge de fond mesurée en 2003 et en 2004. À cet endroit, la rivière Romaine semble réussir à transporter l'ensemble des apports sédimentaires disponibles sur une base annuelle. Le bilan est donc équilibré.

7.1.2 Dynamique sédimentaire de la charge de fond

Le profil de la figure 7.1.2 met en relation les divers éléments du milieu (substrat rocheux, composition des berges, talus instables, profil longitudinal de la rivière, discontinuités géochimiques, trappes sédimentaires, etc.) de façon à analyser la dynamique de la charge de fond le long des trois segments de rivière étudiés.

A. Segment PK 290 à 162,5

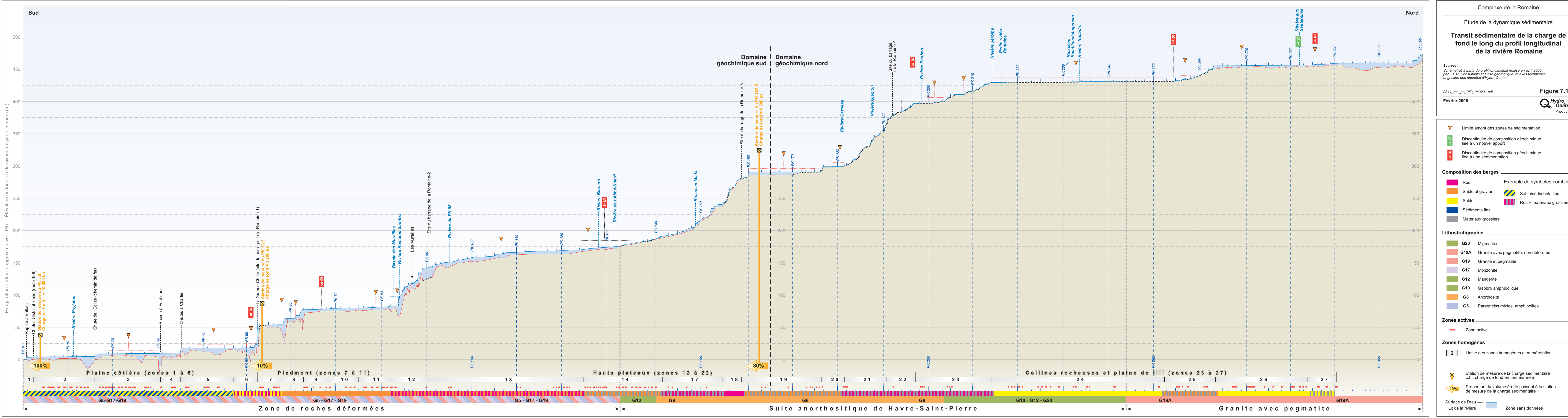
En 2003 et en 2004, ce segment de la rivière Romaine a reçu plus de sédiments qu'il n'en a transféré vers l'aval. Seulement 30 % des apports reçus ont transité au PK 162,5. La capacité de transport théorique de la rivière à ce point dépasse pourtant largement la charge mesurée. La rivière serait donc sous-alimentée à cet endroit.

La démarcation majeure entre les domaines géochimiques nord et sud, localisée aux environs du PK 165, supporte le fait qu'une faible proportion des sédiments livrés à la Romaine dans le segment du PK 290 à 162,5 soit évacuée vers l'aval. Les sédiments portant la signature du domaine géochimique nord ne semblent pas influencer significativement la composition des sédiments au sud du PK 165.

Le segment compris entre les PK 282 et 215 fournit la majeure partie des apports sédimentaires de ce segment de rivière. Les sédiments proviennent de la rivière aux Sauterelles (PK 282) et de l'érosion des talus riverains des zones 24 à 26. Dans ce tronçon long de 70 km, le lit de la rivière, en pente faible, favorise la sédimentation. On y observe de nombreux hauts-fonds (voir photo 7.1.1). Les discontinuités géochimiques (S2 et S3) indiquent que le transit des sédiments est assez court. Les apports provenant de la rivière aux Sauterelles et de l'érosion des talus de la zone 26 sont détectables jusqu'aux environs du PK 256 et ne semblent franchir cette limite qu'en faible proportion (discontinuité S2). Les quelque 4 000 t de sable fournies annuellement par les talus instables des zones 24 et 25 seraient en grande partie captées à l'amont du PK 196 (discontinuité S3). La proportion des apports sableux qui franchit la discontinuité S3 semble cependant être transportée jusqu'au PK 162,5.

Le segment compris entre les PK 215 et 181 présente une pente générale forte peu favorable à l'accumulation de sédiments. Les rives des zones 21 à 23, dans l'ensemble résistantes à l'érosion, fournissent très peu de sédiments à la rivière.

Le segment s'allongeant du PK 181 au PK 162,5 présente une pente faible favorisant l'accumulation de sédiments. Le peu d'érosion en bordure des zones 19 et 20 n'apporte cependant que de faibles volumes à la Romaine.



Complexe de la Romaine

Étude de la dynamique sédimentaire

Transit sédimentaire de la charge de fond le long du profil longitudinal de la rivière Romaine

Sources : Schématisé à partir du profil longitudinal réalisé en avril 2005 par G.P.R. Consultants et Unité géomatique, relevés techniques et gestion des données d'Hydro-Québec

0344_res_po_059_060201.pdf **Figure 7.1.2**

Février 2006 **Hydro Québec**
Production

▼ Limite amont des zones de sédimentation

N 1 Discontinuité de composition géochimique liée à un nouvel apport

S 1 Discontinuité de composition géochimique liée à une sédimentation

Composition des berges

Exemple de symboles combinés :

- Roc
- Sable et gravier
- Sable
- Sédiments fins
- Matériaux grossiers
- Sable/sédiments fins
- Roc + matériaux grossiers

Lithostratigraphie

- G20 : Migmatites
- G19A : Granite avec pegmatite, non déformés
- G19 : Granite et pegmatite
- G17 : Monzonite
- G12 : Mangrélite
- G10 : Gabbro amphibolique
- G8 : Anorthosite
- G5 : Paragneiss mixtes, amphibolites

Zones actives

- Zone active

Zones homogènes

- 2 Limite des zones homogènes et numérotation

Station de mesure de la charge sédimentaire c.f. : charge de fond en tonne/année

10% Proportion du volume érodé passant à la station de mesure de la charge sédimentaire

Surface de l'eau

Lit de la rivière

Zone sans données

La quantité de sable (6 500 t/an) passant le PK 162,5 viendrait surtout des secteurs actifs situés en amont de la discontinuité S3 (PK 197) et, dans une moindre mesure, des talus actifs des zones 19 et 20 situées à proximité du PK 162,5.



Photo 7.1.1 Rivière Romaine vue du PK 270 vers le nord-ouest. Les conditions hydrologiques du segment de rivière compris entre les PK 290 et 215 favorisent l'accumulation des sables le long du parcours des eaux.

Environ 70 % des sédiments érodés annuellement en 2003 et en 2004 auraient été captés dans ce segment de rivière et n'auraient pas atteint le PK 162,5. Une faible part de ces volumes a pu s'accumuler temporairement au pied des talus actifs. Une autre partie, beaucoup plus importante, a été incorporée à la charge sédimentaire et a pu être transportée sur une certaine distance avant de sédimenter dans les bassins le long du parcours des eaux. Ces zones jouent le rôle de trappes sédimentaires et ont un pouvoir tampon qui leur permet d'emmagasiner une certaine quantité de sédiments jusqu'à ce qu'une crue importante se produise. Il semble que le débit des crues de 2003 et 2004 (de 1 800 et de 1 400 m³/s respectivement) ait été insuffisant pour évacuer les trappes de ce segment de rivière.

Ce segment de la rivière Romaine a subi une accumulation nette de sédiments en 2003 et en 2004. Les discontinuités géochimiques identifiées le long de ce segment de rivière tendent à confirmer que le transport des sédiments est peu efficace et que ce segment serait en période de remplissage (voir figure 7.1.3). Les apports sédimentaires seraient stockés entre les PK 290 et 215.

B. Segment PK 162,5 à 53,5

À l'instar du segment décrit précédemment, celui s'étendant entre les PK 162,5 et 53,5 a reçu plus de sédiments qu'il n'en a transféré vers l'aval en 2003 et en 2004. Environ 10 % de ses apports annuels en sable ont été évacués au PK 53,5. À cet endroit, la rivière a la capacité de transporter beaucoup plus de sédiments qu'elle ne l'a fait en 2003-2004. Il semble que la rivière soit donc sous-alimentée à ce point.

La portion du segment comprise entre les PK 162,5 et 140 présente une pente forte (4 m/km). L'écoulement y est rapide et les rives, dans l'ensemble résistantes à l'érosion, fournissent très peu de sable à la rivière. Les apports sableux provenant du segment amont (PK 290-162,5) y seraient transportés vers l'aval.

La pente du lit de la rivière s'adoucit considérablement entre les PK 140 et 95 (0,8 m/km). L'écoulement y est lent, mais les conditions ne semblent favorables à la sédimentation du sable qu'à quelques endroits entre les PK 128 et 106. La plus grande partie des apports sableux provient du segment de rivière compris entre les PK 140 et 110 (zones 13 et 14). Les talus instables y sont nombreux et les rivières de l'Abbé-Huard et Bernard livrent des quantités appréciables de sédiments. Si on additionne les apports provenant de l'amont, une quantité potentielle de sable d'environ 20 000 t alimenterait ce secteur annuellement. La discontinuité géochimique S4, qui couvre le secteur de l'embouchure des rivières de l'Abbé-Huard et Bernard, indique que l'influence de ces apports ne se fait presque plus sentir en aval du PK 124. Ainsi, les apports de ces tributaires contribueraient peu à la charge sédimentaire de la Romaine et ceux provenant des talus instables de ce segment de la Romaine seraient transportés sur moins de 5 à 10 kilomètres.

La pente du tronçon compris entre les PK 95 et PK 84 est très prononcée (6 m/km ; secteur des Murailles). L'écoulement y est très rapide, mais une série de bassins séparant les seuils rocheux captent une partie des apports sableux qui y transitent. Les rives principalement rocheuses ne fournissent que très peu de sédiments à la rivière. Ce segment aboutit dans le bassin des Murailles (PK 84 à 82). L'érosion des talus très élevés formant la limite nord du bassin fournit des volumes appréciables de sable. La plupart de ces apports, de même que ceux qui proviennent de l'amont, sont vraisemblablement captés dans le bassin (voir photo 7.1.2), mais une certaine partie franchit le seuil du PK 82.

Le tronçon s'étendant entre les PK 82 et 53,5 présente une pente relativement faible (< 0,5 m/km), si on exclut la zone de seuils comprise entre les PK 64 et 58. Les conditions semblent peu propices à la sédimentation entre le bassin des Murailles et le PK 64. Par contre, des accumulations de sable sont visibles dans les bassins plus ou moins étendus en aval de ce point. La discontinuité géochimique S5 montre une différence de composition entre ces sédiments et ceux provenant de l'amont du PK 68.

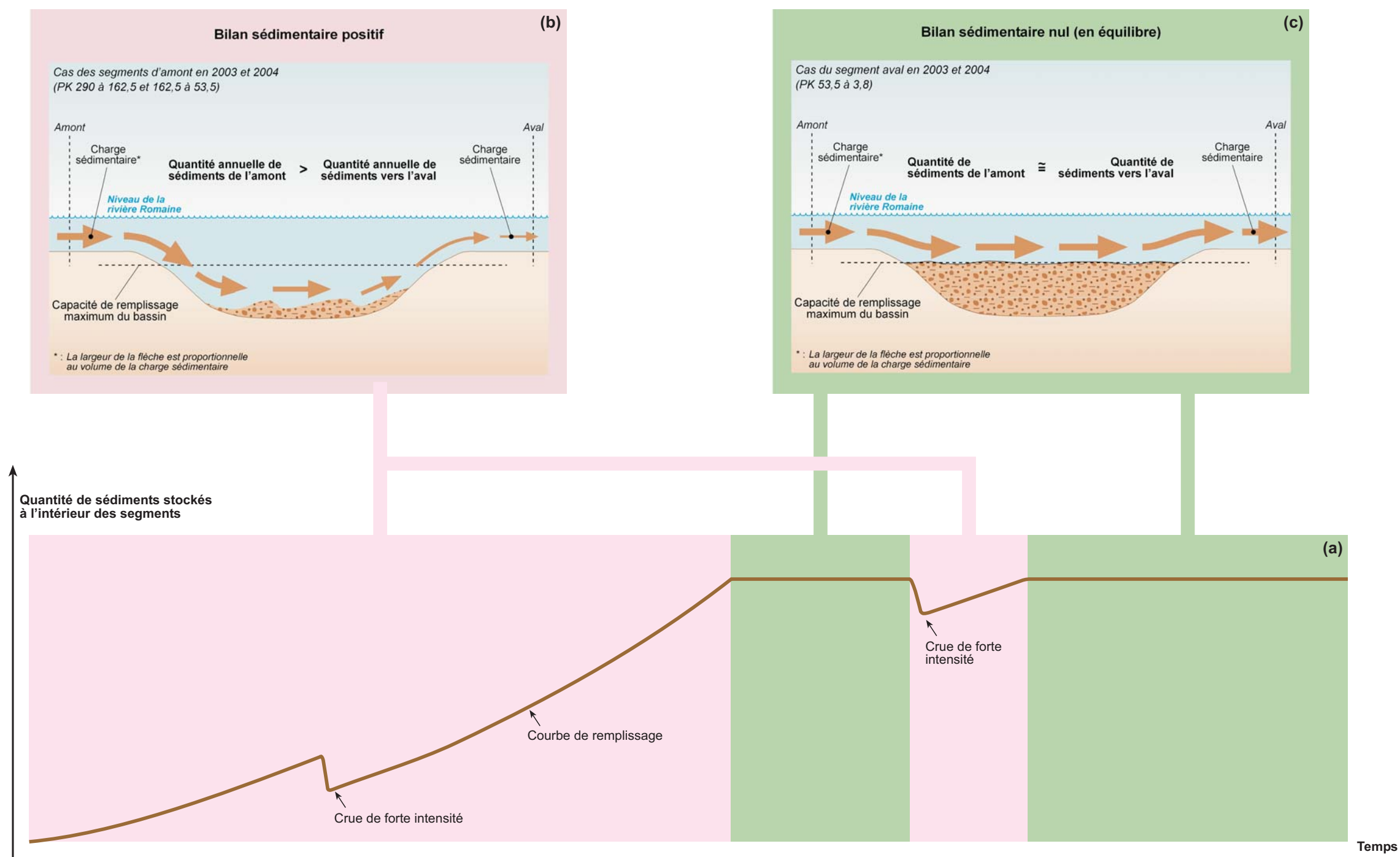
La quantité de sable (3 200 t/an) passant au PK 53,5 serait essentiellement fournie par les talus actifs situés en aval du bassin des Murailles, plus particulièrement ceux des zones 9, 10 et 11. Une quantité de sédiments de l'ordre de 1 000 t/an proviendrait de l'amont.

Positionnement des segments étudiés de la Romaine dans le cadre de l'évolution schématique d'une rivière

Sources :
Cartographie : Poly-Géo Inc.
Fichier : 0344_res_po_122_060331.pdf

Mars 2006

Figure 7.1.3



La portion inférieure de cette figure (a) schématise l'évolution du remplissage des trappes sédimentaires des segments d'une rivière en fonction du temps. Sans la présence de crues de forte intensité, les segments verront leur capacité de stockage éventuellement atteinte. Durant les périodes de remplissage (zones roses de la figure), les intrants sédimentaires des segments excéderont les extrants et le bilan du segment considéré sera positif. C'est le cas des segments amont de la Romaine, schématisés en (b). Dans l'éventualité où la capacité de stockage d'un segment sera atteinte (zones vertes de la figure), les extrants seront équivalents aux intrants et le bilan sera nul, comme c'est le cas du segment aval de la Romaine, schématisé en (c). Des crues de forte intensité peuvent se produire à tout moment et retarder, voire rompre, l'état d'équilibre.

Ce segment de la rivière Romaine a subi une accumulation nette de sédiments au cours des deux années de mesure et serait en période de remplissage (voir figure 7.1.3). Le stockage des apports sédimentaires y est très localisé. Il semble se concentrer dans le secteur des embouchures des rivières de l'Abbé-Huard et Bernard, ainsi que dans le segment compris entre les PK 90 et 82 qui englobe une série de bassins dont le principal est le bassin des Murailles.



Photo 7.1.2 Bassin des Murailles vu vers le nord-ouest. La majeure partie des sables produits par l'érosion des hauts talus formant la limite nord du bassin des Murailles (en haut à droite sur la photo), de même qu'une bonne part des sables provenant de l'amont semblent se sédimenter dans le bassin.

C. Segment PK 53,5 à 3,8

Au cours des années 2003 et 2004, ce segment de la rivière Romaine a transféré vers l'aval autant de sédiments qu'il en a reçu. La charge de fond mesurée au PK 3,8 correspond à peu de chose près à la capacité de transport théorique de la rivière à ce point.

La pente généralement faible de ce segment de rivière (0,2 m/km en moyenne) a favorisé l'accumulation de sédiments et le remplissage des bassins le long du parcours des eaux. Le bilan sédimentaire est aujourd'hui en équilibre (voir figure 7.1.3). Le temps de résidence des sédiments sableux est plus court dans ce segment que dans les deux autres. La production annuelle de sédiments érodés est compensée par l'évacuation d'une quantité équivalente de sédiments vers l'aval. Les trappes sédimentaires identifiées le

long du parcours des eaux (PK 51, 43, 36, 30, 26, 15) auraient atteint leur pleine capacité et tout nouvel apport serait transféré vers l'aval.

La discontinuité géochimique S6, située au pied de la Grande Chute (vers le PK 51), indique que les sédiments du lit en aval de ce point ont une composition relativement homogène et que la contribution des apports d'amont (de composition différente) est faible.

Ce segment de la rivière Romaine ne semble pas avoir emmagasiné de sédiments au cours des deux années de mesure (2003 et 2004) et le bilan sédimentaire y serait nul (voir figure 7.1.3).

7.2 Charge sédimentaire silto-argileuse

Les quantités de sédiments fins provenant de l'estimation des volumes érodés sont difficilement comparables à celles évaluées à partir de la charge en suspension mesurée à chacune des stations le long de la rivière Romaine. Les silts et argiles considérés dans le calcul des volumes de sédiments érodés comprennent les particules dont la taille est inférieure à 63 µm. Les particules en suspension échantillonnées aux trois stations de mesure englobent, en plus des silts et argiles, une proportion non déterminée de sable provenant de la saltation (voir section 3.3.4). Il y a lieu de croire que la mesure de la charge en suspension surestime la quantité de silt et d'argile réellement transportée aux sites d'échantillonnage. Pour cette raison, le bilan sédimentaire des silts et argiles tient compte uniquement de l'estimation des volumes de sédiments fins érodés par les tributaires et par la rivière Romaine. L'exercice a été effectué pour l'ensemble du tronçon étudié de la rivière Romaine. Les résultats sont schématisés à la figure 7.2.1.

La quantité de sédiments fins (silt et argile) fournie par les talus actifs de la rivière Romaine et de ses principaux tributaires totaliserait 16 500 t par année¹. Environ 95 % de ces apports sont produits par les talus actifs le long de la rivière Romaine, situés pour

¹ Cette quantité ne tient pas compte des volumes de silt et argile fournis par l'érosion du lit de la Romaine et de ses tributaires, ou encore de ceux provenant du secteur en amont de la zone d'étude. Ces quantités devraient toutefois être négligeables étant donné que les sédiments fins ne sont observés qu'à l'extrémité sud du parcours de la Romaine, à l'aval du bassin des Murailles, de même que dans le cours inférieur de la rivière Puyjalou. Les silt et argile y affleurent localement et sont souvent recouverts d'une couche de sable d'épaisseur variable.

l'essentiel dans la plaine côtière (zones 2 et 3) et, dans une moindre mesure, dans le secteur du piedmont (zones 11 et 12). Seulement 5 % des apports totaux en sédiments fins sont fournis par les tributaires. La majeure partie (90 %) est apportée par la rivière aux Sauterelles, le reste provient surtout des rivières Puyjalon et de l'Abbé-Huard.

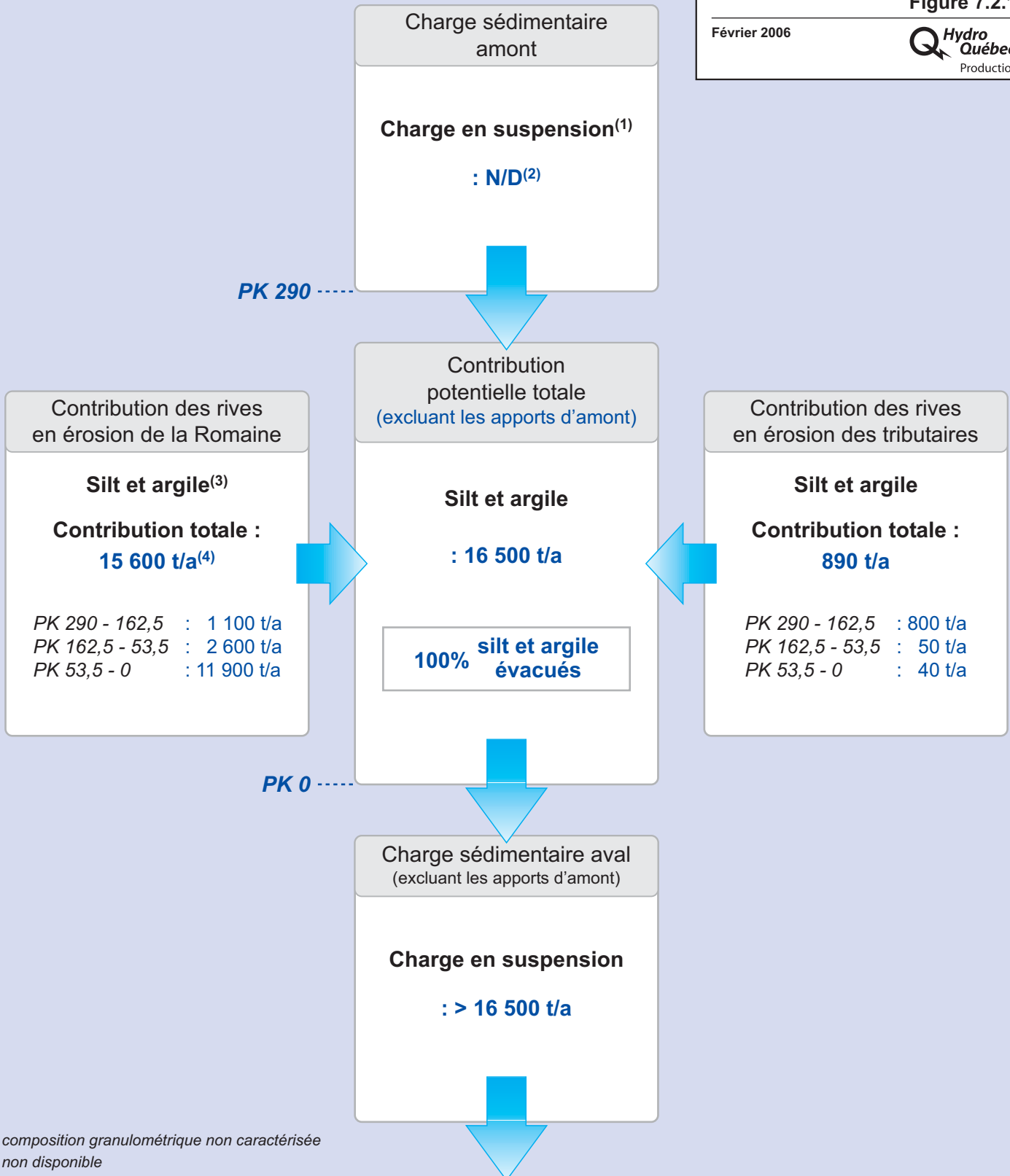
Les conditions d'écoulement le long de la Romaine permettent difficilement la sédimentation des particules fines et ce, même au droit des bassins les plus profonds. On assume donc que la quantité totale de silt et argile produite par érosion participe à la charge sédimentaire et est transportée jusqu'à l'estuaire. Un peu plus des trois quarts de la charge en sédiments fins serait engendrée par l'érosion des hauts talus argileux du tronçon de rivière à l'aval du site de Romaine 1. Le reste proviendrait surtout du secteur immédiatement à l'aval du bassin des Murailles (zones 11 et 12) ainsi que des apports de la rivière aux Sauterelles et des talus instables situés à l'amont du site du barrage projeté de Romaine 4.

Sources :

Cartographie : Poly-Géo Inc.
Fichier : 0344_res_po_110_060213.pdf

Figure 7.2.1

Février 2006



(1) : composition granulométrique non caractérisée
(2) : non disponible
(3) : particules de moins de 63 µm
(4) : tonnes/année

8. SYNTHÈSE

L'étude de la dynamique sédimentaire du bassin versant de la Romaine s'inscrit dans le cadre de l'étude d'avant-projet du projet d'aménagement hydroélectrique du Complexe de la Romaine. Elle a été menée par Poly-Géo en collaboration avec l'entreprise Environnement Illimité et l'unité Conception, hydraulique et géotechnique ainsi que l'unité Environnement d'Hydro-Québec.

L'objectif principal de l'étude consiste à dresser un portrait de la dynamique sédimentaire actuelle du bassin versant de façon à évaluer les répercussions qui pourraient être occasionnées par l'aménagement et l'exploitation du Complexe de la Romaine. En intégrant les données acquises par différentes approches, l'étude tente d'évaluer le bilan sédimentaire et de circonscrire les zones d'érosion, de transport et de sédimentation le long du parcours étudié de la rivière Romaine.

Les quatre approches utilisées ont permis de documenter différents aspects de la dynamique sédimentaire de la rivière Romaine :

- A. La caractérisation géomorphologique des rives de la Romaine et de ses tributaires a permis d'évaluer les apports sédimentaires potentiels engendrés par l'érosion. La morphologie des rives, la nature des matériaux encaissants et la composition des berges des secteurs en érosion ont été caractérisées par photo-interprétation puis ont été validées sur le terrain. Les taux de recul des berges, mesurés à partir de la comparaison de photographies anciennes et récentes, ont permis d'estimer les volumes et la composition des sédiments érodés pour l'ensemble du bassin versant.

Ainsi, 10 % des rives du segment étudié de la Romaine sont en érosion, alors que seulement 3 % des rives de ses tributaires le sont. Les berges de la Romaine fournissent ~ 42 100 t/a de sable et ~ 15 600 t/a de sédiments fins. Les principaux secteurs en érosion sont localisés dans la plaine côtière (éboulements et glissements dans le sable et les sédiments fins), près des embouchures des rivières Bernard et Abbé-Huard et dans le secteur de la zone homogène 26 (sapement et éboulements dans les dépôts de sable et de sable et gravier). Les quatorze principaux tributaires de la Romaine que nous avons considérés apportent à la Romaine ~ 12 200 t/a de sable et ~ 900 t/a de sédiments fins. Les rivières aux Sauterelles et de l'Abbé-Huard fournissent à elles seules plus de 95 % de ces sédiments. Ainsi, un total de ~ 54 300 t/a de sable et de près de ~ 16 500 t/a de

sédiments fins serait fourni par érosion et incorporé à la charge sédimentaire de la rivière Romaine.

- B. Le traçage géochimique des sédiments du lit de la rivière Romaine et de ses tributaires a permis de déceler des coupures dans le transit sédimentaire le long du parcours de la Romaine. L'analyse mène à deux principales conclusions. D'abord, les compositions géochimiques des échantillons indiquent une distribution géographique non-aléatoire, c'est-à-dire l'existence de regroupements locaux d'échantillons possédant des similitudes de composition. La composition de la charge est donc régionalement distribuée. Ensuite, la comparaison de la composition géochimique des échantillons prélevés de l'amont vers l'aval indique que la charge sédimentaire est significativement fractionnée à six reprises. Ces coupures indiquent un changement significatif dans la composition géochimique provoqué soit par la sédimentation partielle de la charge sédimentaire dans des bassins où l'écoulement est plus lent, ou par un renouvellement de cette charge (contribution d'un tributaire ou d'une zone en érosion le long de la Romaine). Parmi les tributaires, la rivière aux Sauterelles est celui qui module la composition géochimique de la charge de fond de la Romaine le plus significativement. Sa signature sédimentaire est détectable sur une quarantaine de kilomètres en aval de son embouchure. La contribution des autres tributaires semble beaucoup moins importante.
- C. La mesure de la charge sédimentaire (charge de fond et en suspension) à trois stations sur le cours de la rivière Romaine a permis d'estimer la charge transportée annuellement. Une première station est située dans la zone de l'embouchure (PK 3,8), une deuxième aux environs de la centrale projetée de la Romaine-1 (PK 53,5) et une troisième aux environs de la centrale projetée de la Romaine-3 (PK 162,5). Les mesures ont été prises pendant la période de crue en 2003 (PK 3,8 et 53,5) et en 2004 (PK 3,8 et 162,5).

La relation entre le débit et la charge de fond est synchrone. La charge de fond est essentiellement composée de sables moyens et grossiers. Les valeurs estimées aux trois stations sont les suivantes:

- PK 3,8: 8 000 à 12 000 t/a
- PK 53,5: ~ 3 000 t/a
- PK 162,5: ~ 6 000 t/a.

La relation entre le débit et la charge en suspension n'est, quant à elle, pas synchrone. Le pic de la charge en suspension précède de 5 à 15 jours les débits maximums de la crue à la station aval. La granulométrie de la charge en suspension n'est pas décrite, mais il semble qu'en plus du silt et de l'argile, des proportions non-négligeables de sable fin et moyen soient présentes. Les valeurs estimées aux trois stations sont les suivantes:

- PK 3,8: 42 000 à 62 000 t/a
- PK 53,5: ~ 30 000 t/a
- PK 162,5: ~ 27 000 t/a.

- D. La charge de fond théorique de la rivière Romaine a été calculée pour chacune des stations d'échantillonnage en tenant compte des données hydrauliques et bathymétriques de la rivière à ces endroits. Cette donnée permet ainsi de comparer la charge sédimentaire mesurée à la capacité de transport potentielle. Il ressort de cet exercice que la rivière Romaine, aux stations des PK 53,5 et 162,5, a un potentiel de transport beaucoup plus élevé que la charge sédimentaire mesurée. Au PK 3,8, la charge sédimentaire mesurée correspond à la capacité de transport de la rivière à ce point.

L'intégration de l'ensemble des données permet d'établir les constats suivants pour la charge de fond:

Pour les segments de rivière localisés à l'amont du PK 53,5: La rivière transfère vers l'aval seulement une portion de ce qu'elle peut théoriquement transporter et de ce qui est érodé (30 % au PK 162,5 et 10 % au PK 53,5). Ceci implique que la rivière Romaine est sous-alimentée aux PK 162,5 et 53,5 et qu'une partie des apports de sable fournis annuellement par l'érosion sédimente dans les segments à écoulement lent de la rivière. Les données géochimiques indiquent des discontinuités de la composition de la charge sédimentaire qui supportent ces conclusions.

Pour le segment aval de la rivière compris entre les PK 53,5 et 3,8: La rivière transfère vers l'embouchure des volumes de sable équivalents à ce qui est érodé dans ce segment (entre le PK 53,5 et 3,8). Une faible proportion des sables qui atteignent le PK 3,8 provient du segment de rivière à l'amont de la Grande Chute (PK 52). La capacité théorique de transport de la rivière est atteinte au PK 3,8. L'uniformité de la composition géochimique des sédiments dans ce segment de rivière supporte ces observations.

Bien qu'on possède peu d'informations en ce qui concerne la quantité de silt et d'argile dans la charge en suspension mesurée, il est toutefois possible de tirer les conclusions suivantes. Les conditions hydrauliques de la rivière Romaine étant peu favorables à la sédimentation des particules fines, la charge en silt et argile serait entièrement évacuée vers l'embouchure. La majeure partie (95 %) est produite par l'érosion des rives du segment de rivière localisé à l'aval de la Grande Chute. Seulement 5 % des apports en sédiments fins proviendraient de l'amont.

Le bilan sédimentaire présenté ici s'appuie sur les mesures de la charge sédimentaire effectuées en 2003 et en 2004. Les hydrogrammes montrent que l'envergure des crues au cours de ces deux années se situe dans la moyenne des crues mesurées depuis une cinquantaine d'années. Il est donc raisonnable de croire que les observations faites durant ces deux années soient représentatives de la dynamique sédimentaire moyenne de la rivière Romaine. Des mesures supplémentaires de la charge sédimentaire dans le cours aval (entre l'embouchure et le PK 53) au cours des prochaines années pourraient toutefois être utiles pour confirmer ou compléter les conclusions de la présente étude.

BIBLIOGRAPHIE

- AVRAMTCHEV, L. 1985. *Carte géologique du Québec*, Carte no. 2000 du DV84-02, Ministère de l'Énergie et des ressources, Québec. Échelle : 1 : 500 000.
- BELLEHUMEUR, C., MARCOTTE, D. ET JÉBRAK, M., 1994. *Multi-element relationships and spacial structures of regional geochemical data from stream sediments, southwestern Quebec, Canada*, *Journal of geochemical exploration*, vol. 51, p.11-35.
- BOTTRILL, L. J., WALLING, D. E. ET LEEKS, G. J. L., 2000. *Using recent overbank deposits to investigate contemporary sediment sources in larger river basins* dans *Tracers in geomorphology*, édité par Ian D. L. Foster, John Wiley and Sons Ltd., p.369-387.
- BRASSARD J.-P. ET F. PETIT, 1997. *Les cours d'eau : Dynamique du système fluvial*. Éditions Masson - Armand Collin. 222 p.
- CAREY, W.P., 1985. « Variability in measured bedload-transport rates. » *Water Resources Bulletin*, American Water Resources Association, vol. 21 (1985), no. 1, p. 39-48.
- CORRIGAN, D. ET HANMER, S., 1997. *Anorthosites and related granitoids in the Grenville orogen: A product of convective thinning of the lithosphere?*, *Geology*, vol. 25, no. 1, p.61-64.
- EDWARDS T.K. ET G.D. GLYSSON, 1999. *Field methods for measurement of fluvial sediments. Techniques of Water-Resources Investigations of the U.S. Geological Survey. Book 3, Applications of Hydraulics*. 89 p.
- HAMLIN, R. H. B., WOODWARD, J. C., BLACK, S ET AL, 2000. *Sediment fingerprinting as a tool for interpreting long-term river activity : the Voidomatis basin, north-west Greece* dans *Tracers in geomorphology*, édité par Ian D. L. Foster, John Wiley and Sons Ltd., p.473-501.
- ISAAKS, E.H. ET SRIVASTAVA, R.M., 1989. *An introduction to applied geostatistics*, Oxford University Press, Oxford, 561 pages.
- KUJANSUU, R. ET SAARNISTO, M. 1990. *Glacial indicator tracing*. A.A. Balkema, 252 p.
- LONG, B., MORISSETTE, M. ET J. LEBEL, 1982. *Étude du matériel particulaire en suspension et du matériel dissous des rivières Romaine et Saint-Jean durant un cycle saisonnier*. Rapport préparé par INRS-Océanologie pour Hydro-Québec. PC-82-CE-14. 54 p. et annexes.

- LONG, B.F., SALA, M., DURAND, J. ET L. MICHAUD, 1989. « Géométrie d'un lobe deltaïque en contexte régressif. » *Bulletin des Centres de recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, vol. 13 (1989), p. 189-213.
- LORRAIN S., GUAY, G., ET J. GINGRAS, 2005. *Complexe de la Romaine – Études sédimentologiques de la rivière Romaine et de la zone de l'embouchure – Rapport de mission 2004*. Rapport produit par Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec. 132 p. et annexes.
- LORRAIN, S., 2004. *Aménagements hydroélectriques de la rivière Romaine. Étude préliminaire : mesure de la charge sédimentaire*. Rapport produit par Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec. 41 p. 1 annexe et 2 cartes.
- LORRAIN, S., GINGRAS, J. ET MORIN C. 2006. *Complexe de la Romaine — Études sédimentologiques et océanographiques de la rivière Romaine et de la zone de l'embouchure— Océanographie physique*. Rapport produit par Environnement Illimité inc. pour Hydro-Québec.
- LUPIEN, ROSENBERG ET ASSOCIÉS, 1979. *Projet d'aménagement de la Romaine – Étude géomorphologique*. Pour Hydro-Québec, direction Environnement. 139 p. et annexes.
- OTTESEN, R. T, ET THEOBALD, P. K., 1994. *Stream sediments in mineral exploration* dans *Drainage geochemistry*, édité par B.R. Lipin et McKay, G.A., Reviews in Mineralogy, vol. 21, Mineralogical Society of America, p.169-200.
- PLANT, J, A. ET RAISWELL, R. W., 1994. *Modifications to the geochemical signatures of ore deposits and their associated rocks in different surface environments* dans *Drainage geochemistry*, édité par M. Hale et Plant J. A. (Handbook of exploration geochemistry, vol. 6), Elsevier Science B. V., p.73-109.
- PLANT, J. A. ET TARNEY, J., 1994. *Mineral deposit models and primary rock geochemical characteristics* dans *Drainage geochemistry*, édité par M. Hale et Plant J. A. (Handbook of exploration geochemistry, vol. 6), Elsevier Science B. V., p.11-71.
- POLY-GÉO, INC., 2005. *Complexe de la Romaine. Étude d'impact sur l'environnement. Géomorphologie, caractérisation de l'évolution des rives et sensibilité à l'érosion*. Rapport sectoriel préliminaire. Volumes 1 à 3.
- RIVERS, T. 1997. *Lithotectonic elements of the Grenville Province : review and tectonic implications*. Precambrian Research, v. 86, p.117-154.
- SEAR, D. A., LEE, M. W. E., OAKEY, R. J., CARLING, P. A. ET COLLINS, M. B., 2000. *Coarse sediment tracing technology in littoral and fluvial environments : a review* dans *Tracers in geomorphology*, édité par Ian D. L. Foster, John Wiley and Sons Ltd., p. 21-55.

- SHARMA, K. N. M. ET FRANCONI, A., 1975. *Région des rivières Magpie, Saint-Jean, Romaine; (Grenville 1970)*. Ministère des richesses naturelles, Direction générale des mines, Service de l'exploitation géologique, Rapport Géologique 163, 73p.
- STENDAL, H, ET THEOBALD, P. K., 1994. *Heavy-mineral concentrates in geochemical exploration dans Drainage geochemistry*, édité par M. Hale et Plant J. A. (Handbook of exploration geochemistry, vol. 6), Elsevier Science B. V., p.185-225.
- SWAN, A.R.H. ET SANDILANDS, M., 1995. *Introduction to geological data analysis*. Blackwell Science, Oxford, 446 pages.
- VAN RIJN, LEO C. *Handbook Sediment. Transport by currents and waves*, Delft Hydraulics, juin 1989
- VAN RIJN, LEO C. « Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport. », *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 110, Nov. 1984
- WALLING, D. E., WOODWARD, J. C. ET NICHOLAS, A. P., 1993. *A multi-parameter approach to fingerprinting suspended-sediment sources* dans *Tracers in hydrology*, (proceeding of the Yokohama Symposium, July 1993), IAHS Publ. 215, p329-338.
- ZRYMIAK, P., 1990. *Introduction à la sédimentologie fluviale*. Division des relevés hydrologiques du Canada. Environnement Canada. Ottawa.

Liste des photographies aériennes utilisées pour l'étude de l'érosion dans le bassin versant de la Romaine

Ligne de vol	Numéro des photos		Année	Échelle	
Q97805	138 à 152		1997	1: 40 000	
Q97806	21 à 27	88 à 92	1997	1: 40 000	
Q97807	44 à 52	228 à 240	1997	1: 40 000	
Q97808	30 à 40		1997	1: 40 000	
Q97814	152 à 162	222 à 230	1997	1: 40 000	
Q97818	1 à 9		1997	1: 40 000	
Q90303	8 à 19	22 à 34	1990	1: 40 000	
Q89521	108 à 116	189 à 212	1989	1: 40 000	
Q89522	1 à 23	137 et 138	1989	1: 40 000	
Q89528	12 à 29	54 à 72	1989	1: 40 000	
Q89528	107 à 123	130 à 142	1989	1: 40 000	
Q89528	163 à 174	220 à 225	1989	1: 40 000	
Q89532	35 à 77	97 à 117	1989	1: 40 000	
Q89532	128 à 145		1989	1: 40 000	
Q89533	2 à 22		1989	1: 40 000	
Q89534	106 à 113		1989	1: 40 000	
Q89535	10 à 13	32 à 35	1989	1: 40 000	
Q72846	78 à 80	254 à 257	1972	1: 15 840	
Q70329	113 à 116		1970	1: 15 840	
Q68308	266 à 269		1968	1: 15 840	
Q68315	23 à 26	85 à 88	1968	1: 15 840	
Q68318	215 à 218		1968	1: 15 840	
Q68330	166 à 169		1968	1: 15 840	
Q68823	47 à 50	84 à 86	1968	1: 15 840	
Q68824	39 à 42	62 à 65	1968	1: 15 840	
Q68825	85 à 89	109 à 113	250 à 253	1968	1: 15 840
Q68826	215 à 218		1968	1: 15 840	
Q67301	16 à 21		1967	1: 15 840	
Q67302	86 à 89		1967	1: 15 840	
Q67326	58 à 62	89 à 95	1967	1: 15 840	
Q67332	8 à 14	131 à 134	1967	1: 15 840	
Q67825	194 à 199	231 à 236	66 à 69	1967	1: 15 840

ANNEXE A
ANALYSES GÉOCHIMIQUES (RÉSULTATS)

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Th	Sr	Cd
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
AV-01	1001	0.26	5.36	19.56	30.7	<20	10.9	5.1	241	1.34	1.1	0.4	<.1	2.3	595	0.04
AV-02	1002	0.29	5.02	16.88	46.8	<20	20.3	8.9	497	2.31	1.4	0.5	<.1	2.9	551	0.08
AV-03	1003	0.26	5.03	18.35	37.4	<20	13.9	7.1	342	1.76	1	0.4	<.1	2.8	577	0.05
AV-04	1004	0.23	5.02	18.74	31.9	<20	11.8	5.4	271	1.43	0.7	0.3	<.1	2.7	568	0.05
AV-06	1006	0.17	4.77	18.46	26	<20	9.5	4	231	1.22	0.7	0.3	<.1	1.9	582	0.03
AV-07	1007	0.18	5.17	20.23	26.2	<20	10	6.5	220	1.19	0.7	0.3	<.1	2.3	585	0.05
AV-08	1008	0.28	4.12	18.35	36.8	<20	13.8	6.3	358	1.73	0.9	0.4	<.1	2.9	590	0.06
AV-09	1009	0.2	4.08	19.53	29	<20	10.4	4.7	262	1.34	0.6	0.3	<.1	2.6	590	0.05
AV-10	1010	0.2	3.75	18.22	27	<20	9.5	5	249	1.27	0.6	0.3	<.1	2.4	563	0.04
AV-11	1011	0.24	4.35	18.89	32.4	<20	13.3	5.7	330	1.6	1.2	0.4	<.1	2.9	590	0.06
AV-12	1012	0.2	4.28	17.68	28.4	<20	11.4	5.5	304	1.51	0.6	0.4	<.1	2.7	573	0.06
GAL-2-25	25	2.29	4.98	18.8	38.2	<20	20.7	8.1	442	2.27	1.3	0.4	<.1	2.7	368	0.06
GAL-2-26	26	0.23	4.28	19.35	32.1	<20	16.9	6.1	354	1.62	1	0.4	<.1	2.4	381	0.02
GAL-2-27	27	2.48	5.44	18.88	44.8	<20	25.1	9	524	2.68	1.5	0.4	<.1	2.9	372	0.09
GAL-2-28	28	1.18	3.71	20.22	43.9	<20	13.6	6.3	498	2.12	1.5	0.4	<.1	2.7	535	0.07
GAL-2-29	29	2.37	5.17	19.14	37.2	24	23.1	7.9	447	2.31	1.5	0.4	<.1	2.7	360	0.04
GAL-2-30	30	0.43	4.57	20.15	30.2	23	17.2	5.6	331	1.56	0.9	0.3	<.1	2.5	397	0.05
GAL-2-31	31	1.08	4.73	19.73	50.7	<20	14	7.2	467	2.1	1.4	0.4	<.1	2.5	524	0.05
GAL-2-32	32	0.66	5.56	19.09	49.4	<20	17.3	8.3	509	2.25	1.2	0.4	<.1	2.7	497	0.07
GAL-2-33	33	2.09	5.82	18.13	43.3	<20	28.2	10.3	531	2.52	1.3	0.5	<.1	2.9	364	0.1
GAL-2-34	34	0.37	6.03	19.42	49.5	<20	19	9	613	2.59	1.3	0.6	<.1	4	454	0.05
GAL-2-35	35	0.71	7.64	19.8	42.4	58	21.8	9.2	530	2.31	1.3	0.7	<.1	4.9	404	0.09
GAL-2-36	36	0.32	5.41	20.7	34.6	60	20.1	7.8	393	1.97	1.1	0.5	<.1	2.8	402	0.08
GAL-2-37	37	1.44	6.21	16.34	58.6	25	22.6	13.6	807	3.35	1.2	0.7	<.1	2.7	538	0.13
GAL-2-38	38	0.29	6.67	17.38	41.3	<20	13.5	7.5	501	2.27	1.6	0.4	<.1	2.2	554	0.08
GAL-2-39	39	0.75	6.97	19.33	33.1	23	11.9	5.9	425	1.87	1.6	0.6	<.1	3.5	507	0.08
GAL-2-40	40	0.36	8.18	18.37	41.8	27	16.9	9.2	529	2.57	1.2	0.4	<.1	2.5	570	0.06
GAL-2-41	41	1.83	5.92	21.39	32.2	<20	19.1	7.3	372	1.97	2.1	0.5	<.1	2.8	401	0.07
GAL-30-01	1	0.42	7.46	22.15	37.4	<20	15.9	6	320	1.56	1.1	0.4	<.1	2.7	458	0.09
GAL-30-02	2	1.03	5.78	21.11	33.4	22	14.4	5.3	302	1.5	1.2	0.4	<.1	2.2	476	0.07
GAL-30-03	3	0.31	6.82	22.08	36.6	<20	15.6	6	329	1.62	0.9	0.4	<.1	2.7	469	0.07
GAL-30-04	4	2.64	10.49	18.99	35.3	<20	14.2	6.7	331	2.29	1.7	0.8	<.1	3.3	569	0.06
GAL-30-05	5	1.61	23.74	24.52	63.5	44	28.2	14.2	629	4.72	3	1	<.1	9.1	546	0.09
GAL-30-06	6	4.05	13.65	19.45	53.1	<20	21.8	11.2	546	4.27	2.6	0.8	<.1	4	580	0.09
GAL-30-07	7	0.39	10.48	21.13	32.3	<20	10.9	6.6	337	1.67	1.1	1	<.1	5.2	579	0.08
GAL-30-08	8	2.05	6.15	20.19	38.7	23	18.2	6.8	388	2	1.4	0.4	<.1	2.7	451	0.07
GAL-30-09	9	0.61	5.27	16.77	32.3	<20	7.3	4	320	1.77	1.5	0.7	<.1	3.2	693	0.06
GAL-30-10	10	1.06	6.29	20.57	35.5	25	18.4	7.6	390	1.89	1	0.5	<.1	2.8	411	0.08
GAL-30-11	11	0.28	6.19	20.11	34.3	22	16.2	6.3	380	1.78	1.6	0.4	<.1	2.6	418	0.06
GAL-30-12	12	2.24	5.82	19.04	45.4	<20	25.1	9.8	522	2.62	1.5	0.5	<.1	2.9	406	0.08
GAL-30-13	13	0.5	5.74	17.31	37.8	<20	11.7	5.9	385	1.85	1.4	1	<.1	3.5	722	0.06
GAL-30-14	14	4.11	8.69	20.23	56	<20	27.1	10.6	620	4.2	2.1	0.5	<.1	3.3	401	0.08
GAL-30-15	15	1.01	8.6	19.32	42.1	<20	14	6.1	408	2.14	1.3	0.6	<.1	3.2	700	0.06
GAL-31-16	16	1.85	6.23	15.51	37.7	<20	12.8	6.1	408	2.18	1.2	1	<.1	3.4	714	0.08
GAL-31-17	17	1.23	8.87	15.87	50.8	<20	22.2	7.8	458	2.53	1.5	1.1	<.1	4.4	731	0.08
GAL-31-18	18	1.91	6.3	17.67	53.9	<20	15.3	8.8	592	2.55	1.9	0.8	<.1	4.2	642	0.09
GAL-31-19	19	0.32	11.82	18.36	43.4	<20	12.8	9.1	461	2.07	1.2	0.5	<.1	3.9	701	0.04

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Au	Th	Sr	Cd
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
GAL-31-20	20	0.9	4.54	19.73	29.7	<20	16.7	6.1	355	1.62	1.2	0.4	<1	2.3	394	0.06
GAL-31-22	22	0.91	10.18	17.3	68.9	<20	29.6	17.2	633	3.78	2	0.5	<1	3	672	0.13
GAL-31-23	23	2.31	6.04	17.86	44.2	<20	12.3	6.3	381	2.19	1.3	0.4	<1	2.7	680	0.07
GAL-31-24	24	0.24	4.7	18.57	38.4	<20	20	7.5	405	1.96	0.9	0.4	<1	2.4	375	0.05
GCL-3-42	42	0.37	5.68	20.3	47.6	20	30.7	11.8	612	2.73	1.8	0.7	<1	3.7	358	0.11
GCL-3-43	43	5.21	11.56	22.51	45.8	24	25.1	10.3	535	4.55	3.2	0.4	<1	3.4	397	0.12
GCL-3-44	44	0.53	8.73	21.5	46.3	34	23	10	590	2.78	1.5	0.6	<1	4.2	395	0.1
GCL-3-45	45	2.36	10.34	22.65	45.6	41	19.6	8.9	541	2.6	2	1	<1	8.9	447	0.1
GCL-3-46	46	0.73	14.61	18.7	55.9	24	28.2	13.6	656	3.28	2	0.8	<1	4.2	402	0.09
GCL-3-47	47	6.57	16	17.85	90.8	37	58.1	24	1286	9.23	5.6	1.1	<1	5.3	367	0.16
GCL-3-48	48	0.54	7.86	17.97	56.2	31	28.1	13	735	3.59	1.9	0.7	<1	3.9	399	0.13
GCL-3-49	49	1.63	6.93	20.12	48	31	20.9	9.3	588	2.88	2.5	1.2	<1	6.2	417	0.11
GCL-3-50	50	1.98	22.35	26.88	73.8	<20	33.1	15.3	886	6.07	4.5	1.2	<1	9.8	517	0.12
GCL-3-51	51	1.38	5.05	19.77	30.1	22	21.2	7.3	365	1.89	1.5	0.4	<1	2.5	371	0.07
GCL-3-52	52	0.67	17.36	22.68	51.8	<20	34.7	14.4	560	2.95	1.7	0.8	<1	8	408	0.15
GCL-3-53	53	0.96	6.05	20.79	31.3	<20	18.6	6.8	338	1.65	1.5	0.4	<1	3	406	0.09
GCL-3-54	54	0.23	5.04	19.99	31	20	21.8	7.7	374	1.9	1.4	0.4	<1	2.3	357	0.06
GCL-3-55	55	1.06	4.71	20.62	25.4	20	20.5	6.7	324	1.59	1.1	0.4	<1	2	380	0.07
GCL-3-56	56	0.25	5.24	20.24	28.2	22	20.2	7.3	356	1.8	0.8	0.4	<1	2.6	367	0.06
GCL-3-57	57	0.81	5.29	19.68	29.8	31	23.4	7.7	417	1.97	1.2	0.5	<1	2.8	346	0.08
GCL-4-58	58	0.24	5.2	21.11	32.5	26	24.2	8.6	472	2.23	1.3	0.7	<1	4.2	367	0.07
GCL-4-59	59	2.03	5.17	19.81	39.6	<20	28.4	11.1	592	2.83	1.5	0.7	<1	3.5	325	0.1
GDL-2-61	61	0.69	4.66	22.53	37	45	19.9	8.3	601	3.25	1.8	1.1	<1	10.2	339	0.09
GDL-2-62	62	0.18	4.8	22.4	30	21	19.6	7.4	403	2.1	1.4	0.6	<1	4.1	350	0.08
GDL-4-60	60	0.25	4.28	21.74	29	<20	21.1	7.5	368	1.81	1.1	0.5	<1	2.5	362	0.08
L1-1	110	0.18	4.21	11.13	49.8	<20	10	5.8	232	1.55	1.1	0.3	<1	1.9	760	0.06
L1-2	112	0.29	5.37	11.31	56.8	<20	10	6.9	313	1.93	1.4	0.3	<1	2.2	736	0.05
RA-01	1101	0.28	5.35	17.06	41.6	<20	15.7	8.6	417	2.03	1.1	0.4	<1	3.2	586	0.06
RA-02	1102	0.2	5	17.78	28.7	<20	10.5	5	274	1.37	0.9	0.3	<1	2.6	600	0.03
RA-03	1103	0.17	3.96	17.72	26.4	<20	10.6	4.4	250	1.26	0.9	0.3	<1	2.1	523	0.03
RA-04	1104	0.27	5.38	16.99	42.9	<20	18.4	8.8	464	2.15	1.1	0.4	<1	3.4	595	0.08
RA-05	1105	0.24	4.71	17.41	29	22	11.8	5.7	317	1.55	0.9	0.3	<1	2.3	542	0.04
RA-06	1106	0.25	4.5	17.06	37.5	<20	16	7.4	410	1.97	1.1	0.4	<1	2.8	579	0.07
RA-07	1107	0.26	6.08	17.48	34.6	<20	12.6	6.5	300	1.75	1.5	0.4	<1	2.8	596	0.04
RA-08	1108	0.19	4.13	17.99	22.7	<20	9	4.4	220	1.21	0.8	0.3	<1	2.2	578	0.03
RA-09	1109	0.2	5.39	16.24	37.1	21	14.9	7.4	390	1.93	1.2	0.5	<1	3	638	0.06
RA-10	1110	0.23	3.99	16.54	37.3	<20	17.1	7.5	425	2	1.1	0.4	<1	2.5	492	0.06
RA-11	1111	0.23	4.28	16.63	38.6	<20	17.8	7.8	461	2.15	1.2	0.4	<1	3	502	0.08
RA-12	1112	0.2	3.92	18.51	25.5	<20	9.7	4.5	238	1.2	0.9	0.3	<1	2.2	537	0.04
RA-13	1113	0.25	4.34	17.23	34.6	<20	13.2	6.4	364	1.76	1.2	0.3	<1	2.6	529	0.07
RB-01	1201	0.24	4.38	18.52	34.1	<20	14.5	6.1	347	1.72	0.6	0.3	<1	2.7	565	0.06
RB-02	1202	0.26	4.59	16.34	40.7	<20	17.5	8.3	481	2.23	1.3	0.6	<1	3.1	540	0.08
RB-03	1203	0.18	3.95	20.07	24.6	20	10.7	4.9	246	1.24	0.9	0.3	<1	2.3	462	0.04
RC-01	1301	0.26	4.38	16.82	45.8	<20	22.1	9.7	504	2.42	1.5	0.4	<1	3.2	423	0.07
RC-02	1302	0.23	3.87	19.41	33.8	<20	15.4	6.5	360	1.75	1.4	0.3	<1	2.7	461	0.06
RC-03	1401	0.17	3.62	19.31	22.8	<20	9.6	4.3	232	1.15	1.1	0.3	<1	2.2	436	0.06

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Sb	Bi	V	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	Al	Na	K	W	Zr
		ppm	ppm	ppm	%	%	ppm	ppm	%	ppm	%	%	%	%	ppm	ppm
AV-01	1001	0.05	<0,04	21	2.78	0.086	18	14	0.5	1007	0.117	7.36	2.541	1.98	0.1	17.3
AV-02	1002	0.05	0.04	47	3.57	0.193	28	28	0.9	809	0.176	7.36	2.325	1.62	0.1	20.9
AV-03	1003	0.06	<0,04	31	3.18	0.12	22	17	0.62	925	0.136	7.75	2.423	1.77	0.2	20.2
AV-04	1004	0.04	<0,04	25	3	0.111	22	15	0.5	979	0.117	7.99	2.565	1.95	0.1	16.4
AV-06	1006	0.04	<0,04	20	2.75	0.058	17	9	0.42	989	0.106	7.45	2.512	1.98	0.1	16.6
AV-07	1007	0.04	<0,04	20	2.8	0.083	18	10	0.44	1018	0.096	7.59	2.571	2.11	0.2	16.5
AV-08	1008	0.04	<0,04	35	3.23	0.108	24	18	0.62	907	0.142	8.04	2.65	1.79	0.1	18.3
AV-09	1009	0.04	<0,04	25	2.88	0.077	19	11	0.5	973	0.114	7.7	2.66	2.03	0.1	19
AV-10	1010	0.04	<0,04	23	2.83	0.064	18	11	0.47	917	0.112	7.45	2.657	1.92	0.1	16.9
AV-11	1011	0.04	0.04	29	3.14	0.116	24	15	0.57	904	0.137	7.91	2.575	1.91	0.1	18.5
AV-12	1012	0.04	<0,04	26	2.97	0.075	20	13	0.51	876	0.128	7.65	2.505	1.78	0.1	18.6
GAL-2-25	25	0.06	0.04	40	3.01	0.164	24	36	0.88	803	0.144	6.97	2.264	1.78	0.1	19.7
GAL-2-26	26	0.05	<0,04	34	2.86	0.159	22	26	0.74	841	0.118	6.88	2.327	1.86	0.1	15
GAL-2-27	27	0.08	<0,04	45	3.18	0.158	26	43	1.07	806	0.164	7.11	2.349	1.74	0.1	21.1
GAL-2-28	28	0.06	<0,04	48	3.06	0.125	25	31	0.81	1145	0.225	8.05	2.973	2.22	0.1	20.7
GAL-2-29	29	0.07	0.04	42	2.97	0.157	23	39	0.91	779	0.142	6.91	2.279	1.69	0.1	19.8
GAL-2-30	30	0.05	<0,04	32	2.81	0.135	21	26	0.67	857	0.117	7.22	2.396	1.87	0.1	16.4
GAL-2-31	31	0.04	<0,04	35	3.37	0.218	31	18	0.86	1250	0.19	8.41	3.033	2.31	0.1	18.6
GAL-2-32	32	0.05	<0,04	37	3.45	0.236	30	21	0.96	1153	0.19	8.1	2.969	2.06	0.1	16.6
GAL-2-33	33	0.07	0.04	53	3.34	0.204	27	49	1.16	753	0.154	7	2.194	1.66	0.1	20.5
GAL-2-34	34	0.06	0.04	53	3.49	0.182	32	31	1.09	957	0.203	7.65	2.675	1.96	0.1	19.4
GAL-2-35	35	0.06	0.04	45	3.09	0.161	34	31	0.99	858	0.222	7.41	2.381	1.75	0.1	29.2
GAL-2-36	36	0.07	0.04	36	2.94	0.145	22	27	0.84	850	0.139	7.41	2.275	1.75	0.1	18.8
GAL-2-37	37	0.05	0.04	70	4.16	0.259	30	37	1.52	853	0.297	7.98	2.613	1.56	0.2	23.8
GAL-2-38	38	0.05	0.04	44	3.48	0.164	21	20	0.94	951	0.193	8.2	2.765	1.75	0.1	16.6
GAL-2-39	39	0.05	<0,04	37	3.19	0.161	25	18	0.72	1057	0.176	8.05	2.798	1.97	0.1	17.9
GAL-2-40	40	0.08	0.04	51	3.58	0.115	21	22	1.03	885	0.198	8.44	2.787	1.62	0.2	18.1
GAL-2-41	41	0.07	0.027	35	2.74	0.137	23	29	0.75	885	0.144	7.04	2.184	1.8	0.1	23.1
GAL-30-01	1	0.05	0.04	27	3.02	0.143	23	23	0.65	1019	0.116	7.62	2.768	1.99	0.1	15.1
GAL-30-02	2	0.04	<0,04	27	3.06	0.15	21	22	0.6	957	0.105	7.55	2.758	1.99	0.1	15.5
GAL-30-03	3	0.05	0.04	31	3.02	0.152	23	25	0.67	1019	0.127	7.54	2.54	2	0.1	15.1
GAL-30-04	4	0.08	0.08	38	3.19	0.108	19	24	0.64	913	0.182	8.3	2.893	1.9	0.2	23.3
GAL-30-05	5	0.22	0.22	67	3.63	0.15	28	43	1.13	832	0.339	8.41	2.751	1.67	0.4	37.7
GAL-30-06	6	0.11	0.09	61	3.78	0.1	23	41	1.04	799	0.268	8.13	2.835	1.64	0.3	28.6
GAL-30-07	7	0.05	0.1	33	3.51	0.174	27	14	0.62	910	0.15	8.26	3.177	1.92	0.2	15.6
GAL-30-08	8	0.07	<0,04	34	3.11	0.15	23	33	0.73	896	0.126	7.44	2.523	1.93	0.1	19.4
GAL-30-09	9	0.06	<0,04	32	3.65	0.099	21	12	0.53	1002	0.167	9.03	3.292	2.04	0.2	21.5
GAL-30-10	10	0.08	<0,04	37	3.02	0.181	25	32	0.8	888	0.155	7.07	2.34	1.84	0.1	22
GAL-30-11	11	0.06	<0,04	33	2.94	0.149	23	25	0.71	890	0.133	7.19	2.483	1.98	0.1	18
GAL-30-12	12	0.06	0.04	47	3.44	0.215	28	45	1.08	784	0.162	7.33	2.36	1.74	0.1	21.5
GAL-30-13	13	0.05	0.04	33	4.18	0.202	29	16	0.68	1116	0.191	9.52	3.35	2.17	0.2	19.1
GAL-30-14	14	0.13	0.05	52	3.34	0.159	28	56	1.14	845	0.199	7.35	2.399	1.79	0.2	30.9
GAL-30-15	15	0.08	0.04	32	3.67	0.124	26	21	0.69	1121	0.197	8.85	3.239	2.06	0.1	16.9
GAL-31-16	16	0.05	0.04	40	4.23	0.176	27	21	0.74	999	0.181	9.39	3.342	2.13	0.1	18.8
GAL-31-17	17	0.06	0.04	45	4.28	0.158	30	34	0.94	999	0.254	9.64	3.428	2.14	0.2	25.8
GAL-31-18	18	0.05	<0,04	52	4.22	0.313	37	27	0.98	1037	0.219	8.44	2.984	1.88	0.1	17.5
GAL-31-19	19	0.05	<0,04	37	3.85	0.177	30	16	0.77	1039	0.176	8.89	3.265	1.99	0.1	15

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Sb ppm	Bi ppm	V ppm	Ca %	P %	La ppm	Cr ppm	Mg %	Ba ppm	Ti %	Al %	Na %	K %	W ppm	Zr ppm
GAL-31-20	20	0.07	<0,04	33	2.81	0.143	21	28	0.72	844	0.13	7.05	2.374	1.82	0.1	17.7
GAL-31-22	22	0.1	0.04	49	3.99	0.086	21	37	1.29	837	0.231	9.75	2.86	1.46	0.1	18.4
GAL-31-23	23	0.04	<0,04	33	3.67	0.104	25	20	0.72	1095	0.18	9.35	3.277	1.99	0.1	16.2
GAL-31-24	24	0.07	<0,04	41	3.07	0.195	22	33	0.87	768	0.128	7.06	2.275	1.72	0.1	18.2
GCL-3-42	42	0.09	0.05	49	3.06	0.176	32	41	1.25	779	0.226	6.97	1.989	1.67	0.1	26.2
GCL-3-43	43	0.15	<0,04	40	2.86	0.099	27	52	0.9	909	0.157	7.55	2.281	1.79	0.3	32.1
GCL-3-44	44	0.09	<0,04	46	2.92	0.126	32	29	1.07	860	0.257	7.17	2.07	1.75	0.2	27.2
GCL-3-45	45	0.06	<0,04	48	3.47	0.265	52	32	0.98	951	0.226	7.62	2.338	1.8	0.2	20.8
GCL-3-46	46	0.07	<0,04	60	3.49	0.121	28	43	1.37	690	0.297	7.43	2.125	1.35	0.4	28.9
GCL-3-47	47	0.25	0.07	100	4.46	0.263	42	107	2.53	628	0.429	7.09	1.855	1.23	0.4	46.9
GCL-3-48	48	0.11	<0,04	67	3.75	0.239	34	43	1.42	743	0.23	7.37	2.158	1.5	0.2	23.9
GCL-3-49	49	0.06	<0,04	53	3.39	0.233	44	35	1.03	878	0.335	7.43	2.288	1.74	0.1	49
GCL-3-50	50	0.35	0.05	65	3.61	0.133	55	49	1.59	1048	0.5	8.29	2.413	1.76	0.3	41.5
GCL-3-51	51	0.06	<0,04	39	2.86	0.161	21	34	0.81	783	0.124	6.74	2.093	1.61	0.1	18.2
GCL-3-52	52	0.09	<0,04	45	3.24	0.16	55	34	1.34	857	0.308	7.82	2.095	1.64	0.2	24.4
GCL-3-53	53	0.06	<0,04	32	2.91	0.167	26	25	0.73	909	0.117	7.15	2.218	1.76	0.1	16.6
GCL-3-54	54	0.07	<0,04	38	2.82	0.139	20	31	0.84	778	0.124	6.96	2.107	1.62	0.1	20.1
GCL-3-55	55	0.07	<0,04	31	2.71	0.118	18	28	0.76	799	0.105	6.74	2.04	1.66	0.1	16.4
GCL-3-56	56	0.06	<0,04	32	2.73	0.11	20	29	0.77	820	0.125	6.97	2.051	1.66	0.1	18
GCL-3-57	57	0.08	<0,04	39	2.87	0.16	23	39	0.94	742	0.149	6.54	1.871	1.52	0.1	22.7
GCL-4-58	58	0.07	<0,04	44	2.85	0.138	27	39	0.96	784	0.198	6.76	1.974	1.59	0.2	33
GCL-4-59	59	0.09	<0,04	53	2.89	0.176	28	55	1.21	737	0.206	6.39	1.853	1.52	0.2	33
GDL-2-61	61	0.09	<0,04	68	2.18	0.085	45	62	0.81	842	0.37	6.45	2.043	1.94	0.3	87.3
GDL-2-62	62	0.09	<0,04	43	2.47	0.107	27	34	0.78	845	0.178	6.6	1.977	1.74	0.2	38.4
GDL-4-60	60	0.06	<0,04	38	2.59	0.133	22	31	0.82	819	0.127	6.56	1.941	1.73	0.1	21.7
L1-1	110	0.03	<0,04	20	3.97	0.146	17	9	0.53	809	0.203	10.45	3.067	1.78	0.1	12.8
L1-2	112	0.05	<0,04	24	4.07	0.255	26	12	0.55	787	0.212	9.5	2.92	1.67	0.1	16.1
RA-01	1101	0.05	<0,04	40	3.35	0.079	25	19	0.72	857	0.168	8.59	2.653	1.81	0.1	18.8
RA-02	1102	0.04	<0,04	24	2.98	0.056	20	10	0.5	879	0.121	7.71	2.701	1.92	0.1	16.2
RA-03	1103	0.04	<0,04	24	2.75	0.097	19	12	0.49	867	0.098	7.22	2.47	1.97	0.1	15.6
RA-04	1104	0.05	<0,04	45	3.53	0.126	27	24	0.83	832	0.18	8.53	2.655	1.85	0.1	18.9
RA-05	1105	0.04	<0,04	29	2.98	0.098	21	14	0.54	898	0.125	7.63	2.546	1.98	0.1	16.7
RA-06	1106	0.05	<0,04	41	3.39	0.13	24	20	0.73	862	0.156	8.05	2.671	1.87	0.1	19.8
RA-07	1107	0.04	<0,04	32	2.94	0.063	20	14	0.55	934	0.162	8.22	2.746	2.03	0.1	19.2
RA-08	1108	0.04	<0,04	24	2.77	0.067	17	9	0.42	941	0.099	7.49	2.64	2.06	0.1	14.7
RA-09	1109	0.04	<0,04	44	3.6	0.127	24	17	0.72	804	0.157	8.76	2.8	1.86	0.1	17.1
RA-10	1110	0.05	<0,04	40	3.34	0.178	25	22	0.79	799	0.16	7.43	2.419	1.8	0.1	17.8
RA-11	1111	0.05	<0,04	46	3.36	0.126	26	25	0.84	788	0.161	7.48	2.462	1.76	0.1	19.8
RA-12	1112	0.04	<0,04	26	2.64	0.071	17	10	0.46	916	0.094	6.99	2.49	2.03	0.1	14.7
RA-13	1113	0.04	<0,04	35	2.98	0.082	21	18	0.61	871	0.146	7.4	2.52	1.91	0.1	18.6
RB-01	1201	0.05	<0,04	36	3.13	0.103	22	17	0.62	911	0.129	8.01	2.581	2.07	0.1	17.6
RB-02	1202	0.05	<0,04	47	3.48	0.123	26	23	0.85	788	0.172	8.01	2.609	1.81	0.1	18.5
RB-03	1203	0.04	<0,04	25	2.42	0.076	18	12	0.46	921	0.096	6.89	2.263	2.3	0.1	18.9
RC-01	1301	0.05	<0,04	54	3.21	0.155	27	33	0.97	737	0.171	7.01	2.22	1.73	0.1	21.4
RC-02	1302	0.05	<0,04	35	2.83	0.099	22	20	0.65	857	0.131	7.25	2.345	2	0.1	18
RC-03	1401	0.04	<0,04	23	2.3	0.049	18	9	0.42	891	0.091	6.75	2.29	2.06	0.1	16.3

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Sn ppm	Be ppm	Sc ppm	S %	Y ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm
AV-01	1001	0.5	2	4.8	<0,04	9.4	34.15	3.8	16.9	3.2	1.2	2.7	0.3	1.9	0.3	0.9
AV-02	1002	0.9	2	11	<0,04	20.7	56.73	6.9	32.2	6.7	1.9	5.5	0.7	4.1	0.7	2
AV-03	1003	0.6	2	7.1	<0,04	13.2	43.3	5	23	4.5	1.5	3.6	0.5	2.8	0.5	1.3
AV-04	1004	0.5	2	5.6	<0,04	11.2	40.28	4.7	21.1	3.9	1.4	3.2	0.4	2.4	0.4	1.1
AV-06	1006	0.4	1	4.3	<0,04	7.9	30.65	3.4	14.8	2.7	1.1	2	0.3	1.6	0.3	0.8
AV-07	1007	0.4	2	4.5	<0,04	8.6	33.16	3.7	16.3	3.1	1.3	2.4	0.3	1.8	0.3	0.9
AV-08	1008	0.7	2	7.4	<0,04	12.6	45.01	5.2	22.9	4.4	1.4	3.5	0.5	2.6	0.5	1.2
AV-09	1009	0.5	2	5.3	<0,04	9.2	35.94	4	17.4	3.3	1.3	2.7	0.3	1.9	0.3	1
AV-10	1010	0.5	2	4.9	<0,04	8	33.64	3.7	15.9	2.9	1.1	2.4	0.3	1.7	0.3	0.8
AV-11	1011	0.6	2	6.8	<0,04	12.8	45.42	5.1	22.7	4.3	1.5	3.3	0.5	2.4	0.5	1.3
AV-12	1012	0.5	2	5.9	<0,04	9.8	37.28	4.2	17.9	3.6	1.2	2.6	0.4	2	0.4	1.1
GAL-2-25	25	0.9	2	9.5	<0,04	18.5	49.63	5.9	24.9	5.5	1.6	4.2	0.8	3.8	0.7	2.2
GAL-2-26	26	0.6	1	8	<0,04	16.4	44.12	5	20.4	5.1	1.4	4	0.7	3.3	0.6	2
GAL-2-27	27	1.1	2	10.8	<0,04	19.2	53.23	6.2	25.6	5.8	1.5	4.4	0.8	4.2	0.7	2.3
GAL-2-28	28	1.1	2	9.5	<0,04	21.3	55.74	6.9	29.6	6.6	1.8	5.2	0.9	4.4	0.8	2.6
GAL-2-29	29	0.7	2	9.6	<0,04	17.2	46.68	5.4	23	5.1	1.5	4.4	0.7	3.6	0.7	2
GAL-2-30	30	0.5	2	7.2	<0,04	14.3	40.48	4.6	18.7	4.2	1.3	3.5	0.6	2.9	0.5	1.6
GAL-2-31	31	0.9	2	9.6	<0,04	24.1	63.75	8	34.9	7.7	2.5	6.4	1.1	5.1	0.9	2.7
GAL-2-32	32	1	2	10.5	<0,04	24.6	62.63	7.9	33.7	7.9	2.3	6.2	1.1	4.9	1	2.7
GAL-2-33	33	0.9	2	12.8	<0,04	21.9	55.36	6.5	27.5	6.2	1.6	5	0.9	4.5	0.8	2.6
GAL-2-34	34	1.2	2	13	<0,04	23.6	64.91	7.4	30.8	6.7	1.6	5.4	1	4.7	0.9	2.8
GAL-2-35	35	1	2	10.4	<0,04	21.6	63.61	8.1	33.5	7	1.7	5	0.9	4.6	0.8	2.7
GAL-2-36	36	0.7	2	8.4	<0,04	15.9	42.24	5.3	23.2	4.8	1.3	4	0.6	3.2	0.6	2.2
GAL-2-37	37	1.4	2	16.8	<0,04	31.5	63.73	8.8	39.5	9	2.3	7.5	1.3	6.3	1.3	4.4
GAL-2-38	38	0.9	1	10	<0,04	17.7	42.82	5.6	25.6	5.2	1.5	4.6	0.8	3.7	0.7	2.5
GAL-2-39	39	0.9	2	8.5	<0,04	20	51.66	6.6	28.1	5.8	1.5	5.2	0.8	4.1	0.8	2.8
GAL-2-40	40	0.8	2	10.5	<0,04	15.2	39.98	5.3	21.9	4.7	1.2	3.6	0.6	3.1	0.6	2.1
GAL-2-41	41	0.8	1	7.9	<0,04	16.2	42.94	5.5	23.4	4.9	1.5	4.4	0.6	3.3	0.6	2.2
GAL-30-01	1	0.8	2	7.2	<0,04	15.1	46.48	5.4	21.8	4.9	1.6	3.8	0.7	3.3	0.6	1.8
GAL-30-02	2	0.6	2	6.8	<0,04	14.8	42.21	4.8	20	4.6	1.5	3.6	0.6	2.9	0.5	1.8
GAL-30-03	3	0.9	2	7.6	<0,04	16.6	46.01	5.5	22.5	4.9	1.6	3.9	0.7	3.3	0.6	1.9
GAL-30-04	4	1.1	3	7.3	<0,04	14.5	39.34	4.6	19.3	4.2	1.5	3.3	0.6	2.9	0.5	1.8
GAL-30-05	5	1.9	3	11.5	<0,04	20.8	56.52	6.9	28.5	6.1	1.8	5	0.9	4	0.8	2.3
GAL-30-06	6	1.8	2	11.3	<0,04	18.9	50.05	6	25.6	5.7	1.8	4.3	0.8	3.8	0.7	2.2
GAL-30-07	7	1	2	7.8	<0,04	22.1	61.59	7.3	30.5	6.6	1.9	5.4	1	4.5	0.8	2.5
GAL-30-08	8	0.8	2	8.8	<0,04	16.1	46.59	5.4	23	4.9	1.5	3.8	0.8	3.4	0.6	1.8
GAL-30-09	9	1.1	2	7.1	<0,04	16.4	42.72	5	20.5	4.5	1.8	4	0.7	3.2	0.6	1.8
GAL-30-10	10	0.9	2	9.2	<0,04	20.1	52.16	6.1	26	6	1.7	4.9	0.8	3.9	0.7	2.3
GAL-30-11	11	0.6	2	8.1	<0,04	16	46.35	5.4	22.7	4.7	1.5	4.1	0.7	2.9	0.6	1.9
GAL-30-12	12	0.9	2	12	<0,04	22.7	57.89	6.9	29.1	6.5	1.8	5	0.9	4.4	0.8	2.7
GAL-30-13	13	1	2	8.1	<0,04	22.1	62.34	7.7	32.8	6.8	2.3	5.4	0.9	4.5	0.8	2.5
GAL-30-14	14	1.3	2	12.1	<0,04	20.5	57.35	6.6	27.3	6.2	1.7	4.8	0.8	4.1	0.8	2.4
GAL-30-15	15	1.1	2	8.2	<0,04	17.1	52.15	6.1	26.4	5.5	1.8	4.4	0.8	3.5	0.6	1.9
GAL-31-16	16	1	2	9.2	<0,04	18.5	54.85	6.6	27.2	6.1	2.2	4.7	0.8	3.9	0.7	2
GAL-31-17	17	1.3	2	9.5	<0,04	19.6	61.47	7.3	30.5	6.1	2.2	5	0.9	3.9	0.7	2.1
GAL-31-18	18	1.2	2	13.4	<0,04	31	85.27	10.5	45.5	9.9	2.5	8	1.4	6.3	1.2	3.6
GAL-31-19	19	0.8	2	9.3	<0,04	20.9	71.82	7.3	29.6	6.5	2	5.2	0.9	4.3	0.7	2.3

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Sn ppm	Be ppm	Sc ppm	S %	Y ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm
GAL-31-20	20	0.7	2	7.5	<0.04	16	42.41	4.8	20.1	4.4	1.3	3.7	0.7	3.1	0.6	1.8
GAL-31-22	22	1.1	1	6.9	<0.04	12.2	42.64	4.9	18.8	4.1	1.4	3.2	0.5	2.6	0.5	1.4
GAL-31-23	23	0.8	2	7	<0.04	14.4	47.14	5.5	22.6	4.7	1.6	3.7	0.6	2.9	0.5	1.7
GAL-31-24	24	0.7	2	8.9	<0.04	18.8	45.94	5.4	23.7	5.4	1.4	4.3	0.8	3.9	0.7	2.3
GCL-3-42	42	1.2	2	12.1	<0.04	24.6	62.85	8.3	36	7.4	1.9	6.1	1	5.1	1	3.7
GCL-3-43	43	1.1	1	8.9	<0.04	13.6	46.23	5.7	23.1	4.1	1.3	3.5	0.6	3	0.5	1.9
GCL-3-44	44	1.3	1	10	<0.04	21.1	61.69	8.1	33.3	7.3	1.8	5.2	0.9	4.9	0.8	3
GCL-3-45	45	1.4	2	11	<0.04	27.4	100.82	11.9	48.2	9.1	2.1	7.3	1.2	5.9	1.1	3.7
GCL-3-46	46	1.3	2	12	<0.04	20.1	56.18	7.2	30.8	6.3	1.5	4.7	0.9	3.9	0.8	2.8
GCL-3-47	47	2.9	2	24.3	<0.04	39	87.28	11.9	51.8	11.7	2.7	9.9	1.6	8.4	1.7	5.9
GCL-3-48	48	1.4	2	14.9	<0.04	24.3	65.85	8.5	36.1	7.4	1.7	6	1	5	1	3.3
GCL-3-49	49	1.4	2	11.1	<0.04	28.5	87.52	11.4	47.2	9.4	2.1	7.8	1.2	6.2	1.1	4.1
GCL-3-50	50	2.7	2	13.2	<0.04	27.8	103.9	13.3	53.3	10.2	2.4	7.2	1.2	6.1	1.1	4.1
GCL-3-51	51	0.7	1	8.3	<0.04	16.4	40.5	5.2	22.8	5.2	1.3	4.2	0.7	3.5	0.7	2.4
GCL-3-52	52	1.3	2	9.3	<0.04	20.7	99.5	11.3	45.2	8	1.9	5.6	1	4.6	0.8	2.9
GCL-3-53	53	0.7	1	7.7	<0.04	15.6	49.43	5.9	24.8	4.9	1.3	4.6	0.7	3.3	0.6	2.1
GCL-3-54	54	0.7	1	8.3	<0.04	15	38.07	4.9	21.8	4.7	1.3	4.2	0.7	3.5	0.6	2.3
GCL-3-55	55	0.5	1	7.3	<0.04	13.3	32.71	4.2	18.4	4	1.2	3.3	0.6	3	0.5	1.9
GCL-3-56	56	0.6	1	7.5	<0.04	13.5	38.32	4.9	20.4	4.2	1.2	3.7	0.6	3	0.6	2
GCL-3-57	57	0.7	1	8.9	<0.04	17.5	45.04	5.7	25.2	5.5	1.5	4.8	0.8	3.7	0.8	2.6
GCL-4-58	58	0.9	1	9.6	<0.04	18.4	51.9	6.6	28.1	6.3	1.6	5	0.8	4.3	0.8	2.9
GCL-4-59	59	1	1	12.1	<0.04	23.3	56.4	7.2	32.6	6.9	1.6	6.1	1	5.1	1	3.5
GDL-2-61	61	1.4	1	10	<0.04	19.7	82.26	10	40.1	7.2	1.6	6	0.9	4.6	0.8	2.9
GDL-2-62	62	0.8	1	8	<0.04	14.9	50.76	6.2	26.6	5.2	1.5	4.1	0.7	3.5	0.6	2.3
GDL-4-60	60	0.5	1	8.3	<0.04	16.2	40.45	5.2	22.7	5	1.4	4	0.7	3.5	0.7	2.2
L1-1	110	0.6	1	4.2	<0.04	12.2	37.44	4.7	21.3	4.4	1.7	3.7	0.5	2.7	0.5	1.3
L1-2	112	0.7	1	5.3	<0.04	20.5	58.04	7.5	35.1	7.5	2.3	6.5	0.8	4.1	0.7	1.9
RA-01	1101	0.7	2	8.5	<0.04	11.6	45.54	5.1	21.4	4.1	1.4	3.1	0.4	2.4	0.4	1.2
RA-02	1102	0.5	2	5.2	<0.04	8.1	35.7	3.9	15.7	2.9	1.1	2.3	0.3	1.7	0.3	1
RA-03	1103	0.4	2	4.9	<0.04	10.4	35.59	4.2	17.9	3.4	1.2	2.9	0.4	2	0.4	1.1
RA-04	1104	0.8	2	9.6	<0.04	15.1	52.75	6.1	26.4	5	1.5	4.2	0.5	3.1	0.6	1.6
RA-05	1105	0.5	2	6.2	<0.04	10.3	38.98	4.4	19.1	3.6	1.3	2.9	0.4	2.1	0.4	1.2
RA-06	1106	0.7	2	8.6	<0.04	14	47.63	5.5	24.8	4.7	1.5	4	0.5	2.8	0.5	1.5
RA-07	1107	0.7	2	5.7	<0.04	8.9	37	3.9	17.1	3.2	1.2	2.4	0.3	1.9	0.3	0.9
RA-08	1108	0.4	2	4.2	<0.04	7.7	30.55	3.4	14.4	2.6	1.1	2	0.3	1.5	0.3	0.8
RA-09	1109	0.8	2	9	<0.04	14.7	46.56	5.5	24.4	4.9	1.6	4.1	0.5	3.1	0.5	1.4
RA-10	1110	0.7	2	9	<0.04	16.6	49.38	5.9	26	5.3	1.6	4.7	0.6	3.5	0.6	1.8
RA-11	1111	0.7	2	9.5	<0.04	14.9	49.55	5.7	25.1	5	1.5	3.9	0.5	2.9	0.5	1.5
RA-12	1112	0.5	1	4.6	<0.04	7.8	31.86	3.5	15	2.8	1.1	2.3	0.3	1.5	0.3	0.9
RA-13	1113	0.6	2	6.4	<0.04	10.2	39.11	4.4	18.6	3.4	1.2	2.9	0.4	2	0.4	1.1
RB-01	1201	0.6	2	7.3	<0.04	11.6	42.47	4.8	21	4.1	1.4	3.4	0.4	2.4	0.4	1.2
RB-02	1202	0.7	2	9.6	<0.04	14.7	49.7	5.8	25.1	5	1.5	4.1	0.5	2.9	0.5	1.6
RB-03	1203	0.4	2	4.7	<0.04	8.1	33.86	3.7	15.7	2.8	1.1	2.3	0.3	1.5	0.3	0.9
RC-01	1301	0.8	2	10.6	<0.04	16.2	53.29	6.1	27.1	5.3	1.6	4.6	0.6	3.4	0.6	1.7
RC-02	1302	0.6	2	7	<0.04	11.5	42.56	4.8	20.4	3.7	1.3	2.9	0.4	2.2	0.4	1.3
RC-03	1401	0.3	2	4.1	<0.04	6.5	31.84	3.4	13.8	2.2	0.9	1.7	0.2	1.2	0.2	0.6

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Li ppm	Rb ppm	Ta ppm	Nb ppm	Cs ppm	Ga ppm
AV-01	1001	0.1	0.9	0.1	0.69	8.6	51	0.2	2.4	0.7	15.07
AV-02	1002	0.3	1.9	0.2	0.93	6.6	42.2	0.3	4.04	0.6	15.86
AV-03	1003	0.2	1.2	0.2	0.82	6.3	46.5	0.2	2.93	0.7	15.65
AV-04	1004	0.2	1.1	0.1	0.66	6.1	46	0.2	2.45	0.7	15.4
AV-06	1006	0.1	0.8	0.1	0.68	5.5	48.7	0.2	2.16	0.6	14.81
AV-07	1007	0.1	0.9	0.1	0.72	6.1	50.8	0.1	2.08	0.7	15.5
AV-08	1008	0.2	1.2	0.2	0.8	6.1	45.1	0.2	3	0.6	15.88
AV-09	1009	0.1	0.9	0.1	0.76	5.7	48.1	0.2	2.42	0.7	15.55
AV-10	1010	0.1	0.8	0.1	0.65	5.5	45.8	0.2	2.29	0.6	14.9
AV-11	1011	0.2	1.2	0.2	0.73	6	47.8	0.2	2.96	0.7	15.72
AV-12	1012	0.2	0.9	0.1	0.75	5.4	45.4	0.2	2.83	0.7	14.89
GAL-2-25	25	0.3	1.9	0.3	0.65	6.2	42.2	0.2	4.03	0.4	13.65
GAL-2-26	26	0.2	1.7	0.2	0.54	5.7	44.5	0.1	2.92	0.4	13.24
GAL-2-27	27	0.3	1.9	0.2	0.75	6.6	43.8	0.2	4.64	0.5	15.01
GAL-2-28	28	0.3	2.6	0.3	0.83	5	49	0.3	7	0.3	16.52
GAL-2-29	29	0.2	1.8	0.2	0.62	5.9	41.8	0.1	3.45	0.4	13.57
GAL-2-30	30	0.2	1.5	0.2	0.55	4.5	47.7	0.1	2.82	0.5	13.48
GAL-2-31	31	0.3	2.3	0.3	0.67	6.1	49.9	0.3	5.61	0.4	18.06
GAL-2-32	32	0.3	2.6	0.3	0.56	5.3	45.2	0.3	5.73	0.3	17.56
GAL-2-33	33	0.3	2.3	0.3	0.65	6.4	41	0.2	4	0.4	14.63
GAL-2-34	34	0.4	2.6	0.3	0.7	6	47.6	0.3	6.04	0.3	16.01
GAL-2-35	35	0.4	2.3	0.3	1.08	5.8	43.9	0.4	6.12	0.6	14.81
GAL-2-36	36	0.3	1.5	0.2	0.77	5.9	45.1	0.2	3.45	0.7	15.49
GAL-2-37	37	0.5	3.3	0.4	1.03	5.7	36.3	0.4	7.85	0.5	17.59
GAL-2-38	38	0.3	1.9	0.3	0.68	4.6	40	0.2	4.68	0.5	16.8
GAL-2-39	39	0.3	2.3	0.3	0.87	4.1	45	0.3	5.36	0.5	16.23
GAL-2-40	40	0.3	1.7	0.2	0.77	5.4	38.7	0.3	4.35	0.6	16.99
GAL-2-41	41	0.3	1.6	0.2	0.93	5.1	43.7	0.2	4.12	0.7	14.65
GAL-30-01	1	0.2	1.6	0.2	0.53	6.1	50.8	0.2	3.34	0.6	15.25
GAL-30-02	2	0.2	1.4	0.2	0.56	5.9	48.7	0.1	2.48	0.5	15.82
GAL-30-03	3	0.2	1.6	0.2	0.55	5.9	48.9	0.2	3.41	0.5	15.26
GAL-30-04	4	0.2	1.4	0.2	0.83	10	53.3	0.3	4.43	1.6	18.16
GAL-30-05	5	0.3	2	0.3	1.12	15.2	50.6	0.4	6.83	2	19.94
GAL-30-06	6	0.3	2	0.2	0.89	10	44.1	0.4	6.83	1	18.95
GAL-30-07	7	0.3	2.2	0.3	0.62	6.8	54.3	0.3	4.7	0.7	18.25
GAL-30-08	8	0.2	1.5	0.2	0.64	5.9	47.4	0.2	3.27	0.5	15.64
GAL-30-09	9	0.2	1.7	0.2	0.78	5.9	49.6	0.4	5.46	0.5	19.95
GAL-30-10	10	0.3	2	0.3	0.78	5.7	44.9	0.2	4.05	0.5	14.4
GAL-30-11	11	0.2	1.5	0.2	0.63	6.3	46.6	0.2	3.44	0.5	14.5
GAL-30-12	12	0.3	2.2	0.3	0.74	6.2	42.8	0.2	4.29	0.5	15.83
GAL-30-13	13	0.3	2	0.3	0.67	6.3	48.4	0.4	5.56	0.5	20.19
GAL-30-14	14	0.3	2.1	0.3	0.86	7.4	44.9	0.3	5.6	0.5	15.9
GAL-30-15	15	0.2	1.7	0.2	0.63	6.8	45.5	0.3	5.29	0.5	19.11
GAL-31-16	16	0.3	1.8	0.2	0.73	6.5	43.9	0.3	4.89	0.5	19.82
GAL-31-17	17	0.3	1.8	0.2	0.76	7.7	51.4	0.4	6.19	0.7	21.29
GAL-31-18	18	0.4	2.9	0.4	0.68	6.3	41.4	0.3	6.47	0.3	18.79
GAL-31-19	19	0.3	2.1	0.3	0.54	5.6	45.3	0.2	4.97	0.3	18.29

Résultats analytiques
des "minéraux légers"

SAMPLES	Identification	Tm	Yb	Lu	Hf	Li	Rb	Ta	Nb	Cs	Ga
		ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
GAL-31-20	20	0.2	1.7	0.2	0.57	5.3	46.1	0.1	3.41	0.4	13.25
GAL-31-22	22	0.2	1.3	0.2	0.58	9.1	29.5	0.2	5.3	0.4	17.7
GAL-31-23	23	0.2	1.4	0.2	0.52	6.6	40.4	0.2	4.79	0.3	18.78
GAL-31-24	24	0.3	1.9	0.2	0.61	5.8	43.1	0.1	2.91	0.4	13.92
GCL-3-42	42	0.4	2.7	0.3	1.16	6	39.2	0.4	7.12	0.7	14.92
GCL-3-43	43	0.2	1.5	0.2	1.13	6.5	47.3	0.2	4.74	0.8	15.85
GCL-3-44	44	0.3	2.1	0.3	1.04	6	43.4	0.5	8.16	0.7	14.73
GCL-3-45	45	0.5	2.8	0.4	0.98	4.8	45.8	0.5	8.64	0.6	15.75
GCL-3-46	46	0.4	2.1	0.3	1.2	6.8	34.2	0.5	8.16	0.6	14.91
GCL-3-47	47	0.7	4.3	0.6	1.77	8.6	30	0.8	13.59	0.6	17.59
GCL-3-48	48	0.4	2.5	0.3	1.07	6.3	38	0.3	6.63	0.6	16.19
GCL-3-49	49	0.5	3	0.4	1.84	5.5	43.6	0.7	10.71	0.6	15.85
GCL-3-50	50	0.5	3	0.4	1.69	9.2	48.6	1	15.95	1	18
GCL-3-51	51	0.3	1.7	0.3	0.81	5.7	38.7	0.2	2.94	0.6	13.9
GCL-3-52	52	0.4	2.4	0.3	1.01	7.6	46.1	0.5	8.08	0.8	15.33
GCL-3-53	53	0.3	1.5	0.2	0.61	4.6	43	0.1	2.98	0.7	14.44
GCL-3-54	54	0.3	1.7	0.2	0.84	4.8	40	0.2	2.82	0.7	13.62
GCL-3-55	55	0.2	1.3	0.2	0.68	4.2	38.9	0.1	2.69	0.6	13
GCL-3-56	56	0.2	1.6	0.2	0.74	5.1	39.5	0.2	3.05	0.7	13.18
GCL-3-57	57	0.3	1.9	0.3	1.01	4.2	34.9	0.2	3.31	0.6	12.5
GCL-4-58	58	0.4	2.1	0.3	1.34	5.6	38.3	0.3	4.65	0.7	13.37
GCL-4-59	59	0.5	2.6	0.3	1.34	4.9	39	0.3	5.36	0.7	13.18
GDL-2-61	61	0.3	2.2	0.3	3.41	5.7	49.8	0.4	5.99	0.9	12.87
GDL-2-62	62	0.3	1.7	0.2	1.44	4.9	41.9	0.2	3.65	0.7	12.38
GDL-4-60	60	0.3	1.7	0.2	0.9	5	43.6	0.1	2.84	0.7	13.17
L1-1	110	0.2	1	0.1	0.48	13.2	39.7	0.2	3.55	0.9	19.93
L1-2	112	0.3	1.5	0.2	0.69	14.3	39.7	0.3	3.9	0.8	19.36
RA-01	1101	0.2	1.1	0.2	0.76	6.7	45.4	0.2	3.54	0.7	16.33
RA-02	1102	0.1	0.8	0.1	0.65	5.6	45.1	0.2	2.51	0.6	15.27
RA-03	1103	0.1	0.9	0.1	0.61	5.5	47.3	0.1	2.18	0.7	13.58
RA-04	1104	0.2	1.4	0.2	0.79	6.2	46.5	0.3	3.79	0.7	16.16
RA-05	1105	0.2	0.9	0.1	0.7	5.5	46	0.2	2.5	0.7	14.44
RA-06	1106	0.2	1.4	0.2	0.83	5.7	43.8	0.2	3.27	0.6	16.01
RA-07	1107	0.1	0.9	0.1	0.78	8.2	54.9	0.2	3.31	1.3	15.9
RA-08	1108	0.1	0.7	0.1	0.57	4.9	48.2	0.1	2.15	0.7	14.35
RA-09	1109	0.2	1.3	0.2	0.74	5.8	42.5	0.2	3.15	0.7	16.56
RA-10	1110	0.3	1.6	0.2	0.82	5.5	39.2	0.2	3.21	0.6	14.47
RA-11	1111	0.2	1.4	0.2	0.85	5.1	41.5	0.2	3.33	0.6	14.74
RA-12	1112	0.1	0.8	0.1	0.62	4.9	46.7	0.1	2.08	0.6	13.87
RA-13	1113	0.2	1	0.1	0.78	5.7	46.2	0.2	2.72	0.7	14.5
RB-01	1201	0.2	1.1	0.1	0.71	5.4	46.6	0.2	2.94	0.6	15.56
RB-02	1202	0.2	1.4	0.2	0.84	5.8	42.2	0.3	3.63	0.6	15.12
RB-03	1203	0.1	0.9	0.1	0.75	4.8	50.9	0.1	2.04	0.7	13.15
RC-01	1301	0.2	1.5	0.2	0.9	5.6	42.6	0.2	3.56	0.6	14.62
RC-02	1302	0.2	1.1	0.2	0.75	5.3	48.3	0.2	2.87	0.7	13.9
RC-03	1401	0.1	0.6	0.1	0.6	4.5	49.5	0.1	2.05	0.7	12.09

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppb	Ni ppm	Co ppm	Mn ppm	Fe %	As ppm	U ppm	Au ppm	Th ppm	Sr ppm	Cd ppm
AV-01	1001	3.35	22.57	8.26	190.1	220	68.3	50.5	6025	29.01	6.9	4.9	<1	24.6	56	0.36
AV-02	1002	2.69	19.62	7.28	185.4	217	60.3	46.9	6095	25.57	5.9	3.5	<1	16.6	40	0.28
AV-03	1003	2.37	19.51	5.41	165.7	195	54.3	43.3	5271	33.33	5.8	2.7	<1	17.6	28	0.21
AV-04	1004	3.63	15.64	9	244.8	120	104.6	60.8	5938	18.33	7.7	4.9	<1	24.1	67	0.43
AV-06	1006	3.23	16.11	8.44	213.9	148	81.1	55	5762	24.61	7.1	3.6	<1	19	42	0.34
AV-07	1007	3.61	21.82	9.72	229.6	252	94.6	57.1	5853	21.08	7.9	5.5	<1	21.8	107	0.46
AV-08	1008	2.69	18.98	5.7	191.2	291	67.5	50.9	5938	28.62	6.1	3.4	<1	15.4	33	0.27
AV-09	1009	2.92	16.91	6.27	184.8	187	60.3	46	6031	29.35	6.4	3.6	<1	22.2	31	0.3
AV-10	1010	3.49	15.26	7.85	230	126	95.1	58.4	5562	20.7	7.1	4.8	<1	23.2	57	0.37
AV-11	1011	3.2	15.78	6.88	210.4	110	77.8	52.2	6066	25.17	5.9	3.9	<1	21.3	42	0.34
AV-12	1012	2.21	19.99	4.23	172.9	88	57.1	47.3	5337	31.11	6	2.3	<1	10.4	19	0.15
GAL-2-25	25	3.56	6.37	10.94	195.3	225	82.6	50.4	6483	25.12	14.9	5.6	<1	43.9	55	0.46
GAL-2-26	26	2.44	5.36	14.48	147.4	149	61.3	37.7	4991	28.81	11.8	6.3	<1	83.5	30	0.33
GAL-2-27	27	3.8	15.47	8.76	205.7	134	84	51.5	7815	25.03	15.9	4.8	<1	30.9	50	0.39
GAL-2-28	28	3.91	13.86	12.58	251.8	229	37	42.2	8479	26.33	15.1	7	<1	37.6	25	0.62
GAL-2-29	29	2.72	7.21	11.16	172.8	192	75.3	46.8	6178	29.85	15.2	4.9	<1	53.6	42	0.42
GAL-2-30	30	2.54	8.08	15.4	162.8	163	73.4	45.3	5415	29.74	13.6	6.9	<1	85.9	39	0.42
GAL-2-31	31	4.16	5.28	9.7	212.7	22	42.7	38.9	7489	26.28	13.8	5.7	<1	34.9	30	0.38
GAL-2-32	32	4.92	14.56	11.05	231.2	107	68.4	48.7	6743	23.93	16.1	5.6	<1	32.1	48	0.44
GAL-2-33	33	3.09	8.19	8.31	199.2	76	86.1	54	6814	25.99	15.4	4.3	<1	30.4	56	0.41
GAL-2-34	34	2.96	7.89	7.85	165.2	124	48.9	37.6	5420	35.32	13.4	5	<1	40.3	19	0.41
GAL-2-35	35	2.74	3.9	12.11	173.9	<20	70.5	43.3	5119	31.34	13.6	6.5	<1	61.7	39	0.51
GAL-2-36	36	2.1	3.44	16.2	171.7	<20	59.4	37.7	4534	31.95	12.2	6	<1	94.3	22	0.35
GAL-2-37	37	3.36	5.19	9.23	196.1	<20	50.1	42.8	7330	28.18	12.4	6.3	<1	38.3	38	0.6
GAL-2-38	38	4.13	11.87	11.74	219.7	54	73.7	51.8	6351	29.51	16.3	7.5	<1	43	58	0.56
GAL-2-39	39	3.74	7.53	10.44	191.8	142	68.3	46.7	5301	32.88	14.7	8.5	<1	46.5	47	0.75
GAL-2-40	40	5.11	22.67	10.82	230.1	131	100.3	56.7	5823	26.7	16	6.2	<1	31.7	65	0.49
GAL-2-41	41	1.35	2.11	19.62	154.1	96	53.1	33.2	3768	30.08	6.8	7.8	<1	121	16	0.34
GAL-30-01	1	3.29	9.18	12.58	158.5	87	65	44.1	5580	30.22	14.5	5.6	<1	56.6	37	0.37
GAL-30-02	2	2.97	10.19	10.26	158.7	<20	59.1	42.7	5511	28.9	13.3	6.1	<1	47.1	33	0.29
GAL-30-03	3	2.87	5.95	14.17	150.4	68	58.2	40.9	5379	29.86	14.2	6	<1	68.2	32	0.39
GAL-30-04	4	4.87	15.67	13.65	206.8	<20	46.5	42.5	5537	30.85	15	8.1	<1	30.9	33	0.44
GAL-30-05	5	2.61	6.67	6.42	158.1	21	39.2	39.8	4659	45	10.6	3	<1	11.8	7	0.12
GAL-30-06	6	6.8	28.81	23.92	311.5	566	54.6	49.3	5822	22.95	15.4	5	<1	21.1	49	0.62
GAL-30-07	7	3.2	9.11	6.32	169.9	140	28	39.5	5518	33.02	12.1	6.1	<1	16.9	25	0.36
GAL-30-08	8	3.47	7.62	9.36	198.8	32	73.7	49.7	6043	27.31	14.9	4.5	<1	35.9	43	0.36
GAL-30-09	9	4.02	5.71	13.52	212.4	26	42.9	45.3	6535	27.55	13.8	9	<1	35	22	0.37
GAL-30-10	10	2.12	6.29	18.02	143.5	219	54.1	37.8	4686	29.81	11.8	7.5	<1	106.6	28	0.43
GAL-30-11	11	2.86	7.09	6.93	173	102	57	46.2	6118	30.14	14	3.3	<1	27.1	29	0.3
GAL-30-12	12	3.43	7.02	10.31	204.9	118	83.4	52.8	6341	25	15	5.3	<1	43.1	56	0.39
GAL-30-13	13	4.61	8.35	8.74	207.4	20	48	42.3	5696	31.22	13.3	7.6	<1	37.9	22	0.37
GAL-30-14	14	2.5	4.91	6.26	186.8	72	50.2	39.1	4838	38.57	12.1	2.2	<1	25.9	13	0.18
GAL-30-15	15	9.09	51.36	32.63	302.4	641	73.9	47.8	5227	30.57	19.2	6.4	<1	35.5	35	0.69
GAL-31-16	16	4.43	7.75	6.6	196.2	<20	46.2	46.7	6411	29.93	13.5	6.6	<1	21.9	20	0.33
GAL-31-17	17	5.07	15.21	11.14	239.5	190	54.2	47.1	6176	28.08	14.6	5.7	<1	31.6	23	0.5
GAL-31-18	18	2.78	4.21	4.14	151.6	134	29.5	34.9	4456	36.64	12	2.7	<1	13.1	12	0.22
GAL-31-19	19	3.86	13.13	6.55	210	113	43.5	48.4	5057	34.69	14.2	3.6	<1	19.2	23	0.3

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Mo ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ag ppb	Ni ppm	Co ppm	Mn ppm	Fe %	As ppm	U ppm	Au ppm	Th ppm	Sr ppm	Cd ppm
GAL-31-20	20	2.54	6.22	14.72	164.7	155	72.8	43.8	5523	28.58	14	6.7	<1	76.9	44	0.46
GAL-31-22	22	6.51	41.08	16.14	227.9	302	92.6	54.1	5704	33.47	16.6	3.5	<1	28.2	25	0.44
GAL-31-23	23	4.57	28.84	11.66	238.5	<20	82.5	56.1	6256	24.73	16.1	5.1	<1	25.6	37	0.46
GAL-31-24	24	2.1	7.1	14.24	149.6	123	67.9	43.4	5604	29.76	13.8	5.6	<1	78.5	37	0.4
GCL-3-42	42	2.36	5.9	17.02	186.7	175	65.5	41.2	5468	30.68	12.7	7.2	<1	95	30	0.51
GCL-3-43	43	4.86	8.19	11.98	203.9	191	80.1	47.6	5289	36.44	14.4	4	<1	43.6	27	0.33
GCL-3-44	44	5.07	21.76	12.52	217.2	83	92.6	54.1	7833	26.21	16.3	7.7	<1	41	44	0.53
GCL-3-45	45	2.65	6.82	8.8	158.6	170	51.1	35.8	4745	38.14	12.9	5.6	<1	43.4	18	0.43
GCL-3-46	46	3.87	75.96	14.97	185.6	<20	59.7	47.3	7201	31.18	15.2	6.8	<1	63.9	29	0.57
GCL-3-47	47	2.34	3.9	9.88	180.1	24	46.1	39.3	6490	32.35	13.1	4.4	<1	50.2	16	0.33
GCL-3-48	48	5.83	15.35	13	213.8	<20	99.3	54.5	6336	24.52	17.1	8.6	<1	45.8	63	0.43
GCL-3-49	49	4.37	3.55	15.39	166.4	155	54.9	40.2	5389	28.31	15.4	10.2	<1	76.6	50	0.75
GCL-3-50	50	10.36	62.37	29.69	206.9	325	108.9	54.1	6437	27.36	41.4	9.4	<1	48.7	82	0.87
GCL-3-51	51	2.37	4.78	15.08	185.2	110	87.4	48.7	5939	27.43	12.8	6.6	<1	76.9	55	0.43
GCL-3-52	52	3.25	11.16	13.86	191.8	<20	74.2	47.4	5372	37.51	15.3	5.2	<1	66.1	20	0.36
GCL-3-53	53	2.52	4.09	14.63	168.9	93	69.4	42.8	5046	30.49	13.8	6.6	<1	80.6	37	0.45
GCL-3-54	54	1.95	10.57	18.78	175.5	103	75.2	44.7	5268	30.14	11.2	7.1	<1	105.3	40	0.45
GCL-3-55	55	2.15	4.41	16.08	189.6	144	92	48.9	6032	27.86	12.3	6.7	<1	80.9	52	0.43
GCL-3-56	56	2.1	8.7	16.44	198.4	118	88.9	49.6	5920	29.36	11.3	6.4	<1	83.3	48	0.39
GCL-3-57	57	1.5	3.97	21.09	138.9	195	73.4	41.2	4822	27.84	9.4	8.1	<1	121	35	0.4
GCL-4-58	58	1.28	3.44	24.95	126.8	149	64.3	38.1	4266	29.73	7.6	9.2	<1	140.8	29	0.39
GCL-4-59	59	1.07	3.5	18.64	107.5	83	43.9	31.4	4105	27.73	5.3	6.7	<1	112.1	14	0.28
GDL-2-61	61	2.95	6.1	27.67	160	333	48.4	40.3	5507	30.92	8.7	12.2	<1	148.7	33	0.76
GDL-2-62	62	1.77	6.7	22.42	165.7	192	69.7	45.8	5431	30.9	10.2	8.5	<1	124.7	38	0.44
GDL-4-60	60	1	3.42	18.67	115.5	119	55.1	37.2	4732	29	5.4	6.4	<1	106.2	24	0.3
L1-1	110	2.26	16.46	8.37	289.4	147	56.1	60.8	4187	22.94	7.5	1.2	<1	4.9	36	0.3
L1-2	112	2.54	20.39	5.38	196.6	138	34	45.2	3549	35.27	5.7	0.8	<1	4	18	0.13
RA-01	1101	3.79	13.13	10.15	261.9	177	120.6	66.9	4766	15.63	7	5.2	<1	29.1	63	0.4
RA-02	1102	4.07	13.61	8.97	280.9	202	125.9	67.1	4620	15.42	8.1	5.8	<1	29.3	70	0.44
RA-03	1103	3.37	16.03	8.13	213.7	277	85.1	52.7	6303	25.5	7.3	4.4	<1	23.8	52	0.39
RA-04	1104	3.46	13.36	8.21	239.6	166	99.4	58.2	5950	17.15	7	5.3	<1	27.2	57	0.4
RA-05	1105	2.76	17.81	6.05	177.1	225	55.1	42.9	5615	31.19	6.9	3.6	<1	20.8	25	0.27
RA-06	1106	2.49	19.32	5.12	162.8	151	52	42.8	5324	32.16	5.8	2.8	<1	14.7	21	0.2
RA-07	1107	3.38	19.1	6.23	201.4	203	71.8	51.5	5510	30.59	6.6	4.5	<1	18.3	36	0.25
RA-08	1108	2.95	17.78	6.54	195.6	96	68.6	48.1	5454	28.14	6.2	4.2	<1	17.7	37	0.29
RA-09	1109	3.3	15.91	7.96	232.8	258	81.7	53.2	5372	20.03	6.5	6	<1	24.1	52	0.37
RA-10	1110	2.82	14.29	6.65	176.9	223	63.7	43.6	6336	25.42	5.9	3.7	<1	22.5	34	0.39
RA-11	1111	2.19	18.17	3.97	155.6	152	60.8	45	4508	31.4	5.8	3	<1	14	20	0.17
RA-12	1112	2.83	18.61	6.38	203.8	195	73.7	49	6065	27.95	7.5	3.5	<1	17.3	34	0.3
RA-13	1113	2.19	19.72	4.64	151.2	187	52.1	42.2	5083	35.32	5.9	2.5	<1	12.8	14	0.16
RB-01	1201	2.13	17.12	4	163	158	55.6	42.5	5041	32.72	5.6	3.2	<1	11.6	19	0.16
RB-02	1202	2.37	17.87	4.34	170.7	138	58.7	43.1	5257	30.3	6.1	3.6	<1	13.7	23	0.25
RB-03	1203	2.2	11.7	7.65	164.3	114	63.7	40.8	5598	29.66	5.7	3.7	<1	34.4	28	0.26
RC-01	1301	2.05	13.83	5.92	165.1	213	56.2	39.9	5810	31.79	6.4	2.7	<1	22.2	23	0.25
RC-02	1302	2.12	14.11	5.35	167.4	176	58.4	41.4	5806	31.95	6.1	2.9	<1	25	22	0.24
RC-03	1401	4.19	12.85	8.18	230.1	214	132	63	6158	18.66	8	4.9	<1	26.2	61	0.41

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Sb ppm	Bi ppm	V ppm	Ca %	P %	La ppm	Cr ppm	Mg %	Ba ppm	Ti %	Al %	Na %	K %	W ppm	Zr ppm
AV-01	1001	0.13	0.11	594	2.46	0.035	108	285	3.7	27	5.416	2.54	0.147	0.07	1.5	346.5
AV-02	1002	0.16	0.09	541	2.37	0.039	92	258	3.28	25	5.527	2.25	0.106	0.06	0.5	170.5
AV-03	1003	0.08	0.05	745	1.41	0.029	71	314	1.85	16	5.887	1.45	0.059	0.04	3.5	175.8
AV-04	1004	0.14	0.14	277	4.65	0.038	160	220	7.17	34	3.08	3.26	0.186	0.11	0.9	189.7
AV-06	1006	0.1	0.08	502	3.19	0.038	97	263	4.79	30	5.132	2.64	0.142	0.08	0.9	176.1
AV-07	1007	0.16	0.17	363	4.14	0.035	138	238	5.76	38	3.799	3.15	0.179	0.11	1	341.3
AV-08	1008	0.1	0.08	633	2.4	0.034	91	295	3.32	23	5.925	2.23	0.097	0.05	0.9	163.4
AV-09	1009	0.1	0.07	591	2.17	0.032	91	276	3.1	21	5.634	2.26	0.087	0.05	1.2	256.6
AV-10	1010	0.1	0.1	371	4.01	0.043	128	227	5.9	35	4.188	2.84	0.172	0.1	0.7	158.9
AV-11	1011	0.1	0.09	472	3.23	0.036	117	259	4.49	27	4.866	2.8	0.126	0.08	0.8	204.2
AV-12	1012	0.08	0.04	758	1.44	0.03	50	322	1.82	19	6.353	1.51	0.064	0.04	0.7	92.5
GAL-2-25	25	0.2	0.11	485	2.74	0.031	190	349	4.11	28	3.677	3.04	0.07	0.06	1.1	449
GAL-2-26	26	0.11	0.06	626	1.35	0.04	274	408	1.85	22	3.932	1.88	0.039	0.03	0.6	555.9
GAL-2-27	27	0.18	0.09	430	2.65	0.033	156	301	4.3	36	3.886	3.68	0.073	0.07	0.9	308.2
GAL-2-28	28	0.35	0.06	483	1.77	0.025	213	217	2.61	40	7.676	2.42	0.042	0.03	1.5	913.4
GAL-2-29	29	0.16	0.07	664	1.93	0.035	186	425	2.91	25	4.501	2.52	0.058	0.05	1.2	399
GAL-2-30	30	0.15	0.08	694	1.72	0.042	292	472	2.54	27	4.187	2.18	0.05	0.05	0.9	578.5
GAL-2-31	31	0.12	0.07	510	2	0.029	192	217	2.48	24	8.126	1.54	0.057	0.03	1.8	570.2
GAL-2-32	32	0.28	0.09	433	3.15	0.04	193	216	3.98	54	6.406	2.22	0.128	0.07	2.2	547.1
GAL-2-33	33	0.16	0.11	524	2.56	0.028	147	346	4.17	30	3.833	3.16	0.073	0.06	0.9	307
GAL-2-34	34	0.11	0.04	760	1.19	0.032	146	357	1.22	19	6.345	1.21	0.033	0.03	2	576.8
GAL-2-35	35	0.12	0.09	670	1.82	0.05	235	386	2.16	50	4.405	1.88	0.078	0.07	1.1	621.7
GAL-2-36	36	0.11	0.08	733	1.02	0.04	294	478	1.42	20	4.404	1.44	0.032	0.03	0.9	473.2
GAL-2-37	37	0.14	0.08	586	1.9	0.028	158	280	2.34	21	6.898	2.16	0.044	0.03	1.8	775.5
GAL-2-38	38	0.33	0.12	633	2.62	0.033	191	318	3.35	45	5.419	2.31	0.072	0.05	1.8	887.7
GAL-2-39	39	0.16	0.18	737	2.19	0.032	206	366	2.35	26	4.712	1.7	0.062	0.05	2.2	1005.5
GAL-2-40	40	0.61	0.12	539	2.86	0.026	148	293	4.32	52	4.338	2.42	0.077	0.05	2	637.8
GAL-2-41	41	0.09	0.05	614	0.78	0.043	400	467	1.04	16	3.505	1.16	0.022	0.02	0.3	521.7
GAL-30-01	1	0.16	0.11	645	1.76	0.036	206	383	2.44	50	5.486	1.93	0.091	0.05	1.3	514.1
GAL-30-02	2	0.12	0.1	581	1.88	0.031	170	343	2.58	32	5.42	1.81	0.068	0.04	1.6	429
GAL-30-03	3	0.16	0.06	635	1.54	0.037	232	363	2.1	42	5.324	1.78	0.053	0.04	1.1	575.9
GAL-30-04	4	0.34	0.21	668	1.89	0.027	137	285	2.26	52	7.112	1.38	0.073	0.05	5.6	585.9
GAL-30-05	5	0.16	0.05	902	0.26	0.019	35	341	0.39	33	9.151	0.41	0.019	0.02	1.3	153
GAL-30-06	6	1.03	0.26	410	3.73	0.044	103	172	4.43	174	5.532	2.6	0.166	0.06	1.9	343.3
GAL-30-07	7	0.16	0.34	666	1.44	0.02	80	193	1.27	20	7.988	1.18	0.036	0.02	7.1	599.9
GAL-30-08	8	0.2	0.07	550	2.38	0.028	158	332	3.54	40	4.907	2.29	0.074	0.05	1.2	319.7
GAL-30-09	9	0.19	0.08	577	1.57	0.02	122	246	2.36	27	8.247	1.18	0.047	0.02	2.2	649.8
GAL-30-10	10	0.11	0.05	638	1.18	0.048	342	422	1.56	29	4.425	1.66	0.04	0.04	0.5	675.8
GAL-30-11	11	0.13	0.04	673	1.58	0.03	111	346	2.24	33	6.335	1.89	0.059	0.05	1.3	260.4
GAL-30-12	12	0.18	0.09	487	2.76	0.033	185	332	4.25	34	4	2.94	0.082	0.06	0.9	364.5
GAL-30-13	13	0.22	0.06	681	1.39	0.025	146	331	1.68	32	7.769	1	0.039	0.02	1.8	633.9
GAL-30-14	14	0.11	0.027	614	0.76	0.028	78	445	0.99	20	9.783	0.97	0.03	0.03	1.1	209
GAL-30-15	15	1.68	0.11	623	2.51	0.033	151	301	3.21	226	6.626	1.23	0.082	0.04	2.6	734.4
GAL-31-16	16	0.12	0.04	702	1.26	0.029	82	302	1.53	23	9.256	0.92	0.042	0.03	2.1	458.2
GAL-31-17	17	0.38	0.04	542	1.74	0.035	109	267	2.65	58	7.819	1.08	0.066	0.04	3.9	594.8
GAL-31-18	18	0.07	0.027	582	0.89	0.027	69	236	0.94	14	9.784	0.68	0.023	0.013	1.4	289.5
GAL-31-19	19	0.18	0.04	816	1.55	0.032	106	284	2.03	42	7.999	1.17	0.052	0.05	1.6	363.9

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Sb ppm	Bi ppm	V ppm	Ca %	P %	La ppm	Cr ppm	Mg %	Ba ppm	Ti %	Al %	Na %	K %	W ppm	Zr ppm
GAL-31-20	20	0.16	0.08	634	1.81	0.036	279	443	2.62	21	4.096	2.3	0.044	0.04	0.8	678
GAL-31-22	22	1	0.04	752	1.19	0.029	138	445	2.5	131	8.131	1.37	0.054	0.04	1.7	645
GAL-31-23	23	0.26	0.06	469	2.35	0.029	150	224	4.75	58	6.889	1.64	0.086	0.05	1.3	485.2
GAL-31-24	24	0.13	0.05	678	1.64	0.039	263	434	2.38	26	4.203	2.19	0.049	0.05	0.7	505.6
GCL-3-42	42	0.18	0.09	654	1.44	0.043	321	476	2.21	23	4.356	2.16	0.036	0.04	0.9	626.7
GCL-3-43	43	0.26	0.07	784	1.43	0.033	158	494	2.19	35	5.227	1.86	0.045	0.04	1.1	390.4
GCL-3-44	44	0.52	0.09	456	2.61	0.038	182	336	4.22	59	4.219	3.69	0.071	0.06	1.5	490.2
GCL-3-45	45	0.09	0.06	585	1.14	0.031	157	391	1.1	15	6.647	1.2	0.023	0.02	2.3	703.1
GCL-3-46	46	0.23	0.07	735	1.52	0.037	205	457	2.12	32	6.76	2.55	0.035	0.04	1.8	797.5
GCL-3-47	47	0.11	0.04	756	0.89	0.034	150	398	1.06	18	7.329	1.52	0.024	0.02	2.1	429.6
GCL-3-48	48	0.3	0.14	467	3.38	0.04	232	301	4.44	42	4.675	2.91	0.088	0.07	1.5	502.3
GCL-3-49	49	0.17	0.1	625	2.28	0.056	289	381	2.14	38	5.436	2.07	0.082	0.07	2	1218.7
GCL-3-50	50	1.39	0.17	493	3.44	0.038	264	319	4.29	147	4.889	3.17	0.081	0.06	2.4	900.9
GCL-3-51	51	0.19	0.12	563	2.29	0.037	267	411	3.59	24	3.709	2.73	0.058	0.05	0.7	501.6
GCL-3-52	52	0.2	0.05	822	1.14	0.038	213	540	1.66	27	5.529	1.79	0.029	0.03	2.2	530.3
GCL-3-53	53	0.12	0.09	648	1.7	0.041	265	434	2.27	22	4.197	1.91	0.049	0.04	0.8	565.3
GCL-3-54	54	0.16	0.09	666	1.55	0.045	333	476	2.54	24	3.952	2.24	0.043	0.04	0.7	579.7
GCL-3-55	55	0.19	0.12	568	2.05	0.036	290	422	3.67	24	3.499	2.79	0.053	0.05	0.9	534.9
GCL-3-56	56	0.2	0.09	608	1.97	0.038	292	460	3.42	25	3.779	2.63	0.053	0.05	0.9	560.7
GCL-3-57	57	0.11	0.08	604	1.42	0.051	408	459	2.27	23	3.257	2.06	0.04	0.04	0.5	572.6
GCL-4-58	58	0.11	0.07	677	1.08	0.056	452	488	1.62	20	3.424	1.65	0.042	0.04	0.3	610.8
GCL-4-59	59	0.07	0.05	594	0.6	0.035	329	440	0.91	15	3.311	1.24	0.02	0.03	0.1	408.1
GDL-2-61	61	0.27	0.09	663	1.28	0.064	513	498	1.85	28	4.396	2.42	0.033	0.04	1.1	1173.3
GDL-2-62	62	0.2	0.09	676	1.33	0.052	410	526	2.37	25	3.898	2.25	0.041	0.04	0.8	678.8
GDL-4-60	60	0.1	0.06	589	1.01	0.035	324	452	1.66	21	2.814	1.71	0.03	0.03	0.1	342.1
L1-1	110	0.12	0.04	481	3.07	0.055	34	129	6.1	30	5.994	1.37	0.131	0.05	0.5	109.6
L1-2	112	0.07	0.027	740	1.15	0.058	20	153	1.87	19	7.29	0.66	0.065	0.03	0.5	83.4
RA-01	1101	0.1	0.11	203	5.44	0.057	178	184	9.06	45	2.253	2.82	0.245	0.13	0.6	121.8
RA-02	1102	0.12	0.13	205	5.73	0.056	178	178	9.3	51	2.174	2.84	0.265	0.15	0.6	108.8
RA-03	1103	0.14	0.11	447	3.43	0.032	132	255	5.02	28	4.27	3.04	0.128	0.09	0.9	243.2
RA-04	1104	0.11	0.12	240	4.54	0.051	165	197	7.2	38	2.955	3.3	0.196	0.12	0.5	158.2
RA-05	1105	0.09	0.06	658	1.7	0.032	94	280	2.38	19	5.42	1.9	0.067	0.05	1	210.7
RA-06	1106	0.07	0.15	719	1.47	0.033	65	304	1.92	18	5.714	1.61	0.065	0.04	0.7	166.8
RA-07	1107	0.1	0.13	656	2.43	0.037	99	285	3.67	33	5.705	2.22	0.111	0.07	1.1	166.6
RA-08	1108	0.11	0.1	579	2.55	0.035	94	249	3.75	27	5.409	2.18	0.107	0.07	1	182.9
RA-09	1109	0.12	0.16	347	4.17	0.052	136	196	6.04	35	3.923	2.65	0.177	0.1	0.8	163.1
RA-10	1110	0.09	0.08	468	2.52	0.029	106	237	3.74	20	4.692	2.74	0.09	0.06	0.6	264.6
RA-11	1111	0.06	0.04	797	1.38	0.032	60	343	1.83	19	5.867	1.28	0.07	0.04	0.7	92.8
RA-12	1112	0.11	0.08	571	2.53	0.034	94	273	3.79	24	5.572	2.48	0.107	0.07	0.9	170.6
RA-13	1113	0.07	0.027	751	0.97	0.031	48	327	1.26	15	7.027	1.12	0.047	0.03	3.7	134.2
RB-01	1201	0.08	0.04	775	1.29	0.03	55	323	1.75	16	6.038	1.41	0.058	0.04	0.9	109.9
RB-02	1202	0.06	0.04	692	1.6	0.034	69	295	2.13	20	5.621	1.67	0.074	0.05	0.5	166.9
RB-03	1203	0.08	0.06	591	1.87	0.033	112	298	2.84	23	4.319	2.42	0.079	0.06	1.3	237.4
RC-01	1301	0.08	0.05	667	1.51	0.042	85	311	2	21	4.891	2.21	0.069	0.05	0.7	199
RC-02	1302	0.08	0.04	653	1.58	0.041	85	302	2.2	21	5.027	2.22	0.069	0.05	1	153.7
RC-03	1401	0.13	0.12	273	4.17	0.04	163	248	7.21	42	2.792	3.69	0.191	0.15	0.7	141.3

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Sn ppm	Be ppm	Sc ppm	S %	Y ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm
AV-01	1001	9.9	1	44.7	<0,04	118.3	276.06	40.1	166.8	33.2	6.1	24.2	3.9	23.3	4.8	15.2
AV-02	1002	8.6	<1	41.5	<0,04	111.7	238.86	35.7	150.3	29.5	5.4	21.9	3.7	21.9	4.6	13.7
AV-03	1003	8	<1	28.2	<0,04	71.2	170.35	24.3	101.4	19.3	3.5	14.4	2.4	13.4	2.8	8.6
AV-04	1004	9.7	1	65	<0,04	172.3	415.37	62.4	270.3	51.7	9.6	37.4	6.1	35.5	6.9	20.3
AV-06	1006	8.8	1	49	<0,04	127.7	265.83	40.5	174.4	34.5	6.2	26.3	4.3	25.7	5.3	15.8
AV-07	1007	9.4	1	59.9	<0,04	153.5	355.21	52.8	229.1	44.5	8.4	31.6	5.4	31.1	6.3	18.5
AV-08	1008	8.6	1	40.4	<0,04	109	231.66	35.3	147.4	28.8	5.5	21.8	3.7	21.1	4.5	13.8
AV-09	1009	8.9	<1	41.7	<0,04	107.7	229.75	33.6	140.6	26.5	5	20.8	3.4	19.5	4.4	13.2
AV-10	1010	9.3	1	55.8	<0,04	155.5	355.17	54.8	240.3	47.2	8.6	33.6	5.5	32.5	6.4	18.5
AV-11	1011	9.2	1	52	<0,04	136.5	303.17	44.7	189.1	36.5	7	26.9	4.6	27.3	5.5	16.5
AV-12	1012	7.9	<1	28.9	<0,04	72.9	130.98	20.3	85	16.5	3.1	13	2.3	13.1	2.9	9.2
GAL-2-25	25	12.5	1	68.7	<0,04	144.7	450.93	58.3	229.4	44.2	7.4	33.3	5.1	30.1	6.1	20.5
GAL-2-26	26	11.6	<1	47.6	<0,04	115.9	580.17	70.8	266.9	47.4	5.5	30	4.7	25	4.5	14.3
GAL-2-27	27	11.6	<1	72.5	<0,04	160.1	376.73	50.5	206.8	40.6	7.1	30.8	5	32.8	6.7	24.1
GAL-2-28	28	14.8	<1	59	<0,04	147.1	481.44	60	232.3	43.3	7.6	29.9	4.8	28.8	5.8	20.4
GAL-2-29	29	13.3	<1	62.5	<0,04	130.9	425.77	53.6	206.5	39.7	5.4	28.4	4.4	26.6	5.1	18.4
GAL-2-30	30	13.5	<1	56.3	<0,04	134.4	627.39	76.5	288.2	52	6.6	34	5.3	29.8	5.3	17.4
GAL-2-31	31	14.6	<1	48	<0,04	125.4	428.68	55.1	210.5	40	7.7	30.2	4.4	24.9	5	16.9
GAL-2-32	32	14.9	<1	54.7	<0,04	154.5	476.65	63.2	249.2	50.6	9.7	34.3	5.5	32.6	6.2	21.5
GAL-2-33	33	11.7	1	68.2	<0,04	142.7	343.43	47.1	183.7	36.6	6.6	27.9	4.5	28.6	5.6	19.9
GAL-2-34	34	11.4	<1	34.3	<0,04	104.5	333.13	42.1	160.5	31.3	4.4	21.9	3.4	19.9	3.9	12.9
GAL-2-35	35	11.4	<1	42.5	<0,04	142	542.83	69	290.1	49.3	6.5	35.2	5.2	28.6	5.4	18.1
GAL-2-36	36	12.5	<1	43.3	<0,04	118	629.31	76.9	307	51.1	5.2	34.2	5	24.9	4.4	13.8
GAL-2-37	37	12.1	1	45.3	<0,04	138	357.56	45.8	198.1	36.1	5.7	28.3	4.4	26.1	5	18.3
GAL-2-38	38	14.5	<1	48.4	<0,04	162.3	454.65	60.4	255.5	49	7.9	37	5.8	32.1	6	21.9
GAL-2-39	39	12.8	1	40.3	<0,04	158.4	468.16	62.4	253.8	47.5	7.1	34.7	5.3	29.9	5.8	20.8
GAL-2-40	40	14.8	<1	47	<0,04	156.7	365.22	51.9	223.3	43.9	7.2	33.4	5.5	31.8	6	20.9
GAL-2-41	41	11.2	<1	34.8	<0,04	120.5	862.03	100.8	409.9	67.3	6.3	46.1	6	28.5	4.5	13.8
GAL-30-01	1	11.8	<1	49	<0,04	111.5	462.8	56.8	228.1	39	5.5	29.3	4.1	23.2	4.4	14.9
GAL-30-02	2	11	<1	47.3	<0,04	102	376.83	48.1	197.2	34.3	5.1	25.6	3.7	22	4.2	14.5
GAL-30-03	3	11.3	<1	45.2	<0,04	109.6	497.77	62	247.9	43.9	5.7	30.4	4.5	23.6	4.3	14.3
GAL-30-04	4	14.3	1	44.5	<0,04	109.9	293.72	37.9	156.6	29.5	5.8	24.2	3.8	22.7	4.4	16.1
GAL-30-05	5	10.2	<1	28	<0,04	23.5	70.79	8.5	29.8	6.5	1.2	4.9	0.7	4.3	0.9	3.1
GAL-30-06	6	11.2	1	52	<0,04	125.4	244.84	33.6	142.7	28.7	5.4	23.5	3.9	24.8	5.1	18.7
GAL-30-07	7	11.5	<1	34.6	<0,04	95.3	178.91	23.3	95.2	18.1	3.4	15	2.7	17.7	3.8	14.5
GAL-30-08	8	11.9	1	57.4	<0,04	125.2	367.1	48.8	203.3	37.5	6.4	28.6	4.2	26.6	5.3	18.9
GAL-30-09	9	13.7	<1	44.9	<0,04	107	268.69	35.7	146.8	28.8	4.9	23.1	3.7	22.3	4.4	15.6
GAL-30-10	10	10.9	<1	41.5	<0,04	114	724.6	87.6	338.1	56.8	6.4	34.8	5.4	27.9	4.6	14.5
GAL-30-11	11	10.2	<1	46.7	<0,04	96.6	251.39	33.2	133.2	24.7	4.2	19.7	3	18.9	3.9	14.1
GAL-30-12	12	12.4	<1	63.8	<0,04	141	451.92	58.3	233.3	42.8	7.3	32.3	4.9	30.5	5.8	19.9
GAL-30-13	13	13.1	<1	36.6	<0,04	81.4	312.52	39.2	155.8	27.9	4.7	19	2.9	16.9	3.3	11.3
GAL-30-14	14	10.5	<1	32.1	<0,04	53.8	164.2	21.3	82.2	14.9	1.9	10.4	1.7	10.1	2	7.4
GAL-30-15	15	17.6	<1	43.5	<0,04	110	356.25	46.8	189.3	36.1	6.7	26.8	4	23.6	4.4	15.5
GAL-31-16	16	11.8	<1	41.1	<0,04	67.7	179.59	23.5	95.7	18	3.4	13.3	2.1	13	2.5	9.1
GAL-31-17	17	12.5	<1	45.3	<0,04	68.6	237.85	30.8	120.2	21.7	3.6	15.2	2.4	14	2.6	9
GAL-31-18	18	8.3	<1	22.8	<0,04	51.8	159.05	21	86.3	15.9	2.8	11.3	1.8	9.8	1.9	6.4
GAL-31-19	19	11.2	<1	36.8	<0,04	88.2	262.92	34.5	146.1	27.2	4.8	20.6	3	17.1	3.2	11.6

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Sn ppm	Be ppm	Sc ppm	S %	Y ppm	Ce ppm	Pr ppm	Nd ppm	Sm ppm	Eu ppm	Gd ppm	Tb ppm	Dy ppm	Ho ppm	Er ppm
GAL-31-20	20	13	<1	55.1	<0,04	129.4	606.07	73.5	276	49.8	6.7	30.8	5	27.6	5	17.5
GAL-31-22	22	17.8	<1	40.8	<0,04	78.5	294.19	37	145.6	25.6	4.4	17.9	2.7	15.3	3	9.9
GAL-31-23	23	12.2	1	47.5	<0,04	106.2	336.89	43.9	174.3	31.8	6.6	24.4	3.6	20.6	4.1	14.1
GAL-31-24	24	12.6	<1	55.2	<0,04	127.9	576.01	69	261.8	46.5	5.9	30.9	4.8	26.4	4.8	16.5
GCL-3-42	42	16.1	<1	54.6	<0,04	138.5	687.33	83.7	343.4	56.5	6.7	39.1	5.7	29.2	5.3	16.9
GCL-3-43	43	17.3	<1	51.6	<0,04	112.3	361.33	46.6	185.2	33.1	4.3	23.2	3.9	21.1	4.2	15
GCL-3-44	44	14.3	1	71	<0,04	190.9	451.56	60.8	263.5	48.8	7.4	37.5	6	36.5	7.4	26.5
GCL-3-45	45	10.2	<1	28.7	<0,04	106.3	364.56	46.3	193.8	35.5	4.8	26	4	20.4	3.7	13.1
GCL-3-46	46	19.2	<1	58.9	<0,04	158.2	474.52	61.4	260.4	46.3	6	34.6	5.4	30.1	5.8	21
GCL-3-47	47	14	<1	43.2	<0,04	97.8	321.06	40.1	158.3	29.6	3.1	20.8	3.3	17.7	3.6	12.9
GCL-3-48	48	16.8	1	59.8	<0,04	226.9	616.59	87.3	389.4	71.6	11.8	55.8	7.7	46.9	9	30.6
GCL-3-49	49	16.1	1	47.4	<0,04	178.8	680.19	86.7	364.8	67.1	9.5	47	6.8	37.1	7	23.4
GCL-3-50	50	21.9	<1	56.2	<0,04	218.9	652.19	88.8	377.2	70.7	12.9	52.5	8	45.1	8.4	29.8
GCL-3-51	51	13.5	1	64.1	<0,04	146.4	601.42	75.5	308.6	54.2	7.2	40.1	5.7	31.7	5.6	18.8
GCL-3-52	52	14.8	<1	46.7	<0,04	118.3	497.22	61.5	249.5	43.5	5.3	29.9	4.6	24.5	4.6	15.8
GCL-3-53	53	12.7	1	45.9	<0,04	132.9	608.36	74.5	312.6	51.6	6.3	36	5.4	28.4	5	16.1
GCL-3-54	54	14	<1	55.4	<0,04	138.9	742.13	88.7	358.1	61.7	6.6	42.1	5.9	30.8	5.2	16.9
GCL-3-55	55	13.7	<1	61.8	<0,04	141.4	625.89	76	313.1	53.3	6.7	39.9	5.6	30.3	5.6	18.5
GCL-3-56	56	14.3	<1	62.8	<0,04	135.9	634.89	76.9	312.1	53.7	6.1	37.3	5.5	29.6	5.3	18.3
GCL-3-57	57	11.8	<1	50.4	<0,04	141.8	896.93	105.8	435.3	70.2	7.4	49.4	6.3	33.4	5.7	17.4
GCL-4-58	58	12.5	<1	43.4	<0,04	136.9	974.19	115.3	466.5	75.5	7.6	49.8	6.9	33.8	5.4	15.8
GCL-4-59	59	11.1	<1	39.1	<0,04	104.4	721.95	84.9	353.3	56	4.7	38.3	5.2	24.7	4	12.1
GDL-2-61	61	17.5	<1	66.9	<0,04	167.1	1084.33	126.6	509.7	84.9	8.4	60.6	8	42.4	6.7	21.1
GDL-2-62	62	15.5	<1	60.3	<0,04	144.1	891.82	104.4	425.8	69.5	7.1	47.4	6.4	33.4	5.7	17.6
GDL-4-60	60	11.8	<1	49.6	<0,04	114.3	699.37	81.6	327.2	54.8	5.1	37.7	5.3	25.5	4.4	13.7
L1-1	110	9.8	1	36.4	<0,04	52.2	89.83	13.5	59.7	12.9	2.9	11	1.9	10.8	2.3	6.3
L1-2	112	13.6	<1	21.8	<0,04	21.7	47.91	6.6	28.7	6.2	1.2	5.4	0.9	4.8	1	2.7
RA-01	1101	9.2	1	61.5	<0,04	176.1	486.66	73.7	320.2	63.5	10.7	46	7	39	7.4	20.5
RA-02	1102	9.8	1	63	<0,04	175.6	484.98	71.2	317.3	61.3	11.1	44.8	7	39.6	7.6	20.7
RA-03	1103	9.2	1	57.1	<0,04	140.7	323.15	47.3	203.6	38.7	7.6	30.2	4.9	28.9	5.9	17.2
RA-04	1104	9	1	61.5	<0,04	181.1	445.04	66	290.3	55.4	9.8	41	6.7	39.2	7.5	21.8
RA-05	1105	8.2	<1	35.4	<0,04	92.1	226.75	31.4	129.8	24.7	4.3	17.7	3.1	18.1	3.8	11.1
RA-06	1106	8.1	<1	31.3	<0,04	81.2	164.6	24.2	103.7	19.5	3.8	15.4	2.7	15.7	3.4	10.3
RA-07	1107	8.8	1	40.7	<0,04	111.3	250.39	36.8	156.7	30.3	5.4	23.6	3.8	22.2	4.7	13.2
RA-08	1108	8.6	1	42.3	<0,04	114.1	243.21	36.3	150.7	29.3	5.7	23.1	3.9	22.6	4.8	14.1
RA-09	1109	9.6	1	55.1	<0,04	171.6	374.58	55.9	239	46.3	8.7	36.1	6	35.4	7.2	20.4
RA-10	1110	8.5	<1	48.2	<0,04	117.1	273.5	38.5	162.3	30	5.7	22.8	3.8	22.8	4.8	14.6
RA-11	1111	7.3	<1	25.7	<0,04	72.2	153.16	22.7	95.3	19.2	3.4	15.4	2.5	14.5	3	8.8
RA-12	1112	8.7	<1	45.1	<0,04	112	243.78	35.5	153.5	29	5.5	21.8	3.7	21.8	4.7	13.6
RA-13	1113	7	<1	22.1	<0,04	55.9	116.21	16.1	67	13	2.4	10.6	1.8	10.5	2.4	7.3
RB-01	1201	7.2	<1	26.9	<0,04	65.8	139.81	20.2	83.9	15.7	3	12.6	2.1	12.7	2.7	8.2
RB-02	1202	7.9	1	31.1	<0,04	83.9	183.01	26.8	111.9	21.3	4	16.5	2.8	16.1	3.5	9.9
RB-03	1203	8.4	<1	43.6	<0,04	102.4	268.08	36.3	147.9	27.6	4.4	20.3	3.3	19.7	4.2	12.2
RC-01	1301	7.4	<1	37.6	<0,04	99.5	208.6	29.9	126.5	23.5	3.9	17.8	2.9	18.6	4.2	12.3
RC-02	1302	7.3	<1	36.9	<0,04	101.1	208.56	29.1	121.8	23.5	4	18.5	3.3	19.3	4.2	12.4
RC-03	1401	9.7	1	68.2	<0,04	195.9	458.87	67.2	301.3	58.2	10.4	42.5	6.9	40.5	8.3	23.1

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Li ppm	Rb ppm	Ta ppm	Nb ppm	Cs ppm	Ga ppm
AV-01	1001	2.4	15.3	2.2	12.64	9.6	2.2	8.5	126.96	0.2	18.13
AV-02	1002	2.2	13.8	2	7.39	7.8	1.7	4.6	102.96	0.2	14.02
AV-03	1003	1.4	8.5	1.2	6.62	5.2	1.1	5.9	105.73	0.2	20.8
AV-04	1004	3.1	19.8	2.9	8	13	2.7	8	115.01	0.2	14.96
AV-06	1006	2.4	15.4	2.2	7.21	9.2	1.8	8.3	117.75	0.2	15.27
AV-07	1007	2.9	18.1	2.7	13.08	12.8	2.8	8.1	112.64	0.3	16.38
AV-08	1008	2.1	13.9	2.1	7.07	7.3	1.3	8.5	119.45	0.2	16.23
AV-09	1009	2.1	13.4	2	9.85	7.3	1.4	8.4	125.79	0.2	17.59
AV-10	1010	2.9	17.9	2.5	7.29	10.6	2.3	8.8	118.93	0.2	14.31
AV-11	1011	2.6	16.6	2.4	8.72	8.7	1.8	8.6	120.23	0.2	16.93
AV-12	1012	1.4	9	1.4	4.41	4.9	1	6.2	98.37	0.2	16.04
GAL-2-25	25	3	20.4	2.8	17.09	7.1	1.6	5.5	101.01	0.2	18.17
GAL-2-26	26	2	12.6	1.9	20.26	4.4	1.2	2.2	73.34	0.2	20.52
GAL-2-27	27	3.5	23.9	3.4	12.41	6.9	2.2	6.1	112.34	0.3	17.34
GAL-2-28	28	3	20.6	3	31.88	4.4	0.8	7.2	136.43	0.2	11.54
GAL-2-29	29	2.6	18.2	2.6	14.69	6	1.7	5.6	105.79	0.2	22.79
GAL-2-30	30	2.5	16.2	2.3	20.37	6.1	1.4	4.1	91.81	0.2	21.93
GAL-2-31	31	2.3	15.8	2.3	21.29	3.8	0.8	8.2	167.46	0.2	12.55
GAL-2-32	32	3	20	2.7	20.08	6.2	1.6	9.3	162.42	0.2	14.23
GAL-2-33	33	3	20.2	2.8	11.8	7.4	1.9	5.6	105.87	0.2	20.16
GAL-2-34	34	1.9	13	1.9	19.68	3.3	0.8	7.2	141.02	0.2	24.4
GAL-2-35	35	2.4	16.6	2.3	22.12	4.5	2.2	5.8	111.63	0.2	24.32
GAL-2-36	36	1.8	11.3	1.6	16.59	4.2	1.1	3.3	84.51	0.2	23.88
GAL-2-37	37	2.7	18	2.6	27.24	4.2	0.9	7.7	147.17	0.2	17.6
GAL-2-38	38	3.2	20.8	3	31.58	5.3	1.2	7.5	131.88	0.2	20.93
GAL-2-39	39	2.9	19.5	2.7	35.26	3.8	1	7.6	139.76	0.2	27.38
GAL-2-40	40	3	20.2	2.8	23.27	5.7	1.5	6.9	121.71	0.2	19.18
GAL-2-41	41	1.6	10	1.3	19.01	3	0.8	0.9	42.2	0.2	21.32
GAL-30-01	1	2.1	13.6	2	18.81	6.1	1.6	5.9	112.82	0.2	21.53
GAL-30-02	2	2	13.2	1.9	16.58	5.2	1.2	6.1	110.48	0.2	20.06
GAL-30-03	3	2.1	13.3	1.9	21.33	4.9	1.3	5	104.7	0.2	21.28
GAL-30-04	4	2.2	15.8	2.2	22.99	6.5	2.2	8.6	127.33	0.4	20.09
GAL-30-05	5	0.4	3.1	0.5	5.99	1.9	1	6.2	89.78	0.2	24
GAL-30-06	6	2.7	18.7	2.6	13.48	19	2.3	7	102.63	0.4	16.63
GAL-30-07	7	2.2	14.7	2.1	24.74	4.7	0.6	9.2	149.44	0.2	25.96
GAL-30-08	8	2.5	17.1	2.4	12.93	7.3	1.5	6.5	114.75	0.2	19.07
GAL-30-09	9	2.1	14.8	2.2	26.77	2.9	0.6	8.2	134.66	0.2	13.27
GAL-30-10	10	1.8	12.4	1.7	24.78	4.4	1.1	2.1	70.03	0.2	21.32
GAL-30-11	11	2	13.5	1.9	9.77	5.6	1.4	6.3	116.82	0.2	22.21
GAL-30-12	12	2.9	19	2.6	13.8	7.6	1.6	5.7	105.31	0.2	18.32
GAL-30-13	13	1.5	10.6	1.5	22.11	3	0.8	7.9	135.72	0.2	19.93
GAL-30-14	14	1	7.1	1	7.79	3.1	0.9	5.4	105.58	0.2	27.51
GAL-30-15	15	2.1	13.5	1.8	25.79	5	1.4	7.5	139.52	0.2	20.78
GAL-31-16	16	1.3	8.9	1.3	16.53	3.4	0.9	8.3	149.18	0.2	14.91
GAL-31-17	17	1.3	8.4	1.2	20.39	4.1	1.3	7.8	132.59	0.2	14.05
GAL-31-18	18	0.9	6	0.8	10.55	2.5	0.5	5.6	109.21	0.2	27.57
GAL-31-19	19	1.5	10.4	1.4	13.4	3.8	2.1	6.9	127.24	0.2	26.62

Résultats analytiques
des "minéraux lourds"

SAMPLES	Identification	Tm ppm	Yb ppm	Lu ppm	Hf ppm	Li ppm	Rb ppm	Ta ppm	Nb ppm	Cs ppm	Ga ppm
GAL-31-20	20	2.3	15.5	2.2	24.53	5.6	1.2	4.8	90.4	0.2	21.53
GAL-31-22	22	1.4	9.9	1.3	22.18	4.3	1.7	7.3	140.12	0.2	21.56
GAL-31-23	23	1.9	12.4	1.8	17.35	4.9	1.2	7.7	147.21	0.2	15.37
GAL-31-24	24	2.3	15	2.2	17.86	5.2	1.4	3.1	87.6	0.2	22.46
GCL-3-42	42	2.4	15.5	2.1	22.01	5.5	1.3	4.7	86.08	0.2	22.33
GCL-3-43	43	2	14.2	2	14.27	4.6	1.6	5.8	106.99	0.2	26.62
GCL-3-44	44	3.8	27.1	3.6	17.18	7.4	1.5	6.6	120.56	0.2	19.07
GCL-3-45	45	1.8	12.2	1.7	23.58	2.5	0.8	5.9	110.43	0.2	27.99
GCL-3-46	46	3.1	20.7	3	26.82	4.2	1.4	8.8	157.94	0.2	19.3
GCL-3-47	47	1.9	12.9	1.9	16.06	3.2	1	7.8	137.81	0.2	18.47
GCL-3-48	48	4.3	28.2	3.8	19	7.1	1.7	10.2	170.09	0.2	17.5
GCL-3-49	49	3.2	21.4	3	41.92	4.5	1.9	8	146.08	0.2	19.35
GCL-3-50	50	4.1	27.9	3.9	30.91	7.4	1.8	9.5	166.5	0.3	19.27
GCL-3-51	51	2.6	17.1	2.4	18.2	6.2	1.5	4.7	83.01	0.2	20.93
GCL-3-52	52	2.2	15.3	2.2	19.45	4.6	1.3	6.7	118.7	0.2	29.6
GCL-3-53	53	2.3	14.8	2.1	19.92	5.3	1.4	4.4	92.88	0.2	22.75
GCL-3-54	54	2.1	14.6	2.1	20.02	5.2	1.9	3.6	73.96	0.2	22.38
GCL-3-55	55	2.5	17.1	2.4	19.43	6.6	1.4	4.1	74.15	0.2	20.87
GCL-3-56	56	2.5	16.1	2.2	19.63	6.4	1.4	4.3	75.78	0.2	21.78
GCL-3-57	57	2.3	14	2	20.15	5	1.4	2.5	57.23	0.2	21.68
GCL-4-58	58	1.9	12.5	1.7	21.53	4.1	1.2	0.9	43.45	0.2	22.16
GCL-4-59	59	1.5	9.4	1.3	14.97	3	1.2	0.3	30.49	0.2	19.03
GDL-2-61	61	2.6	17.4	2.5	39.83	5	1.7	3.4	56.5	0.2	18.9
GDL-2-62	62	2.2	15.4	2.1	24.15	4.6	1.5	3.8	66.84	0.2	23.49
GDL-4-60	60	1.7	11.1	1.5	12.38	4.8	1.2	0.1	24.85	0.2	21.22
L1-1	110	1	6.1	0.9	5.17	8.6	1.9	6.4	96.36	0.2	11.93
L1-2	112	0.4	2.5	0.4	4.57	4.4	1.2	7.2	101.4	0.2	20.57
RA-01	1101	3.1	19	2.6	6.03	12.9	3.1	8.6	110.03	0.2	13.67
RA-02	1102	3.1	19	2.6	5.45	13.6	3.6	8.9	113.59	0.3	14.11
RA-03	1103	2.7	17.8	2.6	9.85	9.9	2.3	7.9	112.72	0.2	17.94
RA-04	1104	3.4	21.3	3	7.64	11.4	2.8	8.3	113.16	0.2	13.54
RA-05	1105	1.8	11.8	1.7	8.06	5.8	1.3	7.6	118.66	0.2	20.57
RA-06	1106	1.6	10.6	1.5	6.64	5.5	1.2	6.2	111.1	0.2	20.78
RA-07	1107	2.1	13.6	2	7.17	7.7	2.3	8.8	121.93	0.2	19.29
RA-08	1108	2.1	14.1	2.1	7.63	7.8	2.1	8.6	122.41	0.2	17.79
RA-09	1109	3.1	20.2	2.8	7.15	11.3	2.7	9.6	122.03	0.3	14.5
RA-10	1110	2.3	15	2.2	10.06	7.9	1.5	5.9	106.55	0.2	16.21
RA-11	1111	1.3	8.3	1.2	4.2	4.5	1	6.4	96.56	0.2	19.66
RA-12	1112	2.2	14.7	2.1	7.27	8.2	1.7	8.1	116.04	0.2	16.84
RA-13	1113	1.2	7.4	1.1	5.85	4.1	0.9	6.9	107.5	0.1	20.87
RB-01	1201	1.3	8.9	1.2	4.66	4.7	1	6.9	102.81	0.2	19.66
RB-02	1202	1.6	10.5	1.5	6.61	5.7	1.2	4.6	97.2	0.2	18.5
RB-03	1203	2	13.1	1.9	9.35	6.9	1.5	7.1	102.78	0.2	19.89
RC-01	1301	2	13.3	1.9	7.63	6.4	1.4	4.4	97.66	0.2	21.59
RC-02	1302	2	13.7	2	6.13	5.8	1.4	6.5	105.51	0.2	21.41
RC-03	1401	3.8	24.6	3.5	6.55	13.8	3.5	8.7	121.39	0.3	15.31