

RIO TINTO

BILAN DES CONNAISSANCES ET OPTIMISATION DES SCÉNARIOS D'EXPLOITATION DES BANCS D'EMPRUNT

SYNTHÈSE DES TRAVAUX RÉALISÉS POUR LE
PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES
DU LAC SAINT-JEAN, DANS LE CADRE DE
L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
2017-2026

JUIN 2017

BILAN DES CONNAISSANCES ET OPTIMISATION DES SCÉNARIOS D'EXPLOITATION DES BANCS D'EMPRUNT

Rio Tinto

Version finale

Projet n° : 141-21260-00
Date : Juin 2017

WSP Canada Inc.

5355, boul. des Gradins
Québec (Québec) G1J1C8

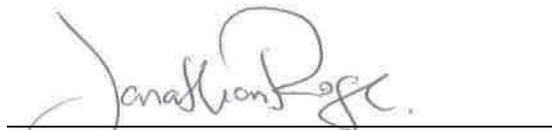
Téléphone : +1 418-623-2254
Télécopieur : +1 418-624-1857

www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Jonathan Roger, géomorphologue, M.Sc.
Chargé de projet

RÉVISÉ PAR



Julie Simard, géomorphologue, Ph.D.
Directrice de projet

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

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO (RT)

Chargée de projet Caroline Jollette, ing.

Conseiller technique Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet Julie Simard, géomorphologue, Ph.D.

Chargé de projet Jonathan Roger, géomorphologue, M.Sc.

Collaborateurs
 Bernard Aubé-Maurice, biologiste, M.Sc.
 Claire Hayek, ing.
 Jean-François Bernier, géomorphologue, M. Sc.
 Jean Lavoie, géomorphologue, M.Sc.
 Jean-François Saint-Laurent, ing., M.Sc.
 Joanie Tremblay, géographe, M.Sc.
 Justin McKibbon, ing., M.Sc.
 Marie-Ève Larouche, géomorphologue, M.Sc.
 Mélanie Lévesque, océanographe, M.Sc.
 Michèle Laflamme, Géomaticienne, M.Sc.
 Pierre Jean, ing., M.Sc.
 Steve Renaud ing., M.Sc.
 Thomas Fortin-Chevalier, ing., M.Sc.

Techniciens
 Carl Gauthier
 Dominick Cuerrier
 Frédéric Tremblay
 Marie-Claude Julien

Cartographes
 Chantale Landry
 Diane Gagné
 Jean-Marc Tremblay
 Maude Boulanger

ÉQUIPE DE RÉALISATION (suite)

Édition
Linette Poulin
Lucie Bellerive
Stéphanie Hamel

SOUS-TRAITANTS

Gravier Donckin Simard & Fils Laurier Simard

Référence à citer :

WSP 2017. Bilan des connaissances et optimisation des scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt, Synthèse des travaux réalisés pour le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement 2017-2026. Rapport produit pour Rio Tinto. 61 pages et annexes.

SOMMAIRE EXÉCUTIF

MISE EN CONTEXTE

À la suite de la mise en service de la centrale hydroélectrique de L'Isle-Maligne en 1926, le niveau du lac Saint-Jean a été rehaussé, ce qui a défini une nouvelle ligne de rivage et, par conséquent, a modifié la dynamique d'érosion des berges qui pouvait alors être observée. Pour contrer ce problème, Rio Tinto gère, depuis plusieurs décennies, le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) qui vise à atténuer l'érosion par des moyens adaptés à la sévérité des processus et à la dynamique hydrosédimentaire spécifique à chaque segment de berges. Les recharges de plage comptent parmi les techniques utilisées par Rio Tinto. Ces recharges en sable ou en gravillon visent, entre autres, à maintenir des largeurs de plage pour la villégiature sur plus de 32 zones de recharge autour du lac.

Les matériaux utilisés pour recharger les plages proviennent exclusivement de bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre, répartis dans les régions autour du lac Saint-Jean. Ces matériaux doivent respecter des paramètres granulométriques et pétrographiques spécifiques, afin de guider les exploitants des bancs d'emprunt et de répondre aux critères de qualité relatifs aux usages, à la pérennité des interventions et à l'environnement. Étant donné que les sources d'approvisionnement doivent être localisées le plus près possible des zones de recharge, il est parfois plus difficile de trouver des sources d'emprunt dont la qualité exige un minimum de traitement. En effet, au nord et à l'est du lac Saint-Jean, les problèmes d'approvisionnement rencontrés sont principalement liés à la rareté des gravillons au sein des bancs d'emprunt complexifiant le rechargement des zones nécessitant un matériel plus grossier. Au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean, la proportion en shale relativement élevée (0-30 %) donne une couleur foncée à la plage et, après un lessivage des particules plus fines par les vagues, laisse une plage qui comprend entre autres des graviers de shale, ce qui importune les propriétaires et usagers riverains. De plus, des hypothèses relatives à la dégradation potentielle et la forme en plaquette des grains de shale peuvent expliquer certaines problématiques en ce qui a trait aux épisodes de turbidité dans le lac pendant et à la suite des rechargements ainsi que lors de la compaction des matériaux.

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) portant sur le renouvellement du PSBLSJ pour la période de 2017-2026, Rio Tinto a jugé nécessaire de conduire une étude globale concernant les sources de bancs d'emprunt dans le but de :

1. regrouper l'ensemble des connaissances accumulées au fil des années par Rio Tinto tant sur les techniques d'approvisionnement en milieu terrestre, en rive et en milieu subaquatique (annexe 8 de l'EIE);
2. synthétiser les connaissances existantes, documenter et caractériser davantage les bancs d'emprunt déjà connus et utilisés par Rio Tinto;
3. explorer la possibilité d'exploiter de nouvelles sources d'emprunt;

4. souligner et mieux comprendre les problématiques technico-économiques, environnementales et sociales que Rio Tinto doit gérer dans la planification de ses approvisionnements en matériaux de recharge;
5. synthétiser l'ensemble des connaissances afin de conduire une analyse multicritère qui vise à évaluer les meilleurs scénarios d'exploitation de bancs d'emprunt pour chacun des besoins spécifiques des 32 zones de recharge.

La démarche utilisée dans le but de répondre à ces objectifs a été développée de façon progressive et orientée en fonction des conclusions et des recommandations émises à l'étape précédente. Le travail s'est ainsi réalisé en dix étapes distinctes qui ont évolué d'un état de référence, à une acquisition de connaissances, vers une analyse multicritère et l'acquisition de connaissances significatives sur des bancs d'emprunt spécifiques et sélectionnés par l'analyse multicritère. Les rapports associés à chacune de ces étapes s'intitulent :

1. Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages;
2. Caractérisation des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique;
3. Proposition de nouvelles sources d'emprunt en milieu terrestre pour le rechargement des plages au sud-ouest du lac Saint-Jean;
4. Caractérisation des bancs d'emprunt terrestres – Résultats des campagnes de terrain de mai et de juin 2016;
5. Analyse multicritère des sources d'approvisionnement pour les recharges de plage du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean pour la période de 2017-2026;
6. Analyses granulométriques dans le banc d'emprunt Aly Blackburn – Essais du tamiseur Finlay;
7. Résultat des tests de tranchées pour l'extension potentielle du banc d'emprunt Aly Blackburn;
8. Évaluation de l'altération des matériaux par les opérations de chargement à partir des bancs d'emprunt et de déchargement sur les plages;
9. Évaluation de méthodes pour réduire la teneur en shale dans les matériaux du banc d'emprunt Aly Blackburn.

1. ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES

Dans le cadre du PSBLSJ, Rio Tinto a développé, au fil des années, une expertise unique et orientée sur les problématiques spécifiques des recharges de plage pour le lac Saint-Jean. Chacune des sources d'approvisionnement dédiées aux zones de recharge présente des avantages et des inconvénients, tant sur le plan environnemental, social que technico-économique. En parallèle, Rio Tinto a produit plusieurs rapports documentant le potentiel granulométrique des bancs d'emprunts les plus stratégiques qu'elle exploitait dans son programme de recharge.

Rio Tinto a jugé nécessaire de produire un rapport synthèse pour réunir l'ensemble des connaissances et ainsi mieux orienter le programme d'exploitation des sources d'emprunt pour le nouveau PSBLSJ. Ce rapport, constituant l'annexe 8 de l'EIE, cerne donc les problématiques auxquelles Rio Tinto est confronté, soit les teneurs en shale, l'atteinte des fuseaux granulométriques et les principales contraintes reliées aux enjeux technico-économiques, environnementaux et sociaux. Par la suite, le rapport présente les banques de connaissances existantes relatives à chacun des bancs d'emprunt pour le milieu terrestre, riverain et subaquatique et propose des sources d'exploitation potentielles. Enfin, le rapport présente certaines avenues à explorer afin de répondre aux contraintes relatives à la qualité des matériaux et à l'exploitation même des sources d'emprunt.

Ce rapport conclut que l'utilisation des bancs d'emprunt terrestres demeure le meilleur choix, et ce, pour toutes les zones de recharge ceinturant le lac Saint-Jean. Cette conclusion découle notamment des impacts sur l'environnement, d'autant plus que l'exploitation des bancs en milieu terrestre est déjà conforme à la réglementation environnementale en vigueur. L'analyse relative à l'utilisation de bancs d'emprunt riverains et subaquatiques démontre que de nombreuses études préalables doivent être conduites pour évaluer correctement le potentiel et que les contraintes environnementales et technico-économiques sont considérables. En effet, l'utilisation de ces deux types de bancs d'emprunt engendre une double perturbation environnementale, soit au site de prélèvement et au site de dépôt. L'amélioration de la qualité des sédiments provenant des bancs d'emprunt terrestres ou la recherche de nouveaux bancs d'emprunt moins susceptibles de contenir du shale reste donc les meilleures avenues. Cependant, afin d'améliorer la qualité des bancs d'emprunt en milieu terrestre, les pistes de solutions qui permettraient d'utiliser les sources actuelles présentant des problématiques en matière de critères granulométriques et en terme de qualité de sédiment (proportion shaleuse > 10-15 %) requièrent d'abord de :

- 1) caractériser (granulométrie et qualité des sédiments, unité d'intérêt et estimation des volumes) davantage les bancs d'emprunt ciblés pour évaluer s'ils peuvent répondre adéquatement aux exigences propres à chacune des zones de recharge;
- 2) adapter la démarche de ségrégation du shale pour chaque banc d'emprunt ciblé pour en arriver à un procédé permettant de rencontrer des proportions inférieures pour la recharge;
- 3) développer une matrice qui supporte les choix actuels de Rio Tinto et qui conduira au développement d'une stratégie d'exploitation des bancs d'emprunt à plus long terme.

Enfin, les conclusions du rapport indiquent également qu'il serait d'intérêt pour Rio Tinto de rechercher les sources d'emprunt les moins susceptibles de contenir du shale pour les secteurs sud et ouest. À cet effet, il est proposé de mener une analyse préliminaire des photographies aériennes afin de suggérer de nouveaux bancs d'emprunts potentiels en milieu terrestre pour desservir les secteurs localisés au sud du lac Saint-Jean. Un plan de sondage pourrait être par la suite proposé afin de valider les résultats de la photo-interprétation. Une fois le plan d'investigation et la cartographie des nouveaux bancs d'emprunt réalisés, Rio Tinto pourra faire des choix éclairés quant à son approvisionnement en matériaux d'emprunt de qualité pour son PSBLSJ 2017-2026, et ce, en tenant évidemment compte des limitations sociales et environnementales pour mettre en exploitation de nouveaux bancs d'emprunt terrestres.

2. CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN MILIEU SUBAQUATIQUE

Malgré la complexité des opérations de dragage et de transport des sédiments prélevés en milieu subaquatique jusqu'aux zones de recharge et des enjeux environnementaux que ces opérations soulèvent, Rio Tinto a tout de même exploré la possibilité d'exploiter des sources d'emprunt subaquatiques. Les sources d'emprunt qui pourraient se situer à des endroits de moindre impact environnemental et le moins contraignant sur le plan technique ont été sélectionnées. Ces bancs d'emprunt potentiels ont donc fait l'objet d'une caractérisation de la granulométrie et de la contamination en shale afin d'évaluer si l'option de recharge des plages par le dragage est envisageable d'un point de vue de la qualité des matériaux et répond aux fuseaux visés.

Les résultats de la caractérisation des bancs d'emprunt identifiés en milieu subaquatique au large des berges du lac Saint-Jean démontrent qu'aucun d'entre eux ne convient pour le rechargement de plage en sable ou en gravillon puisque les sédiments sont tous trop fins. De plus, les bancs localisés au sud du lac Saint-Jean présentent une problématique de contamination en shale, avec des proportions parfois plus élevées que celles estimées pour les bancs d'emprunt en milieu terrestre et certains contiennent même de l'argile dans le secteur de St-Henri-de-Taillon. Ce constat ne présente donc aucun avantage comparativement aux bancs d'emprunt terrestres. Le rapport conclut que les efforts de recherche et de caractérisation de bancs d'emprunt doivent donc se concentrer sur le milieu terrestre.

3. PROPOSITION DE NOUVELLES SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES AU SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN

Dans le cadre du PSBLSJ, Rio Tinto utilise des bancs d'emprunt en milieu terrestre localisés au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean, dont la composition lithologique des matériaux occasionne des inconvénients sur les plages. À ces endroits, la proportion en shale des sources d'emprunt est relativement élevée (10-30 %) ce qui selon certaines hypothèses, entraînerait des problèmes de compaction des matériaux de rechargement et occasionnerait des épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements. Dans le rapport « Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages », une des solutions envisagées est de conduire une analyse de photographies aériennes afin d'identifier de nouvelles sources d'emprunt dans les secteurs les moins susceptibles de présenter de fortes proportions en shale, en considérant la localisation des formations géologiques en cause et la direction des écoulements glaciaires et fluvio-glaciaires à l'origine des unités sédimentaires présentes dans la région.

Une analyse de petite échelle sur des images satellitaires et la caractérisation stéréoscopique détaillée de photos aériennes de nouveaux bancs d'emprunt qui sont les plus susceptibles de répondre aux critères de qualité établis par Rio Tinto pour recharger les plages du secteur sud-ouest du lac Saint-Jean ont donc été conduites. De plus, une campagne de terrain réalisée en novembre 2015 a permis de valider la présence des bancs d'emprunt identifiés et d'estimer visuellement les proportions en shale dans ces bancs identifiés.

Les résultats ont permis de localiser des zones potentielles de bancs d'emprunt au moyen de l'analyse des images satellitaires de petite échelle ciblées sur des secteurs sélectionnés en fonction des connaissances théoriques de la géologie et de l'histoire glaciaire. Les bancs d'emprunt ont par la suite été identifiés et les

volumes estimés au moyen d'une caractérisation stéréoscopique des photos aériennes. Ces bancs ont fait l'objet d'une brève campagne de terrain afin d'échantillonner les matériaux pour estimer sommairement les propriétés granulométriques et calculer en laboratoire les proportions en shale.

L'estimation sommaire en laboratoire a permis de constater qu'une majorité de ces bancs ont des proportions de shale adéquates, mais présentent des sables fins qui ne répondent pas adéquatement aux fuseaux granulométriques en sable et en gravillon. La photo-interprétation détaillée et ciblée sur les deux zones les plus à l'ouest a permis de localiser un total de 12 bancs d'emprunt existants, dont 4 extensions possibles, et 17 nouveaux bancs d'emprunt potentiels.

Le rapport conclut que, pour une prochaine étape, il sera essentiel de caractériser plus exhaustivement une sélection de bancs d'emprunt déjà existants ou nouvellement identifiés dans l'étape actuelle, soit les bancs d'emprunt les plus près des zones de recharge et présentant le plus de potentiel en terme de qualité des matériaux. Des relevés géophysiques sont également proposés sur les bancs qui seront sélectionnés afin de mesurer l'étendue et l'épaisseur des unités sédimentaires présentant les meilleurs potentiels. De tels relevés permettraient ainsi de planifier une campagne de sondage à la pelle hydraulique ou encore de forages géotechniques pour les bancs d'emprunt les plus prometteurs.

4. CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES – RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE TERRAIN DE MAI ET DE JUIN 2016

À cette étape, les bancs d'emprunt terrestres ont fait l'objet d'une caractérisation fine sur le terrain et en laboratoire. Les résultats présentent peu d'intérêt pour être considérés dans le plan d'exploitation des bancs d'emprunt pour le nouveau PSBLSJ 2017-2026. De plus, l'étape précédente, soit la « proposition de nouvelles sources d'emprunt en milieu terrestre pour le rechargement des plages au sud-ouest du lac Saint-Jean » (3) a permis d'établir un inventaire de sources d'emprunt existantes et potentielles. Combinée à la banque de bancs d'emprunt déjà documentés et exploités par le PSBLSJ, Rio Tinto a jugé nécessaire de rassembler toute l'information en une seule base de données et de caractériser davantage l'ensemble des bancs d'emprunt terrestres recensés, soit plus d'une quarantaine. Deux campagnes de terrain ont alors été menées par WSP en mai et en juin 2016 dans le but de caractériser de manière générale tous les bancs d'emprunt retenus, puis de détailler certaines caractéristiques d'intérêt pour les cinq bancs d'emprunt terrestres (Aly Blackburn (n° 2), Adrien Gagnon (n° 4), Giguère (n° 6), Donckin Simard (n° 13) et Gaston Morin (n° 16)), considérés comme ayant le meilleur potentiel de respecter les critères technico-économiques, environnementaux et sociaux. Les échantillons ont tous fait l'objet d'analyses granulométriques et de comptages pétrographiques.

Les résultats montrent que six bancs d'emprunt (Guy Boivin (n° 5), Giguère (n° 6), Fortin (n° 14) et Roberval (nos 34, 35 et 36) sont aptes à fournir les zones de recharge en sable et en gravillon, moyennant moins d'efforts de tamisage, alors que le reste des bancs d'emprunt requiert davantage d'efforts de tamisage pour rencontrer les fuseaux granulométriques 0-5 mm ou 0-20 mm. Enfin, les échantillons provenant des bancs Adrien Gagnon (n° 4), Giguère (n° 6), Gaston Morin (n° 16), Gérard Fortin (n° 10), Laterrière (nos 23 et 29), l'Ascension (n° 33), Roberval (nos 34 et 35) et Lac-Bouchette (n° 41) montrent que ces derniers ont des proportions en shale inférieures à 15 %.

La caractérisation des bancs d'emprunt a permis d'établir le portrait le plus juste possible des critères physiques de chacun des bancs d'emprunt initialement recensés. Bien que les bancs d'emprunt Giguère (n° 6) et Roberval (n°s 34 et 35) soient aptes à fournir du matériel de recharge adéquat, tant en sable (41-80 %) qu'en gravillon (19-59 %) et rencontrent des proportions en shale inférieures à 15 % (1-14 %), ils peuvent présenter d'autres critères désavantageux concernant les autres enjeux technico-économiques, sociaux ou environnementaux. Les données de caractérisation physique qui découlent de cette étape ont donc été intégrées dans une grille d'analyse multicritère qui, sous la forme d'une matrice décisionnelle, permet d'aboutir aux meilleurs scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt pour chacune des zones de recharge du PSBLSJ.

5. ANALYSE MULTICRITÈRE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LES RECHARGES DE PLAGE DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN POUR LA PÉRIODE DE 2017-2026

Comme mentionnée précédemment, la démarche pour évaluer les meilleurs scénarios d'exploitation repose sur une analyse multicritère regroupant deux grandes catégories de critères, soit ceux liés au site d'exploitation (banc d'emprunt) et ceux liés au transport des matériaux vers les zones de recharge (basé sur le chemin le plus court entre tous les bancs d'emprunt versus toutes les zones de recharge). Chacun de ces critères a été sélectionné de sorte à considérer les critères techniques, économiques, environnementaux et sociaux. À l'ensemble des critères associés aux caractéristiques physiques déterminées tout au long du présent travail d'analyse s'ajoutent ceux relatifs au contexte légal et aux impacts potentiels sur le milieu biologique et auprès de la population. Les indicateurs de chacun de ces critères ont donc été cotés. Les valeurs de ces cotes ont été déterminées selon un poids attribué à l'importance relative de chacun de ces critères, les uns par rapport aux autres. Ainsi, l'analyse permet de classer les meilleurs scénarios d'exploitation de bancs d'emprunt pour chacune des zones de recharge.

L'analyse multicritère montre que, pour le **secteur nord du lac Saint-Jean**, l'approvisionnement en matériaux à court et long terme des zones de recharge en sable de l'île du Repos (n° 5), de St-Henri-de-Taillon (n° 7) et d'Alma-Tombolo (n° 13) ne présente aucun problème. En contrepartie, dû à l'absence de sources notables de gravillon, le rechargement des zones de Mistassini (n° 1) et de Péribonka (n° 9) demeure problématique. Aucun banc étudié n'est en mesure de fournir ce type de matériaux en quantité suffisante.

Le secteur à l'ouest du lac Saint-Jean est le moins problématique de l'ensemble des secteurs. En effet, les bancs d'emprunt retenus par l'analyse multicritère offrent un sable ainsi qu'un gravillon respectant les fuseaux granulométriques recherchés avec des teneurs en shale acceptables pour les zones de recharge de Saint-Méthode (n° 2), Mashteuiatsh - Saint-Prime (n° 3), Saint-Prime (n° 10) et la plage Roberval (n° 11). Les teneurs en shale varient considérablement d'un banc à l'autre. Considérant les teneurs en shale, les bancs Roberval n° 34 et n° 35 et le banc Giguère n° 6 demeurent les meilleures options d'approvisionnement en gravillon exempt de shale à court et long terme.

La teneur en shale demeure le principal problème dans le **secteur sud du lac Saint-Jean**. En effet, l'ensemble des bancs d'emprunt retenus présente des proportions en shale entre 10 % et 30 %. Malgré

cette problématique, l'approvisionnement en sable et gravillon des cinq zones de recharge dans le secteur sud du lac Saint-Jean (Domaine du Marais (n° 4), St-Gédéon (n° 6), Rang des îles (n° 8), Pointe Chambord (n° 12) et 14^e Chemin (n° 14)) est assuré à long terme, avec une variété de matériaux disponibles au sein des sept bancs d'emprunt retenus (Aly Blackburn (n° 2), Guy Boivin (n° 5), Donckin Simard (n° 13), Fortin (n° 14) et Lac-Bouchette (nos 40 et 41).

Malgré certaines lacunes sur le plan de la qualité de son matériau relativement à sa teneur en shale comprise entre 10 et 33 %, la position géographique du banc Aly Blackburn par rapport aux zones de recharge, sa possibilité d'exploitation immédiate et son volume disponible font en sorte qu'il prédomine à plusieurs reprises dans l'analyse multicritère. Ce banc d'emprunt est donc souvent proposé comme scénario d'exploitation idéal. Ce constat est d'autant plus vrai, puisque les travaux d'investigation géophysique réalisés ont permis d'identifier des unités sédimentaires rencontrant les fuseaux granulométriques des gravillons à l'intérieur même du banc. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire demeure aussi élevée que celle estimée dans les comptages pétrographiques des échantillons provenant du front d'attaque. Il faut également considérer que l'ouverture de cette nouvelle section du banc implique la tenue de plusieurs démarches relative aux ententes d'exploitation auprès du propriétaire, ainsi qu'au niveau de l'obtention des autorisations requises auprès de la Commission de la protection du territoire agricole du Québec (CPTAQ) et du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). Puisque le banc Aly Blackburn est confirmé par l'analyse multicritère comme stratégique de par sa localisation géographique, sa superficie exploitable et la rareté d'autres options dans ce secteur, plusieurs travaux supplémentaires ont été menés afin de solutionner les contraintes granulométriques et pétrographiques qu'impose ce banc.

6. ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DANS LE BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN – ESSAIS DU TAMISEUR FINLAY

Les matériaux du banc Aly Blackburn exigent des opérations de tamisage pour obtenir un matériau conforme aux fuseaux granulométriques correspondant au sable et aux gravillons. Afin d'améliorer la précision du tamisage et d'atteindre les fuseaux granulométriques recherchés, un tamiseur de marque Terex Finlay a été mis à l'essai, afin surtout de vérifier sa capacité d'éliminer les particules fines. Le rapport présente le déroulement des essais, ainsi que les résultats des analyses granulométriques qui visaient à vérifier l'efficacité du tamiseur.

Les résultats des analyses de laboratoire permettent de conclure que le tamiseur Terex Finlay s'est avéré inefficace pour éliminer les fractions granulométriques les plus fines lorsque la teneur en eau du matériel dépassait 3 %, c'est-à-dire lorsque les matériaux étaient prélevés directement du front d'attaque du banc d'emprunt. En contrepartie, le tamiseur s'est avéré plus efficace lorsque les matériaux provenaient de la pile de réserve, déjà tamisée, donc plus sèche. Considérant que les essais ont été réalisés en conditions climatiques estivales et sèches, force est de croire que le tamiseur Finlay ne peut répondre aux objectifs d'éliminer les fractions les plus fines du sédiment pour rencontrer les fuseaux granulométriques du sable et des gravillons. Cependant, la découverte, à l'aide du géoradar, des unités plus graveleuses localisées à

quelques dizaines de mètres derrière le front d'attaque va probablement permettre de limiter les opérations de tamisage. Afin de vérifier ce potentiel, des tests de tranchées ont été réalisés.

7. RÉSULTAT DES TESTS DE TRANCHÉES POUR L'EXTENSION POTENTIELLE DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

Des tests de tranchées ont été conduits dans le secteur sud-ouest du banc d'emprunt Aly Blackburn, afin de valider le contenu en gravillon d'une unité sédimentaire identifiée au moyen du géoradar lors des campagnes de caractérisation précédentes. Le rapport présente l'analyse des tests de tranchées et les résultats des analyses en laboratoire qui ont permis de confirmer que les matériaux sont conformes aux fuseaux granulométriques recherchés.

Les résultats des tests de tranchées montrent qu'il existe une unité sédimentaire fortement susceptible de fournir des matériaux sablo-graveleux pour les recharges de plage en gravillons, conformément aux résultats obtenus par les sondages géophysiques. Les résultats des tests de tranchées, combinés à l'interprétation des profils géoradar, montrent que l'unité sablo-graveleuse est constante et présente une épaisseur minimale de 5 m. Les résultats des analyses granulométriques montrent que les sédiments provenant de cette unité sédimentaire rencontrent les fuseaux granulométriques des gravillons et auraient donc besoin d'un minimum de tamisage pour éliminer les fractions supérieures à 20 mm. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire est similaire au reste du banc d'emprunt exploité, avec des pourcentages $\geq 15\%$. À cet égard, les résultats concernant les essais géotechniques de séparation du shale représentent un intérêt, dans la mesure où le traitement proposé offre le potentiel de réduire les pourcentages sous la barre de 15 % à un coût inférieur à celui engendré par le transport de matériaux provenant d'autres bancs d'emprunt. Cependant, la démarche pour obtenir les autorisations nécessaires à l'extension du banc d'emprunt doit être réalisée.

8. ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION DES MATÉRIAUX PAR LES OPÉRATIONS DE CHARGEMENT À PARTIR DES BANCS D'EMPRUNT ET DE DÉCHARGEMENT SUR LES PLAGES

Le seuil établi d'une proportion en shale inférieure à 15 % découle principalement des problématiques que ce dernier engendre potentiellement sur le plan environnemental et hydrodynamique. La compaction des matériaux de rechargement fait, entre autres, partie de ces problématiques, et ce, même si Rio Tinto a développé une méthode de déchargement sur les plages qui limite la compaction des sédiments par la machinerie. De plus, la mise en place des recharges sur les plages est susceptible de créer des épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements. La cause de ces épisodes peut être reliée soit à la présence de la fraction granulométrique plus fine des matériaux ou encore, par la dégradation hypothétique des grains de shale lors de leur remaniement par les vagues. D'autres inconvénients relatifs à la présence du shale dans les matériaux de rechargement sont également soulevés. Ainsi, la couleur foncée du matériau étendu sur les plages ou encore la prédominance de graviers de shale importune les propriétaires et usagers riverains. Des analyses ont donc été conduites dans le but de vérifier et de mieux comprendre les changements morphologiques potentiels du matériel et, entre autres, des grains de shale, entre le moment où le sable est prélevé dans le banc d'emprunt jusqu'au moment où celui-ci est déchargé

et mis en place sur les plages au sud du lac Saint-Jean. Les analyses granulométriques et pétrographiques ont donc été réalisées sur des échantillons prélevés quelque temps après la mise en place des matériaux provenant du banc Aly Blackburn sur la plage du marais Bolduc.

En l'absence de différences significatives entre les proportions de shale par classes granulométriques entre le banc Aly Blackburn et les matériaux des plages du secteur du marais Bolduc, les résultats démontrent qu'il est peu probable que les grains de shale se fragmentent lors des opérations de chargement, déchargement et nivellement des matériaux. En effet, la fragmentation du shale lors des opérations aurait entraîné une augmentation des proportions de shale dans les classes granulométriques les plus fines, ce qui n'apparaît pas dans les courbes granulométriques. Les épisodes de turbidité seraient donc davantage attribuables à la fraction granulométrique fine contenue dans les matériaux, causée soit par le mélange entre les sédiments de la plage (issus eux aussi des unités sédimentaires d'origine fluvioglaciales) et le matériel de rechargement lors des opérations de nivellement de la plage ou encore aux difficultés d'éliminer les matériaux fins lors des tamisages effectués au banc d'emprunt.

9. ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE DANS LES MATÉRIAUX DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

Les proportions en shale demeurent la principale problématique pour obtenir un matériel de qualité dans le secteur sud du lac Saint-Jean et particulièrement sur le banc d'emprunt qualifié de stratégique par l'analyse multicritère présentée précédemment. Ce constat a poussé Rio Tinto à explorer certains procédés de séparation des matériaux utilisés dans l'industrie. Ainsi, des comptages pétrographiques par classes granulométriques et trois types d'essais de séparation du shale par densité ont été réalisés selon une séquence prédéfinie en laboratoire, soit les comptages granulométriques par classe granulométrique, le test de gravité spécifique, le test de séparation par densité ainsi que le test de gravité par couche.

Les résultats de ces analyses montrent d'abord que les tests de séparation par densité sur le fuseau granulométrique 0-5 mm ne sont pas concluants. Cependant, les teneurs en shale sont moindres pour cette fraction granulométrique ($\leq 23\%$). Conséquemment, les plus grandes proportions de shale ($\geq 50\%$) se trouvent dans les fractions granulométriques ≥ 5 mm. Cependant, les tests de séparation par densité portés sur cette classe granulométrique ne permettent d'isoler que 9 % des particules qui ont une densité se rapprochant de celle du shale. En considérant que la teneur en shale de la classe granulométrique ≥ 5 mm est de 50 %, force est de croire que les teneurs seraient réduites à 41 % après traitement. Les résultats des analyses granulométriques des matériaux bruts montrent que la portion ≥ 5 mm constitue en moyenne seulement 8 % des échantillons. Pour un échantillon prélevé directement dans le banc d'emprunt, la séparation du shale par densité entraînerait donc une réduction de 3 % de sa teneur en shale, ce qui est loin des pourcentages visés par Rio Tinto pour le banc Aly Blackburn pour lequel Rio Tinto vise une réduction des pourcentages en shale en moyenne de 13 %.

Pour réduire ses proportions de shale dans son matériau de recharge de plage, Rio Tinto devra donc envisager d'étudier les possibilités qu'offre le concassage différentiel des grains de shale par rapport aux grains minéralogiques ou encore d'amender avec des matériaux provenant de bancs d'emprunt non contaminés par le shale. Des essais réalisés par le passé ont démontré que le matériau issu du

concassage était particulièrement anguleux, ce qui est moins intéressant pour réaliser des recharges de plage. De plus, des essais restent à faire pour monter un protocole permettant d'extraire adéquatement les particules fines du matériau concassé, ce qui est relativement complexe, à moins d'utiliser un matériel sec, comme le démontrent les essais du tamiseur Finlay présenté dans la section 6. Une dernière solution pour réduire les proportions en shale reste l'amendement du matériau. Par exemple, pour ramener les proportions de shale du banc Aly Blackburn (17 à 30 %) à 15 %, pour un volume de 100 m³, il faudrait entre 148 et 214 m³ de matériaux faiblement contaminés en provenance par exemple du banc Roberval n° 34 ou du banc Giguère n° 6. Une autre solution serait de minimiser les volumes de matériaux faiblement contaminés en shale en appliquant seulement une couche de finition en surface, directement sur les plages.

CONCLUSIONS

Le travail synthèse concernant les sources d'emprunt pour le rechargement des plages du PSBLSJ a permis de :

1. synthétiser les connaissances techniques acquises depuis le début du PSBLJS et les problématiques rencontrées lors de la mise en œuvre des opérations;
2. recenser l'ensemble des bancs terrestres et subaquatiques disponibles et rassembler l'information existante;
3. compléter et caractériser de façon générale l'ensemble des bancs recensés et détailler adéquatement les bancs d'intérêts afin de déterminer les meilleurs scénarios d'exploitation pour chacune des zones de recharge;
4. cibler et tenter de solutionner les problèmes de teneurs élevées en shale ainsi que la problématique des spectres granulométriques non conformes de certains bancs d'emprunt.

L'intégration de l'ensemble de ces renseignements à une base de données a permis de structurer l'information pour en faciliter la consultation et l'utilisation. Cette base de données est structurée de sorte à être insérée à l'intérieur d'un système d'information géographique (SIG) afin de réaliser des modélisations et des analyses spatiales. Les analyses réalisées à ce niveau résultent en les meilleurs scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt. Les résultats obtenus ont été regroupés par secteur, à savoir le secteur nord, le secteur sud et le secteur ouest. Chacun des secteurs est caractérisé selon ses problématiques et ses solutions distinctes.

Pour le **secteur nord**, l'approvisionnement en gravillon demeure la principale problématique. Afin de pallier ce problème, l'élargissement de la zone de recherche jusqu'aux limites du Bouclier canadien apparaît être la meilleure des solutions, dans la mesure où la distance ne devient pas une contrainte sur le plan technico-économique, environnemental et social.

Le **secteur à l'ouest du lac Saint-Jean** est le moins problématique. En effet, les bancs d'emprunt retenus offrent un sable ainsi qu'un gravillon respectant les fuseaux granulométriques recherchés et avec des teneurs en shale acceptables.

Pour le **secteur sud**, de nombreux bancs d'emprunt sont aptes à fournir du matériau qui rencontre les critères sur le plan granulométrique, néanmoins, certaines particularités persistent quant à la présence de sédiments fins et à la difficulté d'éliminer ces fractions lors des tamisages. La teneur en shale demeure également un inconvénient, surtout au niveau de la couleur foncée. En effet, l'ensemble des bancs d'emprunt retenus présente des proportions en shale entre 10 % et 30 %.

Ce qui ressort de l'analyse multicritère pour les bancs d'emprunt autour du lac, est que ceux-ci présentent certaines problématiques d'approvisionnement en sable et en gravillon. Des travaux de caractérisation additionnels ont donc été conduits au banc Aly Blackburn, dans le but de trouver des pistes de solutions.

La première vague de travaux avait comme objectifs d'optimiser les opérations de tamisage. Ces derniers n'ont cependant pas donné de résultats concluants. Compte tenu de la présence naturelle de sédiments fins à l'intérieur des bancs d'emprunt autour du lac, Rio Tinto a jugé bon d'apporter une précision aux fuseaux granulométriques. En effet, l'expérience acquise au fil des années en matière de rechargement de plage permet de conclure que les fuseaux utilisés depuis 1986, ne rencontrent pas la réalité sur le terrain. La précision de ces derniers en regard des études récentes conduites sur plusieurs bancs d'emprunt, permet de mieux guider l'exploitant du banc d'emprunt, tout en tenant également compte de ce que le milieu naturel environnant peut fournir.

En ce qui concerne l'approvisionnement en gravillons pour le secteur sud du lac Saint-Jean, les travaux de géophysique, validés par des tests de tranchées, ont permis d'identifier des unités sédimentaires rencontrant les fuseaux granulométriques du gravillon, et ce, près du front d'attaque actuel. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire de gravillons demeure aussi élevée que celle estimée dans les comptages pétrographiques des échantillons provenant du front d'attaque. De plus, l'exploitation de cette extension du banc d'emprunt doit cependant être conforme à la réglementation légale et il faut considérer des délais en vue de l'obtention des autorisations nécessaires.

Des essais géotechniques ont été conduits afin d'évaluer les possibilités de séparer par densité, à une échelle industrielle, les grains de shale du reste des matériaux. Les résultats de laboratoire ont démontré que de tels procédés industriels n'offrent pas un rendement suffisant pour abaisser de façon satisfaisante les proportions de shale, particulièrement pour les gravillons. Par conséquent, l'amendement de ces bancs ou l'application d'une couche de finition directement sur les plages avec des matériaux de grande qualité demeurent pour l'instant la meilleure alternative pour répondre à ce problème.

L'ensemble des travaux réalisés au niveau du banc d'emprunt Aly Blackburn et de la plage Bolduc démontrent que les problèmes associés à la compaction des matériaux sur les plages rechargées et de la formation des panaches de turbidité ne sont aucunement associés à la présence du shale, comme présumé initialement. Ainsi, le problème de compaction des matériaux serait plutôt attribuable à la répartition granulométrique des matériaux des bancs d'emprunt et à la difficulté d'éliminer les particules les plus fines lors des opérations de tamisage. Rio Tinto a déjà tenté d'optimiser et de développer de nouvelles techniques de tamisage par le passé. Les essais du tamiseur Finlay témoignent des efforts engagés récemment pour contrer ce problème. Rio Tinto reste donc à l'affût des développements technologiques possibles afin de réduire la proportion des sédiments fins dans ses matériaux de recharge.

Quant à la problématique relative aux épisodes de turbidité, elle est également attribuable à la présence de sédiments fins qui sont remis en suspension lors des opérations de rechargement ou au brassage subséquent des matériaux par les vagues. Or, comme les résultats granulométriques le démontrent, l'étendue spatiale et la durée dans le temps de ces panaches de sédiments sont susceptibles d'être très courts. En effet, selon plusieurs études, le temps de sédimentation en milieu lacustre varie grandement selon la taille des particules et l'hydrodynamisme du milieu. Par exemple, pour un lac de 20 m de profondeur, le temps pour que les sables et les silts grossiers ($\geq 63 \mu\text{m}$) sédimentent, une fois mis en suspension, est de l'ordre de la minute, tandis que pour les sédiments plus fins ($\leq 63 \mu\text{m}$), la sédimentation peut prendre des mois, voire des années. En considérant les données granulométriques des bancs d'emprunt alimentant les zones de recharge du sud du lac Saint-Jean, la proportion moyenne des sédiments $\leq 63 \mu\text{m}$ contenue dans le matériel de recharge est en moyenne inférieure à 1,7 %. La proportion de sédiments susceptible d'être mis en suspension sur de longues périodes est donc très faible, rendant improbable la formation de panaches de sédiments étendus et qui perdurent dans le temps.

Enfin, selon le contexte géomorphologique régional, les unités sédimentaires constituant les berges du secteur sud du lac Saint-Jean sont les mêmes que celles dans lesquelles sont exploités les bancs d'emprunt, tous étant localisés à proximité. Pour cette raison, il est fort probable que les proportions de shale et les caractéristiques granulométriques sur des plages qui seraient « naturelles » (c'est-à-dire non rechargées par Rio Tinto) soient similaires à celles évaluées dans les bancs d'emprunt. Seuls les sables de l'embouchure de la Belle-Rivière semblent présenter localement des proportions en shale inférieures. En effet, ces sables, redistribués le long de la flèche littorale et sur les dunes, proviennent du bassin en amont de la rivière, un secteur où les proportions de shale sont moindres. Il est également à noter qu'avant le rehaussement du niveau du lac, les berges au sud du lac Saint-Jean étaient constituées surtout de marais (30 %) et de plages (70 %).

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
2	PRÉSENTATION SOMMAIRE DES RAPPORTS	3
2.1	ANNEXE 1 : ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES	3
2.2	ANNEXE 2 : CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN MILIEU SUBAQUATIQUE	3
2.3	ANNEXE 3 : PROPOSITION DE NOUVELLES SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES AU SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN.....	4
2.4	ANNEXE 4 : CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES - RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE TERRAIN DE MAI ET DE JUIN 2016	4
2.5	ANNEXE 5 : ANALYSE MULTICRITÈRE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LES RECHARGES DE PLAGE DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN POUR LA PÉRIODE DE 2017-2026	4
2.6	ANNEXE 6 : ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DANS LE BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN – ESSAIS DU TAMISEUR FINLAY	5
2.7	ANNEXE 7 : RÉSULTAT DES TESTS DE TRANCHÉES POUR L'EXTENSION POTENTIELLE DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN	5
2.8	ANNEXE 8 : ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION DES MATÉRIAUX PAR LES OPÉRATIONS DE CHARGEMENT À PARTIR DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN ET DE DÉCHARGEMENT SUR LES PLAGES.....	5
2.9	ANNEXE 9 : ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE DANS LES MATÉRIAUX DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN	6

TABLE DES MATIÈRES (suite)

3	RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE.....	7
3.1	SECTEUR NORD.....	11
3.1.1	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE MISTASSINI (N°1).....	12
3.1.2	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE PÉRIBONKA (N°9).....	12
3.1.3	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE L'ÎLE AU REPOS (N°5).....	12
3.1.4	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON (N°7).....	12
3.1.5	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS D'ALMA-TOMBOLO (N°13).....	13
3.1.6	BILAN.....	13
3.2	SECTEUR SUD.....	25
3.2.1	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU RANG DES ÎLES (N°8).....	27
3.2.2	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-GÉDÉON (N°6).....	27
3.2.3	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU 14 ^E CHEMIN (N°14).....	27
3.2.4	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU DOMAINE DU MARAIS (N°4).....	27
3.2.5	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE POINTE CHAMBORD (N°12).....	28
3.2.6	BILAN.....	28
3.3	SECTEUR OUEST.....	39
3.3.1	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE MASHTEUIATSH (N°3).....	40
3.3.2	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE LA PLAGE DE ROBERVAL (N°11).....	40
3.3.3	ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-MÉTHODE (N°2) ET DE SAINT-PRIME (N°10).....	40

TABLE DES MATIÈRES (suite)

3.3.4	BILAN	41
4	PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES	49
4.1	PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES ET PISTES DE SOLUTIONS POUR LE SECTEUR NORD	49
4.2	PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES ET PISTES DE SOLUTIONS POUR LE SECTEUR SUD	50
4.3	PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES ET PISTES DE SOLUTIONS POUR LE SECTEUR OUEST	51
5	DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS	53
6	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	61

TABLEAUX

TABLEAU 3-1	SYNTHÈSE DES TROIS SCÉNARIOS D'EXPLOITATION DES BANCS D'EMPRUNT POUR L'ENSEMBLE DES ZONES DE RECHARGE	8
TABLEAU 3-2	ZONES DE RECHARGE DU SECTEUR NORD REGROUPEES EN FONCTION DE LEUR CHEMIN RESPECTIF	11
TABLEAU 3-3	IDENTIFICATION DES BESOINS POUR CHAQUE ZONE DE RECHARGE DU SECTEUR NORD AINSI QUE LE POTENTIEL GRANULOMÉTRIQUE DES BANCS D'EMPRUNT RETENUS.....	11
TABLEAU 3-4	ZONES DE RECHARGE DU SECTEUR SUD REGROUPEES EN FONCTION DE LEUR CHEMIN RESPECTIF	25
TABLEAU 3-5	IDENTIFICATION DES BESOINS POUR CHAQUE ZONE DE RECHARGE DU SECTEUR SUD AINSI QUE LE POTENTIEL GRANULOMÉTRIQUE DES BANCS D'EMPRUNT RETENUS.....	26
TABLEAU 3-6	ZONES DE RECHARGE DU SECTEUR OUEST REGROUPEES EN FONCTION DE LEUR CHEMIN RESPECTIF	39
TABLEAU 3-7	IDENTIFICATION DES BESOINS POUR CHAQUE ZONE DE RECHARGE DU SECTEUR OUEST AINSI QUE LE POTENTIEL GRANULOMÉTRIQUE DES BANCS D'EMPRUNT RETENUS.....	39
TABLEAU 4-1	DISTANCE DES BANCS D'EMPRUNT PRÉLIMINAIREMENT IDENTIFIÉS VERSUS LES ZONES DE RECHARGE DU SECTEUR NORD DU LAC SAINT-JEAN	49

CARTES

CARTE 3-1	LOCALISATION DES BANCS D'EMPRUNT EN MILIEUX TERRESTRE ET SUBAQUATIQUE PAR SECTEUR	9
CARTE 3-2	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE MISTASSINI (N° 1)	15
CARTE 3-3	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE PÉRIBONKA (N° 9).....	17
CARTE 3-4	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE L'ÎLE DU REPOS (N° 5).....	19
CARTE 3-5	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON (N° 7).....	21
CARTE 3-6	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS D'ALMA-TOMBOLO (N° 13).....	23
CARTE 3-7	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS D'ALMA (N° 8).....	29
CARTE 3-8	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-GÉDÉON (N° 6).....	31
CARTE 3-9	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS 14 ^E CHEMIN (N° 14)	33
CARTE 3-10	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU DOMAINE DU MARAIS (N° 4)	35
CARTE 3-11	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE POINTE CHAMBORD (N° 12)	37

CARTES (suite)

CARTE 3-12	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE LA PLAGE DE ROBERVAL (N° 11)	43
CARTE 3-13	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE MASHTEUIATSH (N° 3)	45
CARTE 3-14	TRAJETS OPTIMAUX POUR LES ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-PRIME ET SAINT-MÉTHODE (N° 2)	47

FIGURES

FIGURE 5-1	COMPARAISON ENTRE LES FUSEAUX GRANULOMÉTRIQUES HABITUELLEMENT UTILISÉS ET CEUX RÉVISÉS EN FONCTION DES RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES.....	56
FIGURE 5-2	COMPARAISON ENTRE LES FUSEAUX GRANULOMÉTRIQUES RÉVISÉS ET LES COURBES GRANULOMÉTRIQUES POUR LES BANCS D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES	57

ANNEXES

ANNEXE 1	ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES
ANNEXE 2	CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN MILIEU SUBAQUATIQUE
ANNEXE 3	PROPOSITION DE NOUVELLES SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES AU SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN
ANNEXE 4	CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES – RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE TERRAIN DE MAI ET DE JUIN 2016
ANNEXE 5	ANALYSE MULTICRITÈRE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LES RECHARGES DE PLAGE DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN POUR LA PÉRIODE DE 2017-2026
ANNEXE 6	ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DANS LE BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN – ESSAI DU TAMISEUR FINLAY
ANNEXE 7	RÉSULTATS DES TESTS DE TRANCHÉES POUR L'EXTENSION POTENTIELLE DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN
ANNEXE 8	ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION DES MATÉRIAUX PAR LES OPÉRATIONS DE CHARGEMENT À PARTIR DES BANCS D'EMPRUNT ET DE DÉCHARGEMENT SUR LES PLAGES
ANNEXE 9	ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE DANS LES MATÉRIAUX DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

1 INTRODUCTION

À la suite de la mise en service de la centrale hydroélectrique de L'Isle-Maligne en 1926, le niveau du lac Saint-Jean a été rehaussé, ce qui a eu pour effet d'amplifier les processus d'érosion des berges. Pour contrer ce problème, Rio Tinto gère, depuis plusieurs décennies, le Programme de stabilisation des berges au lac Saint-Jean (PSBLSJ) qui vise à atténuer l'érosion par des moyens adaptés à la sévérité des processus et à la dynamique hydrosédimentaire spécifique à chaque segment de berge. Les recharges de plage comptent parmi les techniques utilisées par Rio Tinto. Ces recharges en sable ou en gravillon visent, entre autres, à maintenir des largeurs de plage pour la villégiature sur plus de 32 zones de recharge autour du lac Saint-Jean.

Les matériaux utilisés actuellement pour recharger les plages proviennent exclusivement de bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre, répartis dans les régions autour du lac Saint-Jean. Ces matériaux doivent respecter des paramètres granulométriques et pétrographiques spécifiques, afin de guider les exploitants des bancs d'emprunt et de répondre aux critères de qualité relatifs aux usages, à la pérennité des interventions et à l'environnement. Étant donné que les sources d'approvisionnement doivent être localisées le plus près possible des zones de recharge, il est parfois plus difficile de trouver des sources d'emprunt dont la qualité exige un minimum de traitement. En effet, au nord et à l'est du lac Saint-Jean, les problèmes d'approvisionnement rencontrés sont principalement liés à la rareté des gravillons au sein des bancs d'emprunt, complexifiant le rechargement des zones nécessitant un matériel plus grossier. Au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean, la proportion en shale relativement élevée (0-30 %) donne une couleur foncée à la plage et, après un lessivage des particules plus fines par les vagues, laisse une plage qui comprend entre autres des graviers de shale, ce qui importune les propriétaires et usagers riverains. De plus, des hypothèses relatives à la dégradation potentielle des grains et la forme en plaquette du shale veulent expliquer certaines problématiques en ce qui a trait à aux épisodes de turbidité dans le lac pendant et à la suite des rechargements et à la compaction des matériaux.

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement portant sur le renouvellement du PSBLSJ pour la période de 2017-2026, Rio Tinto a jugé nécessaire de conduire une analyse concernant les sources de bancs d'emprunt. Cette analyse avait pour but de :

1. regrouper l'ensemble des connaissances accumulées au fil des années par Rio Tinto tant sur les techniques d'approvisionnement en milieu terrestre, en rive et en milieu subaquatique (annexe 8 de l'EIE);
2. synthétiser les connaissances existantes, documenter et caractériser davantage les bancs d'emprunt déjà connus et utilisés par Rio Tinto;
3. explorer la possibilité d'exploiter de nouvelles sources d'emprunt;
4. souligner et mieux comprendre les problématiques technico-économiques, environnementales et sociales que Rio Tinto doit gérer dans la planification de ses approvisionnements en matériaux de recharge;

5. synthétiser l'ensemble des connaissances afin de conduire une analyse multicritère qui vise à évaluer les meilleurs scénarios d'exploitation de bancs d'emprunt pour chacun des besoins spécifiques des 32 zones de recharge.

La démarche utilisée dans le but de répondre à ces objectifs a été développée de façon progressive et orientée en fonction des conclusions et des recommandations émises à l'étape précédente. Le travail s'est ainsi réalisé en neuf étapes distinctes qui ont évolué d'un état de référence, à une acquisition de connaissances, vers une analyse multicritère et l'acquisition de connaissances significatives sur des bancs d'emprunt spécifiques et sélectionnés par l'analyse multicritère. Les rapports associés à chacune de ces étapes s'intitulent :

1. Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages;
2. Caractérisation des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique;
3. Proposition de nouvelles sources d'emprunt en milieu terrestre pour le rechargement des plages au sud-ouest du lac Saint-Jean;
4. Caractérisation des bancs d'emprunt terrestres – Résultats des campagnes de terrain de mai et de juin 2016;
5. Analyse multicritère des sources d'approvisionnement pour les recharges de plage du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean pour la période de 2017-2026;
6. Analyses granulométriques dans le banc d'emprunt Aly Blackburn – Essais du tamiseur Finlay;
7. Résultat des tests de tranchées pour l'extension potentielle du banc d'emprunt Aly Blackburn;
8. Évaluation de l'altération des matériaux par les opérations de chargement à partir des bancs d'emprunt et de déchargement sur les plages;
9. Évaluation de méthodes pour réduire la teneur en shale dans les matériaux du banc d'emprunt Aly Blackburn.

Ce rapport synthèse se veut donc être d'abord un recueil de l'ensemble des rapports présentés au cours de la démarche. Il vise également à détailler les résultats de l'analyse multicritère, en présentant les meilleurs scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt pour chacun des secteurs de zones de recharge ceinturant le lac Saint-Jean, soit les secteurs nord, ouest et sud. En guise de discussion, cet ouvrage synthèse présente les problématiques résiduelles concernant les sources d'emprunt pour chacun des secteurs et certaines pistes de réflexion qui permettront à Rio Tinto de planifier les meilleures stratégies d'exploitation des bancs d'emprunt pour répondre à leurs besoins et mieux solutionner certaines problématiques intrinsèques à chacun des secteurs.

2 PRÉSENTATION SOMMAIRE DES RAPPORTS

Cette section présente sommairement la mise en contexte ainsi que les différents objectifs de chacun des rapports présentés à Rio Tinto entre août 2015 et janvier 2017. Les rapports complets sont présentés distinctement sous chacune des annexes.

2.1 ANNEXE 1 : ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES

Dans le cadre du PSBLSJ, Rio Tinto a utilisé par le passé plusieurs sources d'approvisionnement distinctes soient des bancs d'emprunt localisés en milieux terrestre, riverain et subaquatique. Chacune des sources d'approvisionnement présente des avantages et des inconvénients, tant sur le plan environnemental, social que technico-économique.

Rio Tinto a produit, au fil des années, plusieurs rapports de caractérisation des bancs d'emprunt localisés à proximité des zones de rechargement de plage. Ces documents datent déjà de plusieurs années et se concentrent uniquement sur certaines sections de banc d'emprunt ou découlent de l'interprétation des données disponibles. Des informations supplémentaires devenaient alors nécessaires pour déterminer les meilleures options d'approvisionnement.

Présenté en annexe de l'étude d'impact, ce rapport avait donc comme principal objectif de synthétiser l'état des connaissances et d'apporter des pistes sur les différentes options d'exploitation et de gestion des sources de bancs d'emprunt pour les activités de recharge de plages pour le programme à venir dans la prochaine décennie.

2.2 ANNEXE 2 : CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN MILIEU SUBAQUATIQUE

Les différentes problématiques concernant les approvisionnements en milieu terrestre rencontrées par Rio Tinto l'ont poussé à explorer les possibilités d'exploiter des sources d'emprunt subaquatiques qui pourraient se situer à des endroits de moindre impact. En fonction d'une analyse conduite uniquement à partir des données disponibles, présentées dans le rapport précédent, Rio Tinto a identifié des secteurs offrant à la fois une granulométrie potentiellement adéquate, un potentiel volumétrique théorique approprié et posant le moins de contraintes possible sur le plan environnemental et technique.

Ce rapport présente donc les résultats d'une caractérisation de la granulométrie et la contamination en shale des sources d'emprunt qui ont été identifiées en milieu subaquatique afin d'évaluer si l'option de recharge des plages par le dragage est envisageable.

2.3 ANNEXE 3 : PROPOSITION DE NOUVELLES SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES AU SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN

Dans le cadre du PSBLSJ, Rio Tinto utilise des bancs d'emprunt en milieu terrestre localisés au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean, dont la composition lithologique des matériaux occasionne des problématiques sur les plages. À ces endroits, la proportion en shale des sources d'emprunt est relativement élevée (10-30 %), ce qui selon certaines hypothèses entraînerait des problèmes de compaction des matériaux de rechargement et occasionnerait des épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements. Une des solutions envisagées dans le rapport synthèse (annexe 1) pour ramener des proportions de la fraction shaleuse à moins de 15 %, consistait à conduire une analyse de photographies aériennes afin d'identifier de nouvelles sources d'emprunt dans les secteurs les moins susceptibles de présenter de fortes proportions en shale en considérant la localisation des formations géologiques en cause et la direction des écoulements glaciaires et fluvioglaciaires à l'origine des unités sédimentaires présentes dans la région.

Ce rapport présente donc l'analyse de photos aériennes et la caractérisation stéréoscopique de nouveaux bancs d'emprunt qui sont les plus susceptibles de répondre aux critères de qualité établis par Rio Tinto pour recharger les plages du secteur sud-ouest du lac Saint-Jean. Une campagne de terrain réalisée en novembre 2015 a permis de valider la présence des bancs d'emprunt et de confirmer l'hypothèse de retrouver une faible proportion en shale dans les bancs identifiés.

2.4 ANNEXE 4 : CARACTÉRISATION DES BANC D'EMPRUNT TERRESTRES - RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE TERRAIN DE MAI ET DE JUIN 2016

Les bancs d'emprunt subaquatiques ayant fait l'objet d'une caractérisation fine sur le terrain et en laboratoire, les seules informations disponibles pour les bancs terrestres étaient des rapports datés de plusieurs années déjà. Rio Tinto a alors jugé nécessaire de caractériser davantage l'ensemble des bancs d'emprunt terrestres qui a été recensé dans les rapports précédents. Deux campagnes de terrain ont alors été menées par WSP en mai et en juin 2016 dans le but de caractériser de manière générale les bancs, puis de détailler quelques caractéristiques d'intérêt pour un certain nombre de bancs d'emprunt terrestres ciblés.

2.5 ANNEXE 5 : ANALYSE MULTICRITÈRE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LES RECHARGES DE PLAGE DU PROGRAMME DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN POUR LA PÉRIODE DE 2017-2026

Comme mentionnée précédemment, la démarche pour évaluer les meilleurs scénarios d'exploitation repose sur une analyse multicritère regroupant deux grandes catégories de critères, soit ceux liés au site d'exploitation (banc d'emprunt) et ceux liés au transport des matériaux vers les zones de recharge (basé sur le chemin le plus court entre tous les bancs d'emprunt versus toutes les zones de recharge). Chacun de ces critères a été sélectionné de sorte à considérer les critères techniques, économiques, environnementaux et sociaux. À l'ensemble des critères associés aux caractéristiques physiques déterminées tout au long du présent travail d'analyse s'ajoutent donc ceux relatifs au contexte légal et aux

impacts potentiels sur le milieu biologique et auprès de la population. Les indicateurs de chacun de ces critères ont donc été cotés. Les valeurs de ces cotes ont été déterminées selon un poids attribué à l'importance relative de chacun de ces critères, les uns par rapport aux autres. Ainsi, l'analyse permet de classer les meilleurs scénarios d'exploitation de bancs d'emprunt pour chacune des zones de recharge.

Puisque le banc Aly Blackburn est confirmé par l'analyse multicritère comme stratégique de par sa localisation géographique, sa superficie exploitable et la rareté d'autres options dans ce secteur, plusieurs travaux supplémentaires ont été menés afin de solutionner les problématiques granulométriques et pétrographiques qu'impose ce banc.

2.6 ANNEXE 6 : ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DANS LE BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN – ESSAIS DU TAMISEUR FINLAY

Les matériaux du banc Aly Blackburn exigent des opérations de tamisage pour obtenir un matériau conforme aux fuseaux granulométriques correspondant au sable et au gravillon. Afin d'améliorer la précision du tamisage et d'atteindre les fuseaux granulométriques recherchés, un tamiseur de marque Terex Finlay a été mis à l'essai, afin surtout de vérifier sa capacité d'éliminer les particules fines. Le rapport présente le déroulement des essais, ainsi que les résultats des analyses granulométriques qui visaient à vérifier l'efficacité du tamiseur.

2.7 ANNEXE 7 : RÉSULTAT DES TESTS DE TRANCHÉES POUR L'EXTENSION POTENTIELLE DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

Des tests de tranchées ont été conduits dans le secteur sud-ouest du banc d'emprunt Aly Blackburn, afin de valider le contenu en gravillon d'une unité sédimentaire identifiée au moyen du géoradar lors des campagnes de caractérisation précédentes. Le rapport présente l'analyse des tests de tranchées et les résultats des analyses en laboratoire qui ont permis de confirmer que les matériaux sont conformes aux fuseaux granulométriques recherchés.

2.8 ANNEXE 8 : ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION DES MATÉRIAUX PAR LES OPÉRATIONS DE CHARGEMENT À PARTIR DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN ET DE DÉCHARGEMENT SUR LES PLAGES

Le seuil établi d'une proportion en shale inférieure à 15 % découle principalement des problématiques que ce dernier engendre hypothétiquement sur le plan environnemental et hydrodynamique. La compaction des matériaux de rechargement fait, entre autres, partie de ces problématiques, et ce, même si Rio Tinto a développé une méthode de déchargement sur les plages qui limite la compaction des sédiments par la machinerie. De plus, la mise en place des recharges sur les plages est susceptible de créer des épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements. La cause de ces épisodes peut être reliée soit à la présence de la fraction granulométrique plus fine des matériaux ou encore, par la dégradation hypothétique des grains de shale lors de leur remaniement par les vagues. D'autres inconvénients relatifs à la présence du shale dans les matériaux de rechargement sont également soulevés. Ainsi, la couleur foncée du matériel étendu sur les plages ou encore la prédominance de graviers de shale importune les propriétaires et usagers riverains. Des analyses ont donc été conduites dans le but de vérifier et de mieux comprendre les changements morphologiques potentiels du matériel et entre autres des shale, entre le

moment où le sable est prélevé dans le banc d'emprunt jusqu'au moment où celui-ci est déchargé et mis en place sur les plages au sud du lac Saint-Jean. Les analyses granulométriques et pétrographiques ont donc été réalisées sur des échantillons prélevés quelque temps après la mise en place des matériaux provenant du banc Aly Blackburn sur la plage du marais Bolduc.

2.9 ANNEXE 9 : ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE DANS LES MATÉRIAUX DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

Les proportions en shale demeurent la principale problématique pour obtenir un matériel de qualité dans le secteur sud du lac Saint-Jean et particulièrement sur le banc d'emprunt qualifié de stratégique par l'analyse multicritère présentée précédemment. Ce constat a poussé Rio Tinto à explorer certains procédés de séparation des matériaux utilisés dans l'industrie. Ainsi, des comptages pétrographiques par classes granulométriques et trois types d'essais de séparation du shale par densité ont été réalisés selon une séquence prédéfinie en laboratoire, soit les comptages granulométriques par classes granulométriques, le test de gravité spécifique, le test de séparation par densité ainsi que le test de gravité par couche.

3 RÉSULTATS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRE

La démarche entreprise par WSP depuis 2015 a permis de 1) recenser l'ensemble des bancs terrestres et subaquatiques disponibles; 2) caractériser les bancs d'intérêts; 3) intégrer l'ensemble de ces renseignements à une base de données. La base de données insérée à l'intérieur d'un système d'information géographique (SIG) a ainsi été structurée de manière à être interrogée et afin de réaliser des modélisations et des analyses spatiales.

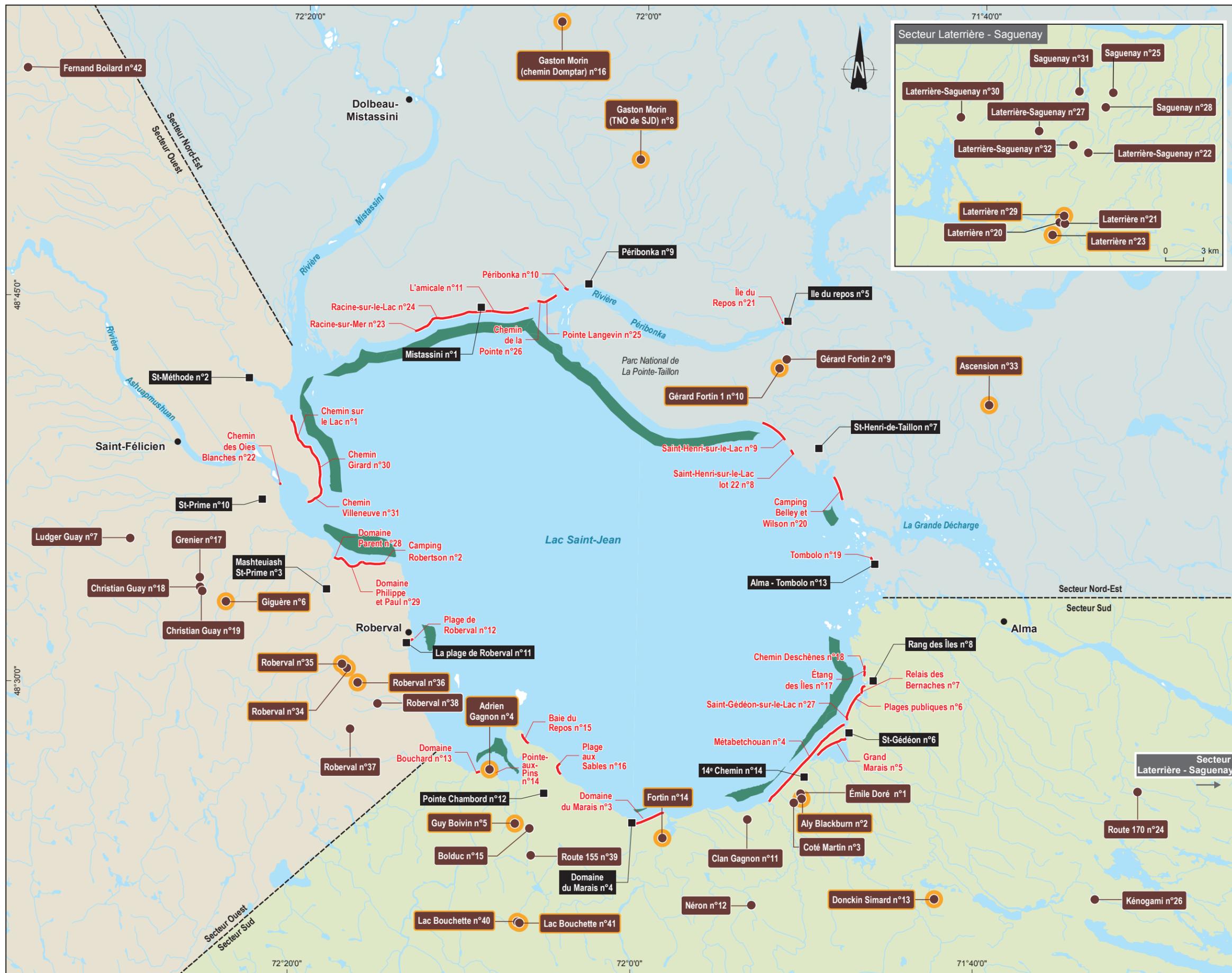
Cette base de données regroupe également plusieurs critères relatifs au contexte légal et administratif de chaque banc d'emprunt. Des critères environnementaux tels que les impacts potentiels de l'exploitation et du transport auprès de la population et sur le milieu biophysique ont été intégrés (annexe 5).

Au final, l'élaboration de la base de données des bancs d'emprunts avait pour objectifs de réaliser une analyse multicritère des meilleurs scénarios d'exploitation de bancs d'emprunt afin d'assurer l'approvisionnement des 32 zones de recharge (carte 3-1) à partir des 17 critères présentés à l'annexe 5. La grille ayant servi à l'analyse regroupe deux catégories de critères, soit ceux liés au site d'exploitation du banc d'emprunt et ceux liés au transport des matériaux vers les zones de recharge. Les résultats obtenus ont été regroupés par secteur, à savoir le secteur nord, le secteur sud et le secteur ouest du lac Saint-Jean, puisque chacun des secteurs est caractérisé par des problématiques et des solutions distinctes.

L'utilisation de l'analyse multicritère afin de déterminer le potentiel de chacun des bancs à être exploités a permis de générer des scénarios d'exploitation optimaux pour chaque zone de recharge (tableau 3-1). Cette section vise à présenter les résultats de l'analyse multicritère pour chacune des zones de recharges des secteurs nord, sud et ouest du lac Saint-Jean. À noter que les secteurs nord et est ont été combinés pour des raisons de logistiques, car les zones de recharge du secteur sont principalement alimentées par des bancs d'emprunt situés au nord (carte 3-1).

Tableau 3-1 Synthèse des trois scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt pour l'ensemble des zones de recharge

ZONES DE RECHARGE	RANG 1	RANG 2	RANG 3
Mistassini (n° 1)	n° 16 - Gaston Morin (chemin Domtar)	n° 8 - Gaston Morin (TNO)	-
Saint-Méthode (n° 2)	n° 6 - Giguère	n° 7 - Ludger Guay	n° 19 - Christian Guay
Mashteuiatsh Saint-Prime (n° 3)	n° 6 - Giguère	n° 34 - Roberval	n° 35 - Roberval
Domaine du Marais (n° 4)	n° 14 - Fortin	n° 5 - Guy Boivin	n° 11 - Clan Gagnon
Île au Repos (n° 5)	n° 10 - Gérard Fortin 1	n° 9 - Gérard Fortin 2	n° 8 - Gaston Morin (TNO)
Saint-Gédéon (n° 6)	n° 2 - Aly Blackburn	n° 14 - Fortin	n° 3 - Côté Martin
Saint-Henri-de-Taillon (n° 7)	n° 10 - Gérard Fortin 1	n° 9 - Gérard Fortin 2	n° 33 - Ascension
Rang des îles (n° 8)	n° 2 - Aly Blackburn	n° 14 - Fortin	n° 13 - Donckin Simard
Péribonka (n° 9)	n° 8 - Gaston Morin (TNO)	n° 10 - Gérard Fortin 1	n° 16 - Gaston Morin (chemin Domtar)
Saint-Prime (n° 10)	n° 6 - Giguère	n° 7 - Ludger Guay	n° 19 - Christian Guay
Plage de Roberval (n° 11)	n° 34 - Roberval	n° 35 - Roberval	n° 6 - Giguère
Pointe Chambord (n° 12)	n° 5 - Guy Boivin	n° 14 - Fortin	n° 15 - Bolduc
Alma-Tombolo (n° 13)	n° 10 - Gérard Fortin 1	n° 33 - Ascension	n° 13 - Donckin Simard
14 ^e Chemin (n° 14)	n° 2 - Aly Blackburn	n° 14 - Fortin	n° 13 - Donckin Simard

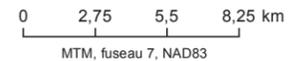


- Banc d'emprunt terrestre
- Banc d'emprunt subaquatique
- Accès aux zones de recharge
- Zone de recharge et numéro
- Banc d'emprunt investigué (granulométrie et pétrographie)

- Secteurs**
- ▭ Nord-Est
 - ▭ Sud
 - ▭ Ouest

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-1
Localisation des bancs d'emprunt en milieu terrestre et subaquatique par secteur



Sources :
 BNDT, 1/250 000
 Système d'information géomorphologique du Québec (SIGÉOM), MERN, 2014
 Fichier : 141_21260_RSFC3_1_loc_170411.mxd

Avril 2017



3.1 SECTEUR NORD

Dix zones de recharge ont été identifiées dans le secteur nord du lac Saint-Jean (tableau 3-1). Ces zones de recharge ont été regroupées en fonction de la convergence de leur accès en une jonction commune. Ainsi, cinq regroupements de zones de recharge ont été identifiés dans la portion nord et est du lac Saint-Jean, soit les zones de Mistassini (n° 1), Île du repos (n° 5), St-Henri-de-Taillon (n° 7), Péribonka (n° 9) et Alma-Tombolo (n° 13) (carte 3-1). Ces zones de recharge ont principalement des besoins en sable (fuseau 0-5 mm), à l'exception des secteurs Mistassini (n° 1) et Péribonka (n° 9) dont les recharges requièrent du gravillon (0-20 mm) (tableau 3-2).

Tableau 3-2 Zones de recharge du secteur nord regroupées en fonction de leur chemin respectif

	NOM DES ACCÈS	NO DES ACCÈS	NOM DES ZONES DE RECHARGE	NO DES ZONES DE RECHARGE	BESOIN EN RECHARGEMENT
SECTEUR NORD	Mistassini	1	L'amicale	11	Sable
			Racine-sur-Mer	23	Gravillon
			Racine-sur-le-Lac	24	Gravillon
			Chemin de la Pointe	26	Gravillon
	Île du Repos	5	Île du Repos	21	Sable
	St-Henri-de-Taillon	7	Saint-Henri-sur-le-Lac lot 22	8	Sable
			Saint-Henri-sur-le-Lac	9	Sable
			Camping Belley et Wilson	20	Sable
	Péribonka	9	Péribonka	10	Gravillon
	Alma-Tombolo	13	Tombolo	19	Sable

Tableau 3-3 Identification des besoins pour chaque zone de recharge du secteur nord ainsi que le potentiel granulométrique des bancs d'emprunt retenus

NO DES ACCÈS	FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE RECHERCHÉ		BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS RETENUS							
	Sable (0-5 mm)	Gravillon (0-20 mm)	no 8*		no 10*		no 16*		no 33*	
			Gaston-Morin TNO Classe granulo	Shale (%)	Gérard Fortin 2 Classe granulo	Shale (%)	Gaston-Morin Classe granulo	Shale (%)	Ascension Classe granulo	Shale (%)
Mistassini n° 1	x	x	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1
Île du Repos n° 5	x		Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1
St-Henri-de-Taillon n° 7	x		Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1
Péribonka n° 9		x	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1
Alma-Tombolo n° 13	x		Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1	Sable	<1

* Les numéros des bancs d'emprunt sont localisés sur la carte 3-1.

3.1.1 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE MISTASSINI (N^o1)

Suite à l'analyse multicritère, le banc Gaston-Morin situé sur le chemin de la Domptar (n^o 16) a été préféré au banc Gaston-Morin TNO (n^o 8) comme source d'approvisionnement pour la zone de recharge de Mistassini (n^o 1). Ce banc a été privilégié principalement en raison des critères liés au site d'exploitation, c'est-à-dire une granulométrie plus centrée sur le fuseau granulométrique recherché, diminuant ainsi les opérations de tamisage (carte 3-2).

3.1.2 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE PÉRIBONKA (N^o 9)

Le banc Gaston-Morin TNO (n^o 8) a été préféré au banc d'emprunt Gérard Fortin 2 (n^o 10) et au banc Gaston-Morin situé sur le chemin de la Domptar (n^o 16) comme source d'approvisionnement pour la zone de recharge de Péribonka (n^o 9). Ce choix repose principalement sur des critères liés au transport, soit le nombre total de kilomètres à parcourir ainsi que la sensibilité des zones traversées (carte 3-3).

3.1.3 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE L'ÎLE AU REPOS (N^o 5)

Le banc Gérard Fortin 1 (n^o 10) a été préféré au banc d'emprunt Gérard Fortin 2 (n^o 9) comme source d'approvisionnement pour la zone de recharge de l'île au Repos (n^o 5). Ce banc a été privilégié principalement en raison des critères liés au site d'exploitation, soit une granulométrie plus centrée sur le fuseau granulométrique recherché, minimisant les opérations de tamisage. L'option du banc d'emprunt Gaston-Morin TNO (n^o 16) a été proposée comme troisième choix dû à l'importante distance (21 km) qui sépare le banc de la zone de recharge (carte 3-4).

3.1.4 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON (N^o 7)

Le banc Gérard Fortin 1 (n^o 10) a aussi été préféré au banc d'emprunt Gérard Fortin 2 (n^o 9) comme source d'approvisionnement pour la zone de recharge de Saint-Henri-de-Taillon (n^o 7). Ce banc a été privilégié pour les mêmes raisons que la zone de recharge précédente, soit en raison d'une granulométrie plus centrée sur le fuseau granulométrique. L'option du banc d'emprunt Ascension (n^o 33) a été proposée comme troisième choix en raison de l'importante distance (17 km) qui sépare le banc de la zone de recharge ainsi que la présence d'un mince lit d'argile (1-5 cm) au sein même du banc (carte 3-5).

Le banc Gérard Fortin 1 (n^o 10) est en activité, mais aucune information publique liée à ce banc d'emprunt n'est inscrite dans la base de données de la gestion des titres miniers (GESTIM) gérée par le ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles. D'autre part, une extension au banc a été identifiée par rapport à l'étendue actuelle par caractérisation stéréoscopique. Si ce prolongement ne fait pas partie de la demande de CA réalisée lors de l'ouverture du banc, une nouvelle demande de CA, en lien avec l'article 2 et 21 du règlement des carrières et des sablières du Québec (chapitre Q-2, r. 7), devra être nécessaire afin d'étendre

l'exploitation. Aucune contrainte environnementale (réserve, cours d'eau, etc.) n'a pas été observée à proximité.

3.1.5 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS D'ALMA-TOMBOLO (N° 13)

Tout comme les deux zones de recharge précédentes, le banc Gérard Fortin 1 (n° 10) a aussi été préféré au banc d'emprunt Ascension (n° 33) comme source d'approvisionnement pour la zone de recharge d'Alma-Tombolo (n° 13). Malgré une plus grande distance qui sépare le banc d'emprunt de la zone de recharge, l'analyse multicritère suggère que l'exploitation du banc n° 10 demeure plus avantageuse. L'option du banc d'emprunt Donckin Simard (n° 13) a été proposée comme troisième option, et ce, malgré la distance moins importante qui sépare le banc d'emprunt n° 13 de la zone de recharge d'Alma-Tombolo (n° 13) (carte 3-6).

3.1.6 BILAN

À la lumière des données issues des comptages pétrographiques et des analyses granulométriques, l'approvisionnement des zones de recharge de l'île du Repos (n° 5), de St-Henri-de-Taillon (n° 7) et d'Alma-Tombolo (n° 13) ne présente aucun problème d'approvisionnement en matériaux de recharge à court et long terme. En effet, le fuseau granulométrique (0-5 mm) et la teneur en shale (<1 %) des quatre bancs d'emprunt retenus correspondent aux spécificités recherchées. Enfin, en l'absence de sources notables de gravillon, le rechargement des zones de Mistassini (n° 1) et principalement, de Péribonka (n° 9) demeure problématique.



1
Gaston Morin
(chemin Domptar)
n°16
73,2 %

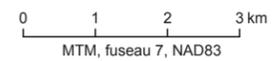
2
Gaston Morin
(TNO de SJD)
n°8
62,4 %

1 ← Rang
Giguère n°6 ← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 % ← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère

Trajet optimal
Banc d'emprunt
Accès à la zone de recharge
Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-2
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de Mistassini (n°1)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RSf_c3_2_rech1_170411.mxd
Avril 2017
Projet : 141-21260-00



3
Gaston Morin
 (chemin Domptar)
 n°16
 78,0 %

1
Gaston Morin
 (TNO de SJD)
 n°8
 85,2 %

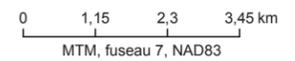
2
Gérard Fortin 1
 n°10
 80,0 %

1 ← Rang
Giguère ← Nom et numéro du banc d'emprunt
n°6
90,4 % ← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère

Trajet optimal
 Banc d'emprunt
 Accès à la zone de recharge
 Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-3
Trajets optimaux pour la zone de recharge desservie par l'accès de Péribonka (n°9)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
 Imagerie : 20 cm, résolution
 Fichier : 141_21260_RSf_c3_3_rech9_170411.mxd

Avril 2017
 Projet : 141-21260-00

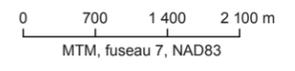




1	← Rang
Giguère n°6 90,4 %	← Nom et numéro du banc d'emprunt
	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-4
Trajets optimaux pour la zone de recharge desservie par l'accès de l'île du repos (n°5)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RS_F_c3_4_rech5_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00

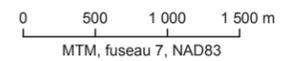


Secteur Nord-Est



Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-5
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de Saint-Henri-de-Taillon (n°7)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RS_F_c3_5_rech7_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



- 1 ← Rang
- Giguère n°6 ← Nom et numéro du banc d'emprunt
- 90,4 % ← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
- Trajet optimal
- Banc d'emprunt
- Accès à la zone de recharge
- Zone de recharge



1
Gérard Fortin 1
n°10
70,4 %

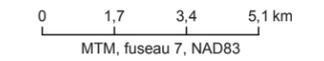
2
Ascension
n°33
66,0 %

3
Donckin Simard
n°13
63,4 %

1	← Rang
Giguère n°6	← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 %	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-6
Trajets optimaux pour la zone de recharge desservie par l'accès d'Alma - Tombolo (n°13)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : World Imagery
Fichier : 141_21260_RSf_c3_6_rech13_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



3.2 SECTEUR SUD

Douze zones de recharge ont été identifiées dans le secteur sud du lac Saint-Jean et regroupées en cinq zones selon leur point d'accès commun (tableau 3-3). Ainsi, cinq regroupements de zones de recharge ont été identifiés dans la portion sud du lac Saint-Jean, soit les zones du Domaine du Marais (n° 4), St-Gédéon (n° 6), Rang des îles (n° 8), Pointe Chambord (n° 12) et 14^e Chemin (n° 14) (carte 3-1). Ces zones de recharge ont principalement des besoins en sable (fuseau 0-5 mm) à l'exception de la zone de recharge de St-Gédéon (n° 6), Rang des Îles (n° 8) et de Pointe Chambord (n° 12), dont les besoins sont essentiellement en gravillon (0-20 mm) (tableau 3-4).

Tableau 3-4 Zones de recharge du secteur sud regroupées en fonction de leur chemin respectif

	NOM DES ACCÈS	NO DES ACCÈS	NOM DES ZONES DE RECHARGE	NO DES ZONES DE RECHARGE	BESOIN EN RECHARGEMENT
SECTEUR SUD	Domaine du Marais	4	Domaine du Marais	3	Sable
	St-Gédéon	6	Grand Marais	5	Gravillon
	Rang des îles	8	Plages publiques	6	Sable
			Relais des Bernaches	7	Gravillon
			Étang des Îles	17	Gravillon
			Chemin Deschênes	18	Gravillon
			Saint-Gédéon-sur-le-Lac	27	Gravillon
	Pointe Chambord	12	Plage aux Sables	16	Sable
			Baie du Repos	15	Gravillon
			Pointe-aux-Pins	14	Gravillon
			Domaine Bouchard	13	Sable
	14 ^e Chemin	14	Métabetchouan	4	Sable

Tableau 3-5 Identification des besoins pour chaque zone de recharge du secteur sud ainsi que le potentiel granulométrique des bancs d'emprunt retenus

NO DES ACCÈS	FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE RECHERCHÉ		BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS RETENUS													
	Sable (0-5 mm)	Gravillon (0-20 mm)	no 2* Aly Blackburn		no 4* Adrien Gagnon		no 5* Guy Boivin		no 13* Donckin Simard		no 14* Fortin		no 40* Bouchette		no 41* Bouchette	
			Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)
Domaine du Marais n° 4	x		Sable et gravillon	10-30	Sable	10-20	Sable et gravillon	20-25	Sable et gravillon	15-25	Sable et gravillon	15-20	Sable	15-20	Sable	10-15
St-Gédéon n° 6	x		Sable et gravillon	10-30	Sable	10-20	Sable et gravillon	20-25	Sable et gravillon	15-25	Sable et gravillon	15-20	Sable	15-20	Sable	10-15
Rang des Îles n° 8	x	x	Sable et gravillon	10-31	Sable	10-20	Sable et gravillon	20-25	Sable et gravillon	15-25	Sable et gravillon	15-20	Sable	15-20	Sable	10-15
Pointe Chambord n° 12	x		Sable et gravillon	10-32	Sable	10-20	Sable et gravillon	20-25	Sable et gravillon	15-25	Sable et gravillon	15-20	Sable	15-20	Sable	10-15
14 ^e Chemin n° 14		x	Sable et gravillon	10-33	Sable	10-20	Sable et gravillon	20-25	Sable et gravillon	15-25	Sable et gravillon	15-20	Sable	15-20	Sable	10-15

* Les numéros des bancs d'emprunt sont localisés sur la carte 3-1.

3.2.1 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU RANG DES ÎLES (N° 8)

Suite à l'analyse multicritère, le banc Aly Blackburn (n° 2) a été préféré au banc Fortin (n° 14) comme source d'approvisionnement pour les zones de recharge du rang des îles (n° 8). Ce banc a été privilégié principalement en raison des critères liés au transport soit, le nombre total de kilomètres à parcourir ainsi que la sensibilité des zones traversées. En effet, l'approvisionnement des zones de recharge du rang des îles (n°8) depuis le banc Aly Blackburn (n° 2) ne totalise que 11 km tandis que la distance totale à parcourir pour le banc Fortin (n° 14) est de 22 km augmentant ainsi les coûts de transport et le risque pour les usagers de la route, les bris potentiels, l'émission de GES et les perturbations potentielles sur la population. L'option du banc d'emprunt Donckin Simard (n° 13) a été proposée comme troisième choix pour les mêmes raisons (carte 3-7).

3.2.2 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-GÉDÉON (N° 6)

Le banc Aly Blackburn (n° 2) a été préféré au banc Fortin (n° 14) pour les mêmes critères que la zone de recharge précédente, soit pour des raisons de proximité. En effet, le banc Aly Blackburn se situe à 7 km de la zone de recharge de St-Gédéon (n° 6) tandis que le banc Fortin (n° 14) se situe à 18 km. Cette distance supplémentaire augmente la pression engendrée par la circulation sur l'ensemble des critères liés au transport. Il est important de mentionner que la note globale des bancs n° 1 et n° 2 est très similaire suggérant que la qualité du matériel au banc Fortin (n° 14) est supérieure à celui du banc Aly Blackburn (n° 2). Selon l'analyse multicritère, le banc d'emprunt Côté Martin (n° 3) s'avère la meilleure option comme troisième choix (carte 3-8).

3.2.3 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU 14^E CHEMIN (N° 14)

Le banc Aly Blackburn (n° 2) a été préféré au banc d'emprunt Fortin (n° 14) et au banc Donckin Simard (n° 13) comme source d'approvisionnement pour les zones de recharge du 14^e Chemin (n° 14). Les raisons de ce choix reposent principalement sur des critères liés au transport, soit le nombre total de kilomètres à parcourir ainsi que la sensibilité des zones traversées. En effet, l'approvisionnement de la zone de recharge du 14^e Chemin (n° 14) depuis le banc Aly Blackburn (n° 2) totalise seulement 1 km et demeure dans les mêmes limites municipales que la zone de recharge tandis que la distance totale à parcourir pour les deux autres bancs est de ≥13 km. Dans ce contexte, les critères liés au transport ont prédominé par rapport à ceux liés au site (carte 3-9).

3.2.4 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DU DOMAINE DU MARAIS (N° 4)

Avec une distance à parcourir de 2 km, une proportion en shale estimée à 16 % et un spectre granulométrique près du fuseau recherché, le banc d'emprunt Fortin (n° 14) s'avère la meilleure source d'emprunt pour les zones de recharge du Domaine du Marais (n° 4). Pour ces raisons, les bancs d'emprunt Guy Boivin (n° 5) et celui du Clan Gagnon (n° 11) demeurent des options d'exploitation complémentaires potentielles (carte 3-10).

3.2.5 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE POINTE CHAMBORD (N° 12)

Suite à l'analyse multicritère, le banc Guy Boivin (n° 5) a été préféré au banc Fortin (n° 14) comme source d'approvisionnement pour les zones de recharge de Pointe Chambord (n° 12). Ce banc a été privilégié principalement en raison des critères liés au transport et au site d'exploitation. En effet, le banc Guy Boivin (n° 5) offre un sable qui se rapproche davantage du fuseau granulométrique recherché. De plus, ce banc se situe seulement à 2 km du point d'accès pour les zones de recharge. L'option du banc d'emprunt Bolduc (n° 15) a été proposée comme troisième choix en raison du faible potentiel d'exploitation qu'offre ce banc (carte 3-11).

3.2.6 BILAN

La teneur en shale demeure le principal problème dans le secteur sud du lac Saint-Jean. En effet, l'ensemble des bancs d'emprunt retenus présente des proportions en shale entre 10 % et 30 %. Les sédiments recherchés, soit les dépôts fluvioglaciaires (S-G) et glaciolacustres (S), ont tous été contaminés par la même unité géologique constituée de shale, une roche sédimentaire d'âge paléozoïque qui est présente sur le pourtour sud et ouest du lac Saint-Jean (annexe 1).

Malgré la problématique du shale, l'approvisionnement en sable et gravillon des cinq zones de recharge dans le secteur sud du lac Saint-Jean est assuré à long terme avec une variété de matériel disponible au sein des sept bancs d'emprunt retenus, dont les volumes potentiels d'exploitation varient entre 200 000 et 12 000 000 m³. En effet, trois bancs d'emprunt offrent un sable tandis que quatre autres bancs offrent sable et gravillon. Toutefois, les analyses granulométriques ont permis de déterminer que le sable des bancs Aly Blackburn (n° 2), Donckin Simard (n° 13) et lac Bouchette (nos 40 et 41) ainsi que le gravillon du banc Guy Boivin (n° 5) requièrent un peu plus de tamisage afin de pouvoir rencontrer les fuseaux granulométriques recherchés (annexe 4). Pour limiter le tamisage, l'approvisionnement en sable pour les cinq zones de recharge est privilégié aux bancs Adrien Gagnon (n°4) et Guy Boivin (n° 5). Le spectre granulométrique du banc Fortin (n° 14) est celui qui se rapproche le plus du fuseau recherché en 0-20 mm, faisant de ce banc la meilleure alternative en approvisionnement en gravillon.

Malgré certaines lacunes sur le plan de la qualité de son matériel, la position géographique du banc Aly Blackburn des zones de recharge prédomine à plusieurs reprises dans l'analyse multicritère faisant en sorte que celui-ci est souvent proposé comme scénario d'exploitation idéal. Les travaux d'investigation géophysique au banc Aly Blackburn ont toutefois permis d'identifier des unités sédimentaires rencontrant les fuseaux granulométriques des gravillons à l'intérieur même du banc. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire demeure aussi élevée que celle estimée dans les comptages pétrographiques des échantillons provenant du front d'attaque (annexe 4.2).

Secteur Sud



1	← Rang
Giguère n°6	← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 %	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-7
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de Alma (n°8)

0 750 1 500 2 250 m
MTM, fuseau 7, NAD83

Source :
BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution

Fichier : 141_21260_RSf_c3_7_rech8_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



1	← Rang
Giguère n°6	← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 %	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-8
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de St-Gédéon (n°6)

0 500 1 000 1 500 m
MTM, fuseau 7, NAD83

Source :
BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution

Fichier : 141_21260_RS_F_c3_8_rech6_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



2
Fortin
n°14
83,0 %

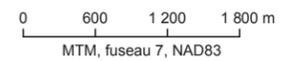
1
Aly Blackburn
n°2
86,2 %

3
Donckin Simard
n°13
77,8 %

1	← Rang
Giguère n°6 90,4 %	← Nom et numéro du banc d'emprunt ← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
●	Banc d'emprunt
●	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-9
Trajets optimaux pour la zone de recharge desservie par l'accès de 14^e Chemin (n°14)



Source :
BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RS_F_c3_9_rech14_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



Secteur Sud



2
Guy Boivin
n°5
79,0 %

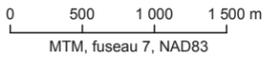
1
Fortin
n°14
90,2 %

3
Clan Gagnon
n°11
74,2 %

1	← Rang
Giguère n°6 90,4 %	← Nom et numéro du banc d'emprunt
	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-10
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès du Domaine du Marais (n°4)



Source :
BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RSf_c3_10_rech4_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00





1
Guy Boivin
n°5
85,0 %

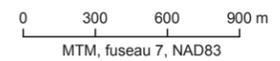
3
Bolduc
n°15
77,2 %

2
Fortin
n°14
84,2 %

1	← Rang
Giguère n°6 90,4 %	← Nom et numéro du banc d'emprunt
	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-11
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de Pointe Chambord (n°12)



Source :
BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RSf_c3_11_rech12_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



3.3 SECTEUR OUEST

Huit sites de recharge ont été identifiés dans le secteur ouest du lac Saint-Jean et regroupés en quatre zones, soit les zones de Saint-Méthode (n° 2); Mashteuiatsh - Saint-Prime (n° 3); Saint-Prime (n° 10) et la plage Roberval (n° 11) (carte 3-1). Ces zones de recharge ont des besoins en sable (fuseau 0-5 mm), mais surtout en gravillon (0-20 mm) (tableaux 3-5 et 3-6).

Tableau 3-6 Zones de recharge du secteur ouest regroupées en fonction de leur chemin respectif

	NOM DES ACCÈS	NO DES ACCÈS	NOM DES ZONES DE RECHARGE	NO DES ZONES DE RECHARGE	BESOIN EN RECHARGEMENT
SECTEUR OUEST	Saint-Méthode	2	Chemin sur le Lac	1	Gravillon
			Chemin Girard	30	Gravillon
			Chemin Villeneuve	31	Gravillon
	Mashteuiatsh Saint-Prime	3	Camping Robertson	2	Sable
			Domaine Parent	28	Gravillon
			Domaine Philippe et Paul	29	Gravillon
	Saint-Prime	10	Chemin des Oies Blanches	22	Gravillon
	La plage de Roberval	11	Plage de Roberval	12	Sable

Tableau 3-7 Identification des besoins pour chaque zone de recharge du secteur ouest ainsi que le potentiel granulométrique des bancs d'emprunt retenus

NO DES ACCÈS	FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE RECHERCHÉ		BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS RETENUS							
	Sable (0-5 mm)	Gravillon (0-20 mm)	no 6* Giguère		no 34* Roberval		no 35* Roberval		no 36* Roberval	
			Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)	Classe granulo	Shale (%)
Saint-Méthode n° 2		X	Sable et gravillon	≤2	Sable et gravillon	4	Sable et gravillon	≤14	Sable et gravillon	≤17
Mashteuiatsh Saint-Prime n° 3	X		Sable et gravillon	≤2	Sable et gravillon	4	Sable et gravillon	≤14	Sable et gravillon	≤17
Saint-Prime n° 10		X	Sable et gravillon	≤2	Sable et gravillon	4	Sable et gravillon	≤14	Sable et gravillon	≤17
La plage de Roberval n° 11	X		Sable et gravillon	≤2	Sable et gravillon	4	Sable et gravillon	≤14	Sable et gravillon	≤17

* Les numéros des bancs d'emprunt sont localisés sur la carte 3-1.

3.3.1 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE MASHTEUATSH (N^o 3)

Le banc Giguère (n^o 6) a été préféré aux bancs d'emprunt Roberval n^o 34 et n^o 35 comme source d'approvisionnement pour les zones de recharge de Mashteuiatsh (n^o 3). Ce banc a été privilégié principalement en raison des besoins en sable que nécessitent la recharge des zones de Mashteuiatsh (n^o 3) et que les bancs Roberval n^{os} 34 et 35 requièrent du tamisage (carte 3-13).

Les bancs d'emprunt Roberval n^o 34 et n^o 35 sont déjà ouverts, mais ne semblent pas être exploités présentement. En fait, pour chacun de ces bancs, aucune information reliée à un bail d'exploitation (BEX ou BNE) n'est présente dans GESTIM. Le banc n^o 34 est situé en terre CPTAQ, cependant seulement 10 % du banc n^o 35 l'est. Dans tous les cas, les bancs visés sont en terre privée. D'autre part, une extension au banc a été identifiée par rapport à l'étendue actuelle pour les deux bancs. Si ce prolongement ne fait pas partie de la demande de CA réalisée lors de l'ouverture du banc, une nouvelle demande de CA, en lien avec les articles 2 et 21 du règlement des carrières et des sablières du Québec (chapitre Q-2, r. 7), sera nécessaire afin d'étendre l'exploitation. Aucune contrainte environnementale (réserve, cours d'eau, etc.) n'a été observée à proximité des bancs.

3.3.2 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE LA PLAGE DE ROBERVAL (N^o 11)

Suite à l'analyse multicritère, le banc Roberval n^o 34 a été préféré au banc Roberval n^o 35 comme source d'approvisionnement pour les zones de recharge de la plage de Roberval (n^o 11). Ce banc a été privilégié en raison des critères liés au site d'exploitation. En effet, le banc n^o 34 offre un sable et gravillon avec des proportions en shale de ≤ 4 % inférieures au banc Roberval n^o 35 dont les proportions sont de ≤ 14 %. L'option du banc d'emprunt Giguère (n^o 6) a été proposée comme troisième choix en raison de l'importante distance qui le sépare de la zone de recharge (17 km) et aussi dû au fait que le matériel disponible est moins graveleux (carte 3-12).

3.3.3 ZONES DE RECHARGE DESSERVIES PAR L'ACCÈS DE SAINT-MÉTHODE (N^o 2) ET DE SAINT-PRIME (N^o 10)

En raison de la faible demande en recharge que nécessite la zone de Saint-Prime (n^o 10) (1 913 m³), celle-ci a été jointe avec les zones de recharge de Saint-Méthode (n^o 2). L'analyse multicritère montre que la demande en gravillon que nécessite la zone de Saint-Prime (n^o 10) peut facilement être comblée à partir du banc Giguère (n^o 6) lequel offre un gravillon respectant le fuseau granulométrique recherché, ainsi qu'une teneur quasi nulle en shale ≤ 2 %.

Le banc Giguère (n^o 6) a été préféré au banc d'emprunt Christian Guay (n^o 19) et Ludger Guay (n^o 7) en raison de la qualité du matériel correspondant aux critères granulométriques et pétrographiques des zones de recharge de Saint-Méthode (n^o 2). Le volume d'exploitation potentiel (1 799 000 m³) qu'offre le banc Giguère (n^o 6) permet de confirmer que celui-ci sera en mesure d'approvisionner en sable de qualité les zones de recharge de Saint-Méthode (n^o 2) dont le volume nécessaire à court et moyen terme est estimé à 69 000 m³ (carte 3-14).

3.3.4 BILAN

Le secteur à l'ouest du lac Saint-Jean est le moins problématique de l'ensemble des secteurs. En effet, les bancs d'emprunt retenus par l'analyse multicritère offrent un sable ainsi qu'un gravillon respectant les fuseaux granulométriques recherchés avec des teneurs en shale acceptables. Avec un volume d'exploitation supplémentaire estimé à 1 800 000 m³, le banc Giguère (n° 6) offre un sable correspondant aux spectres granulométriques recherchés avec des teneurs en shale de ≤ 2 %.

L'approvisionnement en gravillon est assuré à partir des trois bancs de Roberval (n°s 34, 35 et 36). Ces trois bancs offrent un volume d'exploitation supplémentaire de gravillon estimé à 23 179 000 m³. Les analyses granulométriques ont permis de confirmer que le gravillon se situe, de manière générale, à l'intérieur du fuseau granulométrique recherché à l'exception d'un échantillon plus sableux prélevé à l'intérieur du banc n° 36. Les teneurs en shale varient considérablement d'un banc à l'autre avec des proportions de 4 % au banc n° 34 à 17 % au banc n° 36. Pour l'ensemble de ces raisons, les bancs Roberval n°s 34 et 35 demeurent les meilleures options d'approvisionnement en gravillon à court et long terme.



3
Giguère
n°6
81,0 %

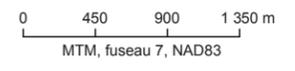
2
Roberval
n°35
84,6 %

1
Roberval
n°34
86,0 %

1	← Rang
Giguère n°6	← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 %	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-12
Trajets optimaux pour la zone de recharge desservie par l'accès de la plage de Roberval (n°11)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution
Fichier : 141_21260_RS_F_c3_12_rech11_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00





Lac Saint-Jean

Domaine Parent

Domaine Philippe et Paul

Camping Robertson

Saint-Prime

Mashteuiatsh

Mashteuiatsh - St-Prime

1
Giguère
n°6
89,4 %

3

169

Sainte-Hedwidge

Route de Sainte-Hedwidge

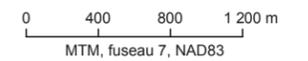
Roberval

3
Roberval
n°35
84,6 %

2
Roberval
n°34
86,0 %

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-13
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de Mashteuiatsh - St-Prime (n°3)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : 20 cm, résolution

Fichier : 141_21260_RS_F_c3_13_rech3_170411.mxd

Avril 2017
Projet : 141-21260-00



1	← Rang
Giguère n°6	← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 %	← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère
	Trajet optimal
	Banc d'emprunt
	Accès à la zone de recharge
	Zone de recharge

Secteur Ouest



2
Ludger Guay
n°7
75,8 %

3
Christian Guay
n°19
71,6 %

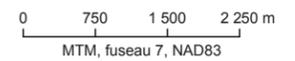
1
Giguère
n°6
77,4 %

1 ← Rang
Giguère n°6 ← Nom et numéro du banc d'emprunt
90,4 % ← Pourcentage attribué au banc suite à l'analyse multicritère

- Trajet optimal
- Banc d'emprunt
- Accès à la zone de recharge
- Zone de recharge

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-14
Trajets optimaux pour les zones de recharge desservies par l'accès de St-Méthode - St-Prime (n°2 et 10)



Source : BDTQ, 1 : 20 000
Imagerie : World Imagery
Fichier : 141_21260_RSf_c3_14_rech2_10_170411.mxd
Avril 2017
Projet : 141-21260-00



4 PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES

La démarche entreprise par WSP depuis 2015 a permis de 1) recenser l'ensemble des bancs terrestres et subaquatiques disponibles; 2) réaliser une base de données des bancs d'intérêts regroupant les critères technico-économiques, sociaux et environnementaux; 3) déterminer les meilleurs scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt pour chacune des zones de recharge. Comme présenté précédemment, chacun des secteurs nord, sud et ouest du lac Saint-Jean expose certaines problématiques résiduelles. Les prochaines sections visent à discuter des problématiques relevées pour chacun des secteurs et à aborder des pistes de solutions afin que Rio Tinto puisse développer la meilleure stratégie pour son prochain PSBLSJ.

4.1 PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES ET PISTES DE SOLUTIONS POUR LE SECTEUR NORD

L'approvisionnement en gravillon demeure la principale problématique pour le secteur nord, car aucune source de gravillon n'a été identifiée dans ce secteur. Afin de pallier le problème d'approvisionnement en gravillon, l'élargissement de la zone de recherche jusqu'aux limites du Bouclier canadien, zone probablement riche en gravillon, apparaît être la meilleure des solutions. Les résultats préliminaires d'une recherche de bancs d'emprunt dans cette région montrent un potentiel de 21 bancs d'emprunt pouvant contenir du sable et du gravier grossier, ce qui reste à confirmer par des validations de terrain. La distance moyenne entre ces bancs d'emprunt potentiels et les zones de recharge du secteur nord sont cependant moins avantageuse sur le plan technico-économique, social et environnemental (tableau 4-1). À cet égard, Rio Tinto devra évaluer la possibilité de conduire des recherches dans des secteurs plus près des zones de recharge ou encore de recharger ces zones en sable moyennant des travaux d'entretien plus fréquents.

Tableau 4-1 Distance des bancs d'emprunt préliminairement identifiés versus les zones de recharge du secteur nord du lac Saint-Jean

	NOM DES ACCÈS	DISTANCE DES BANCS D'EMPRUNT PAR RAPPORT AUX ZONES DE RECHARGEMENT (KM)
SECTEUR NORD	Mistassini (no 1)	19 à 42
	Île au repos (no 5)	40 à 47
	Saint-Henri-de-Taillon (no 7)	52 à 59
	Péribonka (no 9)	25 à 37
	Alma-Tombolo (no 13)	85 à 89

4.2 PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES ET PISTES DE SOLUTIONS POUR LE SECTEUR SUD

La teneur en shale des matériaux provenant des bancs d'emprunt demeure le principal problème dans le secteur sud du lac Saint-Jean. En effet, l'ensemble des bancs d'emprunt retenus présente des proportions en shale situées entre 10 % et 30 %. Les sédiments recherchés, soit les dépôts fluvioglaciers (S-G) et glaciolacustres (S), ont tous été contaminés par la même unité géologique constituée de shale, une roche sédimentaire d'âge paléozoïque qui est présente sur le pourtour sud et ouest du lac Saint-Jean.

Les analyses granulométriques ont permis de déterminer que, à l'état naturel, les sables des bancs Aly Blackburn (n° 2), Donckin Simard (n° 13) et lac Bouchette (nos 40 et 41) ainsi que le gravillon du banc Guy Boivin (n° 5) sont légèrement plus fins que les fuseaux granulométriques (0-5 mm et 0-20 mm). Pour ces raisons, si Rio Tinto veut réduire l'opération de tamisage, l'approvisionnement en sable serait à privilégier aux bancs Adrien Gagnon (n° 4) et Guy Boivin (n° 5). Quant au gravillon, c'est le banc Fortin (n° 14) qui se rapproche le plus du fuseau recherché en 0-20 mm. Ces options de bancs sont moins avantageuses pour certaines zones de ce secteur, comme le démontre l'analyse multicritère. Pour combler ces lacunes en sable et en gravillon, des travaux additionnels de caractérisation ont été conduits au banc Aly Blackburn (n° 2). Ces derniers n'ont pas permis d'optimiser les opérations de tamisage. En contrepartie, ils ont permis d'identifier des unités sédimentaires rencontrant les fuseaux granulométriques du gravillon, et ce, près du front d'attaque actuel. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire de gravillon demeure aussi élevée que celle estimée dans les comptages pétrographiques des échantillons provenant du front d'attaque soit de l'ordre de 30 %.

Il est important de mentionner que le banc Aly Blackburn est localisé en terre CTPAQ et privée. Toutefois, aucune information publique liée à ce banc d'emprunt n'est inscrite dans GESTIM. D'autre part, une extension au banc a été identifiée par rapport à l'étendue actuelle par caractérisation stéréoscopique. Si ce prolongement ne fait pas partie de la demande de CA réalisée lors de l'ouverture du banc, une nouvelle demande de CA, en lien avec les articles 2 et 21 du règlement des carrières et des sablières du Québec (chapitre Q-2, r. 7), sera nécessaire afin d'étendre l'exploitation. Aucune contrainte environnementale (réserve, cours d'eau, etc.) n'a pas été observée à proximité.

Des essais géotechniques ont été conduits afin d'évaluer les possibilités de séparer par densité, à une échelle industrielle, les grains de shale du reste des matériaux. Les résultats de laboratoire ont démontré que de tels procédés industriels n'offrent pas un rendement suffisant pour abaisser de façon satisfaisante les proportions de shale, particulièrement pour les gravillons (annexe 9). Par conséquent, l'amendement de ces bancs ou le profilage d'une couche de finition directement sur les plages avec des matériaux de grande qualité qui pourraient être prélevés à partir des bancs situés plus à l'ouest demeurent pour l'instant la meilleure alternative pour répondre à ce problème. Avec un volume d'exploitation potentiel de 3 700 000 m³ et des teneurs en shale de ≤ 4 %, le banc Roberval n° 34 semble être le meilleur choix pour l'amendement en gravillon du secteur sud. Le banc d'emprunt Roberval n° 34 est déjà ouvert, mais ne semble pas être exploité présentement. En fait, aucune information reliée à un bail d'exploitation (BEX ou BNE) n'est présente dans GESTIM. Ce banc est situé en terre CPTAQ et en terre privée. D'autre part, une extension au banc a été identifiée par rapport à l'étendue actuelle pour ce banc. Si ce prolongement ne fait pas partie de la demande de CA réalisée lors de l'ouverture du banc, une nouvelle demande de CA, en lien avec les

articles 2 et 21 du règlement des carrières et des sablières du Québec (chapitre Q-2, r. 7), sera nécessaire afin d'étendre l'exploitation. Aucune contrainte environnementale (réserve, cours d'eau, etc.) n'a été observée à proximité de ce banc.

Enfin le banc Giguère (n° 6) s'avère être la meilleure solution comme source d'approvisionnement en sable pour l'amendement pour le secteur sud, avec un volume potentiel d'exploitation de 1 800 000 m³ et des teneurs en shale de ≤2 %.

4.3 PROBLÉMATIQUES RÉSIDUELLES ET PISTES DE SOLUTIONS POUR LE SECTEUR OUEST

Le secteur à l'ouest du lac Saint-Jean est le moins problématique de l'ensemble des secteurs. En effet, les bancs d'emprunt retenus offrent un sable ainsi qu'un gravillon respectant les fuseaux granulométriques recherchés avec des teneurs en shale respectables. Avec un volume d'exploitation supplémentaire estimé à 1 800 000 m³, le banc Giguère (n° 6) offre un sable correspondant aux spectres granulométriques recherchés avec des teneurs en shale de ≤2 %.

Outre le banc Giguère, l'approvisionnement en gravillon peut être assuré à partir des trois bancs de Roberval (nos 34, 35 et 36). Ces trois bancs offrent un volume d'exploitation supplémentaire de gravillon estimé à 23 179 000 m³. Les analyses granulométriques ont permis de confirmer que le gravillon se situe, de manière générale, à l'intérieur du fuseau granulométrique recherché à l'exception d'un échantillon plus sableux prélevé à l'intérieur du banc n° 36. Les teneurs en shale varient considérablement d'un banc à l'autre avec des proportions de 4 % au banc n° 34 à 17 % au banc n° 36. Pour l'ensemble de ces raisons, les bancs Roberval nos 34 et 35 demeurent les meilleures options d'approvisionnement en gravillon à court et long terme.

5 DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS

Le travail synthèse concernant les sources d'emprunt pour le rechargement des plages du PSBLSJ a permis de :

1. synthétiser les connaissances techniques acquises depuis le début du PSBLJS et les problématiques rencontrées lors de la mise en œuvre des opérations;
2. recenser l'ensemble des bancs terrestres et subaquatiques disponibles et rassembler l'information existante;
3. compléter et caractériser de façon générale l'ensemble des bancs recensés et détailler adéquatement les bancs d'intérêts afin de déterminer les meilleurs scénarios d'exploitation pour chacune des zones de recharge;
4. cibler et tenter de solutionner les problèmes de teneurs élevées en shale ainsi que la problématique des spectres granulométriques non conformes de certains bancs d'emprunt.

L'intégration de l'ensemble de ces renseignements à une base de données a permis de structurer l'information pour en faciliter la consultation et l'utilisation. Cette base de données est structurée de sorte à être insérée à l'intérieur d'un système d'information géographique (SIG) afin de réaliser des modélisations et des analyses spatiales. Les analyses réalisées à ce niveau résultent en les meilleurs scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt. Les résultats obtenus ont été regroupés par secteur, à savoir le secteur nord, le secteur sud et le secteur ouest. Chacun des secteurs est caractérisé selon ses problématiques et ses solutions distinctes.

Pour le **secteur nord**, l'approvisionnement en gravillon demeure la principale problématique. Afin de pallier ce problème, l'élargissement de la zone de recherche jusqu'aux limites du Bouclier canadien apparaît être la meilleure des solutions, dans la mesure où la distance ne devient pas une contrainte sur le plan technico-économique, environnemental et social. Rio Tinto devra également évaluer la possibilité de reconsidérer les besoins de rechargement en gravillon, moyennant des recharges en sable à plus haute fréquence.

Le **secteur à l'ouest** du lac Saint-Jean est le moins problématique des trois secteurs. En effet, les bancs d'emprunt retenus offrent un sable ainsi qu'un gravillon respectant les fuseaux granulométriques recherchés et dont les teneurs en shale sont acceptables. Les bancs d'emprunt de ce secteur pourraient fournir du matériel de qualité pour réaliser les couches de finition sur les plages du secteur sud, qui présente plus d'inconvénients.

Pour le **secteur sud**, de nombreux bancs d'emprunt sont aptes à fournir des matériaux qui rencontrent les critères sur le plan granulométrique, néanmoins, certaines particularités persistent quant à la présence de sédiments fins et à la difficulté d'éliminer ces fractions lors des tamisages. La teneur en shale demeure également un inconvénient, surtout au niveau de la couleur foncée. En effet, l'ensemble des bancs d'emprunt retenus présente des proportions en shale entre 10 % et 30 %.

Problématique sur le plan granulométrique

Ce qui ressort de l'analyse multicritère pour les bancs d'emprunt autour du lac, est que ceux-ci présentent certaines problématiques d'approvisionnement en sable et en gravillon. Des travaux de caractérisation additionnels ont donc été conduits au banc Aly Blackburn, dans le but de trouver des pistes de solutions. Les premiers travaux avaient pour objectifs d'optimiser les opérations de tamisage (annexe 6). Ces derniers n'ont cependant pas donné de résultats concluants. Compte tenu de la présence naturelle de sédiments fins à l'intérieur des bancs d'emprunt autour du lac, Rio Tinto a jugé bon d'apporter une précision aux fuseaux granulométriques utilisés depuis 1986 (figure 5-1). En effet, l'expérience acquise au fil des années en matière de rechargement de plage permet de conclure que les anciens fuseaux ne rencontrent pas la réalité sur le terrain. La précision de ces derniers en regard des études récentes conduites sur plusieurs bancs d'emprunt, permet de mieux guider l'exploitant du banc d'emprunt, tout en tenant également compte de ce que le milieu naturel environnant peut fournir comme source de matériel de recharge. Ces nouveaux fuseaux granulométriques ne changent en rien la classification des autres bancs d'emprunt, entre autres, celles relatives aux bancs d'emprunt subaquatiques dont les fuseaux granulométriques restent beaucoup trop fins pour être utilisés pour les rechargements des plages (figure 5-2).

En ce qui concerne l'approvisionnement en gravillons pour le secteur sud du lac Saint-Jean, les travaux de géophysique conduits au banc Aly Blackburn et validés par des tests de tranchées (annexes 4 et 7), ont permis d'identifier des unités sédimentaires rencontrant les fuseaux granulométriques en gravillons recherchés, et ce, près du front d'attaque actuel. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire de gravillon demeure aussi élevée que celle estimée dans les comptages pétrographiques des échantillons provenant du front d'attaque. De plus, l'exploitation de cette extension du banc d'emprunt doit cependant être conforme à la réglementation légale et il faut par conséquent considérer des délais en vue de l'obtention des autorisations nécessaires.

Problématique liée à la teneur en shale

Des essais géotechniques ont été conduits sur des échantillons provenant du banc Aly Blackburn, afin d'évaluer les possibilités de séparer par densité, à une échelle industrielle, les grains de shale du reste des matériaux (annexe 9). Les résultats de laboratoire ont démontré que de tels procédés industriels n'offrent pas un rendement suffisant pour abaisser de façon satisfaisante les proportions de shale, particulièrement pour les gravillons. Par conséquent, l'amendement de ces bancs ou l'application d'une couche de finition directement sur les plages avec des matériaux de grande qualité demeurent pour l'instant la meilleure alternative pour répondre à ce problème.

Problématiques liées à la compaction et la turbidité des plages

En somme, la présence de shale a toujours été considérée comme un inconvénient pour les propriétaires riverains et les usagers. Sur le plan hydrosédimentaire et environnemental, deux hypothèses tentaient d'expliquer en partie les problématiques de compaction et d'épisodes sédimentaires par la présence du shale. En contrepartie, l'ensemble des travaux réalisés au niveau du banc d'emprunt Aly Blackburn et de la plage Bolduc (annexe 8) démontrent que les problèmes associés à la compaction des matériaux sur les plages rechargées et à la formation des panaches de turbidité ne sont aucunement associés à la présence

du shale. Ainsi, le problème de compaction des matériaux serait plutôt attribuable à la répartition (étalement) granulométrique des matériaux des bancs d'emprunt (Masselink et Hugues, 2003) et à la difficulté d'éliminer les particules les plus fines lors des opérations de tamisage (annexes 6 et 8).

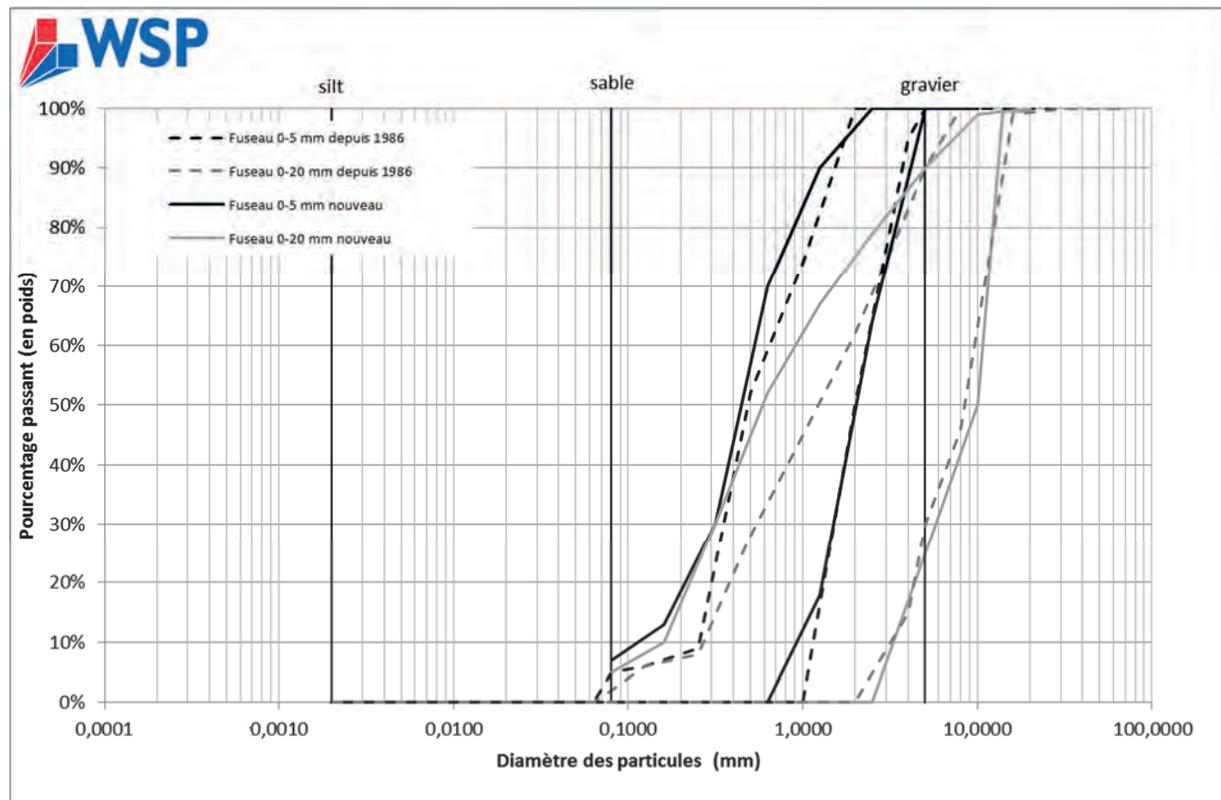


Figure 5-1 Comparaison entre les fuseaux granulométriques habituellement utilisés et ceux révisés en fonction des résultats des analyses granulométriques

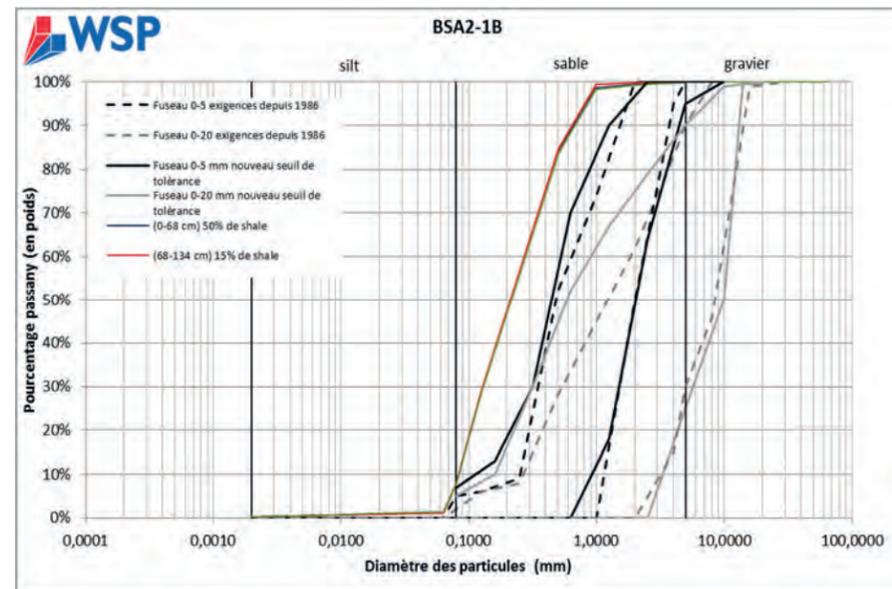
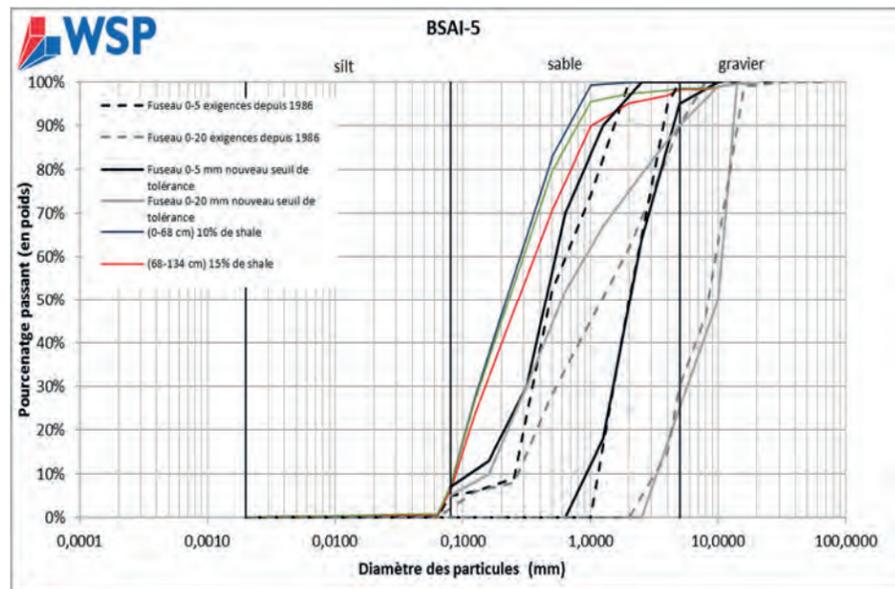
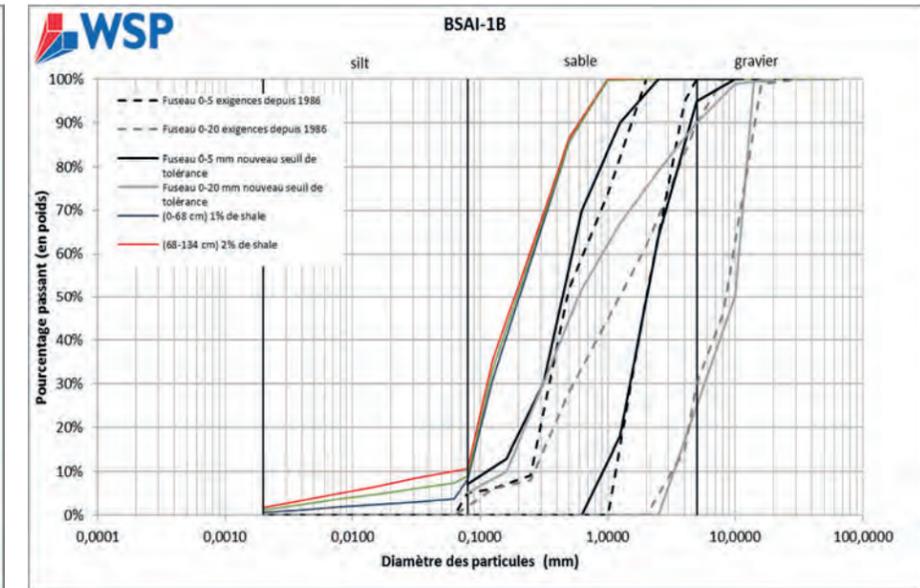
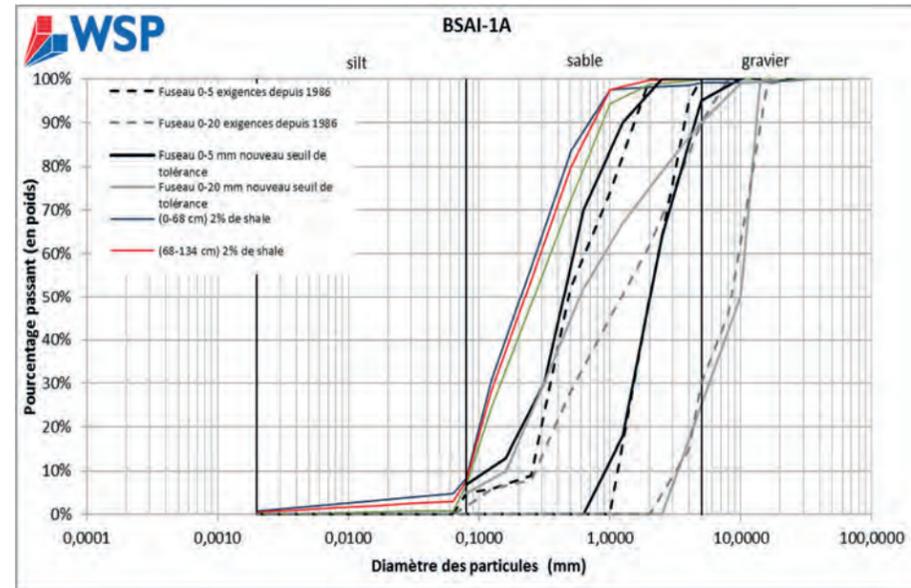
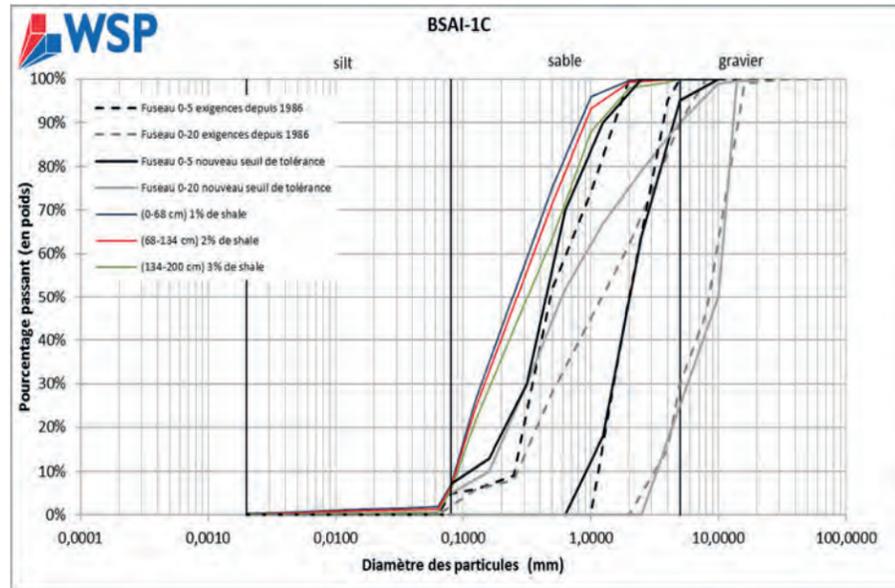


Figure 5-2 Comparaison entre les fuseaux granulométriques révisés et les courbes granulométriques pour les bancs d'emprunt subaquatiques

Rio Tinto a déjà tenté d'optimiser et de développer de nouvelles techniques de tamisage par le passé en utilisant deux types de tamis (carré et à piano). La forte proportion de sédiments fins et leur trop grande capacité de rétention de l'humidité font en sorte que les tamis ont tendance à se colmater. Plusieurs optimisations ont été tentées, en vain, pour régler ce problème en ajoutant aux tamis des boudins, des billes ou en engendrant des vibrations. De plus, le tri des sédiments par des processus de lavage avec de l'eau ou de l'air sous pression a été envisagé, mais ces méthodes imposent plusieurs contraintes en ce qui a trait à la gestion des eaux de lavage ou encore des poussières. Les essais du tamiseur Finlay témoignent des efforts engagés récemment par Rio Tinto pour contrer ce problème (annexe 6). Rio Tinto reste donc à l'affût des développements technologiques possibles afin de réduire la proportion des sédiments fins dans ses matériaux de recharge.

Quant à la problématique relative aux épisodes de turbidité, elle est également attribuable à la présence de sédiments fins qui sont remis en suspension lors des opérations de rechargement ou au brassage subséquent des matériaux par les vagues. Or comme les résultats granulométriques le démontrent, l'étendue spatiale et la durée dans le temps de ces panaches de sédiments sont susceptibles d'être localisés et très courts. En effet, selon plusieurs études, le temps de sédimentation en milieu lacustre varie grandement selon la taille des particules et l'hydrodynamisme du milieu. Par exemple, pour un lac de 20 m de profondeur, le temps pour que les sables et les silts grossiers de taille $\geq 63 \mu\text{m}$ se sédimentent, une fois mis en suspension, est que de l'ordre de la minute, tandis que pour les sédiments plus fins de taille $\leq 63 \mu\text{m}$, la sédimentation peut prendre des mois, voire des années (Ferguson et Church, 2004; Uhrich et Bragg, 2003). Ainsi, selon les données granulométriques des bancs d'emprunt alimentant les zones de recharge au sud du lac Saint-Jean, la proportion moyenne des sédiments $\leq 63 \mu\text{m}$ contenue dans le matériel de recharge est inférieure à 1,7 %. La proportion de sédiments susceptible d'être mis en suspension sur de longues périodes est donc très faible, rendant improbable la formation de panaches de sédiments étendus et qui perdurent dans le temps. Notons que des épisodes de turbidité se produisent naturellement dans les rivières localisées autour du lac lorsque la vitesse d'écoulement des rivières est lente et que des sédiments fins sont remis en suspension. Enfin, concernant les inconvénients soulevés par les propriétaires et les usagers riverains à l'égard du shale, il est à noter que ce dernier est omniprésent dans la région. En se référant au contexte géomorphologique et au cadre stratigraphique régional, les unités sédimentaires constituant les berges du secteur sud du lac Saint-Jean sont le prolongement des unités sédimentaires constituant les bancs d'emprunt localisés à proximité. Pour cette raison, il est fort probable que les proportions de shale sur des plages qui seraient considérées comme « naturelles » si elles n'avaient pas été rechargées par Rio Tinto, soient similaires à celles évaluées dans les bancs d'emprunt, soit entre 15 % et 30 %.

L'origine de ces épais dépôts de sable et de gravier est généralement associée à la présence des complexes juxtaglaciacaires et deltaïques de type glaciomarin et lacustre. Ces derniers sont toujours présents et actifs à l'embouchure des cours d'eau actuels (Métabetchouan, Doré, Belle-Rivière, etc.). Ces formes géomorphologiques sont emboîtées l'une dans l'autre de façon presque continue le long des cours d'eau, de l'intérieur des terres, vers les berges du lac Saint-Jean. Par le fait même, la majorité des bancs d'emprunt actuellement ouverts dans la section sud du lac Saint-Jean (Aly Blackburn, Fortin et Adrien Gagnon) sont localisés dans ces deltas qui se prolongent vers les plages. Il est important de préciser que

les cours d'eau les ayant mis en place ont traversé des unités géologiques de shale, ce qui explique la forte proportion de grains de shale dans les bancs d'emprunt terrestres. Toutefois, le cas de l'affluent Belle-Rivière est une exception, car les plages à proximité ne contiennent que très peu de shale. Cela s'explique puisque le cours d'eau circule et transporte des sédiments localisés sur une unité sédimentaire ne contenant pas de shale. C'est pour cette raison que le sable superficiel sur les plages et les dunes associées à l'embouchure de la Belle-Rivière sont composés davantage de sable minéralogiques qui diffère de celui des autres secteurs au sud. En se basant sur les éléments précédemment énumérés, il est peu probable que la hausse de 2 m du niveau moyen de l'eau ait modifié la composition pétrographique des plages par rapport à celle de la période pré-1926. Il est également à noter qu'avant le rehaussement du niveau du lac, les berges au sud du lac Saint-Jean étaient constituées surtout de marais (30 %) et de plages (70 %). La présence de shale sur les berges du lac Saint-Jean est donc intrinsèque au milieu naturel qui le compose.

6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ferguson, R. et Church, M. (2004) A simple universal equation for grain settling velocity. *Journal of Sedimentary Research* 74, 933–937.
- Masselink, G et Hugues, G. G., 2003, *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Arnold, 354 p.
- Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. 1981. Gîtes Minéraux du Québec : Laurentides-Saguenay, Ottawa, Feuille Chicoutimi 22D-M-319
- Uhrich, M.A. et Bragg, H.M., 2003, *Monitoring instream turbidity to estimate continuous suspended-sediment loads and yields and clay-water volumes in the Upper North Santiam River Basin, Oregon, 1998–2000*: U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 03–4098, 43 p.



1

ANALYSE DES SOURCES
D'APPROVISIONNEMENT POUR LE
RECHARGEMENT DES PLAGES

Rio Tinto Alcan Inc.

ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES

RAPPORT FINAL

Rio Tinto Alcan Inc.

ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT POUR LE RECHARGEMENT DES PLAGES

RAPPORT FINAL

Projet n° : 141-21260-00
Date : Septembre 2015

RioTintoAlcan

—

WSP Canada Inc.
5355, boul. des Gradins
Québec (Québec) G2J 1C8

Téléphone : 418-623-2254
Télécopieur : 418-623-1857
www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Julie Simard, Géomorphologue, Ph. D.
Chargée de projet

RÉVISÉ PAR



Martin Larose, Biologiste
Directeur de projet

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO ALCAN INC.

Chargée de projet	Caroline Jolette, ing.
Coordonnateur environnement, Conseiller principal en développement durable	Jean-Robert Wells, ing. M.Sc.
Conseiller, Programme stabilisation des berges du lac Saint-Jean	Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Martin Larose, biologiste
Chargé de projet	Julie Simard, géomorphologue Ph. D.
Collaborateurs	Jean-François Bernier, géomorphologue, M. Sc. Claire Hayek, ing. MBA Jean-François Saint-Laurent, ing. M. Sc. Pierre Jean, ing. M. Sc. Steve Renaud ing. M. Sc. Thomas Fortin-Chevalier, ing. M. Sc.
Cartographe	Diane Gagné
Édition	Linette Poulin

Référence à citer :

WSP. 2015. *Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages*. Rapport préliminaire produit pour Rio Tinto Alcan Inc. 39 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

SIGNATURES	I
ÉQUIPE DE RÉALISATION	I
TABLEAUX	V
FIGURES	V
CARTES	VII
ANNEXE	VII
1 INTRODUCTION	1
2 PROVENANCE ET CARACTÉRISTIQUES DU SHALE	3
2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU LAC SAINT-JEAN	3
2.2 LES BANCS D'EMPRUNT DE LA RÉGION.....	4
2.2.1 FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE	8
2.2.2 PROPORTIONS EN SHALE.....	12
2.3 PROJECTIONS DES BESOINS EN RECHARGEMENT POUR LA PÉRIODE 2017-2026 ET BANCS D'EMPRUNT VISÉS.....	15
3 MÉTHODES	17
3.1 RECHERCHE DE PROCÉDÉS EN CARRIÈRE VISANT À RÉDUIRE LA FRACTION DE SHALE	17
3.2 PHOTO-INTERPRÉTATION ET CARTOGRAPHIE DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN RIVE	17
3.3 INTERPRÉTATION DES DONNÉES BATHYMÉTRIQUES ET SISMIQUES	18
4 RÉSULTATS	19
4.1 AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DES GRANULATS PROVENANT DE SOURCES EN MILIEU TERRESTRE	19
4.1.1 ESSAIS DE LABORATOIRE	19
4.1.1.1 PROCÉDÉS DE SÉPARATION ADVENANT QUE LES RÉSULTATS DE LABORATOIRE SOIENT NON- CONCLUANTS	20
4.1.1.2 PROCÉDÉS DE SÉPARATION ADVENANT QUE LES RÉSULTATS DE LABORATOIRE SOIENT CONCLUANTS	20

TABLE DES MATIÈRES (suite)

4.1.2	ANALYSES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS.....	21
4.2	ÉVALUATION DU POTENTIEL DE SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU RIVERAIN.....	23
4.2.1	CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ACCRÉTION EN RIVE	23
4.2.2	ESTIMATION DES VOLUMES DE SÉDIMENTS RIVERAINS POTENTIELLEMENT DISPONIBLES	24
4.2.3	ANALYSES ET PROPOSITIONS DE SOLUTIONS	27
4.3	ÉVALUATION DES SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU SUBAQUATIQUE	28
4.3.1	DRAGAGES RÉALISÉS PAR LE PASSÉ PAR RTA	28
4.3.2	ACTUALISATION DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE DES DRAGAGES DANS LE LAC SAINT-JEAN.....	29
4.3.3	CARTOGRAPHIE DES SOURCES DE BANCS D'EMPRUNT POTENTIELLES EN MILIEU SUBAQUATIQUE	30
4.3.4	ESTIMATION DES VOLUMES DES SOURCES D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES.....	36
4.3.5	ANALYSES ET PROPOSITIONS DE SOLUTIONS	37
5	CONCLUSION.....	39
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	41

TABLEAUX

Tableau 2.1	Liste des 13 bancs d'emprunt répertoriés par Rio Tinto Alcan et leurs principales caractéristiques.	13
Tableau 2.2	Secteurs de recharge de plage et tonnages projetés pour le prochain PSBLSJ (2017-2026).....	15
Tableau 2.3	Secteurs de recharge de plage et bancs d'emprunt visés par Rio Tinto Alcan pour le prochain PSBLSJ (2017-2026).....	16
Tableau 4.1	Volumes potentiellement disponibles sur les bancs d'emprunt en rive.....	27
Tableau 4.2	Volumes estimés pour les bancs d'emprunt en milieu subaquatique dans la zone 0-5 m de profondeur.....	37
Tableau 4.3	Volumes estimés pour les bancs d'emprunt en milieu subaquatiques dans la zone de profondeur supérieure à 5 m.	37

FIGURES

Figure 2.1	Exemple de la structure sédimentaire du shale en feuillet et illustration de l'angulosité d'un fragment de shale.....	7
Figure 2.2	Exemple d'un sable constitué de grains d'origine minérale	7
Figure 2.3	Courbes granulométriques pour les bancs d'emprunt d'intérêt.....	9
Figure 4.1	Fonctionnement du tamis-écran qui pourrait séparer les grains de shale des grains de composition minéralogique en raison de leur morphologie distincte	22

CARTES

Carte 2.1	Géologie et localisation des bancs d'emprunt en milieu terrestre avec proportion en shale	5
Carte 4.1	Zones d'accrétion en rive photo-interprétées et bancs d'emprunt en rive sélectionnés.....	25
Carte 4.2	Répartition du sable moyen à grossier (0-5 mm), selon les profondeurs de 0-5 m et de 0-70 m.....	31
Carte 4.3	Bancs d'emprunt cartographié en fonction de contraintes hydrosédimentaires, techniques et environnementales.	33

ANNEXE

Annexe 1	Résultats des entrevues	
----------	-------------------------	--

1 INTRODUCTION

À la suite de la mise en service de la centrale hydroélectrique de L'Isle-Maligne en 1926, le niveau du lac Saint-Jean a été rehaussé, ce qui a eu pour effet d'amplifier les processus d'érosion des berges. Pour contrer ce problème, Rio Tinto Alcan gère, depuis plusieurs décennies, un Programme de stabilisation des berges au lac Saint-Jean (PSBLSJ) qui vise à atténuer l'érosion par des moyens adaptés aux spécificités des berges et à la sévérité des processus. Les recharges de plage comptent parmi les techniques utilisées par Rio Tinto Alcan. Ces recharges en sable ou en gravillon visent à maintenir des largeurs de plage pour la villégiature. Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement portant sur le renouvellement du PSBLSJ pour 2017-2026, une analyse concernant les sources de bancs d'emprunt nécessaires à la recharge de plage doit être conduite afin de caractériser davantage les sources actuelles et d'identifier des sources potentielles en milieu riverain ou subaquatique.

Les matériaux utilisés actuellement dans le cadre du PSBLSJ pour recharger les plages proviennent de bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre répartis tout autour du lac Saint-Jean. La composition lithologique de ces matériaux occasionne des problématiques sur les plages, localisées au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean. À ces endroits, la proportion en shale des sources d'emprunt est relativement élevée (> 10-15 %), ce qui entraîne des problèmes de compaction des matériaux de rechargement et occasionne des épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements. De plus, la présence de shales donne une couleur foncée à la plage et, après un lessivage des particules plus fines par les vagues, laisse une plage dominée par les graviers de shale, ce qui importune les propriétaires et usagers riverains. Donc, Rio Tinto Alcan désire réduire, si possible, la proportion de shales dans les sources d'emprunt, c'est-à-dire de ramener des proportions de la fraction shaleuse à moins de 10-15 %.

Rio Tinto Alcan a déjà utilisé par le passé plusieurs sources d'approvisionnement distinctes, soit les bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre, en milieu riverain ou en milieu subaquatique. Ces différentes sources d'approvisionnement présentent chacune des avantages et inconvénients. Le présent rapport a donc pour objectif principal d'apporter des précisions sur les différentes options d'exploitation et de gestion des sources de bancs d'emprunt pour les activités de recharge de plages dans les années à venir. Des informations supplémentaires sont donc nécessaires afin de déterminer les meilleures options d'approvisionnement, tant sur le plan de la qualité des matériaux que sur les plans environnemental, technico-économique et social. De façon plus spécifique, le présent rapport vise à :

- 1) identifier les méthodes les plus optimales pour éliminer les fractions granulométriques shaleuses des sources d'emprunt provenant du milieu terrestre;
- 2) évaluer la possibilité d'exploiter des bancs d'emprunt en rive à partir des zones d'accrétion en rive du lac;
- 3) localiser des sources de bancs d'emprunt subaquatiques qui pourraient potentiellement être draguées.

Afin de répondre à ces objectifs, le présent rapport se divise en trois sections distinctes. La première section vise à décrire la provenance et les principales caractéristiques physiques des sédiments sableux composés de shale, puis de présenter les bancs d'emprunt disponibles dans la région. La deuxième section présente la méthodologie utilisée pour évaluer les méthodes d'élimination du shale dans les sources d'emprunt en milieu terrestre et pour identifier les bancs d'emprunt potentiels le long des zones d'accrétion en rive ainsi qu'en milieu subaquatique. Enfin, la troisième section décrit les résultats et analyse chacune des options, afin de conclure avec des pistes de solutions.

2 PROVENANCE ET CARACTÉRISTIQUES DU SHALE

2.1 CONTEXTE GÉOLOGIQUE DU LAC SAINT-JEAN

La région du lac Saint-Jean se divise en deux régions géologiques, soit les basses-terres du lac Saint-Jean et la Province de Grenville, associée au Bouclier canadien. Au sud du lac Saint-Jean, les deux régions géologiques sont isolées par la faille du lac Kénogami, qui présente un obstacle topographique remarquable dans le paysage. La Province de Grenville est formée de roches cristallines (ignées et métamorphiques) d'âge précambrien. Quant aux basses-terres du lac Saint-Jean, elles sont constituées de roches sédimentaires, soit le calcaire de Trenton qui affleure dans les secteurs de Mashteuiatsh et de Roberval, et le schiste noir (ou shale) argileux d'Utica qui affleure dans la région de Pointe-Chambord (carte 2.1).

Le shale est une roche d'origine sédimentaire, issu de la consolidation de dépôts argileux, ce qui en fait une roche tendre et facilement broyable. Sa structure sédimentaire est constituée d'un empilement de « feuillets » la rendant friable et très sensible à l'érosion, particulièrement aux cycles de gel – dégel (figure 2.1). Les affleurements rocheux de shale sont donc facilement débités et broyés à différents stades (p. ex. bloc, gravier, sable ou argile) lors du passage d'un glacier, comme ce fut le cas au moment du dernier cycle glaciaire dans la région.

La période d'englaciation, plutôt érosive, a permis de débiter les affleurements rocheux du shale d'Utica. Les sédiments de shale ont été mélangés aux sédiments provenant du Bouclier canadien, puis transportés par le glacier sur de courtes distances. Au moment de la déglaciation, l'eau de fonte du glacier a provoqué la sédimentation d'une série d'eskers (composés surtout de sable, de gravier stratifié et de nombreux galets) et des plaines de sable parsemées de kettles (dépression résultant de la fonte de blocs de glace enfouis sous les sédiments). L'invasion marine de la mer de Laflamme a pour sa part abandonné des unités de silt et d'argile, alors que le retrait de la mer postglaciaire a permis la sédimentation de dépôts littoraux de sable et de gravier disposés en terrasses à des altitudes différentes, jusqu'à près de 170 m dans la partie sud et environ jusqu'à 195 m dans la partie nord (Tremblay, 1971).

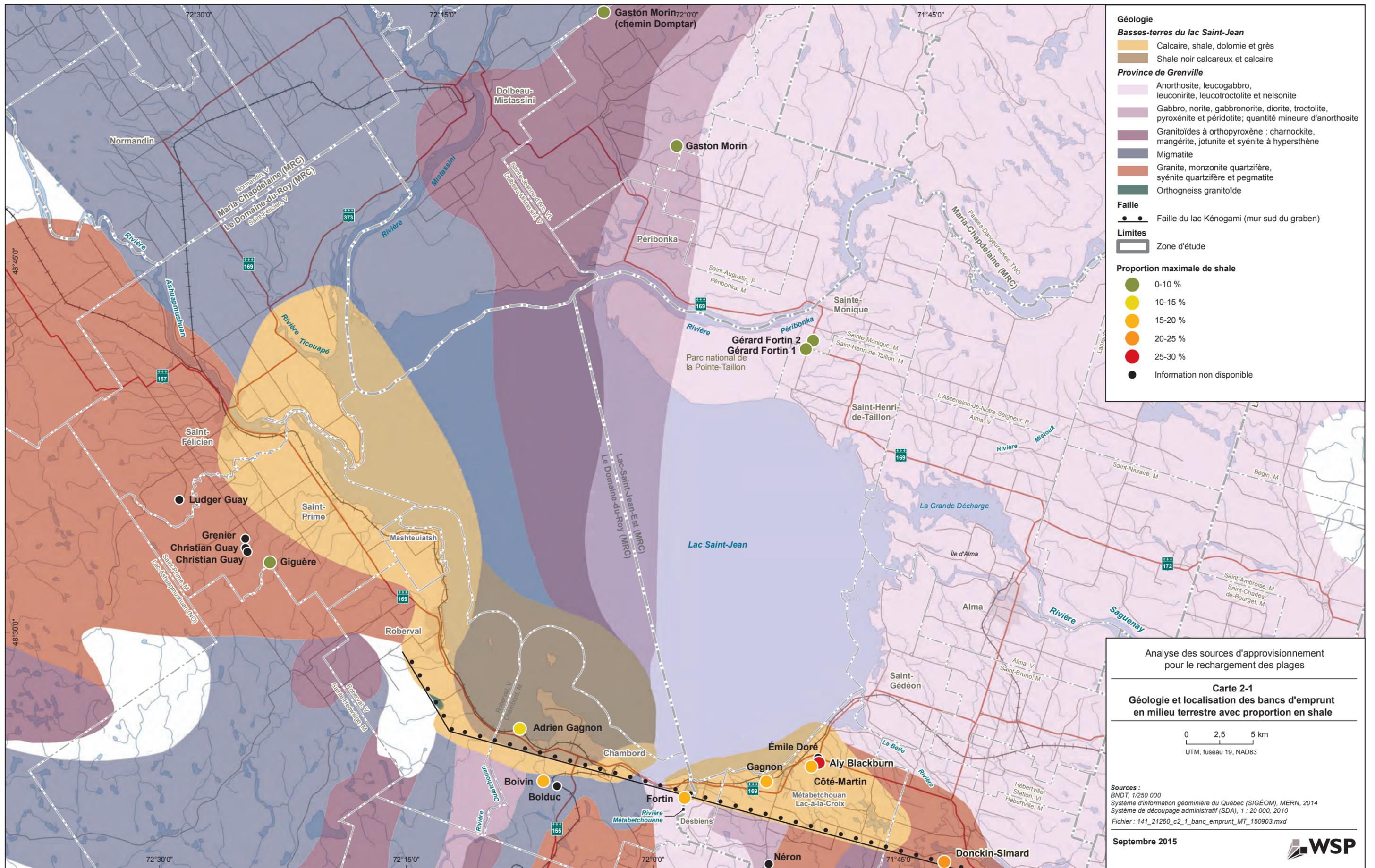
Les travaux quaternaires réalisés dans la région démontrent que l'écoulement du glacier ainsi que l'écoulement des eaux de fonte glaciaire étaient dirigés surtout vers le sud-est (Tremblay, 1971). Compte tenu de la localisation de la formation géologique d'Utica, il est logique que les sédiments situés au nord de la formation soient constitués de grains de minéraux résistants provenant des formations de roches cristallines du Bouclier canadien, alors qu'au sud de la formation géologique d'Utica, les sédiments risquent de comporter une certaine proportion de shale.

2.2 LES BANCS D'EMPRUNT DE LA RÉGION

Compte tenu de sa faible résistance, les sédiments constitués de shale peuvent facilement être réduits en poussières puisque les particules primaires le constituant sont argileuses et non minérales. Le shale s'altère donc plus rapidement, contrairement aux grains de sable minéral provenant de l'érosion des roches d'origine cristallines, typique au Bouclier canadien. Les grains minéralogiques ne présentent pas de plan de faiblesse et sont donc de loin plus résistants (figure 2.2). Le shale est donc un matériau d'emprunt peu adapté au rechargement des plages, puisqu'il risque de se dégrader au cours de sa manipulation et de son utilisation. De plus, la structure en feuilletés et l'angulosité des grains de shales permet aux particules de s'imbriquer les unes aux autres, contrairement aux grains arrondis d'origine minérale (figure 2.2). L'omniprésence de poussières de shale (dégradation continue vers l'argile), combiné à une propension à l'imbrication explique la facilité du gravier et du sable de shale à se compacter avec le temps. L'expérience acquise au fil des nombreux rechargements de plage effectués dans le secteur sud du lac indique que les matériaux contenant une proportion de shale supérieure à 10-15 % peuvent poser de telles problématiques une fois mis en place sur les plages.

Les travaux de stabilisation des rives consistent, entre autres, à recharger les plages, selon les secteurs, avec du sable dont le fuseau granulométrique s'étend de 0 à 5 mm ou avec des gravillons dont le fuseau granulométrique comprend les classes de 0 à 20 mm. Les tronçons de plage rechargés en gravillon sont par la suite recouverts de couches de sable de finition.

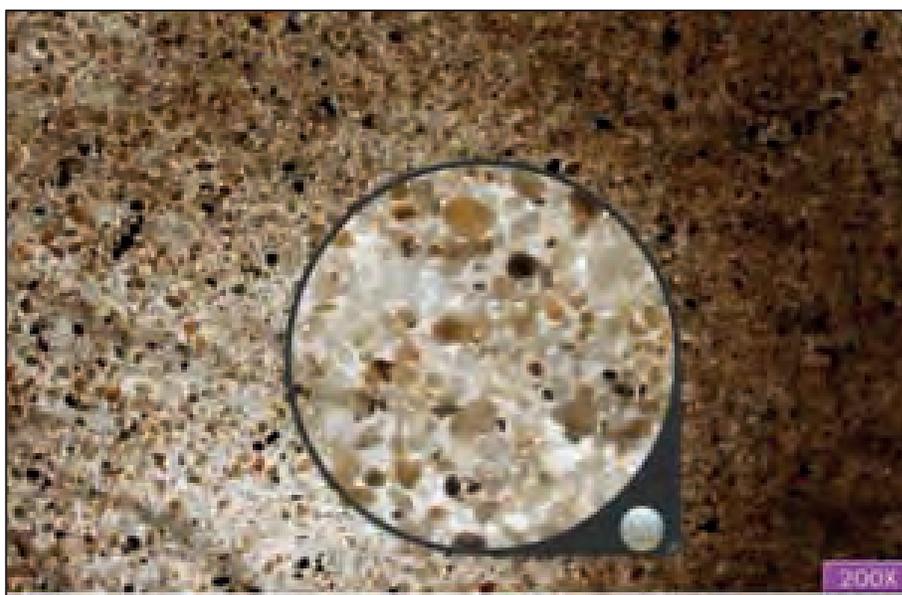
Depuis le début du PSBLSJ, afin de rencontrer les volumes souhaités en matériaux de rechargement, Rio Tinto Alcan a exploité, à un moment ou l'autre, différentes sources d'emprunt (27) dépendamment de leur capacité à fournir un matériau dans le fuseau granulométrique et dans les volumes souhaités et aussi selon leur proximité au site de rechargement (< 40 km) (Rio Tinto Alcan, 1996). Ainsi, plusieurs bancs d'emprunt autour du lac Saint-Jean ont fait l'objet d'un inventaire sur leur capacité à fournir la qualité (respect des fuseaux granulométriques imposés) et les quantités nécessaires de sable ou de gravillon pour la réalisation des travaux autour du lac Saint-Jean depuis 1983. Depuis 2006, plus de 13 bancs d'emprunts, gérés par deux exploitants-tamiseurs, ont été exploités ou sont actuellement utilisés par Rio Tinto Alcan (tableau 2.1). Les exploitants de ces bancs d'emprunt sont les entreprises Gravier Donckin Simard et fils inc. et Ent. Construction Gaston Morin (1979) Ltée. Rio Tinto Alcan consomme environ 90 % de la production en granulats de ces exploitants et les autres clients, plus occasionnels, sont le ministère des Transports de Québec (MTQ) et les municipalités.





Sources : Bédard, 1991 et Hébert, 1994

Figure 2.1 Exemple de la structure sédimentaire du shale en feuillet et illustration de l'angulosité d'un fragment de shale



Source : <http://www.s-n-l.fr/home.html>.

Figure 2.2 Exemple d'un sable constitué de grains d'origine minérale

2.2.1 FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE

Rio Tinto Alcan a produit, au fil des années, plusieurs rapports de caractérisation des bancs d'emprunt localisés à proximité des zones de rechargement de plage. Bien que plusieurs de ces rapports datent pour la plupart des décennies de 1980 et de 1990, les données granulométriques ont été compilées à la figure 2.3 et peuvent donner un aperçu du potentiel granulométrique de chacun des bancs d'emprunt. Cependant, il faut considérer que les échantillons ne sont peut-être pas représentatifs de l'ensemble du banc d'emprunt et qu'ils datent déjà de quelques décennies. Une appréciation du potentiel granulométrique de chaque banc d'emprunt du secteur sud du lac Saint-Jean est néanmoins présentée. Cette analyse est basée sur le débordement des courbes à l'extérieur des fuseaux 0-5 mm, pour le sable et 0-20 mm, pour les gravillons et pour un non-rejet (lors du tamisage) visé autour de 80 %.

Banc Adrien Gagnon

La composition granulométrique du banc Adrien Gagnon est relativement homogène d'un échantillon à l'autre et varie généralement d'un sable fin à moyen à un sable moyen à grossier (figure 2.3). Les résultats des analyses granulométriques démontrent un plus faible pourcentage en silt et en cailloux (Techmat, 1994). Selon la figure 2.3, les courbes granulométriques de la majorité des échantillons montrent que les sédiments sont trop fins pour rencontrer les critères pour les chargements en sable (fuseau 0-5 mm), alors que seuls deux échantillons rencontrent les critères pour les recharges en gravillons (fuseau 0-20 mm).

Banc Aly Blackburn

La granulométrie du banc Aly Blackburn est peu variable d'un échantillon à l'autre (figure 2.3). S'il y a lieu, le banc d'emprunt devra être exploité de manière sélective afin d'éviter les secteurs où la présence d'horizons silteux est importante (Techmat, 2002). Les courbes granulométriques de la figure 2.3 montrent que la répartition des classes est très étalée, mais rencontre les critères pour les recharges de plages en gravillon (fuseau 0-20 mm). Dans le cas du sable, l'expérience passée (1986-2014) a démontré que l'exploitation en profondeur dans le banc permettait de respecter les exigences du fuseau 0-5 mm.

Banc Boivin

La composition granulométrique du banc Boivin est particulièrement variable d'un échantillon à l'autre (figure 2.3). Elle varie d'un sable fin à grossier, avec parfois de fortes proportions de gravier et de cailloux (Techmat, 1989). Il y a plus de probabilités de trouver du gravillon au centre du banc (Techmat, 1989). Toutefois, pour trouver des particules de diamètre entre 0 et 5 mm, il est préférable d'exploiter le banc dans sa partie sud (Techmat, 1989). La figure 2.3 montre que les échantillons provenant du banc d'emprunt Boivin respectent pour la plupart les exigences granulométriques pour les rechargements de plages en gravillon (fuseau 0-20 mm). Un tamisage serait cependant requis pour obtenir un matériau approprié (fuseau 0-5 mm) pour les recharges en sable.

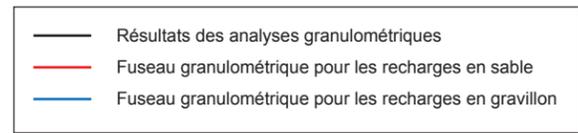
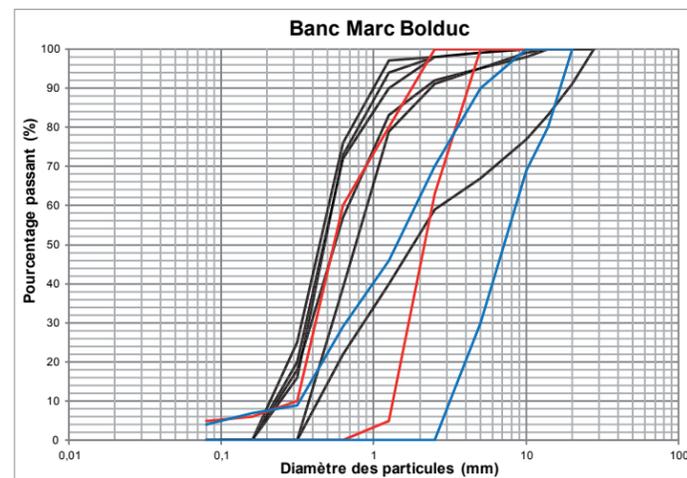
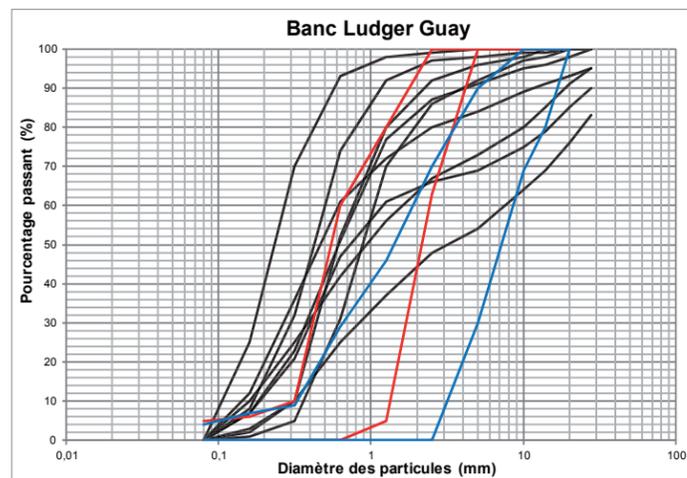
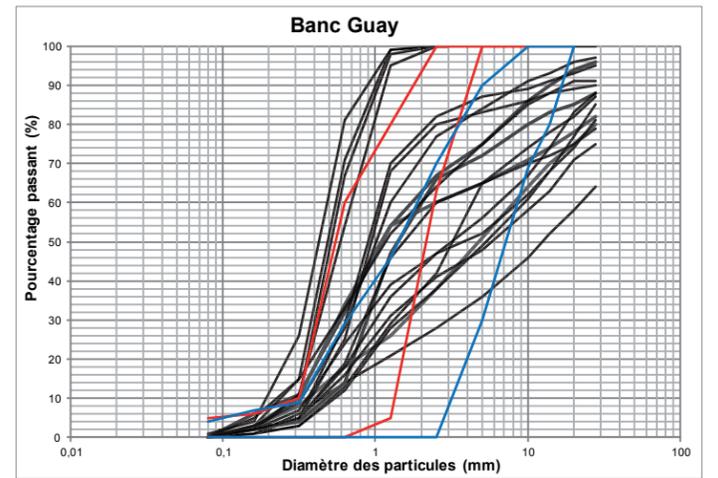
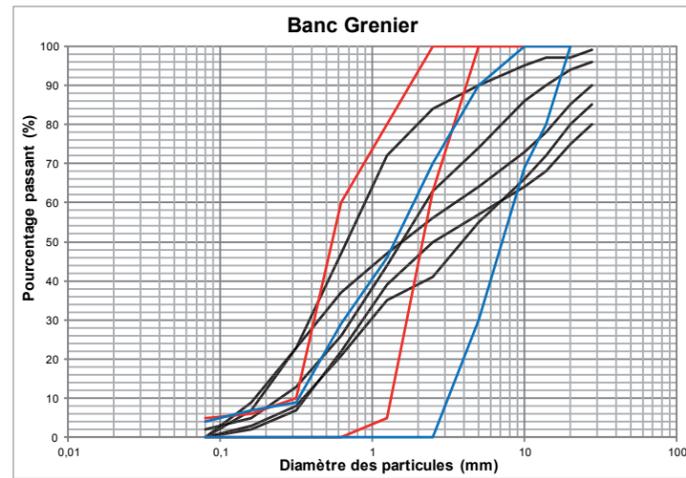
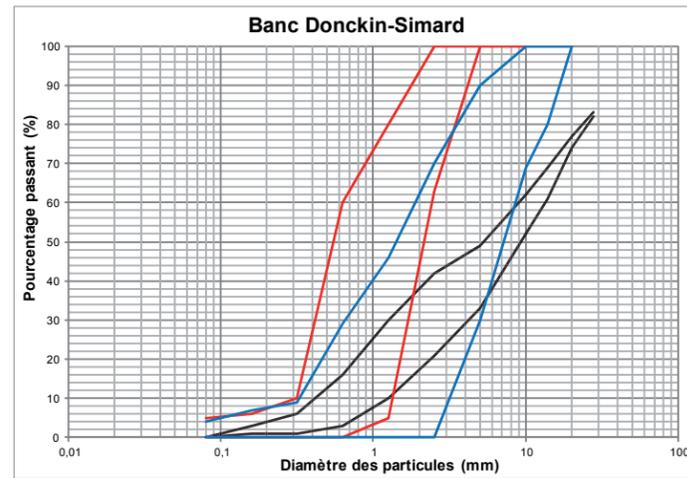
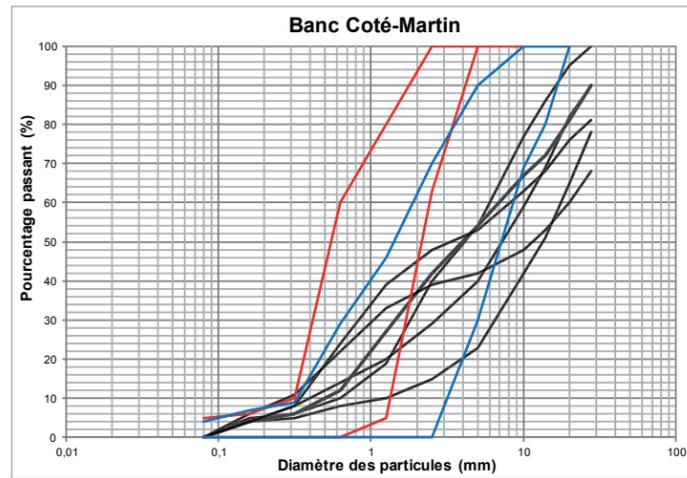
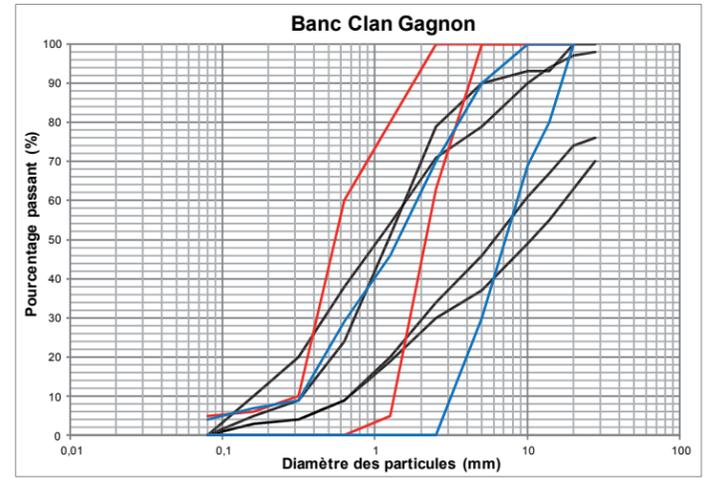
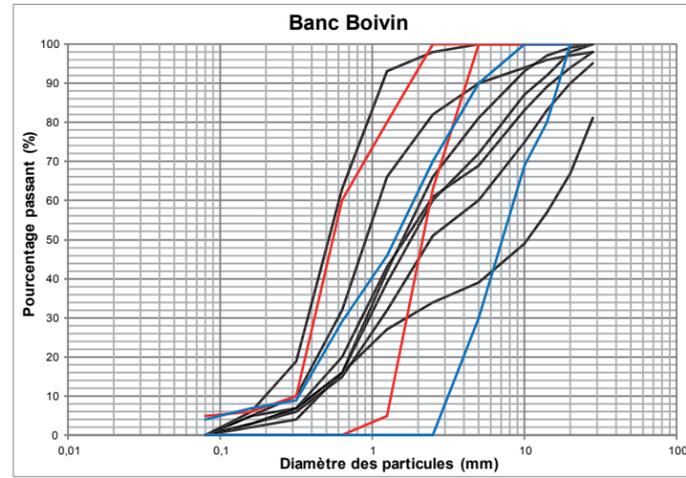
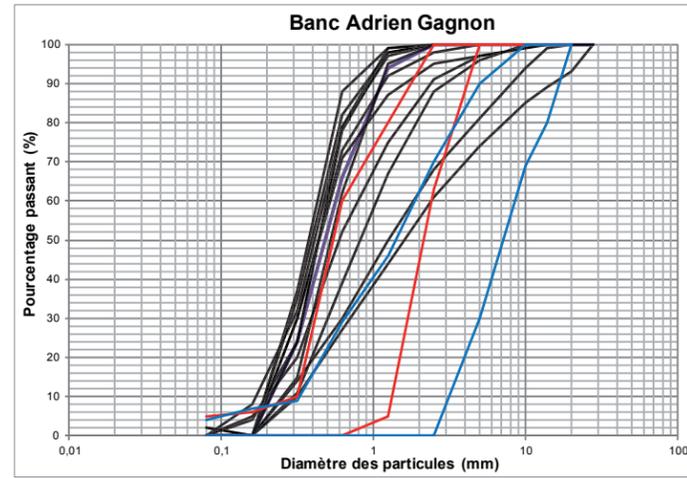
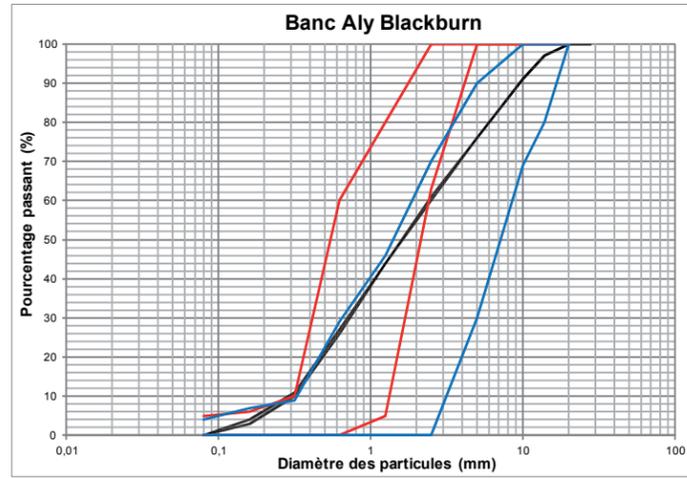


Figure 2.3
 Courbes granulométriques pour les bancs
 d'emprunt d'intérêt

Banc Clan Gagnon

Les courbes granulométriques du banc d'emprunt Clan Gagnon montrent une très grande variabilité entre les échantillons (figure 2.3). Les sédiments se composent majoritairement de sable et de gravier (Techmat, 1986). Selon la figure 2.3, les courbes granulométriques sont étalées et un tamisage est requis pour rencontrer les fuseaux granulométriques visés, et ce, tant pour les rechargements en sable qu'en gravillon.

Banc Côté-Martin

Les sédiments composant le banc Côté-Martin sont relativement homogènes d'un échantillon à l'autre (figure 2.3). Ils se composent majoritairement de sable et de gravier stratifiés avec une présence ponctuelle de cailloux (Techmat, 1987). Les courbes de la figure 2.3 montrent que les sédiments répondent bien aux critères pour les rechargements en gravillon (fuseau 0-20 mm). Par contre un tamisage devrait être effectué afin de séparer les sédiments dont le diamètre est supérieur à 20 mm.

Pour le sable, une proportion de non-rejet (lors du tamisage) inférieure à 80 % pourrait être observée. L'expérience passée démontre néanmoins qu'un tamisage rigoureux des matériaux permet de respecter le fuseau 0-5 mm.

Banc Donckin-Simard

La composition granulométrique du banc Donckin-Simard semble relativement homogène d'une station à l'autre (figure 2.3). Elle se compose majoritairement de gravier (Techmat, 1986). Les courbes granulométriques sont particulièrement étalées et les matériaux ne rencontrent pas les critères pour les rechargements en sable (0-5 mm) ou en gravillon (fuseau 0-20 mm) (figure 2.3). Cependant, l'analyse n'est basée que sur deux échantillons.

Banc Grenier

Le banc d'emprunt Grenier présente une certaine variabilité d'un échantillon à l'autre (figure 2.3). Il se compose de sable moyen à grossier, de gravier et de cailloux (Techmat, 1988). Le dépôt est très hétérogène et peut renfermer plus de 40 % de gravier. Les courbes granulométriques montrent que le banc Grenier pourrait surtout fournir des gravillons (fuseau 0-20 mm) pour le rechargement en plage (figure 2.3).

Banc Guay

Sur le plan granulométrique, le banc Guay est très variable d'une station à l'autre (figure 2.3). Les dépôts sont constitués d'un sable graveleux ou de sable fin à moyen, et ce, jusqu'à une épaisseur de 6 m (Techmat, 1991). La présence de cailloux dans les horizons graveleux varie entre 15 et 40 %. Les courbes granulométriques démontrent qu'une majorité des échantillons ne respectent pas les

exigences du fuseau 0-5 mm puisqu'ils sont trop fins (figure 2.3). Par contre, plusieurs autres échantillons montrent des courbes qui correspondent relativement bien aux critères pour les recharges en sable et en gravillon (fuseau 0-20 mm), tout en requérant un certain tamisage (figure 2.3).

Banc Ludger Guay

La granulométrie du banc Ludger Guay est très variable d'une station à l'autre (figure 2.3). Elle se compose majoritairement d'un sable fin ou d'un sable à gravier contenant une mince proportion de cailloux et de blocs pouvant atteindre jusqu'à 1 m de diamètre (Techmat, 1988). Le banc d'emprunt Ludger Guay n'est pas recommandé pour la production de matériaux 0-20 mm puisque les courbes granulométriques montrent une proportion trop importante de matériaux fins à l'intérieur du dépôt (figure 2.3). En ce qui concerne les sables, les courbes granulométriques montrent un certain étalement, faisant en sorte qu'un tamisage serait requis pour rencontrer le fuseau 0-5 mm.

Banc Marc Bolduc

Sauf pour un échantillon, le banc Marc Bolduc est peu variable d'un échantillon à l'autre et se compose majoritairement de sable fin à moyen avec une proportion de silt et de gravier (Techmat, 1994). La composition granulométrique du banc d'emprunt est peut-être possible avec un tamisage pour les recharges de plage en sable, mais ne rencontre pas les critères concernant les gravillons, puisque les courbes granulométriques montrent que les sédiments sont trop fins (figure 2.3).

2.2.2 PROPORTIONS EN SHALE

Les données recueillies par Rio Tinto Alcan indiquent que parmi les bancs d'emprunt situés sur la périphérie sud du lac Saint-Jean et répertoriés pour la présente étude, huit d'entre eux présentent une proportion en shale pouvant amener des problématiques liées à la granulométrie, à la formation de panaches de turbidité, à la couleur ou à la compaction des sédiments une fois mis en place sur les plages (tableau 2.1). Ce sont les bancs d'emprunt Aly Blackburn, Coté-Martin, Clan Gagnon, Néron, Donckin-Simard, Fortin, Boivin et Adrien Gagnon. Ces bancs sont tous localisés au sud-est de la formation géologique du Shale d'Utica, corroborant ainsi les données relatives aux écoulements glaciaires et fluvioglaciaires présentées à la section précédente (carte 2.1). Il est probable également qu'étant donné leur localisation géographique, les bancs Néron et Bolduc comprennent des proportions en shale supérieures à 10 %. Cependant, il n'existe aucune donnée pour le démontrer. Les autres bancs utilisés par Rio Tinto Alcan au cours des années, principalement les bancs exploités par Gaston Morin, n'ont pas été répertoriés pour la présente étude considérant qu'ils ne se trouvaient pas dans la zone susceptible de contenir des pourcentages élevés de shale.

Tableau 2.1 Liste des 13 bancs d'emprunt répertoriés par Rio Tinto Alcan et leurs principales caractéristiques.

BANC D'EMPRUNT	LOCALISATION	ZONE DE RECHARGE ASSOCIÉE	PROPORTION EN SHALE (%)	RECHARGE SABLE FUSEAU 0-5 MM 80 % NON-REJET	RECHARGE GRAVILLON FUSEAU 0-20 MM 80 % NON-REJET	COMMENTAIRES
Aly Blackburn	Métabetchouan Lac-à-la-Croix	Saint-Gédéon- Métabetchouan - Lac-à-la-Croix	20-30	Non	Oui	Le banc est limité dans l'espace d'exploitation en raison de la terre agricole, du banc voisin Émile Doré et de la route 170.
Coté-Martin	Métabetchouan Lac-à-la-Croix	Saint-Gédéon- Métabetchouan - Lac-à-la-Croix	20-30	Non	Possible	<ul style="list-style-type: none"> • Camp musical à proximité • Escarpement de 125 pieds de hauteur
Clan Gagnon	Métabetchouan Lac-à-la-Croix	Saint-Gédéon- Métabetchouan - Lac-à-la-Croix	15-20	Possible	Possible	Ce banc n'a pas été utilisé par Rio Tinto Alcan depuis le début de la décennie de 1990
Néron	Secteur sud de Métabetchouan Lac-à-la-Croix	Saint-Gédéon- Métabetchouan - Lac-à-la-Croix	ND	ND	ND	<ul style="list-style-type: none"> • Présence d'argile
Donckin- Simard	Hébertville	Saint-Gédéon- Métabetchouan - Lac-à-la-Croix	20-25	Non	Non	
Fortin	Desbiens	Chambord	17-20	ND	ND	
Boivin	Les Sables	Chambord	17-20	Possible	Oui	
Adrien Gagnon	Pointe-Chambord	Chambord	10-15	Possible	Possible	
Marc Bolduc	Les Sables	Chambord	ND	Possible	Non	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier si extension possible • Manque d'informations concernant la présence de shale
Giguère	Saint-Prime	Saint-Prime, Mashteuiatsh, Saint-Félicien secteur Saint- Méthode	0-5	ND	ND	<ul style="list-style-type: none"> • Problématique de circulation
Ludger Guay	Saint-Félicien	Saint-Prime, Mashteuiatsh, Saint-Félicien secteur Saint- Méthode	0	Oui	Non	<ul style="list-style-type: none"> • Problématique de circulation
Guay	Saint-Félicien	Saint-Prime, Mashteuiatsh, Saint-Félicien secteur Saint- Méthode	0	Possible	Oui	<ul style="list-style-type: none"> • Problématique de circulation
Roy	Saint-Félicien	Saint-Prime, Mashteuiatsh, Saint-Félicien secteur Saint- Méthode	0	ND	ND	<ul style="list-style-type: none"> • Problématique de circulation

2.3 PROJECTIONS DES BESOINS EN RECHARGEMENT POUR LA PÉRIODE 2017-2026 ET BANCS D'EMPRUNT VISÉS

Selon les données fournies par Rio Tinto Alcan, les volumes estimés de sable et de gravillon pour les rechargements de plage projetés pour le prochain PSBLSJ de 2017-2026 varient grandement d'un secteur à l'autre, soit entre 4 000 tonnes pour les secteurs d'Alma et de Péribonka et 300 000 tonnes pour le secteur de Saint-Gédéon/Métabetchouan-Lac-à-la-Croix, pour un total de 1 074 000 tonnes de matériaux de rechargement (tableau 2.2).

Tableau 2.2 Secteurs de recharge de plage et tonnages projetés pour le prochain PSBLSJ (2017-2026).

SECTEUR	TONNAGES	VOLUME* (m ³)
Alma	4 000	2 250
Saint-Gédéon/Métabetchouan-Lac-à-la-Croix	300 000	169 000
Chambord (Domaine du marais)	137 000	77 000
Chambord (autres)	50 000	28 100
Mashteuiatsh	70 000	39 300
Saint-Prime	6 000	3 370
St-Méthode	123 000	69 100
Mistassini	277 000	156 000
Péribonka	4 000	2 250
Saint-Henri-de-Taillon	103 000	57 900
Total	1 074 000	604 270

* Le volume est calculé avec un facteur de conversion (t/m³) de 1,78.

Le tableau 2.3 présente les bancs d'emprunt visés pour fournir les différentes zones de rechargement de plage lors du prochain PSBLSJ. Les sources d'emprunt qui sont susceptibles de présenter une problématique en raison de leur teneur en shale (> 10-15 %) alimentent les secteurs au sud du lac Saint-Jean, soit ceux de Saint-Gédéon-Métabetchouan, Chambord (Domaine du marais) et Chambord. Ces bancs d'emprunt sont les suivants : Aly Blackburn, Coté-Martin, Fortin et Boivin.

Selon les rapports techniques consultés et les échanges verbaux entre Rio Tinto Alcan et WSP, bien que certains d'entre eux ont des proportions en shale supérieures à 10–15 %, les bancs d'emprunt ont rencontré par le passé les critères granulométriques requis en réalisant des opérations de tamisage optimisés pour les besoins. En ce qui concerne les capacités volumétriques des bancs d'emprunt, les rapports techniques sont trop âgés pour statuer sur leur potentiel actuel en vue du prochain PSBLSJ (2017-2026). Cependant, les propriétaires exploitants estiment qu'ils sont aptes à fournir les volumes requis (Rio Tinto Alcan, communication personnelle).

Tableau 2.3 Secteurs de recharge de plage et bancs d'emprunt visés par Rio Tinto Alcan pour le prochain PSBLSJ (2017-2026).

SECTEUR	BANCS D'EMPRUNT VISÉS
Alma	-
Saint-Gédéon-Métabetchouan	Aly Blackburn ou Côté-Martin*
Chambord-Domaine du marais	Fortin*
Chambord autre	Boivin*
Mashteuiatsh	Giguère
Saint-Prime	Giguère
St-Méthode	Giguère
Mistassini	Gaston Morin
Péribonka	-
St-Henri de Taillon	Gérard Fortin

* Banc d'emprunt présentant une proportion maximale en shale supérieure à 15 %

3 MÉTHODES

Comme discuté dans la section précédente, certains bancs d'emprunt en milieu terrestre posent des problématiques et puisque Rio Tinto Alcan a déjà exploité par le passé d'autres sources d'emprunt comme en milieu subaquatique, il devient intéressant, pour répondre aux objectifs du mandat, d'apporter des précisions sur les différentes options d'exploitation et de gestion des sources de bancs d'emprunt.

La démarche utilisée pour identifier les meilleures pistes de solutions consiste d'abord à évaluer les possibilités techniques de séparer le shale des sables provenant des sablières en milieu terrestre desservant actuellement Rio Tinto Alcan. Par la suite, il s'agit de valider la disponibilité de sédiments qui pourraient être prélevés en rive du lac (zones d'accrétion) ou en milieu subaquatique, au moyen de la photo-interprétation et de la consultation des données bathymétriques et sismiques disponibles pour le lac Saint-Jean.

3.1 RECHERCHE DE PROCÉDÉS EN CARRIÈRE VISANT À RÉDUIRE LA FRACTION DE SHALE

Pour réaliser cette activité WSP a réalisé une recherche d'informations auprès de fournisseurs d'équipement de tamisage et auprès d'exploitants de carrière dans le but de déterminer s'il existe des méthodes d'exploitation des bancs d'emprunt ou des technologies permettant de séparer ou d'éliminer les fractions granulométriques shaleuses, de sorte à obtenir une proportion de shale inférieure à 10-15 %, le but visé étant de continuer d'exploiter les bancs d'emprunt terrestre déjà existant.

3.2 PHOTO-INTERPRÉTATION ET CARTOGRAPHIE DES BANCs D'EMPRUNT POTENTIELS EN RIVE

L'analyse d'images aériennes a été utilisée afin de cartographier les différentes plages en accrétion sur les berges du lac Saint-Jean. Le traçage de ces zones d'accumulation en rive a été produit suite à une observation 2D des images aériennes. La résolution des photos a permis une précision maximale dans le cadre de ce mandat. L'identification de la composition des plages a aussi pu être validée grâce à des cartes de dépôts de surface de la région.

Les zones en accrétions qui ont été retenues comme sources d'emprunt potentielles ont été sélectionnées de sorte de retenir les meilleures options sur le plan technico-économique et social. Ce dernier point tient particulièrement compte de la présence des autres types d'aménagement déjà réalisés par Rio Tinto Alcan (p. ex. épis) et surtout de l'équilibre hydrosédimentaire des secteurs environnant les zones d'accrétion, afin de s'assurer que le prélèvement de sédiments à un endroit en rive, ne provoquera pas de problèmes d'érosion à d'autres endroits.

3.3 INTERPRÉTATION DES DONNÉES BATHYMÉTRIQUES ET SISMIQUES

La majeure partie des résultats et des interprétations permettant d'identifier des sources d'emprunt en milieu subaquatique sont fondés sur la carte des dépôts à la surface du fond lacustre (Rio Tinto Alcan, 1983), la carte bathymétrique du lac Saint-Jean et les travaux sismostratigraphiques de Nutz (2011). Cette étude a d'ailleurs pu fournir de nombreuses informations sur la caractérisation et la stratigraphie des dépôts lacustres ainsi que sur les divers processus ayant lieu au sein du lac Saint-Jean. Lors de cette étude, les relevés sismiques effectués ont atteint une profondeur de pénétration maximale de 30 mètres dans les sédiments, ce qui est largement suffisant pour effectuer une estimation du volume des sédiments subaquatiques. La granulométrie des différentes unités stratigraphiques identifiées dans la même étude a également été confirmée grâce à un carottage systématique du fond du lac.

Une recherche documentaire et la consultation d'entrepreneurs en dragage a permis de faire ressortir des critères techniques à considérer dans la localisation des zones de prélèvement. D'autres critères ont également été considérés dans le choix de sites. Ces critères sont relatifs aux aspects hydrosédimentaires, environnementaux et sociaux. Aucun de ces critères ne prévaut sur l'autre. Il s'agit plutôt d'une analyse cartographique basée sur la superposition d'information et la création de zones tampon qui permet d'éliminer ou d'exclure des zones.

4 RÉSULTATS

4.1 AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DES GRANULATS PROVENANT DE SOURCES EN MILIEU TERRESTRE

Une recherche documentaire a été conduite dans le but de présenter des méthodes pour séparer les sédiments composés de grain de shale des sédiments de composition minéralogique, au sein des sources d'emprunt présentées dans la section 2. D'entrée de jeu, il est important de considérer que le tamisage unique des granulats représente une méthode qui s'applique essentiellement pour séparer les particules sur une base granulométrique. De par ce procédé, aucune ségrégation sur la base des compositions n'est possible. Il existe des procédés reconnus pour éliminer des particules de compositions différentes. Ces procédés relèvent surtout du domaine minier, mais également de l'industrie du granulat. Ils consistent à éliminer, par exemple, des fractions de sédiments composés de cendres, de charbon, de lignite et même, dans certains cas, de shale. Pour ce faire, il est important cependant de réaliser certaines analyses en laboratoire à partir des granulats prélevés dans les zones d'emprunt avant de statuer sur les meilleures façons de procéder.

4.1.1 ESSAIS DE LABORATOIRE

Pour déterminer la meilleure méthode de ségrégation des grains shaleux versus les grains de composition minéralogiques, les caractéristiques physiques d'échantillons provenant de sources d'emprunt et plus spécifiquement sur les fractions shaleuses, doivent être déterminées. Pour ce faire, trois essais en laboratoire s'imposent :

1. Le test de gravité spécifique : Ce test consiste à déterminer la différence de gravité spécifique (SG) entre la composante minéralogique (SG = 2,7) de l'échantillon et celle des grains de shale (SG entre 2,0 et 2,5). Si la différence de gravité spécifique est suffisante (SG > 0,3), il sera possible d'utiliser des procédés de séparations basés sur la densité, plutôt qu'uniquement en fonction de la granulométrie. Plus la différence sera grande, plus la séparation sera efficace, donc économique, surtout dans le cas où le shale est présent dans toutes les fractions granulométriques d'un échantillon.
2. Le test de flottaison –chute (*float –sink*) : Advenant que la différence de gravité spécifique soit significative, ce test permet de séparer toutes particules de shale qui a des propensions à flotter ou à rester en suspension sur une plus longue durée, comparativement aux grains de composition minéralogique. Une fois les shales isolés, la distribution granulométrique de la fraction shaleuse pourra être mesurée afin de déterminer les classes granulométriques sur lesquelles sera basé le procédé de lavage.
3. Le test de séparation par densité : Ce test permettra de valider si la séparation par gravité peut être envisagée. Les essais peuvent se faire selon plusieurs méthodes (gabarits (*jigs*), spirales ou hydroclasseur / *Lites out*), dépendamment de la fraction granulométrique à l'intérieur de laquelle les shales sont présents (résultat du *float-sink test*).

Ces tests de laboratoires peuvent probablement être réalisés par des entreprises locales. Cependant, WSP recommande d'utiliser des laboratoires spécialisés dans ce type de problématique, puisque ces derniers possèdent un hydroclasseur et peuvent également réaliser les essais sur gabarit.

Quant aux quantités de sédiments requises pour réaliser les tests, si les échantillons se situent en majorité dans un fuseau granulométrique 0-5 mm, deux barils de 200 à 250 litres sont nécessaires. Il en faudrait davantage si l'échantillon comprend des fractions granulométriques supérieures.

4.1.1.1 PROCÉDÉS DE SÉPARATION ADVENANT QUE LES RÉSULTATS DE LABORATOIRE SOIENT NON-CONCLUANTS

Dans le cas où la gravité spécifique des grains de shale est similaire à celle de la composante minéralogique, il devient impossible de séparer les shale par des procédés mécaniques ou par la densité. La solution serait d'abord de faire une séparation du sable selon les spectres granulométriques visés (p. ex. fuseau 0-5 mm ou 0-20 mm) et d'évaluer par la suite les proportions de shale de chacun par une analyse morphoscopique des grains. Si le pourcentage de shale est au-delà des proportions visées (10-15 %), une autre solution serait de déterminer, pour chaque classe granulométrique d'un échantillon, les proportions de shale de chacun par une analyse morphoscopique des grains et, par la suite, lors du prélèvement de matériaux, d'isoler les fractions granulométriques de hautes teneurs en shale, de façon à composer un sable uniquement avec les classes granulométriques qui présentent une contamination minimale.

4.1.1.2 PROCÉDÉS DE SÉPARATION ADVENANT QUE LES RÉSULTATS DE LABORATOIRE SOIENT CONCLUANTS

Si les résultats des essais en laboratoires sont suffisamment concluants, il sera possible de proposer le traitement le plus adapté, en collaboration avec des fournisseurs reconnus comme McLanahan, Neptune Process ou FLSmidth. À cet effet, McLanahan et Neptune ont une expertise interne très spécialisée dans le dimensionnement des tamis et la séparation des sables par densité et ont une expertise concernant les contaminations en lignite, en charbon ou en shale. Selon les informations disponibles, voici un aperçu de la démarche méthodologique qu'envisage WSP :

1. Épuration et attrition : Advenant que les grains de shale soient agglomérés aux grains de composition minéralogiques, des épurateurs (http://mclanahan.com/p/Attrition_Scrubbers-Cells/329/429/284) pourraient être utilisés afin de briser les agglomérats, et ce, avant d'appliquer les autres traitements proposés.
2. Le Tamisage humide : Le tamisage humide est proposé d'abord pour séparer mécaniquement la fraction granulométrique (déterminée par les essais) la plus contaminée par les shales. Pour faire ce type de tamisage, il est possible d'utiliser des plateformes de tamis inclinés ou horizontaux. Pour la séparation humide des fractions plus fines, les tamis produits par Derrick Screens (<http://www.derrickequipment.com/home.aspx>) sont reconnus pour l'efficacité de leurs équipements. Une fois cette fraction granulométrique isolée, un traitement de séparation par densité est proposé (si les tests en laboratoires sont concluants). Par exemple, il sera possible de prélever une grande proportion de shale lors du tamisage des fractions granulométriques supérieures à 5 mm, si le shale est présent en grande proportion dans les graviers.

3. La séparation par densité : Comme mentionné ci-dessus, si les tests sont concluants, la séparation par densité peut être utilisée et adaptée en fonction de la fraction granulométrique qui contient la plus grande proportion de shale.
 - a. Pour les fractions grossières, les gabarits (*Jigs*) peuvent être utilisés pour isoler les shales dans les fractions grossières (> 3 mm) (<http://www.snobyllc.com/wet-jig-.html>);
 - b. Pour les fractions comprises entre 3 mm et 100 µm, les « Hydrosizers ou Lites-Out » doivent être utilisés (http://www.mclanahan.com/p/Hydrosizers-Density_Separators/336/429/284);
 - c. Pour extraire le shale des sables plus fins, < 100 µm, des spirales doivent être employées.

À noter qu'une combinaison des trois types d'équipements peut être utilisée au besoin pour maximiser l'élimination des shales dans toutes les classes granulométriques.

La méthode de séparation par densité pourrait présenter une certaine problématique concernant les fractions granulométriques les plus grossières (> 3 mm) puisque les grains de shale risquent de chuter aussi rapidement que les grains de composition minérale. Dans ce cas, il existe des méthodes qui pourraient séparer les composantes de shale des composantes minéralogiques et qui sont basées sur la morphologie des grains. Les grains de shale ayant une forme angulaire et plate pourraient, en présence de forts courants dans une canalisation, être davantage propulsés vers le haut de la colonne d'eau à la rencontre d'un obstacle. Le courant d'eau « stratifiant » les grains minéralogiques à la base et les grains shaleux en surface pourraient alors traverser un tamis-écran, utilisé habituellement pour retenir les grains de lignite, de charbon, voire même de shale. Ce tamis, disposé à la verticale, isole les grains dans sa partie inférieure et laisse passer les grains dans sa partie supérieure (figure 4.1).

Afin d'optimiser la méthode, l'idéal serait de broyer les grains grossiers de shale pour les ramener en particules plus fines. La ségrégation dans la colonne d'eau serait plus facile, le tamis-écran serait donc probablement plus efficace dans ces circonstances. Le broyage pourrait se faire en pompant le mélange de sable et en le propulsant avec force sur une plaque d'acier.

4.1.2 ANALYSES ET PROPOSITION DE SOLUTIONS

En parallèle de la démarche proposée dans la section précédente, WSP propose également d'aborder la problématique d'un autre angle. Une première option envisageable serait d'appliquer, sur les bancs d'emprunt existants, des relevés géophysiques couplés à des sondages ou des forages géotechniques. Cette méthode permettrait de relever la stratigraphie précise des différentes unités sédimentaires et leur extension latérale dans le but de réaliser la cartographie en 3D des séquences stratigraphiques des bancs d'emprunt. Un échantillonnage de chacune de ces unités permettrait de faire des comptages pétrographiques afin de déterminer les unités qui comprennent la plus faible proportion de shale au sein du banc. Une fois établie, une stratégie d'exploitation pourrait être développée afin de guider l'entrepreneur vers les unités d'intérêt.

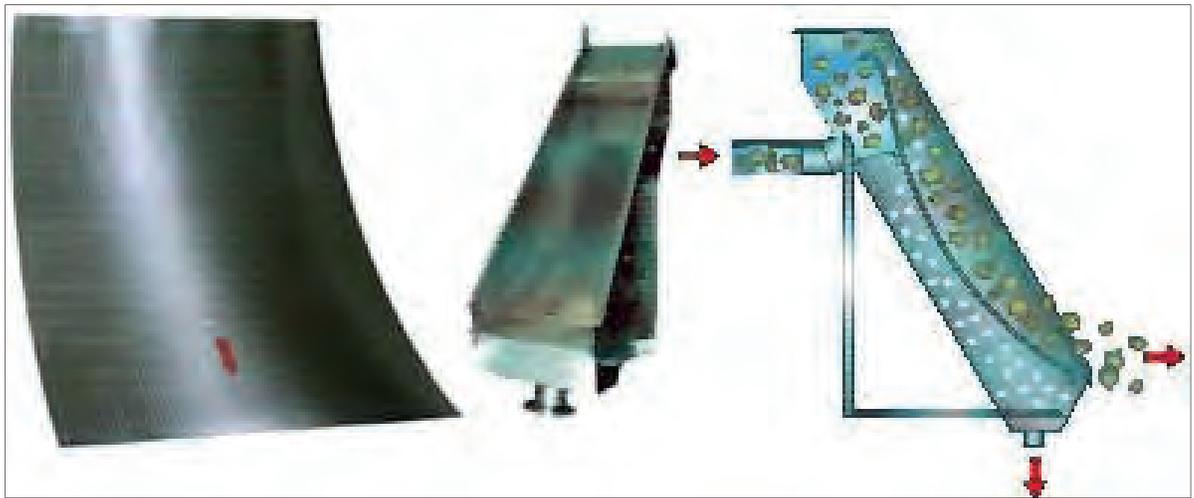


Figure 4.1 Fonctionnement du tamis-écran qui pourrait séparer les grains de shale des grains de composition minéralogique en raison de leur morphologie distincte

<http://www.wedgewires.com/Sieve%20bend%20screen.html>

Cependant, le prélèvement d'unités stratigraphiques précises au sein de la même formation sédimentaire peut parfois devenir relativement laborieux et engendrer des coûts de manipulation de matériaux, advenant que les unités exploitables soient enfouies sous des couches de moins grands intérêts. À titre d'exemple, dans le banc Fortin à Chambord se trouvent d'intéressantes quantités de matériaux 0-5 mm sous une couche de 3 à 4 m de graviers. La difficulté de prélever le sable réside dans l'enlèvement de ces matériaux et leur entreposage.

Une deuxième approche consiste en une identification des zones d'extensions potentielles des bancs d'emprunt déjà existants ou une cartographie de nouveaux bancs d'emprunt situés à moins de 40 km des zones de recharges. Ainsi, plusieurs indicateurs géologiques et géomorphologiques pourraient être utilisés afin de guider les recherches dans des secteurs dont la teneur en shale est la moins probable. Ces indicateurs géomorphologiques sont, par exemple, la localisation des dépôts par rapport à la formation géologique du Shale d'Utica, le repérage de dépôts marins ou littoraux sableux qui sont moins susceptibles de contenir du shale de par leur faciès sédimentaire, l'exploration de bancs d'emprunt dans le Bouclier canadien plutôt que dans les basses-terres du lac Saint-Jean. Il est à noter que les contraintes environnementales et sociales relatives à la possibilité d'exploitation (p. ex. zonage, présence de chalets ou de milieux humides à proximité) seraient à considérer avant de procéder à une estimation des volumes potentiels.

Enfin, compte tenu des connaissances actuelles de la dynamique hydrosédimentaire des plages qui nécessitent des rechargements, les fuseaux granulométriques proposés en 1986 sont toujours appropriés dans la mesure où ils répondent à un compromis entre la résistance contre l'érosion et les

critères reliés à l'usage récréatif des plages. Élargir les fuseaux granulométriques pour faciliter l'approvisionnement en matériaux de recharge est susceptible d'engendrer des problèmes. D'une part, un apport de granulats plus fins risque d'augmenter la compaction des matériaux sur les plages ou encore d'augmenter les panaches de turbidité lors de sa mise en place. D'autre part, un apport de granulats plus grossier risque de créer des plages davantage graveleuses, ce qui ne convient pas aux différents usagers de ces plages. Toutefois pour le fuseau 0-5 mm, les limites des tamis utilisés (tamis à piano) et l'humidité des matériaux rendent impossible le respect à 100% du fuseau granulométrique. Dans ce cas, il serait acceptable de tolérer un pourcentage de 5 à 7% de matériaux qui excède le fuseau. De plus, il serait intéressant d'évaluer la possibilité d'optimiser la période de tamisage en lien avec le PSBLSJ. En effet, selon le déroulement actuel des activités de planification du PSBLSJ, il est difficile d'effectuer le tamisage en période estivale. Toutefois, il est connu qu'il s'agit de la période optimale pour effectuer ces opérations et c'est en période estivale que les taux de production des entrepreneurs en tamisage sont les meilleurs.

4.2 ÉVALUATION DU POTENTIEL DE SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU RIVERAIN

4.2.1 CARTOGRAPHIE DES ZONES D'ACCRÉTION EN RIVE

Une zone d'accrétion se définit comme une plage dont le bilan sédimentaire est positif, c'est-à-dire que l'accumulation de sédiments est supérieure à l'érosion. Afin d'évaluer le potentiel de sources d'emprunt en rive, des zones présentant des indicateurs géomorphologiques relatifs à l'accrétion en rive ont été identifiées par photo-interprétation (carte 4.1). Par la suite, ces zones ont été sélectionnées comme bancs d'emprunt potentiels en appliquant des critères de sélection qui assure une utilisation durable et responsable de la ressource. Les critères qui ont été choisis sont :

- 1) l'absence d'infrastructures de protection des berges au site et le long des secteurs adjacents;
- 2) l'absence de signes d'érosion le long de la zone et dans les secteurs adjacents; et 3) la présence de dépôts de nature sableuse. Il est important de mentionner que les secteurs identifiés comme «zone d'accrétion» font partie des plages maintenues et entretenues par Rio Tinto Alcan depuis plusieurs années. Donc les secteurs identifiés ne sont pas tous en accrétion «naturelle».

Les résultats de l'analyse de la documentation fournie par Rio Tinto Alcan et de la photo-interprétation géomorphologique basée sur les critères ci-dessus, indiquent qu'il n'existe que très peu de zones en accrétion sur les 45 km de rive qui répondent aux critères de sélection (carte 4.1). L'analyse démontre que les plages du lac Saint-Jean sont majoritairement minces, étroites et affichent la plupart du temps un bilan sédimentaire négatif. De plus, en considérant une épaisseur moyenne d'un mètre et une largeur moyenne de 15 m, les volumes théoriques des plages ne sont pas favorables à un prélèvement qui rencontre les besoins volumétriques exprimés au tableau 2.1.

Les seuls endroits propices à des prélèvements de sédiments se situent à l'embouchure des cours d'eau au nord du lac, soit le ruisseau Savard (BE1.3) et le ruisseau Ptarmigan (BE1.2) dans le secteur des rues de l'Anse et de La Chapelle (BE1.4) et dans le secteur est de l'embouchure de la pointe Taillon, à l'extérieur de la zone du parc national (BE4.4) (carte 4.1). À ces endroits, les largeurs de plage atteignent jusqu'à 80 m. L'analyse morphologique de ces plages laisse croire

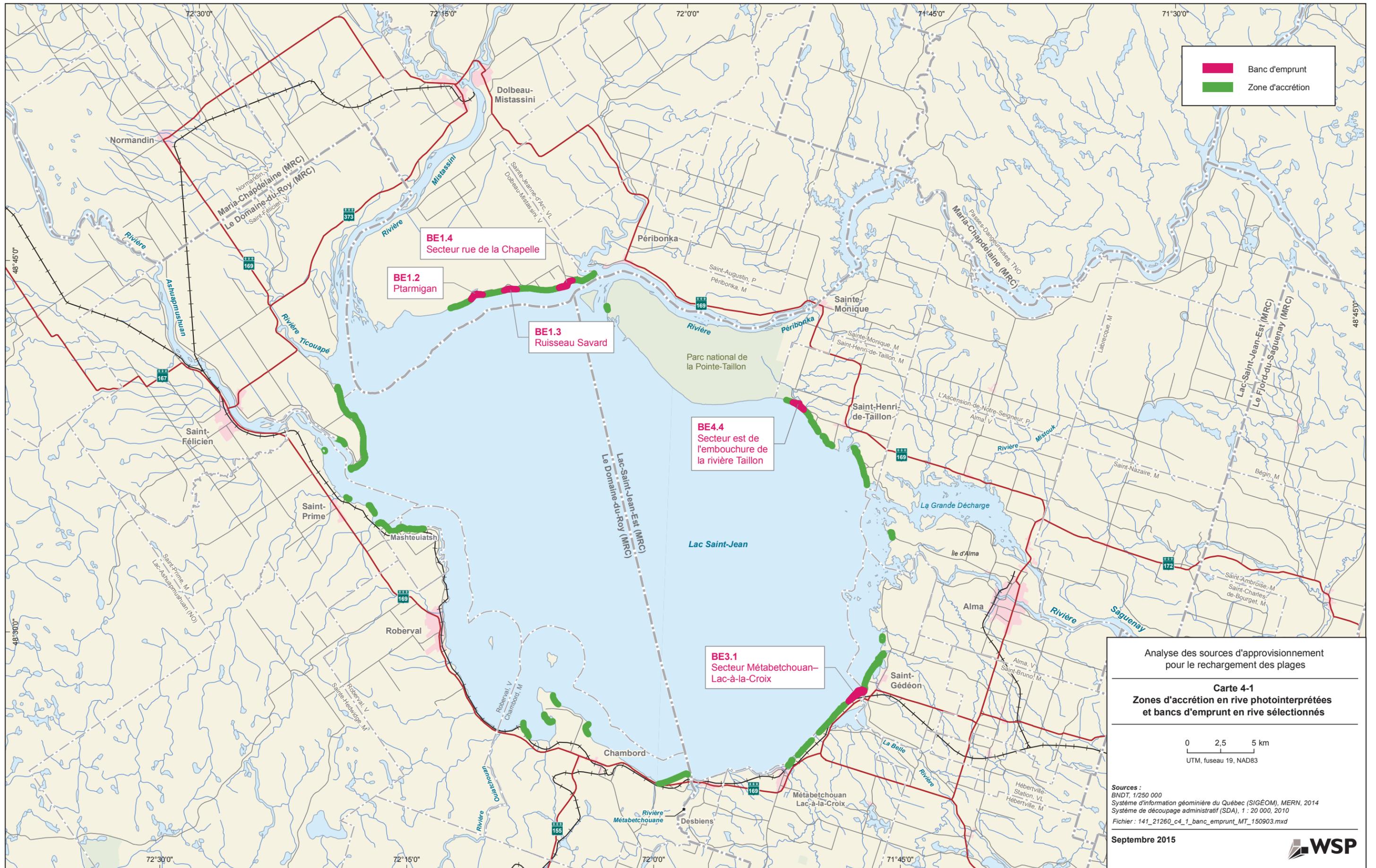
qu'elles sont en accrétion et présentent, donc un apport en sédiment régulier qui pourrait permettre un possible rétablissement des volumes suite à des prélèvements relativement limités et ciblés. Il est important de mentionner que les secteurs mentionnés plus haut sont alimentés notamment par les rechargements périodiques effectués par Rio Tinto Alcan depuis plusieurs années. Ces secteurs feront l'objet de rechargements dans le futur et ainsi ils contribueront à alimenter les secteurs en accrétion. Il existe également un autre secteur en rive, localisé à l'embouchure de la Belle Rivière et qui pourrait être identifié comme ayant un potentiel de banc d'emprunt en rive (BE3.1). À cet endroit, une flèche littorale en accrétion dévie la trajectoire du cours d'eau. Toutefois avant de confirmer la possibilité d'utiliser ce site comme zone d'emprunt en rive, il sera nécessaire d'évaluer les risques des éventuels prélèvements sur la stabilité des épis mis en place en 2014 dans le secteur.

4.2.2 ESTIMATION DES VOLUMES DE SÉDIMENTS RIVERAINS POTENTIELLEMENT DISPONIBLES

Dans le but d'estimer les réserves disponibles des bancs d'emprunt en milieu riverain identifiés à la carte 4.1, quelques calculs de volumes en sédiments qui pourraient être prélevés ont été produits, en considérant un prélèvement théorique de 1 m d'épaisseur, multiplié par la superficie de la plage (tableau 4.1).

Les volumes estimés pour les bancs d'emprunt en rive entre les rivières Mistassini et Péribonka (BE1.2, BE1.3 et BE1.4) équivalent à un total de 145 770 m³. Compte tenu du volume de sédiments disponible et de la localisation des bancs d'emprunt, ces derniers pourraient convenir aux besoins en rechargement pour le secteur de Péribonka, qui requiert un volume de 2 250 m³ de matériaux pour la période de 2017-2026 (tableau 2.2). Les volumes requis pour les recharges du secteur Mistassini sont cependant trop élevés (156 000 m³) pour qu'ils soient comblés par ces bancs d'emprunt (tableau 2.2). Par ailleurs, pour ces secteurs, les rechargements sont constitués de gravillons avec couche de sable de 300 mm. Ainsi la granulométrie sableuse des zones potentielles d'emprunt conviendrait uniquement pour la portion de surface du rechargement (couche de sable). La couche de sable ne nécessitant pas de grande quantité de matériaux, l'utilisation de faibles quantités pourraient à partir des zones d'emprunts en rive pourrait être envisagé. Toutefois, des sondages permettant de déterminer la granulométrie seront nécessaires pour s'assurer que les matériaux respectent le 0-5 mm. Étant donné les impacts engendrés par le transport les zones d'emprunt potentielles ne peuvent être utilisées pour répondre aux besoins des rechargements de Saint-Félicien, secteur St-Méthode.

Quant au banc d'emprunt BE4.4, il pourrait combler une proportion des besoins en recharge de plage dans le secteur de Saint-Henri-de-Taillon (57 900 m³). Cependant, la proximité du parc national est à considérer, car il est interdit de prélever des matériaux dans les limites du parc. Enfin, concernant la flèche littorale de la Belle Rivière (BE3.1), malgré la présence d'infrastructures de protection des berges, il pourrait être possible de prélever des sédiments à l'extrémité de la flèche près de l'épi récemment mis en place et d'utiliser ce sable pour recharger la plage en érosion immédiatement à l'ouest.



Toutefois, tel que mentionné plus haut, avant de confirmer la possibilité d'utiliser ce site comme zone d'emprunt en rive, il sera nécessaire d'évaluer les risques des éventuels prélèvements sur la stabilité des épis mis en place en 2014 dans le secteur.

Tableau 4.1 Volumes potentiellement disponibles sur les bancs d'emprunt en rive.

NOM DU BANC*	SURFACE (m ²)	ÉPAISSEUR (m)	VOLUME (m ³)
BE1.2	49 801	1	49 801
BE1.3	36 014	1	36 014
BE1.4	59 955	1	59 955
BE3.1	164 000	1	164 000
BE4.4	54 975	1	54 975
Total			364 745

* Se référer à la carte 4.1 afin de visualiser leur localisation

4.2.3 ANALYSES ET PROPOSITIONS DE SOLUTIONS

Bien qu'il y ait certaines possibilités d'exploiter quelques bancs d'emprunt en rive, cette extraction doit se faire en évaluant les risques liés à l'impact de l'extraction de sable sur la dynamique hydrosédimentaire des secteurs adjacents. Un prélèvement de sédiments en rive peut couper l'alimentation des plages adjacentes, ou encore interférer avec les autres aménagements destinés à stabiliser les berges.

Le faible volume de sédiments estimé pour les bancs d'emprunt en rive diminue l'intérêt pour un rechargement de plus grande ampleur, tel que visé par Rio Tinto Alcan pour son prochain programme (tableau 2.3). Toutefois, ces sources d'emprunt identifiées au nord du lac Saint-Jean pourraient être utilisées en petite quantité afin de gérer des problématiques d'érosion plus locales. Une analyse des besoins en fonction des granulométries visées devra cependant être conduite.

Enfin, les zones d'accrétions identifiées aux embouchures des cours d'eau au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean ne sont pas envisageables puisqu'il est possible que les sables contiennent du shale, étant donné la proximité de la couche géologique du Shale d'Utica. Il serait intéressant cependant d'y prélever des échantillons pour définir la proportion en shale dans le but de valider cette hypothèse. Il faut aussi se rappeler que le lac, pendant plusieurs années (jusqu'en 1997), a été un lac avec flottage du bois. Donc, toute zone d'accrétion est susceptible d'avoir accumulé des débris organiques et ligneux. De plus, les propriétés granulométriques de ces zones d'accrétion devraient être caractérisées par une campagne d'échantillonnage, car elles peuvent être variables en raison des différents épisodes sédimentaires liés aux tempêtes.

Afin de ne pas fragiliser les rives du lac Saint-Jean, il est important d'analyser tous les impacts qu'une exploitation d'un banc potentiel en milieu riverain peut engendrer sur le bilan sédimentaire. Par exemple, un déséquilibre pourrait avoir des conséquences sur des plages voisines en leur imposant un bilan sédimentaire négatif qui génère ainsi de l'érosion. Pour gérer adéquatement ce type de prélèvement, plusieurs études de modélisation hydrosédimentaire devraient être réalisées.

Étant un problème constant, l'érosion des berges du lac ne pourrait qu'être complexifiée davantage à moyen terme avec un prélèvement sédimentaire constant sur ces plages.

La logistique autour des opérations de prélèvement doit également être évaluée de sorte à minimiser les impacts négatifs sur la plage. L'utilisation de machinerie lourde pourrait mener à la compaction des matériaux si une granulométrie propice à ce phénomène est présente. La compaction peut avoir des effets négatifs sur l'écosystème de la plage, puisque des matériaux compacts nuit à l'établissement d'une pédofaune. De plus, de tels prélèvements risquent d'entraîner des conséquences sur la progression de la végétation.

Malgré ces risques, certains tronçons de plages sont déjà exposés à une telle problématique lorsqu'ils font l'objet de rechargements fréquents. Des mesures permettant de minimiser la compaction sont cependant régulièrement appliquées dans le cadre de ces interventions et pourraient être réutilisées pour les opérations de prélèvement de matériaux.

Somme toute, un emprunt en milieu riverain semble être une alternative complexe, qui comporte des enjeux environnementaux. Cependant, un emprunt limité le long des zones identifiées pourrait présenter une bonne alternative pour résoudre des problématiques plus localisées. En utilisant ces zones avec parcimonie, il serait possible d'éviter les zones végétalisées et de réduire ainsi les impacts.

4.3 ÉVALUATION DES SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU SUBAQUATIQUE

4.3.1 DRAGAGES RÉALISÉS PAR LE PASSÉ PAR RIO TINTO ALCAN

Au début du PSBLSJ, le sable utilisé pour les rechargements des plages provenait, entre autres, du dragage des sédiments à même le bas des plages. Ces dragages réalisés dans la zone de marnage, c'est-à-dire entre la profondeur de 0,5 et de 5 m, ont permis de recueillir du sable sur environ 2 m d'épaisseur, ce qui offrait un volume de sable intéressant.

La technique de dragage utilisée consistait à pomper le sable à l'aide d'un réseau de tuyauterie disposé à moins de 1 km des berges. Cette technique présentait plusieurs problèmes, entre autres par rapport à l'action du vent et des vagues sur la tuyauterie qui pouvait facilement disloquer le réseau de tuyaux. Outre les contraintes techniques qui occasionnaient plusieurs pertes de temps et d'argent, Rio Tinto Alcan a mis fin à cette pratique, puisqu'il a été constaté que le dragage augmentait la profondeur du lac près des rives, les rendant vulnérables aux plus grosses vagues. De plus, Rio Tinto Alcan a constaté que les dépressions creusées ne se comblaient pas de sédiments au fil des années.

Les différentes problématiques rencontrées concernant les sources d'approvisionnement qu'utilise actuellement Rio Tinto Alcan poussent ces derniers à explorer les possibilités d'exploiter des sources d'emprunt subaquatiques qui pourraient se situer à des endroits de moindre impact.

4.3.2 ACTUALISATION DE LA FAISABILITÉ TECHNIQUE DES DRAGAGES DANS LE LAC SAINT-JEAN

Selon une recherche documentaire, il est possible de draguer jusqu'à des profondeurs de 8 à 12 m (Bray *et al.*, 1997) dans le lac Saint-Jean. Les équipements de petites dimensions qui pourraient être appropriés pour ce type de dragage sont des dragues mécaniques (pelle mécanique ou grue) ou des dragues hydrauliques (pompes à sédiments). Dans le cas des dragues mécaniques, une barge et un système de pompe sont nécessaires afin de fluidifier le sable et l'acheminer par des conduites jusqu'à la plage. Concernant les dragues hydrauliques, les sédiments pompés seraient acheminés directement par un système de conduite sur la plage. Selon Rendall *et al.* (2011), les sédiments peuvent être pompés sur des distances maximales de 8 km avec de puissants systèmes. Toutefois, il serait plus approprié et réaliste, compte tenu du contexte du lac Saint-Jean et de l'ampleur des travaux à réaliser, d'utiliser un système opérant sur une distance maximale de 1,5 km (Bray *et al.*, 1997). Ainsi, il est possible d'installer une portion du système de conduites sur la plage et de déplacer le point de déversement des sédiments afin de minimiser les manipulations.

En résumé, plusieurs approches sont possibles et la faisabilité de draguer repose essentiellement sur quatre éléments :

- l'adéquation de la qualité des sédiments comme matériau de rechargement de plage;
- les coûts de réalisation des travaux versus d'autres méthodes d'approvisionnement en matériaux (en rive ou dans des gravières ou sablières);
- la dynamique hydrosédimentaire : draguer à une distance de moins de 750 m de la rive et à une profondeur inférieure à 4 m apparaît risqué pour la stabilité de la plage adjacente;
- les impacts environnementaux : une caractérisation des habitats aquatiques et des impacts potentiels sur ceux-ci doit être réalisée, tout comme une évaluation des impacts potentiels de la formation de panache de sédiments lors des dragages.

En somme, avant d'envisager de réaliser un dragage, il est recommandé de vérifier la qualité des sédiments afin de valider le potentiel d'exploitation, de documenter les enjeux majeurs associés aux impacts environnementaux lesquels auront été préalablement identifiés et de valider la faisabilité technico-économique d'un éventuel dragage auprès d'entrepreneurs disponibles au Québec ou dans l'Est du Canada.

Pour éclaircir ce dernier point, certains entrepreneurs ont été consultés, tels que Marine International Dragage, Groupe Océan et ECO Technologies. D'autres entrepreneurs ont été contactés, comme Atlantique Sous-Marine, Terrapure Environnement, Gersol et PEC. Ces derniers ont été exclus d'entrée de jeu puisqu'ils ne sont pas équipés pour répondre aux besoins du mandat potentiel. Les résultats des entrevues sont présentés dans un tableau en annexe 1.

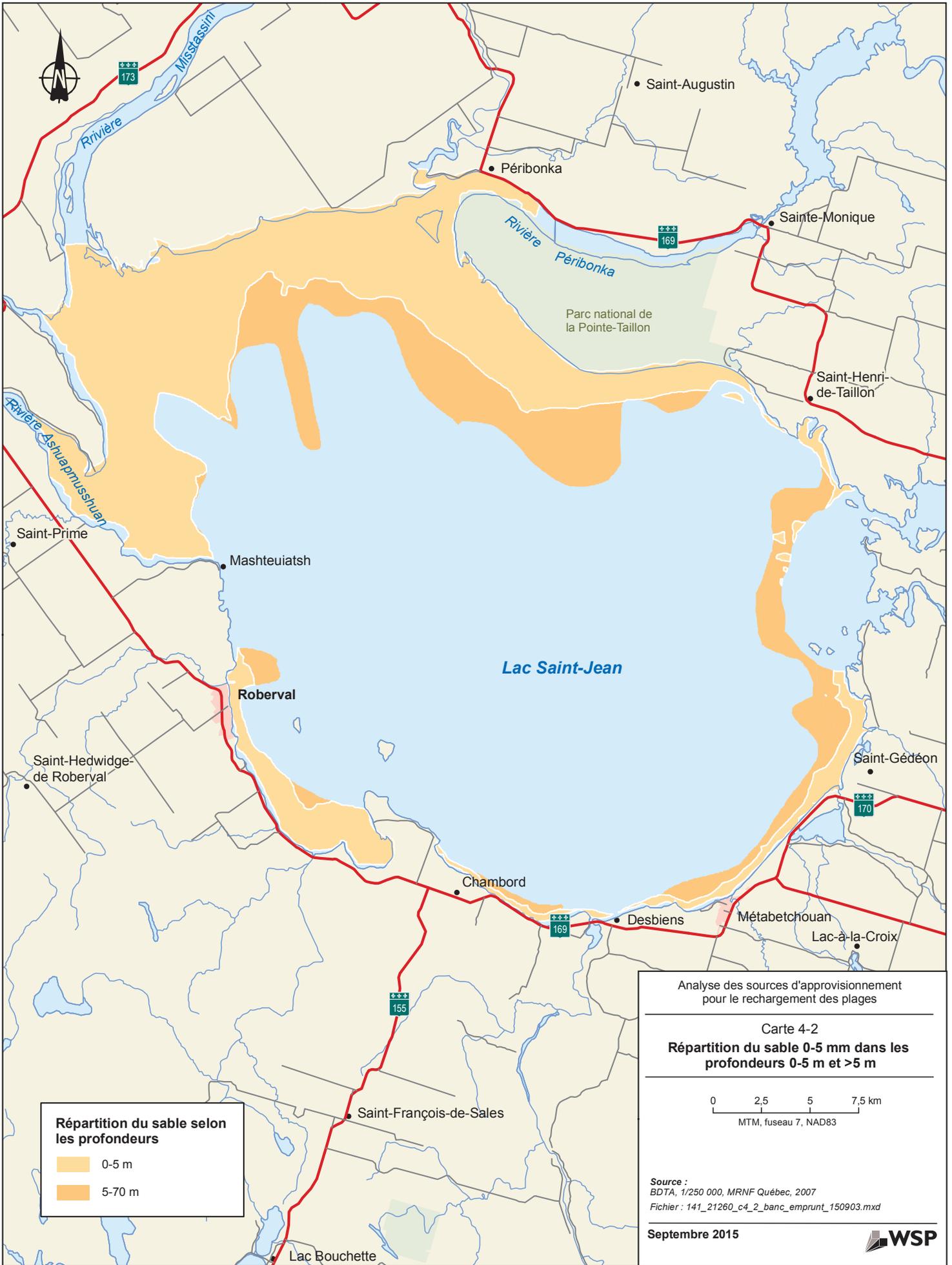
Les entrepreneurs consultés sont tous aptes et intéressés à mobiliser leurs équipements de dragage au lac Saint-Jean. Les trois entrepreneurs favorisent tous l'utilisation de dragues hydrauliques pour réaliser un tel travail. Ces dragues sont aptes à opérer jusqu'à des profondeurs de 4-5 m, dépendamment des conditions de vagues. Au-delà de ces profondeurs, les entrepreneurs spécifient que des équipements supplémentaires seraient requis, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter les coûts. Les distances de pompage maximales sous lesquelles les équipements peuvent travailler efficacement sont toutes inférieures à 1,5 km des rives, ce qui constitue un facteur très limitatif. Au-delà de ces distances, les coûts seraient augmentés, surtout en raison de l'ajout de stations de pompage supplémentaires. Quant à l'évaluation de la durée des travaux et des coûts, il n'y a pas suffisamment de données pour fournir un estimé de la durée et les envergures de coûts fournis par les entrepreneurs sont très variables (annexe 1).

4.3.3 CARTOGRAPHIE DES SOURCES DE BANCS D'EMPRUNT POTENTIELLES EN MILIEU SUBAQUATIQUE

La recherche des sources potentielles de bancs d'emprunt dans le milieu subaquatique s'est principalement basée sur la cartographie des dépôts lacustres datant de l'étude d'impact pour le PSBLSJ datant de 1983 et les informations sismostratigraphiques présentées dans l'étude de Nutz (2011). Ces deux études ont permis d'identifier des secteurs qui offrent à la fois une granulométrie adéquate (sable moyen à grossier, 0-5 mm privilégié) et un potentiel volumétrique approprié (un minimum de 2 m d'épaisseur), et ce, pour des profondeurs comprises entre 0-5 m et pour des profondeurs > 5 m (carte 4.2). Un raffinement des contours de ces zones par la suite été réalisé en considérant d'abord les contraintes hydrosédimentaires, puis les contraintes techniques et les contraintes environnementales.

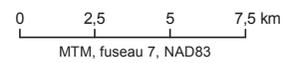
Les contraintes concernant la dynamique hydrosédimentaire du milieu sont d'abord le prélèvement des sédiments dans la zone de marnage, entre les profondeurs 0 et 5 m (carte 4.2). Le dragage à ces profondeurs devient particulièrement délicat, puisqu'elles constituent la zone de déferlement qui dissipe l'énergie des vagues avant d'atteindre les plages. Un prélèvement dans cette zone risque d'augmenter les processus d'érosion. C'est également à ces profondeurs que sont transférés les sédiments vers le haut de la plage. Le prélèvement de sédiments dans cette zone pourrait donc aussi avoir pour conséquence de nuire au bilan sédimentaire des plages. À cet effet, si des sites sont éventuellement ciblés pour un dragage dans la zone de marnage, une analyse fine des profils de plages du secteur pourrait être réalisée afin de déterminer précisément les impacts d'un dragage sur la dynamique hydrosédimentaire locale.

En raison des conditions hydrosédimentaires et particulièrement les points mentionnés plus haut concernant l'érosion, la cartographie des bancs d'emprunt dans la zone 0-5 m évite donc les zones à moins de 750 m des rives et propose également des bancs d'emprunt potentiels localisés à des profondeurs supérieures à 5 m (carte 4.3).



Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages

Carte 4-2
Répartition du sable 0-5 mm dans les profondeurs 0-5 m et >5 m



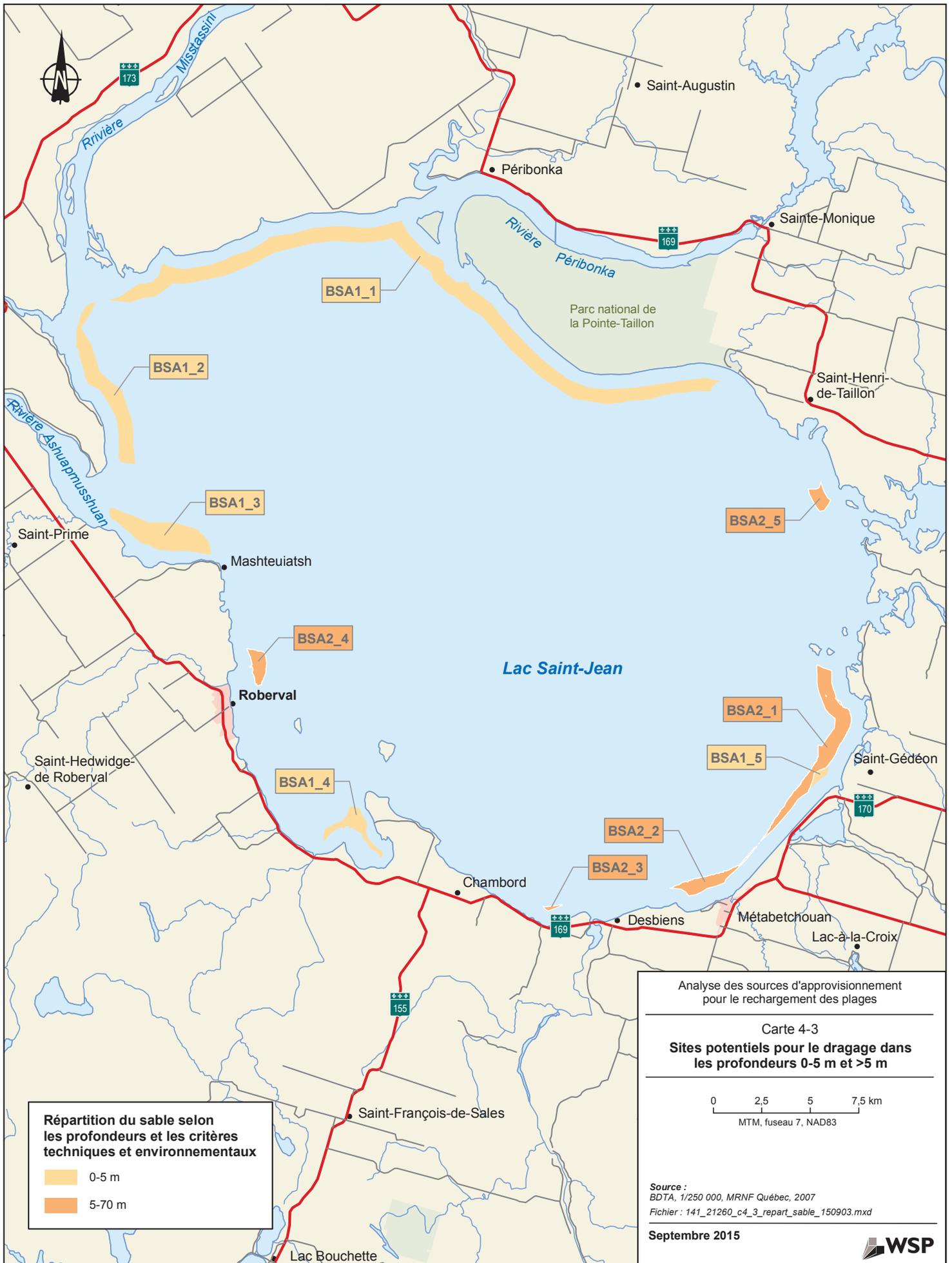
Source :
 BDTA, 1/250 000, MRNF Québec, 2007
 Fichier : 141_21260_c4_2_banc_emprunt_150903.mxd

Septembre 2015



Répartition du sable selon les profondeurs

 0-5 m
 5-70 m



Répartition du sable selon les profondeurs et les critères techniques et environnementaux

	0-5 m
	5-70 m

Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages

Carte 4-3

Sites potentiels pour le dragage dans les profondeurs 0-5 m et >5 m

0 2,5 5 7,5 km
MTM, fuseau 7, NAD83

Source :
BDTA, 1/250 000, MRNF Québec, 2007
Fichier : 141_21260_c4_3_repart_sable_150903.mxd

Septembre 2015



Les autres critères sur lesquels est basé le raffinement de la cartographie des sources d'emprunt subaquatiques et qui sont reliés aux aspects techniques sont d'abord la création d'une zone qui limite les dragages à une distance inférieure à 1,5 km de la rive. Les zones localisées à proximité des unités sédimentaires pouvant potentiellement contenir du shale ont également été évitées.

En ce qui concerne les critères basés sur des enjeux environnementaux, les secteurs de fraie de l'éperlan arc-en-ciel ainsi que la zone prévue pour réaliser des aménagements de frayères pour cette espèce à l'embouchure de la rivière Mistassini ont été évités. Enfin, la présence de sites archéologiques autochtones submergés lors de la mise en eau du barrage de L'Isle-Maligne en 1926 a été considérée. Ces sites archéologiques peuvent se trouver jusqu'à une distance de 700 m de la rive actuelle. Une zone tampon de 300 m autour des sites archéologiques identifiés dans la base de données fournie par Rio Tinto Alcan a été exclue des sites potentiels.

Selon les résultats de l'analyse, cinq zones de bancs d'emprunt ont été identifiées à des profondeurs de 0-5 m et cinq zones à des profondeurs supérieures à 5 m (carte 4.3). Ces sites sont localisés, à l'embouchure de la rivière Péribonka (BSA_1_1), à l'embouchure de la rivière Mistassini (BSA_1_2), à l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan (BSA_1_3), à l'embouchure de la rivière Ouiatchouane, à l'anse Chambord (BSA_1_4) et au large du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (BSA_1_5) (carte 4.3). Les sédiments de ces bancs potentiels sont majoritairement d'origine deltaïque. Ces deltas se sont formés surtout pendant les épisodes sédimentaires passés, lors de la régression marine de la mer postglaciaire de Laflamme. La sédimentation de ces deltas est encore active aujourd'hui, mais de moins grande importance. Selon les résultats sismostratigraphiques de Nutz (2011), ces deltas comprennent une unité sédimentaire de sable qui fait en moyenne 5 m d'épaisseur. L'épaisseur de l'unité sableuse tend à diminuer vers le centre du lac, où la granulométrie des dépôts devient particulièrement fine. Généralement, l'unité sableuse deltaïque se situe à une profondeur comprise entre 1 et 8 m.

Les complexes deltaïques de la rivière Mistassini et Péribonka sont les plus importants. Mesurant plusieurs kilomètres de large, ils peuvent être une source majeure de sédiments exploitables. Situé au nord des formations géologiques contenant du shale, il est possible d'affirmer que le sable est d'origine cristalline et donc exempt de shale. La dégradation et la compaction de ce sédiment sont improbables. Ces rivières possèdent également plusieurs barres sableuses submergées à leur embouchure. Elles auraient été formées lorsque le débit de ces rivières était plus fort. Aujourd'hui, leur progradation semble arrêtée, puisqu'elles sont recouvertes par une unité plus récente. Cette couche la plus récente, d'une épaisseur de 10 à 50 cm, comprend des sédiments hétérogranulométriques variant de l'argile jusqu'à un sable graveleux. Ainsi, il faut considérer qu'advenant un dragage, des particules plus fines peuvent être plus problématiques et engendrer une certaine turbidité lors du prélèvement et du rechargement sur les plages, car lors de cette étape, c'est un mélange eau-sédiments qui est propulsé sur la plage, occasionnant un ruissellement d'eau subséquent vers le lac.

Le delta de la rivière Ashuapmushuan étant de moins grande superficie que ceux des rivières Péribonka et Mistassini, une moins grande quantité de sédiments est disponible pour un éventuel dragage (carte 4.3). Un chenal d'érosion est aussi présent à la sortie de la rivière, ce qui expulse les sédiments plus au large. Toujours à cet endroit, une douzaine de sites archéologiques complexifie grandement l'exploitation de ce banc d'emprunt.

Toutefois, en dehors de ces contraintes, une petite zone reste favorable pour une extraction de sédiments utile au rechargement des plages des secteurs du Domaine Parent à Saint-Prime ou pour Saint-Félicien secteur St-Méthode. Pour ces secteurs, les rechargements sont constitués de gravillons avec couche de sable de 300 mm. Ainsi la granulométrie sableuse des zones potentielles d'emprunt conviendrait uniquement pour la portion de surface du rechargement (couche de sable). La couche de sable ne nécessitant pas de grande quantité de matériaux, l'utilisation de faibles quantités à partir des zones d'emprunts en rive pourrait être envisagée. Compte tenu de la proximité des unités géologiques shaleuses, il est probable que le sable deltaïque contienne une certaine proportion de shale. Cette hypothèse reste à démontrer par une campagne de caractérisation de sédiments.

Le secteur de l'anse Chambord est alimenté par la rivière Ouiatchouane (carte 4.3). Malgré le faible apport sédimentaire du cours d'eau, l'anse Chambord agit comme piège à sédiments en favorisant l'accumulation de sables. À l'instar de la rivière Ashuapmushuan, plusieurs sites archéologiques y sont présents, ce qui limite les zones d'exploitation potentielles. Cependant, le plus grand problème de ce secteur est la forte probabilité que le sable contienne des proportions en shale, puisque ce secteur est localisé sur l'unité géologique du Shale d'Utica (carte 2.1). Le fond de cette baie constitue également une zone d'accumulation de débris ligneux et ces débris pourraient également se retrouver dans la zone identifiée comme potentielle pour les prélèvements. Pour les deux raisons mentionnées précédemment, il est donc probable que le sable soit moins intéressant pour le rechargement des plages. Une campagne de caractérisation des sédiments permettrait de valider cette hypothèse.

Les bancs d'emprunt localisés à des profondeurs supérieures à 5 m sont situés surtout au sud du lac Saint-Jean dans les secteurs de Saint-Gédéon (BSA_2_1) et de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (BSA_2_2) (carte 4.3). D'autres bancs d'emprunt de moins grande envergure sont localisés au large de Desbiens (BSA_2_3), de Roberval (BSA_2_4) et au sud de Saint-Henri-de-Taillon (BSA_2_5) (carte 4.3).

4.3.4 ESTIMATION DES VOLUMES DES SOURCES D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES

L'estimation des volumes de sédiments a été possible grâce aux données sismiques et bathymétriques des travaux de Nutz *et al.* (2014). Selon cet auteur, l'épaisseur des dépôts deltaïques est d'environ 5 m. Afin de garder une estimation plus conservatrice, les différentes superficies de bancs d'emprunt ont été multipliées par une épaisseur de quatre mètres (tableau 4.2).

Tableau 4.2 Volumes estimés pour les bancs d'emprunt en milieu subaquatique dans la zone 0-5 m de profondeur.

NOM DU BANC*	SURFACE (m ²)	ÉPAISSEUR (m)	VOLUME (m ³)
BSA_1_1	25 820 833	4	103 283 332
BSA_1_2	6 179 981	4	24 719 924
BSA_1_3	5 810 950	4	23 243 800
BSA_1_4	1 822 330	4	7 289 320
BSA_1_5	394 881	4	1 579 524
Total			160 115 900

* Se référer la carte 4.3 pour la localisation des bancs

Tableau 4.3 Volumes estimés pour les bancs d'emprunt en milieu subaquatiques dans la zone de profondeur supérieure à 5 m.

NOM DU BANC*	SURFACE (m ²)	ÉPAISSEUR (m)	VOLUME (m ³)
BSA_2_1	6 000 302	4	24 001 208
BSA_2_2	1 844 025	4	7 376 100
BSA_2_3	133 409	4	533 636
BSA_2_4	1 181 810	4	4 727 240
BSA_2_5	853 717	4	3 414 686
Total			40 052 870

* Se référer la carte 4.3 pour la localisation des bancs

4.3.5 ANALYSES ET PROPOSITIONS DE SOLUTIONS

En se basant sur la localisation des bancs d'emprunt et leur volume potentiellement disponible, il est possible de croire que les bancs d'emprunt subaquatiques pourraient offrir un volume de sédiment largement suffisant pour les besoins planifiés pour le prochain PSBLSJ stabilisation des berges tels que présentés au tableau 2.2. Cependant, il faut considérer que ces bancs d'emprunt ne pourront fournir les volumes nécessaires en gravillons, comme c'est le cas dans les zones localisées au nord du lac Saint-Jean. De plus, il sera important d'évaluer la qualité des sédiments afin d'éviter que ces derniers contiennent des proportions en shale supérieures à 10-15 %.

Sur le plan environnemental, le prélèvement de sable dans le fond d'un plan d'eau et son transfert vers les plages ne se réalise pas sans impacts. Le dragage implique une perturbation à la fois au site de prélèvement et au site de dépôt (plage). Au site de prélèvement, le dragage induit une nuisance sonore, peut perturber les activités reliées à la navigation, risque de générer de la turbidité et occasionne des risques de déversements d'hydrocarbures directement dans l'eau en cas de bris de machinerie. L'impact le plus important relève de la perturbation et de la destruction de l'habitat du poisson. À cet effet, si un site de dragage est sélectionné dans la zone comprise entre 0 et 3 m, il sera important de documenter la présence ou l'absence de sites de fraie de l'éperlan arc-en-ciel. De plus, le dragage hydraulique risque de prélever de la faune benthique et possiblement certains petits

poissons à faible capacité natatoire. Au site de dépôt, la génération de la turbidité devra être contrôlée par des mesures d'atténuation. Il existe également le risque de déversement d'hydrocarbures à proximité de l'eau. L'intensité de ces perturbations sera en fonction de l'ampleur des volumes prélevés et de la durée des travaux.

Le choix des sites et les volumes à prélever à chacun des sites doivent être planifiés avec rigueur. Malgré les grands volumes de sédiments disponibles, un prélèvement important pourrait créer localement des déséquilibres dans la dynamique hydrosédimentaire. En effet, au cours des opérations de dragage passées, Rio Tinto Alcan a constaté que les zones ayant été draguées n'ont pas été comblées en sédiments dans les années suivantes. Ceci confirme les faibles apports en sédiment du régime sédimentaire actuel. En effet, le complexe deltaïque au nord du lac ne reçoit plus la même quantité de sédiment que lors de la régression marine au moment de la déglaciation. Les études de Nutz (2011) expliquent ce fait par la présence un mince dépôt vaseux plus récent qui surmonte les dépôts deltaïques. Actuellement, certaines zones possèderaient donc un apport sableux nul, ce qui rend la ressource non renouvelable. Somme toute, l'exploitation de ces dépôts reste toutefois possible dans les secteurs plus actifs de Mistassini, Saint-Félicien secteur Saint-Méthode ou Saint-Henri-de-Taillon, tout en tenant compte des différentes limites mentionnées précédemment.

Un autre point à considérer : il est impératif d'utiliser un site d'emprunt près de la zone de rechargement pour éviter les impacts liés au transport (risque d'accident, nuisance, pression sur les routes) par camion, qui serait accrue. Ces impacts seraient très importants si un potentiel d'emprunt subaquatique du côté nord serait utilisé pour recharger des plages dans le secteur sud. En ce sens, rappelons que Rio Tinto Alcan utilise actuellement des bancs d'emprunt le plus proche possible des sites de rechargement pour réduire les perturbations liées au transport, ainsi que les coûts.

5 CONCLUSION

À la lumière des résultats, les zones de rechargement de plage du secteur nord, est et sud-est du lac Saint-Jean sont relativement bien desservies en matière de bancs d'emprunt en milieu terrestre, voire même riverain et subaquatique. Cependant, l'exploitation des bancs d'emprunt en milieu riverain et subaquatique présente des enjeux sur le plan hydrodynamique et environnemental relativement élevés qui exigeraient des études préalables (caractérisation des sédiments, étude hydrosédimentaire, benthos, habitats) afin d'en arriver à leur exploitation.

L'analyse du présent rapport démontre qu'à moins de s'approvisionner avec les bancs d'emprunt subaquatiques localisés au nord du lac Saint-Jean, il n'existe à peu près pas de possibilités d'exploiter des sources d'emprunt autres qu'en milieu terrestre en ce qui concerne les zones de recharge des secteurs les plus au sud et au sud-ouest. Un transport routier de sédiments dragués vers les secteurs de recharge au sud augmenterait les coûts et occasionnerait de nombreux impacts liées aux transports.

Dans tous les cas, l'utilisation des bancs d'emprunt terrestres demeure le meilleur choix, notamment au niveau des impacts sur l'environnement, d'autant plus qu'ils sont déjà autorisés à cette fin. L'utilisation de bancs d'emprunt riverains et subaquatiques, si utilisés, devra être faite avec précaution et à la suite d'études préalables, comme discuté plus haut. L'amélioration de la qualité des sédiments provenant des bancs d'emprunt terrestres ou la recherche de nouveaux bancs d'emprunt moins susceptibles de contenir du shale reste donc les meilleures avenues.

Pour améliorer la qualité des bancs d'emprunt en milieu terrestre, le présent rapport aborde des pistes de solutions qui permettraient d'utiliser les sources actuelles qui présentent des problématiques en matière de critères granulométriques et en terme de qualité de sédiment (proportion shaleuse > 10-15 %). Cependant, avant de statuer sur les meilleures solutions, il devient impératif :

- 1) de caractériser (granulométrie et qualité des sédiments, unité d'intérêt et estimation des volumes) davantage les bancs d'emprunt ciblés pour évaluer s'ils peuvent répondre adéquatement aux nouvelles exigences propres à chacune des zones de recharge;
- 2) d'adapter la démarche de ségrégation du shale pour chaque banc d'emprunt ciblé pour en arriver à un procédé permettant de rencontrer des proportions acceptable pour la recharge;
- 3) de développer une stratégie d'exploitation des bancs d'emprunt à plus long terme.

Advenant que les sources d'emprunt soient limitées, pour combler les besoins en sédiments, il serait d'intérêt pour Rio Tinto Alcan de rechercher les sources d'emprunt les moins susceptibles de contenir du shale pour les secteurs sud et ouest. À cet effet, il est proposé, de mener une analyse préliminaire des photographies aériennes afin de proposer de nouveaux bancs d'emprunts potentiels en milieu

terrestre pour desservir les secteurs localisés au sud du lac Saint-Jean. Un plan de sondage pourrait être par la suite proposé afin de valider les résultats de la photo-interprétation. Une fois le plan d'investigation et la cartographie des nouveaux bancs d'emprunt réalisés, Rio Tinto Alcan pourra faire des choix éclairés quant à son approvisionnement en matériaux d'emprunt de qualité pour son PSBLSJ 2017-2026, et ce, en tenant évidemment compte des limitations sociales et environnementales de mettre en exploitation de nouveaux bancs d'emprunts terrestres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- HÉBERT, YVES ET HÉBERT RÉJEAN. 1994. Guide pratique d'identification des roches. Les publications du Québec. 133 p.
- NUTZ, A., Ghienne, J.-F., Schuster, M., Certain, R., Robin, N., Roquin, C., Raynal, O., Bouchette, F., Durringer, P. & Cousineau, P.A. 2013. « Seismic-stratigraphic record of a deglaciation sequence: from the marine Laflamme Gulf to Lake Saint-Jean (late Quaternary, Québec, Canada) ». *Boreas*, 10.1111/bor.12039. ISSN 0300-9483.
- TECHMAT. 1987. Vérification bancs d'emprunt, protection des berges du lac Saint—Jean. 8 p. + Annexes.
- TECHMAT. 1991. Évaluation du banc d'emprunt Roy Saint-Prime, stabilisation des berges la lac Saint-Jean, Secal (Jonquière). 6 p. + Annexes.
- TECHMAT. 1999. Évaluation des dépôts de sols Lot 19 et 20, rang ouest, canton Métabetchouan, Chambord (Québec). 9 p. + Annexes.
- TECHMAT. 2001. Évaluation du banc d'emprunt Claude Giguère – Partie du lot 10-B Rang V, Canton Ashuapmuchouan, MRC Domaine du Roy, St-Prime (Québec). Autorisation CPTAQ : 18 Sept. 2000-2010. 15 p. + Annexe.
- TECHMAT. 2002. Avis sommaire – Étude de caractérisation préliminaire, Projet de traitabilité d'un matériau granulaire schisteux, site des bancs d'emprunt Blackburn Doré, Métabetchouan - Lac-à-la-Croix (Québec). 6 p. + Annexes
- TREMBLAY, G. 1971. *Glaciation et déglaciation dans la région Saguenay - Lac-Saint-Jean, Québec, Canada*. Cahiers de géographie du Québec, 15 : 467-494 p

Annexe 1

RÉSULTATS DES ENTREVUES

	Marine International Dragage	Groupe Océan	ECO Technologies
1	Oui. Machines 'montées' sur leur chantier naval, puis assemblées sur les sites de travaux.	Oui. Équipement entièrement adapté aux besoins demandés (machiné en usine, puis assemblée au LSJ).	Oui, facile de se mobiliser. Équipement varié : drague amphibie, hydraulique et conventionnel (mécanique)
2	Drague hydraulique. Machinée et adaptée aux besoins spécifiques du site.	Équipement fait sur mesure. En gros, drague hydraulique de type "Sand Sucker". Tirant d'eau d'environ 1.5 m.	L'équipement peut fonctionner jusqu'à des profondeurs de 4.5 à 5 m S'il y a des vagues, 4.5 m est plus réaliste. Il est possible de pomper à partir de 1.5 km de la berge, mais cela nécessite l'ajout d'une pompe de surpression à mi-chemin, sur une barge (ce qui augmente les coûts, barge et pompe, il y a des risques techniques aussi associé à l'ajout de la pompe sur la barge La distance maximale des berges possible sans la pompe de surpression est de 600
3	Faisable à des distances allant jusqu'à 1.5 km et des profondeurs atteignant 10m, sans nécessiter l'ajout d'une pompe de surpression. L'augmentation de la profondeur nécessite toutefois l'augmentation de la force de la pompe.	Profondeur de 4.5-5 m sans problème . Possible d'adapter pour aller jusqu'à 10 m de profondeur (mais augmente les coûts). Distance de la berge de 1 km sans problèmes . Si plus, nécessite une pompe d'appoint (<i>booster pump</i> , augmente les coûts) TAUX POMPAGE 50-100 m3/h matériel solide en place	300 à 450 m de la berge 2 m eau ou moins (permet de s'accoter dans le fond si vagues) profondeur de matériel à enlever d'environ 2 m matériel (↑ m3/m2) Possible de transporter le matériau sur de grandes distances sur la plage. Analyse comparative entre camions VS pompage. TAUX POMPAGE 40-50m3/h matériel solide en place (initial) 225-250m3/h pompé, 15-18% solide (mélange eau et matériel)
4	oui	Oui. Pas une job d'envergure pour cette compagnie . Mais pourrait assembler un équipement temporaire adapté au besoin. **En comparaison à leur drague autoporteuse pouvant draguer à des profondeurs de 25m et à des débits de 5000m3/h (mixture) ou 1000m3/h (en place)	oui, équipement qui se mobilisent bien Équipement très performant pour leur grosseur.
5	Pas assez de données pour pouvoir fournir un estimé. 1. Préparation de l'équipement + mobilisation + assemblage sur le site + installation de quais pour fueller machines + container "atelier" (100% autonome) 2. Dragage = selon distance de la berge et granulométrie . Aussi, le prix variera selon qu'il est nécessaire d'ajouter grille de protection devant la drague pour les débris, ou de faire un premier nettoyage pour enlever les matériaux grossiers . Il serait aussi possible d'aménager le fond pour bonifier l'habitat du poisson . À ce sujet, M. Gauthier dit qu'il pourrait en dire plus à une étape plus avancée du projet. (Ne veut pas dévoiler ses secrets...)	Estimé très préliminaire. 1. Préparation de l'équipement + mobilisation + assemblage sur le site = entre 250 000 et 300 000\$ 2. Dragage = 15\$/m3 en place	Le coût et la durée varient selon : distance au large, profondeur eau, épaisseur sédiments, entrepreneur local pour étendre sur la berge. Mob + installation : 20-30K\$. Si aucune pompe de surpression nécessaire. Drague hydraulique Taux marin = 20-30\$/m3 en place. Possiblement moins selon waves action (vagues de 3-4' ou plus, doit arrêter) Taux bassin industriel pas de vagues, environ la moitié. Sable augmente le taux d'abrasion sur les équipements... plus cher. Drague mécanique pas moins dispendieux et risque d'être plus long Barge, roll off (ou boîte fermée), camions. Si distance de la berge élevée, doit avoir plusieurs barges.
6	Contact Fernand Gauthier (450) 742-5648	Contact Denis Caron (418) 694-1414	Contact Wayne Powers (506) 726-6073

2



CARACTÉRISATION DES BANCS
D'EMPRUNT POTENTIELS EN
MILIEU SUBAQUATIQUE

RIO TINTO

CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN MILIEU SUBAQUATIQUE

ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT DU PROGRAMME
DE STABILISATION DES BERGES
DU LAC SAINT-JEAN

AVRIL 2017



CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS EN MILIEU SUBAQUATIQUE

ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT DU PROGRAMME
DE STABILISATION DES BERGES DU
LAC SAINT-JEAN

Rio Tinto

Rapport final
Projet n° : 141-21260-00
Date : Avril 2017

RioTinto

—
WSP Canada Inc.
5355, boul. des Gradins
Québec (Québec) G1J1C8

Téléphone : +1 418-623-2254
Télécopieur : +1 418-624-1857
www.wspgroup.com



SIGNATURES

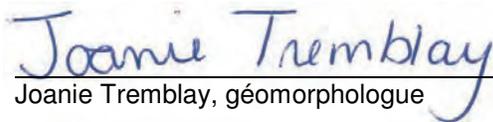
PRÉPARÉ PAR



Handwritten signature of Julie Simard in blue ink. The signature is stylized and includes the name 'Julie' followed by a large, looped flourish. A small date stamp '2017-04-19' is visible at the bottom of the signature.

Julie Simard, géomorphologue Ph.D.
Directrice de projet

RÉVISÉ PAR



Handwritten signature of Joanie Tremblay in blue ink. The signature is written in a cursive style and includes the name 'Joanie Tremblay'.

Joanie Tremblay, géomorphologue

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO

Chargée de projet	Caroline Jollette
Conseiller technique	Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Julie Simard
Professionnels	Jean Lavoie Joanie Tremblay
Techniciens	Carl Gauthier Dominick Cuerrier Frédéric Tremblay Marie-Claude Julien
Cartographie	Diane Gagné Maude Boulanger
Traitement de texte et édition	Linette Poulin Lucie Bellerive

Référence à citer :

WSP 2016. *Caractérisation des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique. Étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean*. Rapport produit pour Rio Tinto. 27 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
2	MÉTHODOLOGIE.....	5
2.1	LOCALISATION DES BANCS D’EMPRUNT SUBAQUATIQUES ET DES STATIONS D’ÉCHANTILLONNAGE.....	5
2.2	CARACTÉRISATION DES BANCS D’EMPRUNT EN MILIEU SUBAQUATIQUE.....	5
2.2.1	ÉCHANTILLONNAGE	5
2.2.2	SOUS-ÉCHANTILLONNAGE	8
2.2.3	ANALYSES EN LABORATOIRE	9
3	RÉSULTATS.....	13
3.1	CAROTTAGE	13
3.2	GRANULOMÉTRIE	13
3.2.1	SECTEUR VAUVERT	14
3.2.2	SECTEUR SAINT-HENRI-DE-TAILLON	14
3.2.3	SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON	14
3.2.4	SECTEUR DE BELLE RIVIÈRE	14
3.2.5	SECTEUR DE DESBIENS	14
3.3	CONTAMINATION EN SHALE	14
4	DISCUSSION - CONCLUSION.....	23
4.1	SECTEUR DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON, SAINT-GÉDÉON (NORD) ET DESBIENS.....	23
4.2	SECTEUR VAUVERT	23
4.3	SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON.....	24
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	27

TABLEAUX

TABLEAU 2-1	CARACTERISTIQUES DES STATIONS ET SOUS- ECHANTILLONNAGES POUR LES DIFFERENTS TYPES D'ANALYSES.....	5
TABLEAU 3-1	LONGUEUR DE CAROTTES VISEES POUR CHAQUE STATION ET LONGUEUR DE RECUPERATION.....	13
TABLEAU 3-2	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES DE L'ENSEMBLE DES ÉCHANTILLONS.....	15

CARTES

CARTE 1-1	SITES POTENTIELS POUR LE DRAGAGE DANS LES PROFONDEURS 0-5 ET > 5 M.....	3
CARTE 2-1	LOCALISATION DES BANCS D'EMPRUNT POTENTIELS ET DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE	6
CARTE 3-1	PROPORTION EN SHALE POUR CHACUN DES NIVEAUX DES CAROTTES PRÉLEVÉES DANS LES BANCS D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES	21

FIGURES

FIGURE 2-1	CAROTTIER DE MARQUE GEOPROBE MONTE D'UN MARTEAU HYDRAULIQUE ET EXTRACTION DE LA CAROTTE A L'AIDE DU LEVIER MANUEL	7
FIGURE 2-2	OUVERTURE DES CAROTTES ET SOUS-ÉCHANTILLONNAGE EN LABORATOIRE	8
FIGURE 2-3	TAMISAGE DES ÉCHANTILLONS	9
FIGURE 2-4	VUE À LA LOUPE BINOCULAIRE DE GRAINS DE SHALE (EN NOIR) EN COMPARAISON AUX GRAINS MINÉRAUX (EN ROUGE) AU SEIN D'UN ÉCHANTILLON	10
FIGURE 2-5	DIGRAMMES DE RÉFÉRENCE POUR GUIDER L'ESTIMATION VISUELLE DE LA PROPORTION DES CONSTITUANTS DU SOUS-ÉCHANTILLON (SHVETSOV, 1995)	11
FIGURE 3-1	COURBES GRANULOMÉTRIQUES	17
FIGURE 3-2	EXEMPLE D'ÉCHANTILLON COMPOSÉ DE SILT ARGILEUX DANS LE SECTEUR DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON	19
FIGURE 3-3	EXEMPLE D'ÉCHANTILLON COMPOSÉ DE SILT ARGILEUX DANS LE SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON.....	19
FIGURE 3-4	EXEMPLE D'ÉCHANTILLON COMPOSÉ DE SILT ARGILEUX DANS LE SECTEUR DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON	20

ANNEXES

ANNEXE 1	NOTES DE LABORATOIRE LORS DE L'OUVERTURE DES CAROTTES
ANNEXE 2	PHOTOS DES ÉCHANTILLONS LORS DE L'OUVERTURE DES CAROTTES
ANNEXE 3	PHOTOS DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS LORS DU COMPTAGE PÉTROGRAPHIQUE

1 INTRODUCTION

Le Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ) de Rio Tinto vise à contrer l'érosion des berges sur le pourtour du lac Saint-Jean et une partie de ses principaux tributaires en tenant compte des aspects techniques, économiques, sociaux et environnementaux. Les recharges de plages comptent parmi les méthodes utilisées pour contrer l'érosion des berges. Pour ce faire, l'approvisionnement en matériel doit être réalisé à partir de sources d'emprunt localisées à proximité des zones de recharge. Avant le PSBLSJ, le sable utilisé pour les rechargements des plages provenait, entre autres, du dragage des sédiments. La technique de dragage utilisée consistait à pomper le sable à l'aide d'un réseau de tuyauterie disposé à moins de 1 km des berges. Outre les contraintes techniques qui occasionnaient plusieurs pertes de temps et d'argent, Rio Tinto a mis fin à cette pratique, puisqu'il a été constaté que le dragage augmentait la profondeur du lac près des rives, les rendant vulnérables aux plus grosses vagues.

Le PSBLSJ, de même que les modalités de gestion du niveau du lac, sont encadrés dans un décret et une entente intervenue en 1986 entre le gouvernement du Québec et Alcan, entente et décret ayant été renouvelés pour deux périodes distinctes de 10 ans en 1995 et 2006. Rio Tinto désire poursuivre le PSBLSJ pour la période 2017-2026. Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) portant sur le renouvellement du PSBLSJ 2017-2026, Rio Tinto doit évaluer l'ensemble des scénarios possibles pour l'exploitation de bancs d'emprunt fournissant en quantités suffisantes du matériel de qualité, c'est-à-dire qui rencontre les fuseaux granulométriques visés pour le rechargement des plages (0-5 mm pour le sable et 0-20 mm pour le gravillon) et qui minimise la proportion en shale. Les différentes problématiques rencontrées concernant certaines sources d'approvisionnement en milieu terrestre qu'utilise actuellement Rio Tinto poussent ces derniers à explorer les possibilités d'exploiter des sources d'emprunt subaquatiques qui pourraient se situer à des endroits de moindre impact.

Dans une première démarche, Rio Tinto a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour réaliser une étude qui a, entre autres, synthétisé l'information déjà existante sur les bancs d'emprunt en cours d'exploitation et identifié de nouvelles sources potentielles de matériaux granulaires localisés en milieux terrestre, riverain ou subaquatique¹. Les sources d'informations qui documentent ces bancs d'emprunt datent de plusieurs années et certaines sont fragmentaires ou découlent de l'interprétation de données disponibles.

La recherche des sources potentielles de bancs d'emprunt dans le milieu subaquatique s'est donc principalement basée sur la cartographie des dépôts lacustres de l'étude d'impact pour le PSBLSJ datant de 1983 et les informations sismostratigraphiques présentées dans l'étude de Nutz (2011). Ces deux études ont permis d'identifier des secteurs qui offrent à la fois une granulométrie adéquate (sable moyen à grossier, 0-5 mm privilégié) et un potentiel volumétrique approprié (un minimum de 2 m d'épaisseur), et ce, pour des profondeurs comprises entre 0-5 m et supérieures à 5 m (carte 1-1). Un raffinement des contours de ces zones a par la suite été réalisé en considérant d'abord les contraintes hydrosédimentaires, puis les contraintes techniques relatives aux dragages et les contraintes environnementales¹.

¹ WSP. 2015. *Analyse des sources d'approvisionnement pour le rechargement des plages*. Rapport préliminaire produit pour Rio Tinto Alcan Inc. 39 pages et annexes.

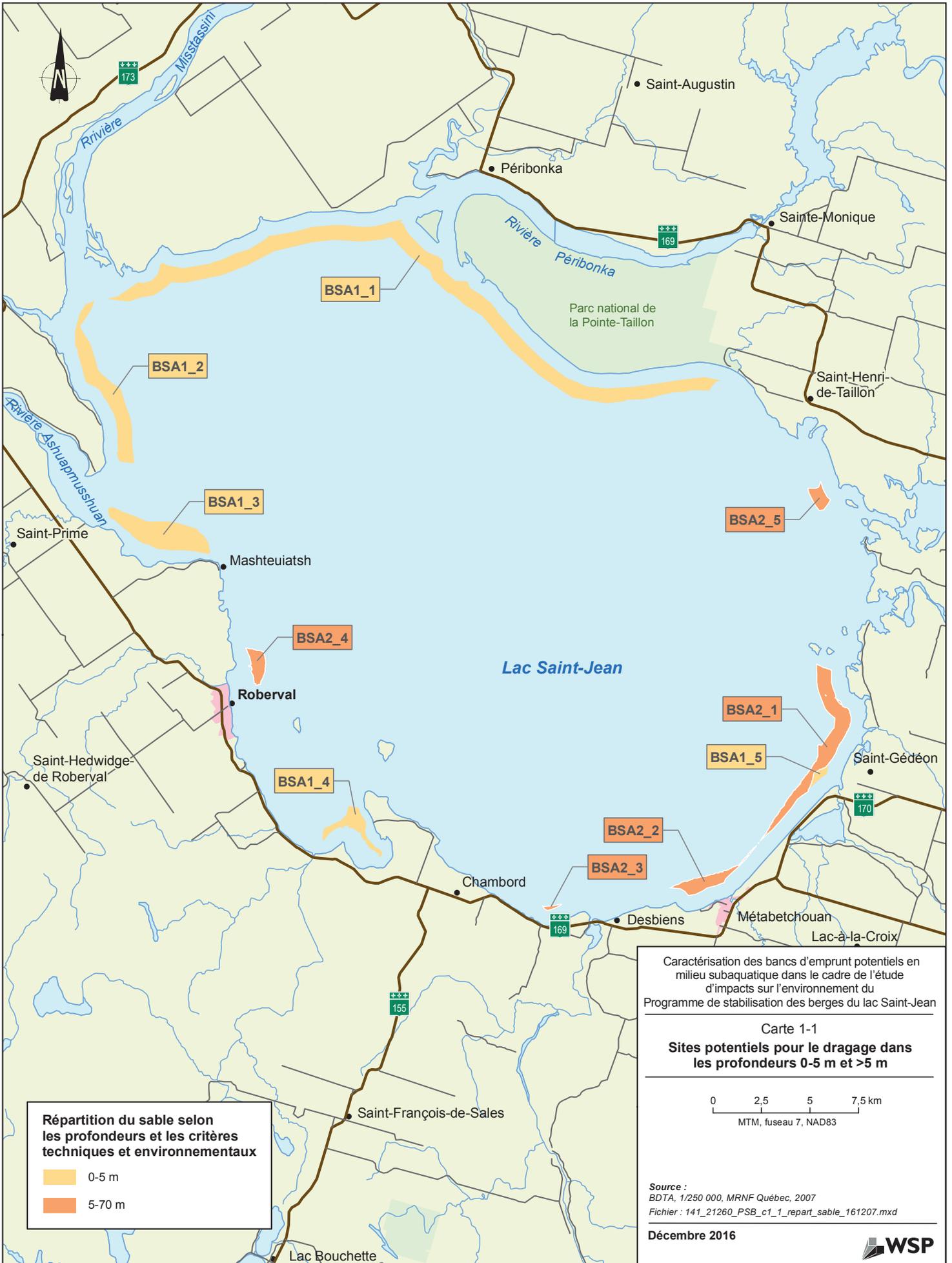
Selon les résultats de l'analyse, cinq zones de bancs d'emprunt potentiels ont été identifiées à des profondeurs de 0-5 m (carte 1-1). Ces sites sont localisés :

- à l'embouchure de la rivière Péribonka (BSA_1_1);
- à l'embouchure de la rivière Mistassini (BSA_1_2) ;
- à l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan (BSA_1_3);
- à l'embouchure de la rivière Ouiatchouane (BSA_1_4);
- au large du banc de sable de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (BSA_1_5).

Enfin, des bancs d'emprunt potentiels ont été identifiés à des profondeurs supérieures à 5 m, limite à partir de laquelle des équipements de dragages plus spécifiques seraient requis pour le rechargement des plages, ce qui aurait pour conséquence d'augmenter considérablement les coûts. Ces bancs, situés surtout au sud du lac Saint-Jean occupent les secteurs de Saint-Gédéon (BSA_2_1) et de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix (BSA_2_2) (carte 1-1). D'autres bancs d'emprunt de moins grande envergure sont localisés au large de Desbiens (BSA_2_3), de Roberval (BSA_2_4) et au sud de Saint-Henri-de-Taillon (BSA_2_5) (carte 1-1).

Le rapport conclut globalement que les secteurs au nord et à l'est du lac Saint-Jean sont relativement bien desservis en sources d'emprunt (terrestre, riverain et subaquatique). En contrepartie, il n'existe que peu de possibilités d'exploiter des sources d'emprunt autres qu'en milieu terrestre pour alimenter les zones de recharge de plage les plus au sud et au sud-ouest du lac Saint-Jean, à moins de s'approvisionner avec les bancs subaquatiques au nord du lac Saint-Jean ce qui augmenterait toutefois les coûts et occasionnerait de nombreux impacts liés aux transports.

Avant de statuer sur les meilleurs scénarios pour développer une stratégie d'exploitation des bancs d'emprunt à plus long terme, Rio Tinto juge nécessaire de caractériser davantage les bancs d'emprunt subaquatiques ciblés en termes de granulométrie, de qualité des sédiments (shale) et de volumes, afin de s'assurer s'ils peuvent répondre ou non adéquatement aux exigences propres à chacune des zones de recharge. Ce constat est d'autant plus valable en ce qui concerne les bancs d'emprunt en milieu subaquatique, puisque leur cartographie est basée davantage sur des données théoriques que sur des données de terrain. L'objectif du présent rapport vise donc à caractériser, en termes de granulométrie, de volume et de contamination en shale, les sources d'emprunt potentielles qui ont été identifiées en milieu subaquatique afin d'évaluer si les options de dragage sont possibles pour alimenter en sédiments les plages ceinturant le lac Saint-Jean.



Répartition du sable selon les profondeurs et les critères techniques et environnementaux

- 0-5 m
- 5-70 m

Caractérisation des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique dans le cadre de l'étude d'impacts sur l'environnement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean

Carte 1-1
Sites potentiels pour le dragage dans les profondeurs 0-5 m et >5 m

0 2,5 5 7,5 km
 MTM, fuseau 7, NAD83

Source :
 BDTA, 1/250 000, MRNF Québec, 2007
 Fichier : 141_21260_PSB_c1_1_repart_sable_161207.mxd

Décembre 2016



2 MÉTHODOLOGIE

2.1 LOCALISATION DES BANCS D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES ET DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

La zone d'étude ceinture l'ensemble du lac Saint-Jean et se répartit le long des bancs d'emprunt subaquatiques qui ont été délimités initialement dans le rapport synthèse (carte 2-1). Certains de ces bancs d'emprunt subaquatiques ont été retenus pour la caractérisation en raison de leur localisation à proximité de zones de recharges. Ces bancs sont localisés entre les embouchures des rivières Péribonka et Mistassini, soit le secteur Vauvert (BSA_1_1), au large de la flèche à l'embouchure de la Belle Rivière (BSA_1_5), dans les secteurs de Saint-Gédéon (BSA_2_1), de Desbiens (BSA_2_2) et au sud de Saint-Henri-de-Taillon (BSA_2_5) (carte 2-1). Les stations d'échantillonnage ont été positionnées à distance égale de la berge sur chacun des bancs d'emprunt afin de vérifier les variations latérales potentielles. Parmi ces stations, huit ont été sélectionnées pour être caractérisées en fonction de l'importance des besoins pour chaque secteur de recharge.

La caractérisation des sédiments en milieu subaquatique consiste à prélever des sédiments à partir du couvert de glace. Puisque la profondeur visée par d'éventuels dragages dans les bancs subaquatiques est de 2 m, le prélèvement de carottes a été privilégié comme méthode d'échantillonnage puisqu'il permet de documenter les variations granulométriques verticales à profondeur donnée (tableau 2-1).

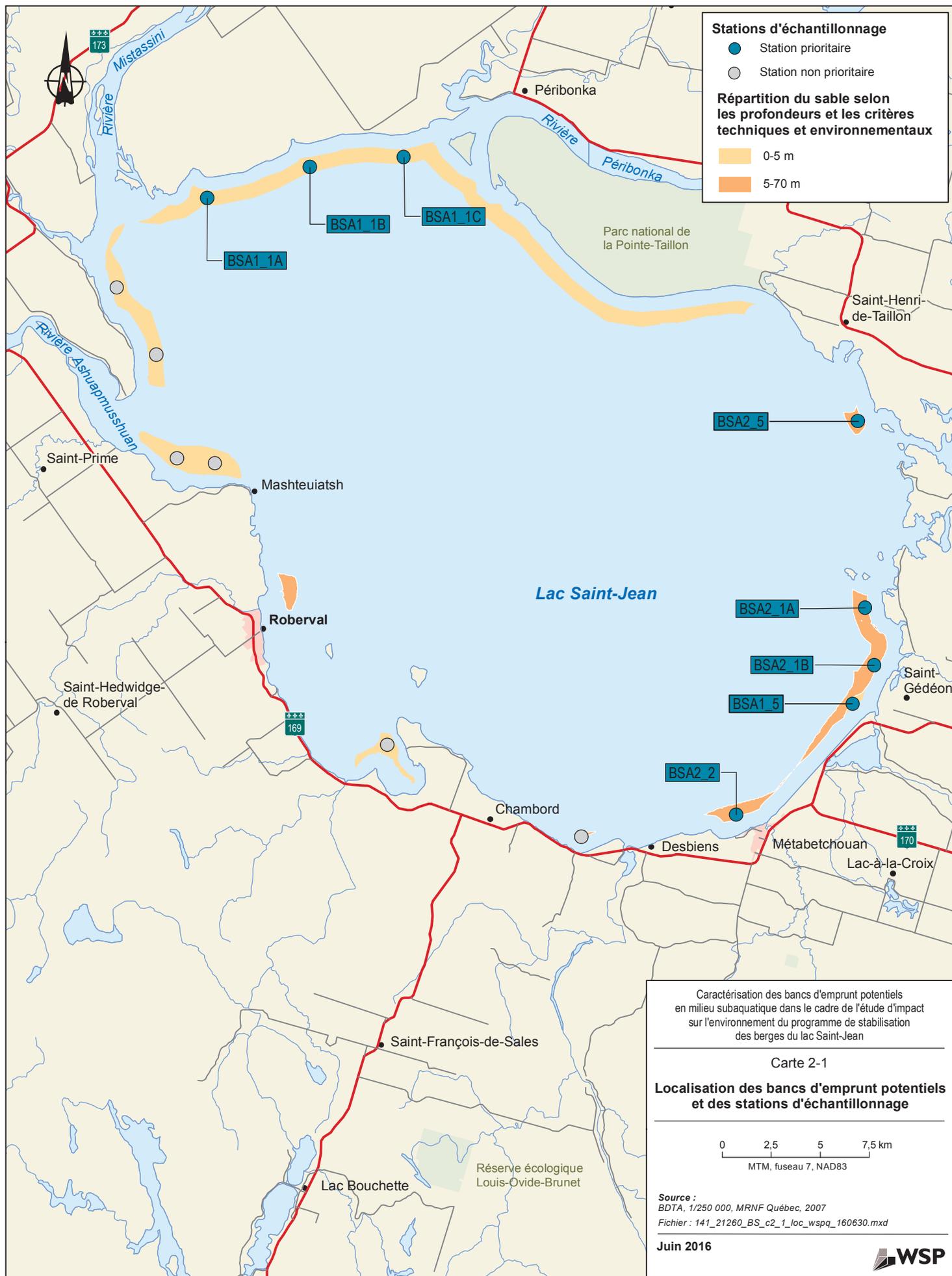
Tableau 2-1 Caractéristiques des stations et sous-échantillonnages pour les différents types d'analyses

NOM DE LA STATION	LONGUEUR VISÉE DE LA CAROTTE (m)	PROFONDEUR DE L'EAU ESTIMÉE (m)
BSA1_1A	2	0-2
BSA1_1B	2	2-5
BSA1_1C	2	2-5
BSA2_5	2	5-10
BSA2_1A	2	5-10
BSA2_1B	2	5-10
BSA1_5	2	2-5
BSA2_2	2	5-10

2.2 CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT EN MILIEU SUBAQUATIQUE

2.2.1 ÉCHANTILLONNAGE

Les huit stations ont toutes été échantillonnées dans la semaine du 10 mars 2016. Chacune des stations a été localisée à l'aide d'un GPS (Garmin 78S) offrant une précision d'environ 3,0 m. À chaque station, les sédiments ont été prélevés au moyen d'un carottier à percussion de marque Geoprobe muni d'un marteau pneumatique, puis extraits à l'aide d'un levier manuel (figure 2-1).



Stations d'échantillonnage

- Station prioritaire
- Station non prioritaire

Répartition du sable selon les profondeurs et les critères techniques et environnementaux

- 0-5 m
- 5-70 m

Caractérisation des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean

Carte 2-1

Localisation des bancs d'emprunt potentiels et des stations d'échantillonnage

0 2,5 5 7,5 km
MTM, fuseau 7, NAD83

Source :
BDTA, 1/250 000, MRNF Québec, 2007
Fichier : 141_21260_BS_c2_1_loc_wspq_160630.mxd

Juin 2016



Figure 2-1 Carottier de marque Géoprobe monté d'un marteau hydraulique et extraction de la carotte à l'aide du levier manuel

2.2.2 SOUS-ÉCHANTILLONNAGE

Avant de débiter le sous-échantillonnage, chaque carotte a d'abord été photographiée, puis soumise à un examen visuel afin d'effectuer une description qualitative des sédiments. Les carottes ont par la suite été divisées en trois sections égales (0-68, 68-134 et 134-200 cm). Le niveau supérieur (0-68 cm) a été sous-divisé en deux, soit un sac destiné aux analyses granulométriques et aux comptages pétrographiques et un pot en verre approprié pour être congelé, de sorte à constituer une banque d'échantillons (figure 2-2). Advenant que les analyses granulométriques et que les comptages pétrographiques rencontrent les critères de qualité, l'échantillon en pot pourra éventuellement faire l'objet d'analyses physico-chimiques. Pour les autres niveaux (68-134 et 134-200 cm), les sédiments ont été homogénéisés dans le but de procéder à des analyses granulométriques et à des comptages pétrographiques.



Figure 2-2 Ouverture des carottes et sous-échantillonnage en laboratoire

2.2.3 ANALYSES EN LABORATOIRE

2.2.3.1 GRANULOMÉTRIE

Les échantillons de chaque niveau ont fait l'objet d'une analyse granulométrique par tamisage, avec une colonne de tamis de 63 et 710 μm et de 1, 2, 5, 8, 16 et 20 mm, le tout conformément à la norme ISO 3310-1 (figure 2-3). Les résultats ont été compilés via Gradostat (Blott et Pye, 2001). Cette macro Excel permet de calculer de nombreux paramètres statistiques et de traduire les résultats en courbes granulométriques rapportées sur des graphiques synthèses. Ces graphiques présentent également les fuseaux granulométriques visés pour les rechargements en sable (0-5 mm) et en gravillon (0-20 mm). Ces fuseaux, utilisés depuis 1986 par Rio Tinto, découlent des méthodes de rechargement des plages dont les critères sont basés sur des considérations principalement reliées à la sévérité de l'érosion et au degré de fréquentation des plages pour les activités de villégiature (RTA, 1983; WSP, 2015).



Figure 2-3 Tamisage des échantillons

2.2.3.2 COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES

Le comptage pétrographique consiste à déterminer la proportion de shale au sein des échantillons, au moyen d'une loupe binoculaire (grossissement de 40x). Il s'agit d'une estimation visuelle des proportions de shale pour chaque échantillon prélevé (Osborne Hutton, 1950). À la loupe binoculaire, le grain de shale se différencie bien du reste des minéraux. Il s'agit d'un grain anguleux de couleur noir et mat (figure 2-4). Il est à noter que d'autres minéraux ferromagnésiens, comme la magnétite et la biotite, sont également de couleur noire, mais présentent d'autres propriétés relatives à la structure et à l'éclat sous la loupe binoculaire.

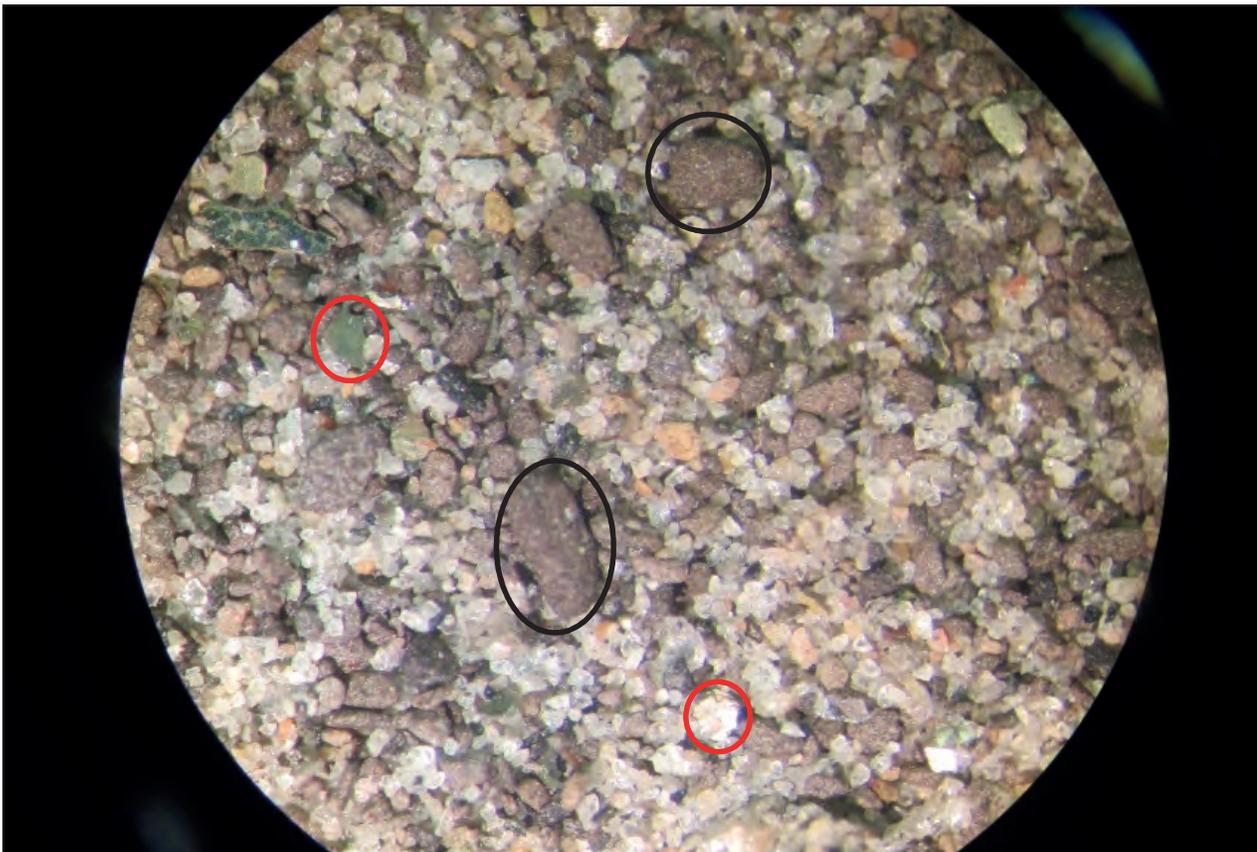


Figure 2-4 Vue à la loupe binoculaire de grains de shale (en noir) en comparaison aux grains minéraux (en rouge) au sein d'un échantillon

Pour ce faire, un volume de 20 ml de sédiments a été prélevé pour chaque échantillon homogénéisé, c'est-à-dire en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Le sous-échantillon a par la suite été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule. L'estimation de la proportion des grains de shale dans les sédiments a été réalisée à l'aide de diagrammes de référence (Shvetsov, 1995) (figure 2-5).

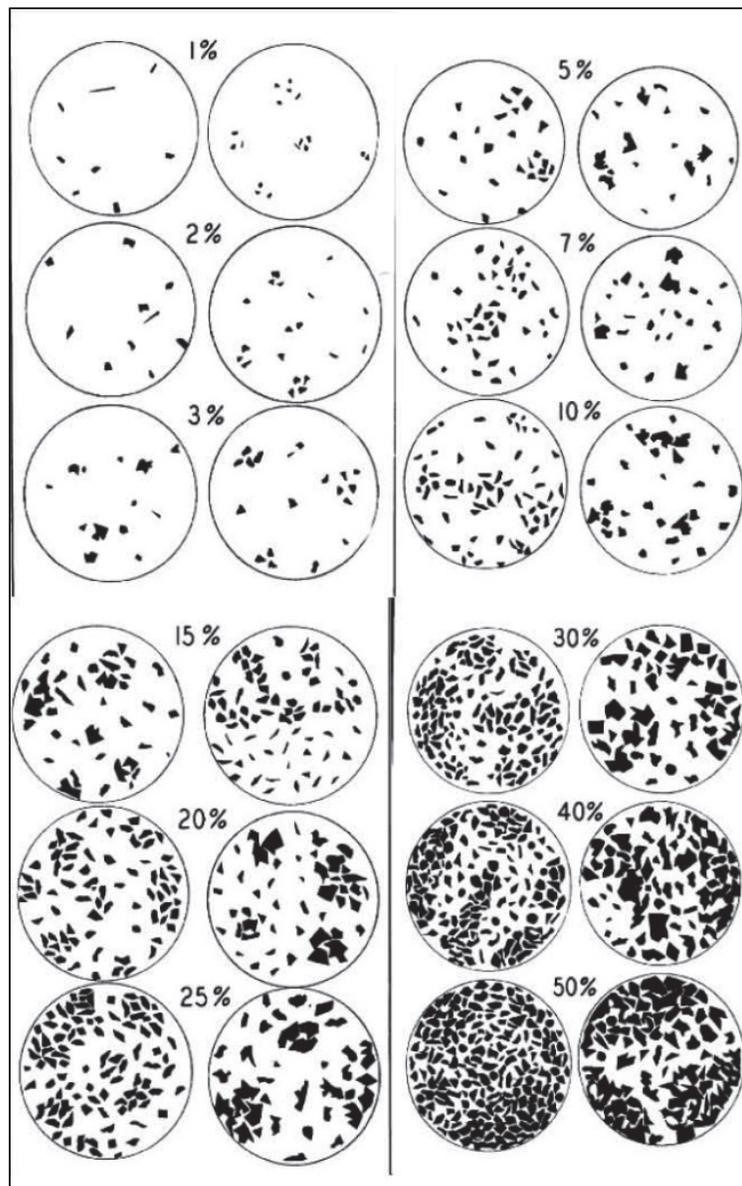


Figure 2-5 Digrammes de référence pour guider l'estimation visuelle de la proportion des constituants du sous-échantillon (Shvetsov, 1995)

Pour un même sous-échantillon, 10 points d'observation ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein de la coupelle afin d'y faire une estimation visuelle de la proportion des grains de shale. La moyenne des proportions de shale évaluées dans l'échantillon exprime le résultat final. Enfin, l'interprétation de la proportion de shale au sein des échantillons témoins pouvant varier d'une personne l'autre, il est important qu'une même personne traite tous les échantillons, de sorte que les résultats soient constants (Dryden, 1931).

3 RÉSULTATS

3.1 CAROTTAGE

Le carottage a été complété à toutes les stations (8), et ce, à toutes les profondeurs visées (tableau 3-1). La description visuelle et les tests de rubanage à l'ouverture des carottes en laboratoire ont permis d'identifier qu'à trois stations, soit BSA2_5 (secteur de Saint-Henri-de-Taillon), BSA2_1A (secteur nord de Saint-Gédéon) et BSA2_2 (secteur de Desbiens), les sédiments sont composés de silt argileux (tableau 3-1, carte 2-1 et annexes 1 et 2). Les carottes prélevées aux stations localisées au nord du lac Saint-Jean sont pour leur part toutes composées de sable fin (BSA1_1A, BSA1_1B et BSA1_1C) (tableau 3-1 et annexes 1 et 2). Enfin, les carottes provenant des stations localisées directement en face de Saint-Gédéon sont composées surtout de sable fin, la carotte la plus au nord exposant cependant à sa base une lamine silto-argileuse (tableau 3-1 et annexes 1 et 2).

Tableau 3-1 Longueur de carottes visées pour chaque station et longueur de récupération

SECTEUR	NOM DE LA STATION	LONGUEUR		COULEUR
		RÉCUPÉRÉE DE LA CAROTTE (m)	CARACTÉRISATION VISUELLE DE LA TEXTURE GRANULOMÉTRIQUE	
Vauvert	BSA1_1A	2	Sable fin	Brun-beige
	BSA1_1B	2	Sable fin	Brun
	BSA1_1C	2	Sable fin à moyen	Gris-brun
Saint-Henri-de-Taillon	BSA2_5	2	Argile silteuse	Gris-beige
Saint-Gédéon	BSA2_1A	2	Argile silteuse	Gris
	BSA2_1B	2	Sable fin avec argile à la base	Brun-gris
Belle Rivière	BSA1_5	2	Sable fin à moyen	Brun
Desbiens	BSA2_2	2	Silt argileux	Gris

3.2 GRANULOMÉTRIE

Les analyses granulométriques ont été réalisées pour l'ensemble des sous-échantillons de chacune des stations, à l'exception des trois stations composées majoritairement de silt argileux (tableau 3-2). Les résultats montrent qu'en moyenne, l'ensemble des échantillons qui a fait l'objet d'un tamisage est sableux à 96,3 % ± 3 % (tableau 3-2). La fraction fine (< 0,08 mm) compose en moyenne à 2,6 % ± 3 % de l'échantillon, alors que les graviers (> 5 mm) ne constituent qu'en moyenne 1,1 % ± 1 % des échantillons (tableau 3-2). La composition granulométrique de l'ensemble des stations est relativement similaire et se constitue donc en majorité d'un sable fin, avec un diamètre moyen similaire au D₅₀ de 0,230 mm, ce qui indique que la distribution statistique est unimodale et symétrique (tableau 3-2).

3.2.1 SECTEUR VAUVERT

Les échantillons analysés provenant des carottes prélevées dans le secteur Vauvert (BSA1-1A, BSA1-1B et BSA1-1C) ne présentent que très peu de variations granulométriques verticales (figure 3-1). La comparaison avec les fuseaux 0-5 mm et 0-20 mm démontre que la granulométrie des bancs d'emprunt subaquatiques du secteur Vauvert ne rencontre pas les critères requis pour les rechargements de plage puisque les sédiments sont trop fins.

3.2.2 SECTEUR SAINT-HENRI-DE-TAILLON

L'échantillon provenant du secteur de Saint-Henri-de-Taillon (BSA2_5) est composé de silt argileux, faisant en sorte que ce banc d'emprunt ne rencontre pas les critères requis pour les rechargements de plage puisqu'il est composé de sédiments trop fins (figure 3-2).

3.2.3 SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON

Seule une des deux carottes prélevées dans le banc d'emprunt du secteur de Saint-Gédéon (BSA2-1B) a été analysée, la carotte BSA2_1A ne présentant que des sédiments silto-argileux (figure 3-3). L'analyse des échantillons de la carotte BSA2-1B ne montre pas de variations granulométriques verticales (figure 3-1). La comparaison avec les fuseaux 0-5 mm et 0-20 mm indique que la granulométrie des bancs d'emprunt du secteur de Saint-Gédéon ne rencontre pas les critères requis pour les rechargements de plage puisque les sédiments y sont trop fins (figure 3-1).

3.2.4 SECTEUR DE BELLE RIVIÈRE

Les échantillons analysés provenant de la carotte prélevée dans le secteur de la Belle Rivière (BSA1-5) ne présentent que très peu de variations granulométriques verticales (figure 3-1). La comparaison avec les fuseaux 0-5 mm et 0-20 mm démontre que la granulométrie du banc d'emprunt de ce secteur ne rencontre pas les critères requis pour les rechargements de plage puisque les sédiments sont trop fins (figure 3-1).

3.2.5 SECTEUR DE DESBIENS

L'échantillon provenant du secteur de Desbiens (BSA2_2) est composé de silt argileux, faisant en sorte que ce banc d'emprunt ne rencontre pas les critères requis pour les rechargements de plage puisqu'il est constitué de sédiments trop fins (figure 3-4).

3.3 CONTAMINATION EN SHALE

Tout d'abord, il est à noter que les comptages pétrographiques n'ont pas été réalisés sur les échantillons présentant une forte proportion de sédiments silto-argileux. Les résultats des comptages pétrographiques montrent que les échantillons provenant de l'ensemble des niveaux des carottes du secteur Vauvert ont tous des proportions de shale inférieures à 3 %. Les échantillons provenant de tous les niveaux analysés de chacune des carottes localisées dans le secteur de Saint-Gédéon montrent une problématique de contamination en shale, particulièrement en surface à la station BSA1_5, avec des pourcentages allant de 10 à 50 % (carte 3-1 et annexe 3).

Tableau 3-2: Synthèse des résultats des analyses granulométriques de l'ensemble des échantillons

Appellation (Blot and Pye, 2001)	Équivalent en mm	Équivalent Génie civil	BSA1-1C			BSA2-1B			BSA1-1B			BSA1-1A			BSA1-5			fuseau 0-5 mm	0-5 max	fuseau 0-20 mm	0-20 max
			0-68 cm	68-134 cm	134-200 cm	0-68	68-134	134-200	0-68	68-134	134-200	0-68	68-134	134-200	0-68	68-134	134-200				
V COARSE GRAVEL:	64	Gravier	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
COARSE GRAVEL:	32	Gravier	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
MEDIUM GRAVEL:	16	Gravier	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%
FINE GRAVEL:	8	Gravier	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	98%	98%	100%	100%	100%	46%
	5	Gravier	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	98%	98%	100%	100%	90%	30%
V FINE GRAVEL:	4	Sable	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	97%	98%	100%	95%	83%	15%
V COARSE SAND:	2	Sable	100%	99%	98%	99%	100%	99%	100%	100%	100%	98%	100%	99%	100%	95%	97%	100%	50%	62%	0%
COARSE SAND:	1	Sable	96%	93%	88%	99%	99%	98%	100%	100%	100%	98%	98%	94%	99%	90%	96%	74%	0%	45%	0%
MEDIUM SAND:	0,5	Sable	75%	72%	64%	84%	85%	83%	86%	87%	86%	84%	80%	72%	83%	71%	80%	52%	0%	28%	0%
FINE SAND:	0,25	Sable	51%	48%	43%	56%	57%	56%	58%	61%	60%	57%	54%	48%	55%	47%	53%	9%	0%	8%	0%
V FINE SAND:	0,125	Sable	26%	25%	22%	29%	29%	29%	31%	35%	33%	31%	28%	25%	28%	24%	27%	6%	0%	6%	0%
	0,08	Sable	7%	7%	6%	8%	8%	8%	8%	11%	9%	8%	8%	7%	7%	6%	7%	5%	0%	2%	0%
V COARSE SILT:	0,063	Silt	2%	1%	1%	1%	1%	1%	4%	10%	7%	5%	3%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
COARSE SILT:	0,031	Silt	2%	1%	1%	1%	1%	1%	3%	8%	6%	4%	3%	1%	0%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
MEDIUM SILT:	0,016	Silt	1%	1%	0%	1%	1%	1%	2%	7%	5%	3%	2%	1%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
FINE SILT:	0,008	Silt	1%	1%	0%	1%	1%	1%	2%	5%	4%	2%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
V FINE SILT:	0,004	Silt	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	3%	2%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
CLAY:	0,002	Argile	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pourcentage absolu		Gravier	0,3%	0,7%	2,2%	0,7%	0,3%	0,7%	0,0%	0,0%	0,0%	1,9%	0,3%	1,2%	0,1%	4,9%	2,7%	1,1%	1%		
		Sable	97,8%	98,0%	97,1%	98,2%	98,6%	97,8%	96,4%	89,9%	92,7%	93,3%	96,6%	98,0%	99,6%	94,5%	96,4%	96,3%	3%		
		Silt et argile	1,9%	1,3%	0,6%	1,2%	1,2%	1,4%	3,6%	10,0%	7,3%	4,8%	3,1%	0,8%	0,2%	0,6%	0,9%	2,6%	3%		

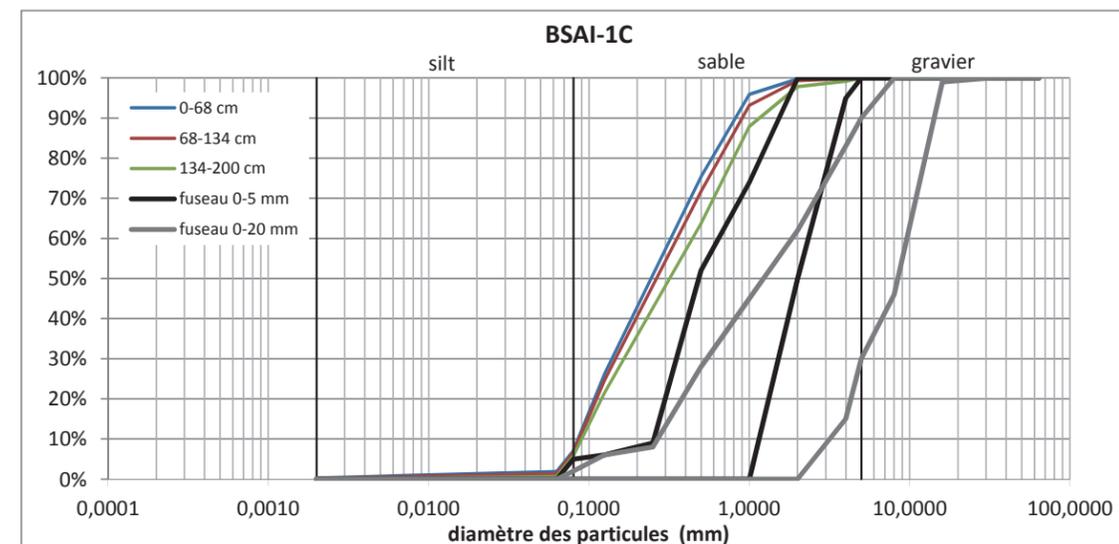
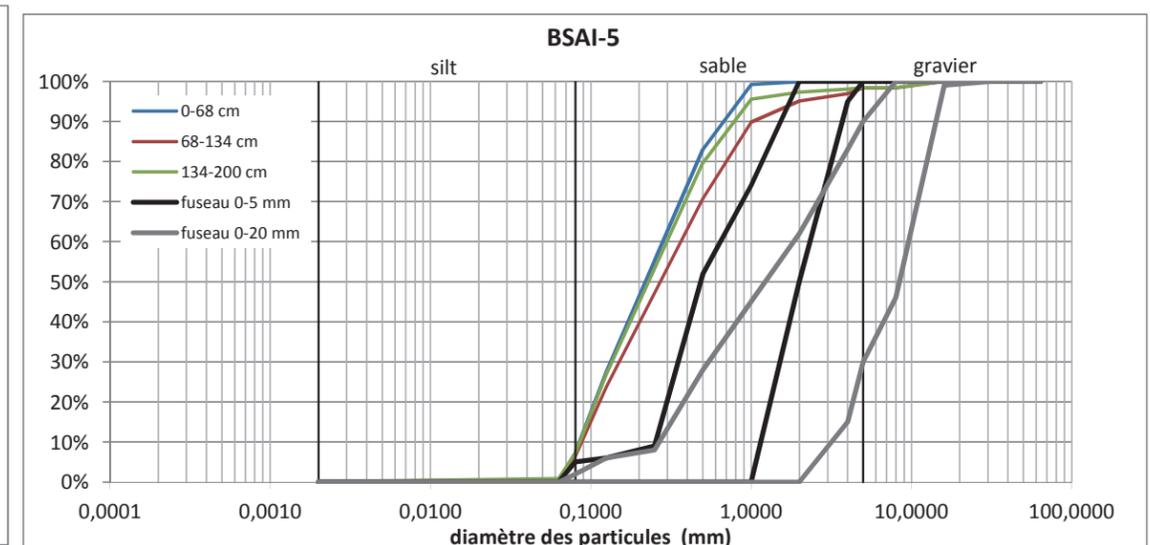
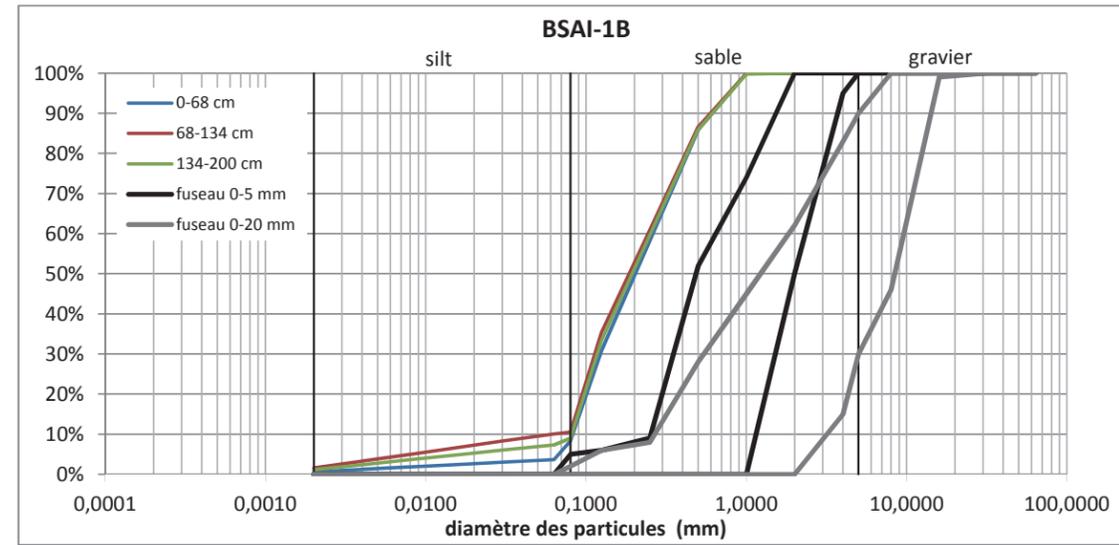
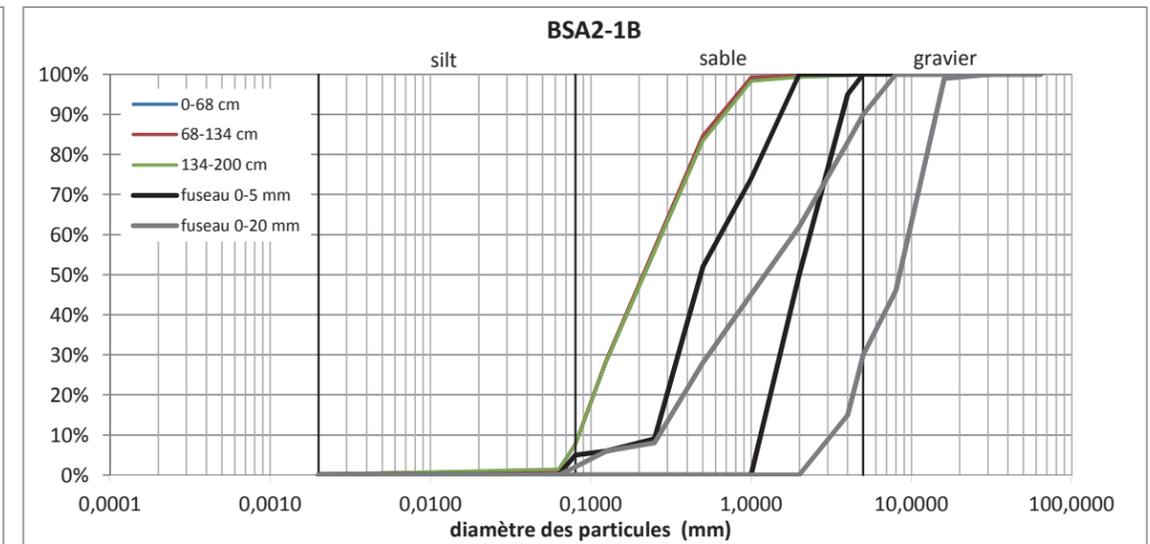
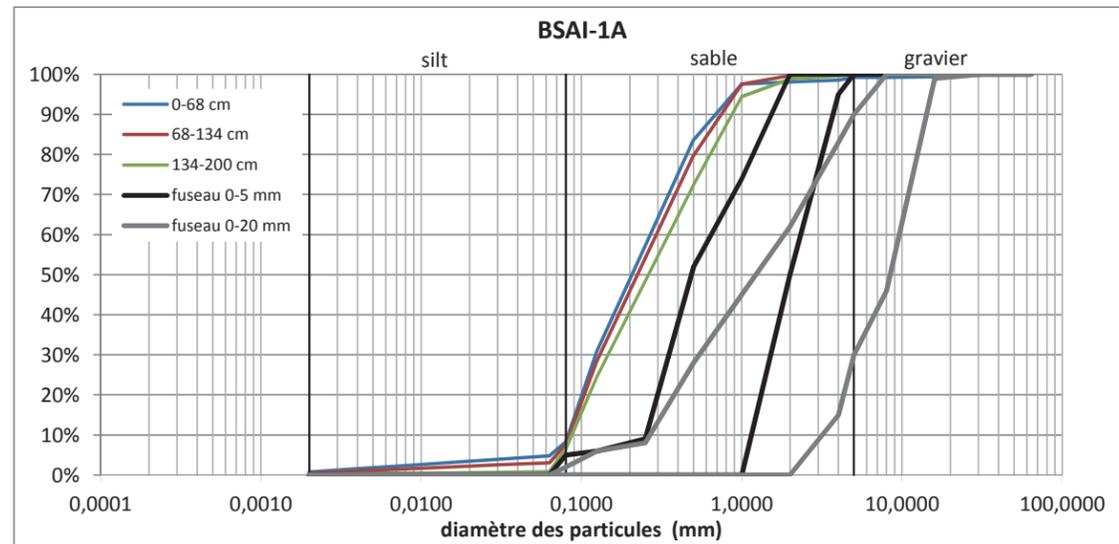


Figure 3-1 Courbes granulométriques

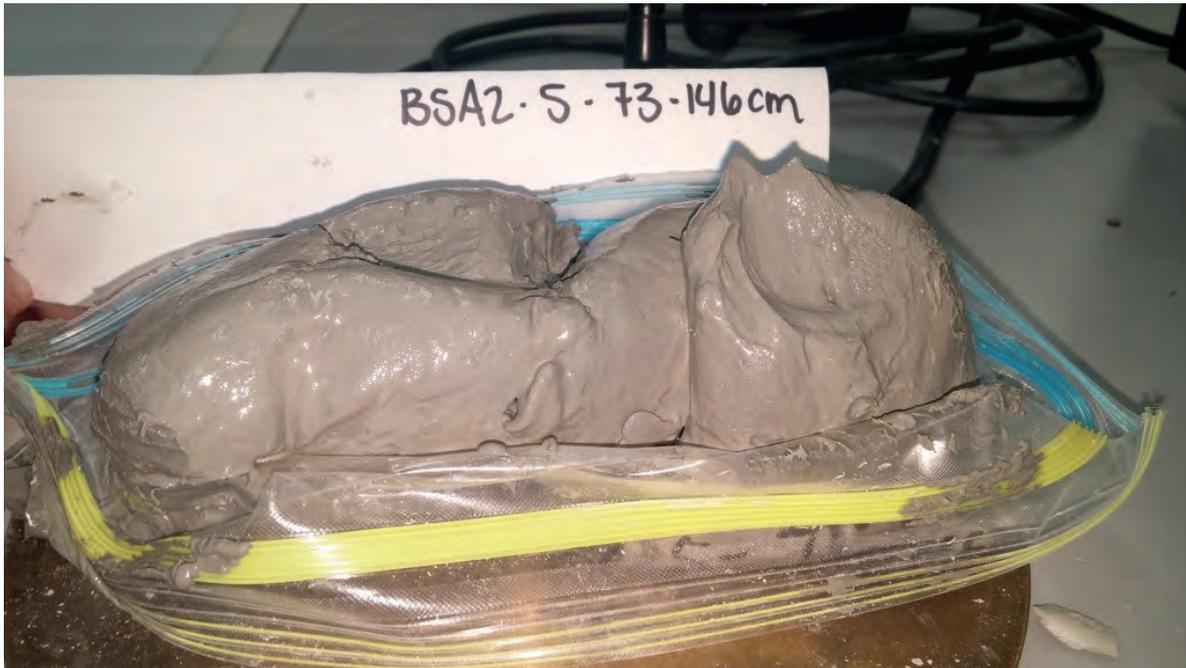


Figure 3-2 Exemple d'échantillon composé de silt argileux dans le secteur de Saint-Henri-de-Taillon

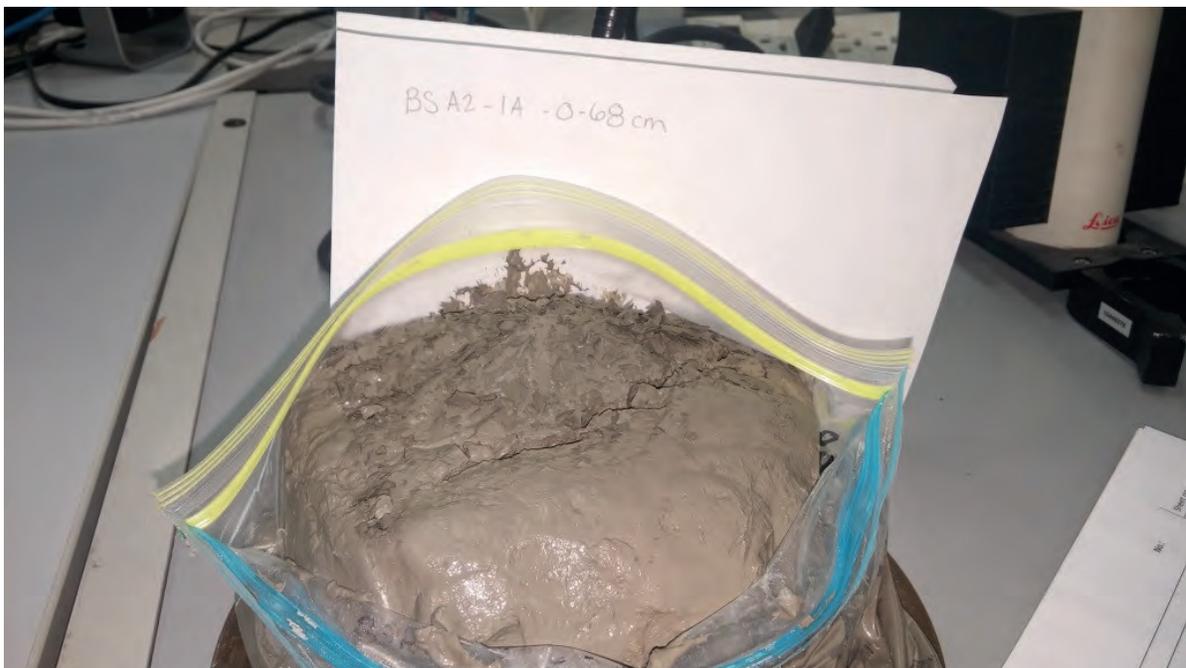


Figure 3-3 Exemple d'échantillon composé de silt argileux dans le secteur de Saint-Gédéon

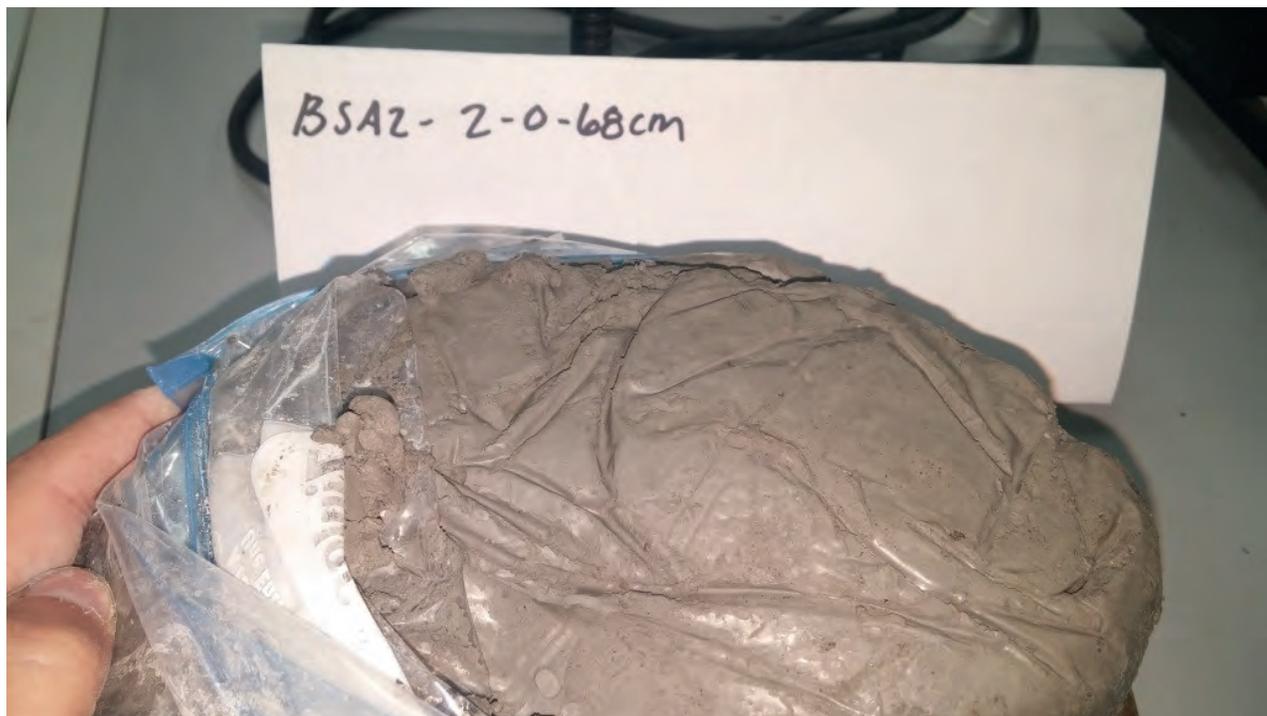
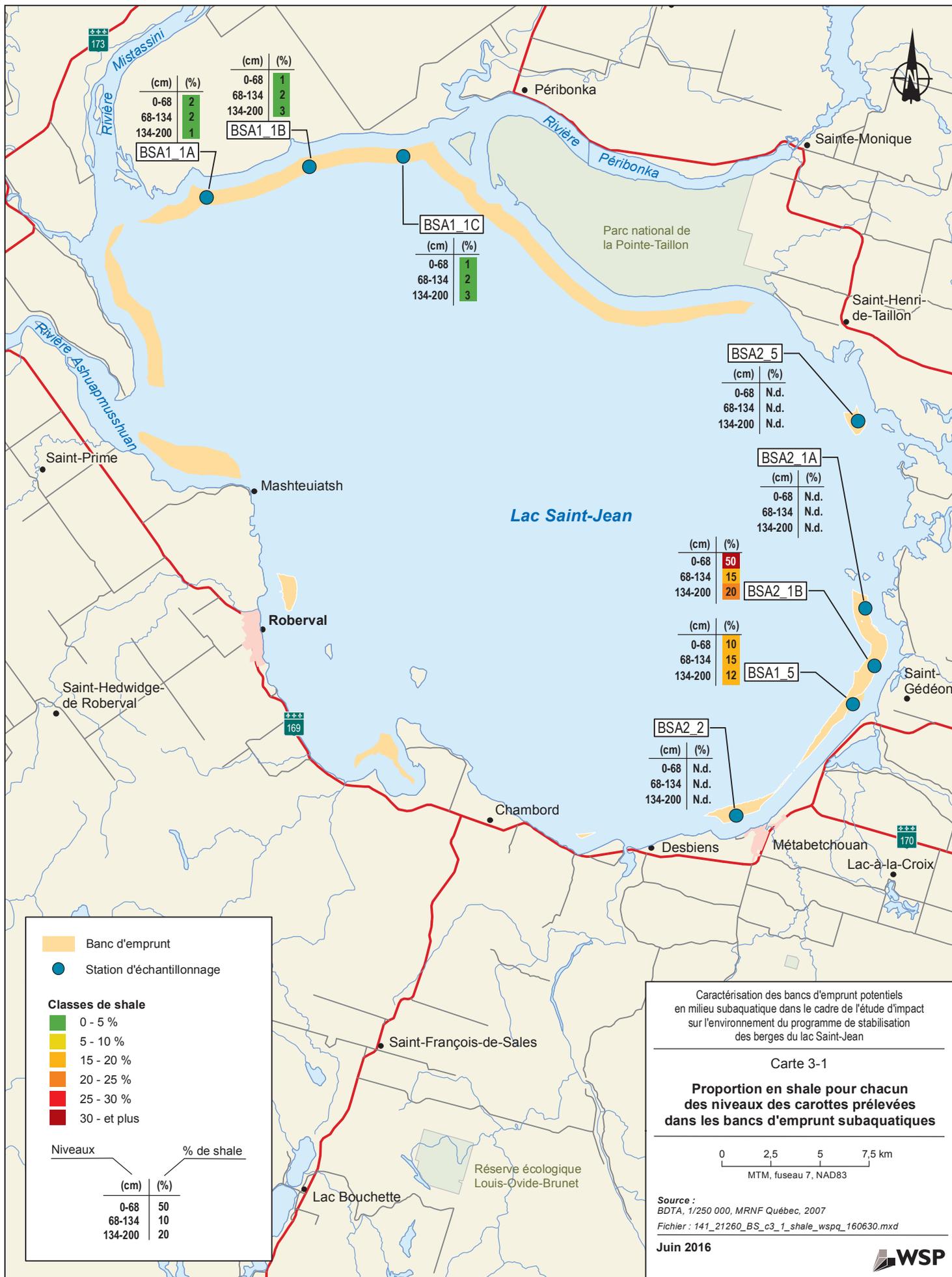


Figure 3-4 Exemple d'échantillon composé de silt argileux dans le secteur de Saint-Henri-de-Taillon



(cm)	(%)
0-68	2
68-134	2
134-200	1

(cm)	(%)
0-68	1
68-134	2
134-200	3

(cm)	(%)
0-68	1
68-134	2
134-200	3

(cm)	(%)
0-68	N.d.
68-134	N.d.
134-200	N.d.

(cm)	(%)
0-68	N.d.
68-134	N.d.
134-200	N.d.

(cm)	(%)
0-68	50
68-134	15
134-200	20

(cm)	(%)
0-68	10
68-134	15
134-200	12

(cm)	(%)
0-68	N.d.
68-134	N.d.
134-200	N.d.

Banc d'emprunt

Station d'échantillonnage

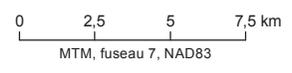
Classes de shale

- 0 - 5 %
- 5 - 10 %
- 15 - 20 %
- 20 - 25 %
- 25 - 30 %
- 30 - et plus

Niveaux	(cm)	% de shale
	0-68	50
	68-134	10
	134-200	20

Caractérisation des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean

Carte 3-1
Proportion en shale pour chacun des niveaux des carottes prélevées dans les bancs d'emprunt subaquatiques



Source : BDTA, 1/250 000, MRNF Québec, 2007
 Fichier : 141_21260_BS_c3_1_shale_wspq_160630.mxd

4 DISCUSSION - CONCLUSION

La campagne de caractérisation sédimentaire des bancs d'emprunt potentiels en milieu subaquatique réalisée dans la semaine du 10 mars 2016 comprend huit stations d'échantillonnage. Ces stations ont été positionnées le long des bancs d'emprunt subaquatiques préalablement identifiés selon des critères techniques, socio-économiques et environnementaux, ainsi qu'en fonction de l'état des connaissances. Le portrait de la composition granulométrique et des teneurs en shale des sédiments en surface et en profondeur a été effectué dans le but de vérifier la possibilité d'utiliser les sédiments provenant de bancs d'emprunt subaquatiques pour les rechargements de plage en sable ou en gravillon.

4.1 SECTEUR DE SAINT-HENRI-DE-TAILLON, SAINT-GÉDÉON (NORD) ET DESBIENS

Les analyses montrent que trois des stations sont composées majoritairement de silt-argileux sur toute la longueur des carottes. La présence de ces sédiments à ces profondeurs laisse croire que ce sont les argiles postglaciaires de la mer de Laflamme qui affleurent localement à la surface du fond lacustre. La présence de cette unité ancienne infirme l'hypothèse de la présence de bancs d'emprunt subaquatiques exploitables dans les secteurs de Saint-Henri-de-Taillon, au nord de Saint-Gédéon et de Desbiens. Ce fait laisse croire qu'il existe à ces endroits une dynamique sédimentaire davantage érosive que favorable aux accumulations sédimentaires, mettant à nu ainsi les sédiments anciens.

4.2 SECTEUR VAUVERT

Les stations localisées au nord du lac Saint-Jean, dans le secteur Vauvert, sont composées majoritairement de sable fin, et ce, jusqu'à 2 m de profondeur, soit la profondeur théorique visée pour les dragages. La variabilité granulométrique verticale à l'intérieur des carottes BSA1_1A et 1C montre l'influence d'une dynamique sédimentaire légèrement plus variable en raison de la proximité de l'embouchure des rivières Mistassini et Péribonka. En contrepartie, la carotte BSA1_1B ne montre aucune variabilité granulométrique verticale, ce qui s'explique par une dynamique sédimentaire particulièrement constante entre les deux rivières. Il est important de noter que les proportions de shale à ces stations sont inférieures à 5 %, ce qui confirme que ces bancs d'emprunt subaquatiques sont localisés en amont des écoulements glaciaires ou d'eaux de fonte glaciaire qui ont érodé, voilà plusieurs milliers d'années, les unités géologiques de shale problématiques.

Les courbes granulométriques de chacun des échantillons sont ainsi toutes situées à l'extérieur des fuseaux granulométriques 0-5 mm et 0-20 mm, soit dans les fractions les plus fines. Or les recharges de plage dans ce secteur requièrent du matériel, tant dans le fuseau 0 – 5 mm que dans le fuseau 0 – 20 mm.

En considérant que les bancs d'emprunt subaquatiques du secteur ne contiennent que des traces de gravier ($\leq 2\%$), il devient impossible de considérer ces derniers pour alimenter les recharges en gravillons,

En ce qui concerne les zones de recharges en sable, l'utilisation des matériaux fins dragués sur les bancs d'emprunt subaquatiques ferait en sorte que les sédiments seraient mobilisés plus rapidement par les processus littoraux, amplifiant ainsi les processus d'érosion, ce qui rendrait les plages plus vulnérables et nécessiterait une augmentation de la fréquence des rechargements. De plus, la mobilisation plus importante des matériaux fins entraînerait la formation de panaches de turbidité et donc des conséquences sur le plan environnemental. En somme, ce matériel ne respecte pas les seuils granulométriques 0-5 et 0-20 mm.

Les bancs d'emprunt en milieu subaquatiques dans le secteur nord du lac Saint-Jean ne peuvent donc pas être utilisés pour les rechargements de plage du PSBSLJ. Selon l'état des connaissances actuelles pour cette région, les bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre et situés à des distances raisonnables des zones de recharge sont aptes à fournir d'importants volumes en sable de qualité. Cependant, les mêmes bancs d'emprunts en milieu terrestre présentent certaines problématiques d'approvisionnement en gravillons. À cet égard, d'autres recherches devront être conduites en milieu terrestre dans ce secteur afin de trouver des sources d'emprunt aptes à fournir du gravillon aux zones de recharges environnantes.

4.3 SECTEUR DE SAINT-GÉDÉON

Les stations localisées en face de Saint-Gédéon et de l'embouchure de la Belle Rivière sont composées majoritairement de sable fin jusqu'à 2 m de profondeur, soit la profondeur théorique visée pour les dragages. Ces carottes montrent également une très faible variabilité verticale sur le plan granulométrique, bien que les courbes granulométriques de la carotte BSA1_5 diffèrent légèrement en raison de la fluctuation de la compétence des courants à proximité de l'embouchure de la Belle Rivière et en raison de la dynamique littorale plus active à cet endroit. Les évaluations de la teneur en shale pour chacun des niveaux de ces deux carottes indiquent des valeurs pouvant atteindre jusqu'à 50 %, ce qui démontre d'une part que les sédiments peuvent provenir des matériaux de rechargement déposés depuis 1986 sur les plages du banc de sable de Métabetchouan et qui ont été transportés par dérive littorale jusqu'à cet endroit. D'autre part, l'origine des shales contenus dans les niveaux de ces carottes peuvent aussi provenir d'unités sédimentaires anciennes provenant de secteurs localisés en aval des écoulements glaciaires ou d'eaux de fonte glaciaire qui ont érodé, voilà plusieurs milliers d'années, les unités géologiques problématiques de shale situées dans la région de Chambord.

Les courbes granulométriques des échantillons provenant de ce secteur sont toutes à l'extérieur des fuseaux granulométriques 0-5 mm et 0-20 mm. Pour les mêmes raisons que celles évoquées pour le secteur Vauvert, les matériaux provenant des bancs d'emprunt subaquatiques au sud du lac Saint-Jean ne peuvent être utilisés pour les rechargements de plage, et ce, tant pour les recharges en sable qu'en gravillon. À ces problématiques s'ajoutent les fortes proportions de shales contenues dans les sédiments. Ce fait démontre que l'utilisation des bancs d'emprunt subaquatiques de la région de Saint-Gédéon n'est pas plus avantageuse sur le plan de la qualité des matériaux que les bancs d'emprunt en milieu terrestre. Les bancs d'emprunt du milieu subaquatique ne peuvent donc être utilisés pour les rechargements de plage du secteur sud-est du lac Saint-Jean.

En plus de la complexité des opérations de dragage et de transport des sédiments aux zones de recharges et des enjeux environnementaux que ces opérations soulèvent, l'ensemble des résultats de la

caractérisation des bancs d'emprunt identifiés en milieu subaquatique au large des berges du lac Saint-Jean démontre qu'aucun d'entre eux ne convient pour le rechargement de plage en sable ou en gravillon. Aucun banc ne rencontre les critères granulométriques recherchés, ce qui exigerait des tamisages. De plus, les bancs localisés au sud du lac Saint-Jean présentent une problématique de contamination en shale, ce qui ne présente aucun avantage comparatif par rapport aux bancs d'emprunt terrestres. Les efforts de recherche et de caractérisation de bancs d'emprunt doivent donc se concentrer sur le milieu terrestre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BLOTT, S.J. et K. PYE. 2001. GRADISTAT : a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*. 26 (11): 1237-1248.
- DRYDEN, JR. 1931. Accuracy in percentage representation of heavy mineral frequencies. *Proceedings of the national academy of sciences*, 5(12): 233-238.
- OSBORNE HUTTON, C. 1950. *Studies of heavy detrital minerals*. *Bulletin of the geological society of America*, 61: 635-710.
- SHVETSOV, M.S. 1995. Summary of concerning some additional aids in studying sedimentary formations. *Journal of sedimentary petrology*, 25: 229-234.

Annexe 1

**NOTES DE LABORATOIRE LORS DE
L'OUVERTURE DES CAROTTES**

136 L³ 45 cm → 65

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00
 Titre du projet Caractérisations sédimentaires
 Client TPSGC

DATE: 11/03/2010
 HAVRE: _____
 STATION: BSA2-2
 HEURE: ?

Surface
 Carotte

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 ⁽¹⁾	Consistance D3 ⁽¹⁾	Structure D4 ⁽¹⁾
A	0-20 0-65 cm	GRIS	ARGILE	∅	∅	Humide Humide	TRES mou	Homogène
B	65-134 20-50 cm	"	"	∅	∅	Humide Humide	"	"
C	134-200 50-120 cm	"	"	∅	∅	"	mou	"

2 POTS

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES : A: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
 (encerclez) B: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
 C: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité

COMMENTAIRES : _____



2 POTS + 1 SAC / INTERVALLE

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00
Titre du projet Caractérisations sédimentaires
Client TPSGC

DATE: 13/03/2016
HAVRE:
STATION: BSA1-10
HEURE: 10:50 - 12:00

Surface
Carotte

2 POTS
~~1 POT~~
~~1 POT~~

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 (1)	Consistance D3 (1)	Structure D4 (1)
A	0-68 0-20 cm	BROWN - BEIGE	SABLE FINE	∅	∅	HUMIDE	COMPACT	HOMOGÈNE
B	68-134 20-50 cm	BROWN	SABLE TRÈS FINE	∅	∅	"	"	"
C	134-200 50-120 cm	BROWN FORCÉ	SABLE TRÈS FINE ET FINE	∅	∅	"	"	"

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES : A: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
(encerclez) B: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
C: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité

COMMENTAIRES :



115 L³ = 38 pour 73

1 SAC / INTERVALLE
+ 1 ROT / INT

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00
Titre du projet Caractérisations sédimentaires
Client TPSGC

DATE: 12/03/2016
HAVRE: _____
STATION: BSA2-5
HEURE: 13:30 - 14:30

Surface
Carotte

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 ⁽¹⁾	Consistance D3 ⁽¹⁾	Structure D4 ⁽¹⁾
A	0-20 0-73 cm	GRIS-BEIGE	ARGILE	∅	∅	HUMIDE	TRÈS MOD	HOMOGÈNE
B	20-50 73-146 cm	GRIS	ARGILE SILTEUSE	∅	∅	"	"	"
C	50-120 146-220 cm	GRIS	"	∅	∅	"	"	"

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES : A: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
(encerclez) B: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
C: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité

COMMENTAIRES : _____



1 POT + 1 SAC
PAR INT

Ø PHOTO DE LA CAROTTE
EN SAC DÉJÀ

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00

Titre du projet Caractérisations sédimentaires

Client TPSGC

DATE: 13/03/2016
HAVRE: _____
STATION: BSA1-1C
HEURE: 12:40 à 14:00

Surface
Carotte

→ DÉJÀ EN SAC

H2 POSS
1 POT
1 POT

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 ⁽¹⁾	Consistance D3 ⁽¹⁾	Structure D4 ⁽¹⁾
A	0-68 cm 0-26 cm	GRIS BRUN	SABLE FINE ET MOYEN	Ø		Humide	Ø	Ø
B	68-134 cm 20-50 cm	"	"	Ø		Ø	Ø	Ø
C	134-200 cm 50-120 cm	BRUN	SABLE MOYEN ET GROSSIER	Ø		Ø	Ø	Ø

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES : A: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
 (encerclez) B: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
 C: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité

COMMENTAIRES : _____



2 POTS + 1 SAC / INTERVALLE

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet ~~15144017-00~~

Titre du projet Caractérisations sédimentaires

Client TPSCG

DATE: 10/03/2010
 HAVRE: _____
 STATION: BR-D2
 HEURE: 14 à 18:00

Surface
 Carotte

2 POTS
"
"

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 ⁽¹⁾	Consistance D3 ⁽¹⁾	Structure D4 ⁽¹⁾
A	0-20 0-50 cm	GRIS BEIGE	SABLE FIN	∅	∅	HUMIDE	MOU	HOMOGÈNE
B	20-50 50-100 cm	BRUN NOIR	SABLE FIN ET MOYEN	∅	∅	"	COMPACT	STRATIFIÉ
C	50-120 100-150 cm	"	SABLE MOYEN ET GROSSIER	∅	∅	"	"	STRATIFIÉ

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES :	A:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité
(encerclez)	B:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité
	C:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité

COMMENTAIRES :

D	150-200	GRIS-BRUN	IDEM	∅	∅	"	"	STRATIFIÉ HOMOGÈNE
E	200-250	BRUN	SABLE FIN + MOYEN	∅	∅	"	"	"
F	250-300	"	"	∅	∅	"	"	"
G	300-320	"	"	∅	∅	"	"	"



123 (3) 41 cm → 68 cm

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00
Titre du projet Caractérisations sédimentaires
Client TPSGC

DATE: 11/03/2016
HAVRE: _____
STATION: BSA2-1A
HEURE: 10:30 - 12:00

Surface
Carotte

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 (1)	Consistance D3 (1)	Structure D4 (1)
A	0-68 0-20 cm	GRIS	ARGILE SILTEUSE	∅	∅	MU HUMIDE	TRÈS MOU	HOMOGÈNE
B	68-134 20-50 cm	"	TRACES GRAVIER	∅	∅	"	"	"
C	134-200 50-120 cm	"	TRACES PRÉSENCE DE GRAVIER	∅	∅	"	MOU	"

2 POTS
~~ETS~~
~~1A~~

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

1 SAC/INTERVALLE

ANALYSES : A:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité
(encerclez) B:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité
C:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité

COMMENTAIRES :



1363 = 45

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00

Titre du projet Caractérisations sédimentaires

Client TPSGC

DATE: 10/03/2016

HAVRE: _____

STATION: BSA1-5

HEURE: 11:00 à 13:00

Surface

Carotte

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 ⁽¹⁾	Consistance D3 ⁽¹⁾	Structure D4 ⁽¹⁾
A	0-68 0-20 cm	BRUN ET BEIGE	SABLE FIN	∅	∅	HUMIDE	COMPACTE	STRATIFIÉ
B	68-134 20-50 cm	BRUN - BEIGE ET BRUN FORCÉ	SABLE FIN ET MOYEN	∅	Bois	"	"	"
C	134-200 50-120 cm	BRUN FORCÉ	"	∅	Bois	"	"	HOMOGÈNE

2x

1

1

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

+ 1 SAC / INTERVALLE

ANALYSES :	A:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité
(encerclez)	B:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité
	C:	Métaux	HAP	BPC	C ₁₀ -C ₅₀	COT	Granulo/sédimento	Conductivité

COMMENTAIRES :

128 L3 ^{EP}
= 43 cm pour 68 cm

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00
Titre du projet Caractérisations sédimentaires
Client TPSGC

DATE: 13/03/2016
HAVRE: _____
STATION: BSA1-1A
HEURE: 9:00 - 10:20

Surface
Carotte

2 POTS

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 ⁽¹⁾	Consistance D3 ⁽¹⁾	Structure D4 ⁽¹⁾
A	0-68 0-20 cm	BRUN BEIGE	SABLE FINE ET TRÈS FINE	Ø	Ø	HUMIDE	COMPACT	STRATIFIÉ
B	68-134 20-50 cm	BRUN	SABLE FINE	Ø	Ø	"	"	"
C	134-200 50-120 cm	BRUN-BEIGE ROUILLE	SABLE FINE ET MOYEN	Ø	Ø	"	"	"

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES : A: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
(encerclez) B: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
C: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité

COMMENTAIRES : _____

123 L3 = 41 cm

SOUS-ÉCHANTILLONAGE DES STRATES

No de projet 151-11017-00
 Titre du projet Caractérisations sédimentaires
 Client TPSGC

DATE: 11/03/2016
 HAVRE: _____
 STATION: BSA2-1B
 HEURE: 13:00 - 14:00

Surface
 Carotte

2 fois

Strate	intervalle	Couleur Munsell	Texture /granulo	Odeur	Présence de débris/MO	Contenu en eau D2 (1)	Consistance D3 (1)	Structure D4 (1)
A	0-60 0-20 cm	BROU - GRIS	SABLE TRÈS FINE	Ø	Ø	HUMIDE	COMPACT	HOMOGÈNE
B	60-120 20-50 cm	"	"	Ø	Ø	"	"	"
C	120-200 50-120 cm	"	"			"	"	"

(1) Se référer à l'annexe D du Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 2. (Env. Can. 2002)

ANALYSES : A: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
 (encerclez) B: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité
 C: Métaux HAP BPC C₁₀-C₅₀ COT Granulo/sédimento Conductivité

COMMENTAIRES : - COUCHE ARGILE À LA FIN DE LA CAROTTE +/- 2 cm

Annexe 2

PHOTOS DES ÉCHANTILLONS LORS DE
L'OUVERTURE DES CAROTTES



Photo 1 – Carotte BR-D2



Photo 2 – Carotte BSA1-1B



Photo 3 – Carotte BSA2- 1A



Photo 4 – Carotte BSAI-5



Photo 5 – Carotte BSA2- 5



Photo 6 – Carotte BSAI-1A



Photo 7 – Carotte BSA2-1B



Photo 8 – Carotte BSA2-2

Annexe 3

PHOTOS DES ÉCHANTILLONS ANALYSÉS LORS DU
COMPTAGE PÉTROGRAPHIQUE



Photo 1 – Présence de shale dans la station BSA1-5 de 0 à 68 cm de profondeur.



Photo 2 – Présence de shale dans la station BSA1-5 de 68 à 134 cm de profondeur.



Photo 3 – Présence de shale dans la station BSA1-5 de 134 à 200 cm de profondeur.

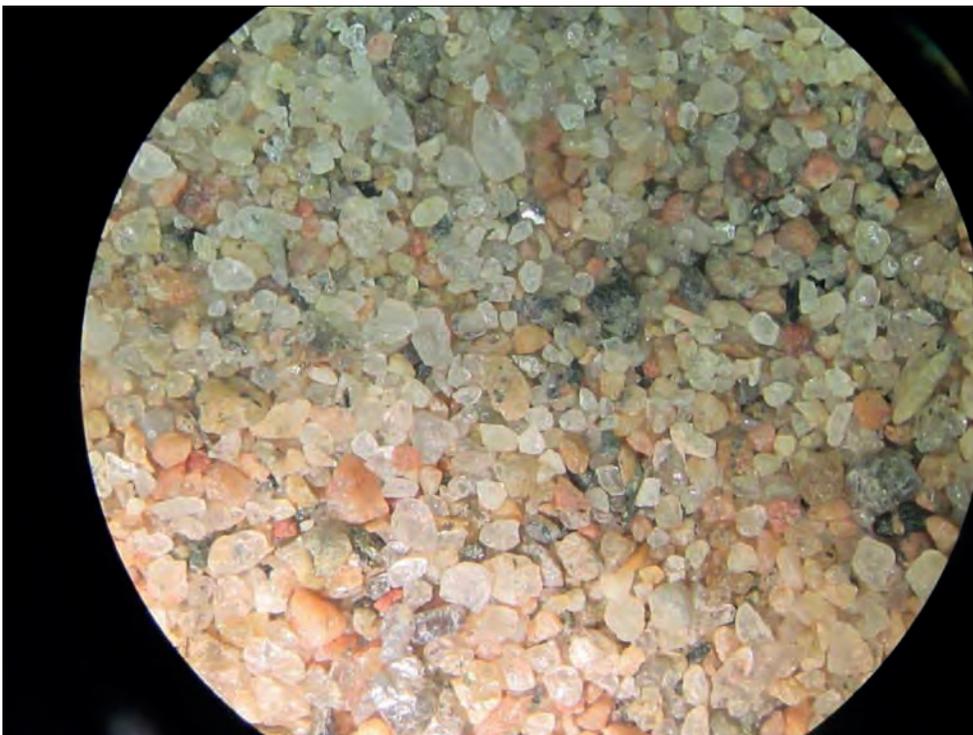


Photo 4 – Faible proportion en shale dans la station BSAI-1C de 0 à 68 cm de profondeur.



Photo 5 – Faible proportion en shale dans la station BSAI-1C de 68 à 134 cm de profondeur.



Photo 6 – Faible proportion en shale dans la station BSAI-1C de 134 à 200 cm de profondeur.

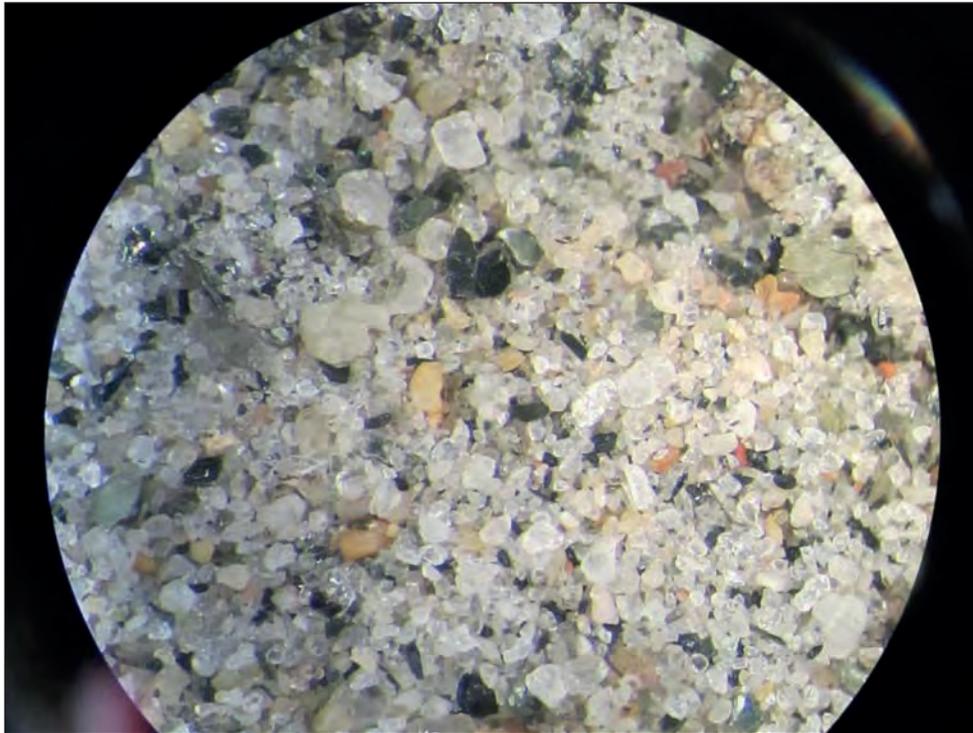


Photo 7 – Faible proportion en shale dans la station BSAI-1A-de 0 à 68 cm de profondeur.

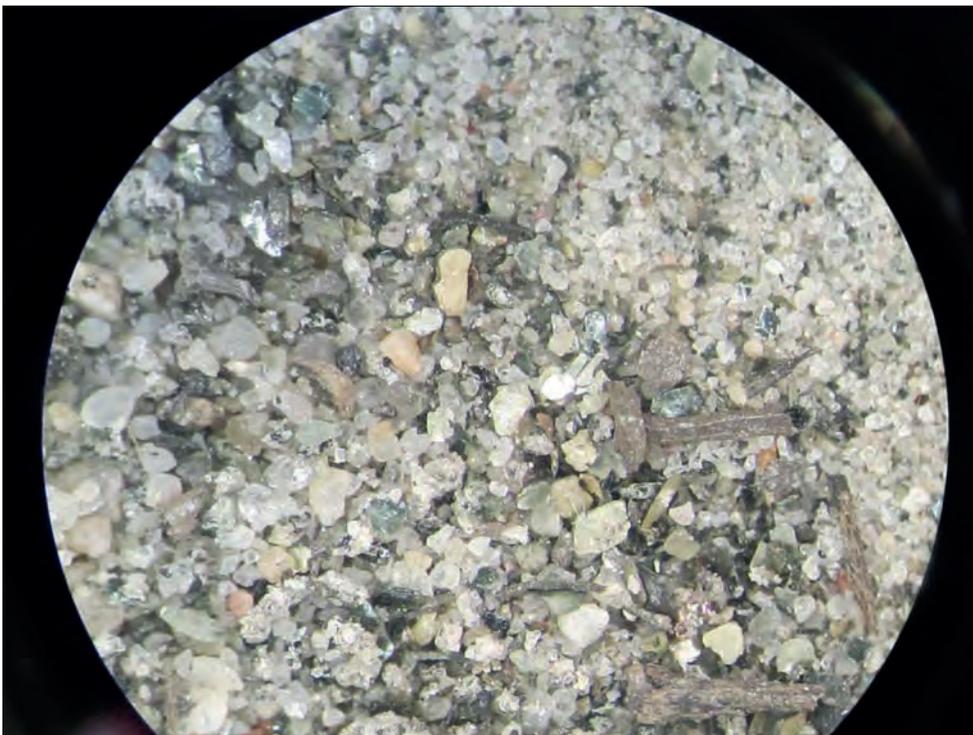


Photo 8 – Faible proportion en shale dans la station BSAI-1A-de 68 à 134 cm de profondeur.



Photo 9 – Faible proportion en shale dans la station BSAI-1A-de 134 à 200 cm de profondeur.



Photo 10 – Présence de shale dans la station BSA2-1B de 0 à 68 cm de profondeur.

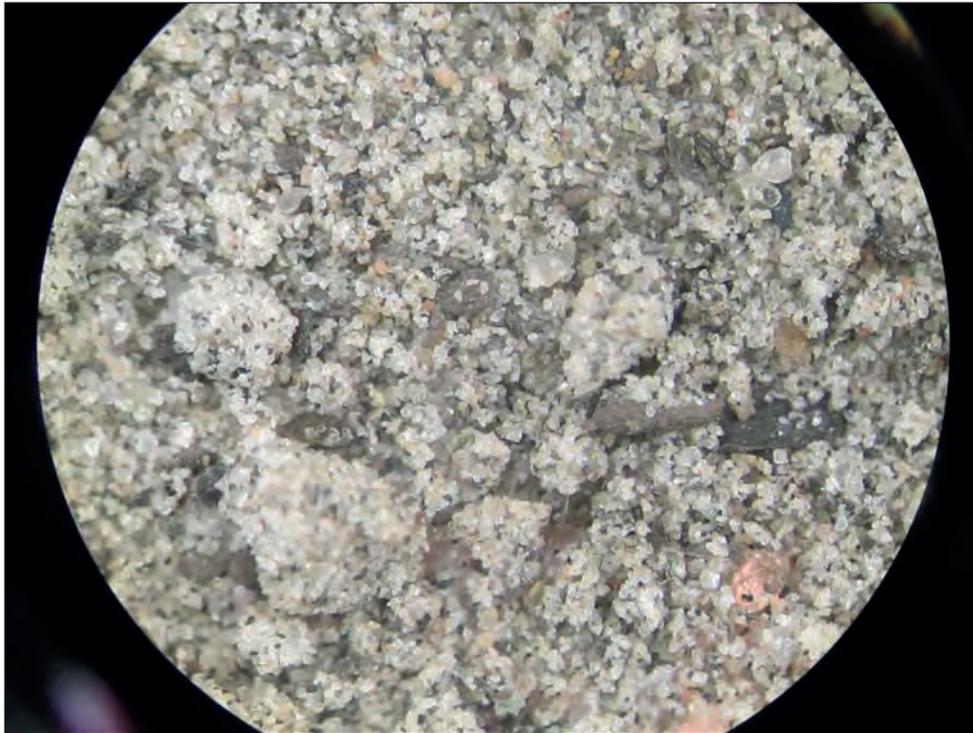


Photo 11 – Présence de shale dans la station BSA2-1B de 68 à 134 cm de profondeur.

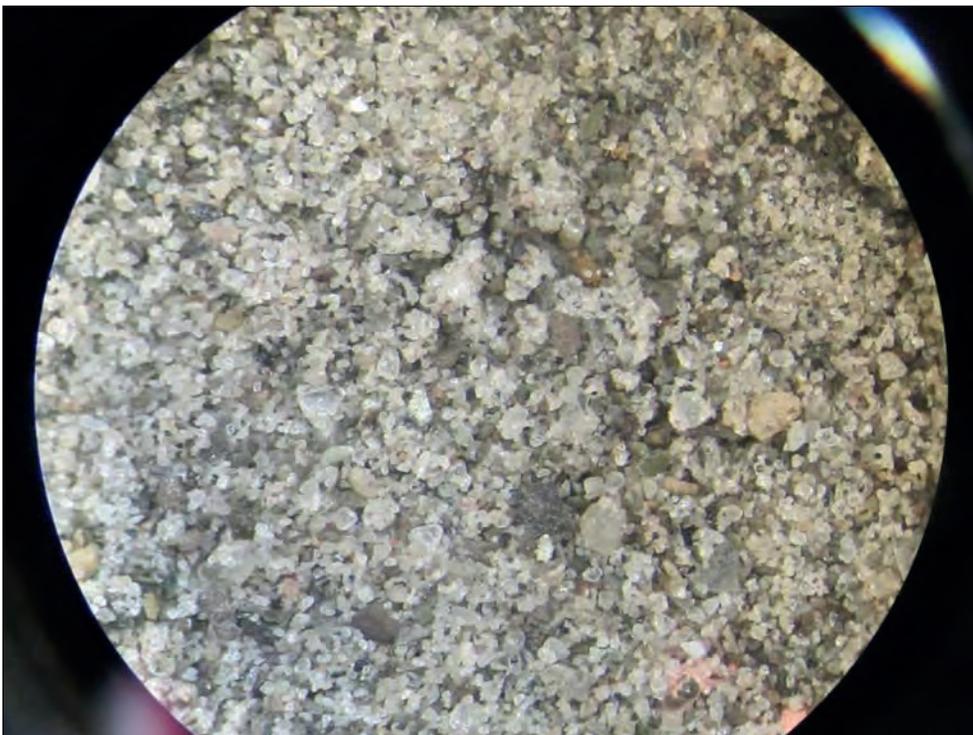


Photo 12 – Présence de shale dans la station BSA2-1B de 134 à 200 cm de profondeur.

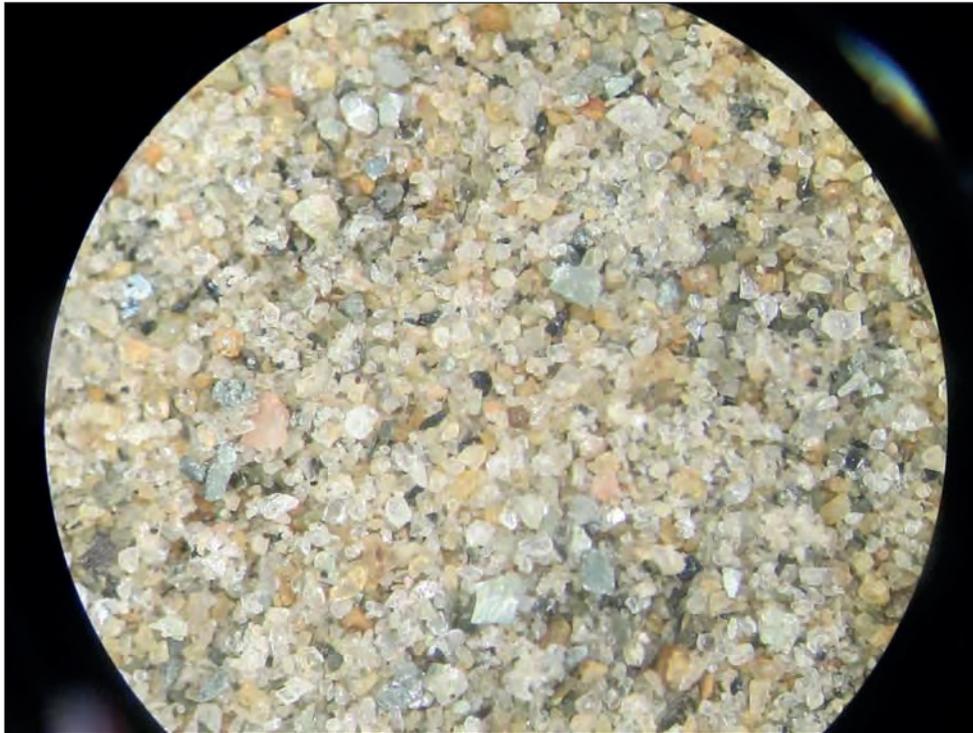


Photo 13 – Faible proportion en shale dans la station BSA1-1B de 0 à 68 cm de profondeur.

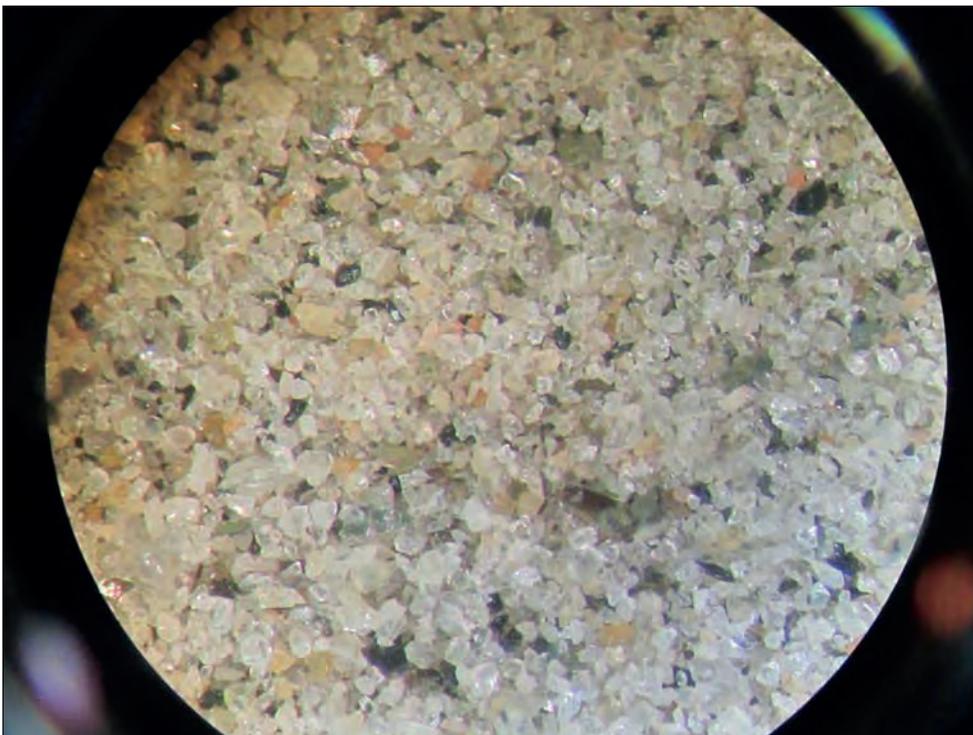


Photo 14 – Faible proportion en shale dans la station BSA1-1B de 68 à 134 cm de profondeur.



Photo 15 – Faible proportion en shale dans la station BSA1-1B de 134 à 200 cm de profondeur.



3

PROPOSITION DE NOUVELLES
SOURCES D'EMPRUNT EN
MILIEU TERRESTRE POUR LE
RECHARGEMENT DES PLAGES AU
SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN

Rio Tinto Alcan Inc.

PROPOSITION DE NOUVELLES
SOURCES D'EMPRUNT EN MILIEU
TERRESTRE POUR LE
RECHARGEMENT DES PLAGES AU
SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN
RAPPORT FINAL

Rio Tinto Alcan Inc.

**PROPOSITION DE NOUVELLES SOURCES
D'EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE POUR
LE RECHARGEMENT DES PLAGES AU
SUD-OUEST DU LAC SAINT-JEAN
RAPPORT FINAL**

Projet n° : 141-21260-00
Date : Avril 2017

RioTintoAlcan

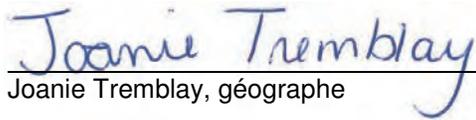
—
WSP Canada Inc.
125 rue Racine Est
Saguenay(Québec) G7H 1R5

Téléphone : 418 698-4488
Télécopieur : 418 698-6677
www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR


Joanie Tremblay, géographe

RÉVISÉ PAR



Julie Simard, Ph.D., géomorphologue
Directrice de projet

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO ALCAN INC.

Chargée de projet	Caroline Jolette, ingénieure
Coordonnateur environnement et conseiller principal en développement durable	Jean-Robert Wells, ingénieur, MGP, M.Sc.
Consultant technique	Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directeur de projet	Martin Larose, biologiste B. Sc.
Chargée de projet	Julie Simard, géomorphologue, Ph.D.
Collaborateurs	Jean-François Bernier, géomorphologue, M.Sc. Joanie Tremblay, géographe, M.Sc. Marie-Ève Larouche, géomorphologue, M.Sc.
Cartographie	Jean-Marc Tremblay
Édition et traitement de texte	Linette Poulin Lucie Bellerive

Référence à citer :

WSP. 2017. *Proposition de nouvelles sources d'emprunt en milieu terrestre pour le rechargement des plages au sud-ouest du lac Saint-Jean*. Rapport produit pour Rio Tinto Alcan. 17 pages.

TABLE DES MATIÈRES

ÉQUIPE DE RÉALISATION	I
TABLEAUX	V
FIGURES	V
CARTES	V
1 MISE EN CONTEXTE	1
2 MÉTHODOLOGIE	3
2.1 IDENTIFICATION DES ZONES À FORT POTENTIEL DE SOURCES D'EMPRUNT	3
2.2 CAMPAGNE DE TERRAIN	3
2.3 CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS EN LABORATOIRE	3
2.3.1 Analyse à la loupe binoculaire	3
2.3.2 Analyse granulométrique sommaire.....	4
2.4 PHOTO-INTERPRÉTATION.....	4
3 RÉSULTAT	7
3.1 IDENTIFICATION DES ZONES DE FORT POTENTIEL.....	7
3.2 CARACTÉRISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE.....	7
3.3 PHOTO-INTERPRÉTATION DÉTAILLÉE DES SECTEURS DE FORT POTENTIEL.....	11
4 CONCLUSION	15
5 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	17

TABLEAUX

Tableau 3-1	Liste des échantillons prélevés aux 22 stations	8
Tableau 3-2	Proportions en shale estimées pour les échantillons préalablement retenus.....	11

FIGURES

Figure 2-1	Exemples de grains de shale observés sous la loupe binoculaire.....	4
Figure 2-2	Digrammes de référence pour guider l'estimation visuelle de la proportion des constituants du sous-échantillon.....	5

CARTES

Carte 3-1	Géologie et localisation des zones de fort potentiel de bancs d'emprunt en milieu terrestre	9
Carte 3-2	Bancs d'emprunt potentiels en milieu terrestre	13

1 MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement de Rio Tinto Alcan portant sur le renouvellement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026 (PSBLSJ), une étude concernant les sources de bancs d'emprunt nécessaires à la recharge des plages a été réalisée. Cette étude a permis de caractériser davantage les bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre utilisés actuellement et d'identifier de nouvelles sources potentielles de matériaux granulaires localisés en milieux riverain ou subaquatique. Cette même étude propose également des solutions relatives à la problématique qu'occasionne la composition lithologique des matériaux utilisés pour la recharge des plages localisées au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean. À ces endroits, la proportion en shale des sources d'emprunt actuellement utilisées est relativement élevée (> 10-15 %), ce qui entraîne de nombreux problèmes relatifs à la compaction, couleur trop foncée, présence de graviers anguleux et de turbidité dans l'eau lors de la mise en place. De plus, les propriétés granulométriques des bancs d'emprunt ne rencontrent pas toujours les spectres visés (0-5 mm et 0-20 mm) par Rio Tinto Alcan pour des recharges de plages adéquates.

Parmi les solutions envisagées pour ramener des proportions de la fraction shaleuse à moins de 10-15 %, l'analyse expose diverses méthodes qui impliquent d'abord des essais de laboratoire menant au choix du procédé de séparation des fractions shaleuse et des fractions minéralogiques. Une autre solution proposée consiste à caractériser davantage la stratigraphie et la sédimentologie des bancs d'emprunt existants au moyen de relevés géophysiques (géoradar) couplés à des forages, afin d'isoler les unités stratigraphiques d'intérêt et d'en estimer les volumes disponibles. Enfin, une autre solution consiste à photo-interpréter de nouveaux bancs d'emprunt dans des zones prédéfinies qui théoriquement sont moins susceptibles de présenter de fortes proportions en shale, et ce, en fonction de la position des unités géologiques shaleuse et de la direction des écoulements glaciaires responsables de la mise en place des unités sédimentaires.

Cette dernière solution fait donc l'objet du présent rapport, qui a pour objectif principal d'identifier par photo-interprétation les nouveaux bancs d'emprunt qui sont les plus susceptibles de répondre aux critères de qualité établis par Rio Tinto Alcan pour recharger les plages du secteur sud-ouest du lac Saint-Jean. De façon plus spécifique, ce rapport vise à :

- délimiter les zones potentielles dont les unités sédimentaires sont théoriquement les moins susceptibles de contenir du shale;
- photo-interpréter en détail les bancs d'emprunt potentiels à l'intérieur de ces zones.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 IDENTIFICATION DES ZONES À FORT POTENTIEL DE SOURCES D'EMPRUNT

Pour délimiter des zones à fort potentiel de bancs d'emprunt de qualité et à proximité des plages au sud-ouest du lac Saint-Jean, une revue de la littérature et des données existantes concernant la géologie de la région (unités géologiques et éléments structuraux), l'histoire glaciaire (direction des écoulements glaciaires, patron de déglaciation et limite marine) et la géomorphologie a été réalisée dans une zone à l'intérieur d'un rayon de 20 km de Chambord. L'analyse de ces données avec en toile de fond, la photo-interprétation (2D) préliminaire des images satellitaires de Google Earth a permis d'identifier quatre zones potentielles. Cette première démarche a resserré le périmètre de recherche des bancs d'emprunt et a permis d'identifier des points de contrôle afin de vérifier sur le terrain la proportion en shale en général dans les sédiments recouvrant ces zones.

2.2 CAMPAGNE DE TERRAIN

Une campagne d'échantillonnage a été réalisée en novembre 2015 sur 22 stations réparties à l'intérieur des quatre zones circonscrites, dans le but de confirmer ou d'infirmer la faible probabilité d'y retrouver du shale, déduite théoriquement par l'analyse préliminaire. À l'aide d'une tablette et d'un GPS intégré, il a été possible de localiser rapidement les stations et de géoréférencer sur place les caractéristiques des points d'échantillonnage. L'échantillonnage des sédiments a été réalisé à l'aide d'une tarière ou d'une pelle le long des coupes naturelles. Plusieurs photos géoréférencées ont également été prises. Parfois, deux à trois sondages par station ont été réalisés dans le but de considérer les variations latérales et/ou verticales possibles. Enfin, quelques stations prévues initialement n'ont pas pu être visitées pour des raisons d'accessibilité.

2.3 CARACTÉRISATION DES SÉDIMENTS EN LABORATOIRE

Afin de conduire une analyse préliminaire des teneurs en shale et de la granulométrie, les échantillons recueillis à chacune des 22 stations ont d'abord été sélectionnés en fonction de leur granulométrie apparente et de leur couleur, une fois séchés. Ainsi, seuls les échantillons présentant une granulométrie apparente supérieure au sable fin et d'une couleur pâle (donc exempte de fortes proportions de shale) ont été analysés à la loupe binoculaire, afin de réaliser un comptage pétrographique.

2.3.1 ANALYSE À LA LOUPE BINOCULAIRE

La proportion de shale au sein des sources d'emprunt a été déterminée à l'aide d'une loupe binoculaire (grossissement de 40x). La méthode consiste à estimer visuellement les proportions de shale pour chaque échantillon prélevé dans les sources d'emprunt (Osborne Hutton, 1950).

Pour chaque échantillon, un volume de 10 ml de sédiments a été prélevé tout en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Le sous-échantillon a par la suite été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule.

À la loupe binoculaire, le grain de shale se différencie bien du reste des minéraux. Il s'agit d'un grain anguleux de couleur noir et mat (figure 2.1). Il est à noter que la magnétite est également de couleur noire, mais brille sous la loupe binoculaire. Pour éviter toute confusion avec les grains de shale, il est possible de retirer la magnétite à l'aide d'un aimant.

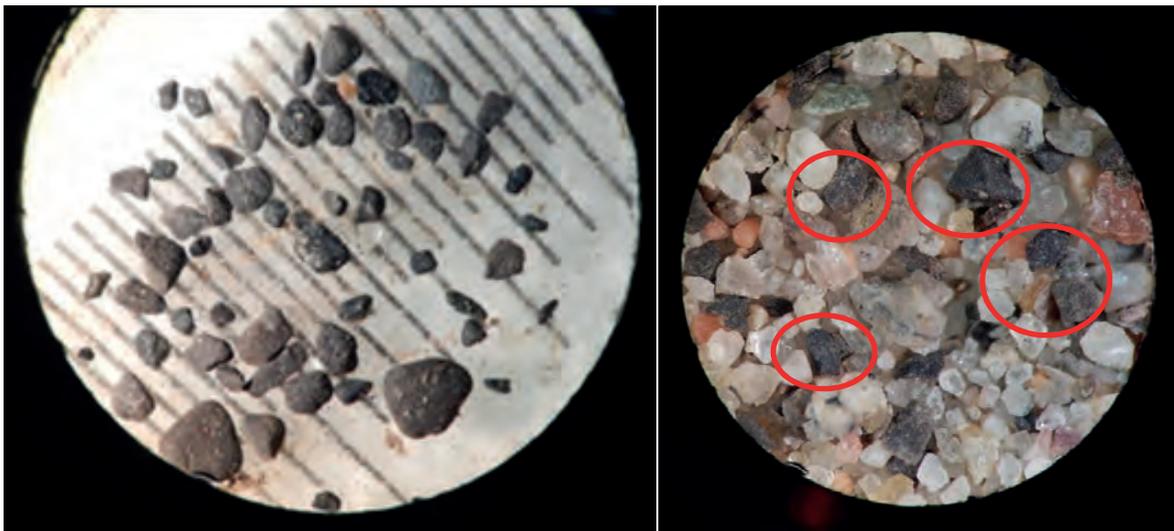


Figure 2-1 Exemples de grains de shale observés sous la loupe binoculaire.

L'estimation de la proportion des grains de shale dans les sédiments a été réalisée à l'aide de diagrammes de référence (Shvetsov, 1995) (figure 2.2). Pour un même sous-échantillon, dix points d'observation ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein de la coupelle afin d'y faire une estimation visuelle de la proportion des grains de shale. La moyenne des proportions de shale évaluée dans l'échantillon exprime le résultat final. Enfin, l'interprétation de la proportion de shale au sein des échantillons témoins pouvant varier d'une personne l'autre, il est important qu'une même personne traite tous les échantillons, de sorte que les résultats soient constants (Dryden, 1931).

2.3.2 ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE SOMMAIRE

Les travaux de stabilisation des rives consistent, entre autres, à recharger les plages, selon les secteurs, avec des matériaux dont le fuseau granulométrique s'étend soit de 0 à 5 mm ou soit de 0 à 20 mm. Afin de donner un aperçu de la taille des sédiments des échantillons et d'établir une base comparative, quelques échantillons ont été tamisés à la main, avec les mailles de 500 µm et 710 µm.

2.4 PHOTO-INTERPRÉTATION

Pour circonscrire les bancs d'emprunt au sein des zones préalablement identifiées (en 2D) et avec le niveau de détail souhaité, la photo-interprétation a été réalisée par visualisation stéréoscopique à l'écran (3D), à l'aide des logiciels ArcGIS et PurView. Cette méthode permet une exploitation maximale de la résolution des photographies aériennes et une cartographie précise, directement à l'écran. WSP a utilisé des séries de photographies couleur numériques de haute résolution pour délimiter les bancs d'emprunt, soit des photographies datant de 2012 dont la résolution est de 40 cm au sol.

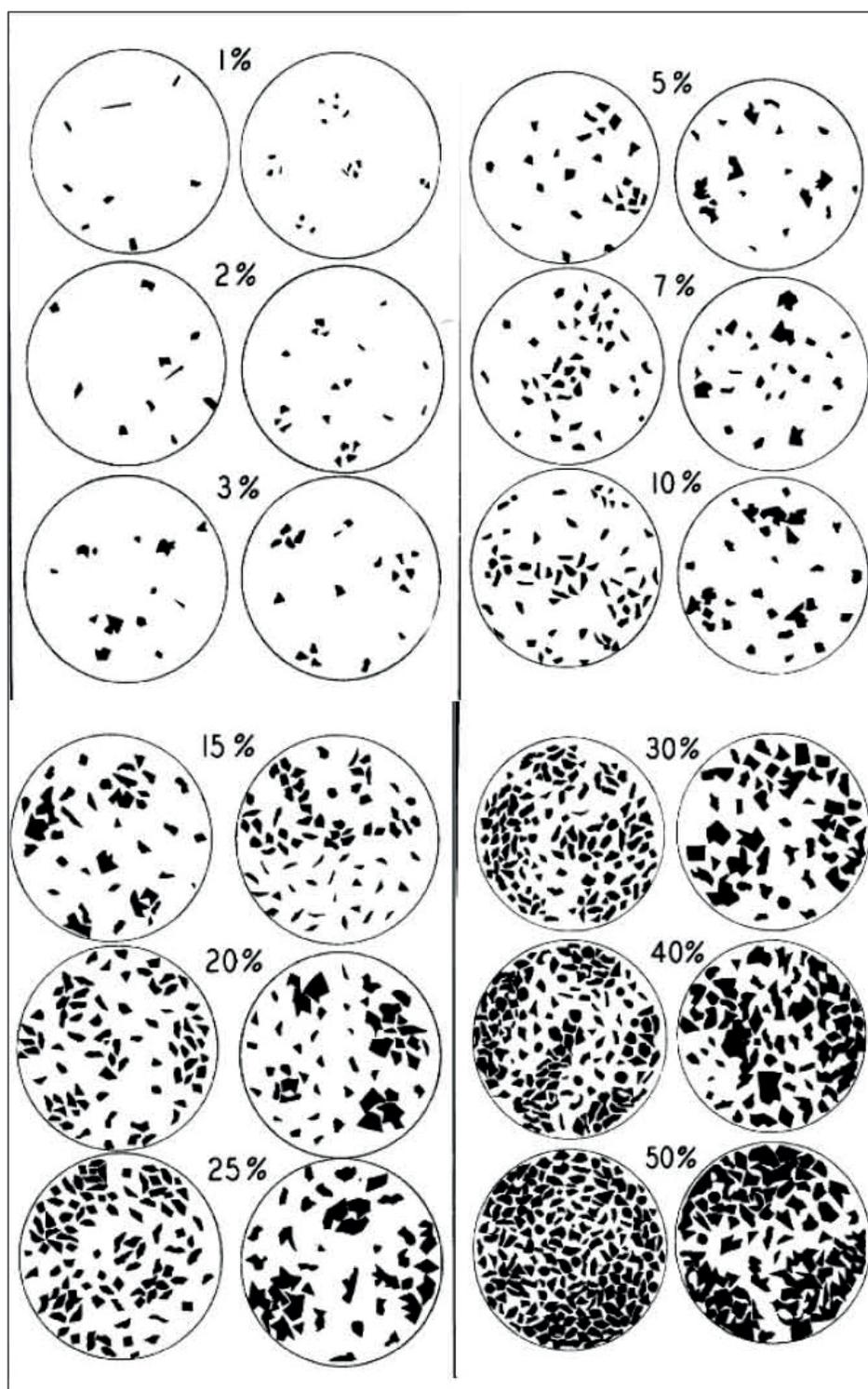


Figure 2-2 Digrammes de référence pour guider l'estimation visuelle de la proportion des constituants du sous-échantillon.

Les bancs d'emprunt existant ont d'abord été cartographiés, ainsi que leur potentiel d'extension. Quant aux nouveaux bancs d'emprunt potentiels, ils ont été délimités en tenant compte des contraintes environnementales (p. ex. distance inférieure à 75 m d'un milieu humide ou d'un cours d'eau) ou encore en tenant compte de l'accessibilité. Le volume de matériel disponible dans les bancs d'emprunt cartographiés a été calculé en multipliant la superficie de ces derniers par leur épaisseur estimée. Les volumes sont ainsi estimés de façon préliminaire et devront être validés lors d'une campagne terrain ultérieure. Des points de sondage ont été également positionnés à proximité des nouveaux bancs d'emprunt identifiés afin de valider un potentiel d'extension, ce qui pourrait fournir des quantités de matériaux supplémentaires. Enfin, des proportions en shale pour chaque banc d'emprunt ont été estimées en fonction des proportions en shale déterminées pour les stations d'échantillonnage (étape précédente) situées à proximité. Il est important de noter que les proportions en shale et la granulométrie de chacun des bancs d'emprunt cartographiés devront être confirmées ou infirmées lors de nouvelles campagnes de terrain et analyses de laboratoire.

3 RÉSULTAT

3.1 IDENTIFICATION DES ZONES DE FORT POTENTIEL

La superposition des unités géologiques constituées de shale, de la géologie structurale (faille du lac Kénogami) et des données relatives aux écoulements glaciaires, à la déglaciation et à la limite maximale de l'invasion de la mer de Laflamme du secteur, suggèrent que les secteurs au sud et à l'ouest de la faille du lac Kénogami sont les moins susceptibles d'être recouverts de sédiments contenant une forte proportion de shale (carte 3.1).

Ce constat s'explique par les deux phases successives de la déglaciation de cette région du lac Saint-Jean, il y a plus de 10 000 ans, soit le retrait glaciaire de l'Inlandsis Laurentidien sur le Bouclier canadien (au sud de la faille du lac Kénogami) et le retrait d'une langue de glacier résiduel dans les basses terres du lac Saint-Jean (au nord de la faille).

La première phase de la déglaciation de la région, soit le retrait vers le nord du front de l'épaisse calotte glaciaire recouvrant le Bouclier canadien, a engendré la formation d'immenses rivières, puisque l'eau de fonte a été canalisée dans les vallées ou les dépressions du bouclier. La présence de ces rivières a favorisé la sédimentation de sables et de graviers dont l'origine proviendrait davantage des secteurs plus à l'ouest du lac Saint-Jean. La photo-interprétation globale (2D) du Bouclier canadien localisé au sud du de la faille du lac Kénogami à l'aide des images de Google Earth, a permis d'identifier que le contexte géomorphologique de quatre zones en particulier (au sud de Desbiens, au sud de Chambord et à l'ouest de Roberval) sont les plus susceptibles d'offrir un potentiel intéressant de bancs d'emprunt de qualité, et ce, en raison surtout de la présence de vallées ou de dépressions (carte 3.1).

Quant à la deuxième phase du retrait glaciaire de la région, le mouvement en direction sud-est de la langue de glace résiduelle et amincie occupant la dépression du lac Saint-Jean, a favorisé l'érosion des unités géologiques de shale. Les sables et graviers de shales ont donc été charriés et sédimentés, davantage le long des secteurs sud-est, dans la dépression des basses terres du lac Saint-Jean, délimitée par la faille du lac Kénogami. À cette période, cette structure géologique a agi en quelque sorte comme une barrière, confinant les sédiments constitués de shale surtout dans les secteurs des basses terres.

3.2 CARACTÉRISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

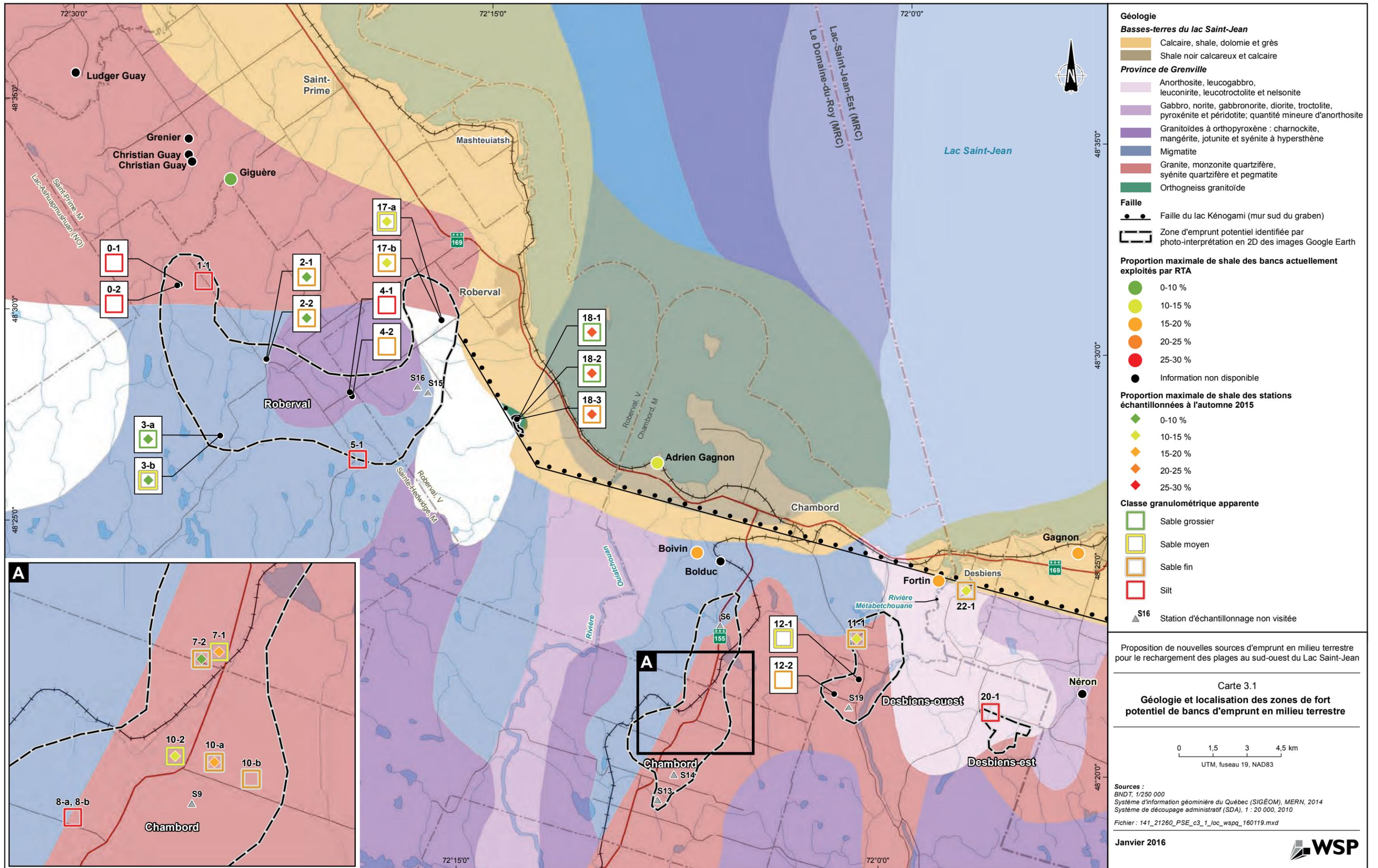
La photo-interprétation des quatre zones préalablement identifiées dans le Bouclier canadien a permis non seulement de cibler les efforts de photo-interprétation, mais aussi de positionner quelque 22 stations d'échantillonnage en fonction du potentiel de source d'emprunt (les bancs d'emprunt ne sont pas délimités à cette étape). Sur le terrain, 15 de ces stations ont effectivement pu être échantillonnées, alors que les huit autres stations n'ont pu être visitées, principalement en raison du

manque d'accessibilité ou de leur manque d'intérêt (ex sédiments trop fins ou forte présence de shale) (carte 3.1). Au total, 27 échantillons ont été prélevés dans le but de vérifier les proportions en shale et la granulométrie (carte 3.1 et tableau 3.1). Pour une même station, plusieurs échantillons ont ainsi été prélevés, dépendamment de la présence d'unités sédimentaires distinctes latéralement (X-1 ou X-2) ou verticalement (X-A ou X-B) (tableau 3.1).

Tableau 3-1 Liste des échantillons prélevés aux 22 stations

SECTEUR	ÉCHANTILLON	PROFONDEUR DE L'UNITÉ (cm)	GRANULOMÉTRIE APPARENTE VISUELLEMENT	COULEUR
Roberval	0-1*	30-60	Silt	
	0-2*	30-60	Silt	
Roberval	1-1*	30-60	Silt	
Roberval	2-1	30-60	Sable fin	
	2-2*	30-60	Sable fin	Riche en shale*
Roberval	3-a	0-30	Sable grossier	
	3-b	30-60	Sable moyen	
Roberval	4-1*	30-60	Silt	
	4-2*	30-60	Sable fin	Riche en shale*
Roberval	5-1*	30-60	Silt	
	6	-	-	-
Chambord	7-1	30-60	Sable moyen	
	7-2	30-60	Sable fin	
Chambord	8-a*	0-30	Silt	
	8-b*	30-60	Silt	
	9	-	-	-
Chambord	10-2	30-60	Sable moyen	
	10-a	0-30	Sable fin	
	10-b	30-60	Sable fin	
Desbiens-ouest	11-1	30-60	Sable fin	
Desbiens-ouest	12-1	30-60	Sable moyen	
	12-2	30-60	Sable fin	
	13	-	-	-
	14	-	-	-
	15	-	-	-
	16	-	-	-
Roberval	17-a	0-30	Sable moyen	
	17-b	30-60	Sable fin	
	18-1	30-60	Sable grossier	
Roberval	18-2	30-60	Sable grossier	
	18-3*	30-60	Sable fin	Très riche en shale*
	19	-	-	-
Desbiens-est	20-1*	30-60	Silt	
	21	-	-	-
Desbiens	22-1	30-60	Sable fin	

* Échantillons non retenus pour le calcul des proportions de shale.



En laboratoire, 13 des 27 échantillons ont été exclus des analyses en raison de leur granulométrie trop fine ou encore en raison de leur couleur trop foncée qui suggérait déjà une très forte proportion en shale (tableau 3.1). Les proportions de shale analysées pour les 15 autres échantillons montrent toutes des pourcentages inférieurs à 10-15 %, à l'exception de trois stations localisées le long de la faille du lac Kénogami (tableau 3.2 et carte 3.1). Il est à noter que huit des stations sont composées de sable fin, ce qui risque de moins convenir aux critères granulométriques propices aux rechargements de plage. Cependant, il est important de noter que les échantillons ont pour la plupart été prélevés en surface et que la granulométrie et la proportion en shale peut être variable en profondeur. Les deux zones situées respectivement au sud de Chambord (stations 10 et 7) et à l'ouest de Roberval (stations 3, 2 et 17) montrent qu'il existe un fort potentiel de trouver des bancs d'emprunt répondant aux critères de qualité recherchés (carte 3.1).

Tableau 3-2 Proportions en shale estimées pour les échantillons préalablement retenus.

SECTEUR	ÉCHANTILLON	PROFONDEUR (cm)	GRANULOMÉTRIE APPARENTE VISUELLEMENT	PROPORTION EN SHALE (%)	NOTE
Roberval	2-1	30-60	Sable fin	1	Homogène
Roberval	3-a	0-30	Sable grossier	5	Homogène
Roberval	3-b	30-60	Sable moyen	5	Homogène
Chambord	7-1	30-60	Sable moyen	15	Homogène
Chambord	7-2	30-60	Sable fin	5	Homogène
Chambord	10-2	30-60	Sable moyen	10	Homogène
Chambord	10-a	0-30	Sable fin	16	Homogène
Chambord	10-b	30-60	Sable fin	6	Homogène
Desbiens-ouest	11-1	30-60	Sable fin	10	Homogène
Desbiens-ouest	12-1	30-60	Sable moyen	27	Homogène
Desbiens-ouest	12-2	30-60	Sable fin	15	Homogène
Roberval	17-a	0-30	Sable moyen	11	Hétérogène
Roberval	17-b	30-60	Sable fin	9	Hétérogène
Roberval	18-1	30-60	Sable grossier	25	Hétérogène
Roberval	18-2	30-60	Sable grossier	25	Homogène
Desbiens	22-1	30-60	Sable fin	9	Hétérogène

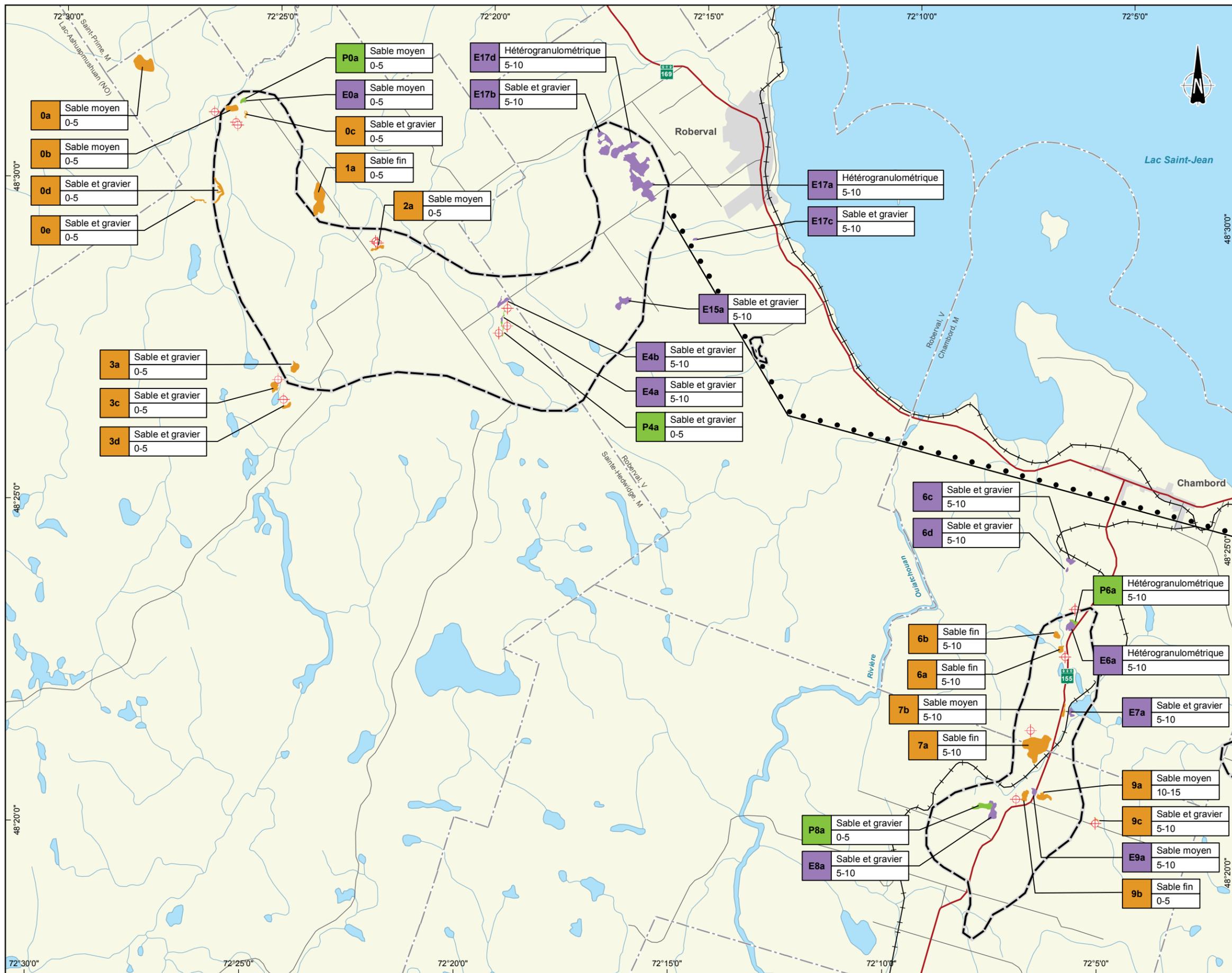
3.3 PHOTO-INTERPRÉTATION DÉTAILLÉE DES SECTEURS DE FORT POTENTIEL

Les résultats indiquent donc que les zones de Chambord et de Roberval présentent un fort potentiel de bancs d'emprunt de qualité adéquate pour le rechargement des plages du secteur sud-ouest du lac Saint-Jean. Ces deux zones ont donc été photo-interprétées de façon détaillée en vision stéréoscopique (3D), de sorte à identifier les bancs d'emprunt déjà existants, de cartographier les contours de leur possible extension et de cartographier les contours de nouveaux bancs d'emprunt potentiels. La superficie des polygones ainsi créés et l'estimation de l'épaisseur des dépôts ont permis de calculer le volume de matériel potentiellement disponible. Pour chacun de ces bancs, la proportion de shale a été attribuée en fonction des estimations réalisées pour les échantillons localisés à proximité. Il est important de noter qu'il s'agit d'hypothèses et qu'une validation de terrain devient donc nécessaire pour confirmer ou infirmer la présence des bancs d'emprunt, leur épaisseur et leur caractérisation relative à la granulométrie de leurs unités et à leur teneur en shale.

La photo-interprétation a permis d'identifier au sein des deux zones, un total de 12 bancs d'emprunt existant dont 4 extensions possibles et 17 nouveaux bancs d'emprunt potentiels (carte 3.2). De plus, 15 autres points de sondage supplémentaires ont été identifiés et pourraient, après vérifications, augmenter de façon significative le volume de matériel disponible pour chacun des secteurs. Globalement, l'épaisseur des bancs d'emprunt varie de 5 à 10 mètres. Cependant, les bancs avec une épaisseur de 10 mètres peuvent contenir davantage de matériel, mais afin de garder des valeurs conservatrices, les volumes donnés correspondent au minimum exploitable.

Pour le secteur de Chambord, 6 bancs d'emprunt sont déjà ouverts et 2 montrent un potentiel d'extension qui pourrait procurer un volume de 872 518 m³ de matériaux supplémentaires (carte 3.2). Toujours dans ce secteur, 7 bancs d'emprunt potentiels ont été délimités et les estimations de volumes de matériaux totalisent 5 562 219 m³ (carte 3.2). Les proportions déduites de shale pour ces bancs d'emprunt sont presque toutes inférieures à 10 % (sauf pour le banc 9a) (carte 3.2). Cependant, quatre d'entre eux semblent constitués davantage de sable fin (bancs 6a, 6b, 7a et 9b) (carte 3.2).

Pour le secteur de Roberval, 8 bancs d'emprunt sont déjà ouverts, avec 2 extensions possibles qui pourraient présenter un volume de 160 862 m³ supplémentaires (carte 3.2). Dans cette zone, 10 nouveaux bancs d'emprunt ont également été identifiés, présentant un volume potentiel estimé de 5 414 699 m³ (carte 3.2). Les proportions déduites de shale pour ces bancs d'emprunt sont majoritairement inférieures à 5 % et toutes inférieures à 10 % (carte 3.2). Un seul d'entre eux semble constituer davantage de sable fin (bancs 6a, 6b, 7a et 9b) (carte 3.2).



- Faïlle**
- Faïlle du lac Kénogami (mur sud du graben)
 - ▭ Zone d'emprunt potentiel identifiée par photo-interprétation en 2D des images Google Earth

Banc d'emprunt photo-interprété en 3D à partir des photos aériennes de 2012

- Banc existant
- Prolongement potentiel des bancs existants
- Nouveau banc potentiel

- 6c** Sable et gravier 5-10
- Type de dépôt
 - Teneur en shale (%) potentielle (validation nécessaire)
 - Numéro du banc d'emprunt

- ⊕ Sondage proposé

Estimation du volume de matériaux

Secteur Ouest

# Banc	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
0a	202 175	1 213 049
P0a	20 564	61 692
0b	58 677	469 418
0c	11 922	71 530
0d	68 586	548 689
0e	18 176	90 880
1a	237 363	1 898 906
2a	28 234	282 345
3a	55 146	386 020
3c	49 462	296 774
3d	26 181	157 088
P4a	19 834	99 170
6a	27 657	276 575
P6a	18 176	109 053
6b	30 204	302 040
Total	872 358	6 263 227

Secteur Sud

# Banc	Superficie (m ²)	Volume (m ³)
7a	374 568	3 745 682
7b	20 209	80 834
P8a	76 347	763 465
9a	64 542	645 420
9b	47 573	475 728
9c	5 990	35 940
Total	589 228	5 747 069

Proposition de nouvelles sources d'emprunt en milieu terrestre pour le rechargement des plages au sud-ouest du Lac Saint-Jean

Carte 3.2

Bancs d'emprunt potentiel en milieu terrestre



Sources :
 BNDT, 1/250 000
 Système d'information géomorphologique du Québec (SIGÉOM), MERN, 2014
 Système de découpage administratif (SDA), 1 : 20 000, 2010
 Fichier : 141_21260_PSE_c3_2_emprunt_wspq_160113.mxd

Janvier 2016



4 CONCLUSION

Ce mandat a permis de localiser de nouvelles sources d'emprunt potentielles de qualité pour le rechargement des plages dans la région sud-ouest du lac Saint-Jean. L'identification de zones potentielles au moyen des connaissances théoriques de la géologie et de l'histoire glaciaire, de la campagne de terrain, du calcul des proportions en shale ainsi que la photo-interprétation détaillée et ciblée sur les deux zones les plus à l'ouest, ont permis de localiser des bancs d'emprunt potentiels et d'estimer des volumes de matériaux respectant les critères nécessaires pour recharger les plages.

Il est important de considérer que la campagne de terrain réalisée et les analyses de laboratoire dressent un portrait très sommaire des teneurs en shale et des spectres granulométriques potentiels des bancs d'emprunt. L'échantillonnage réalisé demeure global à l'échelle des zones et chaque banc d'emprunt photo-interprété devra être caractérisé pour obtenir un portrait plus juste.

WSP propose pour une prochaine étape, de valider et d'échantillonner adéquatement les bancs d'emprunt photo-interprétés et les points de sondage proposés, dans le but de réaliser une analyse granulométrique et un comptage pétrographique des échantillons adaptés pour aux unités sédimentaires les composants. WSP propose également de réaliser des relevés géoradar afin de mesurer l'étendue et l'épaisseur des unités sédimentaires composant les sources d'emprunt présentant les meilleurs potentiels. De tels relevés permettraient par la suite de planifier une campagne de sondage à la pelle hydraulique ou encore de forages géotechniques pour les bancs d'emprunt les plus prometteurs.

5 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DRYDEN, JR. 1931. *Accuracy in percentage representation of heavy mineral frequencies. Proceedings of the national academy of sciences*, 5(12) : 233-238.

OSBORNE HUTTON, C. 1950. *Studies of heavy detrital minerals*. Bulletin of the geological society of America, 61 : 635-710.

SHVETSOV, M.S. 1995. *Summary of concerning some additional aids in studying sedimentary formations*. Journal of sedimentary petrology, 25 : 229-234.



4

CARACTÉRISATION DES BANCS
D'EMPRUNT TERRESTRES -
RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE
TERRAIN DE MAI ET JUIN 2016

RIO TINTO

CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES – RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE TERRAIN DE MAI ET JUIN 2016

ÉTUDE RÉALISÉE DANS LE CADRE
DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR
L'ENVIRONNEMENT DU PROGRAMME
DE STABILISATION DES BERGES
DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

AVRIL 2017



CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES – RÉSULTATS DES CAMPAGNES DE TERRAIN DE MAI ET JUIN 2016

ÉTUDE RÉALISÉE DANS LE CADRE DE
L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
DU PROGRAMME DE STABILISATION DES
BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

Rio Tinto

Projet n° : 141-21260-00
Date : Avril 2017

RioTinto

—
WSP Canada Inc.
5355, boul. des Gradins
Québec (Québec) G1J1C8

Téléphone : +1 418-623-2254
Télécopieur : +1 418-624-1857
www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Jonathan Roger, Géomorphologue, M.Sc.

RÉVISÉ PAR



2017-04-18

Julie Simard, Géomorphologue, Ph.D

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO INC.

Chargée de projet Caroline Jolette, ing.

Conseiller technique Raymond Larouche,

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet Julie Simard, géomorphologue, Ph.D.

Chargé de projet Jonathan Roger, géomorphologue, M.Sc

Collaborateurs Joanie Tremblay, géomorphologue, B.Sc.
Chantale Landry, Cartographe
Maude Boulanger, Cartographe

Édition et traitement de texte Linette Poulin

Référence à citer :

WSP 2017. *Caractérisation des bancs d'emprunt terrestres – Résultats des campagnes de terrain de mai et juin 2016. Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2027.* Rapport produit pour Rio Tinto. 63 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
2	MÉTHODOLOGIE.....	5
2.1	CAMPAGNE DE TERRAIN.....	5
2.2	EXPTENSION POTENTIELLE DES BANCS D’EMPRUNT PAR L’ANALYSE DES IMAGES SATELLITAIRES	6
2.3	ANALYSES EN LABORATOIRE.....	7
2.3.1	GRANULOMÉTRIE	7
2.3.2	PROPORTION DES SHALES.....	7
3	RÉSULTATS.....	9
3.1	CARACTÉRISATION DES BANCS D’EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE	9
3.1.1	BANC ALY BLACKBURN (N° 2)	13
3.1.2	BANC ADRIEN GAGNON (N° 4)	21
3.1.3	BANC GUY BOIVIN (N° 5)	23
3.1.4	BANC GIGUÈRE (N° 6)	25
3.1.5	BANC GASTON MORIN TNO (N° 8)	31
3.1.6	BANC GÉRARD FORTIN (N° 10)	33
3.1.7	BANC DONCKIN-SIMARD (HÉBERTVILLE) (N° 13)	35
3.1.8	BANC BERTRAND FORTIN (N° 14).....	41
3.1.9	BANC GASTON MORIN (CHEMIN DOMTAR) (N° 16)	43
3.1.10	BANCS LATERRIÈRE (N°S 20 ET 21).....	49
3.1.11	BANC LATERRIÈRE (N° 23).....	49
3.1.12	BANC LATERRIÈRE (N° 29).....	49
3.1.13	BANC ASCENSION (N° 33).....	53
3.1.14	BANCS ROBERVAL (N°S 34, 35 ET 36).....	54
3.1.15	BANC FERNAND BOILARD (N° 42)	60
4	DISCUSSION/CONCLUSION.....	61

FIGURES

FIGURE 2-1	DIAGRAMMES DE RÉFÉRENCE POUR GUIDER L'ESTIMATION VISUELLE DE LA PROPORTION DES CONSTITUANTS DU SOUS-ÉCHANTILLON (SHVETSOV, 1995)	8
FIGURE 3-1	VUE GÉNÉRALE DU BANC ALY BLACKBURN, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	15
FIGURE 3-2	PROFILS GÉORADAR DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN N° 2.....	17
FIGURE 3-3	VUE GÉNÉRALE DU BANC ADRIEN GAGNON, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	22
FIGURE 3-4	VUE GÉNÉRALE DU BANC GUY BOIVIN, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.....	24
FIGURE 3-5	VUE GÉNÉRALE DU BANC GIGUÈRE, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.....	26
FIGURE 3-6	PROFILS GÉORADAR DU BANC D'EMPRUNT GIGUÈRE N° 6.....	27
FIGURE 3-7	VUE GÉNÉRALE DU BANC GASTON MORIN, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	32
FIGURE 3-8	VUE GÉNÉRALE DU BANC GÉRARD FORTIN, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	34

FIGURES (suite)

FIGURE 3-9	VUE GÉNÉRALE DU BANC DONCKIN-SIMARD, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	36
FIGURE 3-10	PROFILS GÉORADAR POUR LE BANC D'EMPRUNT DONCKIN-SIMARD (N° 13)	37
FIGURE 3-11	VUE GÉNÉRALE DU BANC BERTAND FORTIN, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	42
FIGURE 3-12	VUE GÉNÉRALE DU BANC GASTON MORIN, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	44
FIGURE 3-13	PROFILS GÉORADAR POUR LE BANC D'EMPRUNT GASTON MORIN	45
FIGURE 3-14	VUE GÉNÉRALE DU BANC D'EMPRUNT LATERRIÈRE N° 20 EN MAI 2016.	50
FIGURE 3-15	VUE GÉNÉRALE DU BANC D'EMPRUNT LATERRIÈRE N° 21 EN MAI 2016.	50
FIGURE 3-16	VUE GÉNÉRALE DU BANC LATERRIÈRE N° 23, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	51
FIGURE 3-17	VUE GÉNÉRALE DU BANC LATERRIÈRE N° 29, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	52
FIGURE 3-18	VUE GÉNÉRALE DU BANC ROBERVAL N° 34, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	55

FIGURES (suite)

FIGURE 3-19	VUE GÉNÉRALE DU BANC ROBERVAL N° 35, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	56
FIGURE 3-20	VUE GÉNÉRALE DU BANC ROBERVAL N° 36, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	57
FIGURE 3-21	VUE GÉNÉRALE DU BANC LAC-BOUCHETTE N° 40, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	58
FIGURE 3-22	VUE GÉNÉRALE DU BANC LAC-BOUCHETTE N° 41, LOCALISATION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE ET RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES.	59

TABLEAUX

TABLEAU 3-1	SOMMAIRE DES BANCS D'EMPRUNT VISITÉS	10
TABLEAU 4-1	SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DES ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES ET DES COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES POUR L'ENSEMBLE DES BANCS D'EMPRUNT ÉTUDIÉS.	62

CARTE

CARTE 1-1	LOCALISATION DES BANCS D'EMPRUNT ET DES ZONES DE RECHARGES	3
CARTE 3-1	LOCALISATION ET SYNTHÈSE DE L'ENSEMBLE DES ANALYSES POUR LES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES	11

ANNEXES

ANNEXE 1	PROFILS GÉORADAR NON INTERPRÉTÉS	
ANNEXE 2	FICHER .KMZ CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT	

1 INTRODUCTION

À la suite de la mise en service de la centrale hydroélectrique de L'Isle-Maligne en 1926, le niveau du lac Saint-Jean a été rehaussé, ce qui a défini une nouvelle ligne de rivage et, par conséquent, a modifié la dynamique d'érosion des berges qui pouvait alors être observée. Pour contrer ce problème, Rio Tinto gère, depuis trois décennies, le Programme de stabilisation des berges au lac Saint-Jean (PSBLSJ) qui vise à atténuer l'érosion par des moyens adaptés aux spécificités des berges et à la sévérité des processus érosifs en tenant compte des volets technique, économique, environnemental et social. Les recharges de plage comptent parmi les techniques utilisées par Rio Tinto. Ces recharges en sable (0 – 5 mm) ou en gravillon (0 – 20 mm) visent à maintenir des largeurs de plage pour la villégiature.

Les matériaux utilisés actuellement dans le cadre du PSBLSJ pour recharger les plages proviennent de bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre répartis autour du lac Saint-Jean (carte 1-1). Ce matériel doit être adapté aux besoins spécifiques à chacune des zones de recharge en termes de granulométrie (0-5 mm ou 0-20 mm). Or, dépendamment des propriétés intrinsèques des bancs d'emprunts, les exploitants doivent tamiser les matériaux dans le but de respecter les fuseaux granulométriques.

La composition lithologique du sable et des gravillons de certains bancs d'emprunts peut occasionner des problématiques sur les plages faisant l'objet de recharges, localisées au sud et à l'ouest du lac Saint-Jean, en raison de la présence de shale. Provenant de formations géologiques de la région, le shale est une roche sédimentaire composée d'argile consolidée, responsable de sa couleur brune foncée. Érodés puis transportés localement par l'inlandsis Laurentidien, puis par les écoulements des eaux de fontes fluvioglaciaires, les grains de shale ont été incorporés au sable et aux gravillons d'origine cristalline, faisant en sorte qu'ils sont omniprésents dans les bancs d'emprunts du sud et de l'ouest du lac Saint-Jean. Une majorité des bancs d'emprunt de cette région comprend une proportion de shale relativement élevée (> 10-15 %). Selon plusieurs points de vue, de telles proportions de shale sur les plages rechargées entraîneraient des problématiques de compaction des matériaux de rechargement ainsi que des épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements en raison du remaniement des matériaux par les processus littoraux. De plus, la présence de shale donne une couleur foncée à la plage et, après un lessivage des particules plus fines par les vagues, laisse une plage dominée par les particules plus grossières de shale, ce qui occasionne une insatisfaction de la part des usagers. Dans un souci d'amélioration de la qualité des plages et de satisfaction des usagers riverains, Rio Tinto désire donc réduire, si possible, la proportion de shale dans les sources d'emprunt, c'est-à-dire de ramener des proportions de la fraction shaleuse à moins de 10-15 %.

Rio Tinto a déjà utilisé par le passé plusieurs sources d'approvisionnement distinctes, soit les bancs d'emprunt localisés en milieu terrestre, en milieu riverain ou en milieu subaquatique. Ces différentes sources d'approvisionnement présentent chacun des avantages et des inconvénients. Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (EIE) portant sur le renouvellement du PSBLSJ pour 2017-2026, une analyse concernant les sources de bancs d'emprunt a été conduite afin de caractériser davantage les sources actuelles et d'identifier des sources potentielles en milieu terrestre, riverain ou subaquatique. Les conclusions du rapport ont mené à l'élaboration d'une démarche visant trois objectifs : 1) réaliser un

inventaire de l'ensemble des sources d'emprunt potentielles (subaquatiques et terrestres) pour le PSBLSJ et caractériser les sources d'emprunt identifiées; 2) déterminer la possibilité de développer un procédé de séparation des grains de shale afin d'augmenter la qualité des recharges de plage; et 3) développer une méthode qui permet de synthétiser l'ensemble de l'information et d'élaborer une matrice décisionnelle dans le but de déterminer les meilleurs scénarios d'exploitation pour chacune des zones de recharge en fonction des enjeux techniques, économiques, environnementaux et sociaux.

Afin de rencontrer ces objectifs, des activités de caractérisation des bancs d'emprunts subaquatiques et des bancs d'emprunt terrestres ont été réalisées. La méthode employée comprend une cartographie préalable des extensions possibles des bancs d'emprunt, des estimations de leur potentiel volumétrique, des caractérisations visuelles générales, des analyses de laboratoires (comptages pétrographiques et analyses granulométriques) et, pour certains bancs d'emprunt spécifiques, des relevés géophysiques. Pour ce faire, une campagne de relevés de terrain a été réalisée en mars 2016 pour récolter de l'information concernant les bancs d'emprunts subaquatiques et deux campagnes de relevés de terrains ont été réalisées en mai et en juin 2016 afin d'amasser un maximum d'information concernant les bancs d'emprunt en milieu terrestre.

Le présent rapport a pour objectif de synthétiser l'ensemble des données de terrain recueillies lors des campagnes de mai et de juin 2016, dans le but de caractériser les bancs d'emprunt en milieu terrestre.

Au total, plus de 42 bancs d'emprunt (certains déjà connus et exploités par Rio Tinto et d'autres repérés au moyen de photographies aériennes ou d'images satellitaires) ont été recensés autour du lac Saint-Jean et au Saguenay. Afin de caractériser adéquatement les bancs d'emprunts identifiés, ceux-ci ont été d'abord classifiés en ordre d'importance afin de déterminer le niveau d'effort nécessaire à leur caractérisation. La sélection des bancs à visiter pour la première campagne de terrain a été basée d'abord sur les efforts que Rio Tinto a déjà investis par le passé afin de mieux déterminer leur potentiel d'exploitation. D'autres bancs d'emprunts répertoriés lors des inventaires ne présentaient pas de traces d'exploitation ou étaient trop éloignés des zones de recharges. Ces derniers ont été considérés comme étant moins prioritaires quant au besoin de les caractériser.

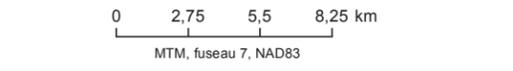
Parmi les 42 bancs d'emprunt, quatorze d'entre eux ont donc été visités entre le 9 et le 13 mai 2016 dans le but de réaliser une caractérisation visuelle préalable. À la suite de ces observations, 11 bancs d'emprunt ont été jugés d'intérêts pour une caractérisation plus fine et dix bancs supplémentaires ont été visités. Une deuxième campagne de terrain a eu lieu du 7 au 12 juin 2016. Ce rapport synthèse décrit, dans un premier temps, la méthodologie employée pour caractériser les bancs d'emprunt et par la suite, présente de manière détaillée, pour chacun des bancs d'emprunt terrestres, l'origine, les délimitations, les caractéristiques physiques, ainsi que les résultats granulométriques et pétrographiques des échantillons prélevés.



- Accès aux zones de recharge
 - Zone de recharge et numéro
- Échantillonnage des bancs d'emprunt en milieu terrestre**
- Campagne 1, Mai 2016
 - Campagne 2, Juin 2016
 - Campagne 1 et 2
 - Non visité
 - Transect réalisé à l'aide du géoradar

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 1-1
Localisation des bancs d'emprunt en milieu terrestre



Sources :
 BNDT, 1/250 000
 Système d'information géomorphologique du Québec (SIGÉOM), MERN, 2014
 Fichier : 141_21260_PSB_c1_1_Loc_170207.mxd

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 CAMPAGNE DE TERRAIN

La première visite de terrain s'est déroulée du 9 au 13 mai 2016 et avait pour objectif de réaliser une caractérisation visuelle préliminaire et de décrire les caractéristiques physiques du site d'exploitation, la stratigraphie des unités sédimentaire et leurs caractéristiques granulométriques, ainsi que d'estimer leurs teneurs en shale. Les résultats de cette première campagne ont permis de cibler un niveau plus spécifique de précision nécessaire à l'analyse (granulométrie, teneur en shale et volume d'exploitation potentiel). Les bancs d'emprunt visités sont localisés au sud du lac Saint-Jean (n^{os} 2, 4, 5, 6, 10, 13 et 14), dans le secteur de Laterrière (n^{os} 20, 21, 23 et 29) et au nord du lac Saint-Jean (n^{os} 8, 16 et 42) (carte 1-1). Chacun des bancs d'emprunt a été photographié puis décrit de façon générale à partir des caractéristiques suivantes :

- analyses stratigraphiques à partir du front d'attaque libre de sédiments :
 - épaisseur des unités d'intérêts;
 - orientation du pendage, lorsque visible;
 - séquences stratigraphiques;
 - géométrie des contacts stratigraphiques.
- analyses sédimentologiques à partir de l'observation visuelle des échantillons prélevés :
 - analyses morphoscopiques des sédiments grossiers;
 - estimations du contenu en shale;
 - estimation de la granulométrie.
- analyses géomorphologiques, localisation et morphologie du site;
- analyse de la nécessité et de la faisabilité de levés géoradar pour chacun des sites;
- identification de la nappe phréatique affleurante.

Il est important de considérer que la précision des descriptions découle directement de l'état des fronts d'attaque au moment de la visite de terrain. L'ensemble des stations d'échantillonnage a été géoréférencé. Les échantillons ont été prélevés de sorte à être les plus homogènes pour assurer d'être représentatifs de l'ensemble du banc et non d'une unité sédimentaire en particulier. Quelques unités sédimentaires d'intérêts ont également été échantillonnées. Tous les échantillons sont conservés en réserve advenant un besoin d'information supplémentaire.

À la suite de ces observations, une deuxième campagne de terrain a eu lieu du 7 au 12 juin 2016. Cette dernière visait à échantillonner les bancs d'emprunts dans le but de réaliser des analyses granulométriques et de calculer les proportions en shale des unités sédimentaire d'intérêts. Des levés géophysiques ont aussi été réalisés sur quatre bancs d'emprunt hautement d'intérêt afin de caractériser la stratigraphie

interne des dépôts, de déterminer le potentiel vertical et latéral des unités sédimentaires d'intérêt depuis le front d'attaque actuel jusqu'aux limites des levés, et de cibler la présence d'argile ou d'autres types de dépôts moins favorables à l'exploitation.

Lors de cette campagne, dix bancs supplémentaires ont été visités afin d'identifier des sources de matériel alternatives au Saguenay (n^{os} 25 et 31), à Laterrière (n^{os} 27 et 30), à Roberval (n^{os} 34, 35 et 36) et à Lac-Bouchette (n^{os} 41 et 42) (carte 1-1). Un banc d'emprunt supplémentaire a également été visité à l'Ascension-de-Notre-Seigneur (n^o 33) afin d'en évaluer sa teneur en argile. Chacun des bancs d'emprunt a été photographié puis décrit de manière générale à partir de la même grille de caractérisation utilisée au cours de la campagne précédente.

Quant aux bancs d'emprunt déjà visités au cours de la campagne précédente (n^{os} 2, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 14, 23, 29, 16), ceux-ci ont été échantillonnés afin d'analyser avec précision la granulométrie et la teneur en shale des unités d'intérêts en laboratoire. Pour chacun des bancs visités, la sélection des échantillons s'est fait en fonction des spectres granulométriques recherchés pour la recharge en matériel des plages du secteur ciblé. Des levés géoradar ont été réalisés aux bancs d'emprunt Aly Blackburn (n^o 2), Adrien Gagnon (n^o 4), Giguère (n^o 6), Donckin Simard (Hébertville) (n^o 13) et Gaston Morin (chemin Domtar) (n^o 16) afin d'évaluer les extensions spatiales des unités d'intérêts et d'en estimer les épaisseurs. Les données obtenues ont aussi permis d'identifier le niveau de la nappe phréatique (bancs n^{os} 6 et 16) et la présence d'unités moins appropriées aux recharges de plages (p. ex. les unités d'argiles au banc Gaston Morin [n^o 16] et Giguère [n^o 6]).

Les bancs d'emprunt n^{os} 20 et 21 n'ont pas été visités en juin 2016 en raison d'une présence trop importante d'eau au sein même des bancs. Le banc Fernand Boilard (n^o 42) n'a pas non plus été visité en juin 2016 puisque les sédiments, caractérisés lors de la première campagne, étaient jugés trop fins pour respecter les exigences du fuseau 0-5 mm.

2.2 EXTENSION POTENTIELLE DES BANCS D'EMPRUNT PAR L'ANALYSE DES IMAGES SATELLITAIRES

Au retour de la deuxième campagne de terrain, les extensions potentielles des bancs d'emprunt ont été analysées à nouveau à l'aide des images satellitaires disponibles sur le domaine public (Google Earth). La qualité et la précision de la cartographie dépendent directement de la qualité des images et du fait que le travail a été réalisé en 2D plutôt qu'en vision stéréoscopiques (3D). Les données de terrain et les profils géophysiques ont également été consultés au moment de la cartographie. Ainsi, il a été possible d'évaluer la quantité de matériel disponible en multipliant la superficie du banc d'emprunt par l'épaisseur du dépôt, estimé au terrain et lorsqu'applicable par les profils géophysiques.

Il est important de souligner que la cartographie des limites des bancs Giguère (n^o 6) et Gaston Morin (n^o 16) a été réalisée en visualisation stéréoscopique à l'écran (3D) à partir des logiciels Purview et ArcGIS. Les photographies aériennes utilisées pour leur délimitation sont de 2012 et offrent une résolution précise de 40 cm au sol.

Toutes les contraintes environnementales limitant l'expansion des bancs d'emprunt, comme la présence de cours d'eau, la présence la nappe phréatique affleurante, la proximité de milieu humide à moins de 75 m,

de réserve écologique et de voie publique, ont été considérées lors de la photo-interprétation. Seuls les aspects reliés au zonage ou aux limites de propriétés n'ont pas été considérés, puisqu'ils peuvent faire l'objet d'ententes ou de demandes de permis d'exploitation.

2.3 ANALYSES EN LABORATOIRE

2.3.1 GRANULOMÉTRIE

Les analyses granulométriques ont été réalisées par tamisage à partir d'une colonne de tamis de 63, 125, 250, 500, 710 μm et de 1, 2, 5, 8, 16 et 20 mm, le tout conformément à la norme ISO 3310-1. Les résultats ont été compilés et les statistiques calculées à l'aide de la macro Excel Gradistat (Blott et Pye, 2001). Les résultats ont été traduits en courbes granulométriques rapportées sur des graphiques synthèses développés par WSP Canada Inc. (WSP). Les fuseaux granulométriques visés pour les rechargements en sable (0-5 mm) et en gravillon (0-20 mm) ont été intégrés à ces graphiques de sorte à pouvoir visualiser rapidement si les échantillons correspondent aux fuseaux recherchés. Ces fuseaux, utilisés depuis 1986 par RT, découlent des méthodes de rechargement des plages dont les critères sont basés sur des considérations principalement reliées à la sévérité de l'érosion et au degré de fréquentation des plages pour les activités de villégiature (RTA, 1983; WSP, 2015).

2.3.2 PROPORTION DE SHALE

Les comptages pétrographiques consistent à déterminer la proportion de shale au sein des échantillons au moyen d'une loupe binoculaire (grossissement de X40). Il s'agit d'une estimation visuelle des proportions de shale pour chaque échantillon prélevé (Osborne Hutton, 1950). À la loupe binoculaire, le grain de shale (d'origine sédimentaire) se différencie bien des autres grains de sable d'origine minéralogique. Il s'agit d'un grain aplati de couleur brun-noir et mat. Il est à noter que d'autres minéraux ferromagnésiens, comme la magnétite et la biotite, sont également de couleur noire, mais présentent sous la loupe binoculaire d'autres propriétés relatives à la structure et à l'éclat.

Afin de déterminer la proportion de shale, un volume de 20 ml de sédiments a été prélevé pour chaque échantillon homogénéisé, c'est-à-dire en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Le sous-échantillon a par la suite été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule. L'estimation de la proportion des grains de shale dans les sédiments a été réalisée à l'aide de diagrammes de référence (Shvetsov, 1995) (figure 2-1).

Pour un même sous-échantillon, 10 points d'observation ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein de la coupelle afin d'y faire une estimation visuelle de la proportion des grains de shale. La moyenne des proportions de shale évaluées dans l'échantillon exprime le résultat final. Enfin, l'interprétation de la proportion de shale au sein des échantillons témoins pouvant varier d'une personne l'autre, il est important qu'une même personne traite tous les échantillons, de sorte que les résultats soient constants (Dryden, 1931).

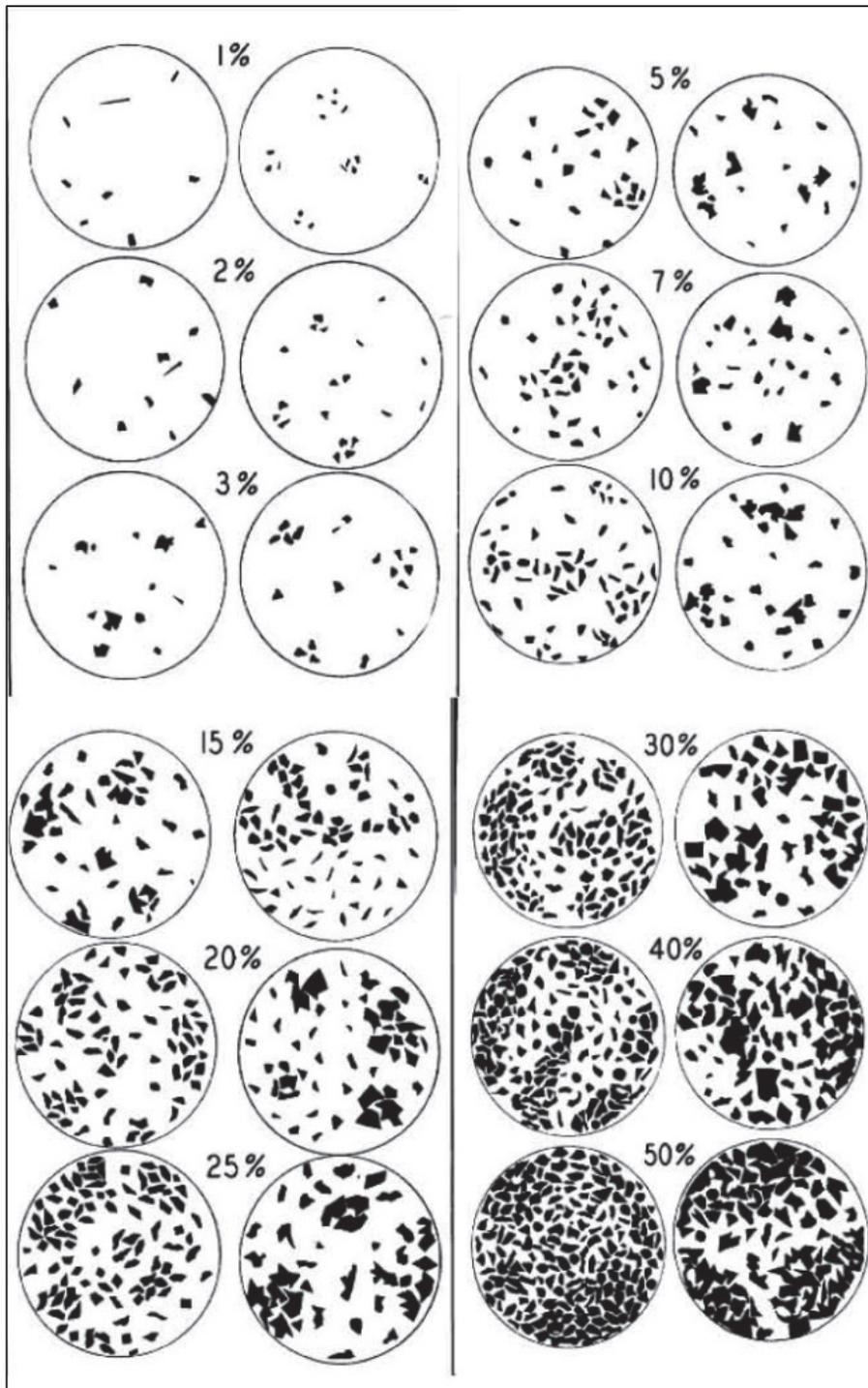


Figure 2-1 Diagrammes de référence pour guider l'estimation visuelle de la proportion des constituants du sous-échantillon (Shvetsov, 1995)

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT EN MILIEU TERRESTRE

Au total, plus de 42 bancs d'emprunt ont été recensés autour du lac Saint-Jean et au Saguenay (carte 3-1 et tableau 3-1). Certains de ces bancs étaient déjà connus et documentés, alors que d'autres ont été identifiés soit par caractérisation stéréoscopique (WSP, 2015) ou encore à partir d'une analyse d'images satellitaires publiques.

Afin de caractériser adéquatement l'ensemble des bancs d'emprunt ciblés, ceux-ci ont été classés en ordre d'importance afin de déterminer le niveau d'effort nécessaire à leur caractérisation. Les critères utilisés pour déterminer l'ordre d'importance sont basés sur les connaissances déjà existantes de certains bancs d'emprunt en raison de l'utilisation passée et actuelle du banc et de :

1. la qualité anticipée des matériaux;
2. les contraintes administratives;
3. les perturbations potentielles population et milieu biophysique;
4. la distance aux sites de rechargement;

De ces 42 bancs d'emprunt initialement identifiés, 14 bancs ont été visités lors de la première campagne et 10 bancs supplémentaires ont été visités lors de la deuxième campagne, tandis que les bancs d'emprunt n^{os} 20, 21 et 42 ont été retirés (tableau 3.1). Un banc d'emprunt supplémentaire a été visité dans la communauté de l'Ascension-de-Notre-Seigneur à la demande de Rio Tinto afin d'en évaluer sa teneur en argile.

Tableau 3-1 Sommaire des bancs d'emprunt visités

NOM DU BANC	N° ASSOCIÉ	CAMPAGNES DE TERRAIN		LEVÉ GÉORADAR	DESCRIPTION VISUELLE ET ÉCHANTILLONNAGE DES BANCs
		9 AU 12 MAI	7 AU 12 JUIN		
Émile Doré	1				
Aly Blackburn	2	Oui	Oui	Oui	Oui
Côté Martin	3				
Adrien Gagnon	4	Oui	Oui	Oui	Oui
Guy Boivin	5	Oui	Oui	Non	Oui
Giguère	6	Oui	Oui	Oui	Oui
Ludger Guay	7				
Gaston Morin n° 1	8	Oui	Oui	Non	Oui
Gérard Fortin n° 2	9				
Gérard Fortin n° 1	10	Oui	Oui	Non	Oui
Clan Gagnon	11				
Néron	12				
Donckin Simard (Hébertville)	13	Oui	Oui	Oui	Oui
Bertrand Fortin	14	Oui	Oui	Non	Oui
Bolduc	15				
Gaston Morin n° 2	16	Oui	Oui	Oui	Oui
Grenier	17				
Christian Guay n° 1	18				
Christian Guay n° 2	19				
Laterrière n° 1	20	Oui		Non	Oui
Laterrière n°2	21	Oui		Non	Oui
Laterrière n°3	22				
Laterrière n°4	23	Oui	Oui	Non	Oui
Route 170	24				
Saguenay n° 1	25		Oui	Non	Oui
Kénogami	26				
Laterrière n° 4	27		Oui	Non	Oui
Saguenay n° 2	28				
Laterrière n° 5	29	Oui	Oui	Non	Oui
Laterrière n° 6	30		Oui	Non	Oui
Saguenay n° 3	31		Oui	Non	Oui
Laterrière n° 7	32				
Ascension	33		Oui		
Roberval n° 1	34		Oui	Non	Oui
Roberval n° 2	35		Oui	Non	Oui
Roberval n° 3	36		Oui	Non	
Roberval n° 4	37				
Roberval n° 5	38				
Route 155	39				
Lac-Bouchette n° 1	40		Oui	Non	Oui
Lac-Bouchette n° 2	41		Oui	Non	Oui
Fernand Boillard	42	Oui			Oui

Bancs d'emprunt ayant été visités



- Géologie**
- Basses-terres du lac Saint-Jean**
- Calcaire, shale, dolomie et grès
 - Shale noir calcaireux et calcaire
- Province de Grenville**
- Anorthosite, leucogabbro, leuconirite, leucotroctolite et nelsonite
 - Gabbro, norite, gabbro-norite, diorite, troctolite, pyroxénite et pérodotite; quantité mineure d'anorthosite
 - Granitoïdes à orthopyroxène : charnockite, mangérite, jotunite et syénite à hypersthène
 - Migmatite
 - Granite, monzonite quartzifère, syénite quartzifère et pegmatite
 - Orthogneiss granitoïde
 - Gneiss charnockitique et gneiss mixte

Faïlle

- Faïlle du lac Kénogami (mur sud du graben)

Banc d'emprunt

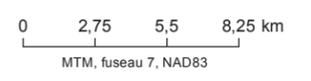
- Banc d'emprunt considéré
- Banc d'emprunt non considéré

Nom du banc	→	Laterrière #23	
Numéro du banc	→	23	
Volume estimé	→	528 767 m ³	
Classe de gravillon respecté	→	0 - 20 G 0 - 5 S	← Classe de sable respecté
Échantillon	→	4 0 - 5 3 0 - 5	← Proportion en shale (classe)
Proportion en shale (% brut)	→		

- G Gravillon
- S Sable
- 0 - 5 Teneur en shale idéale
- 10 - 15 Teneur en shale acceptable
- 15 et plus Teneur en shale innacceptable

Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du programme de stabilisation des berges du Lac Saint-Jean 2017-2026

Carte 3-1
Géologie et localisation des bancs d'emprunt en milieu terrestre



Sources : BNDT, 1/250 000
Système d'information géomorphologique du Québec (SIGÉOM), MERN, 2014
Fichier : 141_21260_PSB_c3_1_banc_geologie_170207.mxd

3.1.1 BANC ALY BLACKBURN (N^o 2)

La proximité géographique du banc Aly Blackburn des zones de recharge de Métabetchouan et de Saint-Gédéon s'avère particulièrement avantageuse. Ainsi, pour le prochain programme de recharge, le banc Aly Blackburn est visé pour fournir 100 000 tonnes (t) de sable et 110 000 t de gravillon principalement pour les zones de recharges des secteurs de Métabetchouan-Lac-à-la-Croix et St-Gédéon.

Le banc présente des fronts d'attaque largement ouverts. L'analyse visuelle a permis de déterminer que la granulométrie du banc varie généralement d'un sable fin à grossier. Ces dépôts sont interstratifiés avec des lits plus silto-argileux. Dans la partie est du banc d'emprunt, le dépôt est constitué majoritairement de sable fin homogène. Les proportions de shale y sont visiblement inférieures à 15 %. Dans la partie ouest du banc d'emprunt, le dépôt est un peu plus hétérogène et se compose majoritairement d'un sable grossier et de gravier et montre une proportion visible en shale supérieur à 15 %. La nappe phréatique ne semble pas affleurante dans l'aire d'exploitation du banc. Un total de trois échantillons a été prélevé à même le front d'attaque (figure 3-1). Le premier échantillon a été prélevé dans un dépôt de sable fin au niveau du front d'attaque intermédiaire dans la section est, tandis que les deux autres échantillons ont été prélevés dans un dépôt de sable plus grossier au niveau du front d'attaque supérieur, dans la section ouest du front d'attaque (figure 3-1). Les trois échantillons analysés présentent une fraction de sable fin comprise entre 56 % et 75 %. Les courbes granulométriques du matériel brut et homogène se situent donc sous le fuseau granulométrique des sables (0-5 mm) et des gravillons (0-20 mm). Enfin, les teneurs en shale obtenues à partir des comptages pétrographiques varient entre 15 % et 28 %. Des échanges avec l'exploitant ont permis de confirmer une proportion en shale relativement élevée au sein du banc d'emprunt. L'exploitant a aussi confirmé les besoins en tamisage pour respecter le fuseau granulométrique 0-5 mm.

Les résultats des analyses granulométriques effectuées en 2002 par Techmat ont démontré que la granulométrie varie d'un sable fin à moyen à un sable moyen à grossier. La présence importante d'horizons silteux a aussi été identifiée. Les courbes granulométriques montrent que la répartition des classes est très étalée, mais rencontrent les critères pour les recharges de plages en gravillon (fuseau 0-20 mm). Les résultats granulométriques de Techmat et de WSP ne peuvent être comparés dû au fait que nous ne savons pas où les échantillons ont été récoltés. Le banc Aly Blackburn est exploité sur différents paliers et la granulométrie du dépôt est très variable d'un palier à un autre. Les proportions en shale ont été évaluées en 2002 entre 20 et 30 %, corroborant avec nos résultats en laboratoire.

Les données obtenues à partir des levés de géoradar ont permis de cibler des unités d'intérêts. Tout d'abord, le profil de la ligne 3 illustre la présence de sables plus graveleux (S3) dans la partie ouest du banc d'emprunt. Cette unité est limitée à environ 5 m de profondeur par une unité de sédiments beaucoup plus fins, occasionnant une perte du signal électromagnétique. Cependant, le levé de la ligne 12, réalisé depuis la partie supérieure du front d'attaque vers la partie non exploitée au sud (figure 3-2 et annexe 1) démontre le prolongement d'une unité de sable-graveleux (S3+BC) sur plus de 5 m de profondeur, ce qui présente un intérêt particulier pour fournir d'importants volumes en gravillon. À la lumière de ces données et de l'analyse des photographies aériennes du secteur, la superficie d'exploitation potentielle est estimée à 621 647 m², pour une épaisseur approximative de 20 m (en considérant que la nappe phréatique a été observée à la base du niveau d'exploitation inférieur). À la lumière de ces résultats, le volume d'exploitation potentielle est estimé à 12 432 947 m³, sable et gravillon confondus (carte 3-1).

Selon l'analyse des photographies aériennes, l'analyse du contexte stratigraphique régional et les résultats des analyses, le banc Aly Blackburn est situé à la limite entre une terrasse de kame qui borde la faille de Kénogami et un delta d'eau de font glaciaire mis en place dans la mer de Laflamme. La variabilité granulométrique disponible au banc Aly Blackburn est directement reliée à la proximité du glacier au moment de la mise en place des dépôts, ainsi qu'aux fluctuations rapides des débits de l'eau de fonte de glacier. Il est important de souligner que la mer de Laflamme a recouvert le secteur du banc localisé à moins de 160 m d'altitude. L'inondation de la mer dans le secteur a favorisé la mise en place d'une couche de sédiments fins (sable silt et argile) dont l'épaisseur augmente vers la partie la plus basse du banc d'emprunt. Ces dépôts argileux de moins de 2 m d'épaisseur masquent les unités sablo-graveleuses d'intérêt, comme le démontrent les résultats de la géophysique.

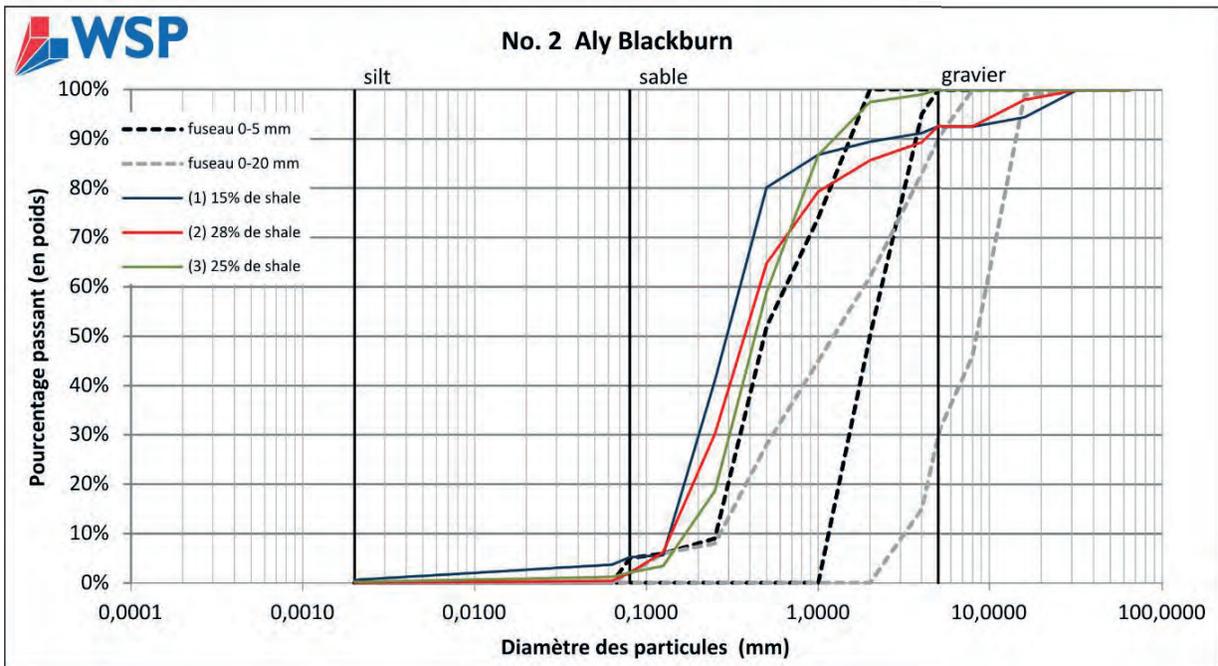
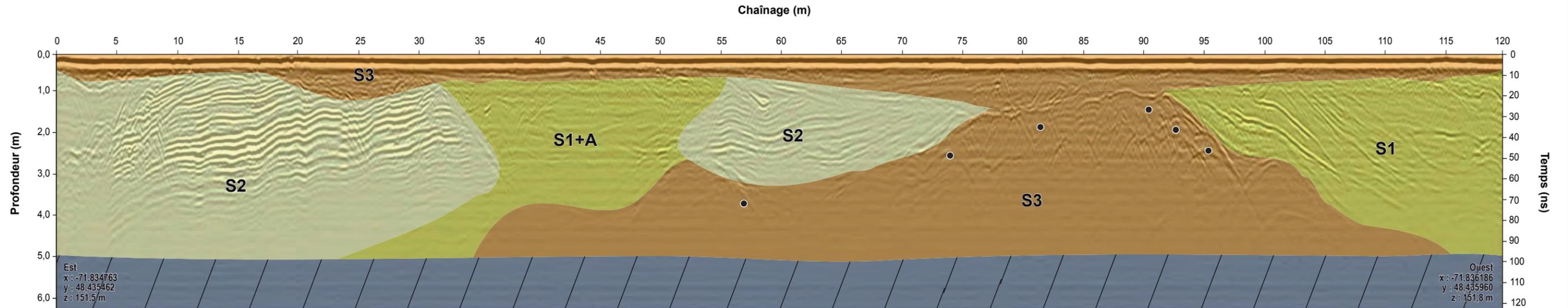


Figure 3-1 Vue générale du banc Aly Blackburn, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.



Ligne 3 2016-Jun-12 Freq : 250 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain (Attenuation : 6.00 Start Gain : 4.00 Maximum Gain : 500)

Vue générale 1



Vue générale 2



Banc d'emprunt Aly Blackburn #2



Inventaires

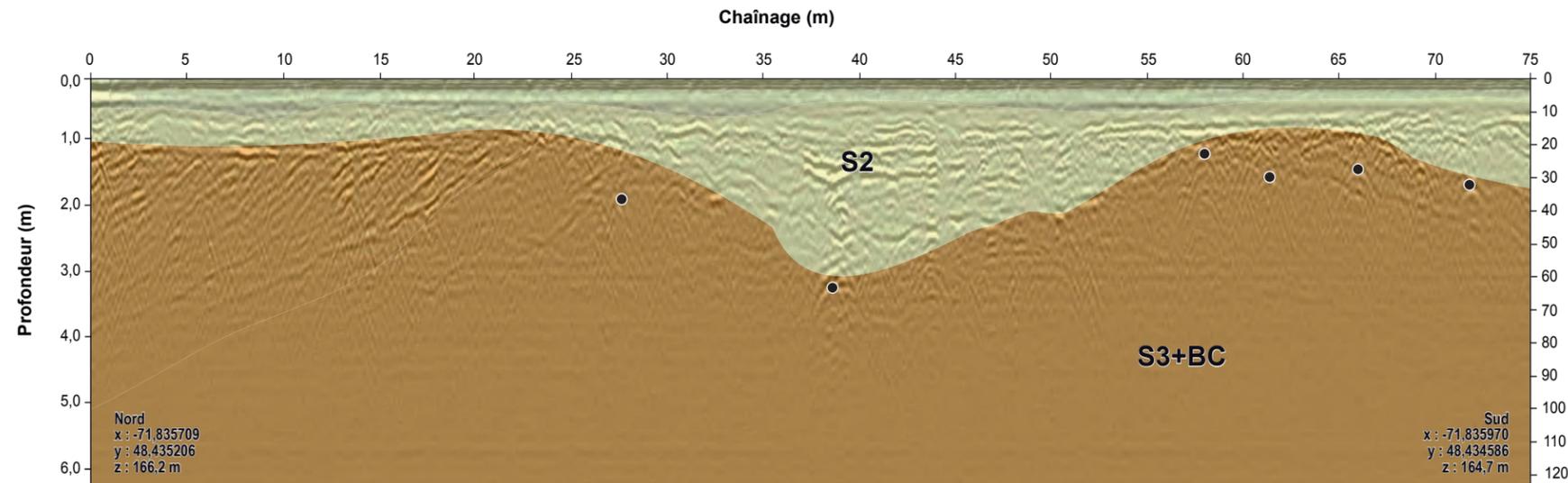
Q 1 Photographie et prise de vue

- Bloc
- Surface rocheuse
- - - - - Nappe phréatique
- Échantillon

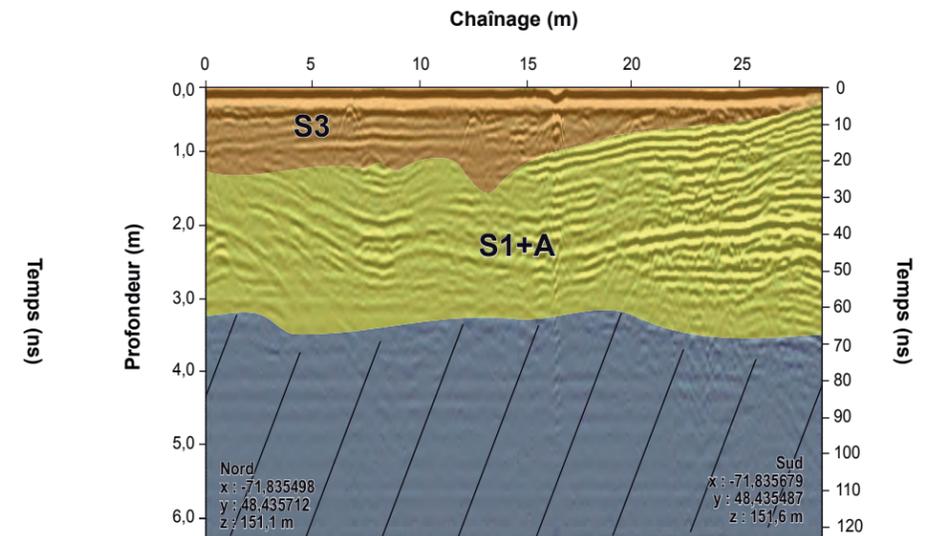
Granulométrie

- A** Présence d'argile
- BC** Présence de bloc et caillou
- ▨ Non interprété
- B1** Bloc et caillou
- B2** Bloc et caillou avec trace de gravier *
- B3** Bloc et caillou avec présence de gravier **
- G1** Gravier
- G2** Gravier avec trace de sable *
- G3** Gravier avec présence de sable **
- S1** Sable
- S2** Sable avec trace de gravier *
- S3** Sable avec présence de gravier **
- A** Argile

Note : Exagération verticale = 3x
* - de 25 %
** 25 à 50 %



Ligne 12 2016-Jun-12 Freq : 250 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain (Attenuation : 4.00 Start Gain : 3.50 Maximum Gain : 500)



Ligne 6 2016-Jun-12 Freq : 250 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain (Attenuation : 6.00 Start Gain : 4.00 Maximum Gain : 500)



Banc d'emprunt Aly Blackburn #2



Inventaires	
Q 1	Photographie et prise de vue
●	Bloc
-----	Surface rocheuse
----	Nappe phréatique
■	Échantillon
Granulométrie	
A	Présence d'argile
BC	Présence de bloc et caillou
▨	Non interprété
B1	Bloc et caillou
B2	Bloc et caillou avec trace de gravier *
B3	Bloc et caillou avec présence de gravier **
G1	Gravier
G2	Gravier avec trace de sable *
G3	Gravier avec présence de sable **
S1	Sable
S2	Sable avec trace de gravier *
S3	Sable avec présence de gravier **
A	Argile

Note : Exagération verticale = 3x
 * - de 25 %
 ** 25 à 50 %

3.1.2 BANC ADRIEN GAGNON (N^o 4)

Le banc Adrien Gagnon présente un bon potentiel de matériaux 0-5 mm pour la recharge du secteur de Chambord. Trois échantillons ont été prélevés dans la partie inférieure du front d'attaque afin d'éviter la présence d'argile, tout en obtenant des échantillons représentatifs des matériaux disponibles (figure 3-3). La composition granulométrique des trois échantillons est principalement constituée de sable moyen avec des proportions variant entre 40 % et 43 %. La fraction fine (< 0,08 mm) varie de 2,7 % à 4,7 % tandis que la teneur en gravillon est quasi nulle. Le spectre granulométrique moyen des trois échantillons se rapproche du fuseau recherché pour la recharge en 0-5 mm, mais ne répond pas au fuseau 0-20 mm, aussi nécessaire à la recharge du secteur de Chambord. La teneur en shale est relativement variable d'un échantillon à l'autre, avec des valeurs de 11 %, 17 % et 20 %. Des unités plus foncées associées à de fortes teneurs en shale ont été identifiées à l'intérieur d'un même dépôt, expliquant la variabilité des proportions de shale évaluées en laboratoire. En 1994, Techmat a réalisé des analyses granulométriques au sein du banc Adrien Gagnon. Les résultats des analyses ont démontré que les sédiments étaient trop fins pour respecter le fuseau granulométrique 0-5 mm, alors que seulement deux échantillons rencontraient les critères pour les recharges en gravillons (fuseau 0-20 mm). L'exploitation du banc d'emprunt au cours du temps a probablement épuisé le dépôt en gravillon expliquant qu'en 2016, le banc d'emprunt ne respecte plus le fuseau granulométrique 0-20 mm. Les proportions en shale ont été évaluées par Techmat entre 10 et 15 %, corroborant avec nos résultats en laboratoire.

Les levés de géoradar ont été réalisés en périphérie du banc (n=5) et à l'intérieur du banc (n=4). Les profils obtenus présentent un signal très pauvre. Le signal, pour l'ensemble des profils, ne pénètre que le premier mètre de sédiment et s'atténue très rapidement. Cette atténuation est associée à la présence d'argile, car celle-ci rend le terrain trop conducteur pour permettre la propagation de l'onde électromagnétique dans le sol réfléchissant automatiquement le signal.

La nappe phréatique observée à la base du banc établit le potentiel d'exploitation verticale aux limites actuelles. De plus, l'expansion du banc Adrien Gagnon est limitée au sud, à l'est et à l'ouest par des voies publiques, tandis que la rive du lac Saint-Jean contraint son expansion au nord. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation maximum approximative de 20 m et une surface potentielle additionnelle estimée à 223 778 m², le banc Adrien Gagnon offre un volume supplémentaire d'exploitation de 4 475 564 m³ (carte 3-1).

L'analyse stratigraphique du front d'attaque du banc Adrien Gagnon montre une alternance de lits de graviers et de lits sableux suivant un pendage \geq à 22° vers l'ouest qui sont surmontés de lits horizontaux. Ces forts pendages sont typiques des lits frontaux et sommitaux d'un delta. Ce dernier a été sédimenté à l'embouchure d'un cours d'eau se jetant dans la mer de Laflamme. Il est à noter que la mer de Laflamme a complètement recouvert le secteur lors de l'invasion marine postglaciaire mettant en place des dépôts argileux. Les fluctuations du niveau marin peuvent expliquer l'alternance de dépôts argileux (sédimentés en eau profonde et calme) et de dépôts sableux (sédimentés en eau peu profonde).

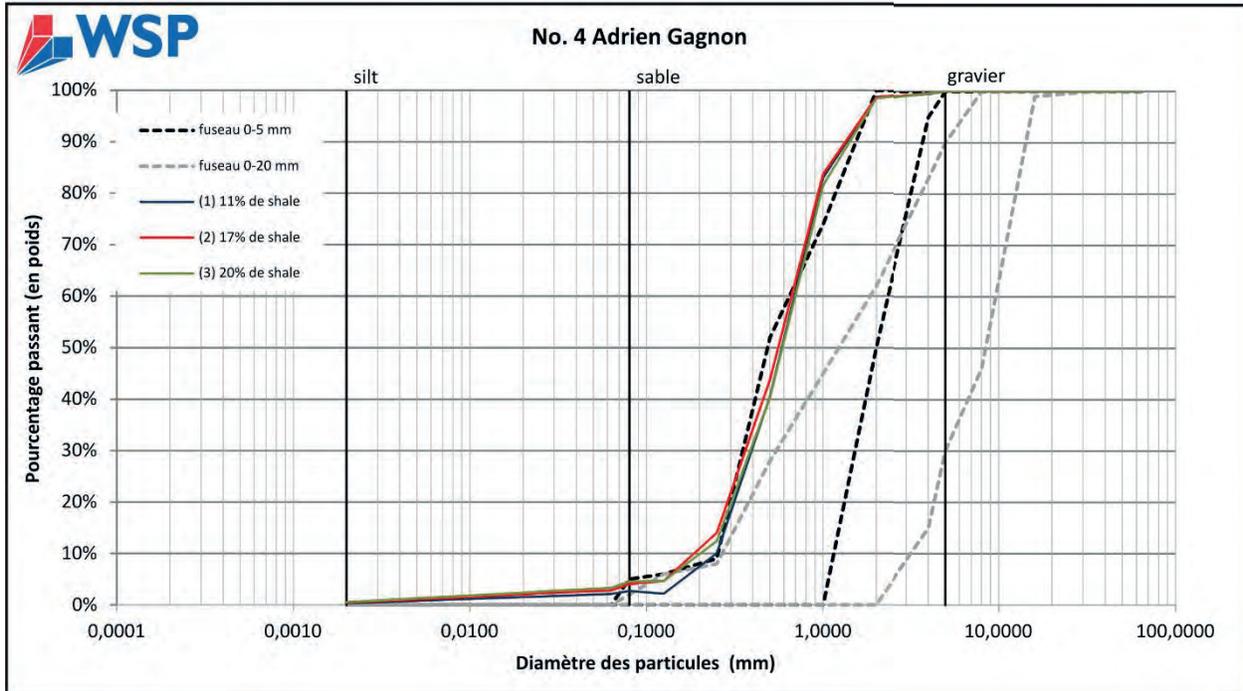


Figure 3-3 Vue générale du banc Adrien Gagnon, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.3 BANC GUY BOIVIN (N^o 5)

Le banc Guy Boivin est considéré comme une source d'emprunt d'importance moyenne, destinée à fournir du gravillon dans le secteur de Chambord. Les matériaux le constituant sont légèrement hétérogènes et se composent d'un sable moyen à grossier avec une présence sporadique de galets. Les unités sableuses sont parfois entrecoupées de dépôt plus graveleux.

Deux échantillons ont été prélevés dans la partie supérieure du front d'attaque (figure 3-4). La granulométrie des deux échantillons prélevés est principalement composée de sable grossier avec une fraction de gravillon pouvant atteindre 11 %, tandis que la fraction silteuse se situe sous les 3 %. Le spectre granulométrique des deux échantillons s'insère à l'intérieur du fuseau 0-5 mm, et borde la limite inférieure du fuseau 0-20 mm (figure 3-4). Le comptage pétrographique de deux échantillons a révélé des teneurs en shale de 22 % et 23 %. La couleur relativement foncée des unités suggère que la contamination au shale est répartie uniformément à l'ensemble du banc (figure 3-4, carte 3-1). Les résultats des analyses granulométriques réalisés par Techmat en 1989 montrent que les échantillons provenant du banc d'emprunt Boivin respectent pour la plupart les exigences granulométriques pour les rechargements de plages en gravillon (fuseau 0-20 mm), mais que le matériel n'est pas approprié pour les recharges en sable (fuseau 0-5 mm). Les différentes demandes pour recharger les plages en gravillon dans le secteur de Chambord depuis 1989 ont sans doute diminué la disponibilité en gravillon ce qui pourrait expliquer qu'en 2016, le banc d'emprunt borde la limite inférieure du fuseau 0-20 mm. Les proportions en shale ont été évaluées en 1989 entre 17 et 20 %, corroborant avec nos résultats en laboratoire.

Aucune nappe d'eau affleurante n'a été observée au sol, suggérant une nappe phréatique profonde en cohérence avec la nature sableuse du banc. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 12 m et une surface d'exploitation supplémentaire estimée à 84 831 m², le banc Guy Boivin offre un volume d'exploitation additionnel de 1 017 982 m³ (carte 3-1).

Tout comme les bancs précédents, le banc Guy Boivin fait partie d'un complexe deltaïque fluvioglaciaire mis en place lors du dernier retrait glaciaire. Le pendage $\geq 22^{\circ}$ vers l'ouest des strates permet d'affirmer que la rivière située à l'est du site constituait la source sédimentaire du delta lorsque le niveau de la mer de Laflamme était situé à cette altitude (environ 210 m). Située en contrebas du plateau Laurentien, la mer de Laflamme n'a pas atteint de profondeur suffisante à cet endroit pour favoriser la sédimentation des argiles glaciomarines. En contrepartie, la formation deltaïque que constitue le banc Guy Boivin est recouverte de sédiments silto-sableux d'origine littorale et pré-littorale, sédimentés lors de retrait graduel de la mer de Laflamme.

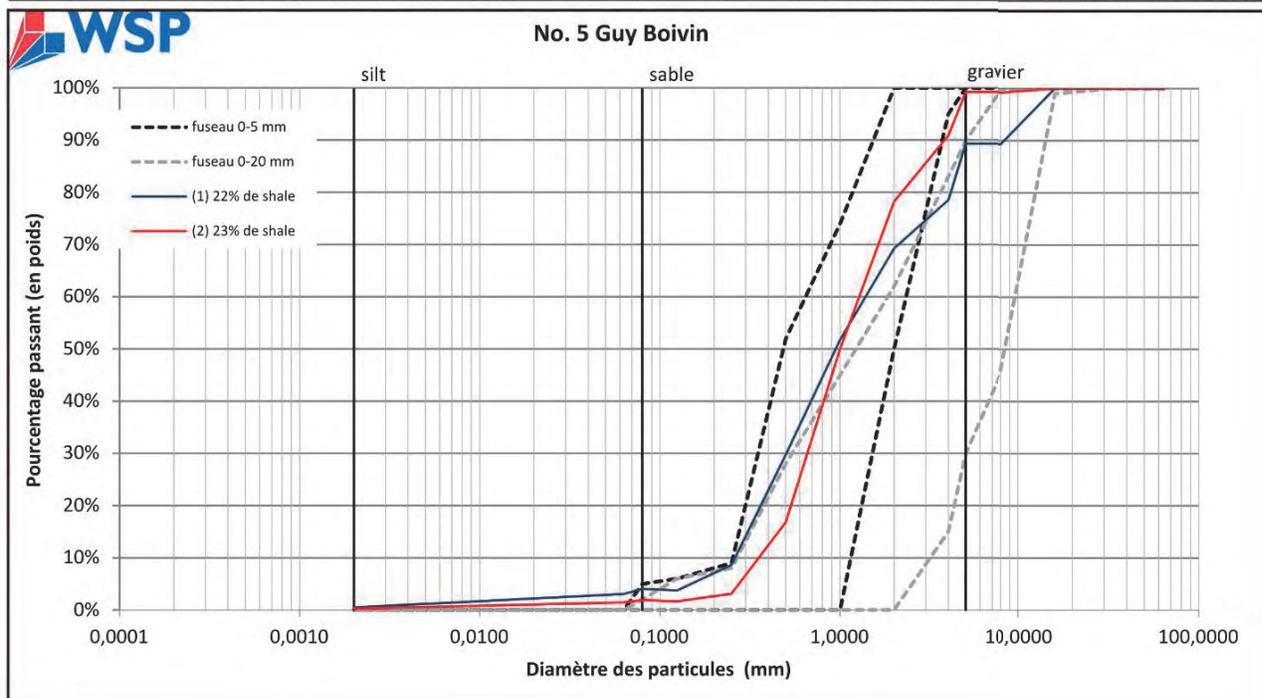


Figure 3-4 Vue générale du banc Guy Boivin, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.4 BANC GIGUÈRE (N^o 6)

Le banc Giguère est une source d'emprunt d'importance pour les sites de recharge de Saint-Méthode et Mashteuiatsh, et ce, tant en sable qu'en gravillon (115 000 t) (carte 3-1). La composition granulométrique du banc Giguère est homogène et varie généralement d'un sable moyen à grossier (figure 3-5). Plusieurs galets subarrondis et arrondis sont présents sur une bande d'environ 1 m au sommet du banc. Trois échantillons ont été prélevés au nord-est du banc d'emprunt de manière homogène afin d'obtenir la meilleure représentation granulaire (figure 3-5). Le spectre granulométrique des trois échantillons est très variable. L'échantillon n^o 2 est caractérisé par une granulométrie très fine dont le spectre granulométrique est largement sous le fuseau 0-5 mm. Les deux autres échantillons présentent une granulométrie beaucoup plus grossière et sont principalement composés de sable grossier avec une teneur en gravillons pouvant atteindre 11 %. Sommes toute, le matériel du banc Giguère rencontre les critères pour les rechargements en sable (0-5 mm) ou en gravillon (fuseau 0-20 mm). Les proportions en shale obtenues à partir des comptages pétrographiques sont comparables parmi les trois échantillons, avec des pourcentages très faibles variant de 2 % à < de 1 % (figure 3-5 et carte 3-1).

La hauteur des fronts d'attaque du banc Giguère permet d'estimer que l'épaisseur du banc d'emprunt est d'environ 9 m. Il est toutefois limité en profondeur par la proximité apparente de la nappe phréatique. En effet, les données obtenues à partir des levés géoradar permettent d'estimer la profondeur de la nappe phréatique autour de 8,5 m, corroborant les observations terrain (figure 3-6 et annexe 1). Selon les relevés électromagnétiques, la profondeur de la nappe phréatique diminue progressivement depuis le nord vers le l'est pour atteindre environ 4 m, alors que le niveau demeure relativement stable à 8,5 m du nord au sud. La caractérisation stéréoscopique à l'écran (3D) a permis de voir que l'expansion du banc Giguère est limitée à l'ouest par un cours d'eau permanent. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 9 m et une surface potentielle d'exploitation supplémentaire de 384 736 m², le banc Giguère offre un volume additionnel d'exploitation estimé à 3 462 627 m³. Toutefois, l'exploitation devra se faire selon un axe nord-sud, car un dépôt caractérisé par une matrice fine, possiblement argilo-silteux avec présence de blocs et galets, possiblement un till, délimite l'extension est-ouest du dépôt d'intérêt (figure 3-6).

L'absence de stratification de ce dépôt homogène suggère que le dépôt pourrait avoir été mis dans les eaux peu profondes de la mer de Laflamme.

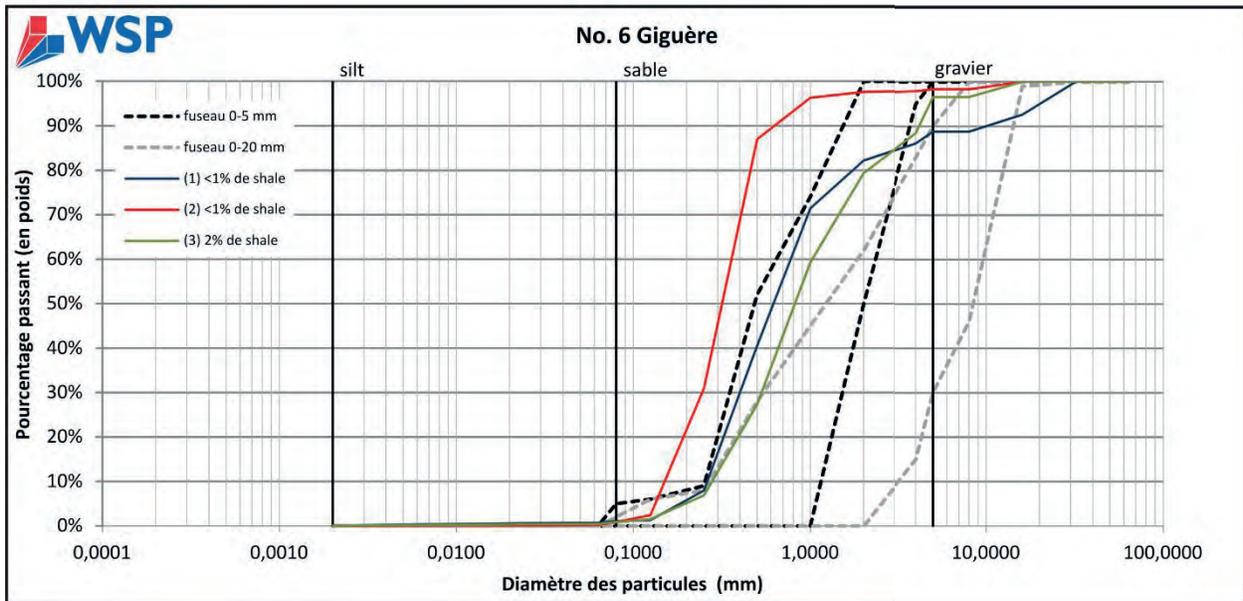
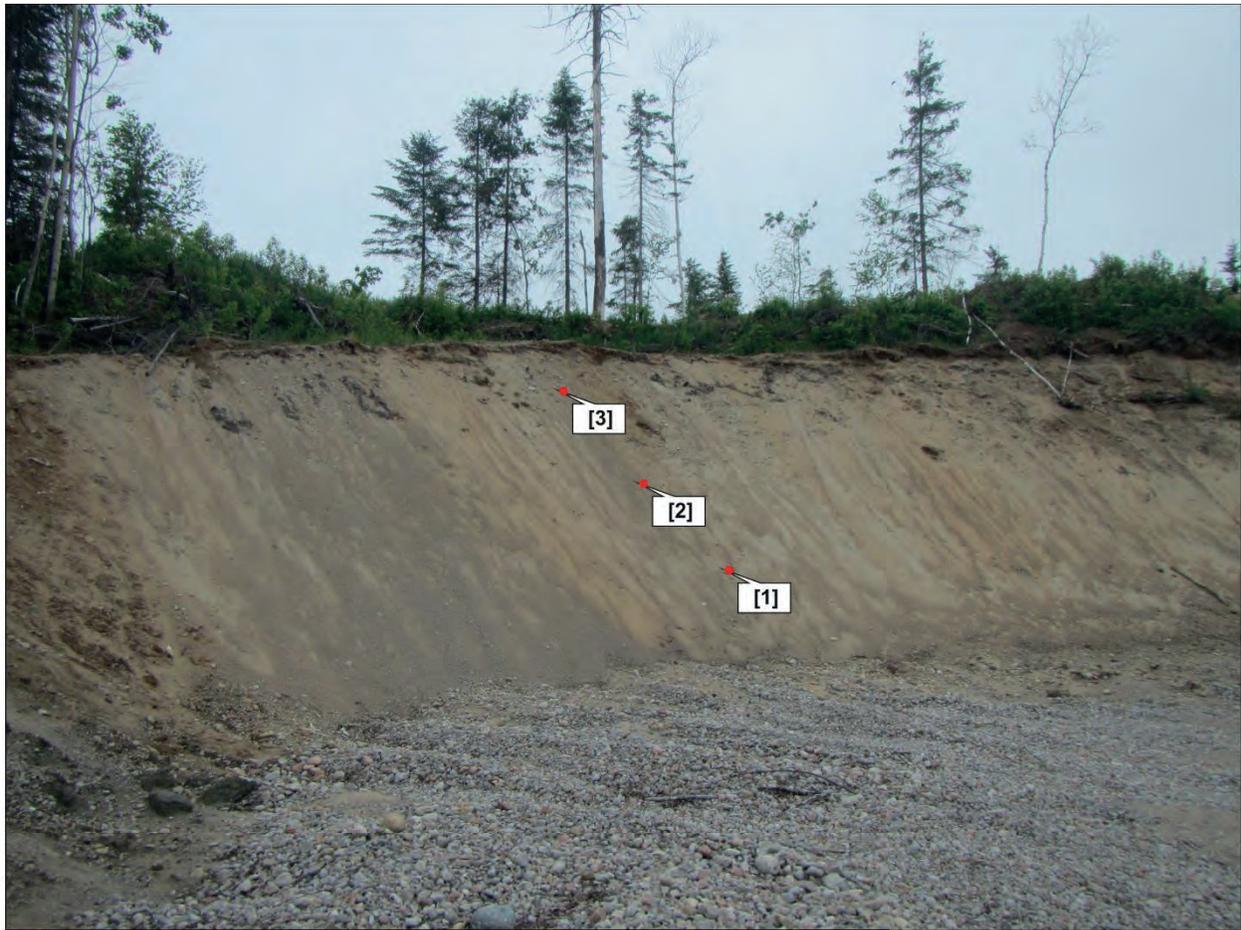
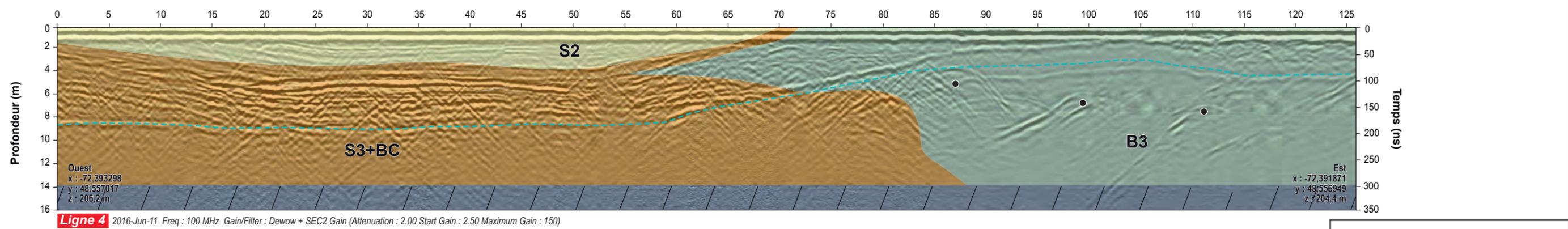
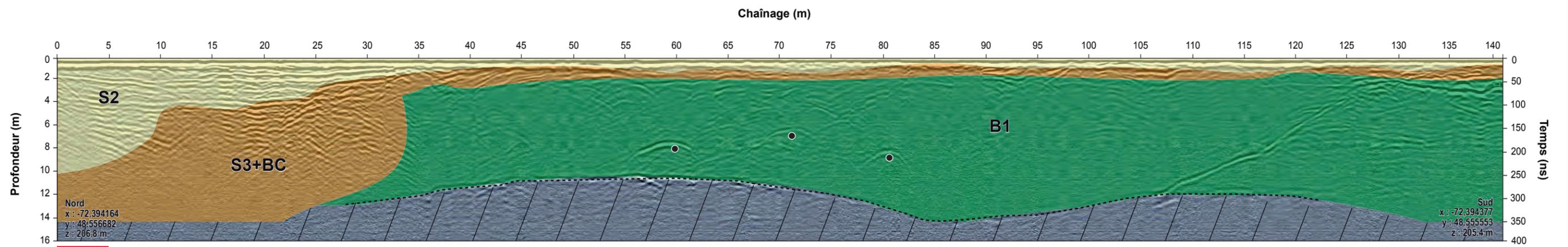


Figure 3-5 Vue générale du banc Giguère, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.



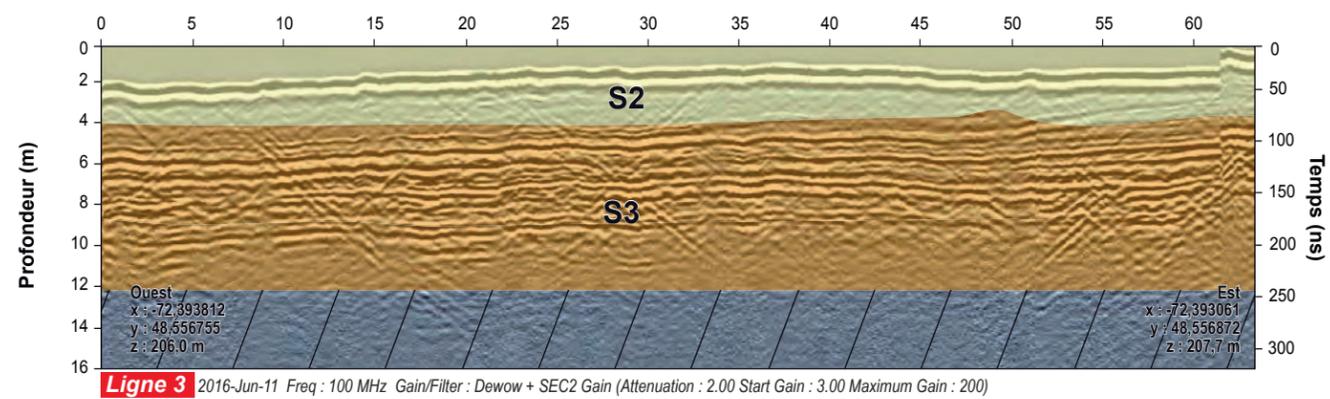
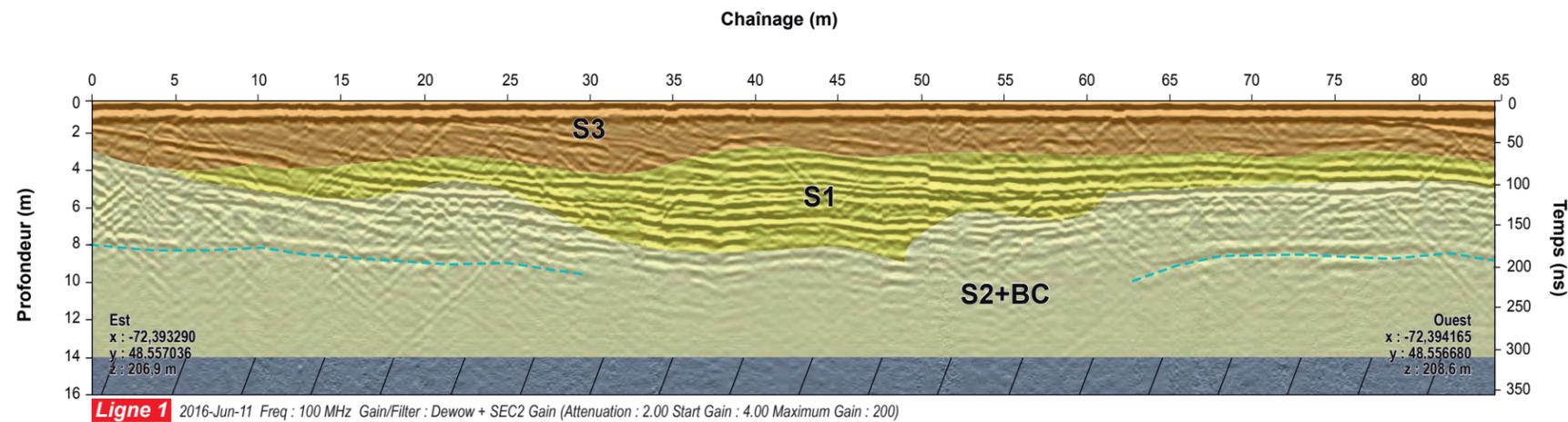
Inventaires

- Q1 Photographie et prise de vue
- Bloc
- Surface rocheuse
- - - - - Nappe phréatique
- Échantillon

Granulométrie

- A Présence d'argile
- BC Présence de bloc et caillou
- ▨ Non interprété
- B1 Bloc et caillou
- B2 Bloc et caillou avec trace de gravier *
- B3 Bloc et caillou avec présence de gravier **
- G1 Gravier
- G2 Gravier avec trace de sable *
- G3 Gravier avec présence de sable **
- S1 Sable
- S2 Sable avec trace de gravier *
- S3 Sable avec présence de gravier **
- A Argile

Note : Exagération verticale = 1,5x
* - de 25 %
** 25 à 50 %



Inventaires

- 1 Photographie et prise de vue
- Bloc
- Surface rocheuse
- Nappe phréatique
- Échantillon

Granulométrie

- A** Présence d'argile
- BC** Présence de bloc et caillou
- Non interprété
- B1** Bloc et caillou
- B2** Bloc et caillou avec trace de gravier *
- B3** Bloc et caillou avec présence de gravier **
- G1** Gravier
- G2** Gravier avec trace de sable *
- G3** Gravier avec présence de sable **
- S1** Sable
- S2** Sable avec trace de gravier *
- S3** Sable avec présence de gravier **
- A** Argile

Note : Exagération verticale = 1,5x
 * - de 25 %
 ** 25 à 50 %

3.1.5 BANC GASTON MORIN TNO (N^o 8)

Le banc Gaston Morin est une source d'emprunt d'importance pour le secteur de Mistassini (carte 3-1). Il comprend deux unités sédimentaires distinctes, soit l'unité supérieure d'une épaisseur approximative de 1 m, qui se compose majoritairement de sable moyen à grossier avec une alternance de lits de gravier. L'unité inférieure d'une épaisseur d'environ 14 m est relativement homogène et se compose de sable fin (figure 3-7).

Afin de vérifier l'homogénéité du matériel sur l'ensemble du banc, deux échantillons ont été prélevés, l'un sur la face est et l'autre sur la face ouest de la partie exploitée du banc d'emprunt. Les deux échantillons analysés présentent une granulométrie très fine avec une fraction de sable fin comprise entre 64 % et 77 %. Les courbes granulométriques se situent sous les fuseaux granulométriques recherchés de 0-5 et 0-20 mm (figure 3-7). La composition en shale est identique entre les deux échantillons, avec des proportions sous les 1 % (figure 3-7 et carte 3-1). En effet, l'observation visuelle préliminaire n'avait pas permis de déceler la présence de shale à même les sédiments.

Aucune présence d'eau n'a été identifiée au sol au moment de la deuxième campagne de terrain, suggérant un potentiel d'exploitation en profondeur. L'expansion du banc Gaston Morin est toutefois limitée par le passage d'un cours d'eau au nord, sud et à l'ouest. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 15 m et une surface potentielle d'exploitation supplémentaire estimée à 30 567 m², le banc Gaston Morin offre un volume d'exploitation additionnel estimé à 458 509 m³ (carte 3-1).

L'altitude moyenne de ce banc d'emprunt est autour de 160 m, soit la limite maximale de la mer de Laflamme dans la région. En raison de la présence de forts pendages marqués, le banc d'emprunt s'apparente à un complexe deltaïque et la présence de lits noirâtres (minéraux denses) rappelle le remaniement des sédiments par des processus littoraux.

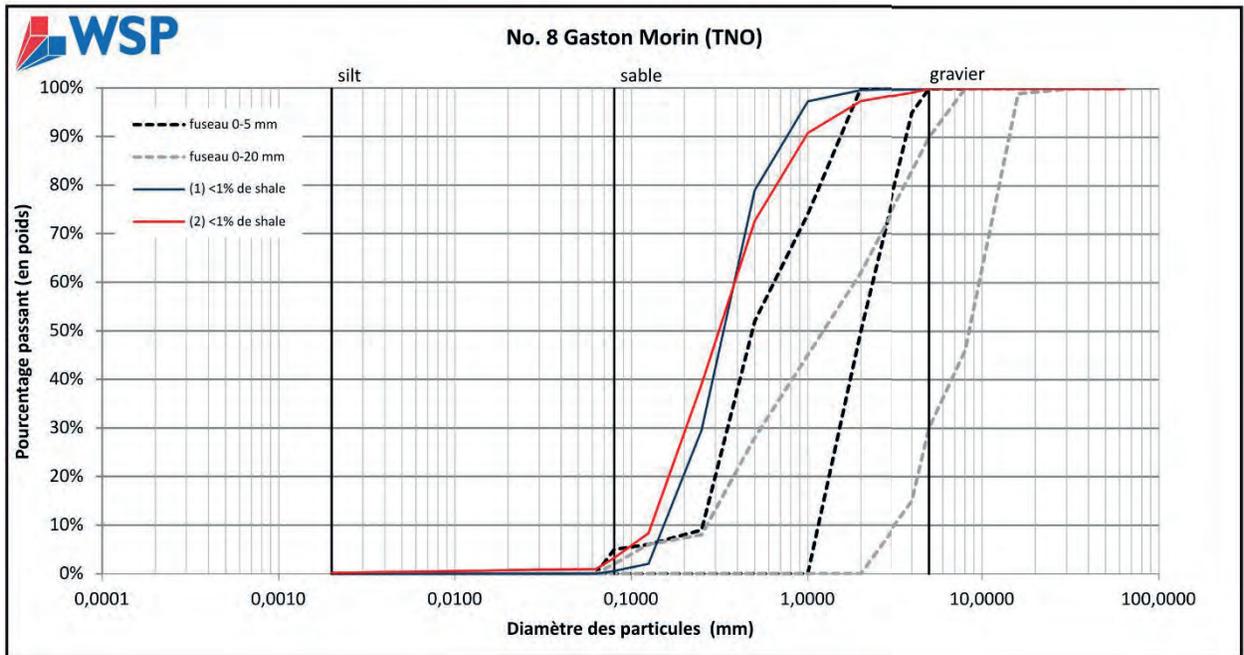


Figure 3-7 Vue générale du banc Gaston Morin, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.6 BANC GÉRARD FORTIN (N^o 10)

Le banc Gérard Fortin est une source d'emprunt importante pour le site de recharge du secteur de Saint-Henri-de-Taillon (carte 3-1). La composition granulométrique du banc Gérard Fortin est homogène et varie généralement d'un sable fin à un sable grossier. Des lits de gravier entre les dépôts de sable ont été observés. Deux échantillons ont été prélevés dans la partie sud du banc afin d'obtenir la meilleure représentation granulaire (figure 3-8). Les caractéristiques granulométriques des deux échantillons sont relativement différentes. L'échantillon prélevé sur la face est du banc est plutôt fin, composé à 68 % d'argile à sable moyen dont le spectre granulométrique est largement sous les fuseaux recherchés de 0-5 mm et 0-20 mm. L'échantillon prélevé sur la face ouest du banc est plus grossier et est principalement composé à 59 % d'un sable moyen à grossier, avec une faible proportion de gravillon (< 3 %). Les sédiments de la face ouest du banc respectent donc le fuseau granulométrique 0-5 mm, mais la proportion de gravillon n'est pas assez élevée pour correspondre au fuseau 0-20 mm. Les proportions en shale obtenues à partir des comptages pétrographiques sont similaires, avec des pourcentages très faibles < 1 %, corroborant l'absence de shale identifié visuellement lors des visites de terrain (figure 3-8 et carte 3-1).

Plusieurs plans d'eau ont été identifiés en surface dans la partie sud du banc tandis que le niveau inférieur d'exploitation au nord est comblé par l'eau, suggérant que la limite d'exploitation a été atteinte. L'expansion du banc Gérard Fortin est contrainte à l'ouest par la présence d'une tourbière. Le front d'attaque du banc d'emprunt permet d'évaluer une épaisseur approximative de 8 m. Ainsi, avec une hauteur approximative d'exploitation maximum de 8 m et un potentiel d'exploitation supplémentaire estimé à 666 315 m², le banc Gérard Fortin offre un volume potentiel d'exploitation additionnel de 5 330 519 m³ (carte 3-1).

La présence de lits horizontaux, la morphologie plane du site et la proximité de la rivière Péribonka laissent croire que le dépôt est d'origine fluviale. Si tel est le cas, il est fort probable qu'une unité argileuse se trouve sous les dépôts sableux. En effet, la mer de Laflamme a complètement recouvert le secteur lors de l'invasion marine et peut être observée à partir de la géomorphologie dendritique des cours d'eau au nord.

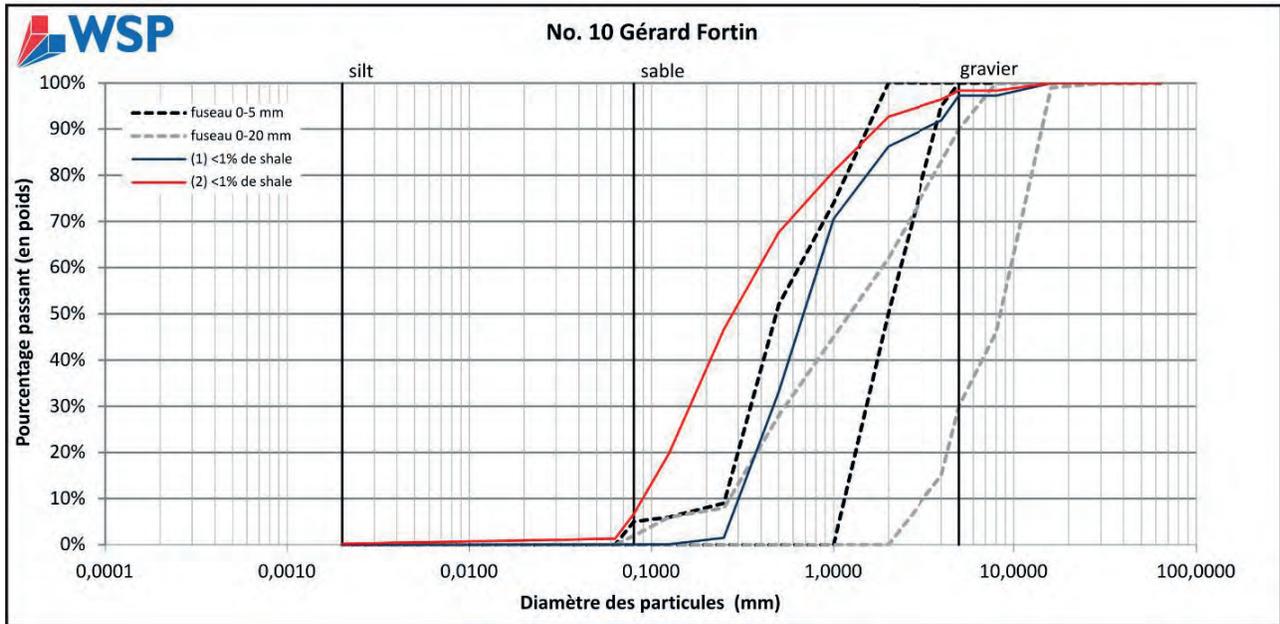


Figure 3-8 Vue générale du banc Gérard Fortin, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.7 BANC DONCKIN-SIMARD (HÉBERTVILLE) (N^o 13)

Le banc d'emprunt des Graviers Donckin-Simard présente un potentiel de fournir en matériaux le secteur Métabetchouan et Saint-Gédéon, et ce, tant en sable qu'en gravillon (carte 3-1). Les matériaux provenant de cet immense banc d'emprunt pourraient éventuellement servir à amender les matériaux provenant du banc d'Aly Blackburn, soit pour réduire les proportions en shale ou encore pour augmenter la proportion des gravillons. Toutes les classes granulométriques de matériaux y sont rencontrées. Cependant, les efforts de caractérisation se sont penchés sur le secteur central du banc qui présente une granulométrie se situant à l'intérieur du fuseau 0 – 5 mm. À cet endroit, deux unités stratigraphiques ont été observées. L'unité supérieure est composée de sable grossier et de gravier stratifié avec trace de galets et l'unité inférieure est composée de sable fin disposé en lits entrecroisés.

Trois échantillons ont été prélevés au centre du banc afin de caractériser l'unité d'intérêt. Les échantillons sont principalement composés d'un sable fin à grossier avec des fractions silteuses et graveleuses sous les 3 % (figure 3-9). La composition granulométrique moyenne des échantillons est légèrement plus fine que le fuseau 0-5 mm. La proportion en shale obtenue à partir des comptages pétrographiques est comparable pour les trois échantillons, avec des valeurs comprises entre 20 % et 21 % (figure 3-9 et carte 3-1). La similarité des résultats suggère une certaine homogénéité des teneurs en shale à l'intérieur du banc. Cette teneur en shale est toutefois moins importante que celle évaluée pour le banc Aly Balckburn. Des échanges avec l'exploitant ont permis de confirmer une proportion en shale relativement élevée. La visite du banc d'emprunt par l'exploitant a permis de cibler des secteurs du banc où la proportion en gravillon est plus élevée et pourrait respecter le fuseau granulométrique 0-20 mm.

Les résultats des analyses granulométriques réalisées par Techmat en 1986 ont démontré que le matériel ne rencontre pas les critères pour les rechargements en sable (0-5 mm) ou en gravillon (fuseau 0-20 mm), alors que nos résultats démontrent le contraire. Le banc Donckin-Simard comporte plusieurs paliers d'exploitation et la granulométrie est variable d'un palier à un autre. Il est donc important de connaître la localisation des stations d'échantillonnage afin de mieux comparer les résultats granulométriques entre eux. Les proportions en shale ont été évaluées par Techmat en 1986 entre 20 et 25 %, corroborant avec nos résultats en laboratoire.

Selon les données géophysiques, l'étendue des unités sableuses se prolonge au-delà du front d'attaque actuel vers le sud, tandis que des unités plus grossières sont identifiées vers le nord (figure 3-10 et annexe 1). La nappe phréatique n'a pas été identifiée sur les profils de géoradar, suggérant qu'une exploitation en profondeur demeure possible. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 10 m et plus et une superficie potentielle d'exploitation supplémentaire estimée à 1 275 839 m², le banc Donckin-Simard offre un volume potentiel d'exploitation additionnel de 12 758 393 m³ (carte 3-1).

Le contexte géomorphologique et l'analyse stratigraphique, surtout basés sur la variabilité granulométrique des lits et la variabilité de la direction des pendages du banc Donckin-Simard, suggèrent que les sédiments sont d'origine juxtaglaciaire et fluvioglaciaire et auraient été sédimentés directement par la glace ou par les eaux de fonte du glacier lors du retrait glaciaire. À cette période, le secteur était enclavé entre les montagnes au sud et le glacier au nord, canalisant ainsi les eaux de fonte et emmagasinant l'apport sédimentaire.

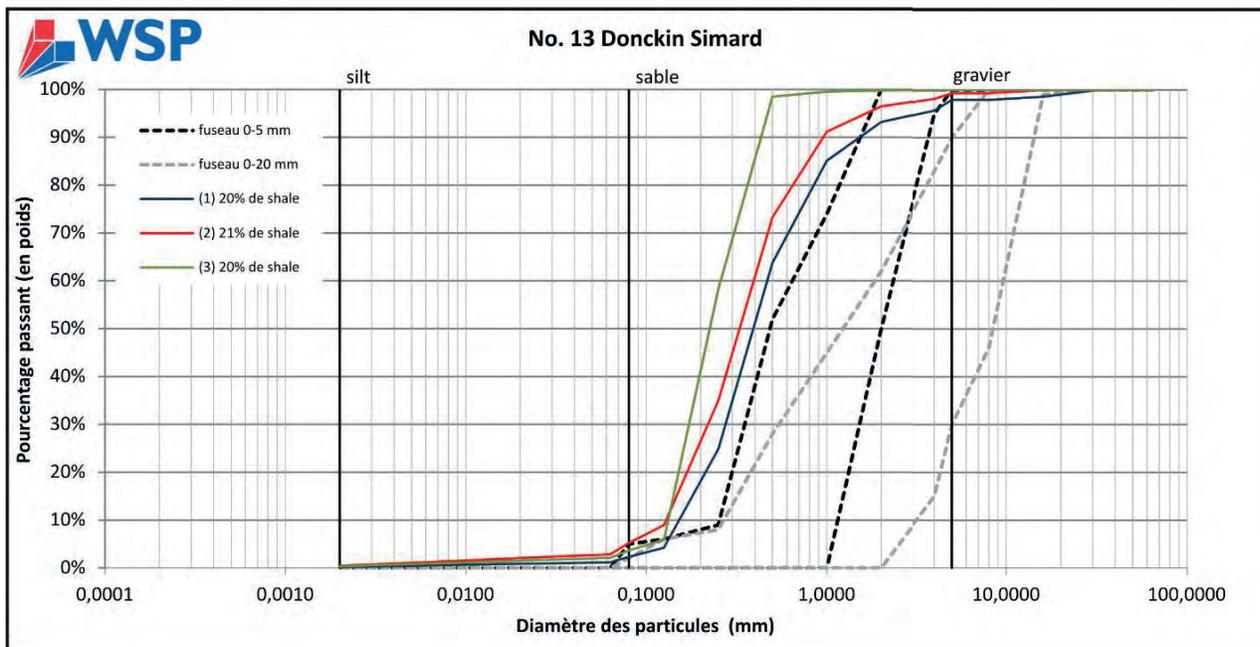
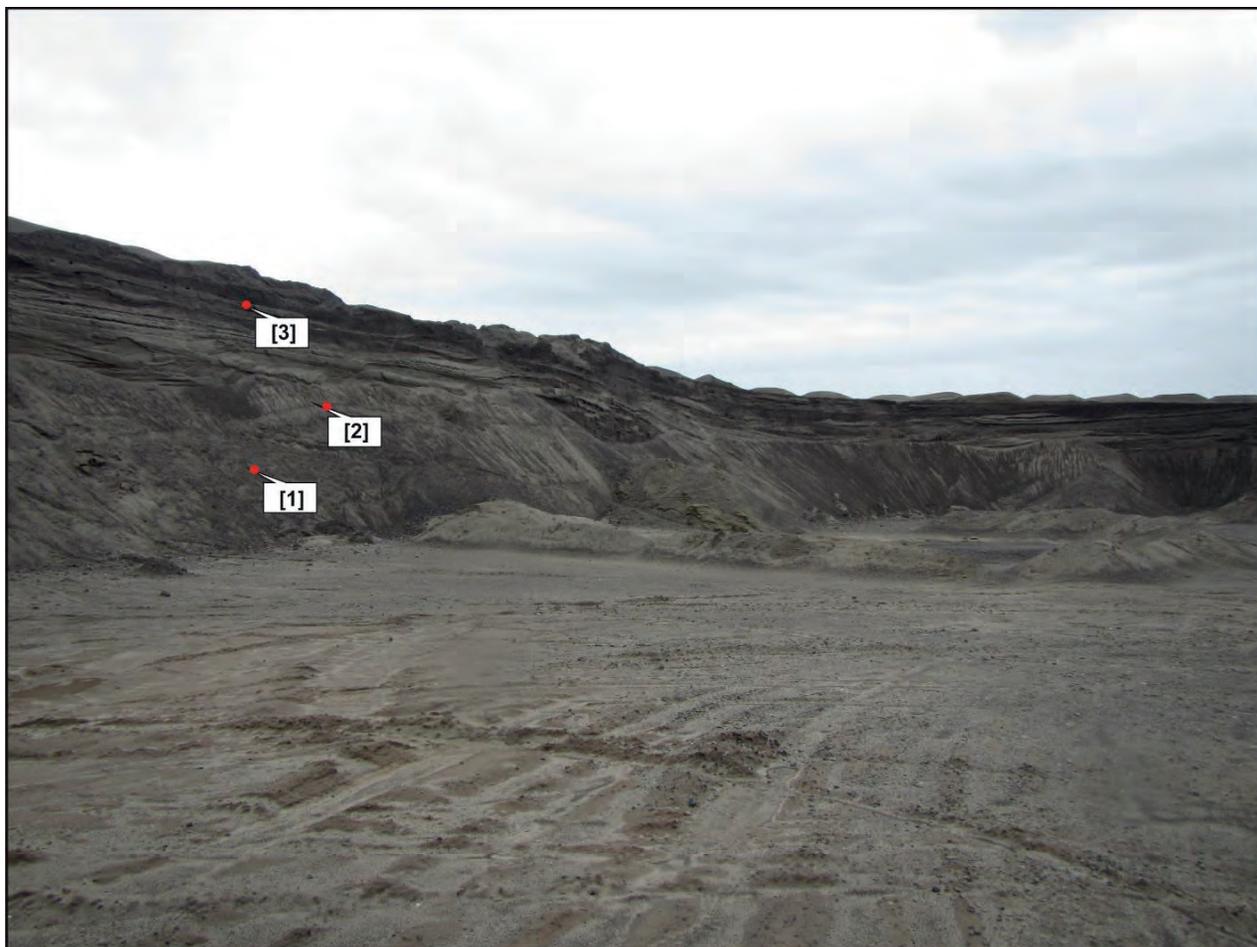
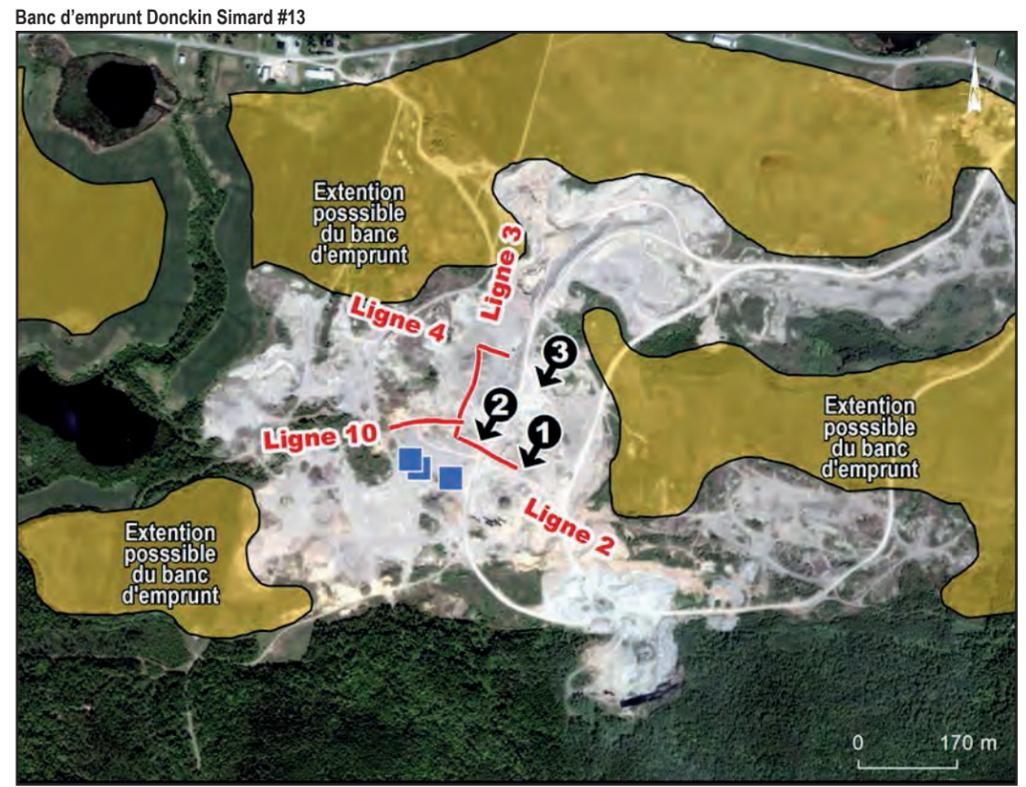
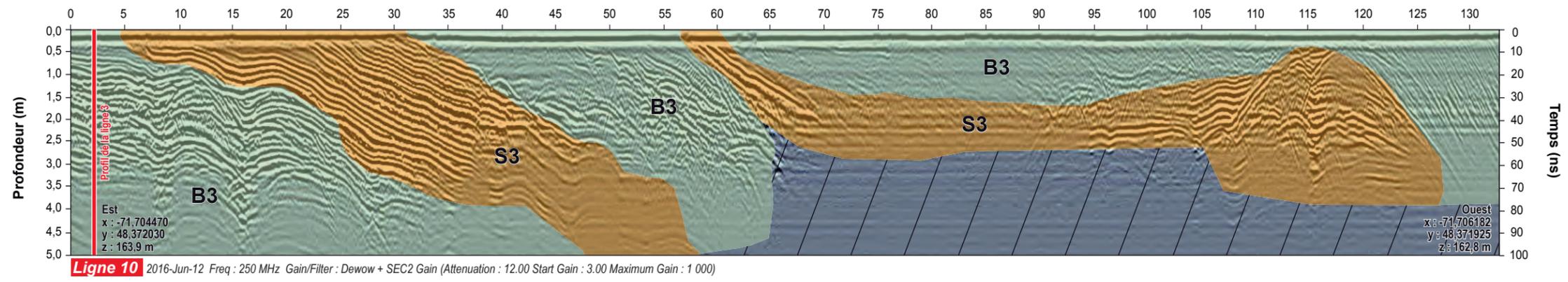
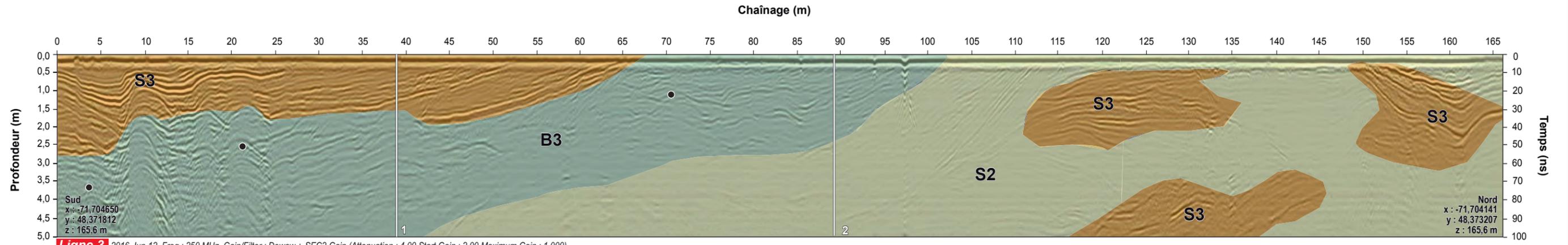


Figure 3-9 Vue générale du banc Donckin-Simard, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.



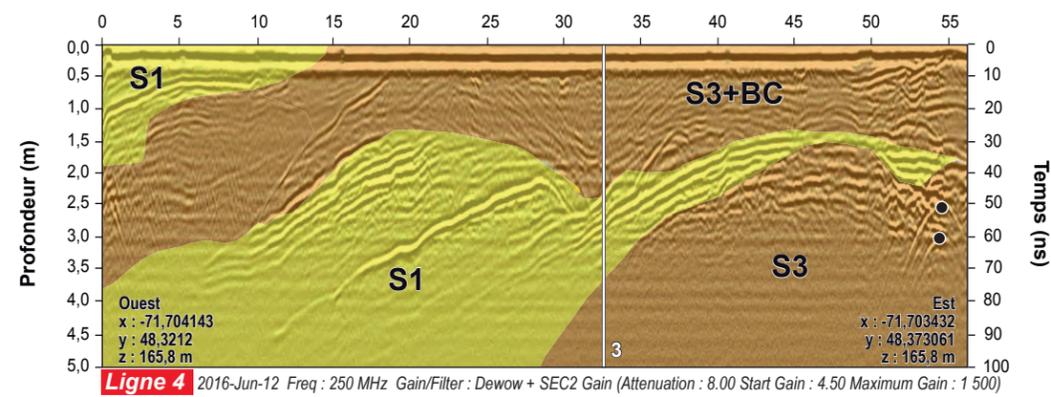
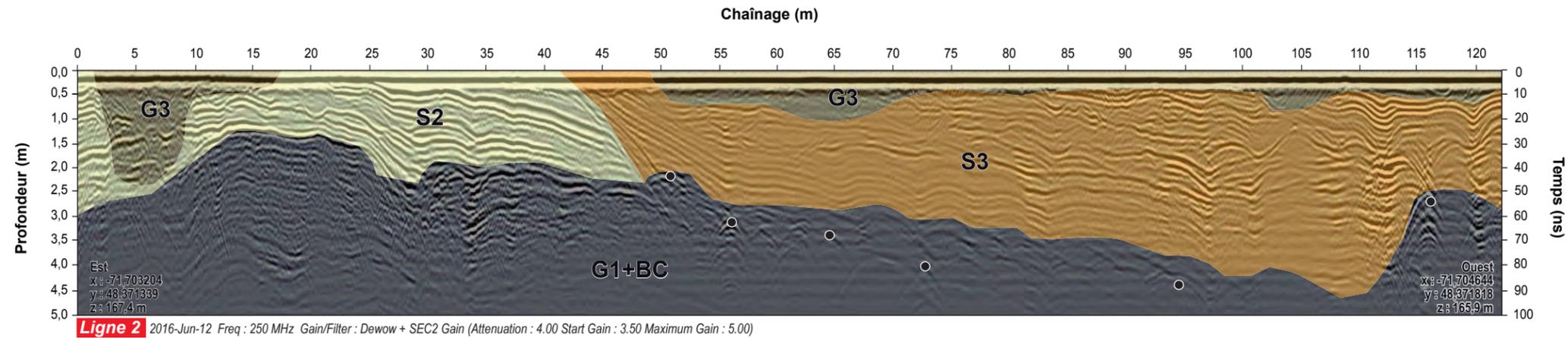
Inventaires

- Q 1** Photographie
- Bloc
- Surface rocheuse
- - - - - Nappe phréatique
- Échantillon

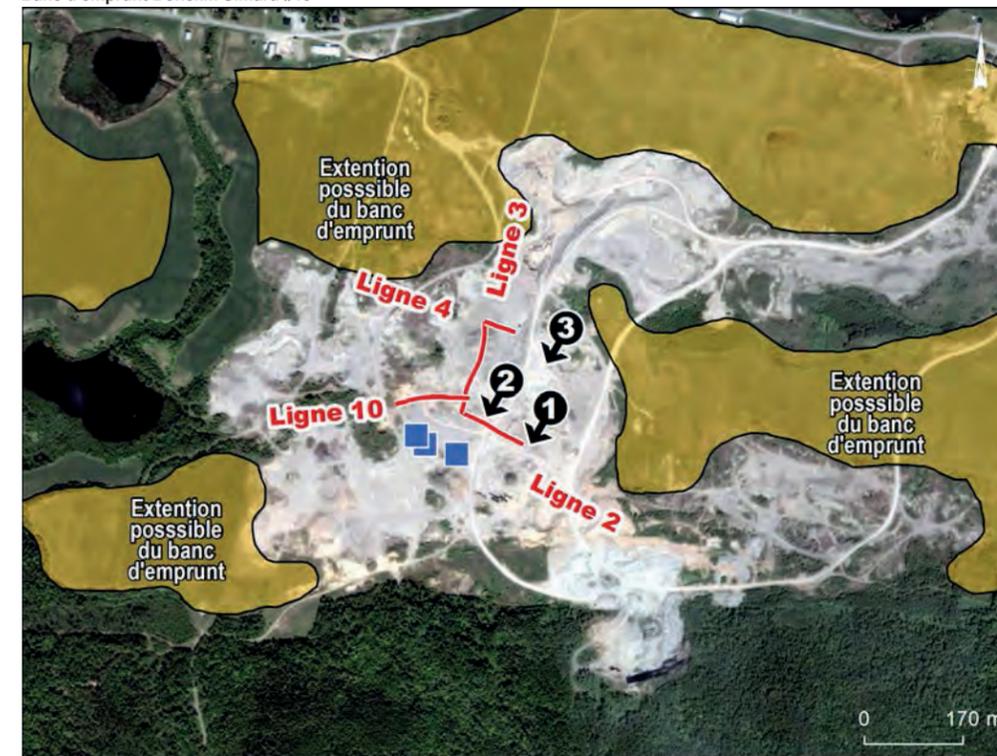
Granulométrie

- A** Présence d'argile
- BC** Présence de bloc et caillou
- ▨ Non interprété
- B1** Bloc et caillou
- B2** Bloc et caillou avec trace de gravier *
- B3** Bloc et caillou avec présence de gravier **
- G1** Gravier
- G2** Gravier avec trace de sable *
- G3** Gravier avec présence de sable **
- S1** Sable
- S2** Sable avec trace de gravier *
- S3** Sable avec présence de gravier **
- A** Argile

Note : Exagération verticale = 5x
 * - de 25 %
 ** 25 à 50 %



Banc d'emprunt Donckin Simard #13



Inventaires	
Q 1	Photographie
●	Bloc
-----	Surface rocheuse
- - - - -	Nappe phréatique
■	Échantillon
Granulométrie	
A	Présence d'argile
BC	Présence de bloc et caillou
▨	Non interprété
B1	Bloc et caillou
B2	Bloc et caillou avec trace de gravier *
B3	Bloc et caillou avec présence de gravier **
G1	Gravier
G2	Gravier avec trace de sable *
G3	Gravier avec présence de sable **
S1	Sable
S2	Sable avec trace de gravier *
S3	Sable avec présence de gravier **
A	Argile

Note : Exagération verticale = 5x
 * - de 25 %
 ** 25 à 50 %

3.1.8 BANC BERTRAND FORTIN (N^o 14)

Le banc Bertrand Fortin est une source d'emprunt d'importance pour le rechargement en sable et gravillon des secteurs de Chambord (carte 3-1). Les dépôts constituant ce banc sont hétérométriques et se composent d'un mélange de sable et de gravier avec une présence de galets. Leur structure est particulièrement lâche, faisant en sorte que des cônes d'accumulation à la base des fronts d'attaque dissimulent les unités sous-jacentes (figure 3-11).

L'exploitation du banc d'emprunt est limitée à l'est et au sud par la rivière Métabetchouan, tandis qu'une ligne électrique contraint l'expansion à l'ouest. Pour cette raison, les deux échantillons ont été prélevés sur la face nord du banc, étant la seule façade exploitable (figure 3-11). Les deux échantillons analysés sont principalement composés d'un sable grossier avec une fraction de gravillons oscillant entre 15 % et 20 %.

La composition granulométrique des deux échantillons s'insère à l'intérieur des fuseaux granulométriques 0-5 et 0-20 mm (figure 3-11). Seul un échantillon a été retenu pour réaliser le comptage pétrographique dont la teneur en shale a été établie à 16 % (figure 3-11 et carte 3-1). Les observations de terrain tendent à déterminer que les proportions de shale se trouvent tant dans les sables que dans les gravillons.

La nappe phréatique ainsi que l'affleurement rocheux observé à la base du banc établissent le potentiel d'exploitation verticale aux limites actuelles. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 12 m et une surface potentielle d'exploitation supplémentaire estimée à 54 135 m², le banc Bertrand Fortin offre donc un volume potentiel d'exploitation additionnel de 649 615 m³ (carte 3-1).

L'absence de stratification ainsi que la granulométrie très hétérogène suggèrent que le dépôt a été mis en place directement par le glacier et est donc constitué de till.

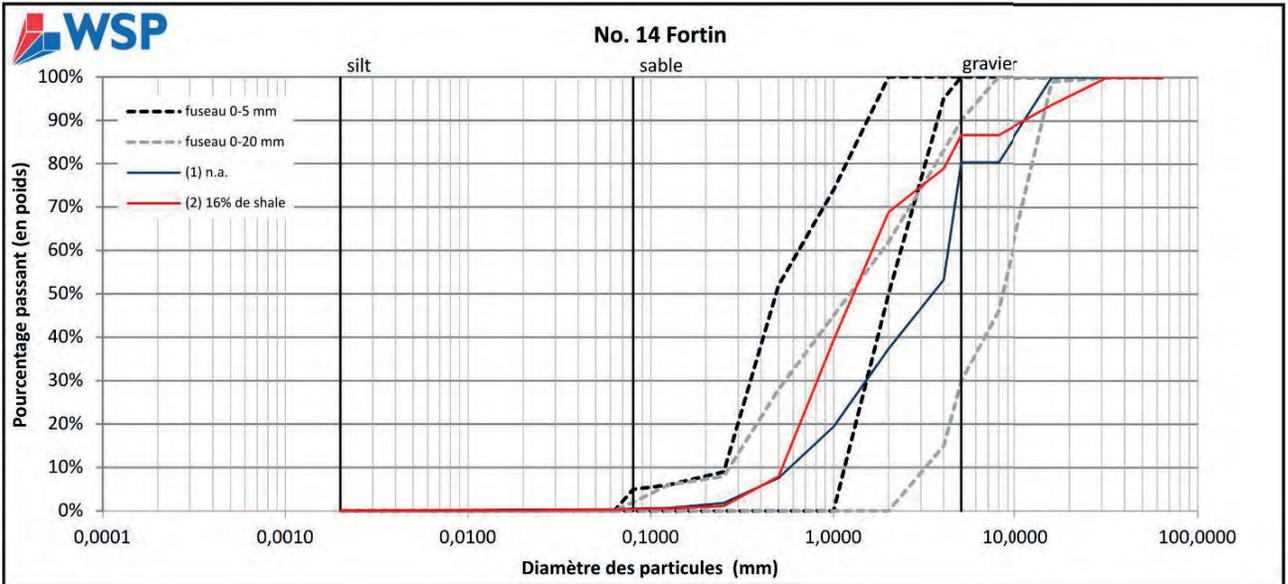


Figure 3-11 Vue générale du banc Bertrand Fortin, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.9 BANC GASTON MORIN (CHEMIN DOMTAR) (N^o 16)

Malgré la distance qui sépare le banc Gaston Morin des sites de recharges de Mistassini, celui-ci demeure une source d'emprunt d'importance pour le fuseau 0-5 mm et 0-20 mm (carte 3-1). L'unité supérieure, d'une épaisseur approximative de 1 m, se compose principalement de sable moyen à grossier avec une alternance de lits de gravier. L'unité inférieure, d'une épaisseur moyenne de 9 m, se compose d'une alternance de sable fin à moyen.

En raison de l'homogénéité du dépôt, un seul échantillon a été prélevé sur la face est du banc d'emprunt. L'échantillon analysé est principalement composé d'un sable moyen à grossier (70 %) avec une fraction de gravillon sous les 3 %. La composition granulométrique se situe à l'intérieur du fuseau granulométrique recherché de 0-5 mm, mais à l'extérieur du fuseau 0-20 mm. De plus, la teneur en shale obtenue à partir du comptage pétrographique est inférieure à 1 % (figure 3-12).

Selon les levées électromagnétiques, une unité argileuse d'une largeur de 35 m a été identifiée entre la face nord du banc d'emprunt principal et la face sud du banc d'emprunt secondaire situé plus au nord (figure 3-13 et annexe 1). Des sondages à l'aide d'une pelle ont confirmé la présence de cette unité argileuse massive située sous une unité de sable grossier et gravillon (figure 3-13). De plus, les profils de géoradar ont permis d'identifier la nappe phréatique à une profondeur moyenne de 9 m, corroborant les observations terrain qui plaçaient celle-ci à environ 10 m. La caractérisation stéréoscopique à l'écran a permis de localiser des tourbières à l'ouest, à l'est et au sud du banc Gaston Morin, ce qui limite son expansion. L'expansion du banc est également limitée par la route de Domtar au nord de celui-ci. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 10 m et un potentiel d'exploitation supplémentaire estimé à 217 471 m², le banc Gaston Morin offre un volume potentiel d'exploitation additionnel de 2 174 713 m³ (carte 3-1).

L'analyse stratigraphique du front d'attaque suggère que le processus sédimentaire de mise en place des sédiments est deltaïque. En effet, l'alternance de lit de sable fin à moyen entrecoupé de lits plus grossiers suivant un axe est-ouest permet d'associer le dépôt à un delta juxtaglacière.

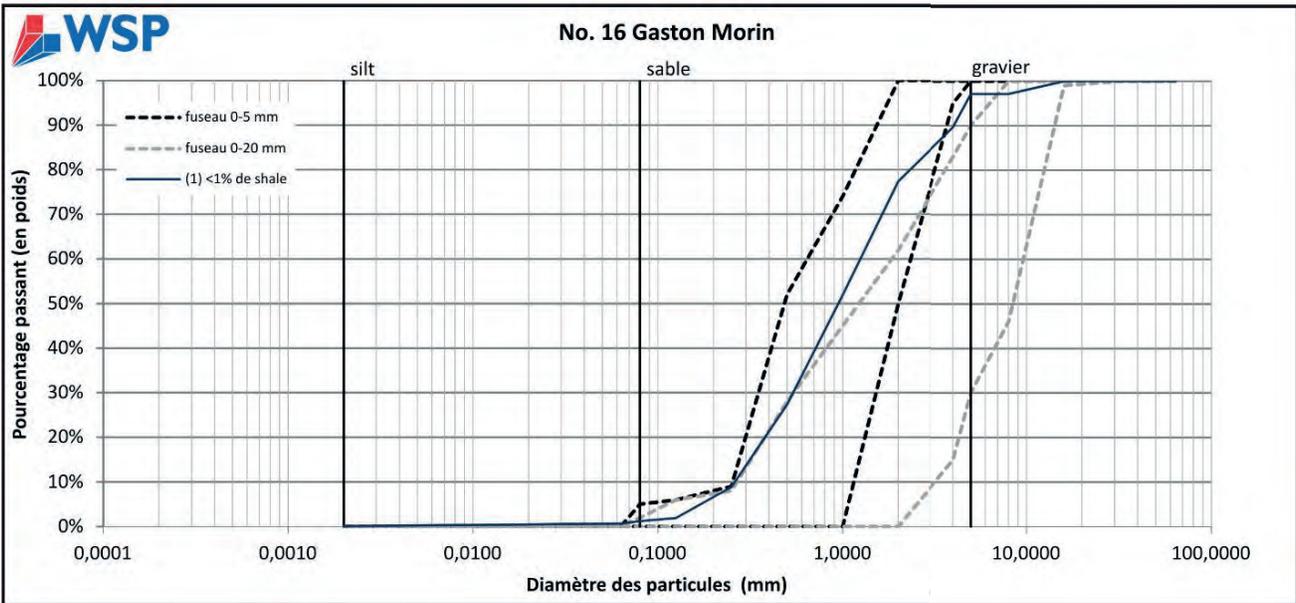
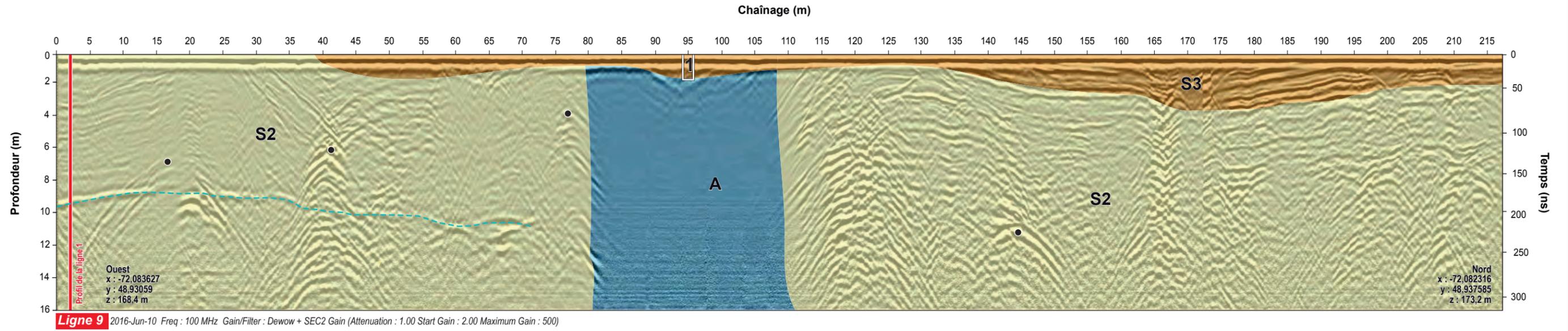


Figure 3-12 Vue générale du banc Gaston Morin, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

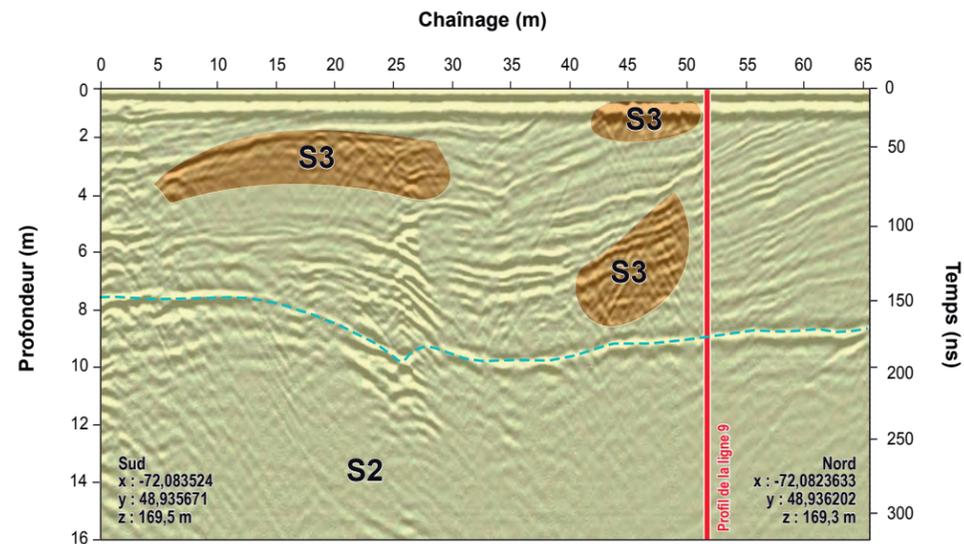


Banc d'emprunt Gaston Morin Chemin Domptar # 16

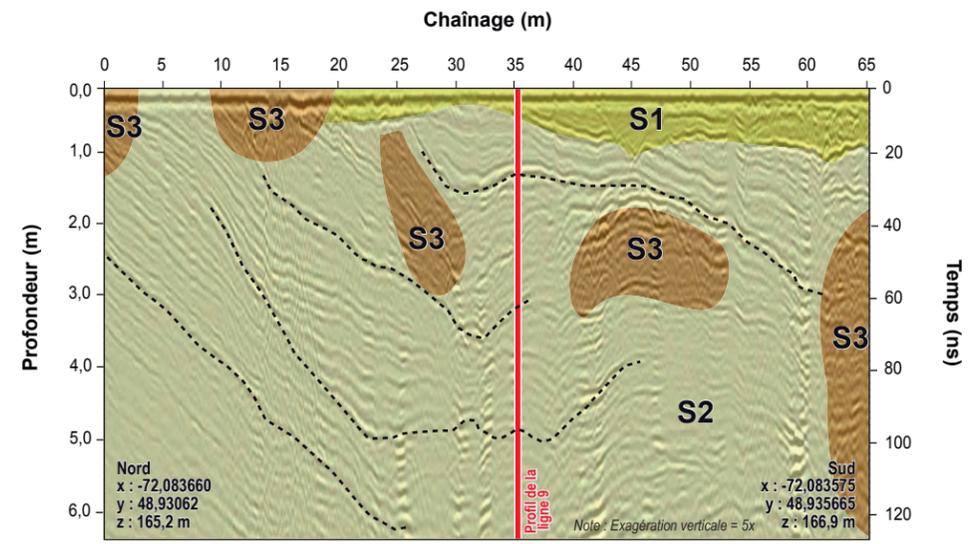


Inventaires	
	Photographie
	Bloc
	Surface rocheuse
	Nappe phréatique
	Échantillon
Granulométrie	
A	Présence d'argile
BC	Présence de bloc et caillou
	Non interprété
B1	Bloc et caillou
B2	Bloc et caillou avec trace de gravier *
B3	Bloc et caillou avec présence de gravier **
G1	Gravier
G2	Gravier avec trace de sable *
G3	Gravier avec présence de sable **
S1	Sable
S2	Sable avec trace de gravier *
S3	Sable avec présence de gravier **
A	Argile

Note : Exagération verticale = 3x
 * - de 25 %
 ** 25 à 50 %



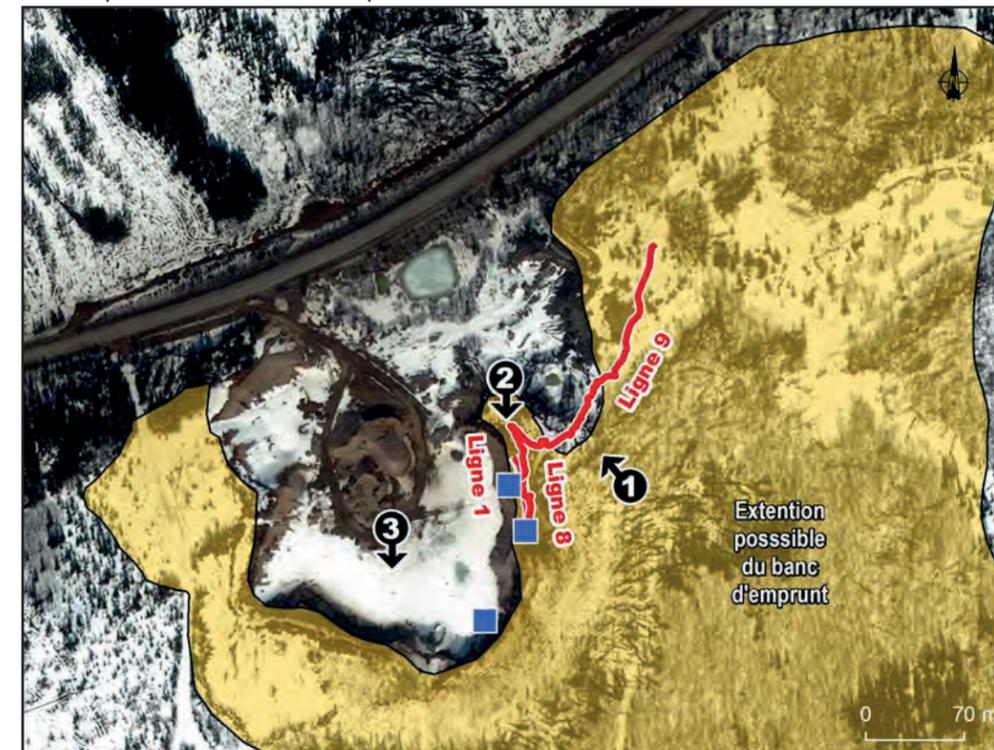
Ligne 8 2016-Jun-10 Freq : 100 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain
(Attenuation : 1.00 Start Gain : 3.00 Maximum Gain : 150)



Ligne 1 2016-Jun-10 Freq : 250 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain
(Attenuation : 1.51 Start Gain : 2.00 Maximum Gain : 400)



Banc d'emprunt Gaston Morin Chemin Domptar # 16



Inventaires

- Photographie
- Bloc
- Surface rocheuse
- Nappe phréatique
- Échantillon

Granulométrie

- A** Présence d'argile
- BC** Présence de bloc et caillou
- Non interprété
- B1** Bloc et caillou
- B2** Bloc et caillou avec trace de gravier *
- B3** Bloc et caillou avec présence de gravier **
- G1** Gravier
- G2** Gravier avec trace de sable *
- G3** Gravier avec présence de sable **
- S1** Sable
- S2** Sable avec trace de gravier *
- S3** Sable avec présence de gravier **
- A** Argile

Note : Exagération verticale = 3x
* - de 25 %
** 25 à 50 %

3.1.10 BANCS LATERRIÈRE (N^{OS} 20 ET 21)

Les bancs Laterrière (n° 20) et Laterrière (n° 21) semblent être abandonnés et inutilisés (figures 3-14 et 3-15). Les deux sites sont inondés sur une bonne partie de leur superficie. Pour des raisons de sécurité, il n'a pas été possible de s'approcher davantage des bancs pour en évaluer la qualité du matériel.

3.1.11 BANC LATERRIÈRE (N^O 23)

Le banc d'emprunt Laterrière (n° 23) est relativement hétérogène et se compose majoritairement de sable moyen à grossier avec une présence sporadique d'argile. Deux échantillons ont été prélevés sur la face nord du banc afin d'éviter la présence d'argile observée sur la face est. L'échantillon n° 1 a été prélevé sur la partie supérieure du banc et est caractérisé par une granulométrie fine dont la composition granulométrique se situe sous le fuseau recherché de 0-5 mm (figure 3-16). L'échantillon n° 2 a été prélevé dans le bas du front d'attaque et est caractérisé par une granulométrie plus grossière dont le spectre granulométrique correspond au fuseau 0-20 mm (figure 3-16). L'échantillon n° 1 est caractérisé par des sédiments plus fins à une teneur en shale de 4 %, tandis que la teneur en shale est de 2 % pour l'échantillon de sédiments plus grossier (figure 3-16 et carte 3-1). Les courbes granulométriques du banc Laterrière n° 23 correspondent aux fuseaux 0-5 et 0-20 mm. Le potentiel d'exploitation et d'expansion du banc Laterrière n° 23 est limité par la présence d'eau qui comble près de 50 % de la superficie du banc, suggérant que la profondeur d'exploitation maximale a été atteinte. Ainsi, avec une hauteur approximative d'exploitation de 9 m et un potentiel d'exploitation supplémentaire estimé à 58 075 m², le banc Laterrière n° 23 offre un volume potentiel d'exploitation additionnel de 528 767 m³ (carte 3-1).

3.1.12 BANC LATERRIÈRE (N^O 29)

La granulométrie du banc Laterrière (n° 29) est très similaire au banc Laterrière n° 23. Elle se compose majoritairement de sable moyen à grossier, mais contient une plus forte proportion de matériel grossier. Le banc a été exploité sur deux niveaux. Le premier niveau a été exploité sur toutes ses faces et est maintenant entièrement comblé d'eau. Le deuxième niveau se situe en périphérie sud du niveau inférieur précédent et seule la face ouest a été exploitée. Deux échantillons ont été prélevés sur la face ouest. Le spectre granulométrique des deux échantillons est relativement similaire avec des proportions en sable grossier plus importantes (figure 3-17). Leur courbe granulométrique correspond au fuseau 0-5 mm, mais ne respecte pas le fuseau 0-20 mm. Le site est actuellement inondé sur au moins 50 % de sa superficie totale, ce qui limite les possibilités d'exploiter le banc. De plus, la quantité de matériel disponible semble être limitée puisqu'un lac empêche son expansion au sud, un cours d'eau limite les activités au nord et la route limite les activités à l'est. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 8 m et un potentiel d'exploitation supplémentaire estimé à 5 142 m², le banc Laterrière (n° 29) offre un volume potentiel d'exploitation additionnel de 41 139 m³ (carte 3-1).



Figure 3-14 Vue générale du banc d'emprunt Laterrière n° 20 en mai 2016.



Figure 3-15 Vue générale du banc d'emprunt Laterrière n° 21 en mai 2016.

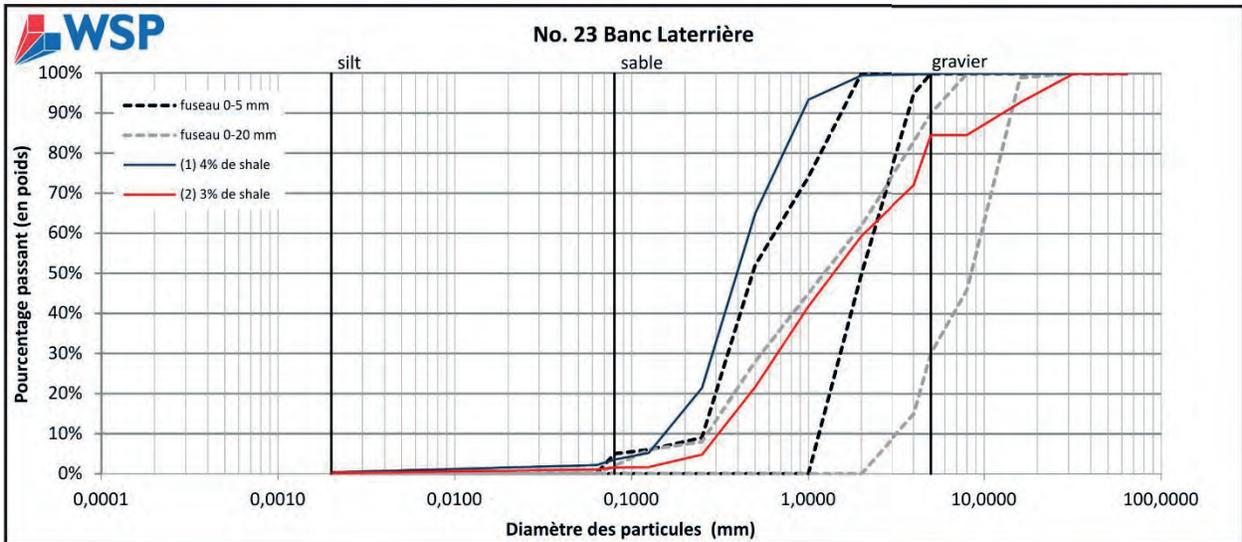


Figure 3-16 Vue générale du banc Laterrière n° 23, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

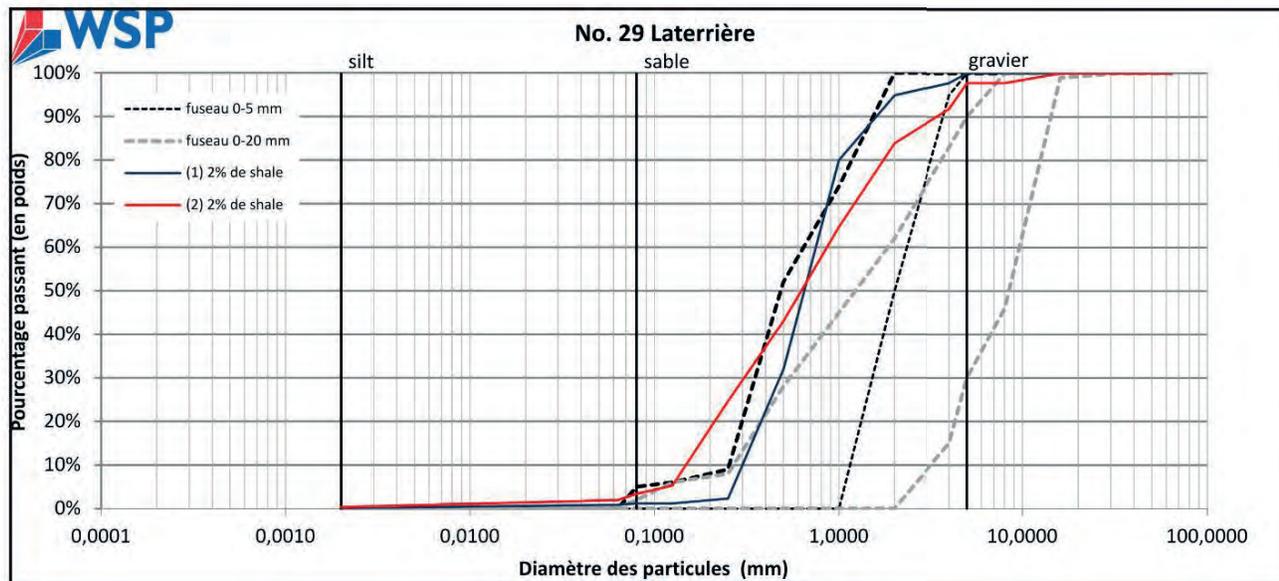


Figure 3-17 Vue générale du banc Laterrière n° 29, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.13 BANC ASCENSION (N° 33)

Le banc d'emprunt Ascension (n° 33) est relativement homogène et se compose majoritairement de sable fin à moyen avec la présence d'un mince lit d'argile (1-5 cm) localisé à environ 4 m de profondeur.

En raison de l'homogénéité du dépôt, un seul échantillon a été prélevé sur la face nord du banc d'emprunt. L'analyse granulométrique de l'échantillon a démontré qu'il s'agit d'un sable très fin à moyen (90 %) avec une fraction de sable grossier sous les 7 %. La composition granulométrique se situe sous les fuseaux granulométriques recherchés de 0-5 et 0-20 mm. Les proportions en shale obtenues à partir des comptages pétrographiques sont très faibles < 1 %, corroborant avec l'absence de shale identifié visuellement lors des visites de terrain. Des échanges avec l'exploitant ont permis de confirmer l'absence en shale et une granulométrie sous les spectres granulométriques recherchés. Celui-ci a confirmé la présence d'argile au sein du dépôt.

Aucune présence d'eau n'a été identifiée au sol, suggérant un potentiel d'exploitation en profondeur. L'exploitation du banc d'emprunt est toutefois limitée à l'est et au sud par la présence d'un cours d'eau permanent, tandis qu'une ligne électrique contraint l'expansion à l'ouest. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 12 m et un potentiel d'exploitation supplémentaire estimé à 203 351 m², le banc Ascension offre un volume d'exploitation additionnel estimé à 2 440 212 m³ (carte 3-1).

3.1.14 BANCS ROBERVAL (N^{OS} 34, 35 ET 36)

Les bancs d'emprunt localisés dans le secteur de Roberval (n^{OS} 34, 35 et 36) sont des sources de matériaux d'emprunt proposées par WSP et leur visite avait comme objectif d'évaluer le potentiel granulométrique ainsi que les quantités d'exploitation éventuelles (carte 3-1). L'analyse granulométrique des six échantillons prélevés dans les trois différents bancs (deux par bancs) montre une granulométrie similaire. L'ensemble des échantillons est caractérisé par une proportion importante en sable grossier et gravillon et leur courbe granulométrique correspond aux fuseaux 0-5 et 20 mm (à l'exception d'un échantillon banc n^o 6, échantillon n^o 2) (figures 3-18, 3-19 et 3-20). La teneur en shale varie en fonction des bancs et diminue progressivement vers le nord, variant de 17 % pour le banc n^o 36 à 4 % pour le banc n^o 34 (figures 3-18, 3-19, 3-20 et carte 3-1).

La nappe phréatique a été observée en surface aux trois sites établissant le potentiel d'exploitation vertical aux limites actuelles. Ainsi, avec une hauteur d'exploitation évaluée à 18 m aux trois sites et un potentiel d'exploitation supplémentaire totale de 1 187 794 m², l'ensemble de ces bancs offre un volume potentiel d'exploitation additionnel de 21 380 300 m³ (carte 3-1).

Les trois bancs se situent près les uns des autres et sont localisés en contrebas des montagnes selon un axe nord-ouest / sud-est. La nature hétérogène des dépôts, les stratifications grossière et irrégulière ainsi que les pentes variables portent à croire que l'origine du dépôt est juxtaglacière et fluvioglacière proximal; les sédiments ont donc été déposés directement par le glacier et par les eaux de fonte glaciaires. Lors de cette période, le secteur était enclavé entre les montagnes à l'est et le glacier à l'ouest canalisait ainsi les eaux de fonte. Tout comme les bancs de Roberval, les bancs d'emprunt de Lac-Bouchette (n^{OS} 40 et 41) sont des sources de matériaux d'emprunt alternatives proposées par WSP (carte 3-1). La visite de ces sites avait pour objectif d'évaluer le potentiel granulométrique ainsi que les quantités d'exploitation éventuelles. Quatre échantillons ont été prélevés, soit deux par bancs afin d'établir la granulométrie dominante et vérifier la teneur en shale. Malgré la distance qui sépare les deux bancs d'emprunt, les courbes granulométriques sont similaires et sont principalement composées d'un sable fin à grossier avec une teneur en gravillon sous les 4 %. Les échantillons prélevés au banc de Lac-Bouchette n^o 40 (figure 3-21) présentent une fraction silteuse plus importante pouvant atteindre 9,8 % tandis que cette même fraction se situe à 2 % au banc de Lac-Bouchette n^o 41 (figure 3-22). Les courbes granulométriques montrent que les bancs de Lac-Bouchette ne correspondent pas aux fuseaux 0-5 et 0-20 mm. La teneur en shale est aussi variable d'un site à l'autre. Les échantillons avec une fraction plus fine (Lac-Bouchette n^o 40) sont caractérisés par une teneur en shale plus élevée, soit de l'ordre de 20 %, alors que la proportion en shale du dépôt adjacent est inférieure à 15 % (figures 3-21 et 3-22).

Aucune présence d'eau n'a été identifiée au sol, suggérant qu'une exploitation plus en profondeur est envisageable. Ainsi, avec des hauteurs d'exploitation évaluées à 12 m (n^o 40) et 15 m (n^o 41) et un potentiel d'exploitation supplémentaire estimé à 36 991 m² pour les deux bancs, les bancs d'emprunt de Lac-Bouchette offrent un volume d'exploitation additionnel de 503 762 m³ (carte 2.1).

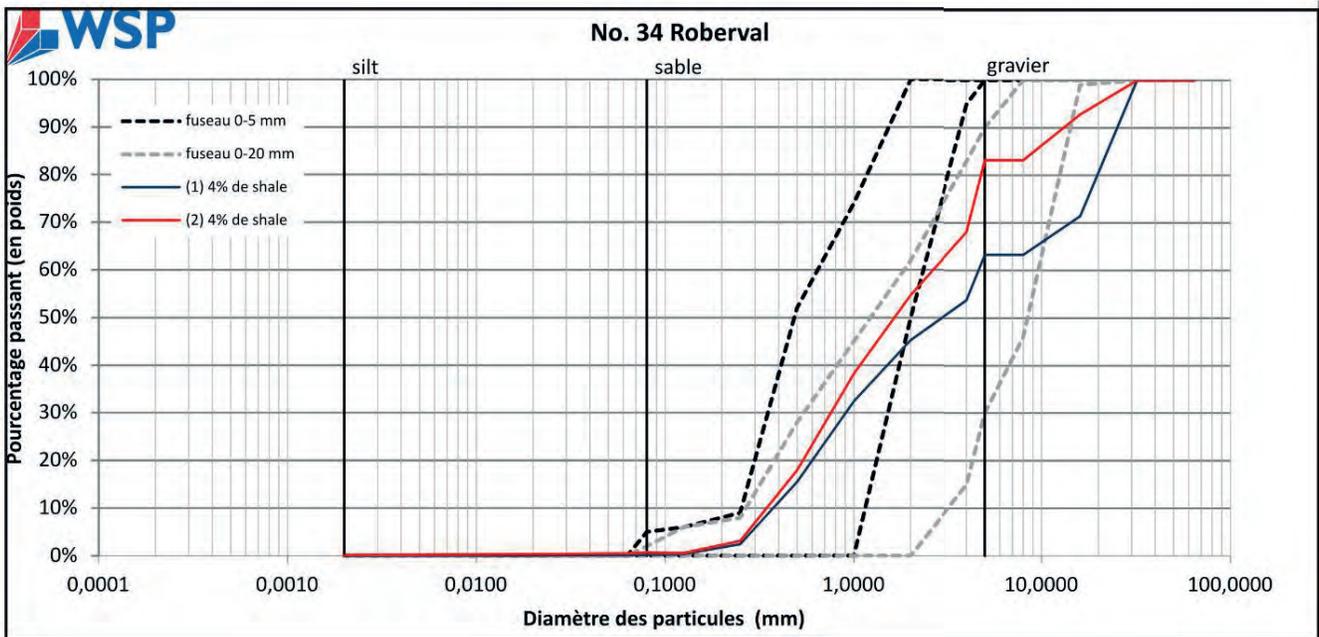


Figure 3-18 Vue générale du banc Roberval n° 34, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

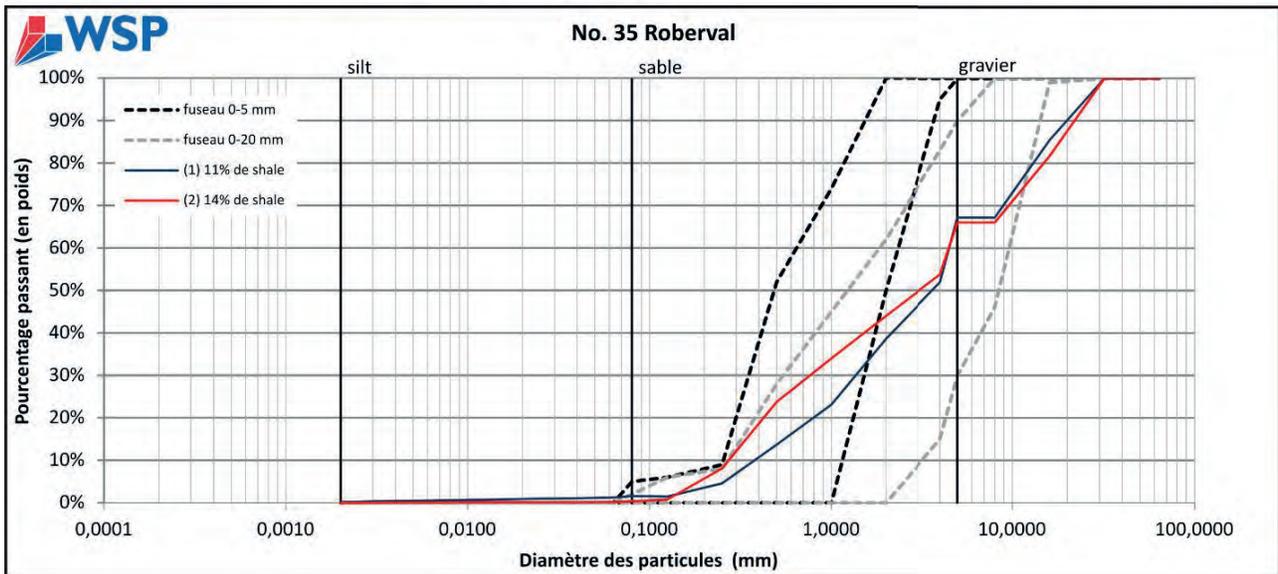


Figure 3-19 Vue générale du banc Roberval n° 35, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

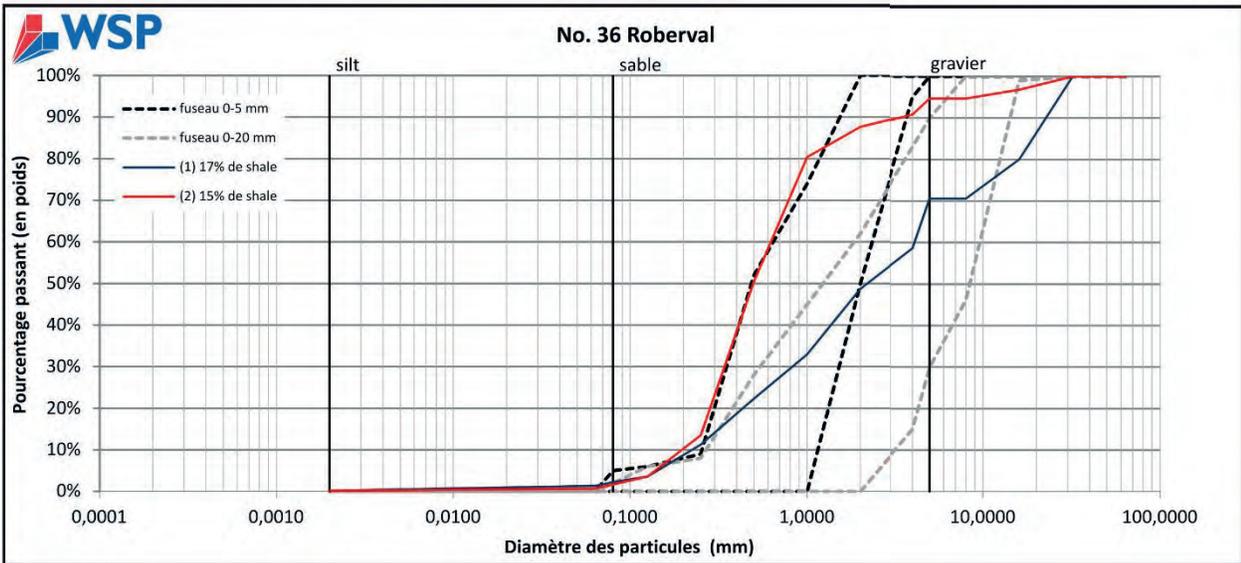


Figure 3-20 Vue générale du banc Roberval # 36, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

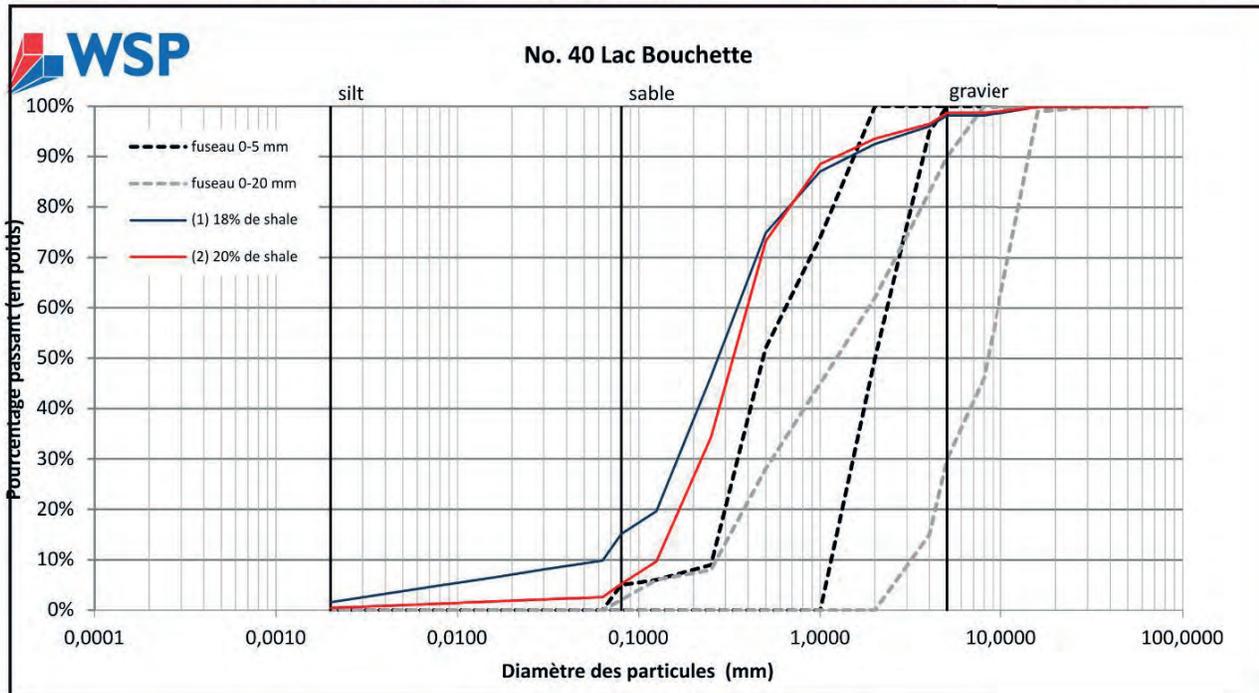


Figure 3-21 Vue générale du banc Lac Bouchette n° 40, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

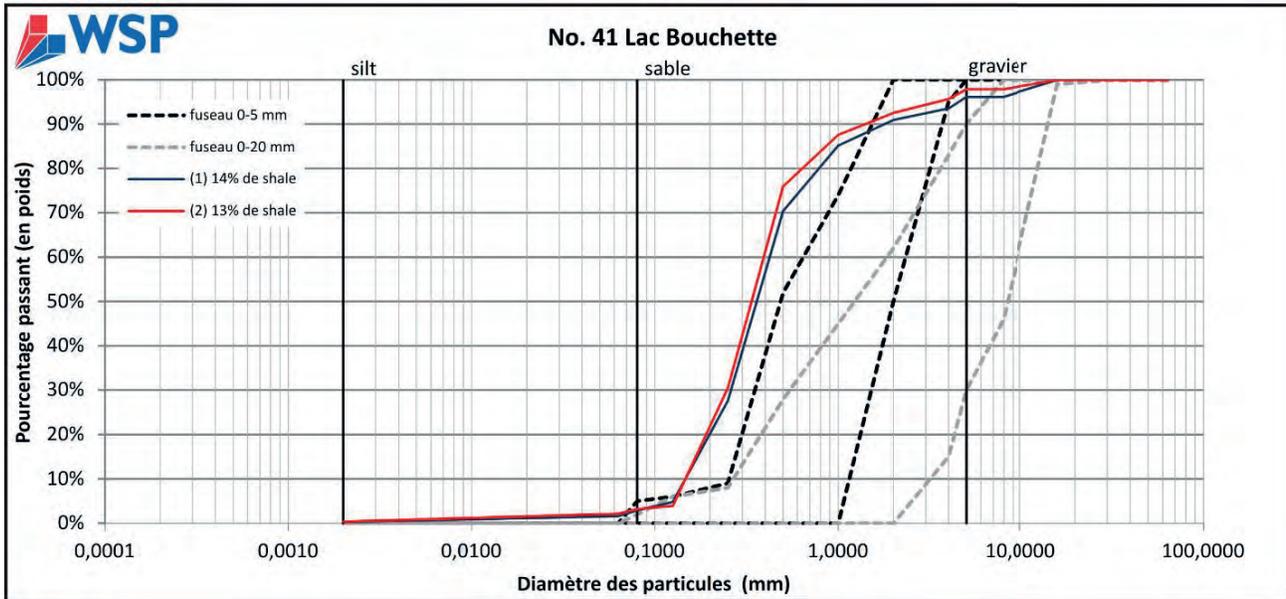


Figure 3-22 Vue générale du banc Lac Bouchette n° 41, localisation des stations d'échantillonnage et résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques.

3.1.15 BANC FERNAND BOILARD (N^o 42)

Le banc d'emprunt Fernand Boilard est une source d'emprunt qui aurait pu être utilisée en option pour recharger en sable (0-5 mm) les plages du secteur de Saint-Méthode. Cependant, l'analyse visuelle du type de matériel composant le banc Fernand Boilard montre que les sédiments sont composés de sables très fins et ne semble pas respecter les exigences des fuseaux 0-5 et 0-20 mm. De plus, la présence d'unités argileuses adjacentes et leurs extensions latérales rendent l'exploitation du banc incertaine. Aucun shale n'a été observé visuellement dans les sédiments.

4 DISCUSSION/CONCLUSION

La synthèse des connaissances et le recensement des bancs d'emprunt par la caractérisation stéréoscopique et l'analyse des images satellitaires pour l'ensemble du pourtour du lac Saint-Jean ont permis d'identifier plus d'une quarantaine de bancs d'emprunt potentiellement utilisables dans le cadre du PSBLSJ. Afin de pouvoir évaluer correctement les meilleurs scénarios d'exploitation de bancs d'emprunt pour chacune des zones de recharges, une mise à jour de la caractérisation de chacun de ces bancs était nécessaire afin de déterminer si leur granulométrie, leurs proportions en shale, leurs potentiels d'extension et leur capacité volumétrique peuvent répondre aux besoins pour le prochain PSBLSJ 2017-2026.

Pour réaliser cette caractérisation, deux campagnes de terrain ont été nécessaires. La première visite de terrain s'est déroulée du 9 au 13 mai 2016 et avait pour objectif de réaliser une caractérisation visuelle préliminaire. À la suite de ces observations, une deuxième campagne de terrain a eu lieu du 7 au 12 juin 2016 afin d'échantillonner les bancs d'emprunts et de réaliser sur cinq d'entre eux des relevés géophysiques. Les échantillons ont par la suite fait l'objet d'analyses granulométriques et de comptages pétrographiques, dont les résultats présentés dans ce rapport sont synthétisés au tableau 4.1.

La description visuelle de la stratigraphie et des propriétés sédimentologiques de chacun des bancs d'emprunt, combinée à l'interprétation des relevés géoradar et à une seconde analyse des images satellitaires, a permis d'établir le contexte géomorphologique de la mise en place des bancs d'emprunts et ainsi de délimiter avec une plus grande certitude le potentiel d'extension de chacun des bancs. À cet égard, en guise de complément d'information, un document électronique (fichier .kmz) est fourni en annexe 2 pour avoir accès à l'ensemble des données de façon interactive.

Les résultats montrent que six bancs d'emprunt (n^{os} 5, 6, 14, 34, 35 et 36) sont aptes à fournir les zones de recharge en sable et en gravillon, moyennant peu de tamisage, alors que les autres bancs d'emprunt requièrent un ou plusieurs tamisages pour rencontrer les fuseaux granulométriques 0-5 mm ou 0 – 20 mm (tableau 4-1). Enfin, certains échantillons des bancs Adrien Gagnon (n^o 4), Giguère (n^o 6), Gaston Morin (n^o 16), Gérard Fortin (n^o 10), Laterrière (n^{os} 23 et 29), l'Ascension (n^o 33) et Roberval (n^{os} 34 et 35) et Lac-Bouchette (n^o 41) ont des proportions inférieures en shale à 15 % (tableau 4-1).

Les observations visuelles et les interprétations des profils géoradar montrent la présence d'argile dans sept bancs d'emprunt. Il s'agit des bancs Adrien Gagnon (n^o 4), Aly Blackburn (n^o 2), Gaston Morin (n^o 16), Fernand Boilard (n^o 42), GDS, l'Ascension (n^o 33) et Laterrière n^o 23. Les unités d'argiles ont toutefois été circonscrites et certains de ces bancs restent tout de même favorables à une exploitation. L'analyse a permis de déterminer que la plupart des bancs recensés présentent un bon potentiel d'expansion et d'exploitation, à l'exception des quatre bancs situés dans le secteur de Laterrière (n^{os} 20, 21, 23 et 29). Certaines contraintes à l'exploitation ont toutefois été identifiées à partir des données géoradar.

Les données obtenues ont permis d'identifier la profondeur de la nappe phréatique (bancs Giguère n^o 6 et Gaston Morin n^o 16). De plus, les limites d'exploitation du banc Giguère ont été révisées à la baisse suite à l'identification, à partir des profils géoradar, de matériel inadéquat au sud-est du banc, possiblement un till.

Tableau 4-1 Synthèse des résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques pour l'ensemble des bancs d'emprunt étudiés.

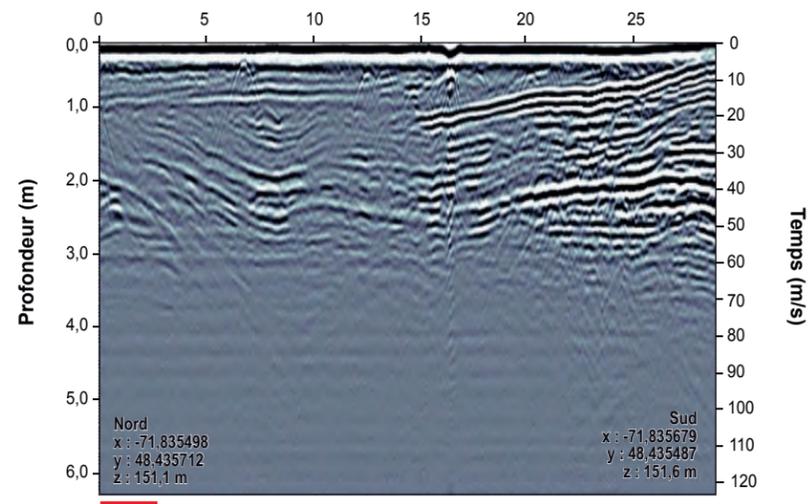
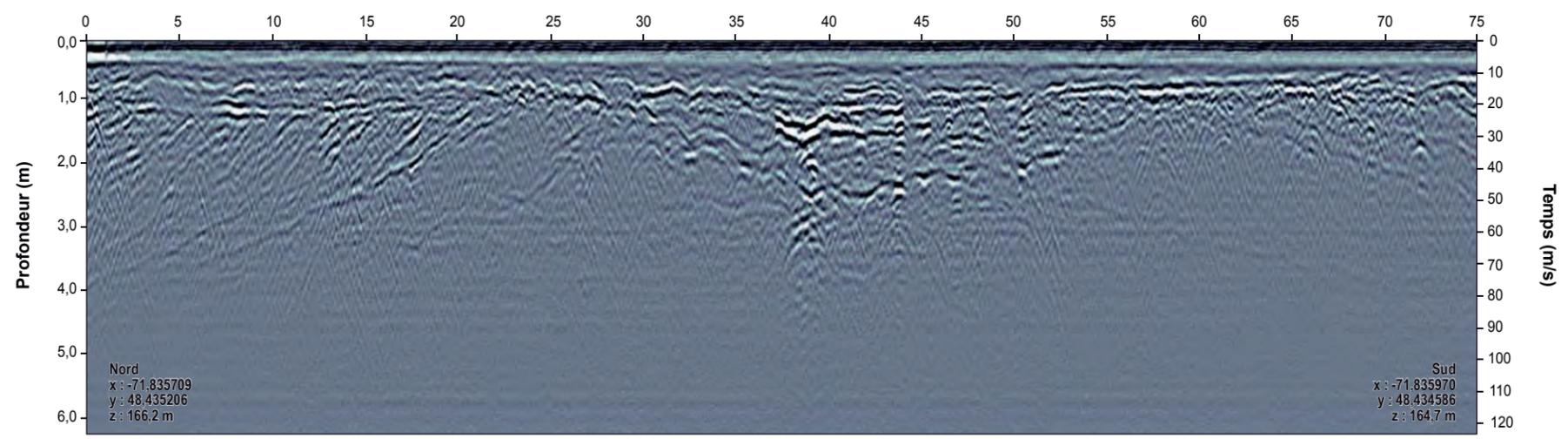
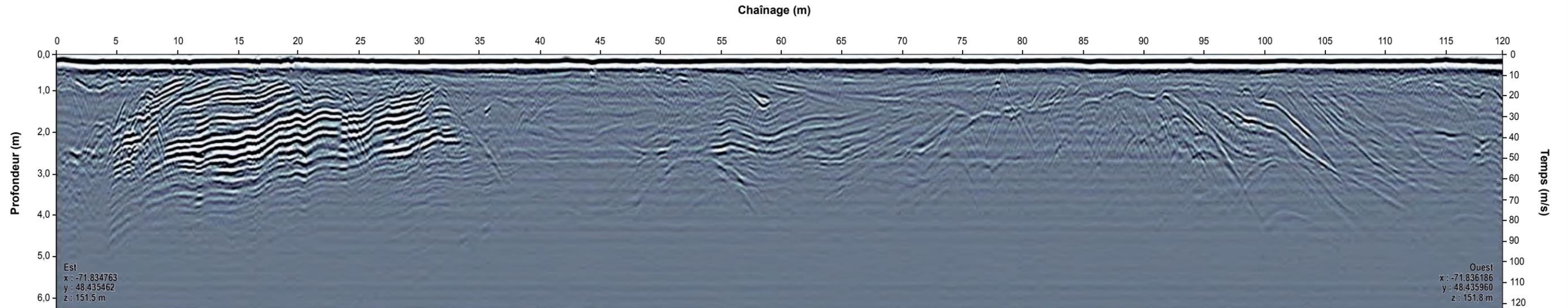
Banc d'emprunt	Granulométrie selon analyse visuelle	n° d'échantillon	Correspondance 0-5 mm	Correspondance 0-20 mm	Proportion en shale (% brut)
Aly Blackburn n° 2	Sable et gravillon	1	Sous limite inférieure	non	15
		2	Sous limite inférieure	non	28
		3	Sous limite inférieure	non	25
Adrien Gagnon n° 4	Sable	1	oui	non	11
		2	oui	non	17
		3	oui	non	20
Guy Boivin n° 5	Sable et gravillon	1	oui	oui	22
		2	oui	oui	23
Giguère n° 6	Sable et gravillon	1	Sous limite inférieure	non	1
		2	oui	oui	1
		3	oui	oui	2
Gaston Morin (TNO) n° 8	Sable	1	Sous limite inférieure	non	1
		2	Sous limite inférieure	non	1
Gérard Fortin n° 10	Sable	1	Sous limite inférieure	non	1
		2	oui	non	1
Donckin Simard (hébertville) n° 13	Sable et gravillon	1	Sous limite inférieure	non	20
		2	Sous limite inférieure	non	21
		3	Sous limite inférieure	non	20
Fortin n° 14	Sable et gravillon	1	oui	oui	16
		2	oui	oui	16
Gaston Morin n° 16	Sable	1	oui	non	1
Laterrière n° 23	Sable et gravillon	1	oui	oui	4
		2	Sous limite inférieure	non	3
Laterrière n° 29	Sable	1	oui	non	2
		2	oui	non	2

Banc d'emprunt	Granulométrie selon analyse visuelle	n° d'échantillon	Correspondance 0-5 mm	Correspondance 0-20 mm	Proportion en shale (% brut)
Ascension n° 33	Sable	1	Sous limite inférieure	non	1
Roberval n° 34	Sable et gravillon	1	oui	non	4
		2	oui	oui	4
Roberval n° 35	Sable et gravillon	1	oui	oui	11
		2	oui	oui	14
Roberval n° 36	Sable et gravillon	1	oui	oui	17
		2	oui	oui	15
Lac-Bouchette n° 40	Sable	1	Sous limite inférieure	non	18
		2	Sous limite inférieure	non	20
Lac Bouchette n° 41	Sable	1	Sous limite inférieure	non	14
		2	Sous limite inférieure	non	13

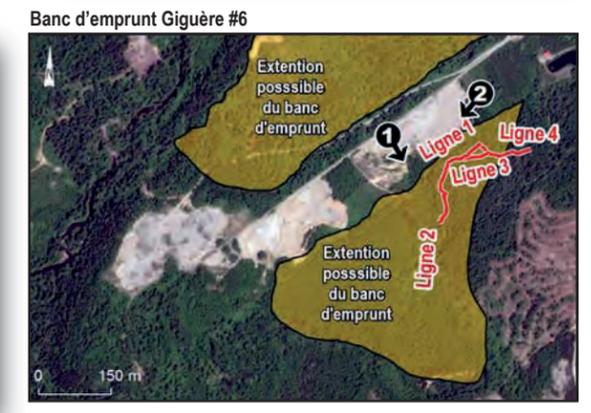
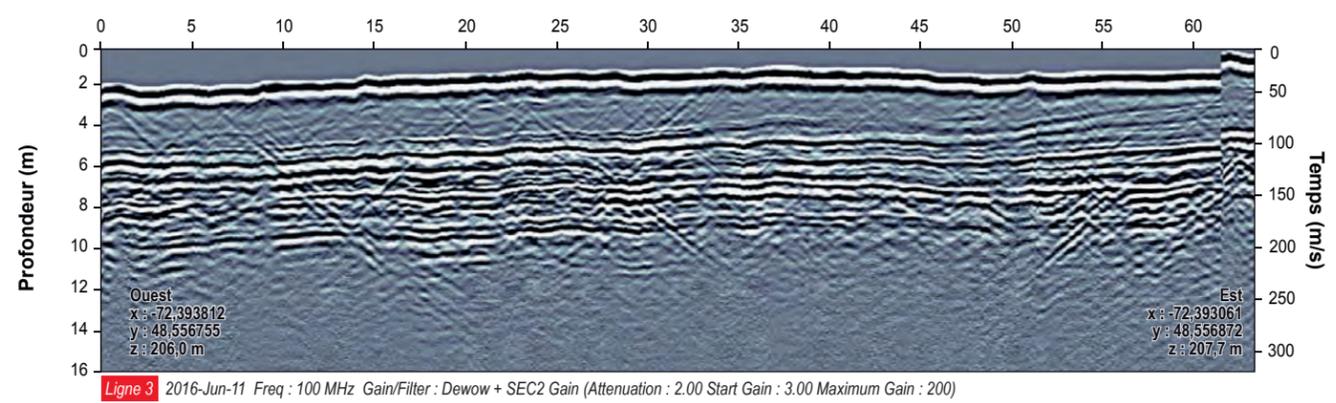
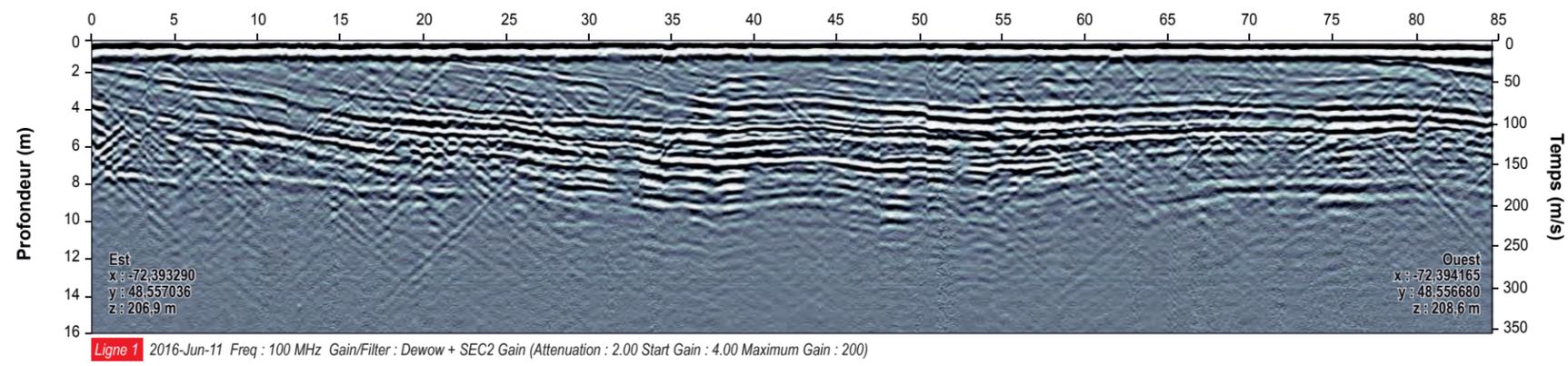
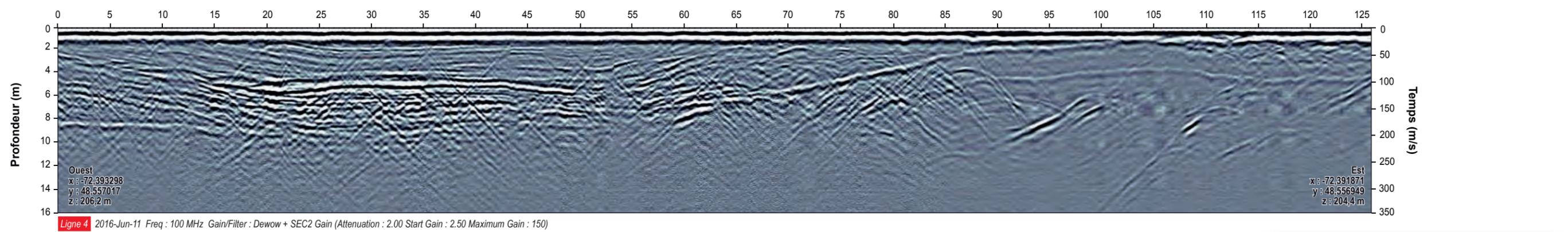
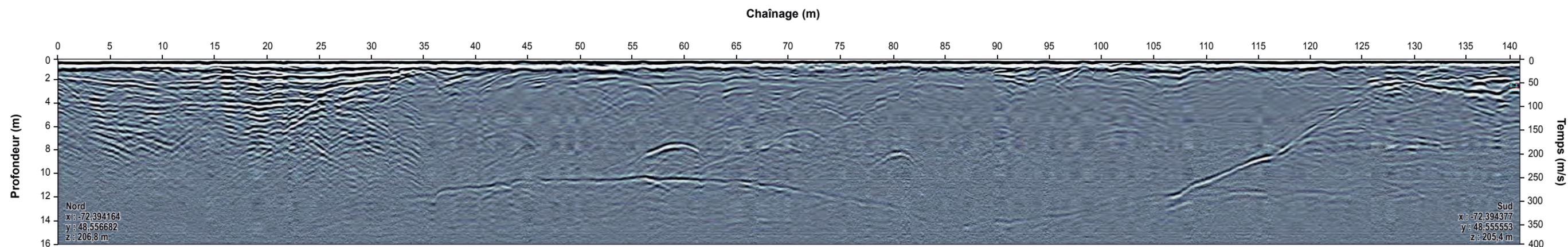
La caractérisation des bancs d'emprunt a permis d'établir un portrait synthèse des critères physiques. Bien que les bancs d'emprunt Giguère (n° 6) et Roberval (n^{os} 34 et 35) sont aptes à fournir du matériel de recharge adéquat, tant en sable qu'en gravillon et qui rencontrent des proportions en shale inférieures à 15 % (tableau 4-1), ils peuvent présenter d'autres critères désavantageux par rapport à la distance et d'autres types d'enjeux. Les données de caractérisation physique présentées dans ce rapport seront intégrées dans une grille d'analyse multicritères. Cette grille permettra de réaliser une matrice décisionnelle qui aboutira aux meilleurs scénarios d'exploitation des bancs d'emprunt pour chacune des zones de recharges du PSBLSJ.

Annexe 1

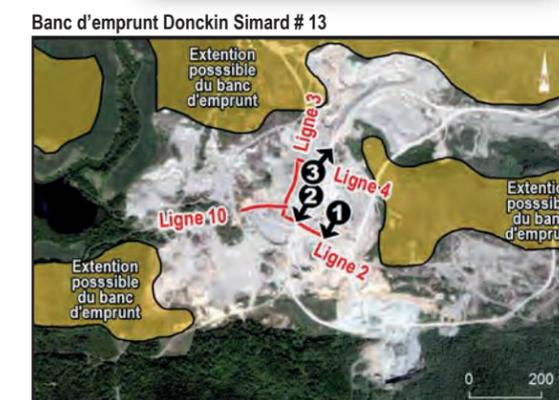
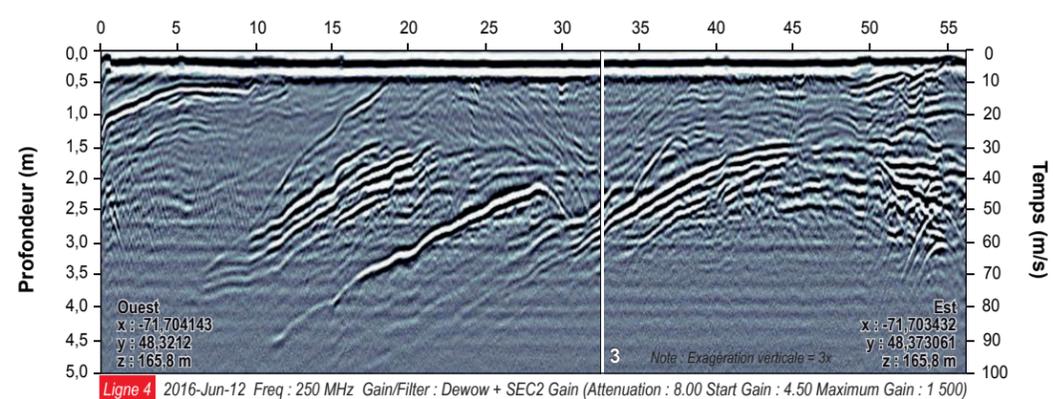
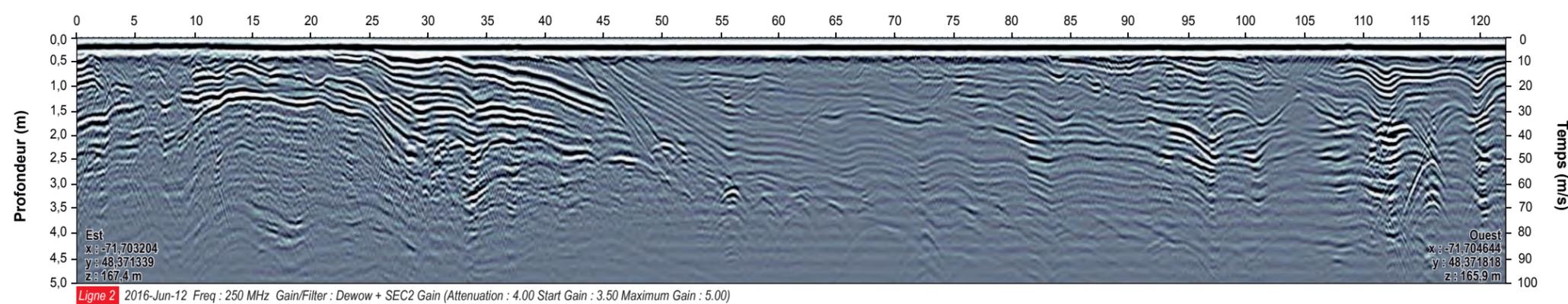
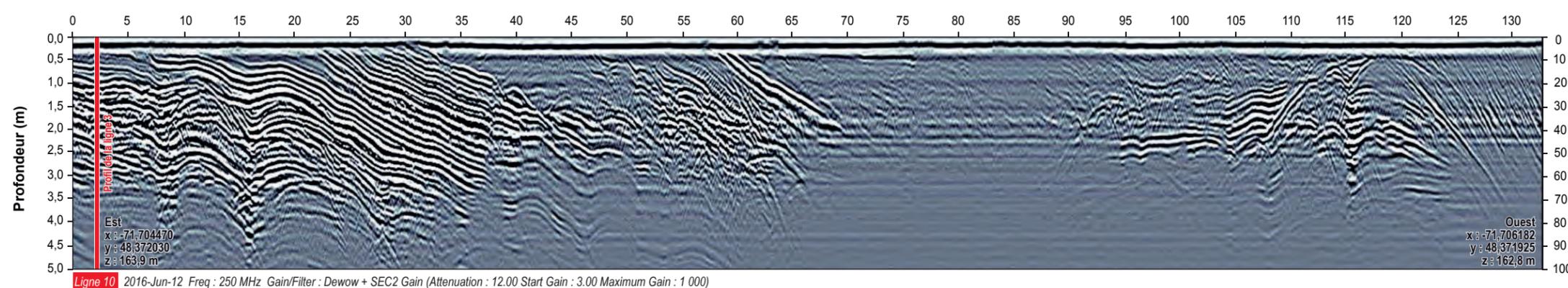
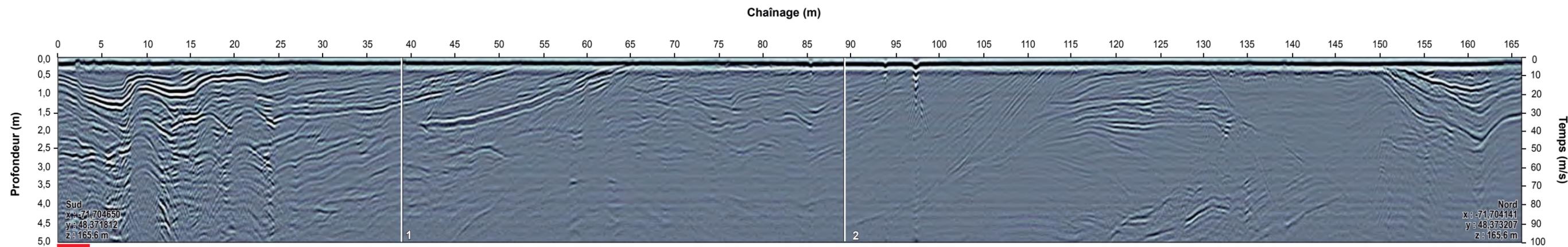
PROFILS GÉORADAR NON INTERPRÉTÉS



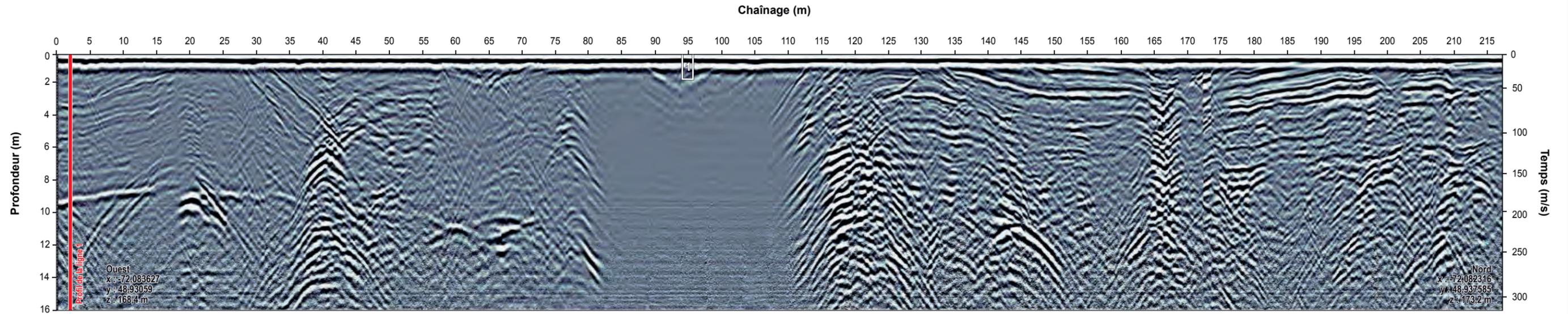
Note : Exagération verticale = 3x



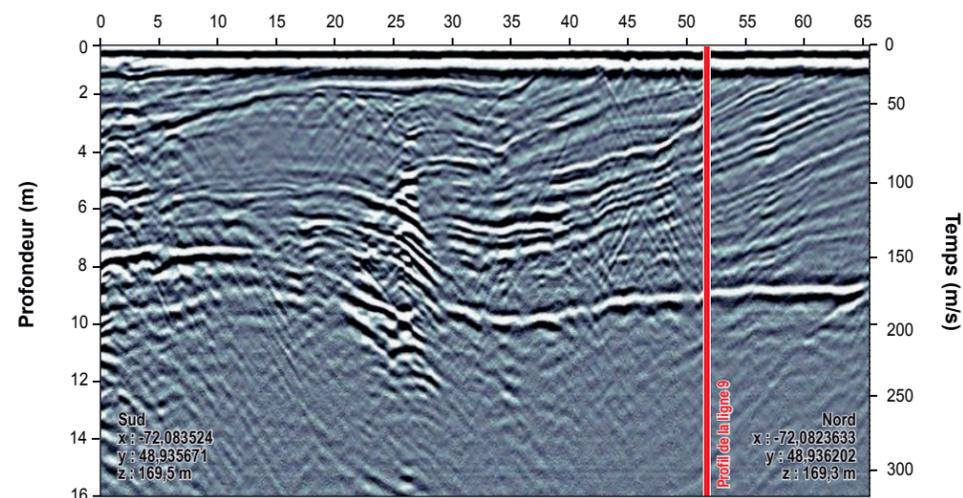
Note : Exagération verticale = 1,5x



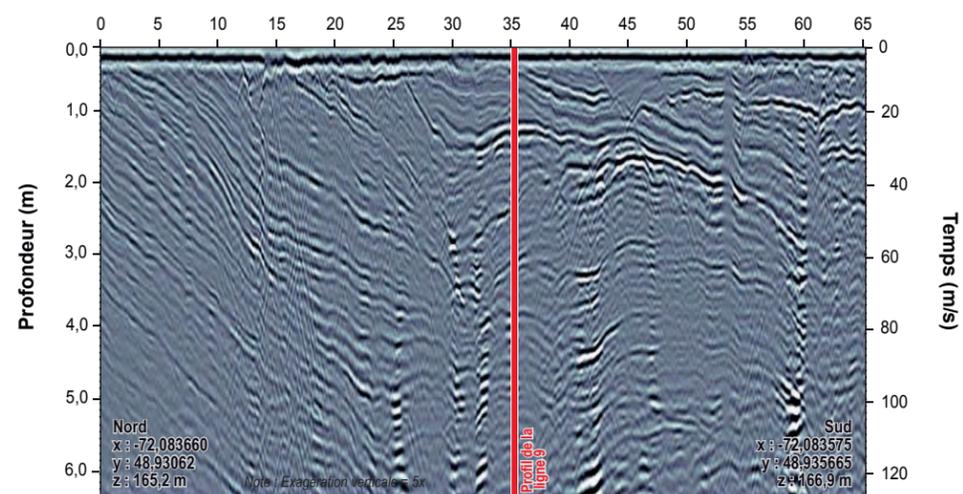
1 Photographie
 Note : Exagération verticale = 5x



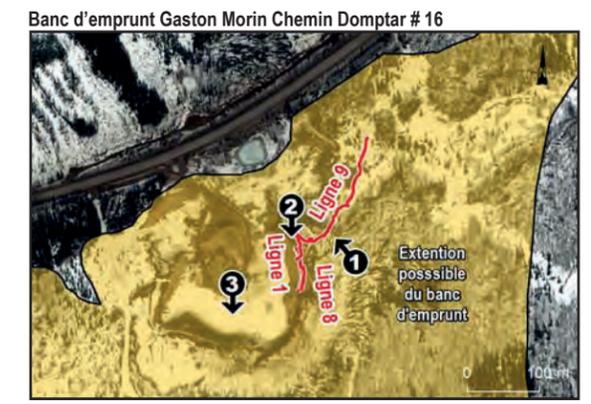
Ligne 9 2016-Jun-10 Freq : 100 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain (Attenuation : 1.00 Start Gain : 2.00 Maximum Gain : 500)



Ligne 8 2016-Jun-10 Freq : 100 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain (Attenuation : 1.00 Start Gain : 3.00 Maximum Gain : 150)



Ligne 7 2016-Jun-10 Freq : 250 MHz Gain/Filter : Dewow + SEC2 Gain (Attenuation : 1.51 Start Gain : 2.00 Maximum Gain : 400)



1 Photographie
Note : Exagération verticale = 3x

Annexe 2

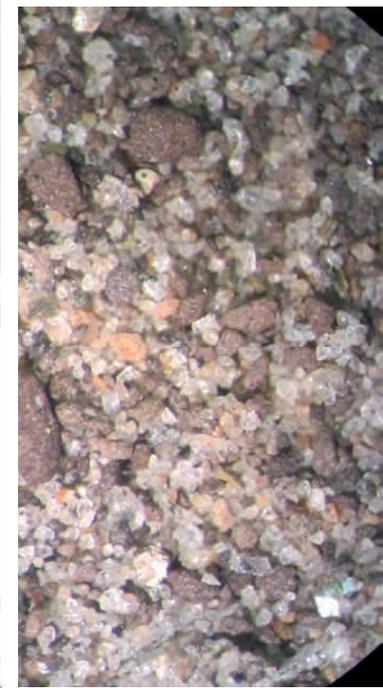
FICHER .KMZ

CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT



5

ANALYSE MULTICRITÈRE DES
SOURCES D'APPROVISIONNEMENT
POUR LES RECHARGES DE PLAGE DU
PROGRAMME DE STABILISATION DES
BERGES DU LAC SAINT-JEAN POUR LA
PÉRIODE 2017-2026



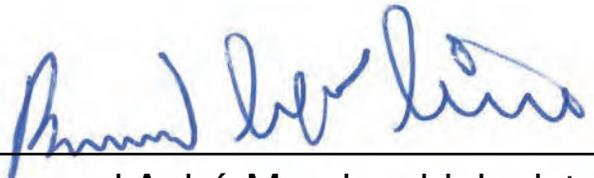
ANALYSE DES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT
POUR LES RECHARGES DE PLAGE DU PROGRAMME
DE STABILISATION DES BERGES DU LAC SAINT-JEAN
POUR LA PÉRIODE 2017-2026

RioTinto



141-21260-00 Avril 2017

RAPPORT RÉDIGÉ PAR:



Bernard Aubé-Maurice, biologiste, M.Sc.

RAPPORT RÉVISÉ PAR:



Julie Simard, Ph.D., géomorphologue

MISE EN CONTEXTE DE L'ÉTUDE

**MISE EN SERVICE DE LA CENTRALE
HYDROÉLECTRIQUE DE L'ISLE-MALIGNE EN 1926**

**REHAUSSEMENT SUBSÉQUENT DU NIVEAU DU
LAC ET RÉAJUSTEMENT DU NIVEAU DE LA LIGNE
DE RIVAGE**

**ACTIONS ET IMPLANTATION DU PROGRAMME DE
STABILISATION DES BERGES AU LAC SAINT-JEAN
(PSBLSJ) DEPUIS 1986**

**ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT POUR
LA PÉRIODE 2017-2026**

- **Volet identification et évaluation du potentiel des sources d'emprunt pour les recharges de plage**



HISTORIQUE DE LA RECHERCHE DE BANCS D'EMPRUNT DANS LE CADRE DE LA PRÉSENTE ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

1. **SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET DES RAPPORTS TECHNIQUES EXISTANTS**
2. **RECHERCHE DE BANCS D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES**
3. **RECHERCHE DE BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES PAR PHOTO-INTERPRÉTATION**
4. **CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT SUBAQUATIQUES**
5. **CARACTÉRISATION DES BANCS D'EMPRUNT TERRESTRES**
6. **RECHERCHE DE PROCÉDÉS DE SÉPARATION DES SHALES**
7. **GRILLE SYNTHÈSE ET MATRICE DÉCISIONNELLE POUR DÉTERMINER LES MEILLEURS SCÉNARIOS D'EXPLOITATION POUR CHAQUE ZONE DE RECHARGE.**



CONTEXTE LÉGAL RELATIF À L'EXPLOITATION DES BANCS D'EMPRUNTS

1. LOI SUR LES MINES

Un bail d'exploitation des substances minérales de surface est requis sur les terres du domaine de l'État ou sur les terres du domaine privé concédées par l'État après le 1^{er} janvier 1966.

2. LOI SUR LA PROTECTION DU TERRITOIRE ET DES ACTIVITÉS AGRICOLES

L'exploitation de ressources naturelles, incluant celle de bancs d'emprunt, est interdite à l'intérieur des zones agricoles protégées, à moins d'être spécifiquement visée par une autorisation. Ainsi, une demande d'autorisation à la Commission de protection du territoire agricole (CPTAQ) est requise avant d'utiliser un banc d'emprunt dans une zone agricole protégée.

3. RÈGLEMENT SUR LES CARRIÈRES ET SABLIERES

Une demande de certificat d'autorisation (CA) en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) est requise avant d'entreprendre l'exploitation d'une carrière ou d'une sablière. L'agrandissement d'une aire d'exploitation déjà autorisée ainsi que les procédés de concassage et de tamisage sont aussi assujettis à l'obtention d'un CA.

Tous les bancs d'emprunt considérés dans l'analyse correspondent à des sablières.

CONTEXTE LÉGAL RELATIF À L'EXPLOITATION DES BANCS D'EMPRUNTS (SUITE)

3. RÉGLEMENT SUR LES CARRIÈRES ET SABLIERES (SUITE)

Plusieurs normes de localisation sont applicables à l'aire d'exploitation d'une nouvelle sablière (incluant zones de concassage, de tamisage, de chargement ou d'entreposage). Elles doivent être situées à une distance minimale de:

- 150 m d'un territoire en zonage résidentiel, commercial ou mixte (résidentiel-commercial) ou encore de toute habitation, à moins qu'elle appartienne au propriétaire ou à l'exploitant de la sablière ou qu'elle soit louée par ce dernier.
 - Exception : dépôt d'une évaluation du niveau maximum de bruit à la limite de la zone sensible et si ce niveau est inférieur à 40 dBA entre 18 h et 6 h et à 45 dBA entre 6 h et 18 h.
- 35 m de toute voie publique (maintien d'une lisière d'arbre intacte à l'intérieur de cette bande si le terrain est recouvert d'arbres).
- 75 m de tout ruisseau, rivière, fleuve, lac, mer, marécage ou batture.
 - Exception : dépôt d'une étude d'impact sur l'environnement démontrant que l'exploitation n'entraîne pas l'érosion et qu'elle ne porte pas atteinte aux oiseaux migrateurs (lieux de nidification et rassemblement) et aux poissons (frayères).
- 100 m de toute réserve écologique (en vertu de la Loi sur la conservation du patrimoine naturel).

Toute nouvelle sablière doit également être située à une distance minimale de :

- 1 km de tout puits, source ou autre prise d'eau servant à l'alimentation d'un réseau d'aqueduc.
 - Exception: dépôt d'une étude hydrogéologique démontrant que l'exploitation n'est pas susceptible de porter atteinte au rendement du puits qui alimente ce réseau.

Les voies d'accès privées de toute nouvelle sablière doivent être situées à une distance minimale de :

- 25 m de toute habitation à moins qu'elle appartienne au propriétaire ou à l'exploitant de la sablière ou qu'elle soit louée par ce dernier.

AUTRES CONTRAINTES À L'EXPLOITATION DES BANCS D'EMPRUNTS

- **Le plancher final d'exploitation doit être à au moins 1 mètre au-dessus de la nappe phréatique**
- **Les zones de conservation et les habitats fauniques réglementés sont à éviter**
- **L'exploitation sous les lignes électriques d'Hydro-Québec est à éviter**
- **Certaines municipalités interdisent l'utilisation de certains ponts ou de certaines portions de routes par des camions lourds**
- **Une distance supérieure à 40 km entre le banc d'emprunt et la zone de recharge est à éviter pour des questions économiques et d'acceptabilité environnementale et sociale**

OBJECTIFS DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES

DÉTERMINER LA SOLUTION LA PLUS AVANTAGEUSE EN FONCTION DES ENJEUX TECHNIQUES, ÉCONOMIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX;

- **Ces enjeux sont considérés à part égale dans les critères utilisés dans l'analyse**
- **Ces critères tiennent compte des principales variables pouvant influencer le choix du banc d'emprunt le plus avantageux pour un site de recharge donné**
- **Les contraintes précitées sont également prises en compte dans certains critères puisqu'elles peuvent :**
 - Affecter la superficie exploitable d'une sablière donnée et ainsi réduire la quantité de matériaux disponibles
 - Complexifier les démarches administratives préalables à l'exploitation d'une sablière
 - Rallonger le trajet entre un banc d'emprunt et une zone de recharge
 - Dans certains cas, les contraintes peuvent également mener à l'abandon d'un site comme banc d'emprunt potentiel

PRÉSENTATION DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES

LES CRITÈRES SONT REGROUPÉS EN DEUX CATÉGORIES QUI SONT ELLES-MÊMES DIVISÉES EN SOUS-CATÉGORIES:

A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION (53 %)

- Qualité des matériaux (4 critères totalisant 32 %)
- Quantité de matériaux (1 critère totalisant 7 %)
- Exploitation du site (2 critères totalisant 8 %)
- Sensibilité environnementale (2 critères totalisant 6 %)

B) CRITÈRES LIÉS AU TRANSPORT JUSQU'À LA ZONE DE RECHARGE (47 %)

- Distance (2 critères totalisant 20 %)
- Sensibilité environnementale (4 critères totalisant 27 %)

La pondération accordée aux différentes catégories de critères reflète leur importance dans le choix des bancs d'emprunt.

PRÉSENTATION DES CRITÈRES

A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION

- Qualité des matériaux (32 %)
 - Critère 1 - Granulométrie du banc d'emprunt (15 %)
 - Critère 2 - Présence de shale dans le banc d'emprunt (7 %)
 - Critère 3 - Complexité du traitement granulométrique (5 %)
 - Critère 4 - Performance du traitement de réduction de la proportion de shale (5 %)
- Quantité de matériaux (7 %)
 - Critère 6 - Capacité volumétrique du banc d'emprunt par rapport au besoin en rechargement (7 %)
- Exploitation du site (8 %)
 - Critère 7 - Passif avec l'exploitant du banc d'emprunt (4 %)
 - Critère 8 - Démarches administratives préalables (4 %)
- Sensibilité environnementale (6 %)
 - Critère 9 - Perturbations potentielles auprès de la population (exploitation) (3 %)
 - Critère 10 - Perturbations potentielles sur le milieu biophysique (3 %)

PRÉSENTATION DES CRITÈRES

B) CRITÈRES LIÉS AU TRANSPORT JUSQU'À LA ZONE DE RECHARGE

- Distance (20 %)
 - Critère 11 – Distance du banc d'emprunt par rapport aux zones de rechargement (15 %)
 - Critère 17 – Longueur du chemin optimisé (5 %)
- Sensibilité environnementale (27 %)
 - Critère 12 – Perturbations potentielles auprès de la population (transport) (6 %)
 - Critère 13 – Sécurité des usagers de la route (6 %)
 - Critère 14 – Usure prématurée des routes municipales ou privées (12 %)
 - Critère 15 – Émissions de GES dues au transport (3 %)

UTILISATION DE L'ANALYSE MULTICRITÈRES

Les bancs d'emprunt sont catégorisés selon le type de granulat qu'ils contiennent (sable, gravillon ou les deux).

Le pointage global est calculé en fonction d'un pointage de 1 (favorable) à 5 (moins favorable), attribué à chacun des critères et dont l'importance est ensuite modulée selon la pondération considérée.

Pour les critères liés au site d'exploitation, les meilleures options de banc d'emprunt sont identifiées par le pointage qui leur est attribué dans une grille d'analyse.

Pour les critères liés au transport jusqu'à la zone de recharge, les meilleures options sont identifiées à l'aide d'un outil géomatique tenant compte des contraintes associées aux différents segments de route considérés entre les bancs d'emprunt et les zones de recharge.

L'utilisation de site d'exploitation de qualité, mais qui sont éloignés des zones de recharge, pourrait dans certains cas être considérée.

Par exemple, un banc d'emprunt d'excellente qualité, mais situé relativement loin des zones de recharge pourrait être mélangé à des granulats de moindre qualité situés plus près afin d'en améliorer la qualité.

A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – QUALITÉ DES MATÉRIAUX

CRITÈRE 1 – GRANULOMÉTRIE DU BANC D'EMPRUNT

ENJEU TECHNIQUE

EXPLICATIF

Ce critère permet de mettre l'emphase sur la qualité du banc d'emprunt en termes granulométriques. Deux types de granulométrie sont recherchés selon les types de plage à recharger (sable ou gravillon). Dans les deux cas, la granulométrie des matériaux utilisés doit être distribuée selon un spectre granulométrique bien précis.

INDICATEURS (COTE)

- La granulométrie respecte les fuseaux granulométriques 0-5 mm et/ou 0-20 mm (5)
- La granulométrie est trop fine ou grossière (3)
- La granulométrie est caractérisée par des sédiments grossiers enrobés de matrice fine (1)

JUSTIFICATION

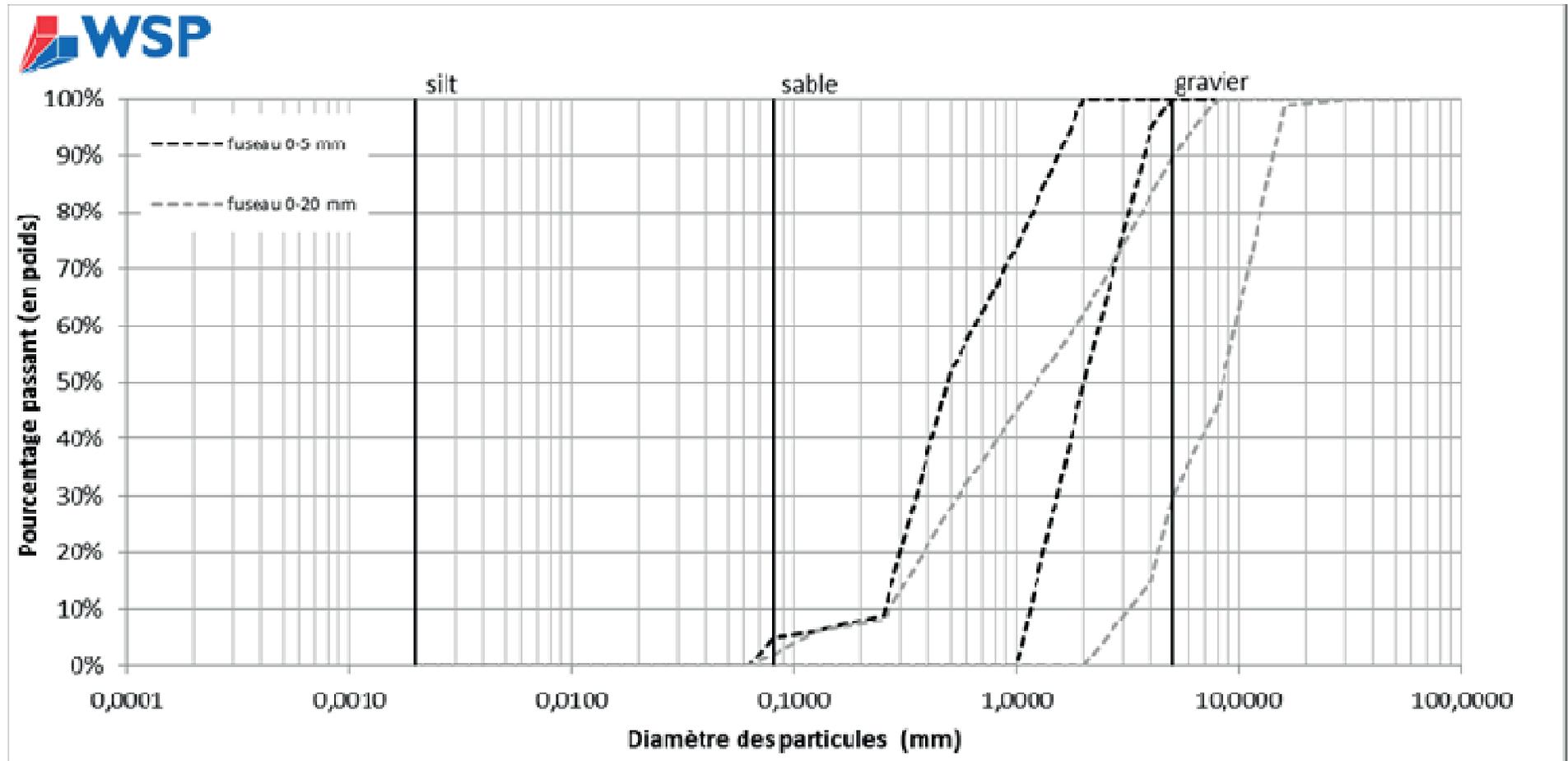
Un banc d'emprunt dont la granulométrie respecte les spectres recherchés constitue la solution idéale. Pour certaines zones de recharge, une granulométrie plus fine peut toutefois être acceptable si des structures (p. ex. épis) rendent la plage moins vulnérable à l'érosion et à la mise en suspension de sédiments. Un banc avec une granulométrie trop fine ou grossière est moins avantageux, mais peut néanmoins être considéré en fonction de la complexité du traitement granulométrique à réaliser pour le rendre utilisable (voir critère 3). Enfin, un banc d'emprunt caractérisé par des sédiments grossiers enrobés de matrice fine est à éviter à moins qu'un traitement granulométrique le rende utilisable (voir critère 3).



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – QUALITÉ DES MATÉRIAUX

CRITÈRE 1 – GRANULOMÉTRIE DU BANC D'EMPRUNT

Spectre granulométrique recherché – sable (0-5 mm) ou gravillon (0-20 mm)



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – QUALITÉ DES MATÉRIAUX

CRITÈRE 2 – PRÉSENCE DE SHALE DANS LE BANC D'EMPRUNT

ENJEU TECHNIQUE

EXPLICATIF

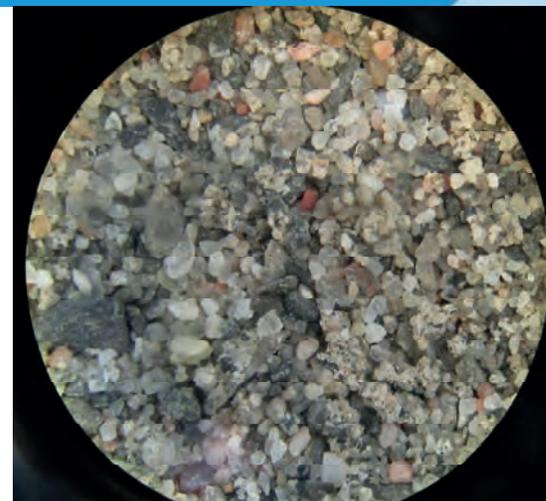
Ce critère permet de tenir compte de la concentration de shale dans le banc d'emprunt. En effet, les matériaux contenant une proportion élevée de shale sont inadéquats pour la recharge de plage puisqu'ils génèrent beaucoup de particules fines dans l'eau et que leur couleur n'est pas attirante pour les riverains et les villégiateurs. De plus, une proportion élevée de shale favorise la compaction du substrat.

INDICATEURS (COTE)

- < 5 % de shale (5)
- 5 à 10 % shale (4)
- 10 à 15 % de shale (3)
- 15 à 20 % de shale (2)
- > 20 % de shale (1)

JUSTIFICATION

Idéalement, la concentration de shale dans les bancs d'emprunt utilisés doit être inférieure à 10 à 15 %. Les bancs d'emprunt possédant une plus grande concentration de shale sont à éviter, à moins qu'un traitement permette d'en diminuer la concentration et de les rendre utilisables (voir critère 4).



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – QUALITÉ DES MATÉRIAUX

CRITÈRE 3 – COMPLEXITÉ DU TRAITEMENT GRANULOMÉTRIQUE

ENJEU TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

EXPLICATIF

Les bancs d'emprunt qui présentent une granulométrie inadéquate peuvent faire l'objet d'un traitement permettant de conserver uniquement une fraction du substrat présentant le spectre granulométrique recherché. La complexité du traitement requis et les coûts qui s'y rattachent varient en fonction du spectre granulométrique de départ du banc d'emprunt.

INDICATEURS (COTE)

- Aucun tamisage ou autre traitement requis (5)
- Tamisage simple pour obtenir la granulométrie recherchée (4)
- Mélange avec du matériel plus grossier requis pour obtenir la granulométrie recherchée (2)
- Traitements multiples requis (tamisage, lavage, gestion des rejets, etc.) (1)

JUSTIFICATION

Un traitement minimal est souhaitable en raison des coûts associés à ces opérations. Les traitements multiples sont non seulement plus coûteux, mais nécessitent également une organisation plus complexe.



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – QUALITÉ DES MATÉRIAUX

CRITÈRE 4 – PERFORMANCE DU TRAITEMENT DE RÉDUCTION DE LA PROPORTION DE SHALE

ENJEU TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

EXPLICATIF

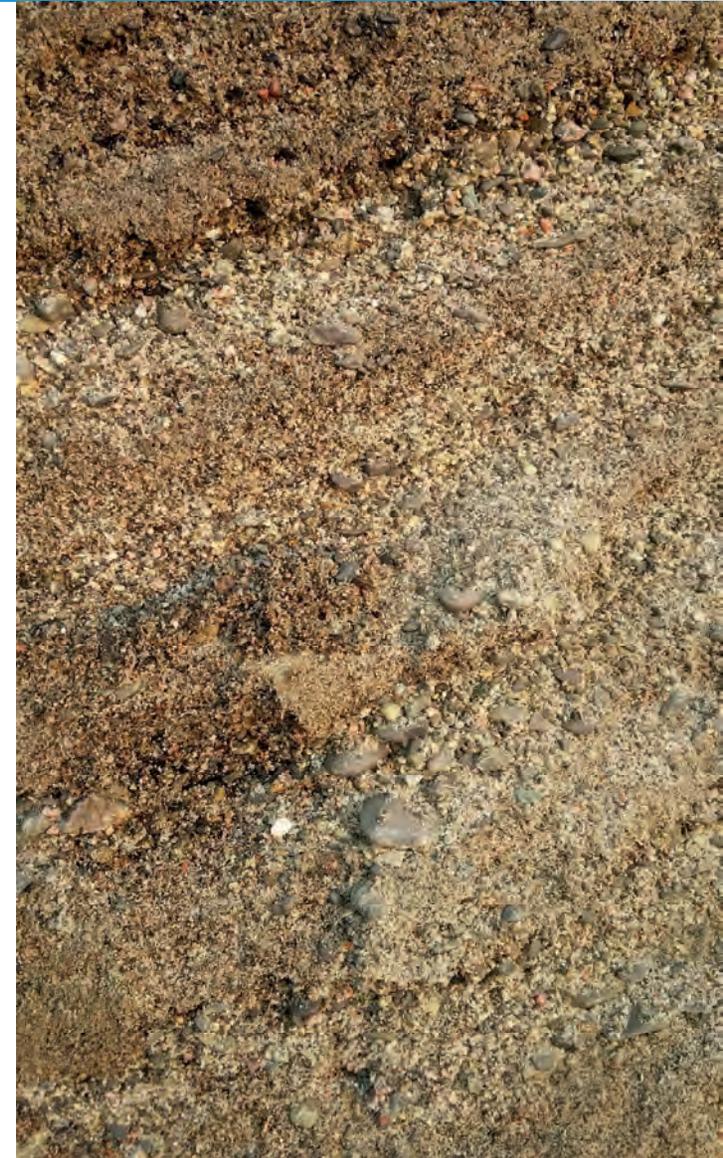
Lorsque la proportion de shale dans le dépôt est trop élevée pour l'utilisation souhaitée (rechargement en sable ou encore en gravillon), il est possible de réaliser un traitement sur les matériaux extraits afin de réduire la proportion de shale à un niveau acceptable (< 10 à 15 %).

INDICATEURS (COTE)

- Aucun traitement requis (5)
- Traitement simple permettant l'atteinte d'une proportion en shale de 15 % ou moins (4)
- Traitement plus complexe permettant l'atteinte d'une proportion en shale de 15 % ou moins (2)
- Aucune possibilité de traitement (0)

JUSTIFICATION

Comme dans le cas de la granulométrie, un traitement minimal est souhaitable s'il permet d'atteindre une proportion de shale acceptable pour une utilisation dans les zones de recharge.



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – QUALITÉ DES MATÉRIAUX

CRITÈRE 6 – CAPACITÉ VOLUMÉTRIQUE PAR RAPPORT AUX BESOINS EN RECHARGEMENT

ENJEU TECHNIQUE

EXPLICATIF

Ce critère tient compte des besoins en rechargement des différentes zones de recharge. Ainsi, l'exploitation d'un banc d'emprunt de faible capacité pourrait être tout à fait acceptable si elle permet de subvenir aux besoins en matériaux d'une zone de recharge située à proximité.

INDICATEURS (COTE)

Le volume utilisable est suffisant pour répondre aux besoins en matériaux de la zone de recharge pendant :

- Toute la durée du programme (10 ans) (5)
- Entre 7 et 10 ans (4)
- Entre 4 et 7 ans (3)
- Entre 2 et 4 ans (2)
- Entre 1 et 2 ans (1)
- Moins de 1 an (0)

JUSTIFICATION

Les cotes proposées visent à favoriser l'exploitation des bancs d'emprunt qui permettraient de subvenir aux besoins d'une zone de recharge donnée pour la période la plus longue possible.



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – EXPLOITATION DU SITE

CRITÈRE 7 – PASSIF AVEC L'EXPLOITANT DU BANC D'EMPRUNT

ENJEU TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

EXPLICATIF

Ce critère vise à faire ressortir la simplicité et la rapidité avec laquelle Rio Tinto pourrait commencer à exploiter le banc d'emprunt en se basant sur les relations existantes avec l'exploitant.

INDICATEURS (COTE)

- Banc en exploitation et relation d'affaires existante avec l'exploitant (5)
- Banc en exploitation et aucune relation d'affaires avec l'exploitant (3)
- Nouveau banc d'emprunt sans relation d'affaires avec l'exploitant (1)

JUSTIFICATION

Un banc d'emprunt déjà en exploitation et pour lequel Rio Tinto est en relation d'affaires avec l'exploitant est la solution la plus avantageuse puisqu'elle simplifie nettement les procédures préalables à l'utilisation de la ressource. Les bancs d'emprunt pour lesquels Rio Tinto n'est pas en relation d'affaires, mais qui sont actuellement en exploitation, se voient également attribuer un pointage élevé puisque les démarches préalables à l'exploitation seraient vraisemblablement relativement simples. Les bancs d'emprunt non exploités obtiennent un pointage plus bas. Ce critère est étroitement lié au critère 8 qui fait ressortir la complexité administrative associée à l'exploitation d'un nouveau banc d'emprunt.



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – EXPLOITATION DU SITE

CRITÈRE 8 – DÉMARCHES ADMINISTRATIVES PRÉALABLES

ENJEU TECHNIQUE ET ÉCONOMIQUE

EXPLICATIF

Ce critère vise à favoriser les bancs d'emprunt déjà en exploitation ou ceux pour lesquels les démarches préalables (demande de CA, études) sont relativement simples. La démarche administrative requise pour l'exploitation du banc d'emprunt est influencée par les contraintes citées précédemment qui peuvent affecter la complexité des démarches ou encore le volume utilisable (voir critère 6). Lorsque de telles contraintes s'appliquent, la démarche considérée ici reflète un choix au cas par cas entre la complexité des démarches préalables requises et la maximisation du volume utilisable. *A priori*, les superficies à exploiter seront ajustées de façon à minimiser les démarches administratives préalables. Les contraintes administratives majeures (p. ex. réalisation d'une étude d'impact sur l'environnement pour une exploitation située à moins de 75 d'un cours d'eau, d'un lac ou d'un milieu humide) ne sont pas envisagées.

INDICATEURS (COTE)

- Banc d'emprunt autorisé (5)
- Banc d'emprunt pour lequel une demande de CA standard doit être demandée avant son exploitation ou son agrandissement (4)
- Banc d'emprunt pour lequel une demande de CA standard et une demande de bail d'exploitation de substances minérales de surface doivent être demandées avant son exploitation ou son agrandissement (3)
- Banc d'emprunt dont la mise en exploitation est associée à une autre contrainte administrative (p. ex. demande d'autorisation à la CPTAQ) (2)
- Banc d'emprunt dont la mise en exploitation est associée à plusieurs autres contraintes administratives (1)

JUSTIFICATION

Les bancs d'emprunt déjà autorisés sont à prioriser dans la mesure du possible. Toutefois, les bancs d'emprunt qui nécessitent une demande de CA standard ou une demande de bail d'exploitation peuvent également constituer des options intéressantes. Les bancs d'emprunt qui s'accompagnent de contraintes additionnelles qui complexifient les démarches administratives préalables sont moins avantageux.



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

CRITÈRE 9 – PERTURBATIONS POTENTIELLES AUPRÈS DE LA POPULATION (EXPLOITATION)

ENJEU ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

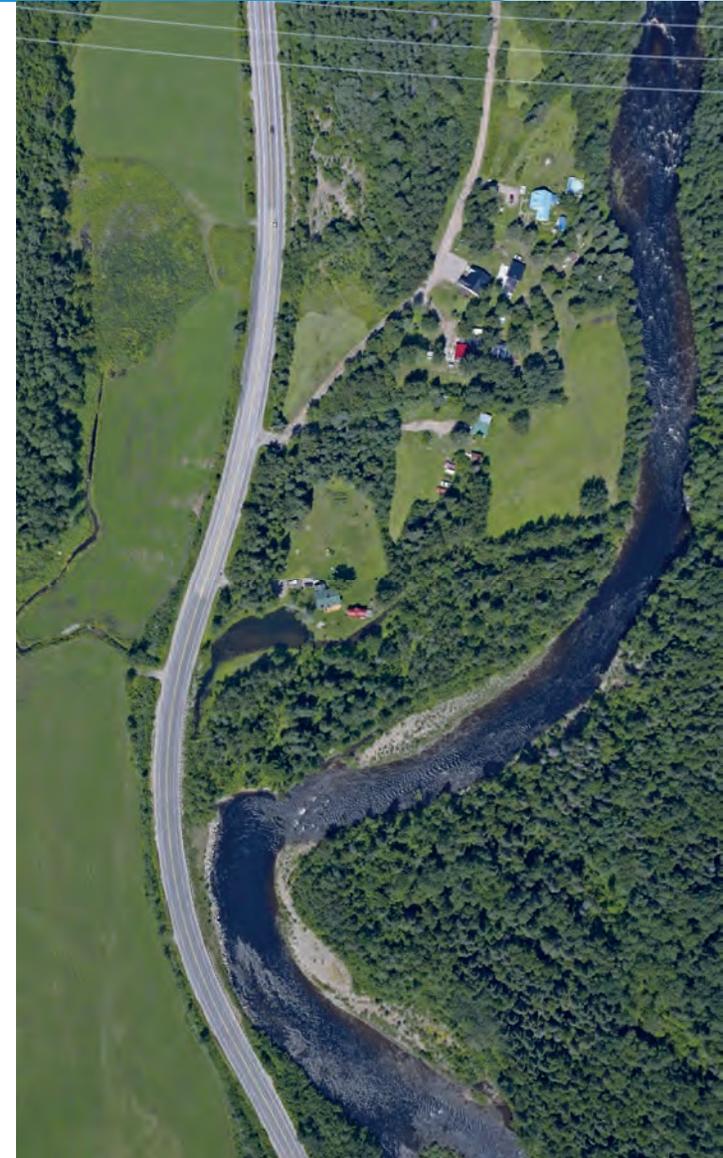
L'exploitation d'une sablière peut s'accompagner d'effets nuisibles sur la population environnante. Le bruit, la poussière et l'impact visuel constituent les principales sources de désagrément potentielles. L'importance de ces désagréments dépend de la proximité entre la sablière et les zones sensibles.

INDICATEURS (COTE)

- Aucune zone sensible à proximité (5)
- Présence de site(s) sensible(s) à proximité de la zone d'exploitation (affectation territoriale urbaine et de villégiature à moins de 300 m) (3)
- Présence d'habitation entre 150 et 300 m ou de voie publique entre 35 et 75 m (2)
- Présence de contraintes réglementées pouvant être outrepassées sous certaines conditions (p. ex. présence d'habitations, ou de zonage résidentiel ou commercial à moins de 150 m de l'exploitation ou présence d'une prise d'eau alimentant un aqueduc à moins de 1 km) (1)

JUSTIFICATION

Les bancs d'emprunt qui ne sont pas localisés près de sites sensibles sont à prioriser. Toutefois, la présence de sites sensibles à proximité peut être acceptable si la réglementation est respectée et que des mesures adéquates sont déployées pour minimiser les nuisances. Il est à souligner que plusieurs contraintes sont associées à des interdictions ne pouvant être outrepassées (p. ex. voie publique à moins de 35 m).



A) CRITÈRES LIÉS AU SITE D'EXPLOITATION – SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

CRITÈRE 10 – PERTURBATIONS POTENTIELLES SUR LE MILIEU BIOPHYSIQUE

ENJEU ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

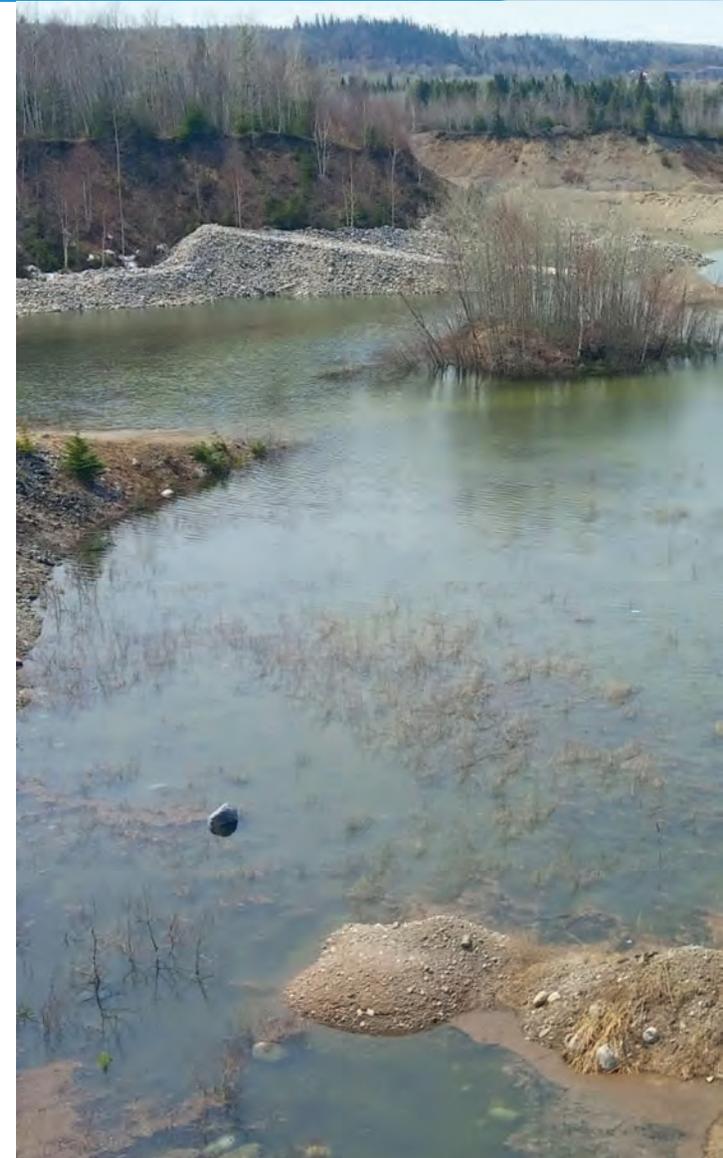
L'exploitation d'un banc d'emprunt s'accompagne potentiellement d'effets négatifs sur le milieu récepteur, notamment sur les eaux de surfaces ou souterraines et sur les habitats sensibles pour la faune et la flore. Les principaux effets néfastes résultent de la perte d'habitat, du dérangement occasionné par les opérations, de l'érosion pouvant notamment favoriser la mise en suspension de matières fines dans l'eau et des risques de contamination par des produits pétroliers.

INDICATEURS (COTE)

- Aucun milieu sensible à proximité (5)
- Présence de cours d'eau, de lac ou de milieu humide entre 75 et 150 m (3)
- Présence d'autre(s) site(s) sensible(s) à proximité de la zone d'exploitation (habitat faunique réglementée ou zone de conservation entre 150 et 300 m) (2)
- Présence d'autre(s) site(s) sensible(s) à proximité de la zone d'exploitation (habitat faunique réglementée ou zone de conservation à moins de 150 m) (1)

JUSTIFICATION

Les sites qui ne se trouvent pas à proximité de milieux sensibles sont à privilégier. La présence de milieux sensibles peut toutefois être acceptable si la réglementation est respectée et que des mesures adéquates sont déployées pour minimiser les nuisances. Il est à souligner que plusieurs contraintes sont associées à des interdictions ne pouvant être outrepassées (p. ex. nappe phréatique à moins de 1 m, réserve écologique à moins de 100 m).



ENJEU ÉCONOMIQUE

EXPLICATIF

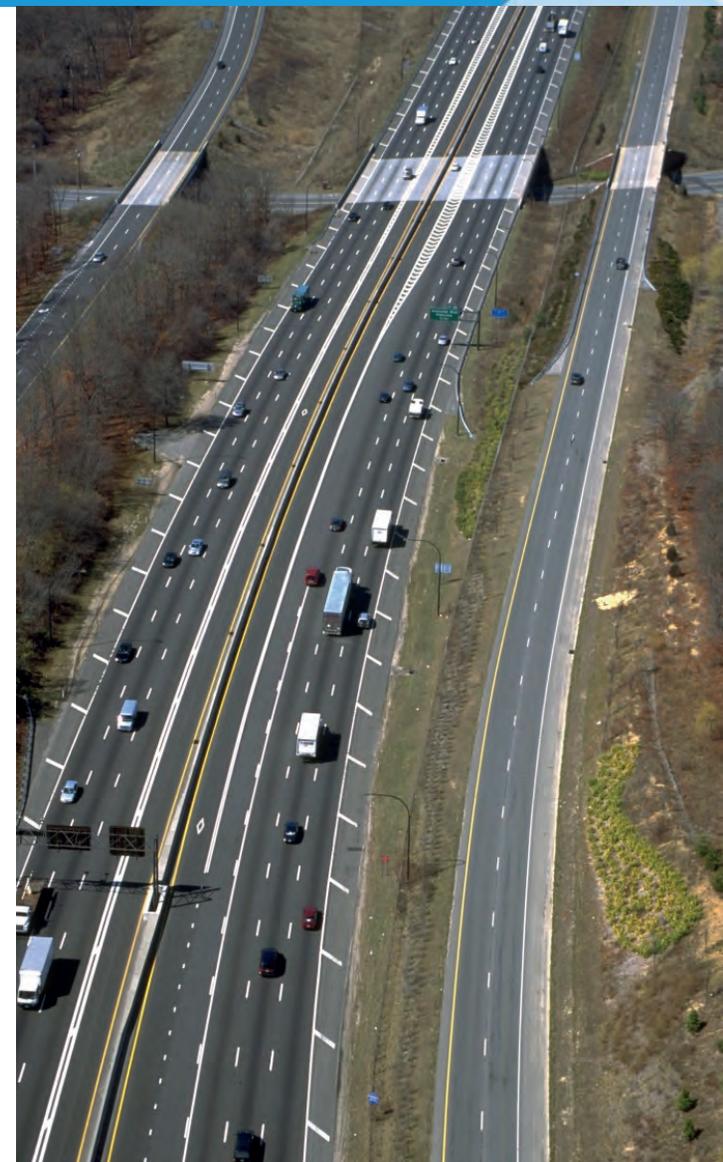
La distance séparant les bancs d'emprunt des zones de recharge a une influence majeure sur les coûts et constitue donc un critère d'importance dans le choix des sites à privilégier. Dans certains cas, le trajet optimal peut être légèrement plus long que le trajet le plus court (voir les critères 12 à 14 qui peuvent influencer le choix du trajet optimal).

INDICATEURS (COTE)

- < 5 km (5)
- 5 à 10 km (4)
- 10 à 20 km (3)
- 20 à 30 km (2)
- 30 à 50 km (1)
- > 50 km (0)

JUSTIFICATION

Les cotes proposées visent à prioriser les bancs d'emprunt qui se trouvent le plus près des zones de recharge. Une distance supérieure à 40 km est à éviter bien que l'utilisation dans une certaine mesure de tels bancs d'emprunt pourrait être envisagée advenant que leur qualité soit exceptionnelle. De plus, certaines municipalités interdisent le passage de camions sur certains ponts.



B) CRITÈRES LIÉS À LA CONNECTIVITÉ – SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

CRITÈRE 12 – PERTURBATIONS POTENTIELLES AUPRÈS DE LA POPULATION (TRANSPORT)

ENJEU ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

Le passage répété de véhicules lourds sur le réseau routier peut occasionner des désagréments pour la population des secteurs traversés. Les zones considérées ici comme sensibles correspondent aux affectations territoriales urbaines et de villégiature.

INDICATEURS (COTE)

- < 2 km dans les zones sensibles (5)
- 2 à 4 km dans les zones sensibles (4)
- 4 à 10 km dans les zones sensibles (3)
- 10 à 20 km dans les zones sensibles (2)
- 20 à 40 km dans les zones sensibles (1)
- > 40 km dans les zones sensibles (0)

JUSTIFICATION

Les cotes permettent de faire ressortir les combinaisons banc d'emprunt – zone de recharge qui sont reliées par un trajet qui minimise les perturbations auprès de la population.



ENJEU ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

Ce critère a pour objectif de prendre en compte le risque associé à la circulation des camions sur les autres usagers du réseau routier. Bien que des accidents puissent survenir n'importe où sur le réseau, les tronçons de route traversant des zones urbaines ou de villégiature sont considérés comme étant plus vulnérables étant donné leur fréquentation élevée et aussi parce que de tels secteurs présentent une concentration élevée d'intersections.

INDICATEURS (COTE)

- < 2 km dans les zones vulnérables (5)
- 2 à 4 km dans les zones vulnérables (4)
- 4 à 10 km dans les zones vulnérables (3)
- 10 à 20 km dans les zones vulnérables (2)
- 20 à 40 km dans les zones vulnérables (1)
- > 40 km dans les zones vulnérables (0)

JUSTIFICATION

Les trajets entre les bancs d'emprunt et les zones de recharge qui sont les plus avantageux sont ceux qui permettent de minimiser la longueur des trajets dans les zones sensibles.



CRITÈRE 14 – DISTANCE À PARCOURIR SUR DES CHEMINS NE RELEVANT PAS DU GOUVERNEMENT PROVINCIAL OU FÉDÉRAL (BRIS POTENTIELS-USURE PRÉMATURÉE)

ENJEU ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

Le passage répété de véhicules lourds sur le réseau routier entraîne une usure prématurée de celui-ci et peut occasionner des bris. Ces bris sont particulièrement problématiques sur les routes dont la gestion est municipale ou privée, puisque les budgets d'entretien y sont souvent limités (exemple : structure de la chaussée souvent moins adaptée). Ce critère tient donc compte de la distance touchée sur les routes ne relevant pas des gouvernements provincial ou fédéral

INDICATEURS (COTE)

- < 5 km sur des chemins privés ou municipaux (5)
- 5 à 10 km sur des chemins privés ou municipaux (4)
- 10 à 20 km sur des chemins privés ou municipaux (3)
- 20 à 30 km sur des chemins privés ou municipaux (2)
- 30 à 40 km sur des chemins privés ou municipaux (1)
- > 40 km sur des chemins privés ou municipaux (0)

JUSTIFICATION

Les trajets qui empruntent le moins possible les routes qui sont gérées à un niveau local sont avantageux.



B) CRITÈRES LIÉS À LA CONNECTIVITÉ – SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE

CRITÈRE 15 – ÉMISSION DE GES DUE AU TRANSPORT

ENJEU ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

La distance entre un banc d'emprunt et un site de recharge influence les émissions de gaz à effet de serre (GES) par voyage associées au transport des matériaux. En incluant les émissions associées à la production et à la distribution du carburant, il est estimé que le transport des matériaux par camion génère 1,419 kg d'équivalent CO₂ dans l'atmosphère par kilomètre parcouru.

INDICATEURS (COTE)

- < 7 kg d'équivalent CO₂ / Voyage (5)
- 7 à 15 kg d'équivalent CO₂ / Voyage (4)
- 15 à 30 kg d'équivalent CO₂ / Voyage (3)
- 30 à 45 kg d'équivalent CO₂ / Voyage (2)
- 45 à 60 kg d'équivalent CO₂ / Voyage (1)
- > 60 kg d'équivalent CO₂ / Voyage (0)

JUSTIFICATION

Ce critère, étroitement lié au critère 11, permet de tenir compte de ces émissions atmosphériques dans le choix des bancs d'emprunt préférables. Les cotes proposées visent à favoriser les combinaisons banc d'emprunt – zone de recharge qui génèrent les quantités les plus faibles de GES.



ENJEU ÉCONOMIQUE, ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

EXPLICATIF

Ce critère permet d'évaluer si le chemin le plus avantageux, en tenant compte des critères qui précèdent, est également un chemin envisageable d'un point de vue économique. Ainsi, les options de bancs d'emprunt les plus intéressantes pour ce critère sont celles dont le chemin optimisé ne représente pas un détour important comparativement au chemin le plus court.

INDICATEURS (COTE)

Par rapport au chemin le plus court, le chemin optimisé est :

- Moins de 1 km plus long (5)
- Entre 1 et 2 km plus long (4)
- Entre 2 et 3 km plus long (3)
- Entre 3 et 5 km plus long (2)
- Entre 5 et 8 km plus long (1)
- Plus de 8 km plus long (0)

JUSTIFICATION

Les cotes proposées permettent de cibler les options de bancs d'emprunt pour lesquelles l'utilisation d'un chemin optimisé est la plus avantageuse au niveau économique.

PRISE EN COMPTE DES DIFFÉRENTS TYPES D'ENJEUX POUR CHACUN DES CRITÈRES

	Critères	Type d'enjeux			Poids
		Technique	Économique	Environnemental & Social	
Site d'exploitation	Critère 1 - Granulométrie du banc d'emprunt	X			15
	Critère 2 - Présence de shale dans le banc d'emprunt	X			7
	Critère 3 - Complexité du traitement granulométrique	X	X		5
	Critère 4 - Performance du traitement de réduction de la proportion de shale	X	X		5
	Critère 6 - Capacité volumétrique par rapport aux besoins en rechargement	X			7
	Critère 7 - Passif avec l'exploitant du banc d'emprunt	X	X		4
	Critère 8 - Démarches administratives préalables	X	X		4
	Critère 9 - Perturbations potentielles auprès de la population (exploitation)			X	3
	Critère 10 - Perturbations potentielles sur le milieu biophysique			X	3
	Sous Total				53
Connectivité à la zone de recharge	Critère 11 - Distance du banc d'emprunt par rapport aux zones de rechargement		X		15
	Critère 12 - Perturbations potentielles auprès de la population (transport)			X	6
	Critère 13 - Sécurité des usagers de la route			X	6
	Critère 14 - Distance à parcourir sur des chemins ne relevant pas du gouvernement provincial ou fédéral (bris potentiels-usure prématurée)		X	X	12
	Critère 15 - Émissions de GES dues au transport			X	3
	Critère 17 - Longueur du chemin optimisé		X	X	5
Sous Total				47	
Total				100	

6



ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES
DANS LE BANC D'EMPRUNT
ALY BLACKBURN - ESSAIS DU
TAMISEUR FINLEY



NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRES : Mme Caroline Jollette, chargée de projet, Rio Tinto
M. Raymond Larouche, conseiller technique, Rio Tinto

EXPÉDITEUR : Mme Julie Simard, directrice de projet, WSP Canada Inc.

DATE : 9 novembre 2016

OBJET : **Analyses granulométriques dans le banc d'emprunt Aly Blackburn**
N/Réf. 141-21260-00

1.0 MISE EN CONTEXTE

Pour son Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Rio Tinto utilise des bancs d'emprunt dont le matériel doit rencontrer des fuseaux granulométriques prédéterminés. Actuellement, une certaine proportion de sédiments fins devrait être extraite afin de pouvoir utiliser les bancs d'emprunt les plus près des secteurs de recharge et de rencontrer les exigences du fuseau granulométrique 0–5 mm. Dans le but d'optimiser ses opérations, Gravier Donckin-Simard, un exploitant des sablières de la région faisant affaire avec Rio Tinto, a entamé des démarches pour faire l'acquisition de nouveaux systèmes de tamisage pour réduire au minimum la proportion des matériaux les plus fins, c'est-à-dire de granulométrie < 63 μm . Gravier Donckin-Simard a donc fait appel à la compagnie J. Y. Voghel inc. pour essayer leur tamiseur Terex Finlay. Afin de vérifier l'efficacité du tamiseur, Rio Tinto a demandé à WSP Canada Inc. (WSP) de réaliser sur place des analyses granulométriques. Les essais ont eu lieu le jeudi 21 juillet 2016, dans la sablière localisée dans le banc d'emprunt Aly Blackburn. Cette note technique a pour objectif de présenter les résultats de ces analyses granulométriques et de faire un bref compte rendu des essais.

2.0 METHODOLOGIE

2.1 Analyses granulométriques

Les échantillons prélevés ($n = 2$) dans le cadre des analyses granulométriques proviennent d'un dépôt tamisé à partir d'un tamiseur de type Terex Finlay. Ce même dépôt avait été pré-tamisé à partir d'un tamiseur de type « corde de violon », utilisé habituellement pour éliminer les sédiments les plus fins et les plus grossiers. Le matériel pré-tamisé était plus sec que le matériel prélevé *in situ*, dont la teneur en eau a été évaluée respectivement à $\leq 3\%$ comparativement à 6% , selon une analyse de perte en eau faite sur place. Aux fins de comparaison, une autre analyse granulométrique a été réalisée sur un échantillon provenant des piles de réserve (fuseau granulométrique 0–20) des sédiments prètamisés.

En laboratoire mobile, les sédiments pré-tamisés et tamisés ont fait l'objet d'une analyse granulométrique par tamisage à partir d'une colonne de tamis de 63, 125¹, 250, 500 et 710 µm et de 1, 2, 5, 8, 16 et 20 mm, le tout conformément à la norme ISO 3310-1. Les résultats ont été compilés et les statistiques générées à l'aide du logiciel Gradistat (Blott et Pye, 2001).

3.0 RESULTATS

Le tamiseur Terex Finlay s'est avéré inefficace pour éliminer les fractions granulométriques les plus fines lorsque la teneur en eau du matériel dépassait les 3 %, comme ce fut le cas en prélevant directement les matériaux dans le banc d'emprunt : le matériel fin colmate alors les tamis, empêchant la séparation efficace des matériaux. Aucune analyse granulométrique n'a donc pu être réalisée à partir de matériel *in situ* tamisé dans le tamiseur Terex Finlay. Étant donné que le matériel des piles pré-tamisé était plus sec, ce dernier a été utilisé afin de réaliser les essais au tamiseur Terex Finlay. Le matériel a alors pu être trié avec succès : trois piles ont ainsi été formées (photo 1) :

1. une pile contenant uniquement du matériel graveleux > 5 mm, soit environ 25 % de la totalité du matériel (photo 2);
2. une pile contenant le matériel avec les fractions granulométriques les plus fines, soit environ 10 % de la totalité du matériel (photo 1);
3. une pile renfermant le matériel respectant le fuseau granulométrique 0-5 mm, soit 65 % de la totalité du matériel (photo 3).

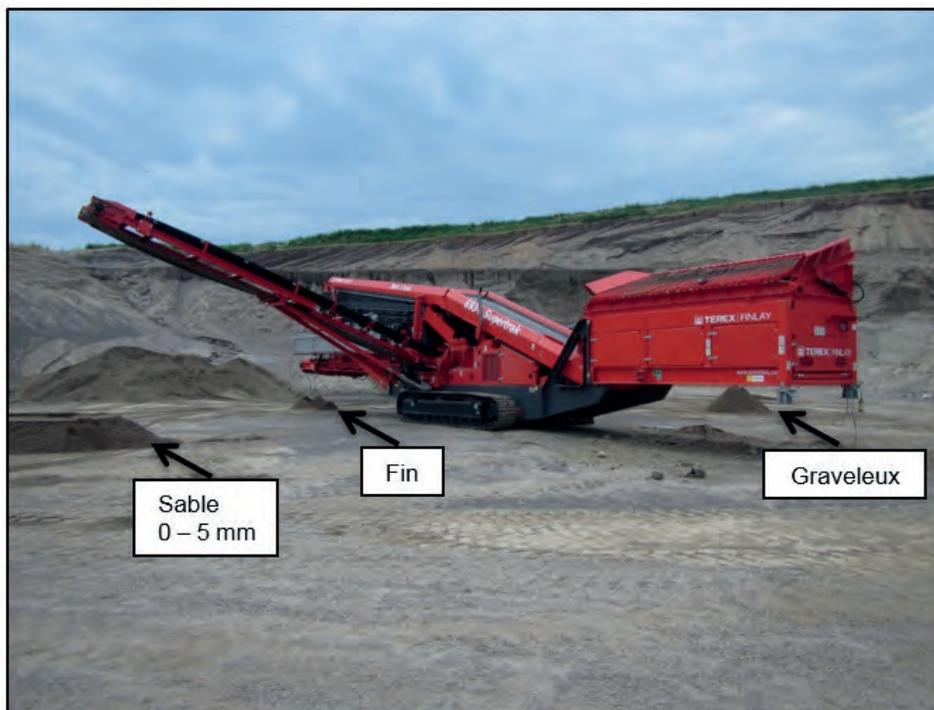


Photo 1 Tamiseur Terex Finlay servant à isoler les matériaux graveleux ≥ 5 mm (bras droit) des matériaux fins (bras central), afin d'obtenir un matériel (bras gauche) qui répond aux exigences du fuseau 0-5 mm requis pour les rechargements de plage en sable

¹ Le tamisage des fractions 125, 250 et 500 µm a été réalisé au laboratoire de WSP afin de raffiner la courbe granulométrique suffisamment pour la comparer aux courbes servant à délimiter le fuseau granulométrique.



Photo 2 Matériaux graveleux provenant des matériaux pré-tamisés



Photo 3 Matériaux conformes au fuseau granulométrique (0-5 mm) et provenant des matériaux pré-tamisés 0-5 mm

Les résultats de la granulométrie montrent que l'ensemble des sédiments tamisés avec le tamiseur Terex Finlay sont majoritairement sableux, avec des proportions comprises entre 93,3 et 95,2 %, de la classe granulométrique comprise entre 0,080 et 5 mm (tableaux 1 et 2). La fraction fine (< 0,080 mm) compose en moyenne 0,4-0,5 % de l'échantillon, alors que les graviers (> 5 mm) constituent en moyenne 5,8 % des échantillons (tableaux 1 et 2). La composition granulométrique de l'ensemble des échantillons est relativement similaire et se constitue en majorité d'un sable moyen, avec un diamètre moyen de 0,5 mm, ce qui indique que la distribution statistique est unimodale et symétrique.

Les courbes granulométriques montrent que le matériel pré-tamisé et tamisé respecte le fuseau granulométrique 0-5 mm, contrairement au sédiment directement prélevé du banc d'emprunt (figures 1 et 2). Il est intéressant de constater que le pré-tamissage et le tamissage avec le Terex Finlay ont contribué à trier davantage le matériel, faisant en sorte qu'il correspond plus adéquatement au fuseau granulométrique 0-5 mm requis, comparativement au sédiment uniquement pré-tamisé, plus grossier (figure 2).

Tableau 1 Pourcentage moyen par classe granulométrique pour l'ensemble des échantillons pré-tamisés et tamisés

PARAMÈTRE		TAILLE (mm)	ESSAIS 01 %	ESSAIS 02 %
Classe granulométrique	Argile-Silt	< 0,080	0,5	0,4
	Sable	0,080 - 5	95,2	93,3
	Gravier	5 - 20	4,8	6,7

Tableau 2 Synthèse des résultats des analyses granulométriques de l'ensemble des échantillons

ÉQUIVALENT (mm)	ESSAIS 01 %	ESSAIS 02 %	Exigence minimale	Exigence maximale
64	100,0	100,0	100%	100%
32	100,0	100,0	100%	100%
16	100,0	100,0	100%	100%
8	99,9	100,0	100%	100%
5	99,9	100,0	100%	100%
4	95,7	93,6	100%	95%
2	86,0	80,7	100%	50%
1	67,7	60,7	74%	0%
0,5	43,2	37,0	52%	0%
0,25	11,9 %	9,2 %	9%	0%
0,125	1,6 %	1,1 %	6%	0%
0,08	1,0 %	0,7 %	4%	0%
0,063	0,5 %	0,4 %	0%	0%
0,031	0,4 %	0,3 %	0%	0%
0,016	0,3 %	0,3 %	0%	0%
0,008	0,3 %	0,2 %	0%	0%
0,004	0,2 %	0,1 %	0%	0%
0,002	0,1 %	0,1 %	0%	0%

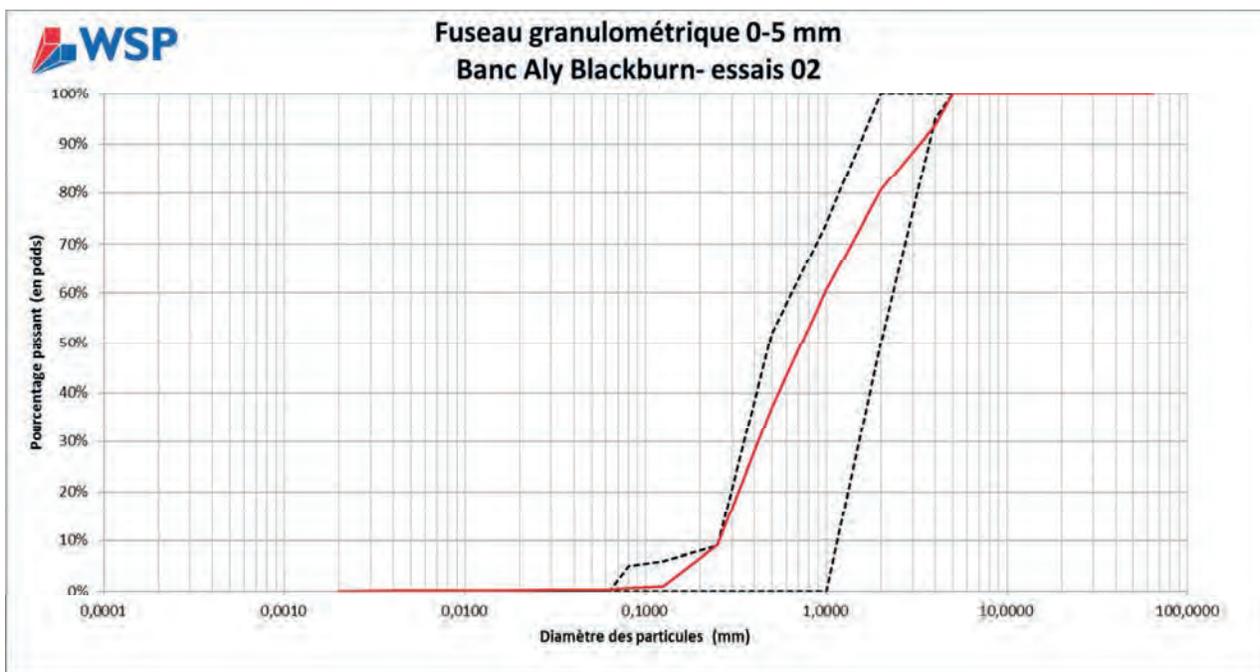
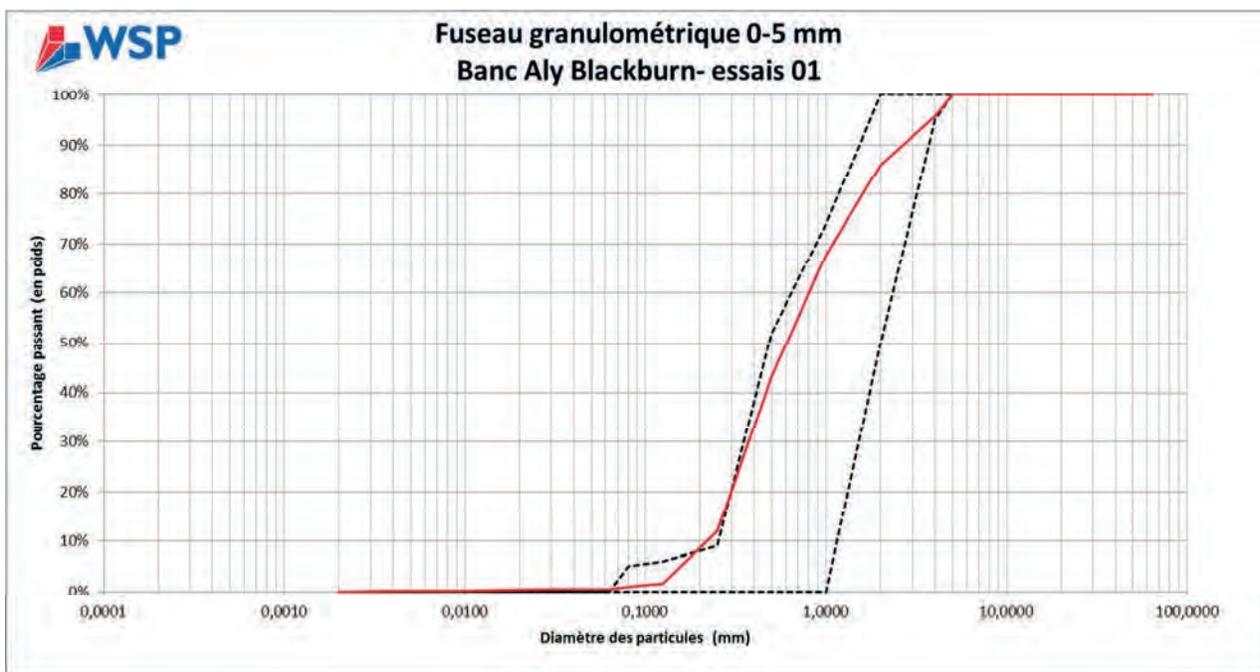


Figure 1 Courbes granulométriques pour les deux échantillons analysés provenant du matériel tamisé avec le Terex-Finlay

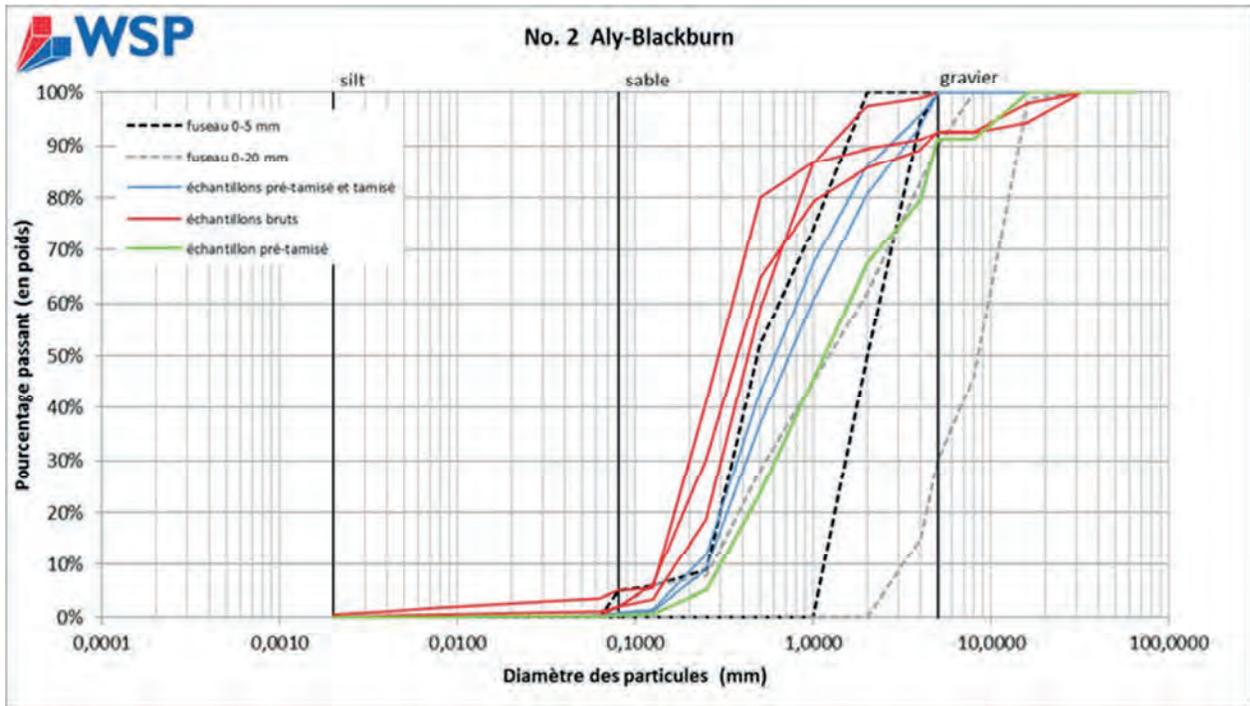


Figure 2 Comparaison entre les courbes granulométriques des sédiments prélevés directement dans le banc d'emprunt lors des campagnes de mai et juin 2016 (rouge) et des matériaux pré-tamisés et tamisés lors des essais du tamiseur Terex Finlay

4.0 CONCLUSION

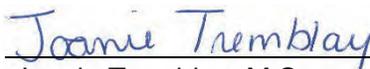
Les résultats des analyses laboratoires présentent plusieurs constats. Dans un premier temps, le tamiseur Terex Finlay s'est avéré inefficace pour éliminer les fractions granulométriques les plus fines lorsque la teneur en eau du matériel dépassait les 3 %, comme ce fut le cas en prélevant directement les matériaux dans le banc d'emprunt : le matériel colmate alors les tamis. En contrepartie, les échantillons pré-tamisés (méthode corde de violon), plus secs et tamisés par la suite par le Terex Finlay respectent davantage le fuseau granulométrique 0-5 mm, en éliminant les fractions les plus grossières, donc en recentrant les courbes au centre du fuseau.

Il est difficile de juger de l'efficacité réelle du tamiseur, puisqu'aucun échantillon prélevé directement dans le banc d'emprunt n'était suffisamment sec pour être tamisé adéquatement. Les fractions fines ont une plus grande capacité de rétention de l'eau. Considérant que les essais ont été réalisés en conditions climatiques estivales et pendant une période de plus de sept journées consécutives sans pluie, force est de croire que le tamiseur Finlay ne peut répondre aux objectifs d'éliminer les fractions les plus fines du sédiment pour rencontrer les fuseaux granulométriques des sables et des gravillons. Ce constat est autant valable en période estivale qu'en période automnale puisque, selon les normales climatiques, ces dernières présentent des accumulations totales en pluie légèrement inférieures au mois de juillet, donc des conditions similaires en teneur en eau du matériel (tableau 3).

Tableau 3 Précipitations totales mensuelles selon les normales climatiques calculées pour la période 1981-2010 à la station Roberval A²

INDICE	JANV.	FÉVR.	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILL.	AOÛT	SEPT.	OCT.	NOV.	DÉC.	CODE
Cumul de pluie	5.5	3.1	14.1	32.0	75.3	81.3	107.0	94.9	84.5	55.6	31.4	6.6	A

Préparée par :


 Joanie Tremblay, M.Sc.



Vérifiée par :

Julie Simard, Ph.D.

² <http://www.climat-quebec.qc.ca/>



7

RÉSULTAT DES TESTS DE
TRANCHÉES POUR L'EXTENSION
POTENTIELLE DU BANC
D'EMPRUNT ALY BLACKBURN



NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRES : Mme Caroline Jollette, chargée de projet,
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Rio Tinto
M. Raymond Larouche, conseiller technique
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Rio Tinto

EXPÉDITEUR : Mme Julie Simard, directrice de projet, WSP Canada Inc.

DATE : 12 avril 2017

OBJET : **Résultat des tests de tranchées pour l'extension potentielle du banc d'emprunt Aly Blackburn**
N/réf. : 141-21260-00

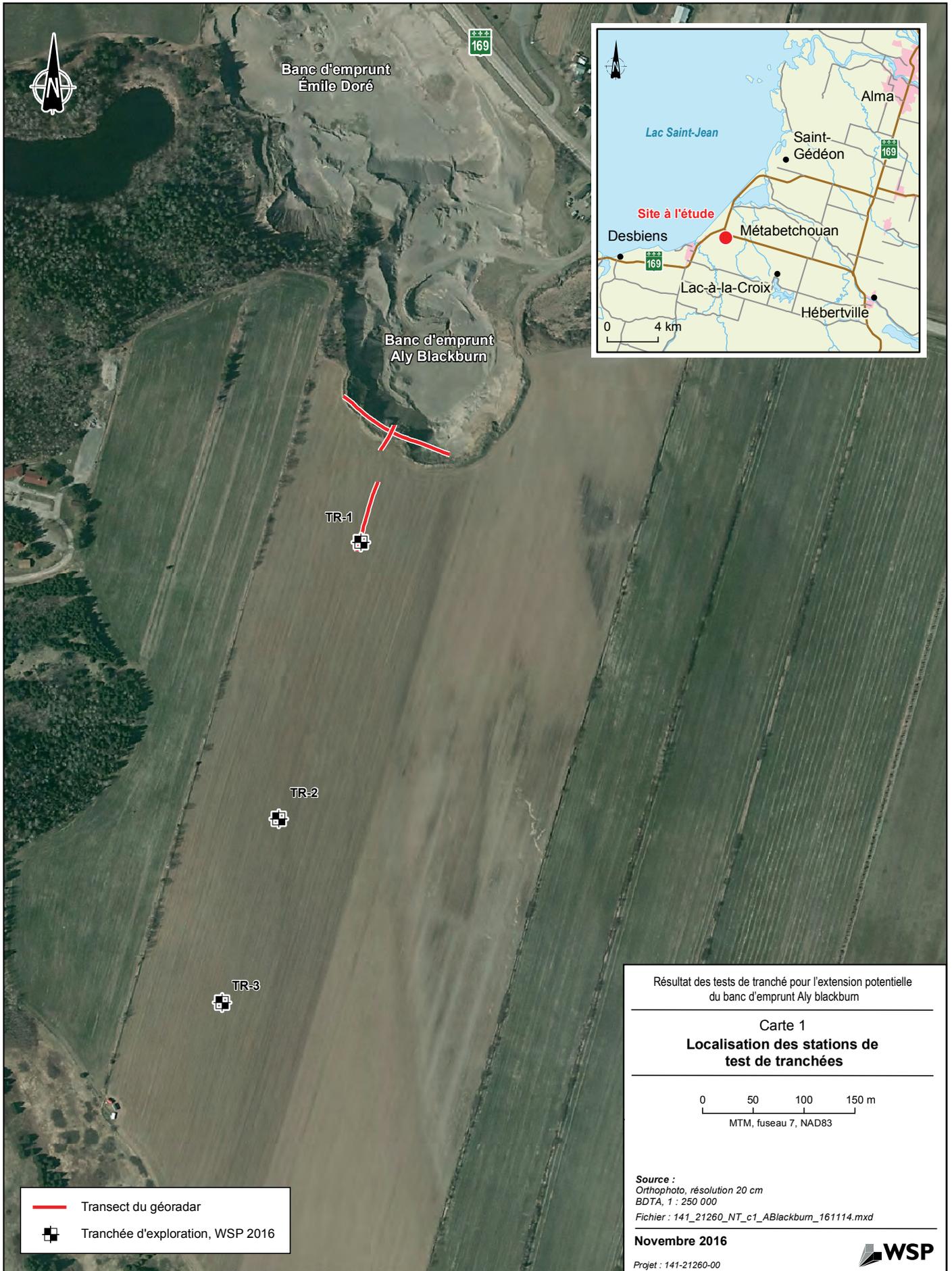
1. MISE EN CONTEXTE

Pour son Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Rio Tinto utilise des bancs d'emprunt dont le matériel doit rencontrer des fuseaux granulométriques prédéterminés afin de recharger les plages en sable (0 – 5 mm) et en gravillon (0 – 20 mm). De plus, les matériaux doivent contenir une proportion en shale inférieure à 15 % afin d'assurer un niveau acceptable de la qualité des plages. Selon les études de caractérisation des bancs d'emprunt de la région (WSP, 2016), un des bancs d'emprunt les mieux localisés par rapport aux zones de recharge, soit le banc Aly Blackburn, présente des sédiments dont une certaine proportion de sédiments fins doit être extraite afin de rencontrer les exigences du fuseau granulométrique 0–20 mm (annexe 1). Enfin, les teneurs en shale obtenues à partir des comptages pétrographiques varient entre 15 % et 28 % (annexe 1).

Les fortes proportions de sable fin demandent des opérations de tamisage supplémentaire ou encore d'aller prélever les matériaux dans des bancs d'emprunt à des distances plus grandes des zones de recharge, ce qui augmente les coûts d'approvisionnement et de transport des matériaux.

Afin de mieux connaître la variation latérale de la composition granulométrique des dépôts et ainsi de vérifier la disponibilité de matériel se rapprochant le plus possible des gravillons, des relevés géophysiques ont été réalisés au sein de banc Aly Blackburn. Les analyses stratigraphiques régionales dans la vallée de la faille de Kénogami, combinées à l'interprétation des profils géophysiques, a permis d'identifier une unité sédimentaire pouvant potentiellement contenir la proportion de gravillon requise pour la recharge des plages situées à proximité (annexe 2).

Des tests de tranchées ont donc été conduits pour valider la présence de l'unité sédimentaire graveleuse identifiée dans les profils géophysiques adjacents au front d'attaque du banc d'emprunt (carte 1 et annexe 2).



- Transect du géoradar
- + Tranchée d'exploration, WSP 2016

Résultat des tests de tranché pour l'extension potentielle du banc d'emprunt Aly blackburn

Carte 1
Localisation des stations de test de tranchées

0 50 100 150 m
MTM, fuseau 7, NAD83

Source :
Orthophoto, résolution 20 cm
BDTA, 1 : 250 000
Fichier : 141_21260_NT_c1_ABlackburn_161114.mxd

Novembre 2016

WSP

Projet : 141-21260-00

Cette note technique présente les résultats de ces tests, en décrivant la stratigraphie observée dans les tranchées, ainsi que les résultats des analyses granulométriques et des comptages pétrographiques permettant de caractériser plus spécifiquement les sédiments.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Campagne de terrain

La visite de terrain s'est déroulée le 26 août 2016. Elle avait pour objectif de caractériser, par la réalisation de tranchées d'exploration, trois zones ciblées susceptibles de rencontrer l'unité sédimentaire pouvant fournir du matériel respectant le fuseau granulométrique 0-20 mm. À l'aide d'une tablette GPS, les zones préalablement déterminées ont été localisées et excavées avec une pelle hydraulique sur près de 5 m de profondeur. Chacune des tranchées a été photographiée puis décrite visuellement à partir des caractéristiques suivantes :

- épaisseur des unités stratigraphiques;
- estimation visuelle de la granulométrie des unités;
- localisation de la surface rocheuse et de la nappe phréatique, lorsqu'atteinte.

Pour chaque tranchée, un échantillon a été prélevé dans l'unité sédimentaire d'intérêt. Ces derniers ont été échantillonnés de sorte à être le plus homogène possible, et ce, pour assurer d'être représentatif de l'ensemble de l'unité. Les échantillons ont fait l'objet d'une analyse granulométrique et de comptages pétrographiques dans le but d'évaluer les teneurs en shale.

2.2 Analyse en laboratoire

2.3.1 Granulométrie

Les analyses granulométriques ont été réalisées par tamisage à partir d'une colonne de tamis de 63, 125, 250, 500, 710 μm et de 1, 2, 5, 8, 16 et 20 mm, le tout conformément à la norme ISO 3310-1. Les résultats ont été compilés et les statistiques calculées à l'aide de la macro Excel Gradistat (Blott et Pye, 2001). Les résultats ont été traduits en courbes granulométriques rapportées sur des graphiques synthèses. Les fuseaux granulométriques visés pour les rechargements en sable (0-5 mm) et en gravillon (0-20 mm) ont été intégrés à ces graphiques de sorte à pouvoir visualiser rapidement si les échantillons correspondent aux fuseaux recherchés. Ces fuseaux, utilisés depuis 1986 par Rio Tinto, découlent des méthodes de rechargement des plages dont les critères sont basés sur des considérations principalement reliées à la sévérité de l'érosion et au degré de fréquentation des plages pour les activités de villégiature (RTA, 1983; WSP, 2015).

2.3.2 Proportion de shale

Les comptages pétrographiques consistent à déterminer la proportion de shale au sein des échantillons au moyen d'une loupe binoculaire (grossissement de X40). Il s'agit d'une estimation visuelle des proportions de shale pour chaque échantillon prélevé (Osborne Hutton, 1950).

À la loupe binoculaire, le grain de shale (d'origine sédimentaire) se différencie bien des autres grains de sable d'origine minéralogique. Il s'agit d'un grain aplati de couleur brun-noir et mat. Il est à noter que d'autres minéraux ferromagnésiens, comme la magnétite et la biotite, sont également de couleur noire, mais présentent sous la loupe binoculaire d'autres propriétés relatives à la structure et à l'éclat.

Afin de déterminer la proportion de shale, un volume de 20 ml de sédiments a été prélevé pour chaque échantillon homogénéisé, c'est-à-dire en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Le sous-échantillon a par la suite été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule. L'estimation de la proportion des grains de shale dans les sédiments a été réalisée à l'aide de diagrammes de référence (Shvetsov, 1995) (figure 2.1).

Pour un même sous-échantillon, 10 points d'observation ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein de la coupelle afin d'y faire une estimation visuelle de la proportion des grains de shale. La moyenne des proportions de shale évaluées dans l'échantillon exprime le résultat final. Enfin, l'interprétation de la proportion de shale au sein des échantillons témoins pouvant varier d'une personne l'autre, il est important qu'une même personne traite tous les échantillons, de sorte que les résultats soient constants (Dryden, 1931).

3. RÉSULTATS

La caractérisation visuelle des tranchées d'exploration montre qu'à la station 1, une unité de sable à gravier se situe entre 5,0 et 0,7 m sous la surface (carte 1 et photo 1). Cette unité graveleuse est recouverte d'une couche de sable fin de 0,7 m d'épaisseur. L'unité graveleuse est susceptible d'être plus profonde puisque les observations sont limitées par la capacité de la pelle hydraulique d'aller davantage en profondeur. Cette information est corroborée par les données de géophysique dont l'interprétation de la partie sud de la ligne 12 montre que l'unité atteint plus de 6,0 m de profondeur, sans toutefois identifier la limite inférieure en raison de la perte du signal (annexe 2). Cette information laisse croire cependant que la couche peut potentiellement être plus profonde que 6 m.



Photo 1 **Aperçu de la tranchée d'exploration 1.**
L'unité graveleuse est située sous les 70 cm depuis la surface.

La station 2 est localisée à 280 m au sud de la station 1. Le test de tranchée montre une unité de sable graveleux entre 5,0 et 2,5 m depuis la surface. Cette unité est recouverte de sable fin, jusqu'à la surface du sol (photo 2). À cette station, cette l'unité sablo-graveleuse peut être plus profonde que 5 m, soit la limite atteinte par la pelle hydraulique.



Photo 2 **Aperçu de la tranchée d'exploration 2.**
L'unité graveleuse est située sous les 250 cm depuis la surface.

Pour la station 3, localisée à près de 180 m au sud de la station 2, une unité de sable graveleux se situe entre 5,0 et 1,45 m depuis la surface. Cette unité est entrecoupée par un mince lit de sable silteux entre 4,7 et 4,5 m de profondeur (photo 3). Un sable fin recouvre l'unité sablo-graveleuse de 1,45 m jusqu'à la surface. À cette station, l'unité sablo-graveleuse peut être plus profonde que 5 m qui est la limite atteinte par la pelle hydraulique.



Photo 3 **Aperçu de la tranchée d'exploration 3.**
L'unité graveleuse est située sous les 145 cm depuis la surface.

Les résultats des analyses granulométriques des échantillons prélevés dans chacune des tranchées montrent que les sédiments sont composés de gravier (5 – 20 mm), avec des proportions comprises entre 54,0 et 71,5 % (tableaux 1 et 2). La fraction fine (< 0,08 mm) compose entre 0,3 et 0,7 % de l'échantillon, alors que les sables (0,08 – 5 mm) constituent en moyenne entre 27,9 et 45,7 % des échantillons (tableaux 1 et 2). La composition granulométrique de l'ensemble des échantillons est donc similaire, avec un diamètre moyen de 16 mm. La distribution statistique est unimodale et symétrique. Les courbes granulométriques montrent que le matériel provenant des tranchées respecte le fuseau granulométrique 0-20 mm, contrairement au sédiment prélevé au niveau de front d'attaque actuel du banc d'emprunt (figure 1 et annexe 1). Les teneurs en shale obtenues à partir des comptages pétrographiques varient entre 24 % et 32 %.

Tableau 1 Pourcentage moyen par classe granulométrique pour l'ensemble des échantillons tamisés

PARAMÈTRE		TAILLE (mm)	TRANCHÉE 1 (%)	TRANCHÉE 2 (%)	TRANCHÉE 3 (%)
Classe granulométrique	Argile-Silt	< 0,08	0,3	0,6	0,7
	Sable	0,08 - 5	45,7	27,9	33,6
	Gravier	5 - 20	54,0	71,5	65,7

Tableau 2 Synthèse des résultats des analyses granulométriques de l'ensemble des échantillons

ÉQUIVALENT (mm)	TRANCHÉE 1 (%)	TRANCHÉE 2 (%)	TRANCHÉE 3 (%)	EXIGENCE MINIMALE (%)	EXIGENCE MAXIMALE (%)
64	100,0	100,0	100,0	100	100
32	100,0	100,0	100,0	100	100
16	93,9	70,7	83,4	100	99
8	78,1	46,7	60,8	100	46
5	72,2	43,0	55,4	90	30
4	66,3	39,2	49,9	83	15
2	46,0	28,5	34,3	62	0
1	30,4	18,3	20,0	45	0
0,5	18,9	7,8	8,8	28	0
0,25	3,8	1,3	2,9	8	0
0,125	0,5	0,6	1,2	6	0
0,08	0,4	0,8	1,0	2	0
0,063	0,3	0,6	0,7	0	0
0,031	0,2	0,5	0,6	0	0
0,016	0,2	0,4	0,4	0	0
0,008	0,1	0,3	0,3	0	0
0,004	0,1	0,2	0,2	0	0
0,002	0,0	0,1	0,1	0	0

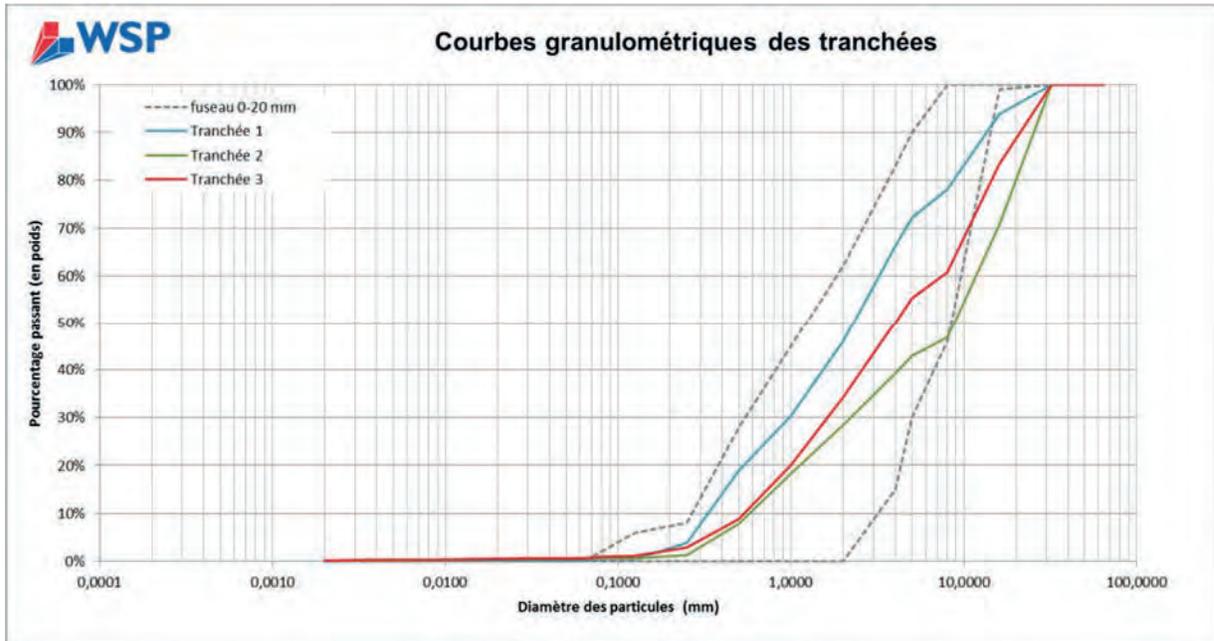


Figure 4 Courbes granulométriques pour les trois échantillons des tests de tranchées aux stations 1, 2 et 3.

4. CONCLUSION

Les résultats des tests de tranchées montrent qu'il existe une unité sédimentaire fortement susceptible de fournir des matériaux sablo-graveleux pour les recharges de plage en gravillons. Les résultats des tests de tranchées, combinés à l'interprétation des profils géoradar, montrent qu'à partir du front d'attaque actuel, et ce, sur plus de 500 m vers le sud, l'unité sablo-graveleuse semble constante et présente une épaisseur minimale de 5 m. Selon la ligne de relevés géoradar n° 3 (annexe 2), l'unité sablo-graveleuse fait une soixantaine de mètres de largeur le long du front d'attaque actuel. Cette unité présente donc une capacité volumétrique théorique minimale de 180 000 m³, ce qui dépasse les besoins en matériaux pour les recharges de plage en gravillon pour les secteurs de Saint-Gédéon et du 14^e chemin qui totalisent 157 000 m³.

Les résultats des analyses granulométriques montrent que les sédiments provenant de cette unité sédimentaire rencontrent les fuseaux granulométriques des gravillons et auraient donc besoin d'un minimum de tamisage pour éliminer les fractions supérieures à 20 mm. Par contre, la proportion en shale de cette unité sédimentaire est similaire à celle estimée dans les comptages pétrographiques des échantillons provenant du front d'attaque. À cet égard, les résultats concernant les essais géotechniques de séparation du shale représentent un intérêt, dans la mesure où, d'une part, le traitement proposé offre le potentiel de réduire les pourcentages sous la barre des 15 % et, d'autre part, que le traitement puisse permettre de produire un matériel à un coût inférieur aux coûts de transport engendrés par la plus grande distance des autres bancs d'emprunts pouvant fournir ce type de matériel.

Préparée par :

Joanie Tremblay
 Joanie Tremblay, géographe

Vérifiée par :

Julie Simard

Julie Simard, Ph.D., géomorphologue

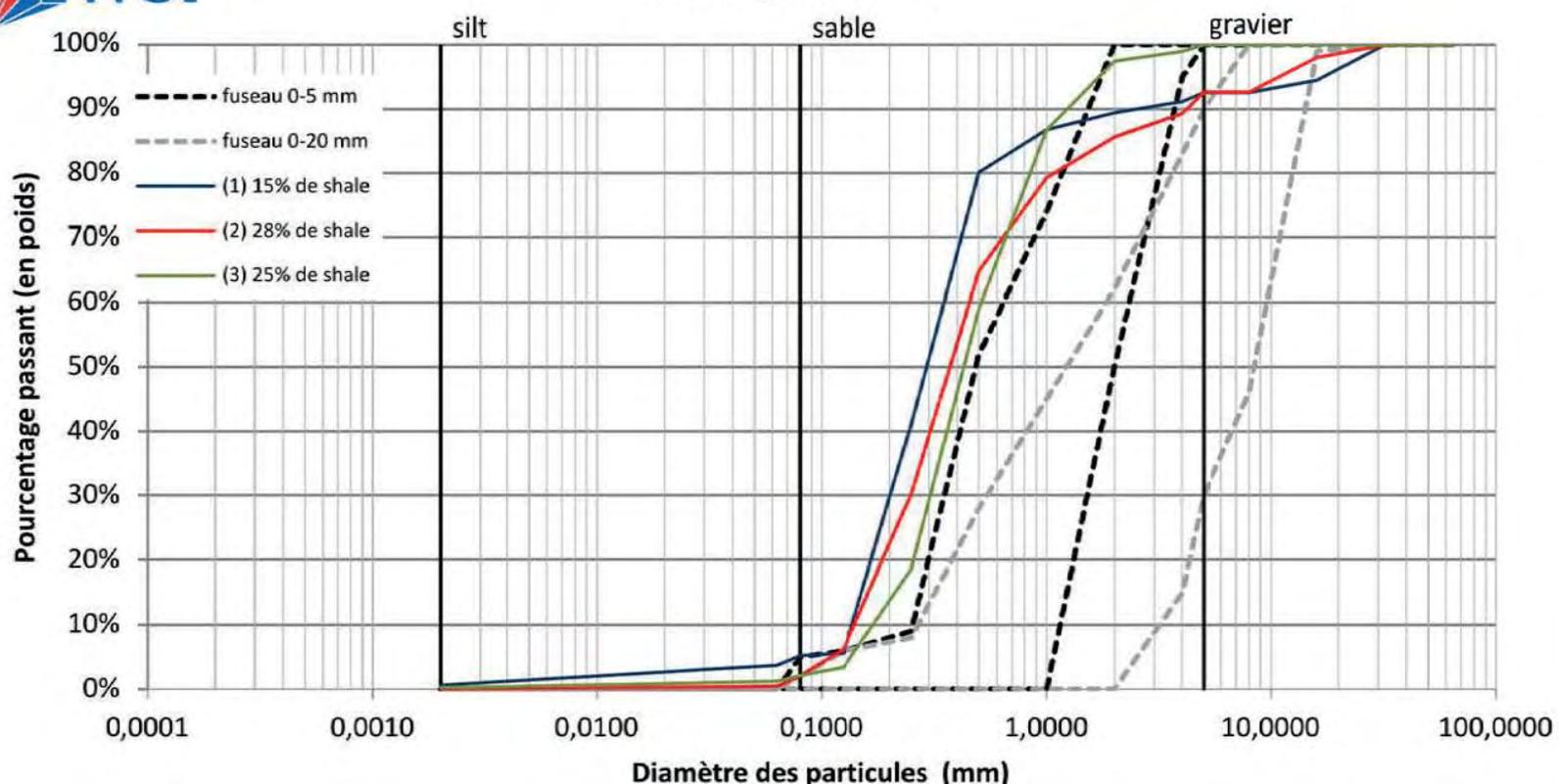


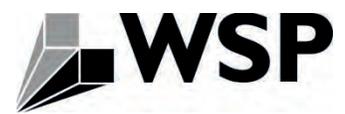
ANNEXE 1

Courbes granulométriques et proportions en shale pour les échantillons provenant du front d'attaque du banc Aly Blackburn



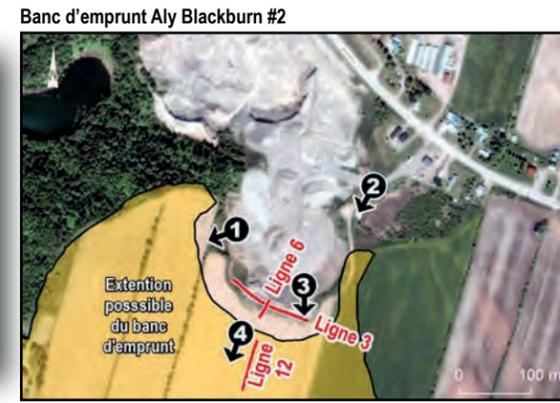
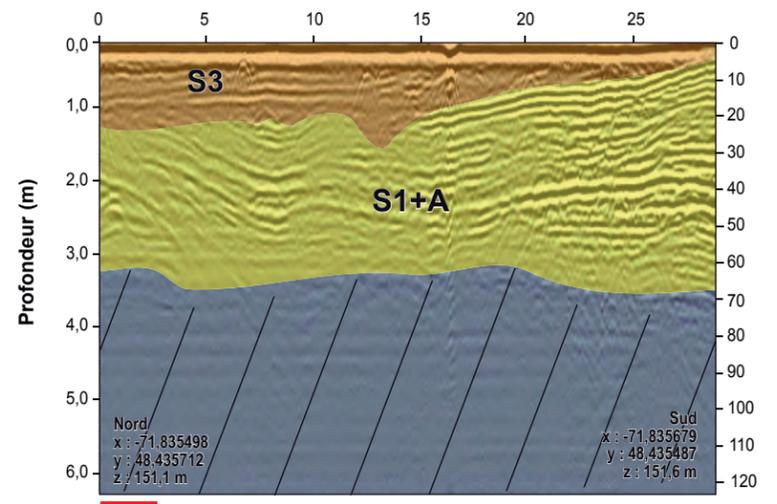
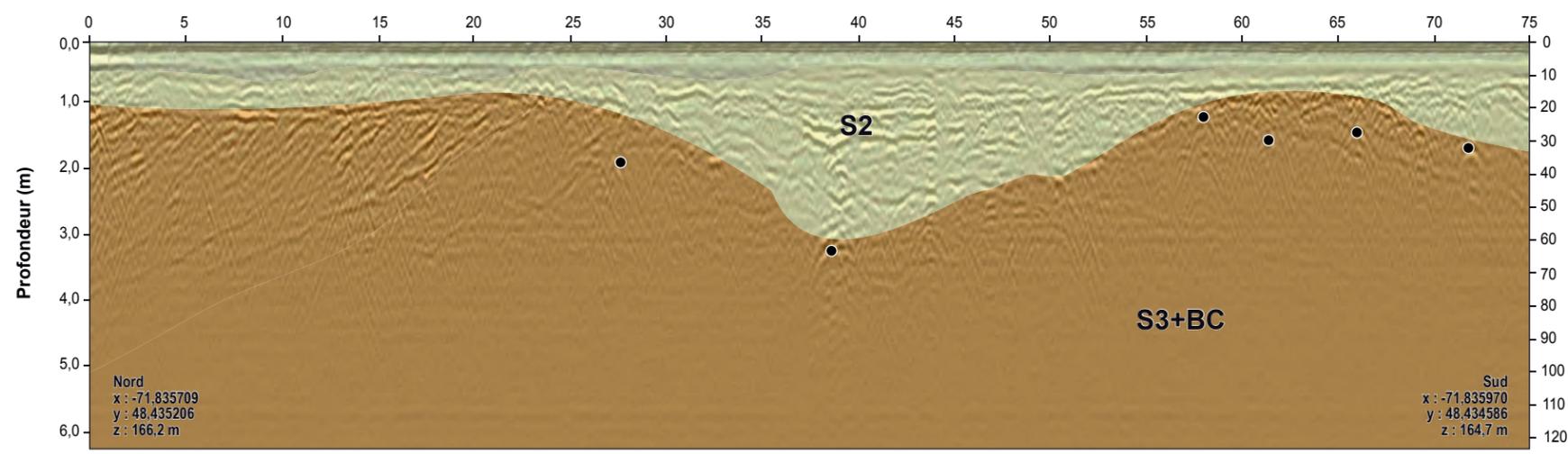
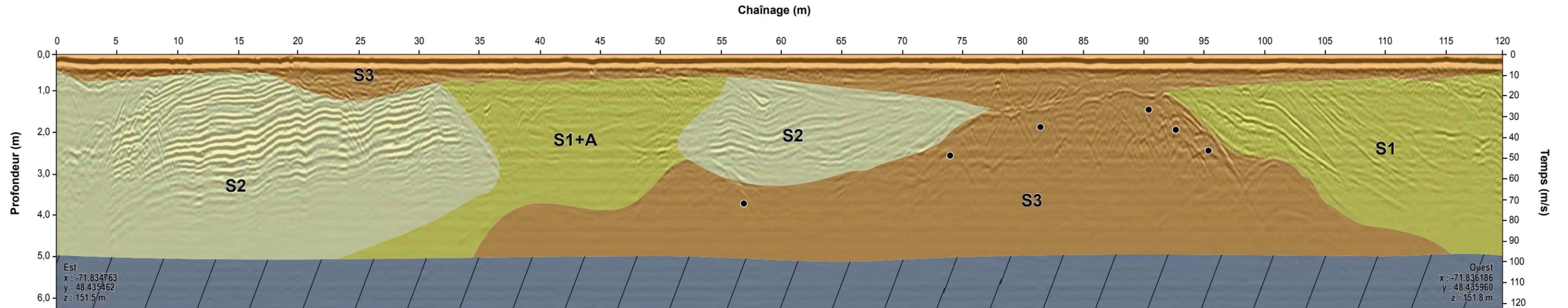
No. 2 Aly Blackburn





ANNEXE 2

**Interprétation des profils géophysiques relevés
dans le secteur du banc Aly Blackburn**



Inventaires

- 1 Photographie et prise de vue
- Bloc
- Surface rocheuse
- - - - - Nappe phréatique

Granulométrie

- A** Présence d'argile
- BC** Présence de bloc et caillou
- Non interprété
- B1** Bloc et caillou
- B2** Bloc et caillou avec trace de gravier *
- B3** Bloc et caillou avec présence de gravier **
- G1** Gravier
- G2** Gravier avec trace de sable *
- G3** Gravier avec présence de sable **
- S1** Sable
- S2** Sable avec trace de gravier *
- S3** Sable avec présence de gravier **
- A** Argile

Note : Exagération verticale = 3x
* - de 25 %
** 25 à 50 %



8

ÉVALUATION DE L'ALTÉRATION DES
MATÉRIAUX PAR LES OPÉRATIONS DE
CHARGEMENT À PARTIR DES BANCS
D'EMPRUNT ET DE DÉCHARGEMENTS
SUR LES PLAGES



NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRES : Mme Caroline Jollette, chargée de projet
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Rio Tinto
M. Raymond Larouche, conseiller technique
Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean, Rio Tinto

EXPÉDITEUR : Mme Julie Simard, directrice de projet, WSP Canada Inc.

DATE : 13 avril 2017

OBJET : **Évaluation de l'altération des matériaux par les opérations de chargement à partir des bancs d'emprunt et de déchargement sur les plages**
N/Réf. : 141-21260-00

1. MISE EN CONTEXTE

Dans le cadre de son Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean (PSBLSJ), Rio Tinto utilise des bancs d'emprunt dont le matériel doit rencontrer des fuseaux granulométriques prédéterminés afin de recharger les plages en sable (0–5 mm) et en gravillon (0–20 mm). De plus, afin d'accommoder les usagers riverains et d'éviter certaines problématiques constatées sur le plan hydrodynamique (compaction des matériaux) et environnementales (formation de panaches de turbidité), Rio Tinto vise à ce que les matériaux contiennent une proportion en shale inférieure à 10-15 %.

Les conditions établies au niveau des teneurs en shale découlent principalement d'hypothèses tentant d'expliquer les problématiques de compaction et de formation de turbidité. La première problématique, soit la compaction du matériel sur les plages, pourrait être expliquée par la circulation de la machinerie au moment de la recharge de plage¹, l'étalement granulométrique du matériel et également par la présence de shale, qui aurait tendance à s'imbriquer de par la forme de ses grains. La deuxième problématique concerne la susceptibilité à la formation d'épisodes de turbidité dans le lac pendant et après les rechargements qui serait hypothétiquement attribuable, entre autres, au potentiel de dégradation des grains de shale lors de leur remaniement par les vagues. D'autres problématiques relatives à la présence du shale dans les matériaux de rechargement sont également soulevées. Ainsi, la couleur foncée du matériel étendu sur les plages ou encore la prédominance de graviers de shale importune les propriétaires et usagers riverains.

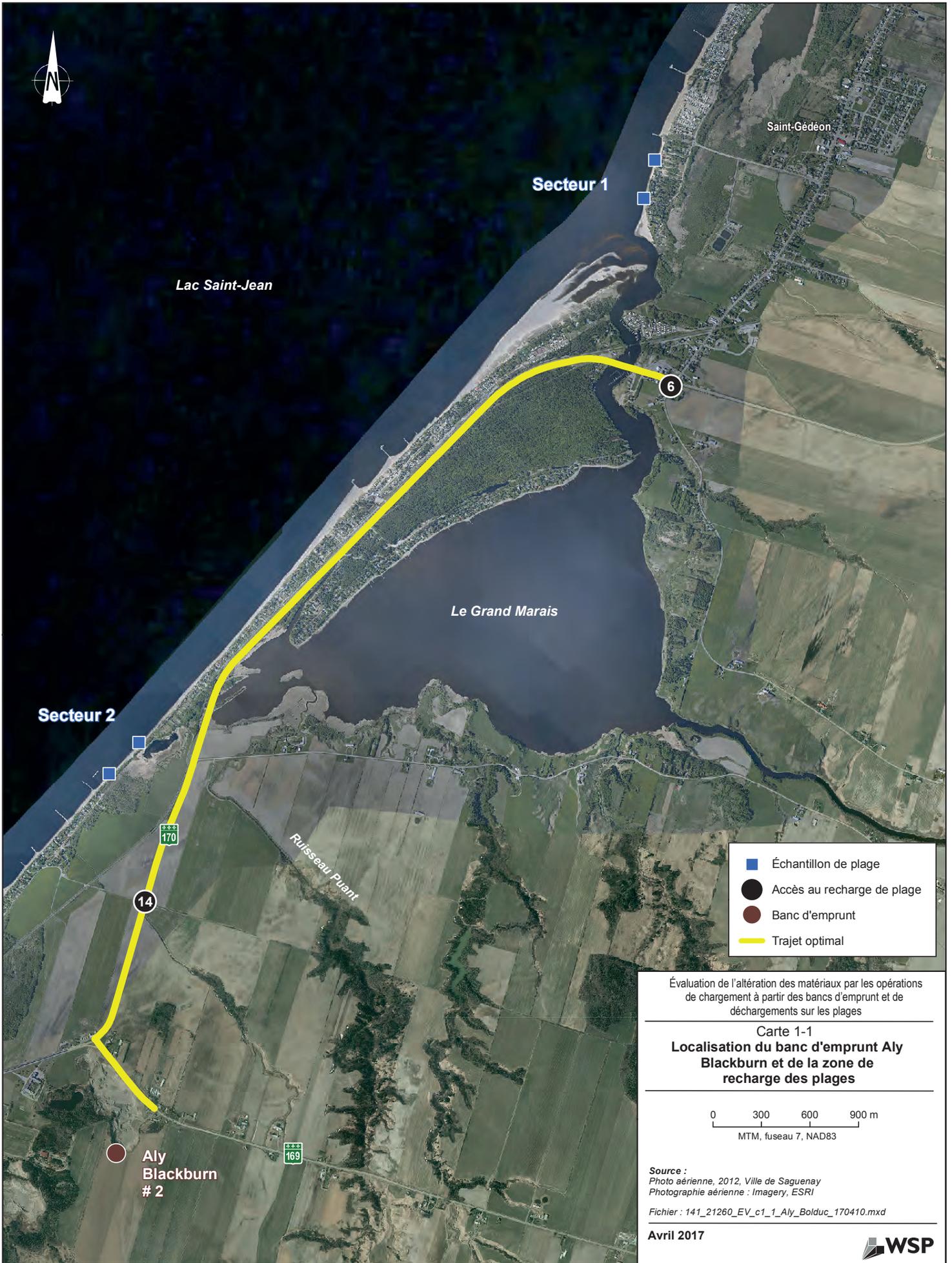
¹ Afin d'éviter que la machinerie compacte les matériaux, Rio Tinto a développé une méthode de déchargement sur les plages qui limite la compaction des sédiments par la machinerie, minimisant ainsi sa circulation.

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement portant sur le renouvellement 2017-2026 du PSBLSJ, Rio Tinto a donc lancé plusieurs études afin de caractériser et d'établir le potentiel d'utilisation de sources d'emprunt aptes à fournir du matériel de qualité aux différentes zones de recharges de plage (WSP, 2016). Les données de caractérisation de plus de 44 bancs d'emprunt ont permis de conduire une analyse multicritère ayant pour objectif d'identifier les meilleures sources d'emprunt pour chacune de ces zones de recharge. Selon cette analyse, un des bancs d'emprunt les mieux localisés par rapport aux zones de recharge du secteur sud du lac Saint-Jean, soit le banc Aly Blackburn, présente des sédiments dont une certaine proportion de sédiments fins doit être extraite afin de tenter de rencontrer les exigences du fuseau granulométrique 0–20 mm (carte 1-1 et annexe 1). De plus, les teneurs en shale obtenues des comptages pétrographiques sur des échantillons provenant de ce banc d'emprunt varient entre 15 % et 28 %.

Malgré les traitements granulométriques requis et les proportions en shale qui dépassent le seuil souhaité de 10-15 %, le matériel provenant du banc Aly Blackburn est tout de même utilisé puisqu'il évite d'aller chercher des matériaux dans des bancs d'emprunt localisés à de grandes distances des zones de recharge, ce qui devient moins acceptable sur le plan environnemental et social, tout en augmentant les coûts d'approvisionnement et de transport des matériaux. Ainsi, à l'automne 2015 et l'hiver 2016, les matériaux utilisés pour les recharges en gravillon (0-20 mm) sur la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc ont été prélevés dans le banc Aly Blackburn (carte 1-1). Profitant de l'occasion, Rio Tinto a jugé pertinent de conduire des analyses sédimentologiques sur des échantillons prélevés quelque temps après la mise en place des matériaux sur la plage, afin de mieux comprendre les changements morphologiques potentiels du matériel entre le moment où il est prélevé et chargé et le moment où il est déchargé et mis en place sur les plages.

L'information existante et les études de caractérisation des bancs d'emprunt réalisées dans le cadre de l'étude d'impact pour le renouvellement 2017-2026 du PSBLSJ ont permis de dresser le portrait des caractéristiques de base du matériel d'emprunt sur le plan granulométrique et pétrographique, entre autres pour le banc Aly Blackburn. Ces données représentent donc les conditions granulométriques et pétrographiques de référence du matériel avant le chargement. En contrepartie, des échantillons ont été prélevés sur les plages fraîchement rechargées à l'automne 2015 (Saint-Gédéon) et l'hiver 2016 (marais Bolduc), afin de réaliser le même type d'analyses aux fins de comparaison.

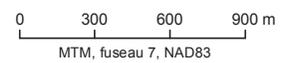
Cette note technique a donc pour objectif de présenter et de comparer les courbes granulométriques et les comptages pétrographiques de la source d'emprunt à la plage fraîchement rechargée, afin de mieux comprendre les transformations que peut subir le matériel lors des opérations. Les prochaines sections portent donc sur la méthodologie employée, récapitulent les analyses sédimentologiques conduites sur le banc d'emprunt Aly Blackburn et présentent les résultats des analyses des échantillons recueillis sur les plages. La discussion et la conclusion portent sur la comparaison des propriétés granulométriques et pétrographiques entre le matériel brut du banc d'emprunt et le matériel mis en place sur la plage.



- Échantillon de plage
- Accès au recharge de plage
- Banc d'emprunt
- Trajet optimal

Évaluation de l'altération des matériaux par les opérations de chargement à partir des bancs d'emprunt et de déchargements sur les plages

Carte 1-1
Localisation du banc d'emprunt Aly Blackburn et de la zone de recharge des plages



Source :
Photo aérienne, 2012, Ville de Saguenay
Photographie aérienne : Imagery, ESRI

Fichier : 141_21260_EV_c1_1_Aly_Bolduc_170410.mxd

Avril 2017



2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Campagne de terrain

La visite de terrain s'est déroulée le 26 août 2016. Elle visait à échantillonner deux secteurs de recharge, soit la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site 93.02.02) et la plage du marais Bolduc (site 95.03.04) (cartes 1-1 et 2-1; photos 1 et 2 de l'annexe 2). Pour chacun de ces secteurs, deux échantillons ont été prélevés à deux stations différentes (carte 2-1, photos 3, 4,5 et 6 de l'annexe 2). Les matériaux ont été échantillonnés à 1 m de profondeur afin de s'assurer de ne recueillir que le matériel qui a été déposé et nivelé dans le cadre de la dernière recharge de plage effectuée à l'automne 2015 et l'hiver 2016 et ainsi éviter de prélever du matériel de l'ancien niveau de plage ou encore la couche de matériel remanié en surface (photo 7 de l'annexe 2). Des analyses granulométriques (4), des comptages pétrographiques par classes granulométriques (36) et des analyses morphoscopiques (4) ont été réalisés sur les échantillons recueillis.

2.2 Analyses en laboratoire

2.2.1 Granulométrie

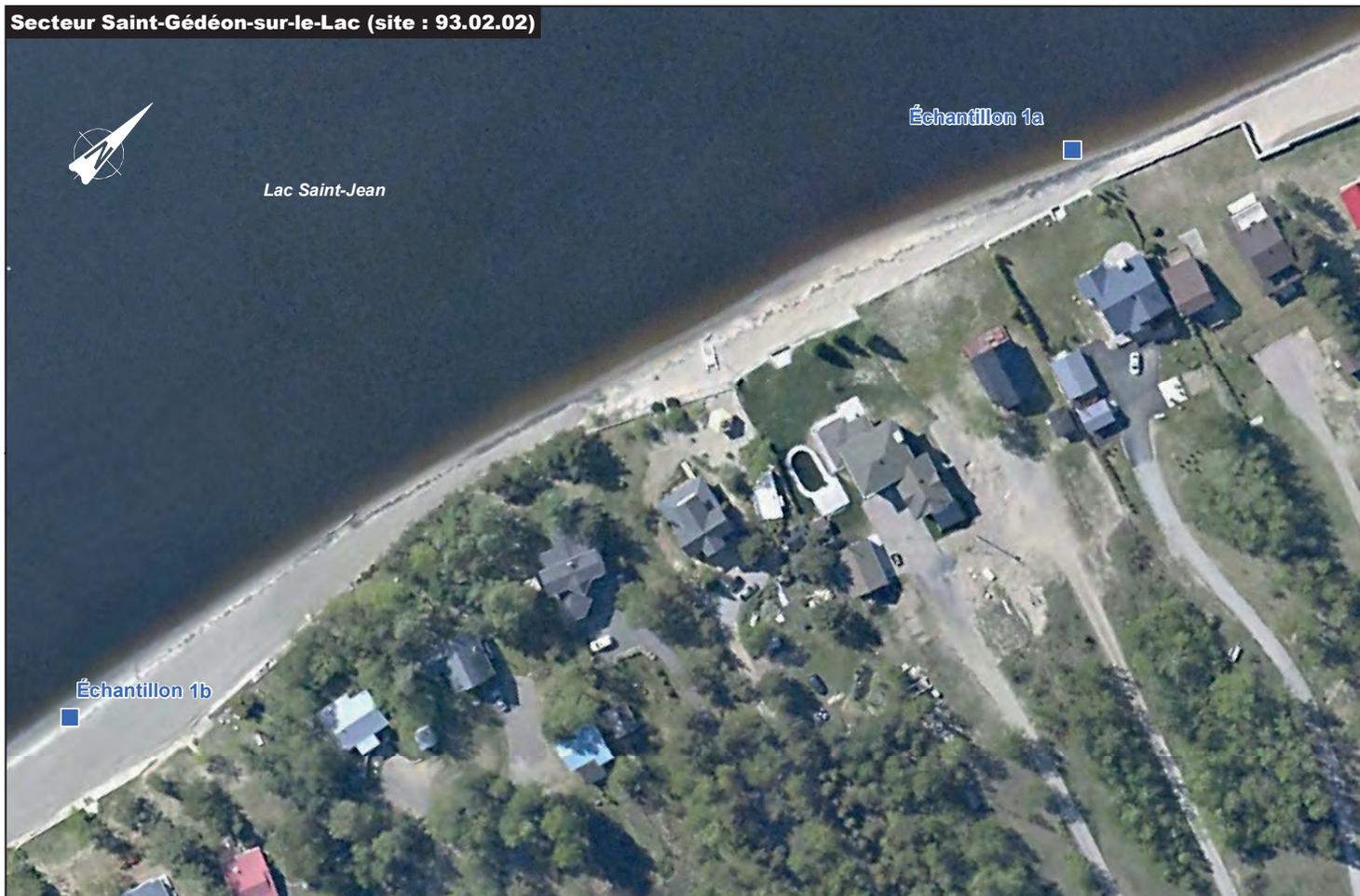
Les analyses granulométriques ont été réalisées par tamisage à partir d'une colonne de tamis de 63, 125, 250, 500, 710 μm et de 1, 2, 5, 8, 16 et 20 mm, le tout conformément à la norme ISO 3310-1. Les résultats ont été compilés et les statistiques calculées à l'aide de la macro Excel Gradistat (Blott et Pye, 2001). Les résultats ont été traduits en courbes granulométriques rapportées sur des graphiques synthèses. Les fuseaux granulométriques visés pour les rechargements en sable (0-5 mm) et en gravillon (0-20 mm) ont été intégrés à ces graphiques de sorte à pouvoir visualiser rapidement si les échantillons correspondent aux fuseaux recherchés. Ces fuseaux, utilisés depuis 1986 par Rio Tinto, découlent des méthodes de rechargement des plages dont les critères sont basés sur des considérations principalement reliées à la sévérité de l'érosion et au degré de fréquentation des plages pour les activités de villégiature (RTA, 1983; WSP, 2015).

2.2.2 Comptages pétrographiques des grains de shale

Les comptages pétrographiques consistent à déterminer, par classe granulométrique, la proportion de shale au sein des échantillons au moyen d'une loupe binoculaire (grossissement de X40). Il s'agit d'une estimation visuelle des proportions de shale pour chaque échantillon prélevé (Osborne Hutton, 1950).

À la loupe binoculaire, le grain de shale (d'origine sédimentaire) se différencie bien des autres grains de sable d'origine minéralogique. Il s'agit d'un grain aplati de couleur brun-noir et mat. Il est à noter que d'autres minéraux ferromagnésiens, comme la magnétite et la biotite, sont également de couleur noire, mais présentent sous la loupe binoculaire d'autres propriétés relatives à la structure et à l'éclat.

Secteur Saint-Gédéon-sur-le-Lac (site : 93.02.02)



Secteur Marais Bolduc (site : 95.03.04)



Afin de déterminer la proportion de shale, un volume de 20 ml de sédiments a été prélevé pour chaque échantillon homogénéisé, c'est-à-dire en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Le sous-échantillon a par la suite été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule. L'estimation de la proportion des grains de shale dans les sédiments a été réalisée à l'aide de diagrammes de référence (Shvetsov, 1995).

Pour un même sous-échantillon, 10 points d'observation ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein de la coupelle afin d'y faire une estimation visuelle de la proportion des grains de shale. La moyenne des proportions de shale évaluées dans l'échantillon exprime le résultat final. Enfin, l'interprétation de la proportion de shale au sein des échantillons témoins pouvant varier d'une personne à l'autre, il est important qu'une même personne traite tous les échantillons de sorte que les résultats soient constants (Dryden, 1931; WSP, 2015).

Les résultats issus de l'évaluation visuelle des proportions en shale par classe granulométrique ont d'abord été exprimés par un pourcentage brut. Cependant, de forts pourcentages peuvent résulter de la faible quantité de grains se trouvant dans les classes granulométriques les plus grossières (gravier). Ainsi, un dénombrement d'un grain de shale sur deux grains présente une proportion en shale de 50 %, ce qui peut surévaluer les résultats. Pour pallier ce problème, les résultats ont été pondérés en multipliant la proportion en shale brute, par le poids (exprimé en pourcentage) de la classe granulométrique correspondante, ce qui donne une proportion en shale remise pour l'ensemble de l'échantillon.

2.2.3 Analyses morphoscopiques

L'analyse morphoscopique des grains a été effectuée sur quatre échantillons dont trois (n^{os} 1, 2 et 3) ont été prélevés directement dans le banc Aly Blackburn et un (n^o 4) provient d'une pile de réserve en gravillon (0–20 mm). Ensuite, cette même analyse a été effectuée sur quatre échantillons provenant des plages de Saint-Gédéon-sur-le-Lac (n^{os} 1a et 1b) et du marais Bolduc (n^{os} 2a et 2b). Les échantillons provenant du banc Aly Blackburn et des plages ont finalement été comparés au banc Gaston Morin (n^o 16) qui a été choisi puisqu'il était exempt de shale (< 1 %).

Les analyses morphoscopiques consistent à déterminer l'usure des grains en décrivant la forme et l'aspect des grains au moyen d'une loupe binoculaire (grossissement de X40). Ainsi, les grains de sable ou de gravier peuvent être qualifiés d'anguleux, de subanguleux, de subarrondis et d'arrondis. Cette qualification des grains de shale permet d'apporter de l'information sur son niveau de fragmentation entre son prélèvement dans le banc d'emprunt et sa mise en place sur les plages. Ainsi, en conditions naturelles, il est fréquent d'observer que les grains de shale sont davantage usés, émoussés puisqu'ils ont été sédimentés en milieu deltaïque, à la suite d'un long transport sédimentaire. L'objectif de cette analyse est donc de vérifier l'hypothèse que les grains de shale se soient fragmentés lors des opérations de chargement, de déchargement et de mise en place des matériaux. Advenant le cas, les grains de shale vont davantage présenter des cassures fraîches et des arêtes plus anguleuses. La forme des grains de shale sera davantage en disque que de forme sphérique.

Afin de déterminer l'usure et la forme des grains de sable ou de gravier de shale, un volume de 20 ml de sédiments a été prélevé pour chaque échantillon homogénéisé, c'est-à-dire en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Les grains ont par la suite été rincés et

nettoyés par jet d'eau afin d'éliminer les agrégats pouvant s'être accumulés sur les grains. Une fois séché, le sous-échantillon a été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule. Un minimum de 100 grains pour chaque échantillon analysé a été observé à la loupe binoculaire (grossissement de X40). Sous la loupe binoculaire, l'échantillon doit être observé sur un fond noir afin de faire ressortir davantage le contour des grains. Les grains ont finalement été caractérisés visuellement en décrivant la forme et l'aspect des grains afin d'en déterminer leur degré d'usure. Le diagramme de référence de Fournier et al. (2012) a servi de référence de base afin de qualifier le degré d'usure des grains (figure 2-1). La forme des grains a été décrite selon le diagramme de Zingg qui utilise les formes suivantes : disque, sphère, lame et tige (figure 2-2).

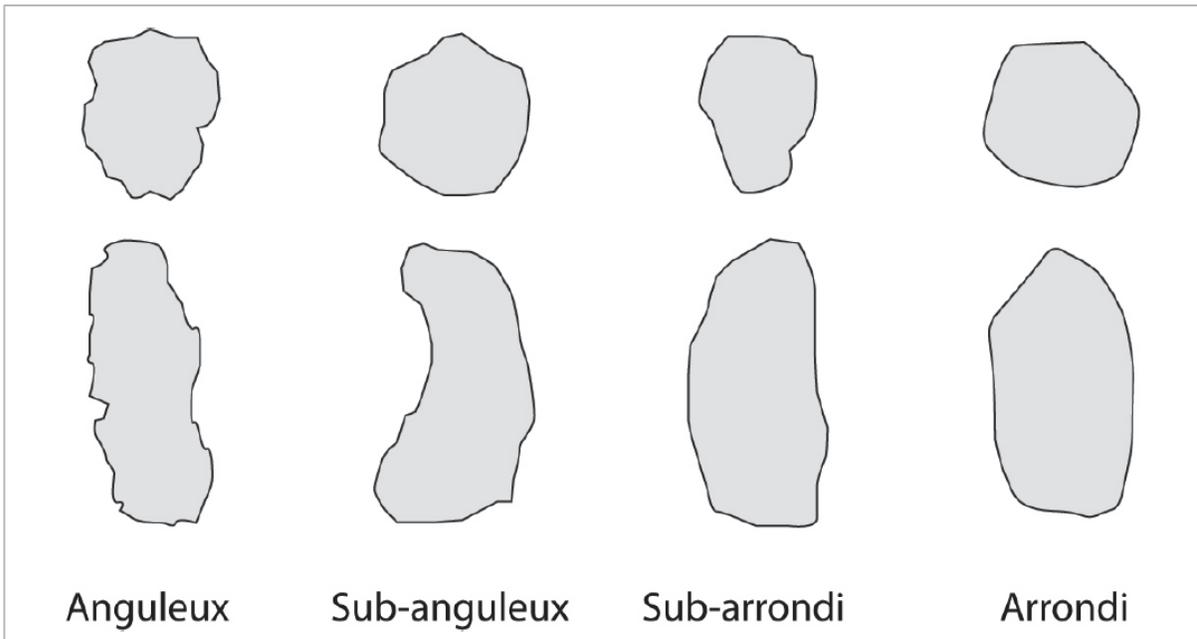


Figure 2-1 Allure des grains en fonction de leur usure (Fournier et al., 2012)

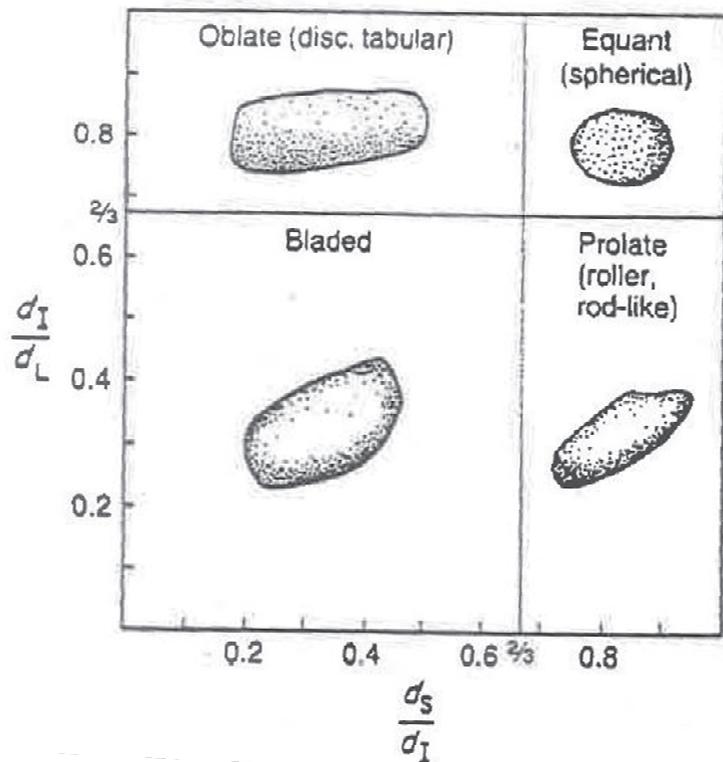


Figure 2-2 Forme des grains selon le diagramme de Zingg (1935)

3. RÉSULTATS

3.1 Propriétés sédimentologiques du banc Aly Blackburn

3.1.1 Analyses granulométriques

Les échantillons qui ont fait l'objet d'analyses granulométriques et qui servent de comparable ont été prélevés directement dans le banc d'emprunt Aly Blackburn (échantillons 1, 2 et 3, figure 3-1 et annexe 1). L'échantillon 4 provient d'une pile de réserve en gravillon (0–20 mm) tamisée à partir des sédiments du même banc (figure 3-1). Ce dernier constitue donc l'échantillon le plus représentatif du matériel qui a servi pour les recharges des plages. Il est intéressant de constater que la courbe granulométrique de cet échantillon se situe près de la limite inférieure du fuseau granulométrique des gravillons (figure 3-1).

Les résultats granulométriques des quatre échantillons provenant du banc Aly Blackburn suggèrent que le matériel est ploymodale, faiblement trié et que la répartition statistique est particulièrement étalée.

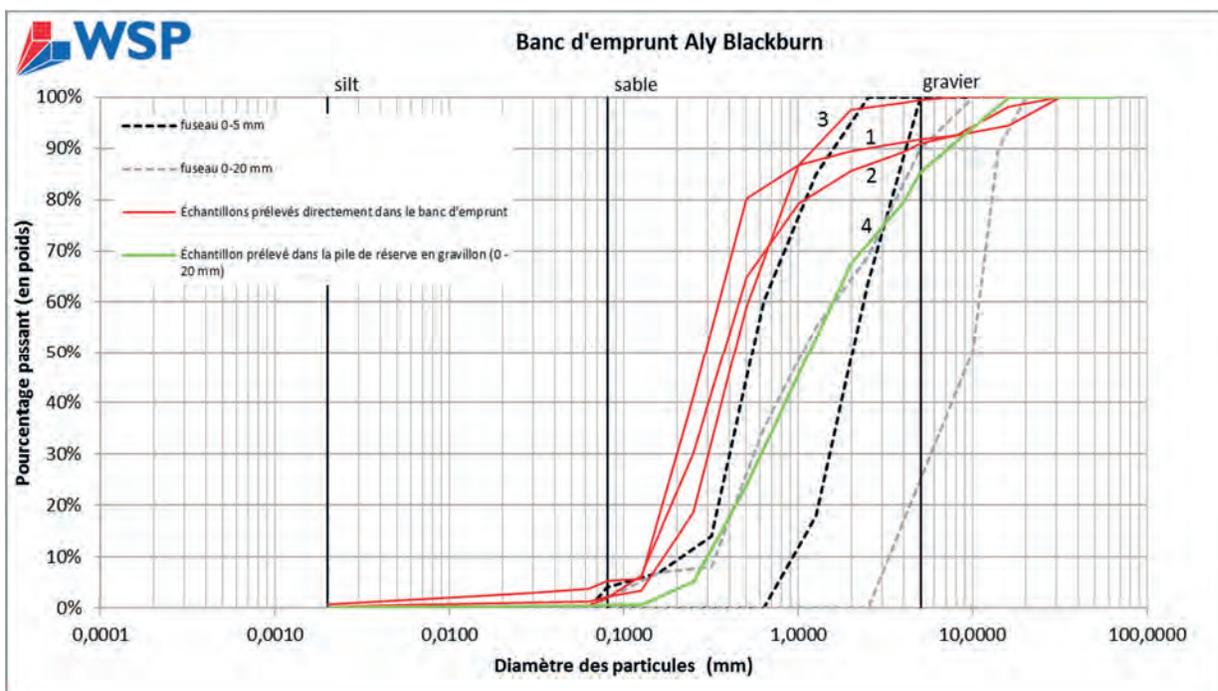


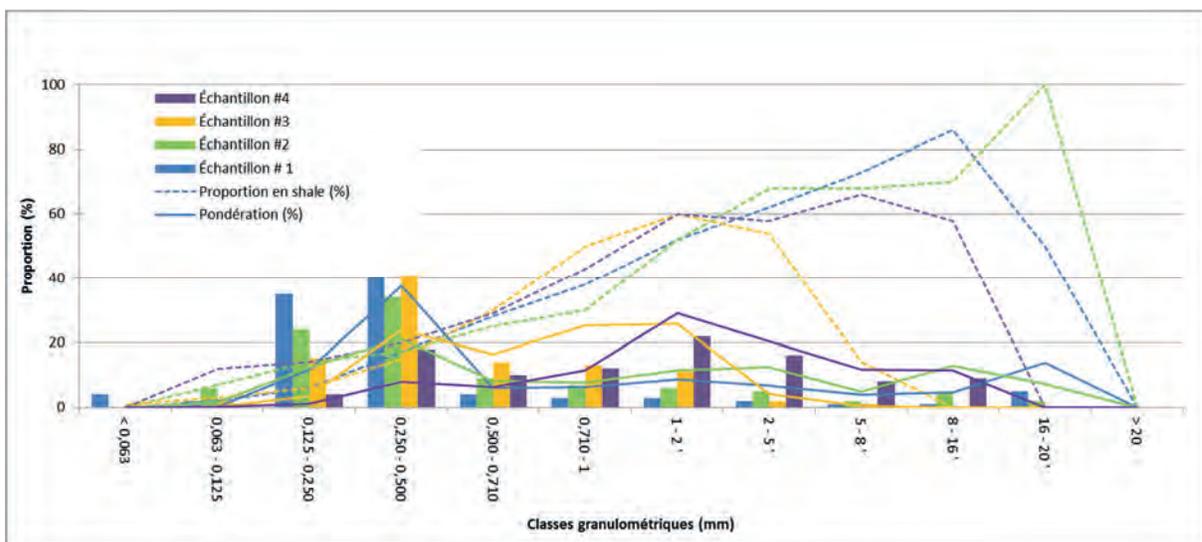
Figure 3-1 Analyses granulométriques des quatre échantillons qui ont fait l'objet de comptages pétrographiques

3.1.2 Comptages pétrographiques par classes granulométriques

Les comptages pétrographiques montrent que la proportion de shale moyenne des échantillons varie entre 19 et 37 % (tableau 3-1). Les proportions brutes de shale augmentent dans les classes granulométriques les plus grossières (tableau 3-1 et figure 3-2). Or, peu de grains ont été dénombrés dans les classes granulométriques supérieures à 5 mm, ce qui laisse croire à une surestimation de la proportion de shale pour les fractions grossières (tableau 3-1). Par exemple, l'échantillon 2 compte un seul grain pour la classe granulométrique 16-20 mm (tableau 3-1). Comme il s'agit d'un grain de shale, la proportion est de 100 %, ce qui surreprésente le shale dans cette classe granulométrique.

Tableau 3-1 Proportion brute et pondérée des grains de shale pour chacune des classes granulométriques des quatre échantillons provenant du banc Aly Blackburn

Classes granulométriques	ÉCHANTILLON N° 1				ÉCHANTILLON N° 2				ÉCHANTILLON N° 3				ÉCHANTILLON N° 4			
	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)
> 20	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0
16 - 20	5	50	2	14	2	100	1	7	0	0	-	0	0	0	-	0
8 - 16	1	86	7	5	5	70	10	13	0	0	-	0	9	58	24	12
5 - 8	1	73	11	4	2	68	22	5	1	14	7	1	8	66	88	12
2 - 5	2	62	178	7	5	68	490	12	2	54	200	4	16	58	937	20
1 - 2	3	52	n.d	9	6	52	n.d	11	11	60	n.d	26	22	60	n.d	29
0,710 - 1	3	38	n.d	6	7	30	n.d	8	13	50	n.d	25	12	43	n.d	11
0,500 - 0,710	4	28	n.d	6	9	25	n.d	8	14	30	n.d	16	10	29	n.d	6
0,250 - 0,500	40	17	n.d	38	34	17	n.d	21	41	15	n.d	24	18	20	n.d	8
0,125 - 0,250	35	6	n.d	12	24	14	n.d	12	15	6	n.d	4	4	14	n.d	1
0,063 - 0,125	2	2	n.d	0	6	7	n.d	2	2	3	n.d	0	1	12	n.d	0
< 0,063	4	0	n.d	0	0	0	n.d	0	1	1	n.d	0	0	0	n.d	0
Total	100	1809	-	100	100	2729	-	100	100	2564	-	100	100	4532		100
Moyenne		34				37				19				30		



* L'échantillon 4 correspond à la pile de réserve 0–20 mm.

Figure 3-2 Classes granulométriques (barres) et proportions de shale associées (courbes)

En contrepartie, lorsque les proportions en shale sont pondérées en fonction de leur poids statistique, les variations des pourcentages de shale entre les classes granulométriques s'atténuent et ne présentent aucune tendance particulière, sauf que les valeurs maximales en shale se trouvent associées à la classe granulométrique dominante (figure 3-2). Les pourcentages de shale pondérés sont donc plus forts pour les classes granulométriques 0,250-0,500 mm (échantillons 1 et 2) et pour la classe 1–2 mm (échantillons 3 et 4) (tableau 3-1 et figure 3-2).

3.1.3 Analyses morphoscopiques

Les analyses morphoscopiques des grains de shale ont révélé que la forme et l'aspect des grains de taille comprise entre 0,08 et 5 mm (sable) sont majoritairement émoussés et sont qualifiés de sub-arrondis. Quelques grains présentent aussi des arêtes plus anguleuses (environ 30 % de l'échantillon) et se qualifient plutôt de subanguleux. Les grains de taille supérieure à 5 mm (gravier) sont aussi émoussés, mais la moitié est davantage subanguleuse (photo 8 de l'annexe 2). Peu de gravier présente des arêtes fraîchement fragmentées (environ 10 % de l'échantillon).

3.2 Propriétés sédimentologiques des matériaux prélevés aux plages de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc

3.2.1 Analyses granulométriques

Les résultats de la granulométrie montrent que les matériaux prélevés à la plage Saint-Gédéon-sur-le-Lac (1a et 1b) et au marais Bolduc (2a) sont majoritairement sableux, avec des proportions comprises entre 68,1 et 76,4 % pour la classe granulométrique 0,08-5 mm, alors que les graviers (> 5 mm) constituent en moyenne 25,7 % des échantillons (tableaux 3-2 et 3-3). L'échantillon 2b, prélevé sur la plage du marais Bolduc, est cependant plus graveleux avec une proportion de 62,3 % alors que les

sables constituent 37,2 % de l'ensemble de l'échantillon (tableau 3-2). Les résultats granulométriques des quatre échantillons provenant des plages suggèrent que le matériel est polymodale, faiblement trié et que la distribution statistique est particulièrement étalée.

Tableau 3-2 Pourcentage moyen par classe granulométrique pour l'ensemble des échantillons tamisés

PARAMÈTRE	TAILLE (mm)	Échantillon	Échantillon	Échantillon	Échantillon	
		1a (%)	1b (%)	2a (%)	2b (%)	
Classe granulométrique	Argile-Silt	< 0,080	0,5	2,5	0,7	0,6
	Sable	0,080 - 5	76,4	68,1	74,6	37,2
	Gravier	5 - 20	23,1	29,4	24,7	62,3

Tableau 3-3 Synthèse des résultats des analyses granulométriques de l'ensemble des échantillons

ÉQUIVALENT (mm)	Échantillon 1a (%)	Échantillon 1b (%)	Échantillon 2a (%)	Échantillon 2b (%)
64	100	100	100	100
32	100	100	100	100
16	100	100	100	100
8	92	86	91	61
5	89	82	88	53
4	86	79	85	45
2	77	71	75	38
1	65	57	62	30
0,5	44	36	45	19
0,25	11	12	15	6
0,125	1	3	2	1
0,08	1	3	1	1
0,063	1	3	1	1
0,031	0	2	1	0
0,016	0	2	0	0
0,008	0	1	0	0
0,004	0	1	0	0
0,002	0	0	0	0

La fraction fine (< 0,080 mm) de l'ensemble des échantillons est similaire avec des proportions comprises entre 0,5 et 2,5 %. La composition granulométrique de l'ensemble des échantillons est relativement similaire et se constitue en majorité d'un sable moyen à grossier, avec un diamètre moyen compris entre 0,5 et 1 mm ce qui indique que la distribution statistique est unimodale et symétrique. L'échantillon 2b présente aussi une proportion élevée en gravier, avec un diamètre moyen de 8 mm.

Les courbes granulométriques montrent que le matériel tamisé provenant des échantillons 1a, 1b et 2a respecte le fuseau granulométrique 0-5 mm et que seul l'échantillon 2b respecte le fuseau granulométrique 0-20 mm (figure 3-3).

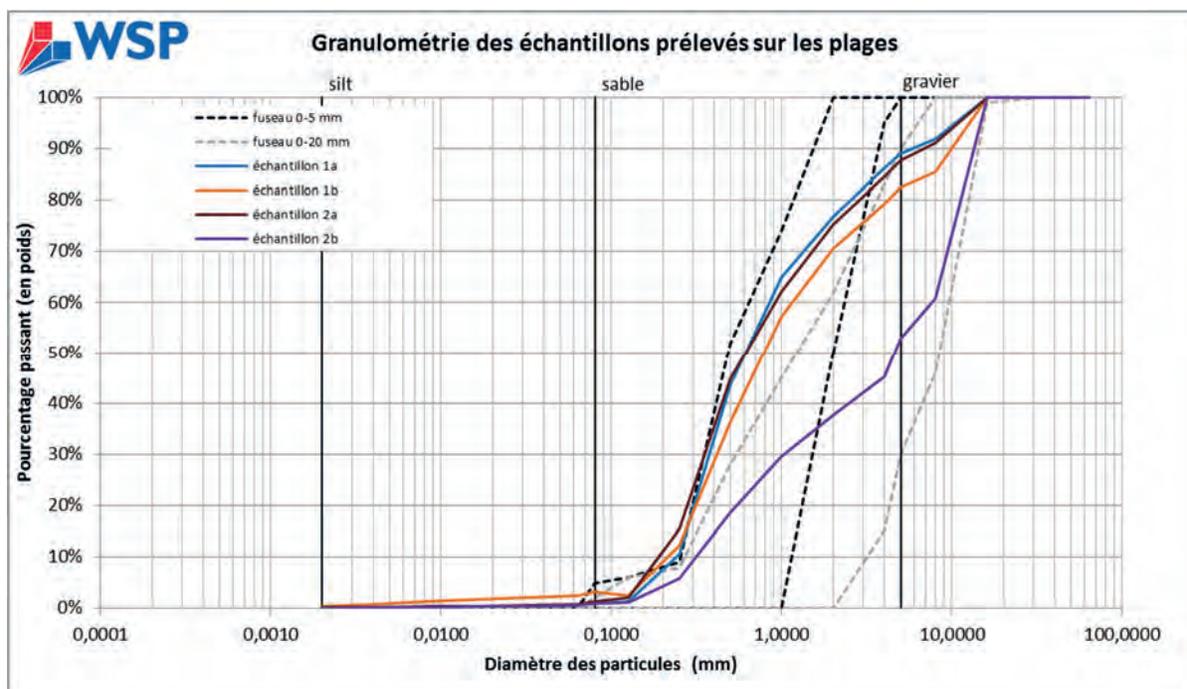


Figure 3-3 Analyses granulométriques des quatre échantillons prélevés aux plages de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc

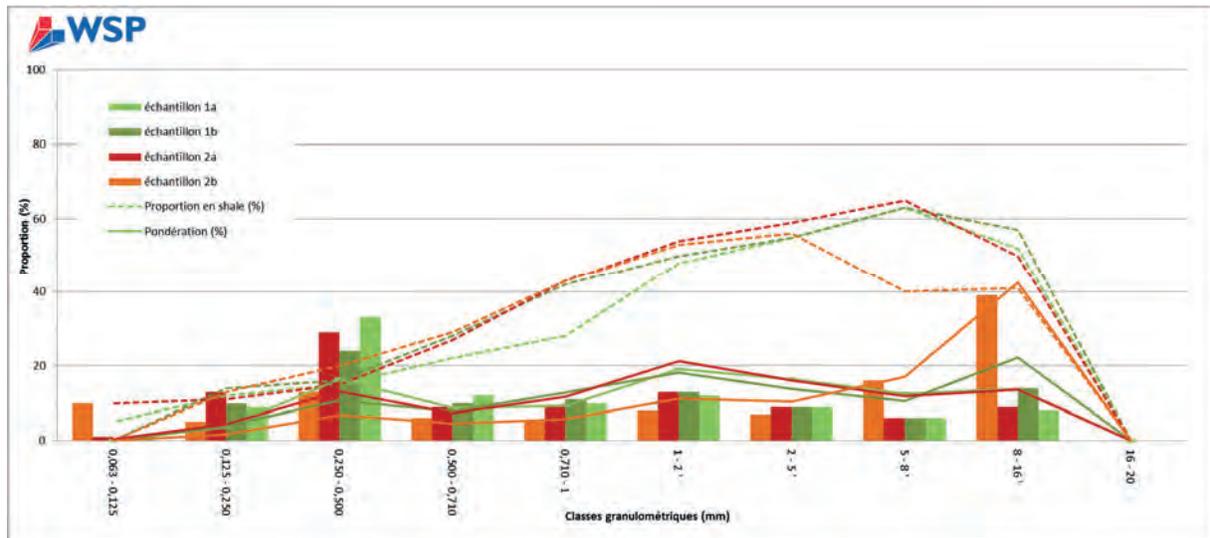
3.2.2 Comptages pétrographiques par classes granulométriques

Les comptages pétrographiques montrent que les proportions brutes en shale augmentent dans les classes granulométriques les plus grossières (tableau 3-4 et figure 3-4). Cette tendance se dégage même si le poids des fractions les plus grossières diminue. Ainsi, peu de grains ont été dénombrés dans les classes granulométriques supérieures à 5 mm (entre 23 et 171 grains) (tableau 3-4). Il est donc probable que les proportions en shale soient également surévaluées pour ces classes. Les proportions de shale pondérées montrent quant à elles une légère tendance à la hausse en fonction des classes granulométriques et les pourcentages de shale tendent à varier en fonction du poids de la classe granulométrique, particulièrement pour les classes 0,250–0,500 mm et 8–16 mm (figure 3-4). En contrepartie, même si le poids de la classe 1–2 mm est relativement bas, il est intéressant de noter une augmentation de la proportion en shale, sauf pour l'échantillon 2b (figure 3-4). Ce résultat suggère que cette classe granulométrique est susceptible de contenir de plus fortes proportions de shale que les autres classes granulométriques (figure 3-4).

3.2.3 Analyses morphoscopiques

Les analyses morphoscopiques des grains de shale ont révélé que la forme et l'aspect des grains de taille comprise entre 0,08 et 5 mm (sable) sont majoritairement émoussés et sont qualifiés de sub-arrondis. Quelques grains présentent aussi des arêtes plus anguleuses (environ 30 % de l'échantillon) et se qualifient plutôt de subanguleux. Les grains de taille supérieure à 5 mm (gravier) sont aussi émoussés, mais la moitié sont davantage subanguleux (photo 9). Peu de gravier présente des arêtes fraîchement fragmentées (environ 10 % de l'échantillon).

L'analyse de la forme des grains des échantillons de la plage Bolduc montre qu'ils sont majoritairement de forme sphérique avec un résultat de 50 % pour l'échantillon 1a et de 55 % pour l'échantillon 2b. Dans les échantillons 1a et 2b, 30 % des grains sont de forme cylindrique. Peu de grains sont en forme en couteau avec des pourcentages respectifs de 15 % et de 10 % pour les échantillons 1a et 2b.



* Chaque couleur est associée à un échantillon. Le 2b est le seul à respecter le fuseau granulométrique 0–20 mm.

Figure 3-4 Classes granulométriques (barres) et proportions de shale associées (courbes)

Tableau 3-4 Proportion de shale pour chacune des classes granulométriques des quatre échantillons provenant de la recharge de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc

Classes granulométriques	ÉCHANTILLON N° 1A				ÉCHANTILLON N° 1B				ÉCHANTILLON N° 2A				ÉCHANTILLON N° 2B*			
	Poids (%)	Proportion de shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion de shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion de shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion de shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)
> 20	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0
16 - 20	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0	0	0	-	0
8 - 16	8	52	23	14	14	57	30	22	9	50	26	14	39	41	100	42
5 - 8	6	63	73	13	6	63	78	11	6	65	74	12	16	40	171	17
2 - 5	9	55	616	16	9	55	546	14	9	59	581	16	7	56	675	10
1 - 2	12	48	n.d	19	13	50	n.d	18	13	54	n.d	21	8	53	n.d	11
0,710 - 1	10	28	n.d	9	11	42	n.d	13	9	43	n.d	12	5	43	n.d	6
0,500 - 0,710	12	22	n.d	9	10	28	n.d	8	9	27	n.d	7	6	29	n.d	5
0,250 - 0,500	33	15	n.d	16	24	16	n.d	11	29	15	n.d	13	13	20	n.d	7
0,125 - 0,250	9	12	n.d	4	10	14	n.d	4	13	11	n.d	4	5	13	n.d	2
0,063 - 0,125	1	5	n.d	0	0	0	n.d	0	1	10	n.d	0	1	10	n.d	0
< 0,063	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	100	3 017	-	100	100	3 587	-	100	100	3 291	-	100	100	3 769		100
Moyenne		25				54				28				25		

* Seul échantillon correspondant au fuseau 0–20 mm

4. DISCUSSION / CONCLUSION

Plusieurs constats se dégagent lorsque les résultats des analyses laboratoires du banc Aly Blackburn et des plages de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc sont comparés.

En ce qui concerne les analyses granulométriques, il est intéressant, premièrement, de souligner que la courbe de l'échantillon prélevé dans la pile de réserve 0–20 mm du banc Aly Blackburn est située à la limite inférieure du fuseau granulométrique des gravillons, alors que seule la courbe granulométrique de l'échantillon 2b, prélevé au marais Bolduc, respecte le fuseau 0-20 mm (figure 4-1). En effet, les autres échantillons prélevés dans les recharges de plage en gravillon dans les secteurs étudiés, soit 1a, 1b et 2a, montrent que les matériaux sont plus fins et se situent surtout dans le fuseau 0–5 mm (figure 4-1).

Considérant que le matériel pour le rechargement de ces plages doit être composé de gravillon, force est de croire que les matériaux utilisés en 2016 dans le banc Aly Blackburn pour recharger les plages dans le secteur de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc se situent tout près ou sous la limite inférieure du fuseau des gravillons. Trois hypothèses peuvent expliquer ce constat : 1) le tamisage à la source n'a pas été suffisamment efficace pour éliminer les fractions granulométriques les plus fines et ramener les courbes granulométriques dans le fuseau 0-20 mm; ou 2) les opérations de chargement, de déchargement et de nivellement du matériel par la machinerie contribuent à fractionner le shale, raffinant ainsi le matériel au point que les courbes granulométriques sont ramenées dans le fuseau 0-5 mm; ou encore 3) il se pourrait que le sable de la plage ait contaminé les matériaux de rechargement lors des opérations de nivellement, par contre un contact franc entre le matériel de recharge et la plage a été observé.

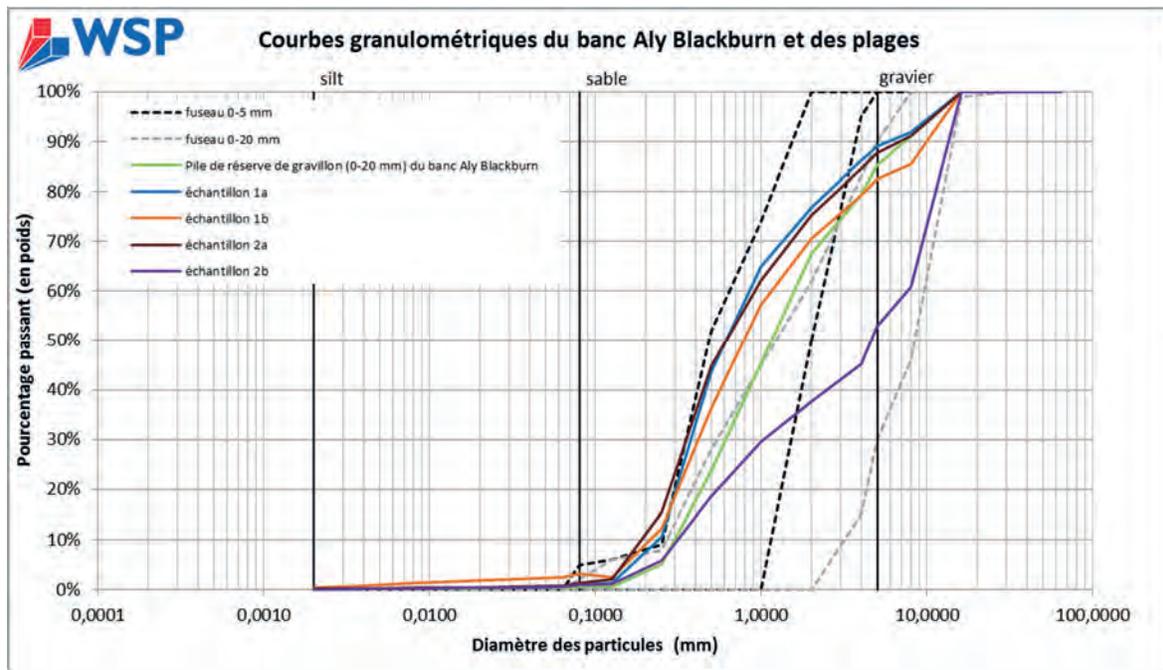


Figure 4-1 Comparaison des courbes granulométriques entre le banc d'emprunt Aly Blackburn et la zone de recharge de plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc

Dans le cas des comptages pétrographiques, les résultats des analyses statistiques tendent à démontrer qu'aucune tendance n'existe entre les proportions pondérées de shale et la grosseur des classes granulométriques concernant les échantillons du banc Aly Blackburn, alors que sur les plages, une très légère tendance à la hausse des proportions de shale pondérées est observée dans les classes granulométriques les plus grossières. En contrepartie, le constat le plus significatif concerne la forte corrélation entre le poids de la classe granulométrique et la teneur pondérée en shale, en particulier pour les échantillons dont les courbes granulométriques sont situées à l'intérieur du fuseau 0–20 mm (tableau 4-1). Ce constat permet d'affirmer que le shale est distribué au sein des échantillons sans égard à la taille des particules, mais plutôt au poids des classes granulométriques, ce qui est encore plus évident lorsque les échantillons sont tamisés et correspondent au fuseau granulométrique 0-20 mm (échantillons 4 et 2b, tableau 4–1).

Cependant, cette tendance statistique doit être vérifiée avant d'être confirmée. Afin de mieux saisir les proportions réelles de shale par classe granulométrique et de statuer si les proportions de shale sont réellement plus élevées dans les fractions granulométriques les plus grossières, des comptages pétrographiques supplémentaires devront éventuellement être réalisés sur un échantillon représentatif de la classe 0-5 mm et ≥ 5 mm. Le but étant de réaliser un comptage avec un nombre de grains plus élevé (> 150 grains) pour établir hors de tout doute que les proportions de shale en pourcentage brut dominent les classes granulométriques les plus grossières.

Tableau 4-1 Corrélation entre le poids de chaque classe granulométrique et les proportions pondérées de shale pour chaque échantillon

SITE	ÉCHANTILLON	COEFFICIENT DE PEARSON (r)	COEFFICIENT DE DÉTERMINATION (r ²)
Aly Blackburn	1	0,80	0,65
	2	0,77	0,59
	3	0,73	0,53
	4*	0,88	0,78
Plage	1a	0,68	0,47
	1b	0,71	0,51
	2a	0,62	0,39
	2b**	0,94	0,89

* Échantillon provenant de la pile de réserve en gravillon 0 – 20 mm.

** Seul échantillon provenant de la recharge du secteur du marais Bolduc et dont la courbe granulométrique se situe à l'intérieur du fuseau 0–20 mm.

Enfin, en l'absence de différences significatives entre les proportions de shale par classe granulométrique entre le banc Aly Blackburn et les matériaux des plages rechargées, il est peu probable que les grains de shale se fragmentent lors des opérations de chargement, de déchargement et de nivellement des matériaux (figure 4-2). En effet, la fragmentation des grains de shale lors des opérations aurait entraîné une augmentation des proportions de shale dans les classes granulométriques les plus fines, ce qui n'apparaît pas dans les courbes (figure 4-2). Enfin, les proportions pondérées moyennes par classe granulométrique des teneurs en shale entre le banc Aly Blackburn et les plages ont un coefficient de corrélation de 0,60 ($r^2 = 0,36$), ce qui montre une certaine cohérence dans les proportions de shale entre les deux environnements. Il est intéressant de noter que tant pour le banc d'emprunt que

pour les plages, la classe granulométrique 1–2 mm montre une légère augmentation des teneurs en shale (figure 4-2).

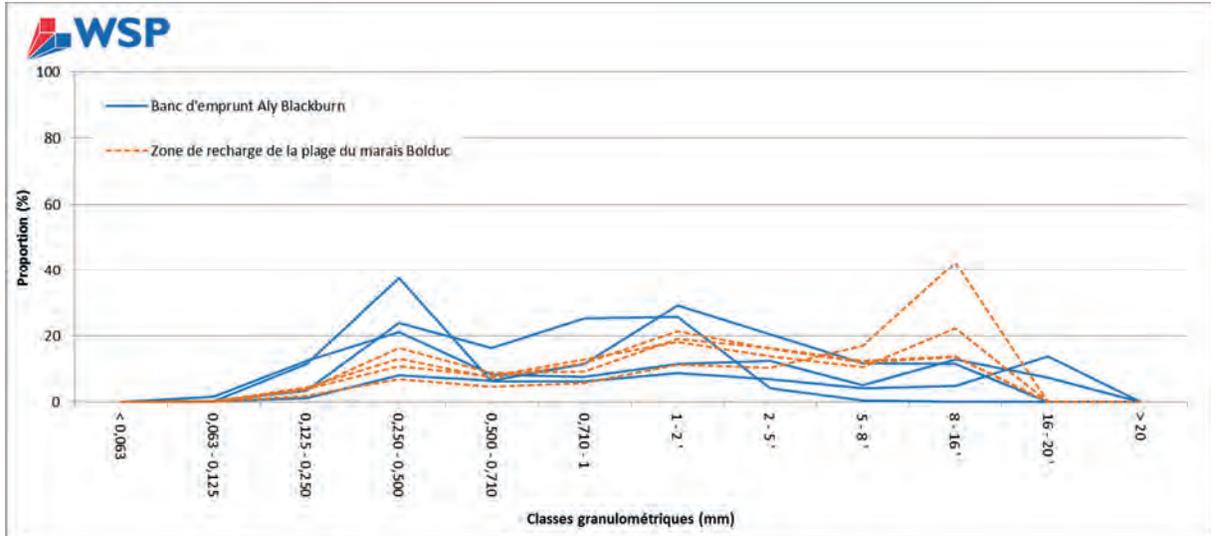


Figure 4-2 Comparaison des proportions de shale pondérées de chaque classe granulométrique entre le banc d'emprunt Aly Blackburn et la zone de recharge de la plage de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc

Finalement, les résultats des analyses morphoscopiques des grains de shale montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre l'usure des grains provenant des sédiments tamisés du banc Aly Blackburn et les sédiments échantillonnés sur les plages (tableau 4–2). Les grains de sable et de gravier de shale ne semblent donc pas s'être fragmentés lors des opérations de chargement, de déchargement et de mise en place des matériaux sur la plage. Il est toutefois difficile d'évaluer si des changements morphoscopiques seraient possibles à long terme puisque la période séparant le moment où les sédiments sont prélevés et chargés et le moment où ils sont déchargés et mis en place sur les plages est jugée courte (moins d'une année).

Tableau 4-2 Corrélation entre le poids de chaque classe granulométrique et les proportions pondérées de shale pour chaque échantillon

SITE	CLASSE GRANULOMÉTRIQUE (mm)	ARRONDIS			
		SUBARRONDIS (%)	SUBANGULEUX (%)	ANGULEUX (%)	
Aly Blackburn	0,08 – 5	0	70	30	0
	> 5	0	50	40	10
Recharge de la plage du marais Bolduc	0,08 – 5	0	70	30	0
	> 5	0	50	40	10

La comparaison des résultats d'analyses en laboratoire des matériaux provenant du banc Aly Blackburn et de la recharge de plage du secteur de Saint-Gédéon-sur-le-Lac et du marais Bolduc montrent, sur le plan granulométrique, que les sédiments de la plage sont plus fins que ceux provenant de la pile de réserve en gravillon du banc Aly Blackburn. Ce constat pourrait laisser croire qu'il y a fragmentation des grains de shale lors des opérations de chargement, de déchargement et de nivellement sur les plages.

Or, les comptages pétrographiques ainsi que l'analyse morphoscopique des grains démontrent que les propriétés des matériaux du banc et de la plage sont similaires, tant au niveau des proportions de shale qu'au niveau de l'usure et de la forme des grains de shale. Les résultats des analyses tendent donc à démontrer qu'il est peu probable que les matériaux se dégradent. Le fait que les courbes granulométriques des échantillons de la plage ne correspondent pas au fuseau 0-20 mm montre soit une contamination des matériaux de recharge par les sédiments de la plage lors des opérations de nivellement, soit que les opérations de tamisage des matériaux du banc Aly Blackburn doivent être optimisées afin que les rechargements rencontrent davantage les exigences lorsque des recharges en gravillon sont requises.

Néanmoins, il est intéressant de souligner que les épisodes de turbidités pendant ou après les rechargements de plage sont attribuables au contenu en sédiment fin dans les matériaux, plutôt qu'à l'hypothèse qui soutient la dégradation des grains de shale lors des opérations de chargement, de déchargement et de nivellement du matériel sur les plages.

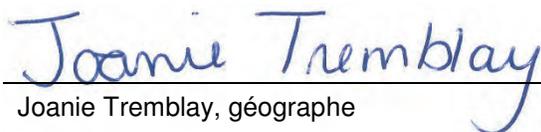
Quant à la compaction des matériaux une fois les plages rechargées, les analyses morphoscopiques des grains de shale réfutent l'hypothèse voulant que l'imbrication des grains de par leur forme angulaire en soit responsable. La compaction des matériaux de recharge observée sur les plages serait davantage tributaire de l'étalement granulométrique du matériel, de la plus forte proportion de sédiments fins dans le matériel de recharge, des procédés de mise en place, et ce, malgré les précautions déjà mise en place par Rio Tinto (Masselink and Hughes, 2003).

Ainsi, les courbes granulométriques des échantillons prélevés dans le banc Aly Blackburn montrent un étalement important tel que démontré par la distribution granulométrique polymodale et un indice de tri faible.

De plus, la forme des grains étant majoritairement sphérique et cylindrique fait en sorte que les interstices entre les grains plus grossiers sont plus importants et donc plus favorables à un colmatage par la matrice dominante du matériel.

La mise en place du matériel sur les plages peut également contribuer à sa compaction. Les activités de nivellement du matériel pendant et après les travaux de recharge peuvent favoriser la densification de la nouvelle couche mise en place.

Préparée par :


Joanie Tremblay, géographe

Vérifiée par :



Julie Simard, Ph.D., géomorphologue

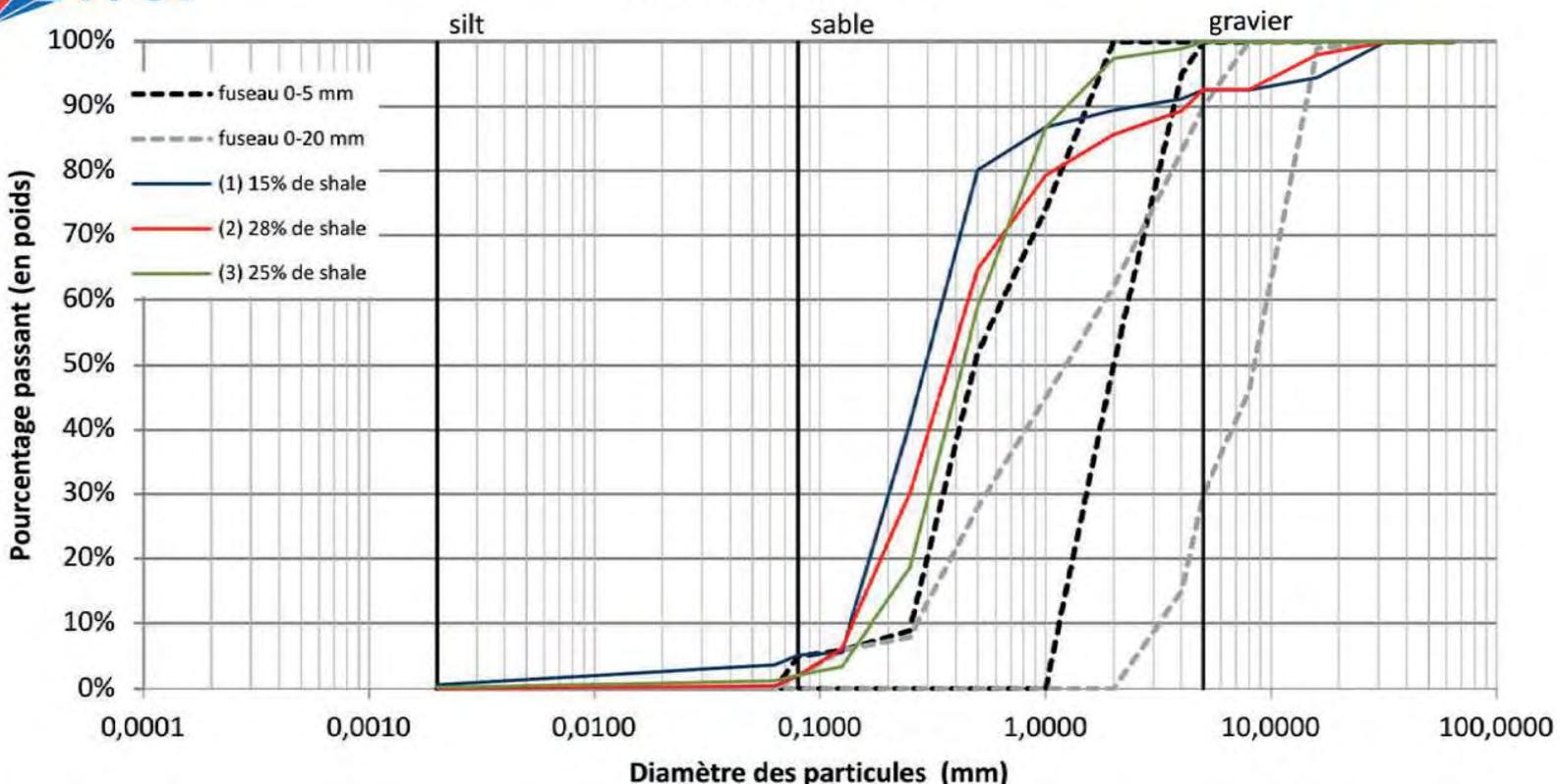


ANNEXE 1

Courbes granulométriques et proportions en shale pour les échantillons provenant du banc Aly Blackburn



No. 2 Aly Blackburn





ANNEXE 2

**Photographies du banc d'emprunt Aly Blackburn
et des secteurs de recharge échantillonnés**

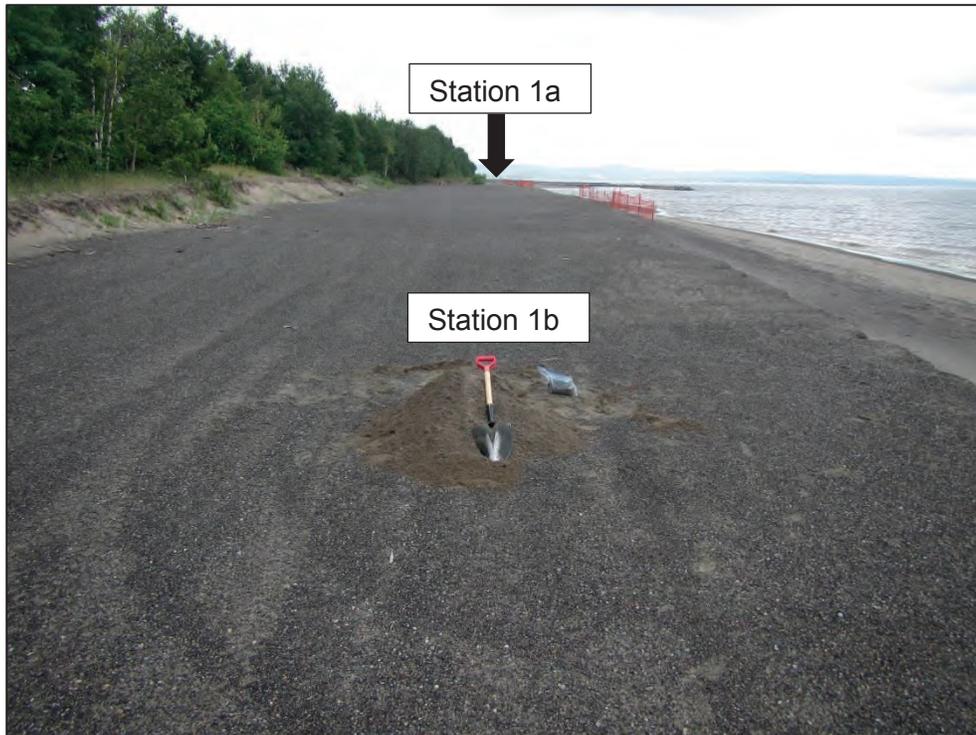


Photo 1 Vue générale de l'emplacement des deux stations d'échantillonnage, secteur 1.



Photo 2 Vue générale de l'emplacement des deux stations d'échantillonnage, secteur 2.



Photo 3 Zone de prélèvement du matériel à la station 1a, secteur 1.



Photo 4 Zone de prélèvement du matériel à la station 1b, secteur 1.

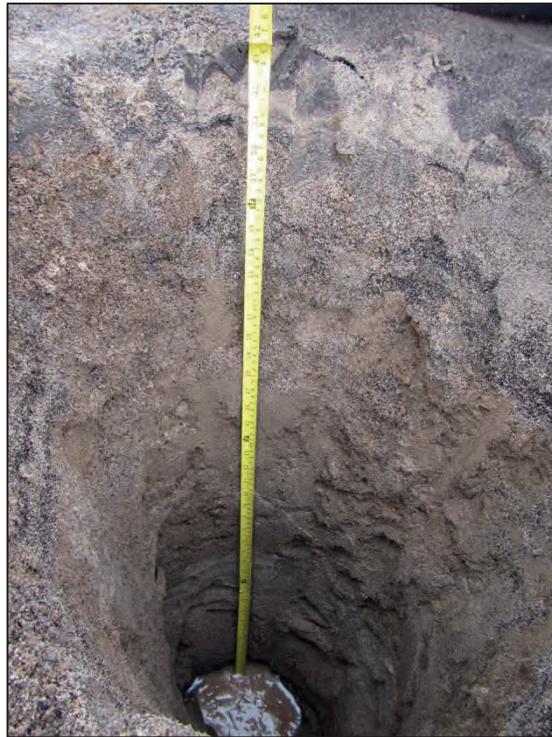


Photo 5 Zone de prélèvement du matériel à la station 2a, secteur 2.



Photo 6 Zone de prélèvement de matériel à la station 2b, secteur 2.



Photo 7 Pile de réserve en gravillons (0-20 mm), banc Aly Blackburn.

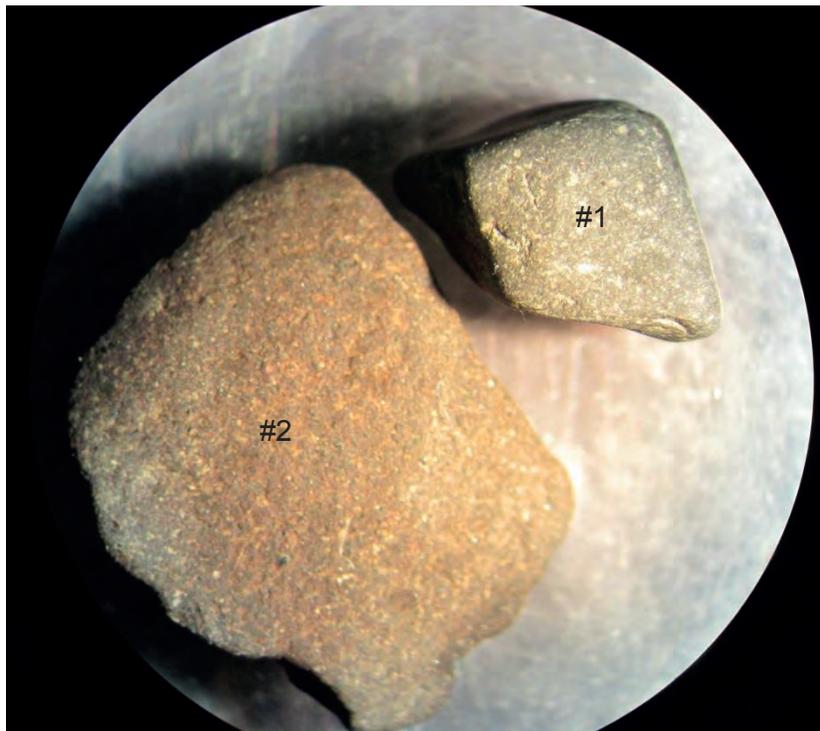


Photo 8 Allure des grains de gravier (>5 mm) provenant de matériel tamisé en 0-20 mm, banc Aly Blackburn. Le grain #1 est qualifié de subarrondi alors que le grain #2 est subanguleux.

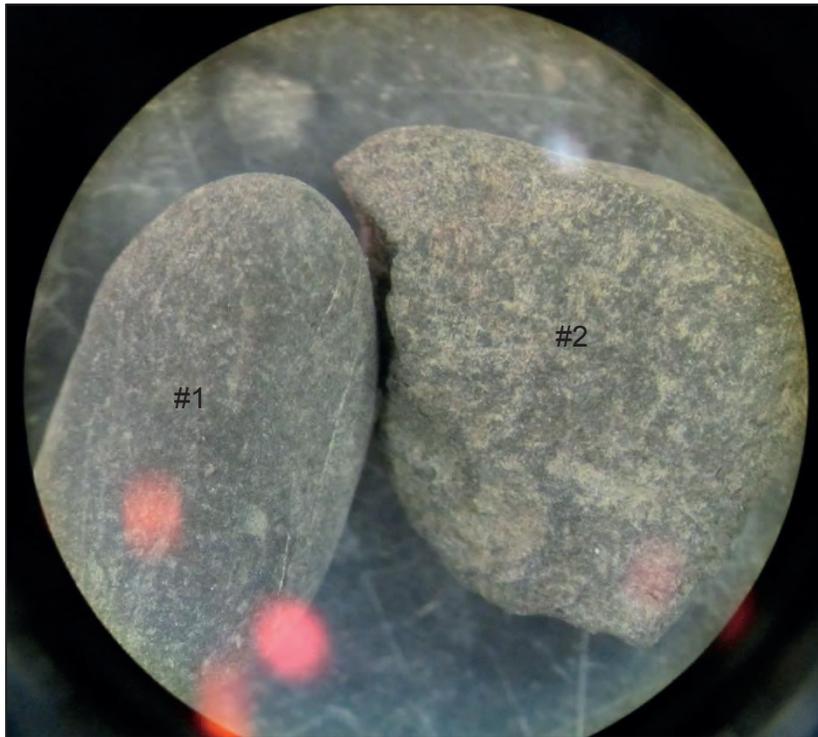


Photo 9 Allure des grains de gravier (>5 mm) prélevés sur la plage du marais Bolduc.
Le grain #1 est qualifié de subarrondi alors que le grain #2 est subanguleux.

ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR
RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE
DANS LES MATÉRIAUX DU BANC
D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

RIO TINTO

ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE DANS LES MATÉRIAUX DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

ÉTUDE RÉALISÉE DANS LE CADRE DE
L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
DU PROGRAMME DE STABILISATION DES
BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

AVRIL 2017



ÉVALUATION DE MÉTHODES POUR RÉDUIRE LA TENEUR EN SHALE DANS LES MATÉRIAUX DU BANC D'EMPRUNT ALY BLACKBURN

ÉTUDE RÉALISÉE DANS LE CADRE DE
L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
DU PROGRAMME DE STABILISATION DES
BERGES DU LAC SAINT-JEAN 2017-2026

Rio Tinto

Rapport final

Projet n° : 141-21260-00
Date : Avril 2017

RioTinto

WSP Canada Inc.

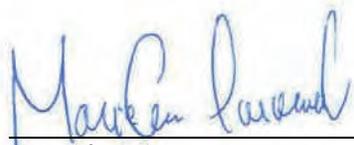
5355, boul. des Gradins
Québec (Québec) G1J1C8

Téléphone : +1 418-623-2254
Télécopieur : +1 418-624-1857
www.wspgroup.com



SIGNATURES

PRÉPARÉ PAR



Marie-Ève Larouche, Géomorphologue, M.Sc.

RÉVISÉ PAR



Julie Simard, Géomorphologue, Ph.D

ÉQUIPE DE RÉALISATION

RIO TINTO

Chargé de projet	Caroline Jollette, ing.
Conseiller technique	Raymond Larouche

WSP CANADA INC. (WSP)

Directrice de projet	Julie Simard, géomorphologue, Ph.D
Collaborateurs	Claire Hayek, ing, MBA Joannie Tremblay, B.Sc Marie-Ève Larouche, M.Sc.
Édition et traitement de texte	Linette Poulin

Référence à citer :

WSP 2017. *Évaluation de méthodes pour réduire la teneur en shale dans les matériaux du banc d'emprunt Aly Blackburn. Étude réalisée dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026.* Rapport produit pour Rio Tinto. 17 pages et annexes.

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION.....	1
2	MÉTHODOLOGIE.....	3
2.1	ÉCHANTILLONNAGE.....	3
2.2	ANALYSES EN LABORATOIRE.....	3
2.2.1	GRANULOMÉTRIE	3
2.2.2	COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES DU SHALE	3
2.2.3	ESSAIS DE LABORATOIRE	4
2.2.3.1	TEST DE GRAVITÉ SPÉCIFIQUE POUR L'ENSEMBLE DES ÉCHANTILLONS	4
2.2.3.2	TEST DE SÉPARATION PAR DENSITÉ (JIG)	5
2.2.3.3	TEST DE GRAVITÉ SPÉCIFIQUE PAR COUCHE ISSUE DU TEST DE SÉPARATION.....	5
3	RÉSULTATS.....	7
3.1	GRANULOMÉTRIE	7
3.2	RÉPARTITIONS DU SHALE EN FONCTION DE LA GRANULOMÉTRIE	8
3.2.1	COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES PAR TAMIS.....	8
3.2.2	PAR FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE	11
3.3	ESSAIS DE LABORATOIRE	12
3.3.1	GRAVITÉ SPÉCIFIQUE DE L'ÉCHANTILLON TOTAL	12
3.3.2	SÉPARATION PAR DENSITÉ.....	12
3.3.3	GRAVITÉ SPÉCIFIQUE DES ÉCHANTILLONS DE CHAQUE BAC.....	13
4	DISCUSSION / CONCLUSION.....	15
4.1	CONSTATS	15
	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	17

TABLEAUX

TABLEAU 3-1	PROPORTION BRUTE ET PONDEREE DE SHALE POUR CHACUNE DES CLASSES GRANULOMETRIQUES DES QUATRE ECHANTILLONS PROVENANT DU BANC ALY BLACKBURN	9
TABLEAU 3-2	PROPORTION BRUTE DE SHALE DANS LES FUSEAUX GRANULOMÉTRIQUES 0-5 MM ET \geq 5 MM	11
TABLEAU 3-3	RÉSULTATS DES TESTS DE SÉPARATION PAR DENSITÉ POUR LES SABLES (0-5 MM)	12
TABLEAU 3-4	RÉSULTATS DES TESTS DE SÉPARATION PAR DENSITÉ POUR LES GRAVIERS (\geq 5 MM)	13

FIGURES

FIGURE 3-1	ANALYSES GRANULOMETRIQUES DES QUATRE ECHANTILLONS QUI ONT FAIT L'OBJET DE COMPTAGES PETROGRAPHIQUES.....	7
FIGURE 3-2	POURCENTAGE BRUTE DE SHALE PAR CLASSES GRANULOMÉTRIQUES DES ÉCHANTILLONS 1 À 4 DU BANC ALY BLACKBURN	8
FIGURE 3-3	POIDS PAR CLASSES GRANULOMETRIQUES (BARRES) ET PROPORTIONS DE SHALE ASSOCIEES (COURBES).....	11

ANNEXES

ANNEXE 1	LOCALISATION DES ÉCHANTILLONS
ANNEXE 2	PHOTOGRAPHIES
ANNEXE 3	RÉSULTATS DE LABORATOIRE

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement (ÉIE) portant sur le renouvellement du Programme de stabilisation des berges du lac Saint-Jean 2017-2026, Rio Tinto doit évaluer l'ensemble des scénarios possibles pour l'exploitation de bancs d'emprunt fournissant en quantité suffisante du matériel de qualité, c'est-à-dire qui rencontre les spectres granulométriques visés pour le rechargement des plages (0-5 mm et 0-20 mm) et une proportion inférieure à 10-15 % en shale. Dans une première démarche, Rio Tinto a mandaté WSP Canada Inc. (WSP) pour réaliser une étude qui a, entre autres, synthétisé l'information déjà existante sur les bancs d'emprunt et qui propose quelques pistes afin de déterminer les procédés de séparation du shale, des autres fractions de sable et de gravillon.

Rio Tinto connaît ou utilise déjà une dizaine de bancs d'emprunt dont les matériaux comportent une forte proportion en shale. Ces bancs sont principalement localisés dans la portion sud du lac St-Jean où le shale y est omniprésent. Un de ces bancs, soit Aly Blackburn qui est typique des bancs localisés dans le secteur, et également positionné stratégiquement pour les zones de recharge de ce secteur, représente une source d'emprunt d'importance pour la zone de recharge du secteur Métabetchouan, Lac à la Croix et Saint-Gédéon. Il offre un potentiel de rechargement en sable (0-5 mm) et en gravillon (0-20 mm) et se trouve à proximité d'une zone de recharge. Selon les observations sur le terrain, les proportions de shale y sont visiblement inférieures à 15 % en ce qui concerne les unités plus sableuses. En contrepartie, dans la partie ouest du banc d'emprunt, le dépôt est un peu plus hétérogène (sable grossier et de gravier) et montre une proportion visible en shale largement supérieur à 15 %. Compte tenu de sa position stratégique, mais de ses proportions élevées en shale, le banc Aly Blackburn a été retenu afin de réaliser certains essais en laboratoire pour évaluer la possibilité de développer un procédé qui permettrait de réduire les teneurs en shale. À cet effet, un premier niveau d'essais faisant l'objet d'une première note technique a été réalisé à l'automne 2016. Depuis, un deuxième niveau d'essai a été conduit et de nouvelles données concernant les matériaux du banc d'emprunt ont été analysées.

Ce rapport a pour objectif de faire la synthèse des analyses réalisées et présentées dans les rapports d'étape précédents (granulométries, comptages pétrographiques et le deuxième niveau d'essais en laboratoire) afin d'évaluer les possibilités de développer un protocole de séparation des grains de shale. Les prochaines sections récapitulent donc la méthodologie utilisée et présentent les résultats des analyses sédimentologiques conduites sur les matériaux provenant du banc d'emprunt Aly Blackburn ainsi que les essais en laboratoire (tests de gravité spécifique (flottaison-chute) et tests de séparation par densité avec « jig »). La discussion et la conclusion portent sur les constats et la critique des résultats des essais de laboratoire et proposent des pistes de solutions pour la suite du dossier.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage du banc d'emprunt Aly Blackburn a été réalisé lors de la campagne de terrain du 7 au 12 juin 2016 afin d'effectuer des granulométries et des comptages pétrographiques. Le banc a été échantillonné à trois endroits (annexe 1). Pour des fins de comparaisons, un autre échantillon provenant des piles de réserve de sédiments prêtamisés (pour le fuseau granulométrique 0–20 mm) a été prélevé le 21 juillet 2016.

Pour les essais de laboratoire (gravité spécifique et flottaison), le prélèvement de 100 litres de matériaux 0-5 mm a été réalisé dans une pile de réserve du banc d'emprunt à la mi-juin. Un autre prélèvement, de 100 litres de matériaux ≥ 5 mm, a été effectué à la mi-juillet 2016 dans la pile de réserve 0-20 mm du banc d'emprunt. Un total de neuf chaudières de 20 litres de sédiments (cinq pour la classe 0-5 mm et quatre pour la classe ≥ 5 mm) a été expédié au laboratoire *Snoby Separation Système LLC.*, localisés en Georgie (États-Unis) (annexe 2; photos 1 à 9).

2.2 ANALYSES EN LABORATOIRE

2.2.1 GRANULOMÉTRIE

Les analyses granulométriques ont été réalisées au laboratoire de sédimentologie de WSP, par tamisage, à partir d'une colonne de tamis de 63, 125, 250, 500, 710 μm et de 1, 2, 5, 8, 16 et 20 mm, le tout conformément à la norme ISO 3310-1. Les résultats ont été compilés et les statistiques calculées à l'aide de la macro Excel Gradistat (Blott et Pye, 2001). Les résultats ont été traduits en courbes granulométriques rapportées sur des graphiques synthèses. Les fuseaux granulométriques visés pour les rechargements en sable (0-5 mm) et en gravillon (0-20 mm) ont été intégrés à ces graphiques de sorte à pouvoir visualiser rapidement si les échantillons correspondent aux fuseaux recherchés. Ces fuseaux, utilisés depuis 1986 par Rio Tinto, découlent des méthodes de rechargement des plages dont les critères sont basés sur des considérations principalement reliées à la sévérité de l'érosion et au degré de fréquentation des plages pour les activités de villégiature.

2.2.2 COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES DU SHALE

Les comptages pétrographiques ont été réalisés au laboratoire de sédimentologie de WSP. Ces analyses consistent à déterminer, par classe granulométrique, la proportion de shale au sein des échantillons au moyen d'une loupe binoculaire (grossissement de X40). Il s'agit d'une estimation visuelle des proportions de shale pour chaque échantillon prélevé (Osborne Hutton, 1950).

À la loupe binoculaire, le grain de shale (d'origine sédimentaire) se différencie bien des autres grains de sable d'origine minéralogique. Il s'agit d'un grain aplati de couleur brun-noir et mat. Il est à noter que d'autres minéraux ferromagnésiens, comme la magnétite et la biotite, sont également de couleur noire, mais présentent sous la loupe binoculaire d'autres propriétés relatives à la structure et à l'éclat.

Afin de déterminer la proportion de shale, un volume de 20 millilitres de sédiments a été prélevé pour chaque échantillon homogénéisé, c'est-à-dire en s'assurant que le sous-échantillon soit représentatif du reste de l'échantillon. Le sous-échantillon a par la suite été pesé puis déposé dans une coupelle en plastique à l'aide d'une spatule. L'estimation de la proportion des grains de shale dans les sédiments a été réalisée à l'aide de diagrammes de référence (Shvetsov, 1995).

Pour un même sous-échantillon, 10 points d'observation ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein de la coupelle afin d'y faire une estimation visuelle de la proportion des grains de shale. La moyenne des proportions de shale évaluées dans l'échantillon exprime le résultat final. Enfin, l'interprétation de la proportion de shale au sein des échantillons témoins pouvant varier d'une personne à l'autre, il est important qu'une même personne traite tous les échantillons, de sorte que les résultats soient constants.

Les résultats issus de l'évaluation visuelle des proportions en shale par classe granulométrique ont d'abord été exprimés par un pourcentage brut. Cependant, de forts pourcentages peuvent résulter de la faible quantité de grain se trouvant dans les classes granulométriques les plus grossières (gravier). Ainsi, un dénombrement d'un grain de shale sur deux grains présente une proportion en shale de 50 %, ce qui peut surévaluer les résultats. Pour pallier à ce problème, les résultats ont également été présentés sous la forme pondérée, en multipliant la proportion (%) en shale brute par le poids (%) de la classe granulométrique correspondante, ce qui donne une proportion en shale, remise pour l'ensemble de l'échantillon.

Enfin, afin de mieux saisir les proportions réelles de shale par classe granulométrique et de statuer si les proportions de shale sont réellement plus élevées dans les fractions granulométriques les plus grossières, des comptages pétrographiques supplémentaires ont été réalisés sur un échantillon représentatif de la classe 0-5 mm et trois échantillons appartenant à la classe granulométrique ≥ 5 mm. Le but étant de réaliser un comptage avec un nombre de grains suffisant pour établir hors de tout doute que les proportions de shale dominent les classes granulométriques les plus grossières.

2.2.3 ESSAIS DE LABORATOIRE

2.2.3.1 TEST DE GRAVITÉ SPÉCIFIQUE POUR L'ENSEMBLE DES ÉCHANTILLONS

Ce test, conforme au standard ASTM C123, consiste à déterminer la différence de gravité spécifique (SG) entre la composante minéralogique (SG théorique = 2,7) de l'échantillon et celle des grains de shale (SG théorique = 2,0-2,5). Il est utilisé pour déterminer la conformité avec les dispositions de la spécification C33 relatives à la quantité de matériau léger dans les agrégats fins et grossiers. Si la différence de gravité spécifique est suffisante ($SG > 0,3$) entre la fraction de shale et la fraction minéralogique, il sera théoriquement possible d'utiliser des procédés de séparations basés sur la densité plutôt qu'uniquement en fonction de la granulométrie.

Les essais consistent à faire chuter les sédiments dans des liquides lourds (densité de 2,0 et de 2,4). Ces densités sont simulées par une solution de Lithium Metatungstate qui agit comme médium de séparation. Ainsi, il est possible de vérifier les pourcentages des particules légères, comme le shale, ayant une densité inférieure à 2,4. Les essais ont été effectués par MTA (Materials Testing of Arkansas), un laboratoire partenaire de Snoby Separation systems LLC. Les deux échantillons 0 - 5 mm et ≥ 5 mm ont été testés.

Chaque échantillon a été pesé puis versé dans la solution, à l'intérieur de laquelle les grains de densité supérieure ont coulé au fond, alors que les grains de densité inférieure ont flotté à la surface. Les grains flottants et les grains coulés ont été recueillis séparément au bout de 24 heures. Les deux fractions ont par la suite été séchées et pesées.

2.2.3.2 TEST DE SÉPARATION PAR DENSITÉ (JIG)

Le jig est une boîte étanche qui consiste à contenir librement un mélange d'eau et de sédiments (annexe 2; photo 10). La base de cette boîte comporte une plaque perforée qui aide à retenir le matériel en suspension et ainsi éviter qu'il passe à travers la grille avant qu'il ne soit stratifié. Le jig engendre et maintient un mouvement ascendant et descendant du mélange eau et sédiments et vise à stratifier le matériel testé selon sa densité. Ce procédé fait en sorte que les particules les plus denses finissent par se classer dans les couches inférieures et les grains les moins denses se stratifient au-dessus, et ce, sans égard à leur grosseur, mais plutôt en fonction de leur densité (principes de sédimentation entravée).

Les tests de stratification ont été effectués à deux reprises dans un jig directement dans les laboratoires de Snoby. Pour y parvenir, de l'eau circule dans le matériau granulaire. La dimension des trous de la grille utilisée dépend du type de matériel utilisé et de sa granulométrie (annexe 2; photo 11). Pour le matériel entre 0-5 mm testé du banc Aly Blackburn, une combinaison de trou d'une grosseur de 4 mm et de 120 impulsions par minute a été utilisée. Pour le matériel entre 5-20 mm, une combinaison de trous de 25 mm et une impulsion de 80 coups par minute ont été utilisées. La totalité de l'échantillon est déposée sur la grille perforée qui est située dans le bas de la colonne de stratification. Pendant 30 minutes, l'échantillon subit le courant ascendant rend les matériaux fluides et les dilate, et le courant descendant compacte à nouveau le matériel sur la grille. Lors de l'arrêt des courants d'eau et le drainage de celle-ci, les sédiments sont ainsi classés en fonction de leur densité et non de leur granulométrie dans le jig. Le matériel est par la suite prélevé couche par couche à l'intérieur de l'appareil et chaque couche correspond à du matériel de densité similaire. Ainsi, la couche inférieure (n° 1) accumule les matériaux les plus denses et les couches supérieures accumulent les matériaux de moindre densité.

2.2.3.3 TEST DE GRAVITÉ SPÉCIFIQUE PAR COUCHE ISSUE DU TEST DE SÉPARATION

Le test de gravité spécifique pour chaque couche issue du test de séparation a utilisé la même procédure que celle du test de gravité spécifique pour l'ensemble des échantillons. Le test a été effectué avec chaque échantillon provenant de chaque couche issue du test de séparation par densité décrit au point 2.2.2.2. Les essais consistent à faire chuter les sédiments dans un liquide lourd (densité de 2,4). Cette densité a été simulée par une solution de zinc bromide qui a agi comme médium de séparation.

Ces tests de gravité spécifiques permettent de valider et de vérifier l'efficacité de la séparation par densité. Pour ce faire, les résultats ont été compilés de sorte à présenter une courbe teneur-rendement (*grade-yield curve*). Cette courbe de teneur-rendement permet d'exposer le pourcentage en matériau de densité inférieur à 2,4 pour le total des couches issues du test de séparation.

Une validation de la proportion en shale de chaque couche résultante a été effectuée par une évaluation visuelle pétrographique. Cette évaluation a été faite à partir des photos de chacune des couches à la suite du test de gravité spécifique.

3 RÉSULTATS

3.1 GRANULOMÉTRIE

Les échantillons qui ont fait l'objet d'analyses granulométriques et qui servent de comparable ont été prélevés directement dans le banc d'emprunt Aly Blackburn (échantillons 1, 2 et 3; figure 3-1). L'échantillon 4 provient d'une pile de réserve en gravillons (0 – 20 mm) tamisée à partir des sédiments du même banc (figure 3-1). Les courbes granulométriques du matériel brut, non tamisé, montrent que ce dernier est légèrement inférieur aux spectres granulométriques visés. La courbe granulométrique de l'échantillon 4 provenant de la pile de réserve prêtamisée pour le 0-20 mm se situe près de la limite inférieure du fuseau granulométrique des gravillons (figure 3-1).

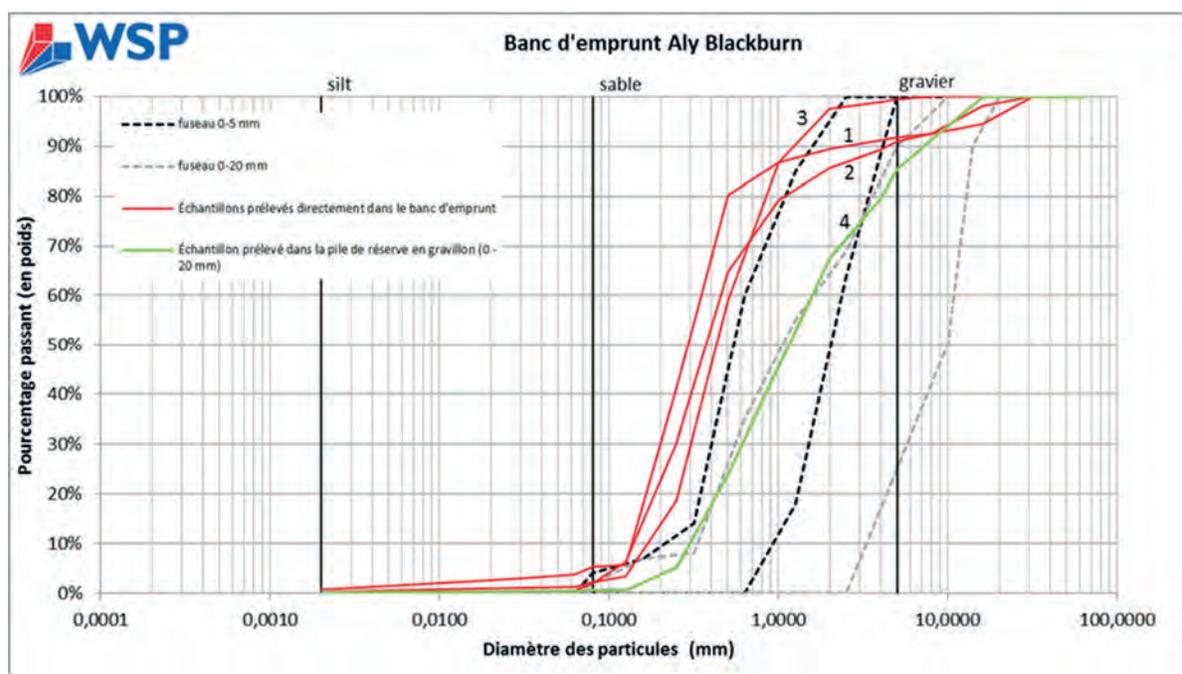


Figure 3-1 Analyses granulométriques des quatre échantillons qui ont fait l'objet de comptages pétrographiques

3.2 RÉPARTITIONS DU SHALE EN FONCTION DE LA GRANULOMÉTRIE

3.2.1 COMPTAGES PÉTROGRAPHIQUES PAR TAMIS

Les comptages pétrographiques montrent que la proportion de shale moyenne des échantillons varie entre 19 et 37 % (tableau 3-1). Les résultats montrent que les proportions brutes de shale augmentent dans les classes granulométriques les plus grossières (tableau 3-1 et figure 3-2 et 3-3). Or, peu de grains ont été dénombrés dans les classes granulométriques supérieures à 5 mm, ce qui laisse croire à une surestimation de la proportion de shale pour les fractions grossières (tableau 3-1). Par exemple, l'échantillon 2 compte un seul grain pour la classe granulométrique 16-20 mm (tableau 3-1). Comme il s'agit d'un grain de shale, la proportion est de 100 %, ce qui surreprésente le shale dans cette classe granulométrique.

En contrepartie, lorsque les proportions en shale sont pondérées en fonction de leur poids statistique, les variations des pourcentages de shale entre les classes granulométriques s'atténuent et ne présentent aucune tendance particulière, sauf que les valeurs maximales en shale se trouvent associées à la classe granulométrique dominante. Les pourcentages de shale pondérés sont donc plus fort pour les classes granulométriques 0,250-0,500 mm (échantillons 1 et 2) et pour la classe 1–2 mm (échantillons 3 et 4) (tableau 3-1).

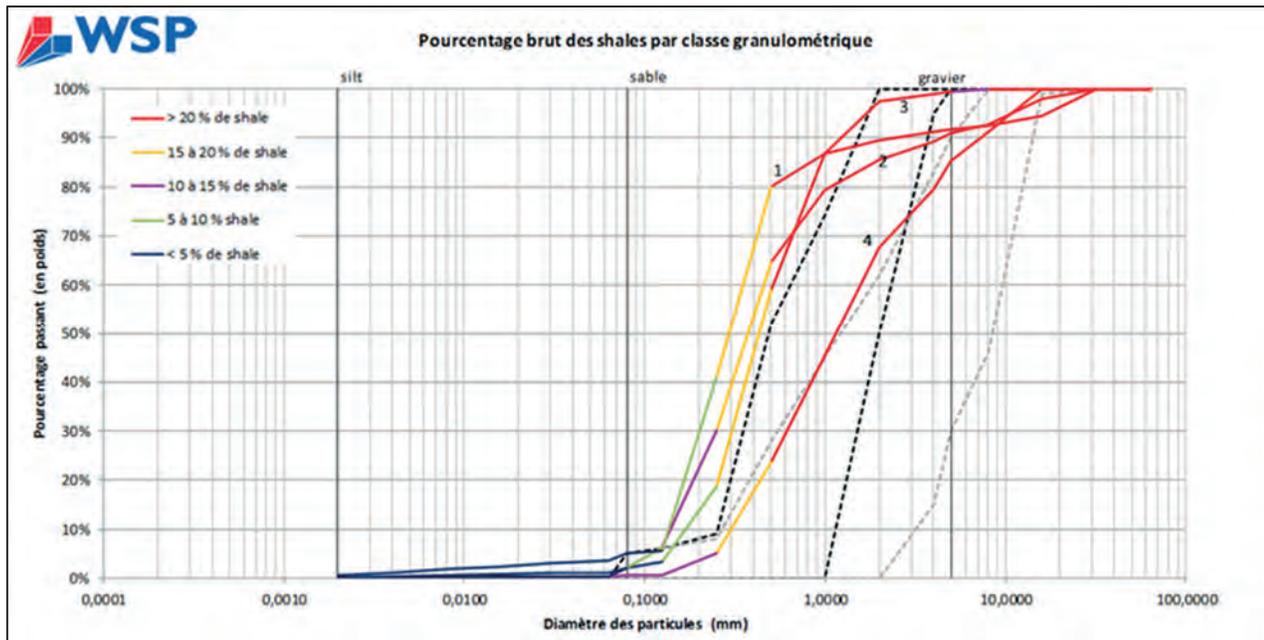
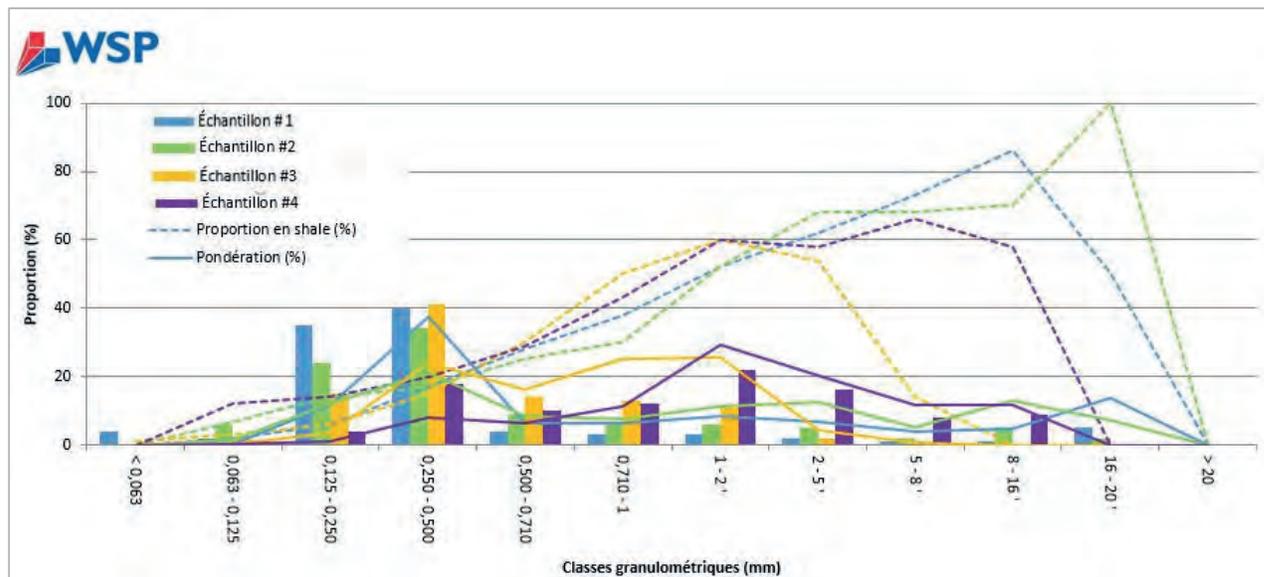


Figure 3-2 Pourcentage brute de shale par classes granulométriques des échantillons 1 à 4 du banc Aly Blackburn

Tableau 3-1 Proportion brute et pondérée de shale pour chacune des classes granulométriques des quatre échantillons provenant du banc Aly Blackburn

Classes granulométriques	ÉCHANTILLON N° 1				ÉCHANTILLON N° 2				ÉCHANTILLON N° 3				ÉCHANTILLON N° 4			
	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)	Poids (%)	Proportion en shale (%)	Nombre de grains	Pondération (%)
> 20	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	0
16-20	5	50	2	14	2	100	1	7	0	0	-	0	0	0	-	0
8-16	1	86	7	5	5	70	10	13	0	0	-	0	9	58	24	12
5-8	1	73	11	4	2	68	22	5	1	14	7	1	8	66	88	12
2-5	2	62	178	7	5	68	490	12	2	54	200	4	16	58	937	20
1-2	3	52	n.d	9	6	52	n.d	11	11	60	n.d	26	22	60	n.d	29
0,710-1	3	38	n.d	6	7	30	n.d	8	13	50	n.d	25	12	43	n.d	11
0,500-0,710	4	28	n.d	6	9	25	n.d	8	14	30	n.d	16	10	29	n.d	6
0,250-0,500	40	17	n.d	38	34	17	n.d	21	41	15	n.d	24	18	20	n.d	8
0,125-0,250	35	6	n.d	12	24	14	n.d	12	15	6	n.d	4	4	14	n.d	1
0,063-0,125	2	2	n.d	0	6	7	n.d	2	2	3	n.d	0	1	12	n.d	0
< 0,063	4	0	n.d	0	0	0	n.d	0	1	1	n.d	0	0	0	n.d	0
Total	100	1809	-	100	100	2729	-	100	100	2564	-	100	100	4532		100
Moyenne		34				37				19				30		



* L'échantillon 4 correspond à la pile de réserve 0 – 20 mm.

Figure 3-3 Poids par classes granulométriques (barres) et proportions de shale associées (courbes)

3.2.2 PAR FUSEAU GRANULOMÉTRIQUE

Afin de statuer sur l'hypothèse que les fractions de shale les plus faibles se trouvent dans les fractions granulométriques les plus faibles et que le shale domine les fractions les plus grossières, des comptages pétrographiques supplémentaires ont été effectués pour les fuseaux granulométriques 0-5 mm et ≥ 5 mm. Les résultats de ces comptages montrent une plus grande proportion de shale dans le fuseau ayant une granulométrie plus grossière (tableau 3-2). Le comptage pétrographique pour l'échantillon 0-5 mm montre une proportion moyenne brute de shale de 23 %, alors que les résultats évalués pour les échantillons ($n = 3$) ≥ 5 mm sont les suivants. Le premier échantillon compte 96 grains de shale sur un total de 176 grains, ce qui correspond à une proportion de shale de 55 %. Le deuxième comporte 104 grains de shale sur un total de 191, ce qui représente 55 % de l'échantillon (photos 12 de l'annexe 1). Finalement, le troisième échantillon a une teneur de 50 % de shale (123 grains de shale sur un total de 246 grains) (photo 13, annexe 1). Ces résultats sont plus robustes sur le plan statistique puisque le nombre de grains ≥ 50 permet d'affirmer avec plus d'assurance qu'il existe effectivement des proportions plus grossières de shale pour les classes granulométriques ≥ 5 mm.

Tableau 3-2 Proportion brute de shale dans les fuseaux granulométriques 0-5 mm et ≥ 5 mm

ÉCHANTILLONS	NOMBRE DE GRAINS TOTAL	NOMBRE DE GRAINS DE SHALE	PROPORTION EN SHALE (%)
Échantillon 1 0-5 mm	n.d.	n.d.	23
Échantillon 2 ≥ 5 mm	176	96	55
Échantillon 3 ≥ 5 mm	191	104	55
Échantillon 4 ≥ 5 mm	246	123	50

3.3 ESSAIS DE LABORATOIRE

3.3.1 GRAVITÉ SPÉCIFIQUE DE L'ÉCHANTILLON TOTAL

Pour les graviers (≥ 5 mm), la fraction restée en suspension dans les solutions de 2,4 et de 2,0 équivaut respectivement à 21,6 % et à 0,3 % de l'échantillon total (annexe 3).

Pour les échantillons de sable (0-5mm), la fraction restée en suspension dans les solutions de 2,4 et de 2,0 équivaut respectivement à 6,9 % et à 0 % de l'échantillon total (annexe 3).

Ces résultats confirment qu'à l'intérieur d'un même échantillon, il existe deux fractions dont la différence de gravité spécifique est supérieure à 0,3 ($\Delta SG = 2,7-2,4$). Ce résultat permet de confirmer qu'une séparation par densité des matériaux du banc Aly Blackburn serait possible en utilisant les jigs. Par contre, il est important de noter que même s'il y a possibilité, il est impossible à cette étape de déterminer si la séparation sera significative ou non.

3.3.2 SÉPARATION PAR DENSITÉ

Le matériel a été séparé par couche de densité similaire à l'aide du jig. Les tests de séparation par densité du matériel ont été effectués pour les sables (0-5 mm) et pour les graviers (≥ 5 mm) (annexe 3).

Pour les sables (0-5 mm), les résultats indiquent qu'une proportion légèrement inférieure à 25 % de l'échantillon s'est sédimentée dans la couche supérieure (couche 2) (tableau 3-3; annexe 3). La fraction granulométrique la plus fine de l'échantillon s'est sédimentée immédiatement sous les trous de 4 mm de la grille perforée localisée à la base du boîtier. Les sédiments sont donc trop fins pour être testés dans les jig de laboratoires. Les matériaux n'ont pu être classifiés par densité. Ce problème est fréquent lors des essais en laboratoire, mais peut être corrigé avec les jig de format industriel. Puisque seulement deux couches se sont sédimentées, les résultats ne sont pas considérés comme étant représentatifs pour passer à l'étape suivante, soit compiler une courbe de rendement.

Tableau 3-3 Résultats des tests de séparation par densité pour les sables (0-5 mm)

COUCHES	POIDS HUMIDE (LBS)	PROPORTION DE L'ÉCHANTILLON (%)
2	7	23,7
1	11,5	38,9
Trémie	11	37,4
Total	29,5	100

Pour les graviers (≥ 5 mm), les résultats montrent qu'une proportion d'au moins 13 % des matériaux s'est sédimentée dans la couche supérieure (couche 5). Il y a une bonne répartition des sédiments dans les couches 2 à 4. C'est la couche 1, qui contient les particules les plus denses du matériel, qui est la plus importante en proportion avec 25 % (tableau 3-2; annexe 3).

Tableau 3-4 Résultats des tests de séparation par densité pour les graviers (≥ 5 mm)

COUCHES	POIDS HUMIDE (LBS)	PROPORTION DE L'ÉCHANTILLON (%)
5	8	13,4
4	12	20,0
3	13	21,6
2	12	20,0
1	15	25
Total	60	100

3.3.3 GRAVITÉ SPÉCIFIQUE DES ÉCHANTILLONS DE CHAQUE BAC

Le deuxième test de gravité spécifique qui a été réalisé sur les matériaux classés par couches résultantes du test de séparation par densité sur l'échantillon ≥ 5 mm montre une capacité d'isoler les matériaux de moindre densité contenue dans l'échantillon. Pour la couche 1, qui contient les matériaux les plus denses, seulement 0,3 % du matériel est associé à une densité de $\leq 2,4$ (tableau 1; annexe 3). À l'opposé, la couche 5 qui contient les matériaux les moins denses de l'échantillon 5-20 mm, 25,1 % du matériel correspond à une densité de $\leq 2,4$.

La compilation des résultats ci-dessus permet de tracer la courbe teneur-rendement qui compare la proportion cumulée de matériaux de densité 2,4 par rapport à la totalité de l'échantillon de ≤ 5 mm (figure 2, annexe 3). La courbe indique que pour la totalité de l'échantillon, il est possible d'atteindre une récupération maximale de 9,15 % de matériaux, qui possède une densité inférieure à 2,4.

Aucun test de gravité spécifique n'a été réalisé sur les échantillons 0-5 mm en raison de l'incapacité de réaliser le test avec le jig en laboratoire.

Une estimation pétrographique visuelle sur photos a été réalisée afin de valider que ce sont bien des grains de shale qui ont été isolés par densité dans les couches formées à la suite du test de gravité spécifique. Ainsi, une proportion de plus de 60 % de grains de shale est estimée dans les couches issues du test de gravité spécifique (annexe 2).

4 DISCUSSION / CONCLUSION

4.1 CONSTATS

Plusieurs constats se dégagent à la suite des analyses granulométriques, pétrographiques et des essais de laboratoire.

- Le comptage pétrographique par classe granulométrique montre de fortes proportions de shale pour les particules grossières. Cette tendance n'existe pas entre les proportions pondérées de shale et la grosseur des classes granulométriques. Il existe plutôt une forte corrélation entre le poids de la classe granulométrique et la teneur pondérée en shale. Les comptages pétrographiques supplémentaires pour les fuseaux granulométriques 0-5 mm et ≤ 5 mm démontrent cependant une plus grande proportion de shale dans les particules grossières, ce qui permet d'affirmer que les fractions granulométriques les plus grossières contiennent de fortes proportions de shale.
- Les tests de gravité spécifique montrent qu'il existe une différence de densité de 0,3 entre les grains de composition variée dans l'échantillon. Cette différence de densité est suffisante pour permettre l'utilisation des procédés de séparation par densité à l'aide de « *jig* ». Cependant, elle n'est pas suffisante pour l'utilisation du système plus actuel de type « *hydrosizer* » qui, eux, ont besoin d'une différence de densité de 0,5 et plus.
- Les tests de séparation par densité sur le fuseau granulométrique 0-5 mm ne sont pas concluants. La fraction est trop fine pour que la séparation s'effectue en laboratoire. Par contre, cela n'exclut pas la possibilité de séparer les particules ayant une densité inférieure à 2,4 par cette méthode. Le problème est fréquent lors des essais en laboratoires. L'utilisation de *jig* industriels, qui comporte des débits d'eau plus élevée, pourrait être réalisée et mènerait peut-être à des résultats plus concluants pour cette fraction granulométrique. Cependant, il pourrait être coûteux et fastidieux d'effectuer un test sur un *jig* industriel puisque de tels essais doivent être réalisés sur place en raison de l'important volume de sédiments requis. Notons qu'il n'existe aucun système de ce genre au Québec.
- Les tests de séparation par densité sur le fuseau granulométrique ≥ 5 mm permettent d'isoler jusqu'à 9,15 % des particules qui possèdent une densité de 2,4 et moins. Cependant, l'analyse visuelle des photographies prises à la suite du test de séparation démontre que dans chaque couche, au moins 60 % du matériel de ce 9,15 % correspond uniquement au shale (6,5 %). Ainsi, l'utilisation de « *jig* » éliminerait 40 % de matériel présentant une densité similaire ou inférieure aux grains de shale, mais qui sont recherchés pour le rechargement des plages.
- L'utilisation du procédé de séparation par densité (*jig*) permettrait donc de réduire uniquement la teneur en shale du matériel d'un maximum théorique de 6,5 % dans le meilleur des scénarios. La teneur initiale en shale du matériau (≥ 5 mm), qui est de 50 % (dans le meilleur des cas), se verrait réduite à 43,5 %. De plus, selon les courbes granulométriques des échantillons recueillis directement dans le banc, la portion ≥ 5 mm représente seulement 8,2 % du matériel du banc. Ainsi, en plus d'être très loin

des cibles de teneur en shale visées par Rio Tinto, la réduction serait faite sur uniquement une petite proportion du matériel.

Ainsi, les tests en laboratoire réalisés par Snoby démontrent que la méthode de séparation par densité avec l'utilisation de jig est possible, mais uniquement pour le fuseau (≥ 5 mm). Cependant, en plus d'être inefficace au niveau du rapport efforts / résultats, elle n'atteint pas la cible visée de teneur en shale du matériau recherché par Rio Tinto.

Les résultats de ces analyses montrent d'abord que les tests de séparation par densité sur le fuseau granulométrique 0-5 mm ne sont pas concluants. Cependant, les teneurs en shale sont moindres pour cette fraction granulométrique (≤ 23 %). Conséquemment, les plus grandes proportions de shale (≥ 50 %) se trouvent dans les fractions granulométriques ≥ 5 mm. Cependant, les tests de séparation par densité portés sur cette classe granulométrique ne permettent d'isoler que 6,5 % des particules qui ont une densité se rapprochant de celle du shale. En considérant que la teneur en shale de la classe granulométrique ≥ 5 mm est de 50 %, force est de croire que les teneurs seraient réduites à 43,5 % après traitement. Les résultats des analyses granulométriques des matériaux bruts montrent que la portion ≥ 5 mm constitue en moyenne seulement 8 % des échantillons. Pour un échantillon prélevé directement dans le banc d'emprunt, la séparation du shale par densité entraînerait donc une réduction de 3 % de sa teneur en shale, ce qui est loin des pourcentages visés par Rio Tinto pour le banc Aly Blackburn pour lequel Rio Tinto vise une réduction des pourcentages en shale en moyenne de 13 %.

Pour réduire ses proportions de shale dans son matériau de recharge de plage, Rio Tinto devra donc envisager d'étudier les possibilités qu'offre le concassage différentiel des grains de shale par rapport aux grains minéralogiques ou encore d'amender avec des matériaux provenant de bancs d'emprunt non contaminés par le shale. Des essais réalisés par le passé ont démontré que le matériau issu du concassage était particulièrement anguleux, ce qui est moins intéressant pour réaliser des recharges de plage. De plus, des essais restent à faire pour monter un protocole permettant d'extraire adéquatement les particules fines du matériau concassé, ce qui est relativement complexe, à moins d'un matériel sec. Une dernière solution pour réduire les proportions en shale reste l'amendement du matériel. Par exemple, pour ramener les proportions de shale du banc Aly Blackburn (17 à 30 %) à 15 % pour un volume de 100 m³, il faudrait entre 148 et 214 m³ de matériaux faiblement contaminés en provenance par exemple du banc Roberval no. 34 ou du banc Giguère no. 6. Une autre solution serait de minimiser les volumes de matériaux faiblement contaminés en shale en appliquant seulement une couche de finition en surface, directement sur les plages.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

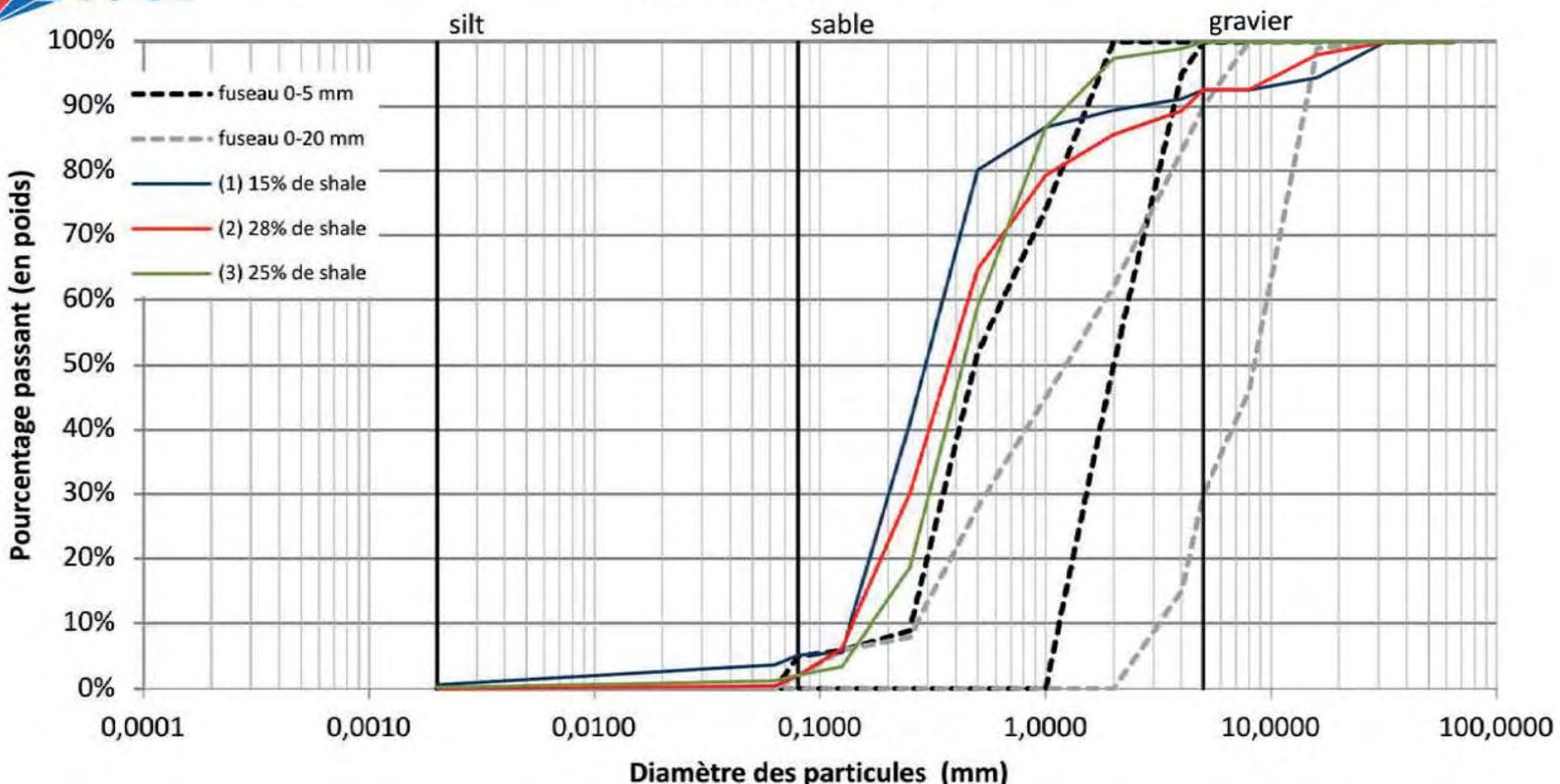
- BLOTT, S. J. ET KENNETH, P. 2001. *GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237–1248.
- POWERS, M.C. 1982. *Comparison chart for estimating roundness and sphericity*, AGI Data sheet 18. American Geological Institute.
- OSBORNE HUTTON, C. 1950. *Studies of heavy detrital minerals*. [Geological Society of America Bulletin](#), 61: 635-717.
- SHVETSOV, M.S. 1995. *Summary of Concerning some additional aids in studying sedimentary formations*. publié par R.D. Terry et G.V. Chilingar. *Journal of Sedimentary Petrology*, 25: 229-234.

Annexe 1

LOCALISATION DES ÉCHANTILLONS



No. 2 Aly Blackburn



Annexe 2

PHOTOGRAPHIES



Photo 1 Échantillon n° 1 de matériel de 5-20 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 2 Échantillon n° 2 de matériel de 5-20 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 3 Échantillon n° 3 de matériel de 5-20 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 4 Échantillon n° 4 de matériel de 5-20 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 5 Échantillon n° 5 de matériel de 0-5 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 6 Échantillon n° 6 de matériel de 0-5 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 7 Échantillon n° 7 de matériel de 0-5 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 8 Échantillon n° 8 de matériel de 0-5 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 9 Échantillon n° 9 de matériel de 0-5 mm du banc Aly Blackburn.



Photo 10 Appareil pour le test de séparation par densité (jig).



Photo 11 Grille perforée dans le bas du jig.



Photo 12 Comptage pétrographique (échantillon 2) des grains de shale sur le fuseau granulométrique 5-20 mm, a) grains de lithologie diverses b) grains de shale.



Photo 13 Comptage pétrographique (échantillon 4) des grains de shale sur le fuseau granulométrique 5-20 mm, a) grains de lithologie diverses b) grains de shale.



Photo 14 Matériel de la couche n° 1 provenant du test de gravité spécifique.



Photo 15 Matériel de la couche n° 2 provenant du test de gravité spécifique.



Photo 16 Matériel de la couche n° 3 provenant du test de gravité spécifique.



Photo 17 Matériel de la couche n° 5 provenant du test de gravité spécifique.

Annexe 3

RÉSULTATS DE LABORATOIRE



MATERIALS TESTING OF ARKANSAS

P.O. Box 23715 • Little Rock, AR 72221
(501) 753-2526 phone • (501) 753-5747 facsimile

P.O. Box 688 • Springdale, AR 72765-0688
(479) 756-0061 phone • (479) 756-9254 facsimile

Materials Testing of Arkansas, Inc.
Northwest

CONTRACTOR: SNOBY SEPARATION SYSTEMS
SOURCE: _____
MATERIAL TYPE: SAND
LOCATION: _____

MTA LAB #: 16-168
DATE TESTED: 8/29/16
DATE SAMPLED: 8/24/16
P.O. NUMBER: 1033

ASTM C-123 LIGHTWEIGHT PARTICLES IN AGGREGATE

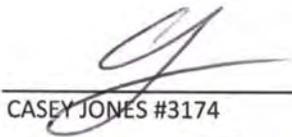
HEAVY SOLUTION USED: LITHIUM METATUNGSTATE

SOLUTION SPECIFIC GRAVITY: 2.400 RANGE=2.39-2.41
(ADJUSTED)

TOTAL DRY WEIGHT: 245.5 GRAMS

DRY WEIGHT OF
LIGHTWEIGHT PARTICLES: 17 GRAMS

PERCENT OF LIGHTWEIGHT
PARTICLE: 6.9% PERCENT

TESTED BY:  CASEY JONES #3174

REPORTED BY:  THOMAS FRENCH #1098



MATERIALS TESTING OF ARKANSAS

P.O. Box 23715 • Little Rock, AR 72221
(501) 753-2526 phone • (501) 753-5747 facsimile

P.O. Box 688 • Springdale, AR 72765-0688
(479) 756-0061 phone • (479) 756-9254 facsimile

Materials Testing of Arkansas, Inc.
Northwest

CONTRACTOR: SNOBY SEPARATION SYSTEMS

MTA LAB #: 16-168

SOURCE: _____

DATE TESTED: 8/29/16

MATERIAL TYPE: GRAVEL

DATE SAMPLED: 8/24/16

LOCATION: _____

P.O. NUMBER: 1033

ASTM C-123 LIGHTWEIGHT PARTICLES IN AGGREGATE

HEAVY SOLUTION USED: LITHIUM METATUNGSTATE

SOLUTION SPECIFIC GRAVITY: 2.400 RANGE=2.39-2.41
(ADJUSTED)

TOTAL DRY WEIGHT: 2952 GRAMS

DRY WEIGHT OF
LIGHTWEIGHT PARTICLES: 637.5 GRAMS

PERCENT OF LIGHTWEIGHT
PARTICLE: 21.6% PERCENT

TESTED BY: 
CASEY JONES #3174

REPORTED BY: 
THOMAS FRENCH #1098



MATERIALS TESTING OF ARKANSAS

P.O. Box 23715 • Little Rock, AR 72221
(501) 753-2526 phone • (501) 753-5747 facsimile

P.O. Box 688 • Springdale, AR 72765-0688
(479) 756-0061 phone • (479) 756-9254 facsimile

Materials Testing of Arkansas, Inc.
Northwest

CONTRACTOR: SNOBY SEPARATION SYSTEMS

MTA LAB #: 16-168

SOURCE: _____

DATE TESTED: 8/29/16

MATERIAL TYPE: GRAVEL

DATE SAMPLED: 8/24/16

LOCATION: _____

P.O. NUMBER: 1033

ASTM C-123 LIGHTWEIGHT PARTICLES IN AGGREGATE

HEAVY SOLUTION USED: LITHIUM METATUNGSTATE

SOLUTION SPECIFIC GRAVITY:
(ADJUSTED) 2.0

TOTAL DRY WEIGHT: 2924.2 GRAMS

DRY WEIGHT OF
LIGHTWEIGHT PARTICLES: 9.2 GRAMS

PERCENT OF LIGHTWEIGHT
PARTICLE: 0.3% PERCENT

TESTED BY: 
CASEY JONES #3174

REPORTED BY: 
THOMAS FRENCH #1098



MATERIALS TESTING OF ARKANSAS

P.O. Box 23715 • Little Rock, AR 72221
(501) 753-2526 phone • (501) 753-5747 facsimile

P.O. Box 688 • Springdale, AR 72765-0688
(479) 756-0061 phone • (479) 756-9254 facsimile

Materials Testing of Arkansas, Inc.
Northwest

CONTRACTOR: SNOBY SEPARATION SYSTEMS

MTA LAB #: 16-168

SOURCE: _____

DATE TESTED: 8/29/16

MATERIAL TYPE: SAND

DATE SAMPLED: 8/24/16

LOCATION: _____

P.O. NUMBER: 1033

ASTM C-123 LIGHTWEIGHT PARTICLES IN AGGREGATE

HEAVY SOLUTION USED: LITHIUM METATUNGSTATE

SOLUTION SPECIFIC GRAVITY:
(ADJUSTED) 2.0

TOTAL DRY WEIGHT: 239.6 GRAMS

DRY WEIGHT OF
LIGHTWEIGHT PARTICLES: 0.1 GRAMS

PERCENT OF LIGHTWEIGHT
PARTICLE: 0.0% PERCENT

TESTED BY:  CASEY JONES #3174

REPORTED BY:  THOMAS FRENCH #1098

SSS Wet Jig Stratification Test for WSP Canada, Inc.

Snoby
Separation
System's
Stratification
Wet Jig



Tray 4
etc.
↑
Tray 1



SSS Wetjig Stratification Test

Shale removal tests preformed for:

WSP

Date:

Analyses October, 2016

Samples Shipped To & Tested By:

➤ Minus 5 mm sand

Material Testing of Arkansas
505 Sanders Avenue
Springdale, AK 72764

Samples Shipped to and Tested By:

➤ Plus 5 mm stone

TEC Services
235 Buford Drive
Lawrenceville, GA 30046

SSS Wetjig Stratification Test Procedures

- Trays are filled with feed material. Type and size of material determines level.

- Actual Stratified Feed, +5 mm



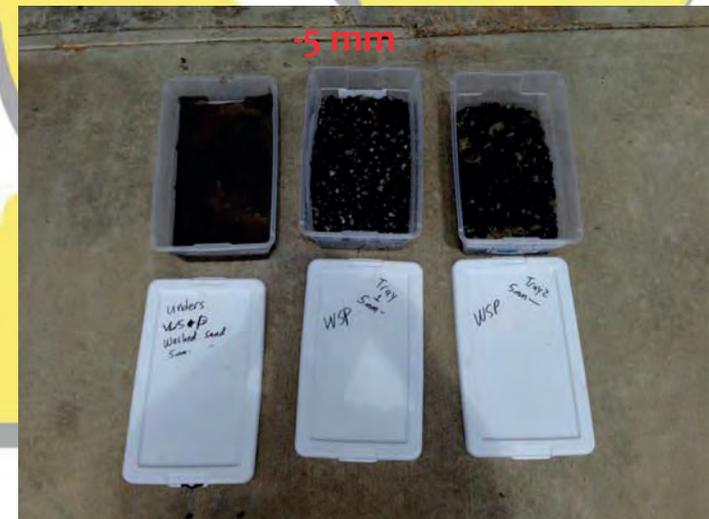
SSS Wetjig Stratification Test Procedures

- Parameters and punched plate size are selected based on type and size of material. Parameters are then entered into the VFDs.
- It appeared that 80 and 120 strokes per minute with a 25 mm and 4 mm amplitude were optimum for the WSP stone and sand respectively.

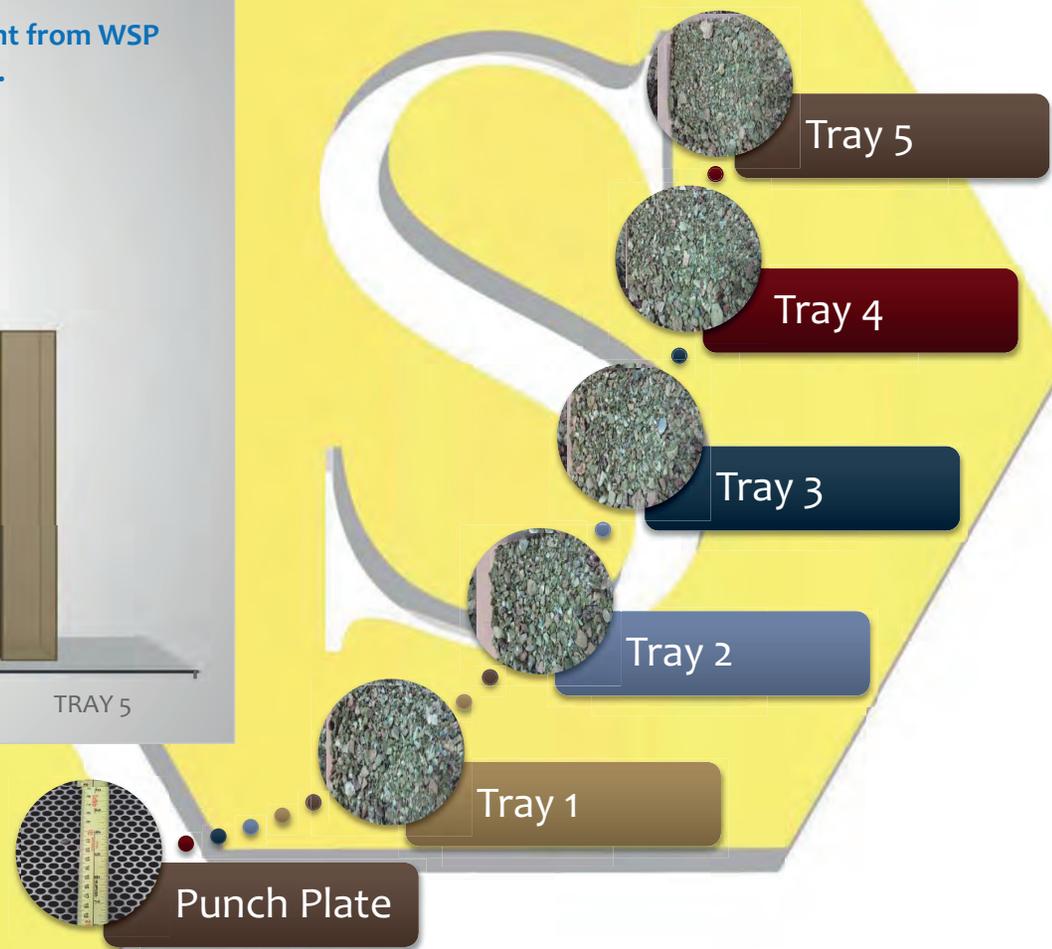


SSS Wetjig Stratification Test Procedures

- Each test is run for 30 minutes.
- Each tray is removed separately and weighed without drying.
- Then each tray is packaged individually for evaluation.



Typical Feed - SSS Wet Jig Stratification Test



SSS Wet Jig Analyzes of +5 mm material

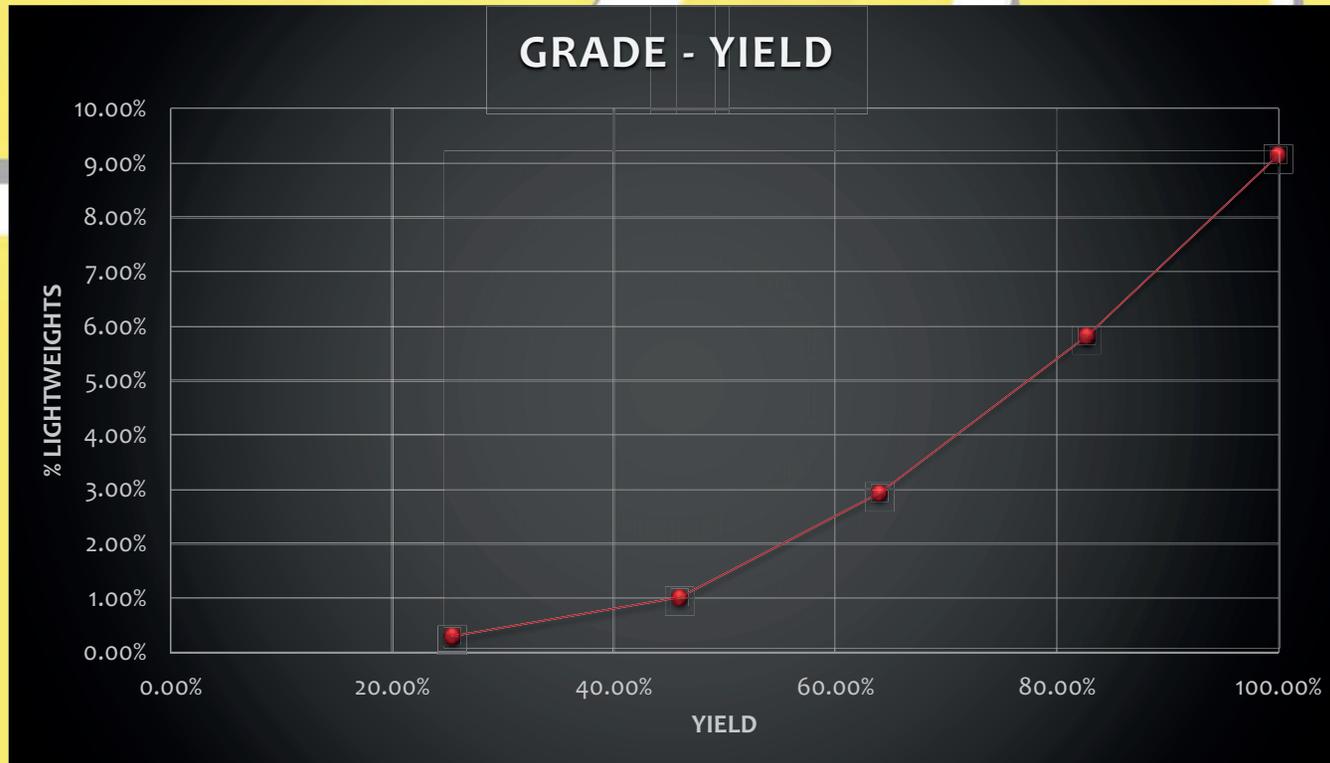
Each tray (strata) from the stratification test was sent to TEC Services for analysis of lightweight material. The raw laboratory results are presented below.

Table 1 – Lightweight Particles

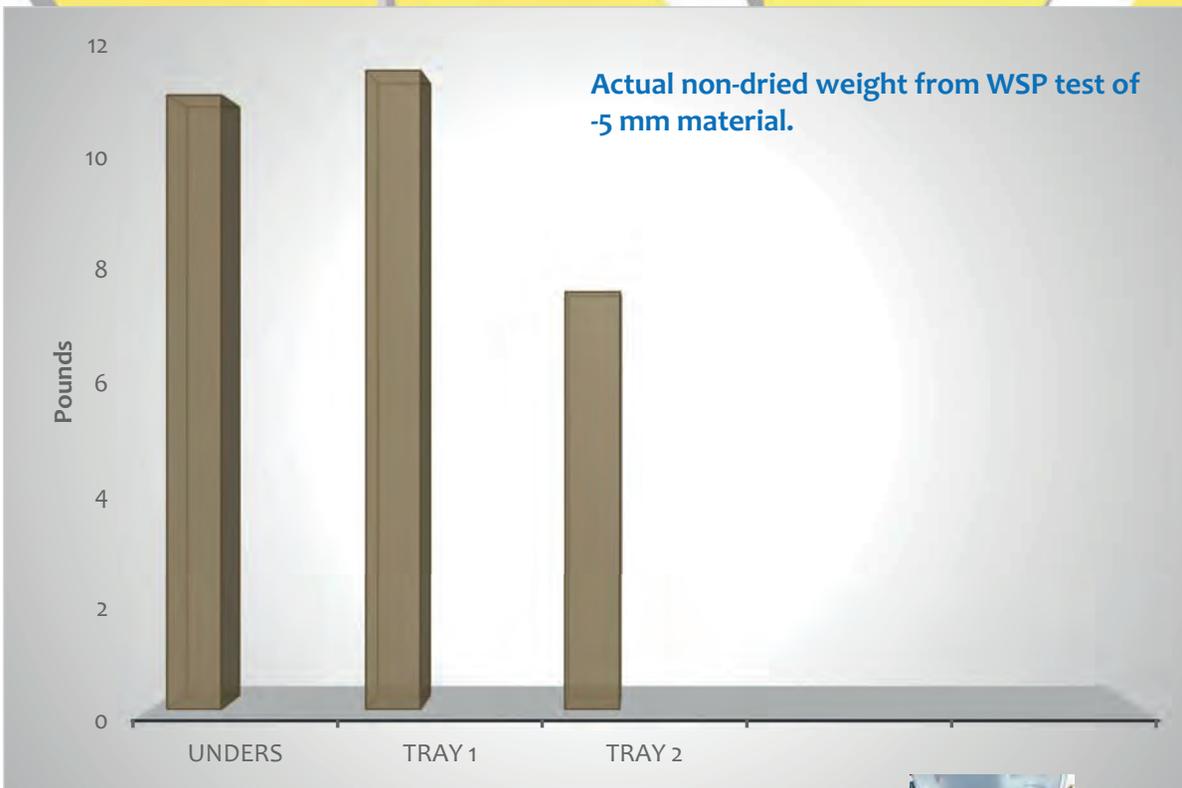
Material	Initial Mass of Sample (g)	% Lightweight Particles
		Zinc Bromide (Specific Gravity = 2.40)
WSP 15mm Tray #1	2489.7	0.3%
WSP 15mm Tray #2	2008.5	1.9%
WSP 15mm Tray #3	1767.0	7.8%
WSP 15mm Tray #4	1832.1	15.7%
WSP 15mm Tray #5	1689.2	25.1%

SSS Wet Jig Analyzes of +5 mm material

Based on the laboratory results an estimate of yield at varying qualities can be constructed, i.e. “Grade –vs- Yield” curve.



Typical Feed - SSS Wet Jig Stratification Test



Punch Plate



Tray 2



Tray 1



Unders (hopper)

SSS Wet Jig Analyzes of -5 mm material

Each tray (strata) from the stratification test and the material collected in the hopper of the laboratory stratification jig was sent to Material Testing of Arkansas for analysis of “lightweight” (material less dense than 2.4 specific gravity).

The material collected from the hopper showed a 28.1% content of float 2.4 specific gravity material, which is the presumed definition of “lightweight”. The material collected from tray #1 was essentially identical at 29.2% “lightweight”. Tray #2, which was the top tray, contained 55.9% “lightweight”.

While it is obvious there is some concentration of lightweight material in the top strata of the jigged bed of -5 mm sand, it is not sufficient to offer an opinion on quality –vs– yield.

CONCLUSIONS +5 mm TEST:

Assuming the material tested is representative of actual feed, it appears possible to utilize jigging technology to concentrate plus 2.4 specific gravity particles that contain less than 2% float 2.4 specific gravity particles at a yield greater than 50%.

The tests do not prove financial feasibility, but should be representative of actual performance by a commercial jigging installation.

CONCLUSIONS -5 mm TEST:

While it is obvious there is some concentration of lightweight material into the top strata of the jigged bed of -5 mm sand, it is not sufficient to offer an opinion on quality –vs- yield. If further evaluation is desired, production SAND JIGS are available for lease, but would require more than 50 TPH of feed at a minimum.

It may be worth mentioning the clay lumps in the feed seemed to be completely broken down by the shear action of the jiggling stroke.

Respectively Submitted

We sincerely thank you for allowing us to evaluate your material.

SNŌBY SEPARATION SYSTEMS LLC.



216 Chestatee Industrial Drive
Dahlonega, Georgia 30533

855-766-9233 • info@snobyllc.com

