

GUIDE D'UTILISATION DU LIDAR pour l'identification des dépôts de surface et des bancs d'emprunt



Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
Secteur des forêts
Direction des inventaires forestiers
Octobre 2017

Rédaction

Martin Dupuis, M. Sc.
Cégep de Sainte-Foy

Antoine Leboeuf, ing.f., Ph.D.
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Éric Vaillancourt, tech.for., photo-interprète
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dominique Lachance, tech.for., photo-interprète
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Mise en page

Martin Dupuis, M. Sc.
Cégep de Sainte-Foy

Noémie Lefrançois, étudiante en graphisme
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Josianne Savard, agente de secrétariat
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Illustrations et cartes

Martin Dupuis, M. Sc.
Cégep de Sainte-Foy

Éric Vaillancourt, tech.for., photo-interprète
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Dominique Lachance, tech.for., photo-interprète
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

Révision linguistique

Lucille Hubert
Cégep de Sainte-Foy

Remerciements

Nous tenons à remercier Dominik Chartier de Produits forestiers Résolu ainsi que Simon Deslisle-Bouliane de Groupe Forestra pour leurs commentaires sur l'utilisation des dépôts de surface en opérations forestières. Nous remercions également André Brazeau du ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles pour ses commentaires sur la section des dépôts fluvioglaciaires et à Marie-Pierre Samson du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs pour la révision du document et sa participation aux campagnes terrain.

© Gouvernement du Québec
Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec, 2017
ISBN : 978-2-550-80594-6 (PDF)

Table des matières

Introduction	11	- Indices sur photographies aériennes	30
Dépôts glaciaires	15	Moraine frontale (1bf)	32
1. Mise en place	15	- Indices sur lidar	32
2. Localisation	15	- Indices sur photographies aériennes	32
3. Description du dépôt	15	5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	34
4. Critères d'identification	17	Dépôts fluvioglaciaires	35
Till épais (1a)	17	1. Mise en place	35
- Indices sur photographies aériennes	20	2. Localisation	35
Till d'épaisseur moyenne (1ay)	20	3. Description du dépôt	35
- Indices sur lidar	20	4. Critères d'identification	36
- Indices sur photographies aériennes	20	Dépôts juxtaglaciaires (2a)	36
Till mince (1am)	20	- Indices sur lidar	36
- Indices sur lidar	20	- Indices sur photographies aériennes	36
- Indices sur photographies aériennes	20	Eskers (2ae)	38
Till très mince (R1a)	20	- Indices sur lidar	38
- Indices sur lidar	20	- Indices sur photographies aériennes	38
- Indices sur photographies aériennes	20	Kames (2ak)	39
Champ de blocs glaciaires (1ab)	22	- Indices sur lidar	39
- Indices sur lidar	22	Terrasses de kame (2at)	39
- Indices sur photographies aériennes	22	- Indices sur lidar	39
Drumlins, drumlinoïdes (1bd) et buttes à traînées de débris (1bt)	24	- Indices sur photographies aériennes	40
- Indices sur lidar	24	Delta fluvioglaciaire (2bd)	40
- Indices sur photographies aériennes	24	- Indices sur lidar	40
Moraine de décrépitude (1bp)	27	Plaine d'épandage	42
- Indices sur lidar	27	- Indices sur lidar	42
- Indices sur photographies aériennes	27	- Indices sur photographies aériennes	42
Moraine côtelée ou de Rogen (1bc)	29	5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	43
- Indices sur lidar	29	Dépôts fluviatiles	45
- Indices sur photographies aériennes	29	1. Mise en place	45
Moraine de De Geer (1bg)	30	2. Localisation	45
- Indices sur lidar	30	3. Description du dépôt	45
		4. Critères d'identification	46

Dépôts fluviatiles actuels (3ac)	46	- Indices sur photographies aériennes	72
- Indices sur lidar	46	Plage soulevée (6s)	74
- Indices sur photographies aériennes	46	- Indices sur lidar	74
Dépôts fluviatiles récents (3ae)	46	- Indices sur photographies aériennes	74
- Indices sur lidar	46	Plage actuelle (6a)	76
- Indices sur photographies aériennes	46	- Indices sur lidar	76
Dépôts fluviatiles anciens (3an)	46	- Indices sur photographies aériennes	76
- Indices sur lidar	46	5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	76
- Indices sur photographies aériennes	46	Dépôts organiques	79
5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	49	1. Mise en place	79
Dépôts lacustres	51	2. Localisation	79
1. Mise en place	51	3. Description du dépôt	79
2. Localisation	51	4. Critères d'identification	79
3. Description du dépôt	51	Dépôts organiques minces (7t)	79
4. Critères d'identification	52	- Indices sur lidar	79
Dépôts lacustres à faciès d'eau profonde (4ga)	52	- Indices sur photographies aériennes	79
- Indices sur lidar	52	Dépôts organiques épais (7e)	80
- Indices sur photographies aériennes	54	- Indices sur lidar	80
Dépôts lacustres à faciès d'eau peu profonde (4gs)	54	- Indices sur photographies aériennes	80
- Indices sur lidar	54	5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	83
- Indices sur photographies aériennes	54	Dépôts de pente et d'altération	85
Plages (4p)	56	1. Mise en place	85
- Indices sur lidar	56	2. Localisation	85
5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	58	3. Description du dépôt	85
Dépôts marins et littoraux marins	67	4. Critères d'identification	86
1. Mise en place	67	Éboulis rocheux (8e)	86
2. Localisation	67	- Indices sur lidar	86
3. Description du dépôt	68	- Indices sur photographies aériennes	87
4. Critères d'identification	68	Colluvions (8c)	88
Dépôt marin à faciès d'eau profonde (5a)	68	- Indices sur lidar	88
- Indices sur lidar	68	- Indices sur photographies aériennes	88
- Indices sur photographies aériennes	70	Glissements de terrain (8g)	89
Dépôt marin à faciès d'eau peu profonde (5s)	71	- Indices sur lidar	89
- Indices sur lidar	71	- Indices sur photographies aériennes	89
		Glissements pelliculaires (8p)	91

- Indices sur lidar	91
- Indices sur photographies aériennes.....	91
Matériaux d'altération (8a).....	93
- Indices sur lidar	93
Felsenmeere (8f)	93
- Indices sur lidar	93
- Indices sur photographies aériennes.....	93
5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	94
Dépôts éoliens.....	95
1. Mise en place	95
2. Localisation	95
3. Description du dépôt	95
4. Critères d'identification	95
Dune active (9a)	95
- Indices sur lidar	95
- Indices sur photographies aériennes.....	95
Dune stabilisée (9s).....	96
- Indices sur lidar	96
- Indices sur photographies aériennes.....	96
5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	98
Substrat rocheux.....	99
1. Mise en place	99
2. Localisation	99
3. Description du dépôt	99
4. Critères d'identification	99
Substrat rocheux (R).....	99
- Indices sur lidar	99
- Indices sur photographies aériennes.....	99
5. Potentiel pour les bancs d'emprunt	101
Bibliographie	103

Liste des figures

Figure 1. Exemple de tills sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	18	Figure 18. Exemple de moraines côtelées (1bc) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.	30
Figure 2. Exemple de tills sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	19	Figure 19. Exemple de moraine de De Geer (1bg) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.	31
Figure 3. Exemple de ravines dans le till épais sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	19	Figure 20. Exemple de moraine de De Geer (1bg) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.	31
Figure 4. Exemple de till mince (1am) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	21	Figure 21. Exemple de moraine frontale (1bf) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	33
Figure 5. Exemple de till très mince (R1a) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	21	Figure 22. Exemple de moraine frontale (1bf) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	33
Figure 6. Exemple de till très mince (R1a) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	22	Figure 23. Exemple de dépôt juxtaglaciaire (2a) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.	37
Figure 7. Exemple de champ de blocs glaciaires (1ab) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.	23	Figure 24. Exemple de dépôt juxtaglaciaire (2a) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Est.	37
Figure 8. Exemple de champ de blocs glaciaires (1ab) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.	23	Figure 25. Exemple d'eskers (2ae) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	38
Figure 9. Exemple de champ de blocs glaciaires (1ab) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.	24	Figure 26. Exemple de terrasse de kame (2at) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	39
Figure 10. Exemple de champs de drumlins (1bd) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.	25	Figure 27. Exemple de deltas fluvioglaciaires (2db) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	40
Figure 11. Exemple de champs de drumlins (1bd) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.	25	Figure 28. Exemple de la surface tabulaire et de ravines dans un delta fluvioglaciaire (2db) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	41
Figure 12. Exemple de drumlins (1bd) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.	26	Figure 29. Exemple de la surface tabulaire et de ravines dans un delta fluvioglaciaire (2db) sur photographie aérienne dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	41
Figure 13. Exemple de buttes à traînées de débris (1bt) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.	26	Figure 30. Exemple de plaine d'épandage (2be) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.	42
Figure 14. Exemple de buttes à traînées de débris (1bt) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.	27	Figure 31. Exemple de plaine d'épandage (2be) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Est.	43
Figure 15. Exemple de moraine de décrépitude (1bp) lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	28	Figure 32. Exemple de dépôts fluviatiles alluviaux sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.	47
Figure 16. Exemple de moraine de décrépitude (1bp) lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.	28		
Figure 17. Exemple de moraines côtelées (1bc) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.	29		

Figure 33. Exemple de dépôts fluviaux alluviaux sur photographies aériennes dans la pessière à mousses de l'Est.....47

Figure 34. Exemple de dépôts fluviaux alluviaux sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.48

Figure 35. Exemple de dépôts fluviaux alluviaux sur photographies aériennes dans la pessière à mousses de l'Est.....48

Figure 37. Exemple de dépôt glaciolacustre de faciès d'eau profonde (4ga) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.53

Figure 38. Exemple de ravines dans un dépôt glaciolacustre de faciès d'eau profonde (4ga) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.53

Figure 39. Exemple de la couleur brune de l'eau dans un réseau hydrographique dendritique d'un dépôt glaciolacustre de faciès d'eau profonde (4ga) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.54

Figure 40. Exemple de dépôt glaciolacustre de faciès d'eau peu profonde (4gs) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.55

Figure 41. Exemple de ravines dans un dépôt glaciolacustre de faciès d'eau peu profonde (4gs) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.56

Figure 42. Exemple de plage lacustre (4p) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.....57

Figure 43. Exemple de plage lacustre (4p) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.57

Figure 44. Exemple d'arcs parallèles, indice de plage lacustre (4p), sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.....58

Figure 45. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.59

Figure 46. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.....59

Figure 47. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.60

Figure 48. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.....60

Figure 49. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à tilleul de l'Ouest..... 61

Figure 50. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à tilleul de l'Ouest..... 61

Figure 51. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à tilleul de l'Ouest..... 62

Figure 52. Exemple de dépôt juxtaglaciaire aplani sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à tilleul de l'Ouest..... 62

Figure 53. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à tilleul de l'Ouest..... 63

Figure 55. Exemple de dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme. 69

Figure 56. Exemple de ravines dans un dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme..... 70

Figure 57. Exemple de dépôt marin de faciès d'eau peu profonde (5s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme..... 71

Figure 58. Exemple de ravines dans un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde (5s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme. 72

Figure 59. Exemple de la couleur de l'eau dans un dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme..... 73

Figure 60. Exemple de la couleur de l'eau dans un dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme..... 73

Figure 61. Exemple de plage soulevée (6s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme..... 74

Figure 62. Exemple de plage soulevée (6s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme..... 75

Figure 63. Exemple de plage soulevée (6s) sur photographie aérienne dans l'érablière à caryer cordiforme. 75

Figure 64. Exemple de plage actuelle (6a) sur photographie aérienne dans l'érablière à caryer cordiforme. 76

Figure 65. Exemple de dépôts organiques minces et épais sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	80	Figure 82. Exemple de dunes stabilisées (9s) sur lidar dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (section agrandie de la figure 81).....	97
Figure 66. Exemple de dépôts organiques minces et épais dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	81	Figure 83. Exemple de dunes stabilisées (9s) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest.....	97
Figure 67. Exemple de dépôts organiques minces et épais sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	81	Figure 84. Exemple de roc (R) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	100
Figure 68. Exemple de dépôt organique contigu à un dépôt lacustre sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.	82	Figure 85. Exemple de roc (R) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	100
Figure 69. Exemple de dépôt organique contigu à un dépôt lacustre sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.	82	Figure 86. Exemple de roc (R) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est...	101
Figure 70. Exemple d'éboulis rocheux (8e) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	86		
Figure 71. Exemple d'éboulis rocheux (8e) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	87		
Figure 72. Exemple d'éboulis rocheux (8e) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	88		
Figure 73. Exemple de colluvions (8c) sur lidar dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est.	89		
Figure 74. Exemple de glissement de terrain (8g) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.	90		
Figure 75. Exemple de glissement de terrain (8g) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.	90		
Figure 76. Exemple de glissements pelliculaires (8p) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	91		
Figure 77. Exemple de glissements pelliculaires (8p) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	92		
Figure 78. Exemple de glissements pelliculaires (8p) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	92		
Figure 79. Exemple de matériel d'altération (8a) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	93		
Figure 80. Exemple de felsenmeere (8f) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.	94		
Figure 81. Exemple de dunes stabilisées (9s) sur lidar dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest.	96		

Liste des tableaux

Tableau 1. Potentiel des dépôts de surface pour la localisation de banc d'emprunt.	13
Tableau 2. Les dépôts glaciaires avec et sans morphologie particulière et leur pourcentage cartographié au Québec méridional.	15
Tableau 3. Catégorie et épaisseur des tills.....	16
Tableau 4. Catégorie et épaisseur des tills avec affleurements rocheux.....	16
Tableau 5. Les dépôts juxtaglaciaires et les dépôts proglaciaires et leur pourcentage cartographié au Québec méridional.....	35
Tableau 6. Les dépôts fluviatiles et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.....	45
Tableau 7. Les dépôts lacustres et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.....	51
Tableau 8. Altitudes maximales des limites glaciolacustres des principaux lacs proglaciaires du Québec.....	64
Tableau 9. Les dépôts marins et littoraux marins et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.	68
Tableau 10. Altitude maximale des limites marines des principales mers glaciaires du Québec	77
Tableau 11. Les dépôts organiques et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.....	79
Tableau 12. Les dépôts de pente et d'altération et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.	85
Tableau 13. Les dépôts éoliens et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.....	95
Tableau 14. Les substrats rocheux et leur pourcentage d'occupation au Québec.	99

Introduction

Depuis 2015, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec acquiert les données lidar pour l'ensemble du territoire québécois.

Le lidar, acronyme de *Light detection and ranging*, est une technologie de télédétection qui permet principalement l'acquisition d'informations d'altitude très précises. Ces informations permettent de déterminer notamment la topographie du sol, la hauteur et la structure de la végétation, etc.

La grande densité de points du lidar et leur grande précision en x, y et z rendent cette technologie très utile pour la cartographie de la géologie de surface et les éléments glaciaires (Demchuck *et al.*, 2005; Smith *et al.*, 2006). Le modèle numérique de terrain est particulièrement utile pour cartographier des détails qui ne pourraient pas être observés par d'autres sources de données (ex. : photographies aériennes), car le sol nu retire l'effet masquant de la végétation (Webster *et al.*, 2009).

Parallèlement, il a été démontré que le lidar aérien permet de générer des retombées économiques importantes dans divers domaines (Demchuck *et al.*, 2005; Chiverrell *et al.*, 2008; Lacroix et Charrette, 2013; Lacroix et Charrette, 2013; Leboeuf *et al.* 2015; Scheiber *et al.* 2015), notamment la construction de chemins en milieu forestier. La recherche du matériel granulaire ou sableux étant l'une des étapes primordiales lors de cette opération.

La méthode d'inventaire de matériel granulaire comporte généralement deux phases : les travaux d'analyse préliminaires et les travaux de terrain. La première phase consiste en l'analyse des documents disponibles (cartes, photographies aériennes, documents écrits, etc.) afin d'identifier les principales unités géologiques pouvant fournir

du granulat (Brazeau, 1993). La seconde permet la validation sur le terrain des caractéristiques des sites proposés à la première phase.

L'utilisation du lidar au cours de cette première étape de planification peut indéniablement faciliter le travail, notamment en identifiant plus aisément et plus précisément les dépôts de surface. Cependant, peu d'écrits ont été réalisés jusqu'à maintenant sur l'utilisation du lidar à cette fin. De plus, il est important de préciser que l'utilisation d'outils de télédétection n'exclut en rien le besoin de campagne terrain (Smith *et al.*, 2006; Chiverrell *et al.*, 2008).

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec a produit ce document dans le but de faciliter l'identification des dépôts de surface et conséquemment la recherche de matériel favorable aux travaux de génie civil. Il est basé sur les données suivantes :

- Modèle numérique de terrain en relief ombré (MNT_ombré) produit à partir du lidar;
- Modèle numérique de terrain (MNT) produit à partir du lidar;
- Photographies aériennes d'une résolution spatiale de 30 cm en couleurs naturelles.

Modèle numérique de terrain en relief ombré (MNT_ombré)

Le modèle numérique de terrain en relief ombré est un fichier matriciel (raster) qui simule l'apparence tridimensionnelle d'une carte en relief. Il ne contient donc pas de valeur d'altitude. L'ombre et la lumière sont des nuances de gris associées à des entiers de 0 à 255 (du noir au blanc). La résolution spatiale de ce produit est de deux mètres.

Modèle numérique de terrain (MNT)

Le modèle numérique de terrain est un fichier matriciel (raster) qui fournit des valeurs réelles numériques représentant des altitudes en mètres par rapport au niveau moyen des mers. L'altitude des pixels du raster correspond à l'interpolation linéaire du réseau de triangles irréguliers créé à partir des points sol. La résolution spatiale de ce raster est d'un mètre.

Les images lidar contenues dans ce document sont le résultat d'une superposition du MNT et du MNT ombré dans le but d'accentuer le relief. Un dégradé de couleur, de même qu'une transparence, ont été appliqués au MNT.

Ces données (MNT et MNT ombré) sont disponibles gratuitement par le biais de la carte interactive des données écoforestières du Québec à l'adresse suivante :

(<https://www.donneesquebec.ca/igo/mffpecofor>).

Photographies aériennes 30 cm en couleurs naturelles

Ce fichier matriciel (raster) est un assemblage de plusieurs photographies aériennes en couleurs naturelles. Les photographies sont généralement prises à une résolution de trente centimètres au sol.

Dans un contexte d'interprétation des dépôts de surface, ces photographies aériennes devraient idéalement être utilisées en mode stéréoscopique permettant la visualisation des reliefs.

Ces données doivent être commandées et achetées à partir de la Géoboutique du Gouvernement du Québec à l'adresse suivante :

(<http://geomatheque.com/contact.aspx>).

Potentiel des dépôts pour les bancs d'emprunt

Tous les dépôts ont été classifiés selon cinq catégories de potentiel : nul, faible, bon, moyen ou très bon (Tableau 1). Cette classification a été déterminée selon la dimension des particules, la structure du dépôt (triée, stratifiée) et les contraintes à l'exploitation (présence de cours d'eau, hauteur de la nappe phréatique, etc.)

Les dépôts au potentiel « Nul » n'ont aucun intérêt pour la localisation de bancs d'emprunt de granulats.

Les dépôts au potentiel « Faible » sont ceux dont la dimension des particules est inadéquate pour la construction de chemins et dont la composition du matériel est peu propice à l'exploitation (matériel non trié).

Les dépôts au potentiel « Moyen » possèdent des particules dont les dimensions peuvent être adéquates de façon très localisée ou qui comportent certaines contraintes à leur exploitation.

Les dépôts au potentiel « Bon » sont ceux dont les dimensions des particules sont adéquates, mais dont la structure exige certaines manipulations (triage).

Les dépôts au potentiel « Très bon » sont composés de particules dont les dimensions sont adéquates et dont la structure exige peu ou pas de manipulations (triage).

Tableau 1. Potentiel des dépôts de surface pour la localisation de banc d'emprunt.

Potentiel				
Nul	Faible	Moyen	Bon	Très bon
1aa – Till de Cochrane	1a – Till indifférencié	1bc – Moraine côtelée	2a – Dépôt juxtaglacière	2ae – Esker
1ab – Champ de blocs glaciaires	1bd – Drumlins et drumlinoïdes	1bf – Moraine frontale		2ak – Kame
1ad – Till délavé	1bg – Moraine de De Geer	2be – Plaine d'épandage		2bd – Delta fluvioglaciaire
1ba – Till d'ablation	1bp – Moraine de décrépitude	4p – Plage lacustre		2at – Terrasse de kame
1bi – Moraine interlobaire	1bt – Butte à traînées de débris	6s – Plage soulevée		
1bn – Moraine ondulée	2bp – Delta d'esker			
3ac – Dépôt alluvial actuel				
3dd – Delta	3ae – Dépôt alluvial récent			
3de – Cône de déjection	3an – Dépôt alluvial ancien			
4gd – Delta glaciolacustre	3da – Cône alluvial			
4a – Plaine lacustre	4gs – Dépôt glaciolacustre à faciès d'eau peu profonde			
4ga – Dépôt glaciolacustre à faciès d'eau profonde	5g – Dépôt glaciomarin			
5a – Dépôt marin au faciès d'eau profonde	5s – Dépôt marin au faciès d'eau peu profonde			
5l – Dépôt marin au faciès d'eau profonde				
6a – Plage actuelle				
6g – Champ de bloc glaciaire soulevé				
7e – Dépôt organique épais				
7t – Dépôt organique mince				
8a – Matériaux d'altération				
8c – Colluvions				
8e – Éboulis rocheux				
8f – Felsenmeeres				
8g – Glissements de terrain				
8p – Glissements pelliculaires				
9a – Dune active				
9s – Dune stabilisée				
R – le roc				

Dépôts glaciaires

Les dépôts glaciaires ont été mis en place par l'action du glacier, sans intervention majeure des eaux de fonte. Ces dépôts sont constitués de particules de toutes tailles, lâches ou compactes, sans triage. Ils sont généralement peu prisés comme source d'approvisionnement en granulat, leur potentiel allant de nul à moyen.

1. Mise en place

Les dépôts glaciaires réfèrent à l'ensemble des sédiments mis en place par le glacier lui-même sans intervention majeure des eaux de fonte. Ils proviennent de débris du lit ou des côtés du glacier, de la déformation de la roche mère, voire même de sédiments provenant des versants de la vallée et intégrés à la glace (Benn et Evans, 2010; Tranhaile, 2013; MFFP, 2014).

2. Localisation

Les dépôts glaciaires sont présents partout au Québec. Ils constituent le dépôt le plus important en termes de superficie, soit plus de 62 % de la superficie du Québec méridional où les dépôts sont interprétés (MFFP, 2017). Le till est généralement localisé dans de grandes plaines ou des systèmes constitués de pentes plus ou moins accentuées et de formes convexes ou concaves. De plus, l'épaisseur du dépôt est intimement liée à la position sur la pente (ex. : haut de pente, mi-pente, bas de pente) et la forme du terrain (ex. : convexe, concave).

3. Description du dépôt

Les dépôts glaciaires sont constitués de till. Le till est un dépôt lâche ou compact, sans triage, constitué d'une farine de roches et d'éléments allant d'anguleux à subanguleux. La granulométrie des sédiments peut varier de l'argile au bloc, selon les régions (Gutiérrez, 2013; Tranhaile 2013; MFFP, 2014).

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec divise les dépôts glaciaires en deux catégories : ceux ne possédant aucune morphologie particulière et ceux avec une morphologie particulière facilitant leur identification (Tableau 2).

Tableau 2. Les dépôts glaciaires avec et sans morphologie particulière et leur pourcentage cartographié au Québec méridional.

Dépôts glaciaires sans morphologie particulière		Dépôts glaciaires avec morphologie particulière	
	%		%
1a – Till indifférencié	62	1ba – Till d'ablation ¹	-
1aa – Till de Cochrane	0,5	1bd – Drumlins et drumlinoïdes	0,2
1ac – Till de roches cristallines ¹	-	1bt – Butte à traînées de débris	<0,1
1as – Till de roches sédimentaires ¹	-	1bp – Moraine de décrépitude	0,9
1ad – Till délavé ¹	<0,1	1bc – Moraine côtelée (de Rogen)	<0,1
1ab – Champ de blocs glaciaires	<0,1	1bn – Moraine ondulée ²	<0,1
		1bg – Moraine de De Geer	0,1
		1bf – Moraine frontale	0,1
		1bi – Moraine interlobaire ²	<0,1

Les dépôts glaciaires sans morphologie particulière :

- Le till est mis en place d'une part à la base du glacier (till de fond), lors de la progression glaciaire, ou d'autre part à travers la glace stagnante, lors de la régression (till d'ablation). En photo-interprétation, il est plutôt difficile de les distinguer et c'est principalement pour cette raison qu'ils sont regroupés et classifiés comme « till indifférencié ». (Robitaille et Allard, 2007; MFFP, 2014);
- Au Québec, on catégorise les dépôts, particulièrement le till indifférencié, aussi selon leur épaisseur. Lorsque l'épaisseur du dépôt est inférieure à un mètre, le code de dépôt est précédé

¹ Non cartographié sur photographies aériennes.

² Très peu cartographié sur photographies aériennes.

ou suivi d'un des codes qui figurent aux tableaux suivants :

Tableau 3. Catégorie et épaisseur des tills.

Catégorie de dépôt	Code	Épaisseur modale
Dépôt épais	1a	Supérieure à 1 m
Dépôt d'épaisseur moyenne	1ay	50 cm à 1 m
Dépôt mince	1am ¹	25 à 50 cm

Dans les cas où le till alterne avec des affleurements rocheux, les classifications illustrées dans le tableau 4 s'imposent.

Tableau 4. Catégorie et épaisseur des tills avec affleurements rocheux.

Catégorie de dépôt	Code	Épaisseur modale
Dépôt de mince à très mince	R1a	Inférieure à 50 cm et les affleurements rocheux couvrent une superficie entre 25 % et 50 % de la surface à l'étude.
Dépôt absent ²	R	Les affleurements rocheux sont très abondants et représentent plus de 50 % de la surface à l'étude.

- Le till de Cochrane est spécifiquement localisé dans le nord-ouest de l'Abitibi. Il a été mis en place lors d'une seconde avancée du front glaciaire et affiche une matrice plutôt argileuse;
- Le till de roches cristallines démontre sur photographies aériennes les mêmes caractéristiques que le till indifférencié. Seule une évaluation de la texture sur le terrain peut permettre de les différencier. Il n'est donc pas cartographié sur les photographies aériennes;
- Le till de roches sédimentaires démontre sur photographies aériennes les mêmes caractéristiques

que le till indifférencié. Seule une évaluation de la texture sur le terrain peut permettre de les différencier. Il n'est donc pas cartographié sur les photographies aériennes;

- Le till délavé se retrouve d'une part dans les dépressions où l'eau a lessivé les particules fines et d'autre part sur les versants inclinés et les sommets des collines. Souvent, il est présent dans les ravines et en bordure des cours d'eau. Il est constitué d'une matrice pauvre en matières fines et une forte concentration d'éléments grossiers (cailloux, pierres, blocs);
- On peut observer le champ de blocs glaciaires dans les territoires de faible relief, notamment dans les grandes plaines ondulées de till où il est fréquent de retrouver les moraines de décrépitude et les moraines côtelées. La superficie de ce dépôt ne s'étend habituellement que sur quelques centaines de mètres carrés à quelques hectares et sa forme est souvent irrégulière. Il est composé de pierres et de blocs subarrondis, sans matrice fine.

Les dépôts glaciaires avec morphologie particulière :

- Le till d'ablation a été mis en place par la glace stagnante lors de la fonte du glacier. Il présente généralement une topographie en creux et en bosses, sans orientation précise. Les creux et bosses ont des profils évasés et larges qui les distinguent des profils étroits des creux et bosses retrouvés dans la moraine de décrépitude. Cette dernière affiche aussi une fréquence plus élevée de creux et bosses que celle retrouvée dans le till d'ablation. Le till d'ablation est composé d'une matrice pauvre en matières fines caractérisée par une forte concentration de sable. Il comprend aussi une proportion élevée de graviers, cailloux, pierres et blocs;
- La forme typique d'un drumlin est un demi-ellipsoïde ou un dos de baleine dont l'axe principal est parallèle à l'écoulement du glacier. Ils peuvent être uniques mais sont plus souvent en groupe de plusieurs individus (champ de drumlins). Les drumlinoïdes se

¹ Le code M1A existe (dépôt très mince) mais n'est pas utilisé en photo-interprétation.

² Le dépôt absent est détaillé dans la fiche « Substrat rocheux ».

distinguent des drumlins par leurs formes plus étroites et plus effilées;

- Tout comme les drumlins et les drumlinoïdes, les buttes à traînées de débris ont une forme profilée, allongée dans le sens de l'écoulement glaciaire. Elles sont composées de till et elles comportent une butte rocheuse à l'amont du dépôt;
- La moraine interlobaire est formée à la limite entre deux lobes glaciaires. Elle se présente comme une crête ou un remblai aplati, continu et sinueux, qui atteint parfois plusieurs dizaines de mètres de hauteur et des centaines de kilomètres de longueur. La moraine interlobaire est largement dominée par des dépôts fluvioglaciaires et des sédiments glaciaires : sable, gravier et blocs. Les dépôts sont stratifiés à certains endroits et sans structure sédimentaire apparente ailleurs;
- La moraine de décrépitude est déposée lors de la fonte d'un glacier. Les débris s'accumulent généralement sur le till de fond, beaucoup plus dense et compact. Elle présente une topographie typique, en creux et en bosses, sans orientation précise. Les creux et bosses ont un profil étroit et leur fréquence est plus grande que celle retrouvée dans le till d'ablation ou le dépôt juxtaglaciaire. Cette moraine est généralement constituée de till lâche, délavé et souvent mince par rapport au till sous-jacent. Elle renferme une forte proportion d'éléments grossiers et peut aussi comporter des poches de sédiments stratifiés;
- La moraine côtelée, aussi appelée moraine de Roggen, est mise en place sous un glacier. Elle présente une succession de crêtes alignées parallèlement au front glaciaire. Les crêtes, larges et au sommet plat, peuvent atteindre une longueur de quelques kilomètres. L'espace concave entre les crêtes est d'ordinaire plus étroit que la largeur du sommet des crêtes. Les crêtes qui forment la moraine côtelée se composent de till riche en bloc, qui peut renfermer des couches de sédiments triés par l'eau;
- La moraine ondulée est mise en place en bordure d'une marge glaciaire active. Les crêtes basses (de 3 m à 10 m) s'alignent parallèlement au front

glaciaire. Elles sont séparées par de petites dépressions, parfois humides;

- La moraine de De Geer est mise en place dans des nappes d'eau peu profondes, au front des glaciers. Il présente une topographie formée de petites crêtes (de 3 m à 10 m) parallèles au front glaciaire. Les crêtes, fines et étroites, sont généralement entrecoupées de terrains lisses, réguliers et souvent plats. La petite crête qui forme la moraine de De Geer se compose de till, parfois délavé en surface, généralement pierreux et parfois recouvert de blocs ou de graviers;
- La moraine frontale, formée au front des glaciers, marque avec précision la position ancienne d'un front glaciaire. Elle atteint parfois plusieurs dizaines de mètres de hauteur et des centaines de kilomètres de longueur. La moraine frontale comporte une accumulation importante de sédiments glaciaires : sable, gravier et blocs. Les dépôts sont stratifiés à certains endroits et sans structure sédimentaire apparente ailleurs.

4. Critères d'identification

Till épais (1a)

D'entrée de jeu, la localisation géographique, la cartographie existante et la position topographique doivent être connues et analysées lors de l'interprétation de l'épaisseur de ce dépôt, car l'interprétation de celle-ci intègre des critères contextuels et de comparaison.

Par ailleurs, les modèles ombrés ne rendent pas une appréciation juste de l'inclinaison des pentes. Ainsi un rendu lisse du sol peut être un terrain plat ou une pente régulière. Les modèles ombrés ne permettent pas non plus de déduire les changements de pentes qui peuvent signifier l'augmentation de l'épaisseur du dépôt meuble sur les versants. La grande force du modèle ombré est de permettre de voir la texture du sol sous la canopée.

- Indices sur lidar

Dans les territoires au relief plat, le till épais est omniprésent dans les plaines ondulées alors que dans les secteurs de coteaux, il est accompagné de drumlins ou de moraines côtelées.

Dans les secteurs dominés par les collines et les monts, les critères suivants peuvent être utilisés afin d'identifier le till épais :

- a) Le till épais se retrouve sur les versants en bas de pentes, en pentes concaves ou sur les sommets aplatis aux formes évasées (Figure 1);
- b) Il peut être en position de mi-pente sur les versants s'il y a une réduction significative de l'inclinaison de la pente;
- c) La présence de ravines indique un till épais (Figures 1, 2 et 3);
- d) Il y a peu ou pas de lignes de fractures, de failles à la surface du sol;
- e) La texture du sol est relativement lisse;
- f) La profondeur des fossés de drainage des infrastructures routières, lorsque présentes, peut permettre de constater un till épais;
- g) Le till sera épais sur les sites dont la topographie présente des formes de terrain larges, évasées, au relief doux et peu accentué.

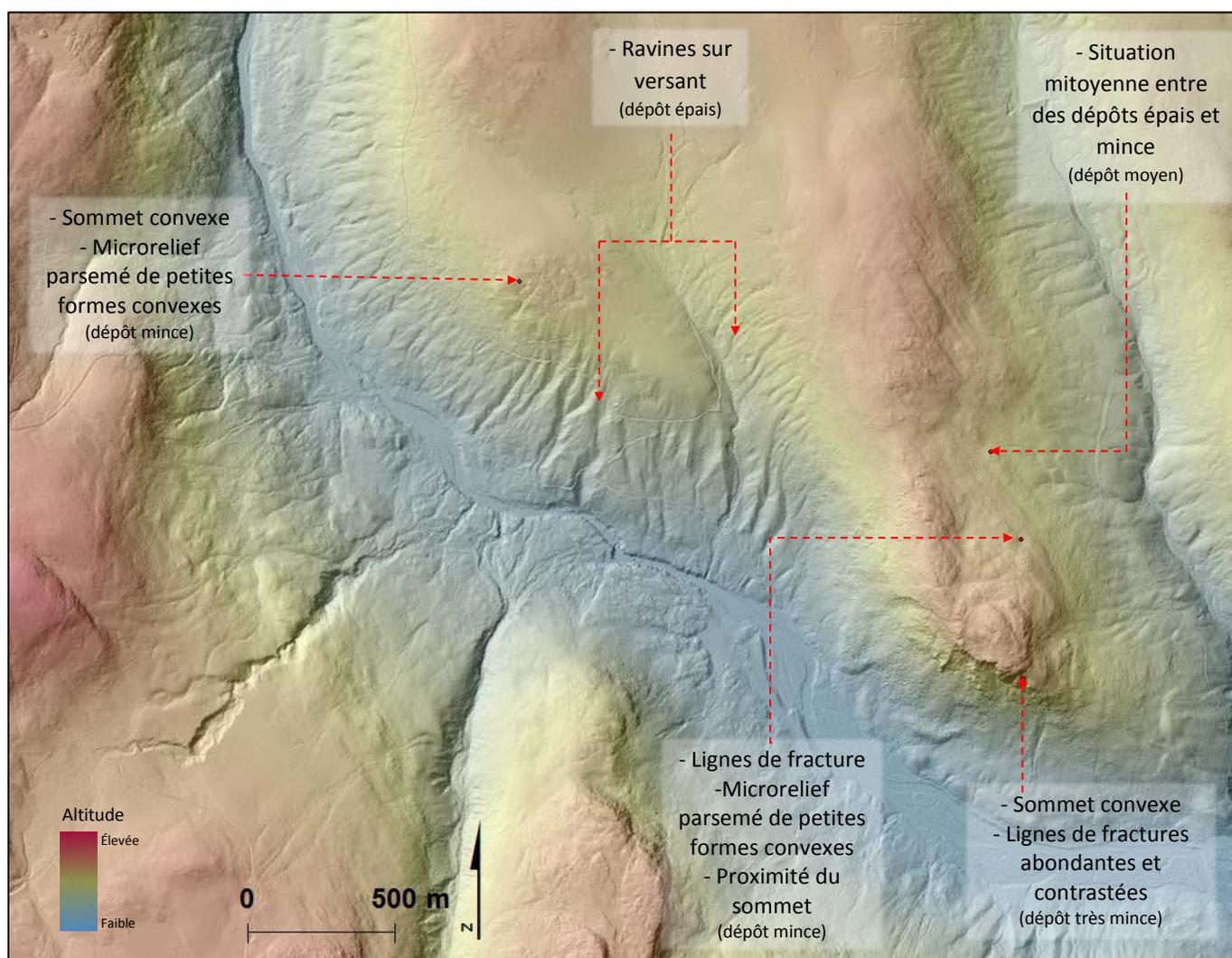


Figure 1. Exemple de tills sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

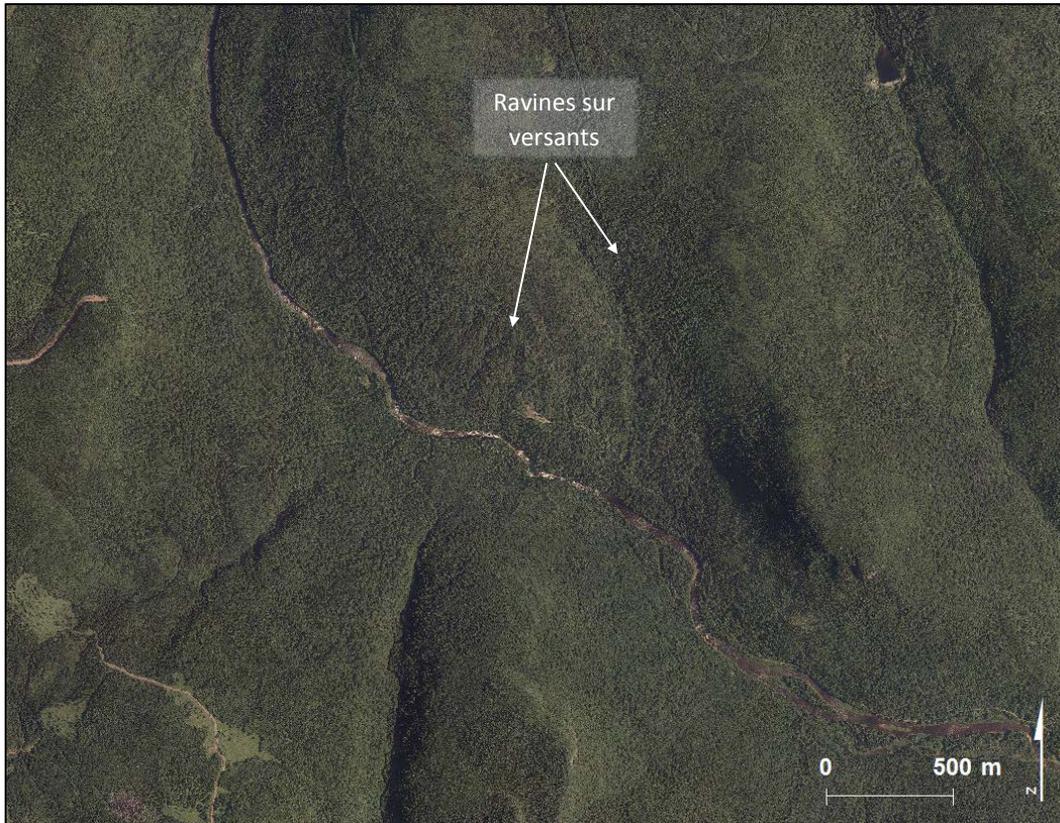


Figure 2. Exemple de tills sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

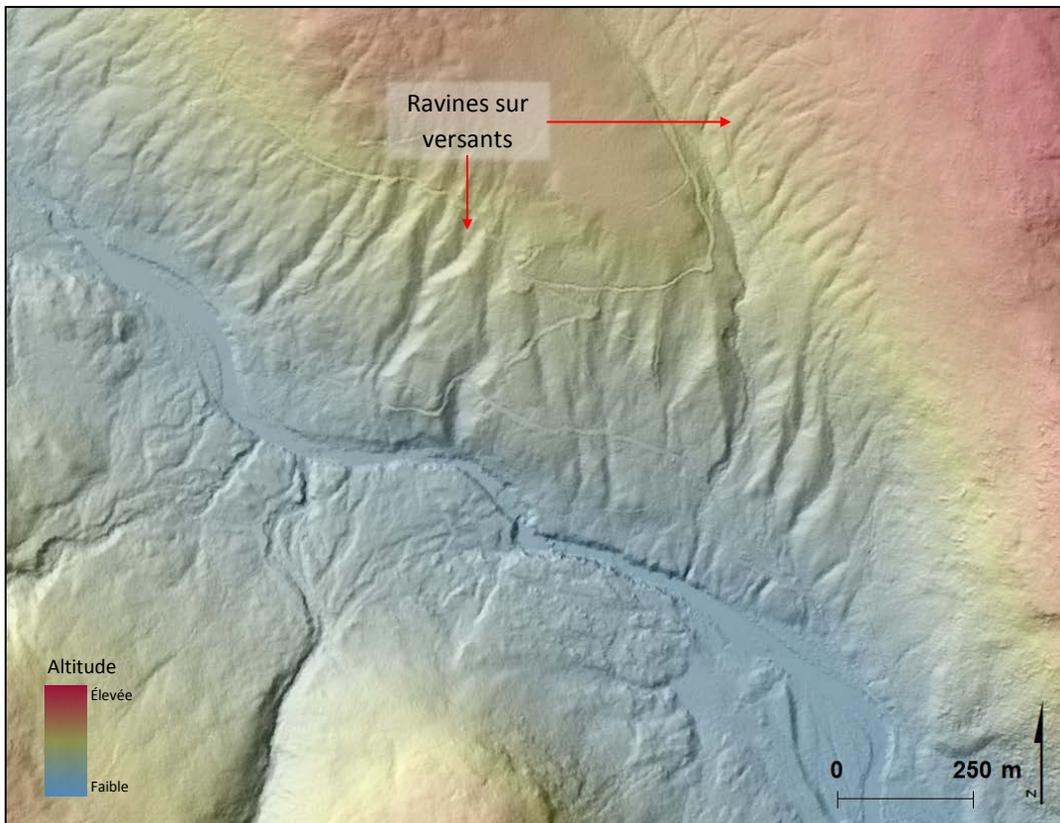


Figure 3. Exemple de ravines dans le till épais sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas.

Till d'épaisseur moyenne (1ay)

- Indices sur lidar

- a) Le till d'épaisseur moyenne peut se retrouver sur des topographies variées (ex. : mi-pente, sommet plat, etc.);
- b) L'interprétation de l'épaisseur du till intègre des critères contextuels et de comparaison. En l'occurrence, le till d'épaisseur moyenne est un dépôt transitoire entre le till épais et le till mince. Conséquemment, il s'interprète à l'aide de critères observables dont l'affluence est à mi-chemin entre celle des critères utilisés pour interpréter le till épais et l'affluence des critères utilisés pour identifier le till mince (Figure 1).

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas.

Till mince (1am)

- Indices sur lidar

- a) Le till mince peut se retrouver sur des topographies variées (ex. : pentes et sommets convexes, sommets plats, etc.);
- b) On peut observer les formes du microrelief (failles, stries, lignes de fracture) témoignant de la proximité du socle rocheux (Figure 4);

- c) Les lignes de fractures ou failles sont peu abondantes lorsque comparées aux secteurs environnants plus minces;
- d) Ce dépôt peut aussi s'observer sur une pente de forme convexe ou au sommet d'une pente très forte où il y a présence de roc (R ou R1a).

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas.

Till très mince (R1a)

- Indices sur lidar

- a) Le till très mince peut se situer sur un terrain dont la pente est forte ou non mais où la présence de lignes de fractures est toujours abondante;
- b) Les lignes de fractures ou failles sont davantage contrastées lorsque comparées aux secteurs environnants plus épais (Figure 5);

- Indices sur photographies aériennes

- a) La présence du roc en surface affichera une teinte gris pâle associée à la roche nue et à la présence de lichen qui colonise ces sites (Figure 6);
- b) Ces secteurs sont souvent plus secs et supportent la présence de lichens ou de végétation xérophiles (chênes, pins blancs, etc.). Dans les domaines bioclimatiques de la pessière à mousses et de la sapinière à bouleau blanc, ces sites contraignent à une densité plus faible de la végétation.

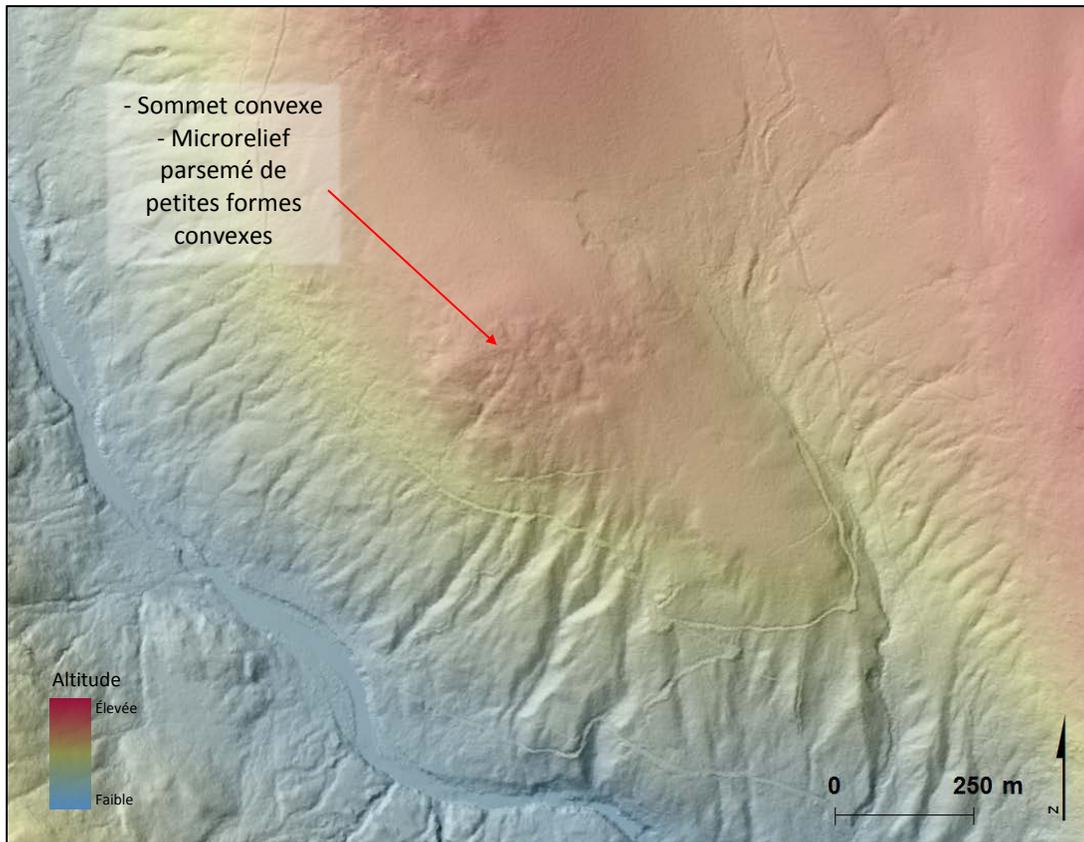


Figure 4. Exemple de till mince (1am) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

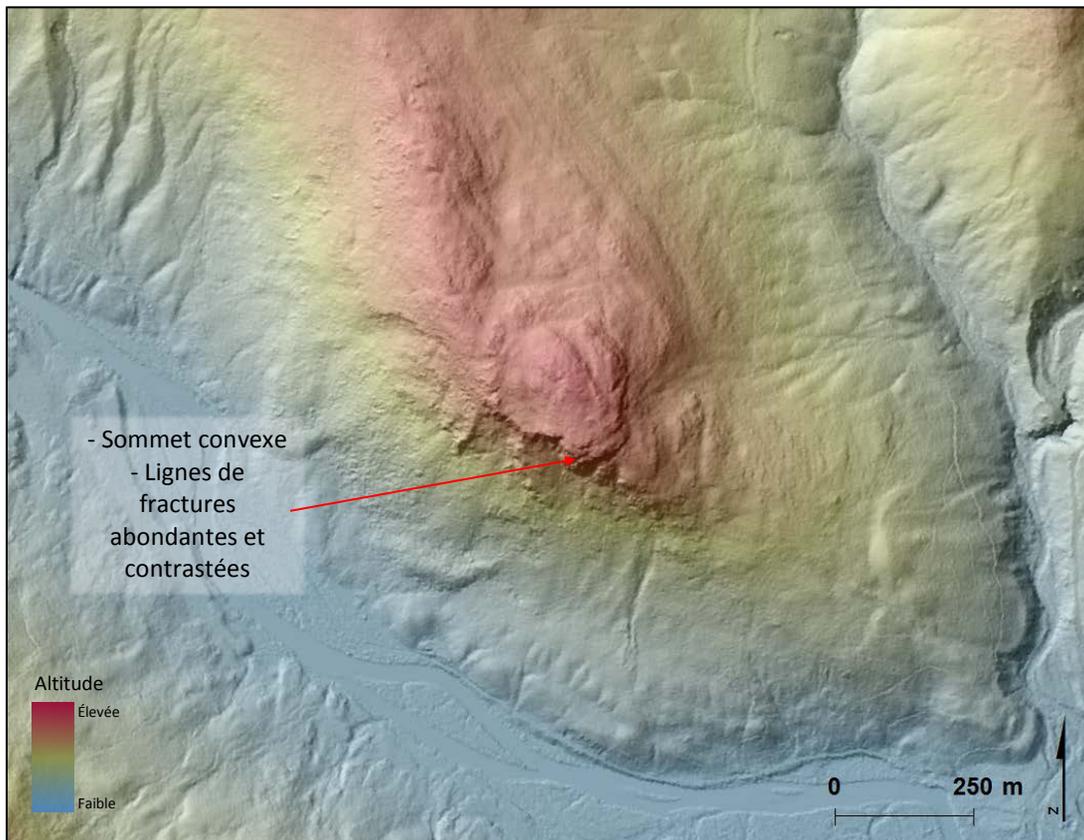


Figure 5. Exemple de till très mince (R1a) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.



Figure 6. Exemple de till très mince (R1a) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

Champ de blocs glaciaires (1ab)

- Indices sur lidar

- a) Le champ de blocs glaciaires s'identifie très difficilement à l'aide du lidar (Figure 7). La photographie aérienne est le meilleur outil pour l'interpréter.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Le territoire présente un relief plutôt plat comme les grandes plaines ondulées de till;
- b) La superficie de ce dépôt ne s'étend habituellement que sur quelques centaines de mètres carrés à quelques hectares et sa forme est souvent irrégulière;
- c) Le secteur est occupé par une forte concentration de pierres et de blocs sans matrice (Figures 8 et 9).

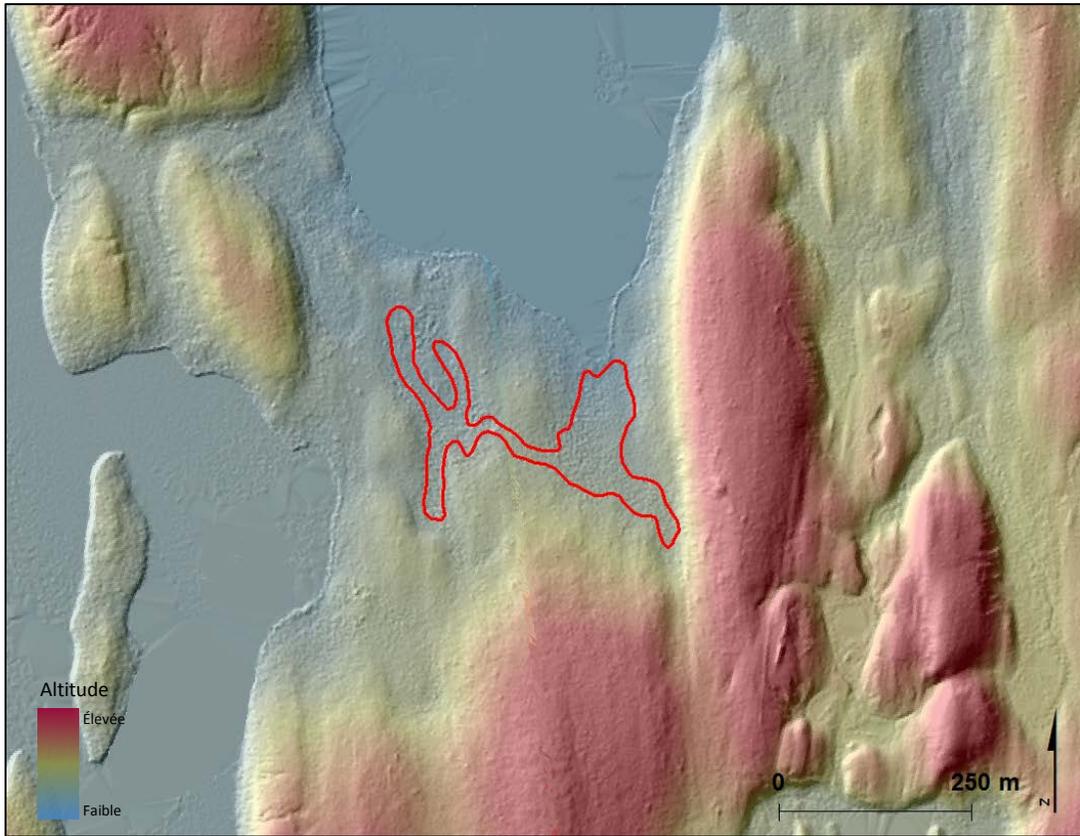


Figure 7. Exemple de champ de blocs glaciaires (1ab) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.

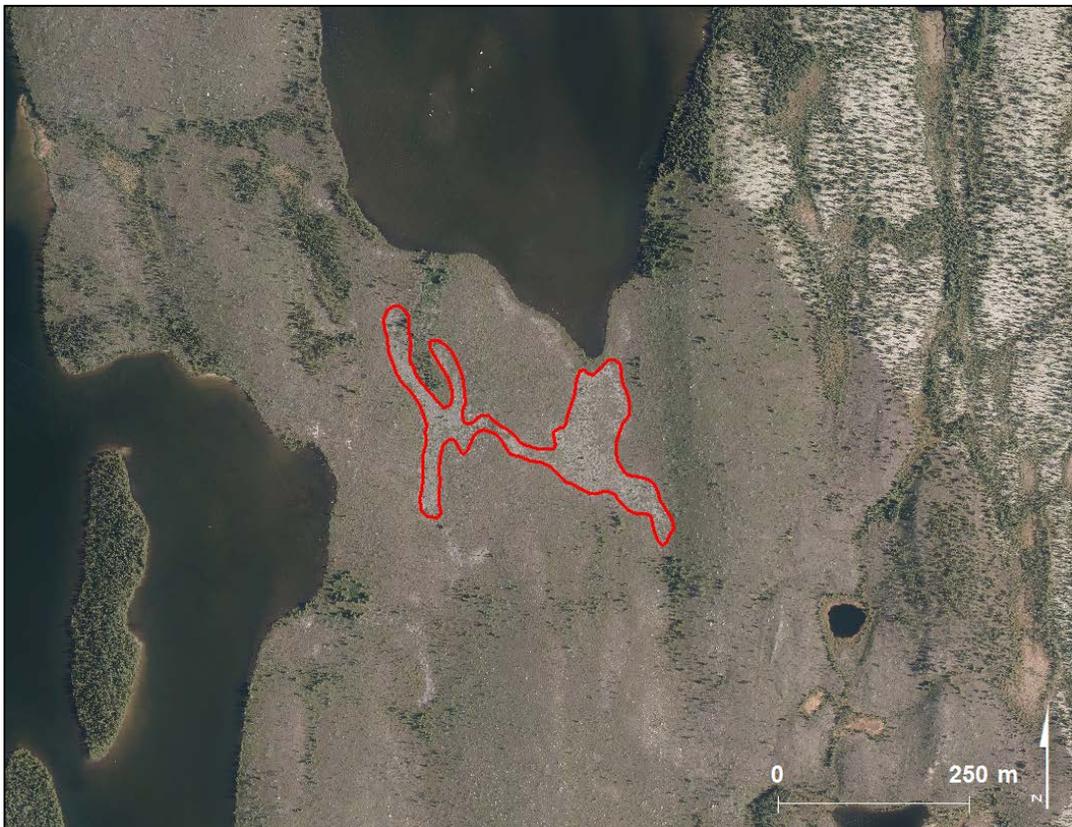


Figure 8. Exemple de champ de blocs glaciaires (1ab) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.

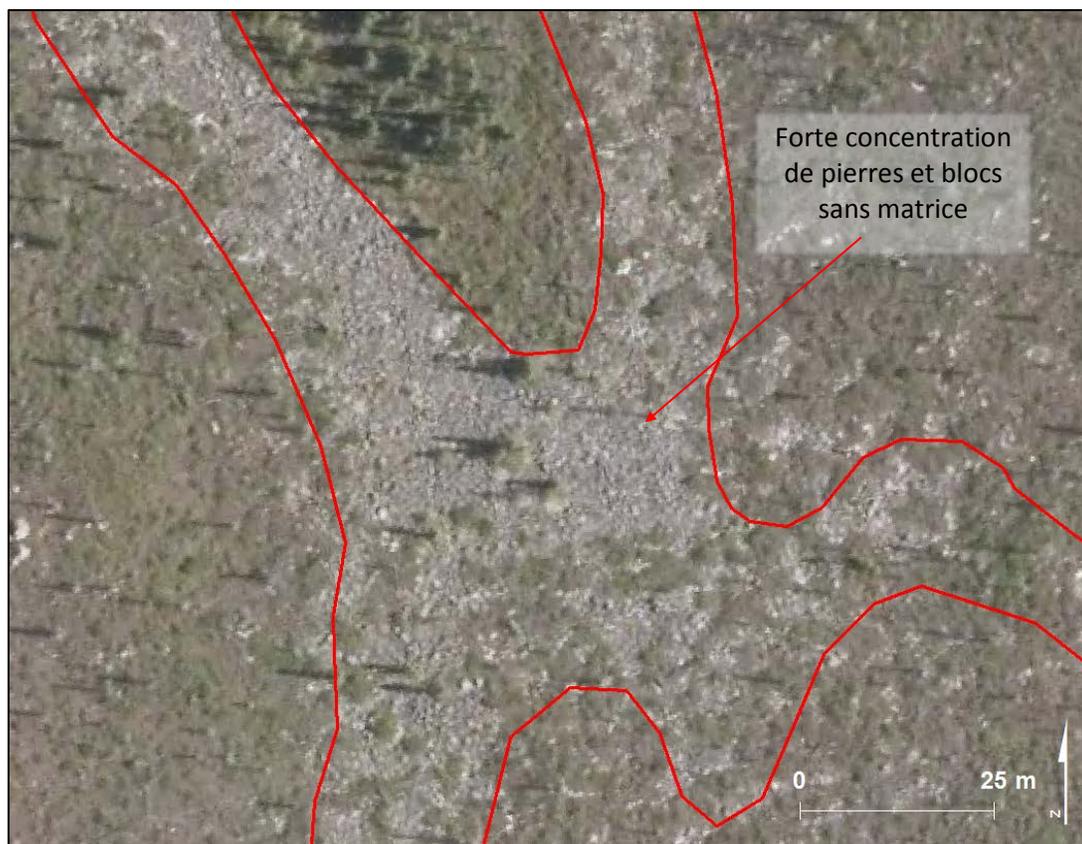


Figure 9. Exemple de champ de blocs glaciaires (1ab) sur photographie aérienne dans la peissière à mousses de l'Ouest.

Drumlins, drumlinoïdes (1bd) et buttes à traînées de débris (1bt)

- Indices sur lidar

- a) Les drumlins, drumlinoïdes et buttes à traînées de débris se situent généralement sur des territoires où la topographie est peu accidentée telles des plaines ondulées de till. Ces secteurs sont souvent très épais (Figures 10, 11 et 12);
- b) Leur forme typique est un demi ellipsoïde ou un dos de baleine dont l'axe principal est parallèle à l'écoulement du glacier. Ils peuvent atteindre de quelques mètres à quelques dizaines de mètres de hauteur (Figures 10 et 12);
- c) Ils peuvent être uniques mais sont plus souvent en groupe de plusieurs individus (champ de drumlins);

- d) Les drumlins sont souvent séparés les uns des autres par des petites bandes de dépôts organiques. Ce patron s'observe également pour les buttes à traînées de débris;
- e) La surface de ces formes présente une faible pierrosité;
- f) En ce qui a trait aux buttes à traînées de débris, il est possible de percevoir le noyau rocheux qui a donné naissance à la traînée qui ressemble à un drumlin (Figures 13 et 14).

- Indices sur photographies aériennes

Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas.

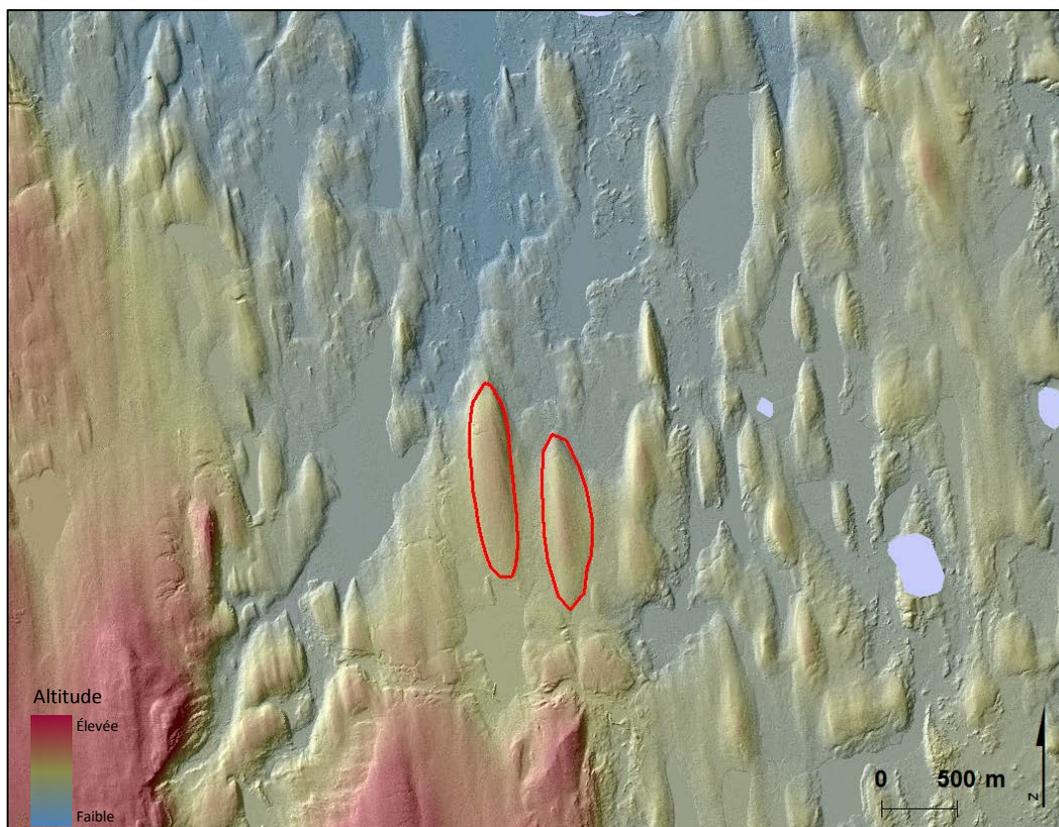


Figure 10. Exemple de champs de drumlins (1bd) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.



Figure 11. Exemple de champs de drumlins (1bd) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.

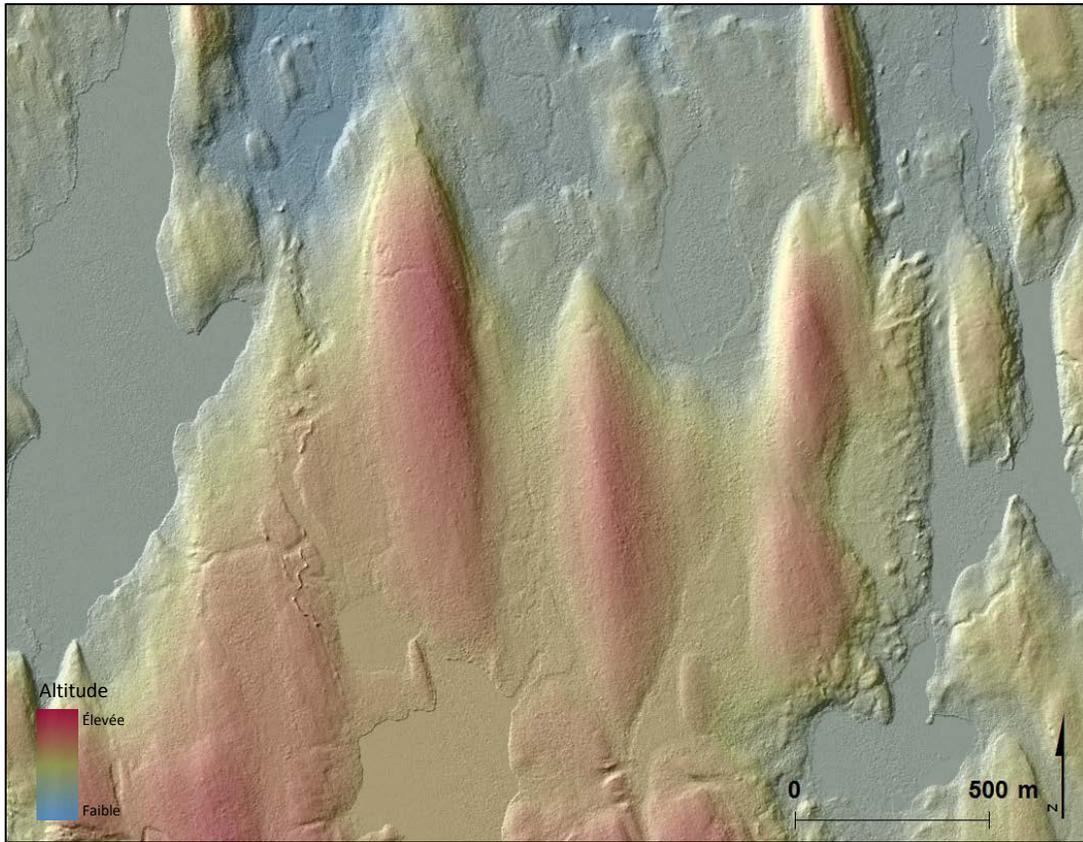


Figure 12. Exemple de drumlins (1bd) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.

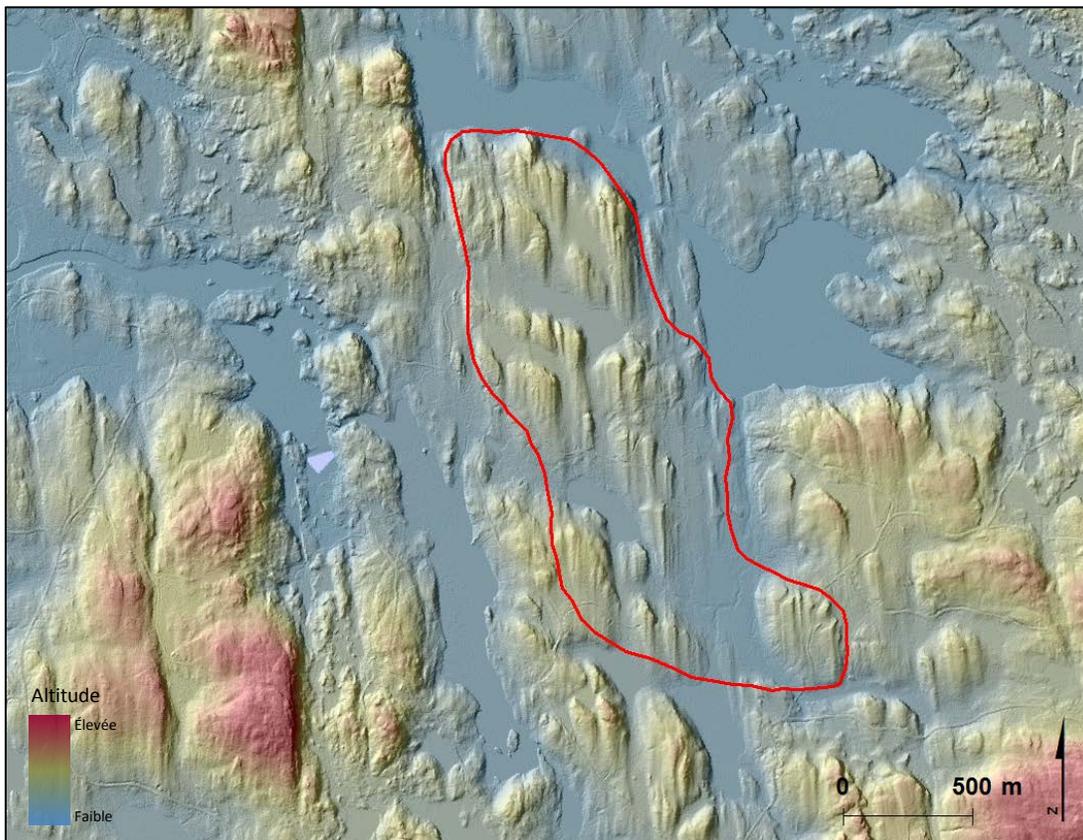


Figure 13. Exemple de buttes à traînées de débris (1bt) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

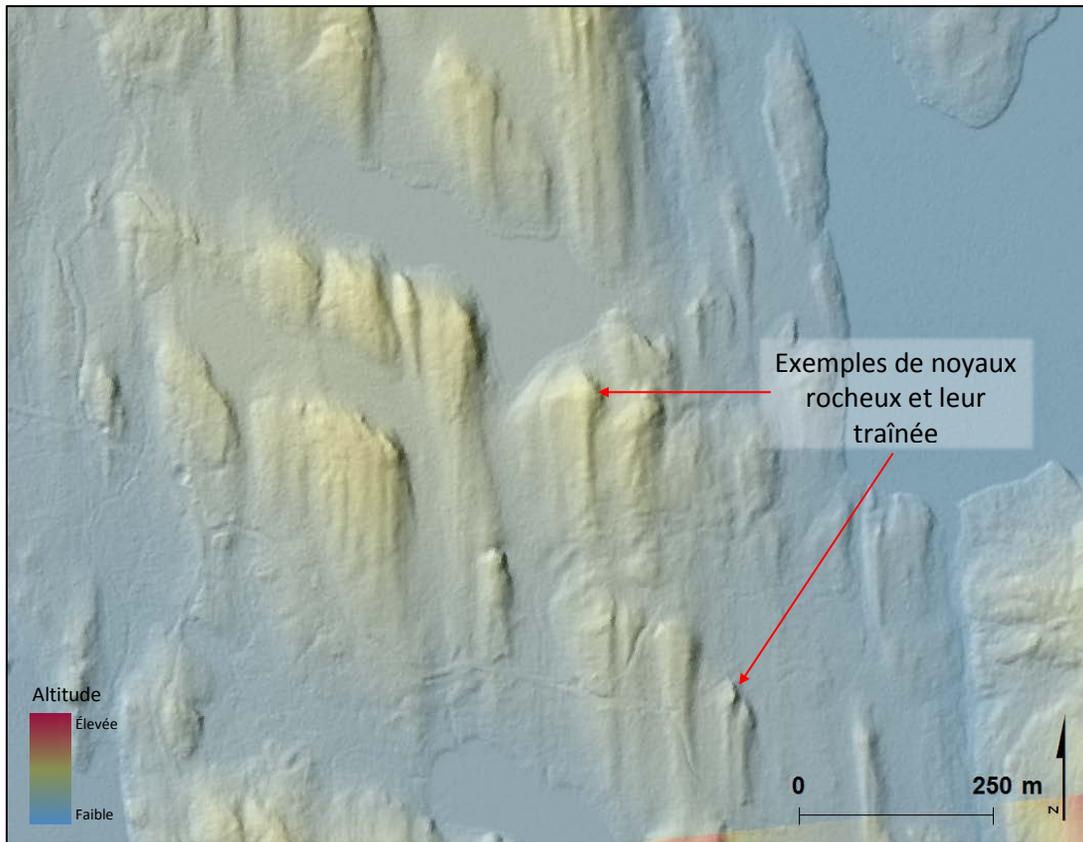


Figure 14. Exemple de buttes à traînées de débris (1bt) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

Moraine de décrépitude (1bp)

- Indices sur lidar

- La moraine de décrépitude est mise en place dans les vallées et les plaines;
- Elle se situe au bas des versants de till, souvent à la marge des systèmes fluvioglaciaires (Figure 15);
- Elle arbore un assemblage de creux et de bosses sans orientation précise. Les bosses sont généralement étroites et peuvent atteindre quelques mètres de dénivelé (Figures 15 et 16);
- Attention de ne pas confondre avec le dépôt juxtaglaciaire (2a). Le profil du juxtaglaciaire est plus étendu ou évasé que celui de la moraine de décrépitude qui est plus aigu. D'autre part, la moraine de décrépitude occupera des positions

plus hautes sur le versant que la plupart des dépôts juxtaglaciaires;

- La texture du relief est très rugueuse en raison de l'abondance des buttes et au profil étroit de celles-ci (Figure16).

- Indices sur photographies aériennes

- Certains indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- La végétation arborescente est moins dense et moins haute que celle qui s'est installée dans la plaine d'épandage ou sur le till environnant la moraine de décrépitude;
- Dans les territoires de la forêt boréale, il peut y avoir une plus grande abondance de lichens et/ou d'éricacées, de pins et/ou d'épinettes noires que dans la plaine d'épandage ou sur le till environnant.



Figure 15. Exemple de moraine de décrépitude (1bp) lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

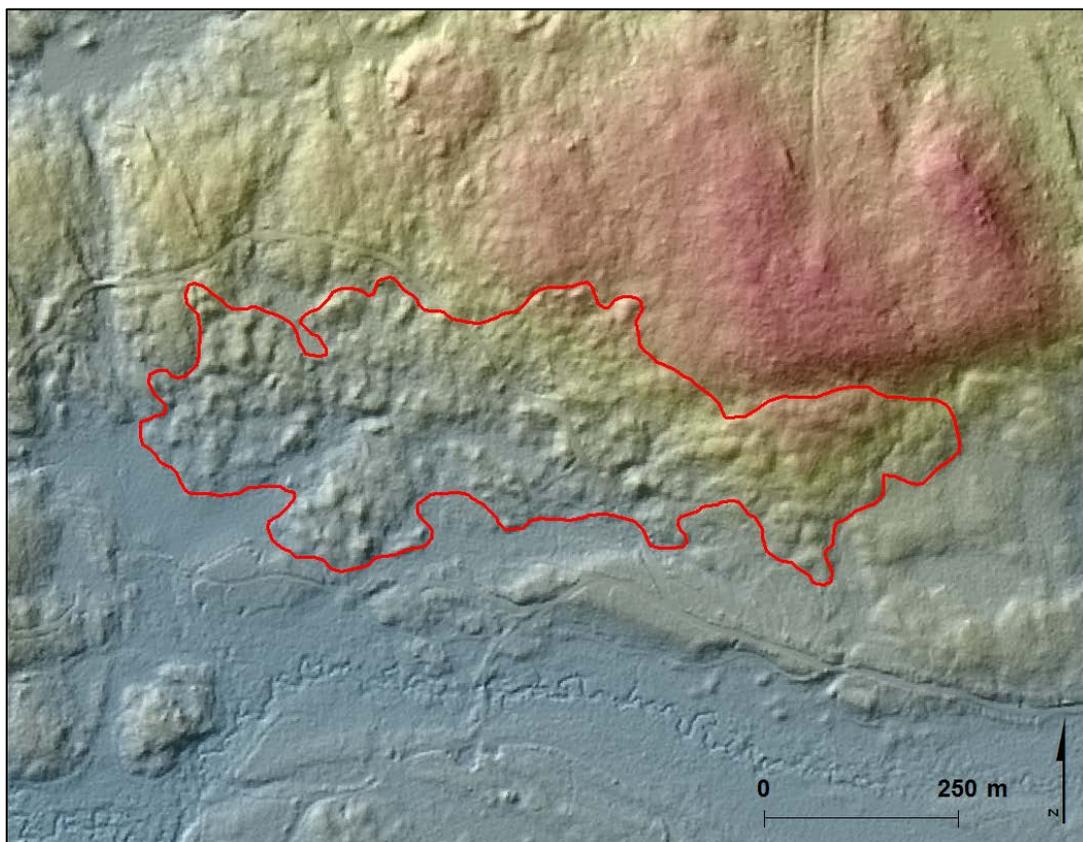


Figure 16. Exemple de moraine de décrépitude (1bp) lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

Moraine côtelée ou de Rogen (1bc)

- Indices sur lidar

- La moraine côtelée se retrouve généralement dans les territoires où la topographie est peu accentuée telles des plaines ondulées en till, soit des secteurs où le dépôt est généralement épais (Figure 17);
- Elle est formée de crêtes parallèles au front du glacier. Les crêtes peuvent atteindre une dizaine de mètres de hauteur;
- Elles sont toujours en groupe de plusieurs structures morainiques;
- Souvent, les crêtes sont sectionnées sur leurs longueurs, séparées les unes des autres par de

petites bandes de dépôt organique ou des étangs;

- La moraine côtelée est couramment localisée à proximité de drumlins. On peut remarquer dans ces cas que les moraines côtelées occupent les parties les plus basses du territoire, alors que les drumlins occupent les parties les plus élevées;
- On devine souvent leur présence par les rives en dents de scie des lacs.

- Indices sur photographies aériennes

- Certains indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes (Figure 18);
- La surface des crêtes affiche une forte pierrosité.

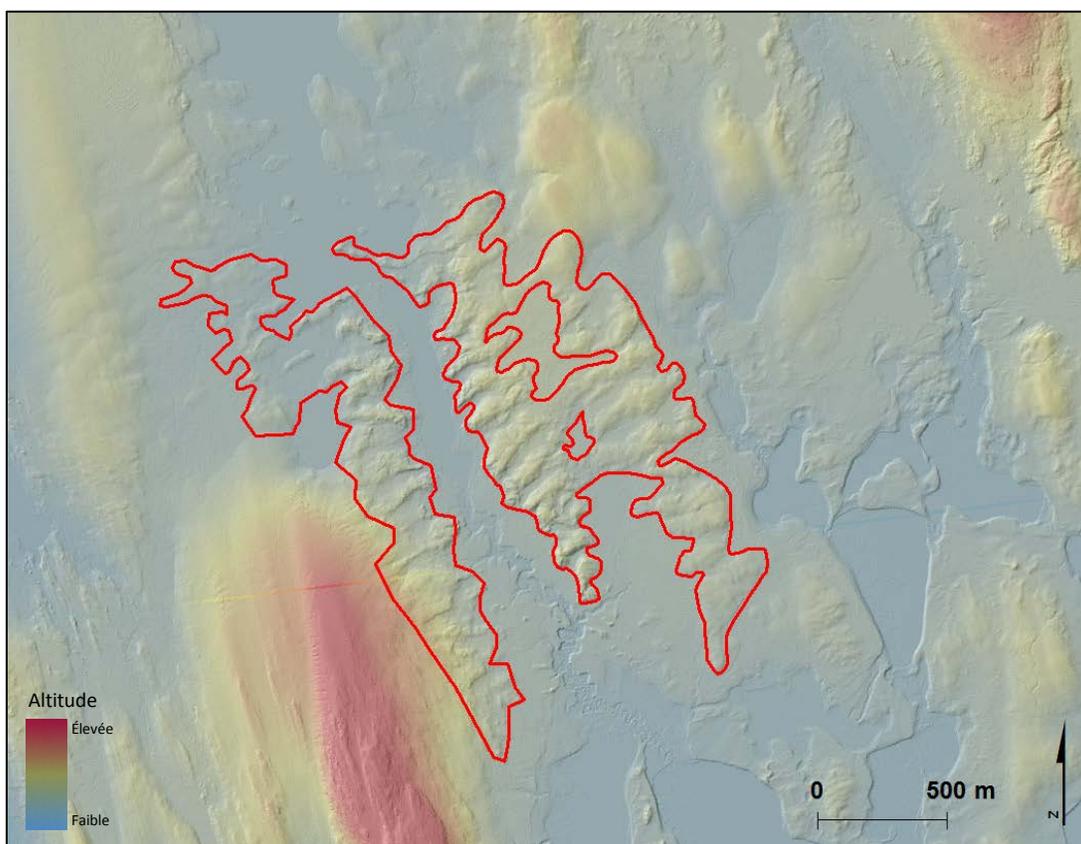


Figure 17. Exemple de moraines côtelées (1bc) sur lidar dans la pessière à mousse de l'Ouest.

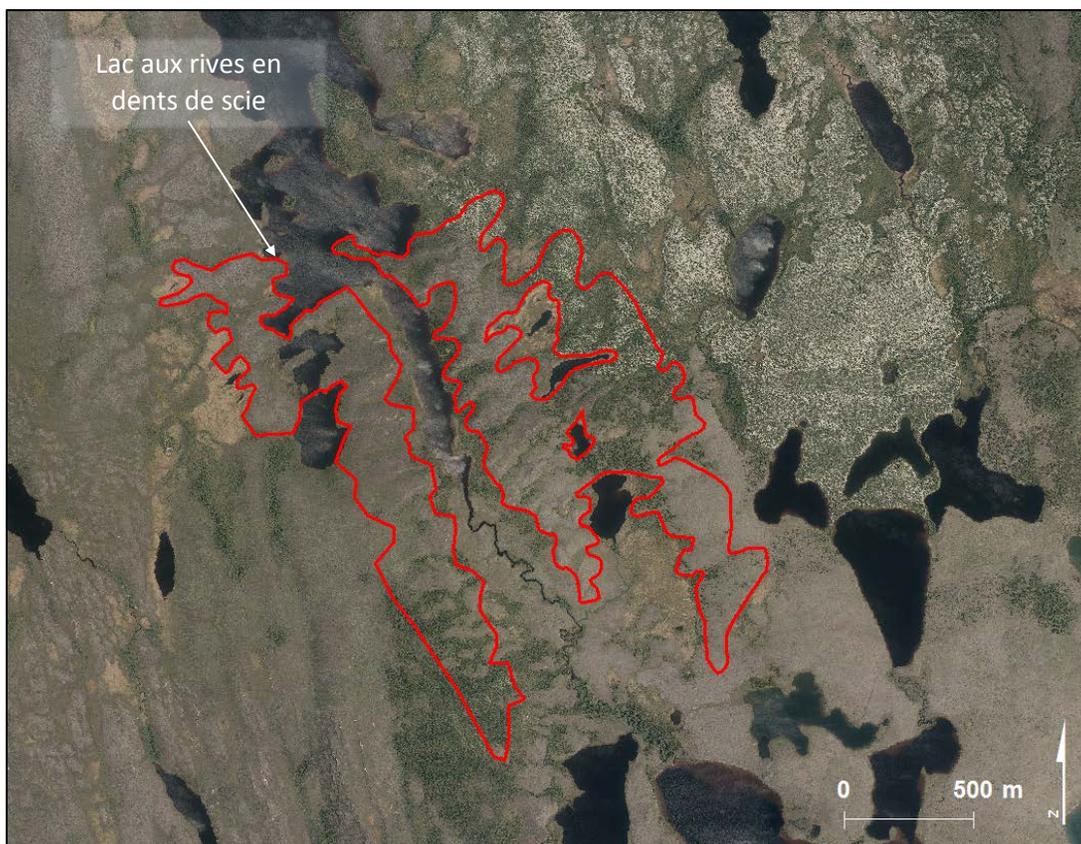


Figure 18. Exemple de moraines côtelées (1bc) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.

Moraine de De Geer (1bg)

- Indices sur lidar

- a) La moraine de De Geer est mise en place dans les zones jadis envahies par les mers glaciaires et les lacs proglaciaires;
- b) Elle est constituée de crêtes étroites de formes linéaires (quelques mètres de large, 1 à 5 m et jusqu'à quelques dizaines de mètres de long). La hauteur des crêtes dépasse rarement deux mètres (Figure 19);
- c) On retrouve toujours les crêtes en groupe et positionnées parallèlement au front glaciaire.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Certains indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) La végétation arborescente est plus pauvre, moins dense, moins haute que celle qui s'est installée, à proximité, dans la plaine d'épandage ou sur le till;
- c) Dans les territoires de la forêt boréale, il peut y avoir abondance de lichens et/ou d'éricacées sur les crêtes (Figure 20);
- d) La pierrosité au sol est très élevée.

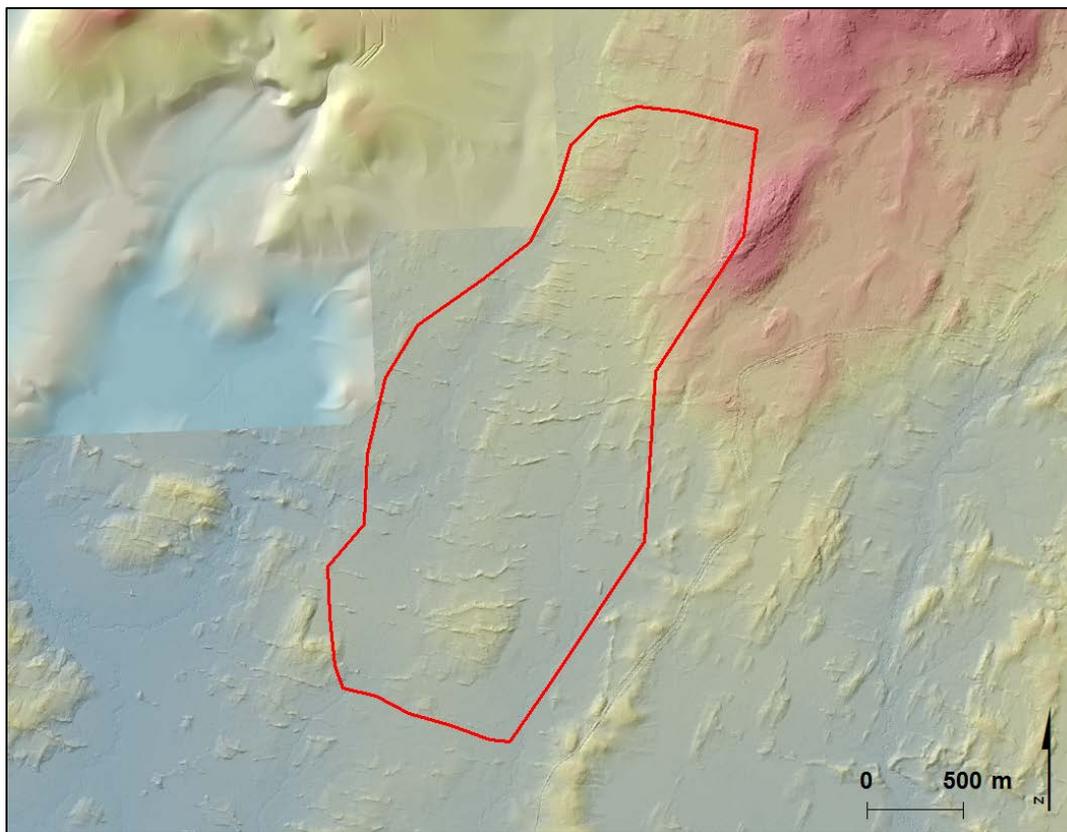


Figure 19. Exemple de moraine de De Geer (1bg) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Ouest.

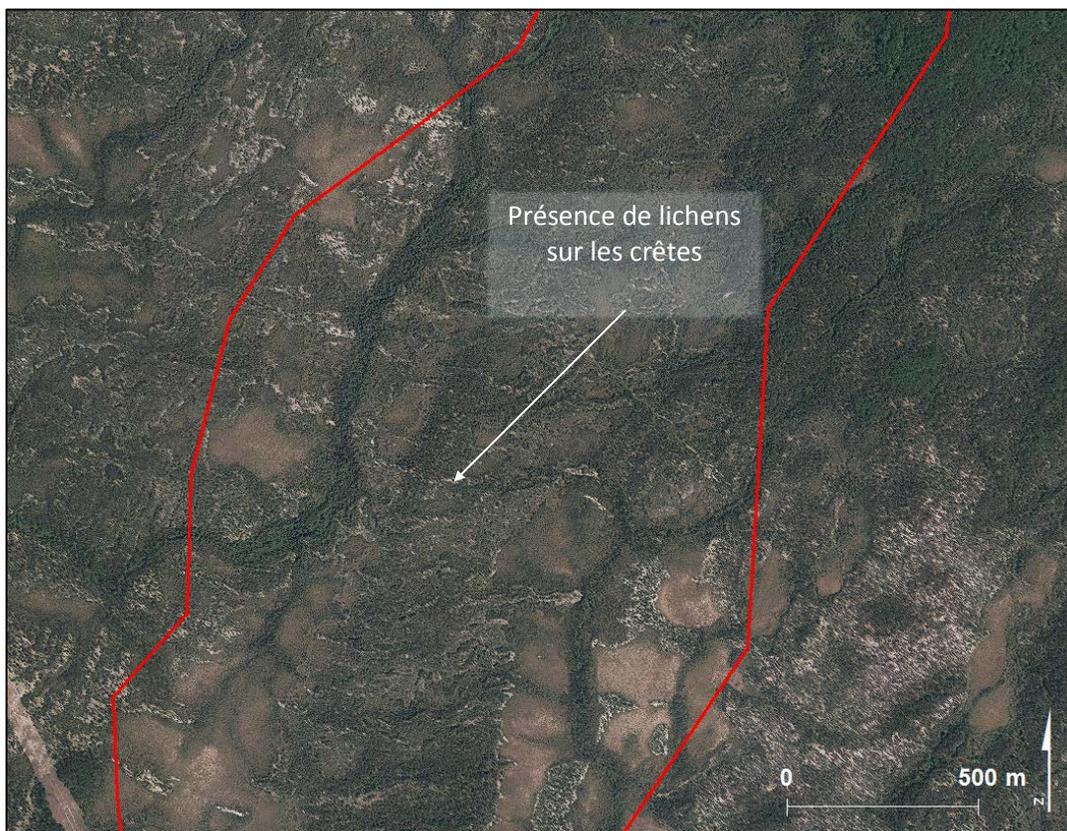


Figure 20. Exemple de moraine de De Geer (1bg) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Ouest.

Moraine frontale (1bf)

En premier lieu, il importe de consulter la cartographie et les études existantes, car la plupart des fronts morainiques ont été recensés.

- Indices sur lidar

- a) La moraine frontale est une crête qui se présente comme un cordon sinueux de largeur variable, souvent discontinu et dont l'orientation globale est généralement Est-Ouest même si certaines portions adoptent des orientations différentes;
- b) Elle occupe sans préférence toutes les positions topographiques. Elle n'est pas associée à une position topographique comme l'esker;
- c) Derrière les grands fronts principaux, il y a souvent une succession de crêtes basses parallèles comme des ondulations du terrain qui donne un aspect ridé (Figure 22);
- d) La texture apparaîtra plus lisse au-devant du front de la moraine (Figure 21);
- e) Les longueurs de segments font quelques dizaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres;
- f) La largeur de la crête est très variable. Elle se situe entre une dizaine de mètres et plus d'une centaine;
- g) La hauteur varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres.

- Indices sur photographies aériennes

Généralement, seulement les crêtes principales suffisamment élevées sont décelables parce que celles-ci soulèvent la végétation suivant leurs parcours sinueux, imprimant ainsi sa forme et son orientation dans le paysage.

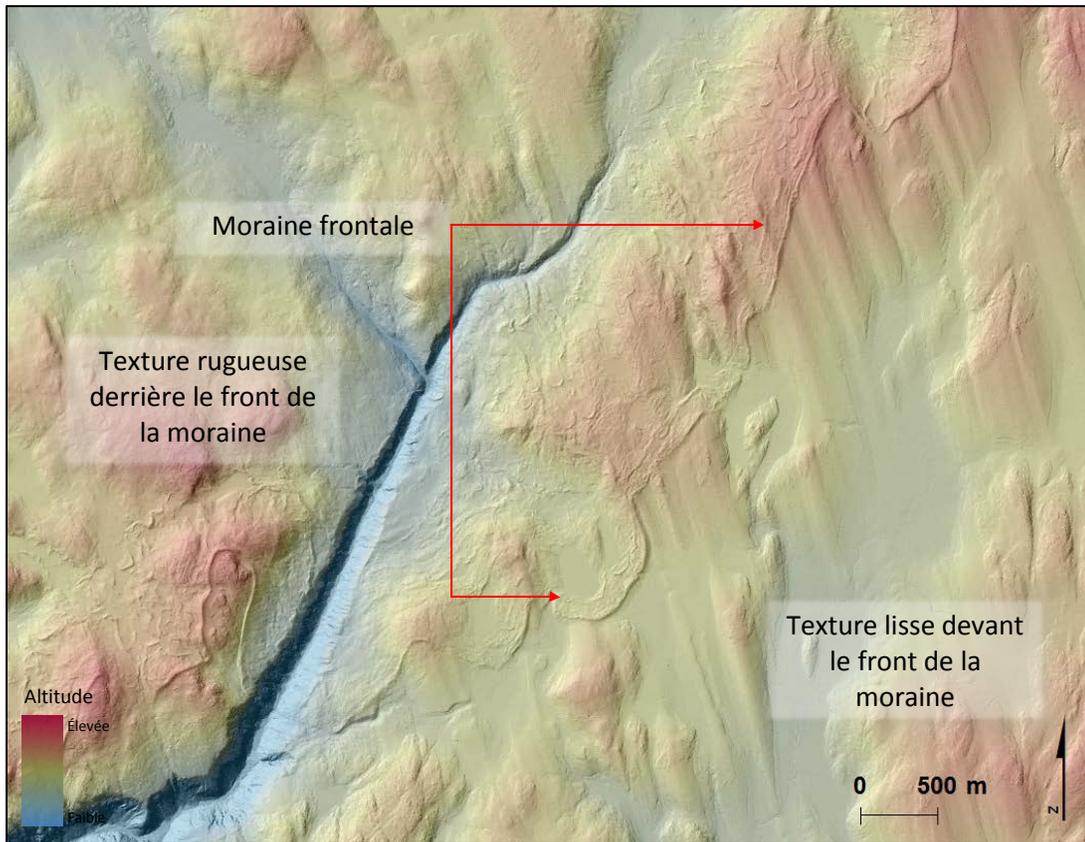


Figure 21. Exemple de moraine frontale (1bf) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

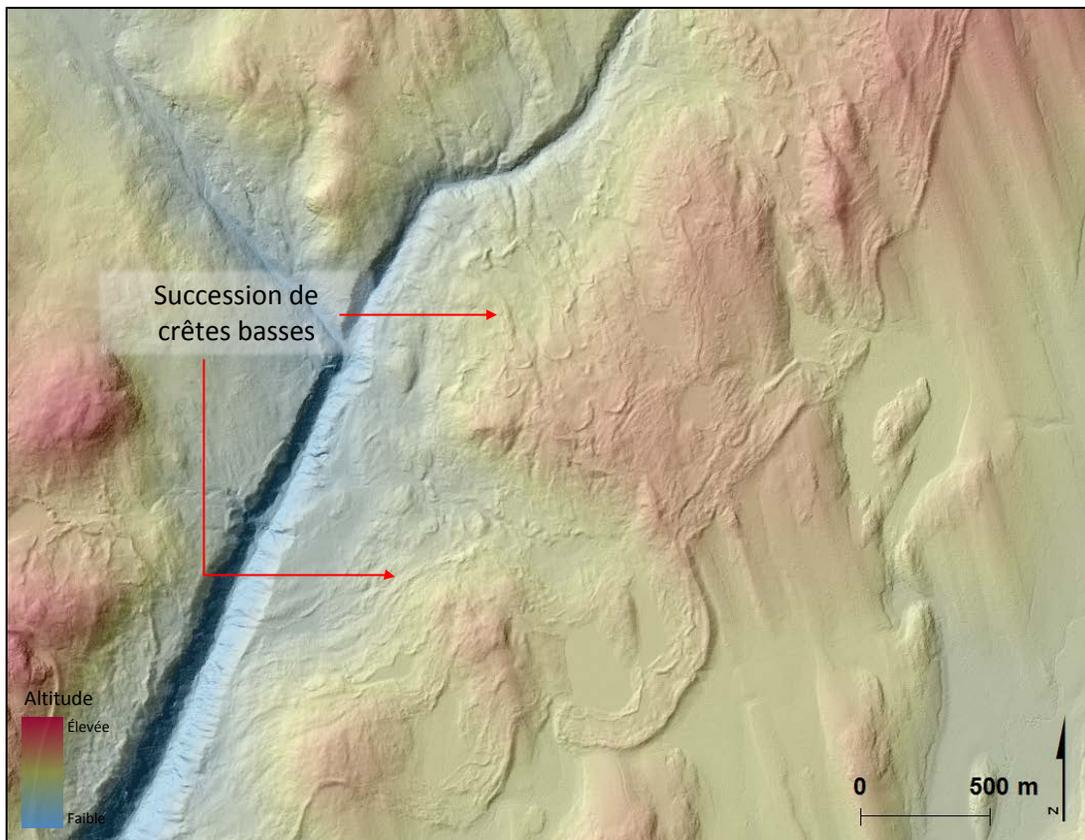


Figure 22. Exemple de moraine frontale (1bf) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Les dépôts glaciaires ne sont guère prisés pour localiser les bancs d'emprunt.

La moraine frontale (1bf) peut présenter un potentiel moyen pour certaines sections de celle-ci. Par endroits, les matériaux de la moraine ont été remaniés par l'action des vagues des mers ou encore transportés par les eaux de fonte du glacier. Il en résulte, pour des endroits précis, un dépôt moins hétérogène et composé surtout de sable et de gravier stratifiés avec des lits de cailloux (Brazeau, 1993). Il est à noter que les moraines frontales qui ont été en contact avec l'invasion marine semblent présenter assez souvent un potentiel intéressant pour les gravières. Ce matériel est localisé néanmoins en périphérie de la moraine, généralement sur le flanc opposé au retrait du glacier ou sur la plaine d'épandage devant la moraine

La moraine côtelée (1bc) offre également un potentiel moyen. Les crêtes qui forment la moraine côtelée se composent de till sableux pouvant contenir du gravier et des blocs, qui peut renfermer des couches de sédiments triés par l'eau (MFFP, 2014). Un tri risque d'être nécessaire et des blocs de dimensions importantes peuvent être contraignants.

Les autres dépôts glaciaires ont un potentiel pour l'exploitation de sable et gravier variant de nul à faible. Il est possible, pour certains secteurs bien précis, que le till indifférencié (1a - potentiel faible) soit si sableux qu'il puisse être utilisé pour la construction de chemin.

D'autre part, la moraine de décrépitude (1bp - potentiel faible) peut présenter une matrice propice, mais contient généralement une grande quantité d'éléments de gros calibre (pierres, blocs) qui la rendent difficilement exploitable. La pierrosité de cette moraine semble néanmoins s'amenuiser du nord vers le sud et peut, parfois, offrir un potentiel intéressant en quelques occasions.

Dépôts fluvioglaciaires

Les dépôts fluvioglaciaires se composent d'une part des dépôts juxtaglaciaires déposés par l'eau de fonte au contact du glacier, et d'autre part des dépôts proglaciaires, transportés et déposés à une certaine distance de la marge du glacier. Ils sont composés de sables et de graviers plus ou moins bien triés. Ils offrent un très bon potentiel comme source d'approvisionnement en granulats.

1. Mise en place

Les dépôts fluvioglaciaires sont déposés par l'eau de fonte du glacier. On distingue les dépôts juxtaglaciaires et les dépôts proglaciaires par leur proximité du front du glacier.

Les dépôts juxtaglaciaires sont mis en place par l'eau de fonte, au contact des glaciers en retrait dans des environnements de nature variable et instable (Robitaille et Allard, 2007). Ils peuvent s'être accumulés soit sur, dans, sous ou contre la glace : par exemple, dans des cavités sur le glacier ou des rivières intraglaciaires. À la fonte du glacier, ces sédiments se sont déposés au sol pour former des morphologies caractéristiques.

Les dépôts proglaciaires, quant à eux, sont mis en place par les eaux de fonte d'un glacier et déposés par des cours d'eau à des distances pouvant varier de quelques à plusieurs kilomètres devant le front glaciaire (MFFP, 2014).

2. Localisation

On retrouve les dépôts juxtaglaciaires et proglaciaires dans la plupart des régions du Québec à l'exception des basses terres du Saint-Laurent où ils sont rares (Brazeau, 1993). Ils sont généralement localisés au fond des vallées glaciaires plus ou moins étroites et serties de versants.

3. Description du dépôt

Les sédiments juxtaglaciaires sont constitués de sable, de gravier, de cailloux, de pierres et, parfois, de blocs, allant

d'arrondis à subarrondis. Les roches les constituant sont moins arrondies que celles des dépôts proglaciaires, car elles ont été peu transportées par l'eau (Benn et Evans, 2010). Leur stratification est souvent déformée et faillée. La granulométrie des éléments varie considérablement selon les strates. Ils peuvent être triés (souvent moins que ceux de la plaine d'épandage) et contenir des poches de till (MFFP 2014, Tranhaile 2013, Brazeau, 1993).

Les dépôts proglaciaires sont surtout composés de sable, de gravier et de cailloux émoussés. Ces sédiments sont triés et disposés en couches bien distinctes. Dans un complexe fluvioglaciaire, les dimensions des particules diminuent de l'amont vers l'aval (MFFP, 2014).

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue quatre dépôts juxtaglaciaires et trois dépôts proglaciaires (Tableau 5) (MFFP, 2014, Robitaille et Dionne, 2007).

Tableau 5. Les dépôts juxtaglaciaires et les dépôts proglaciaires et leur pourcentage cartographié au Québec méridional.

Dépôts juxtaglaciaires	%	Dépôts proglaciaires	%
2a – Dépôt juxtaglaiciaire	2,5	2bd – Delta fluvioglaciaire	0,3
2ae – Esker	0,2	2bp – Delta d'esker	<0,1
2ak – Kame	<0,1	2be – Plaine d'épandage	3,4
2at – Terrasse de kame	<0,1		

Les dépôts juxtaglaciaires :

- Le dépôt juxtaglaiciaire est un dépôt mis en place par l'eau de fonte, au contact d'un glacier en retrait. Il arbore souvent une topographie bosselée, parsemée de kettles;

- L'esker se forme dans un cours d'eau supra, intra ou sous-glaciaire, lors de la fonte d'un glacier. Il se présente comme une crête allongée, rectiligne ou sinueuse, continue ou discontinue. Le cœur des eskers est souvent constitué de matériaux grossiers (graviers et cailloux), alors qu'au sommet et en bordure on trouve surtout du sable stratifié (Brazeau, 1993);
- Le kame se forme avec l'accumulation de sédiments dans une dépression d'un glacier stagnant. Une fois la glace fondue, il a l'allure d'une butte ou d'un monticule de hauteur variable, aux pentes raides;
- La terrasse de Kame se forme par l'accumulation de sédiments abandonnés par les eaux de fonte entre le glacier et un versant de vallée. La topographie résiduelle montre une terrasse bosselée, accrochée au versant, et qui peut être parsemée de kettles et de kames.

Les dépôts proglaciaires :

- Le delta fluvioglaciaire est un dépôt mis en place à l'extrémité aval d'un cours d'eau fluvioglaciaire, à la jonction d'un lac ou d'une mer ancienne. Sa surface est souvent plane et revêt parfois une forme conique lorsqu'observée du haut des airs;
- Le delta d'esker est mis en place dans un lac proglaciaire ou une mer, à l'extrémité aval d'un esker. Il arbore souvent une surface plane, criblée de kettles et bordée de pentes abruptes (front deltaïque). Il est très rarement cartographié;
- La plaine d'épandage est mise en place par les eaux de fonte du front d'un glacier et déposée par des cours d'eau fluvioglaciaires à des distances variant de quelques centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres (MFFP, 2014). Les particules de la plaine d'épandage sont mieux triées que les dépôts mis en place par le glacier lui-même (till) et les roches le constituant sont davantage arrondies. Ces dépôts stratifiés sont généralement constitués de lits de

sable et de graviers, car la vitesse de l'eau était suffisante pour transporter les particules plus fines (argile et limon) et les déposer dans une eau plus calme. Plus on s'éloigne de la tête de la plaine d'épandage, plus la vitesse de l'eau diminue et plus la taille des sédiments diminue (Benn et Evans, 2010). La composition des dépôts fluvioglaciaires peut démontrer des changements abrupts du lithofaciès en raison des changements saisonniers ou épisodiques du courant du cours d'eau (MFFP, 2014; Tranhaile, 2013).

4. Critères d'identification

Dépôts juxtaglaciaires (2a)

- Indices sur lidar

- a) Les dépôts juxtaglaciaires (2a) sont souvent localisés dans des vallées glaciaires plus ou moins étroites et serties de versants (Figure 1);
- b) Ils sont généralement retrouvés dans le même environnement que la plaine d'épandage (2be);
- c) Ils présentent une surface sans grand dénivelé, mais une topographie souvent bosselée dont l'amplitude peut atteindre plusieurs mètres (Figure 23);
- d) À proximité de ces dépôts, il est possible d'observer un ou plusieurs eskers ou fragments d'esker (Figure 23);
- e) Le site peut être parsemé de nombreux kettles, voire même être dominé par ceux-ci (Figure 23).

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) La végétation arborescente est plus pauvre, moins dense, moins haute que celle qui s'est installée, à proximité, dans la plaine d'épandage ou sur le till;
- c) Dans les territoires de la forêt boréale, il peut y avoir abondance de lichens ou d'éricacées, de pins ou d'épinettes noires.

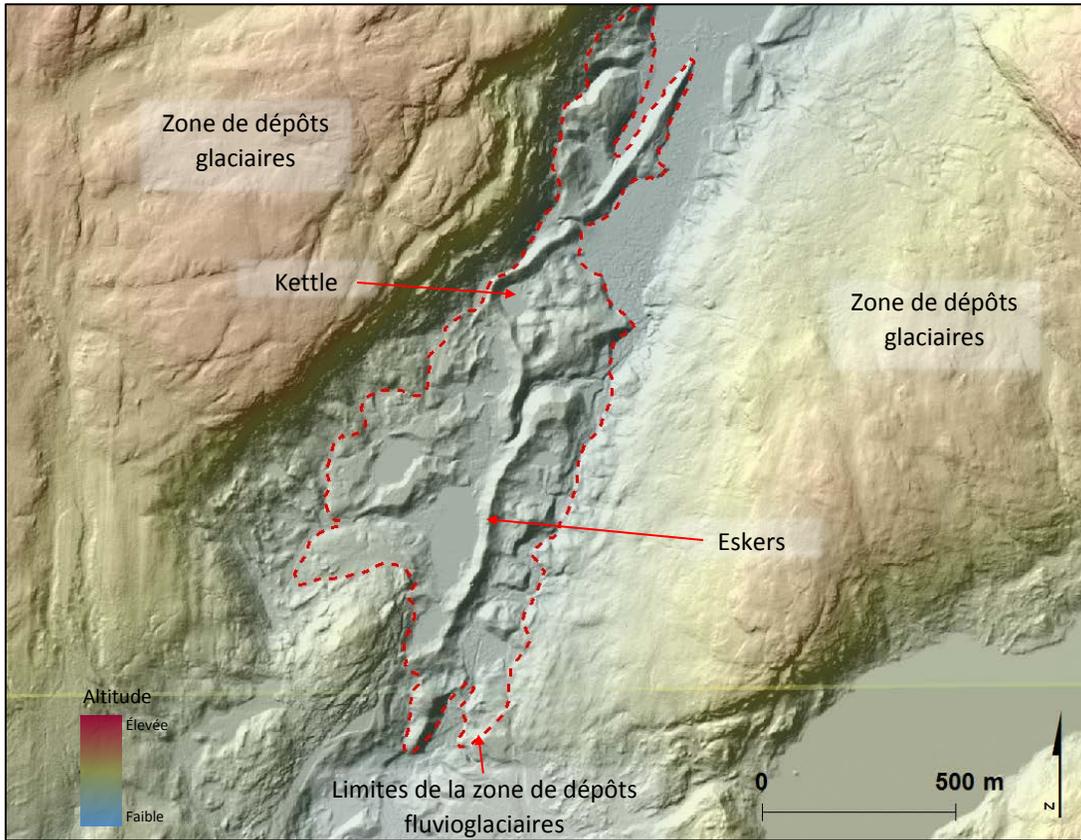


Figure 23. Exemple de dépôt juxtaglaciaire (2a) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.

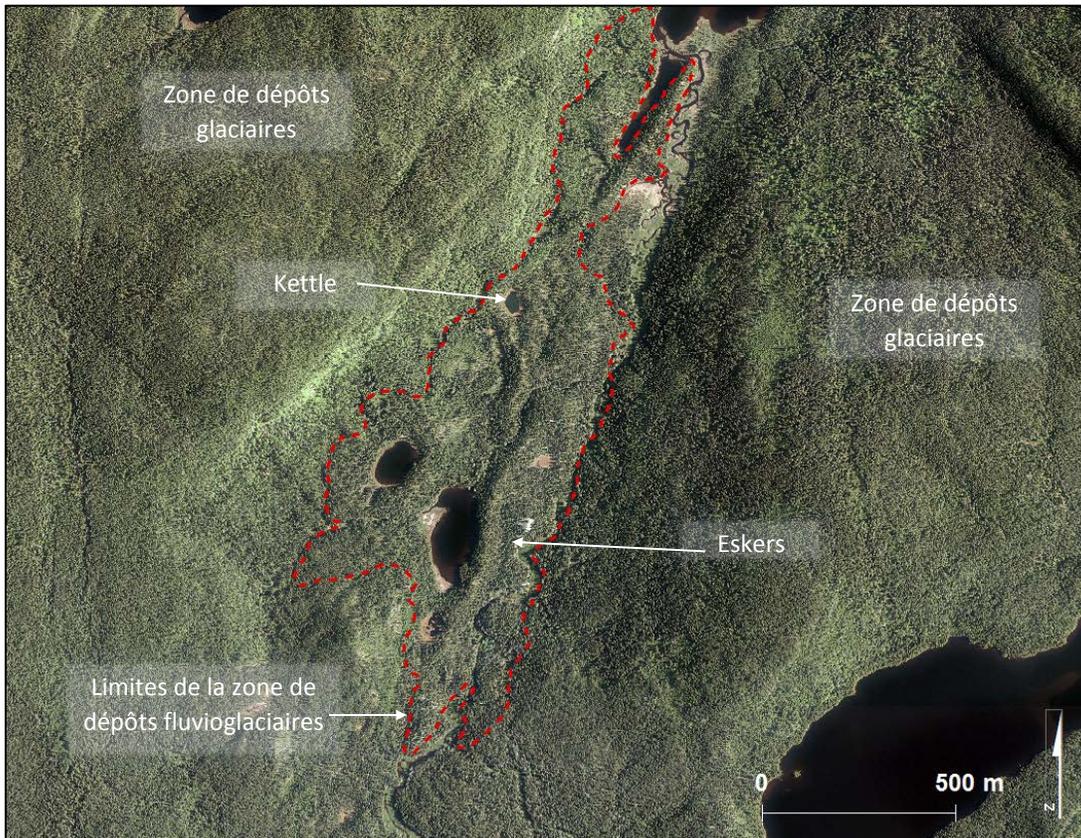


Figure 24. Exemple de dépôt juxtaglaciaire (2a) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Est.

Eskers (2ae)

- Indices sur lidar

- a) Les eskers sont majoritairement localisés dans des vallées glaciaires plus ou moins étroites et serties de versants (Figure 25);
- b) Ils sont généralement retrouvés dans le même environnement que la plaine d'épandage (2be);
- c) Ils se présentent généralement sous la forme d'une crête allongée rectiligne ou sinueuse orientée dans le sens de l'écoulement de la glace, plus ou moins perpendiculairement au front glaciaire (Figure 25) (Levasseur, 1995);
- d) L'amplitude des eskers peut varier de quelques mètres (2 à 3 mètres) à quelques dizaines de mètres (rarement plus de trente mètres);
- e) Ils arborent une texture lisse ou légèrement bosselée;

- f) Les eskers sont souvent observés en association avec d'autres formes d'origines juxtaglaciaires tels des kettles (Millette, 2013).

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) La végétation arborescente est plus pauvre, moins dense, moins haute que celle qui s'est installée, à proximité dans la plaine d'épandage ou sur le till;
- c) Dans les territoires de la forêt boréale, il peut y avoir abondance de lichens et/ou d'éricacées, de pins ou d'épinettes noires.

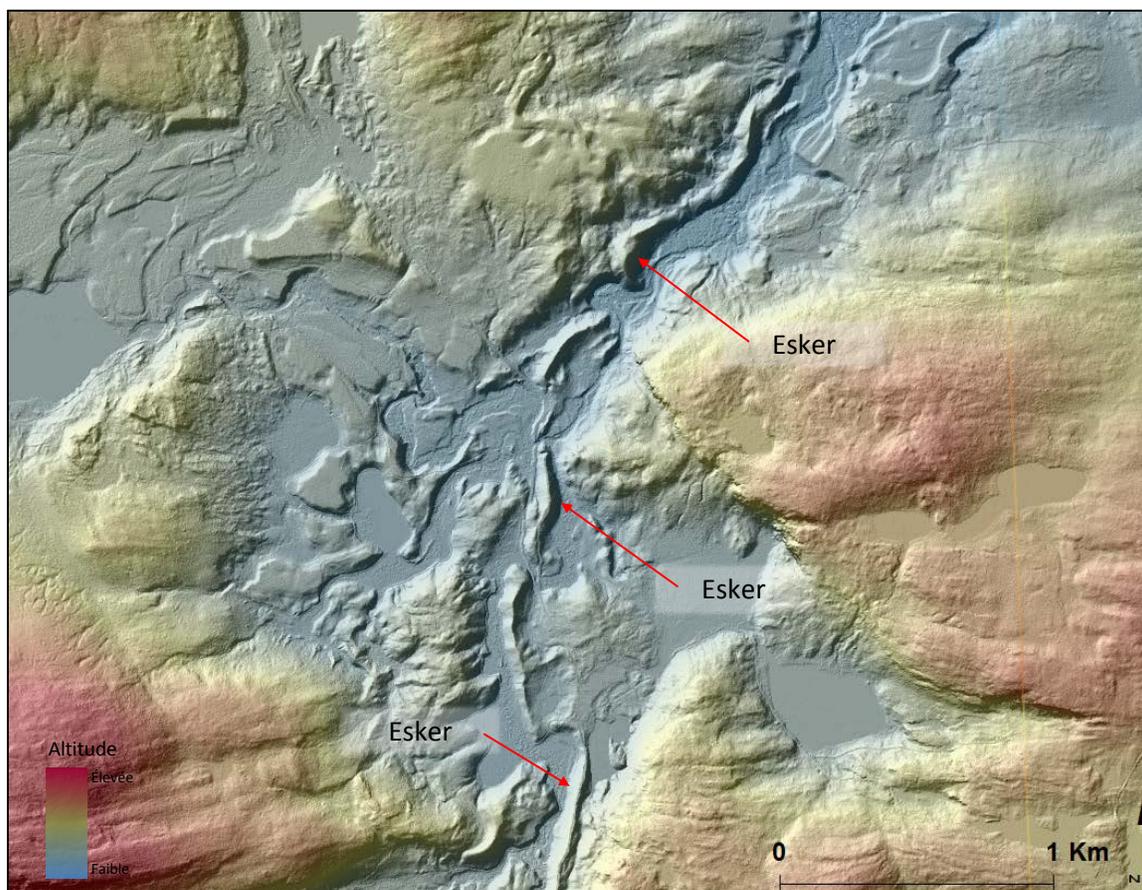


Figure 25. Exemple d'eskers (2ae) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

Kames (2ak)

- Indices sur lidar

- Les kames sont localisés dans des vallées glaciaires plus ou moins étroites et serties de versants;
- Ils sont généralement situés dans le même environnement que la plaine d'épandage (2be);
- Ils ont l'allure de buttes ou de monticules de hauteur variable, aux pentes raides. Ils peuvent atteindre quelques dizaines de mètres de diamètre et de hauteur;
- On les observe généralement en butte isolée ou par petits groupes restreints;
- Ils sont plutôt rares et difficiles à identifier sur photographies aériennes ou sur lidar parce qu'ils peuvent être confondus avec des formes qui prennent leur origine du socle rocheux.

Terrasses de kame (2at)

- Indices sur lidar

- Les terrasses de kame sont localisées dans des vallées glaciaires plus ou moins étroites et serties de versants;
- Elles se retrouvent généralement dans le même environnement que la plaine d'épandage (2be);
- Elles se présentent sous la forme de plateau, plus ou moins horizontal, accroché aux flancs des versants qui bordent les plaines d'épandage (Figure 26);
- L'altitude de leur surface par rapport à celle de la plaine d'épandage est toujours significativement surélevée, elle peut atteindre plus de cinquante mètres.

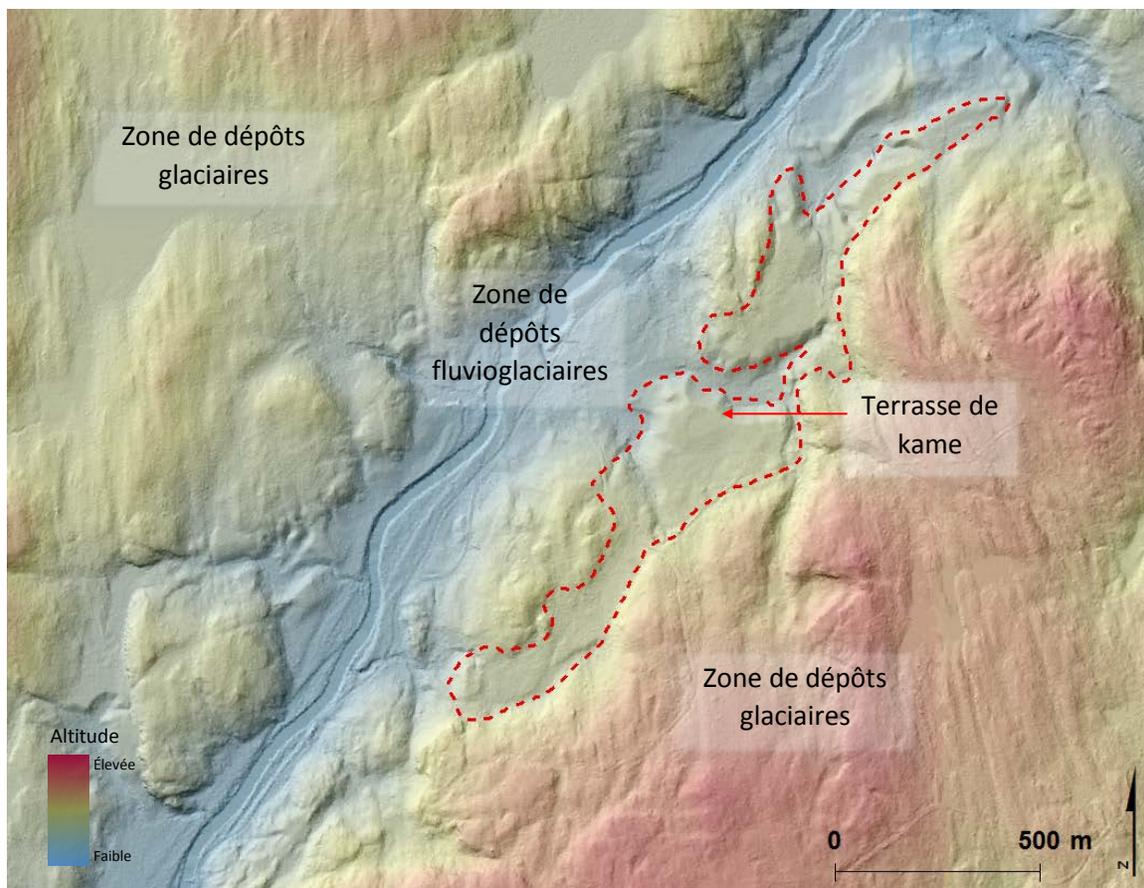


Figure 26. Exemple de terrasse de kame (2at) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) La végétation arborescente est plus pauvre, moins dense, moins haute que celle qui s'est installée, à proximité, dans la plaine d'épandage ou sur le till;
- c) Dans les territoires de la forêt boréale, il peut y avoir abondance de lichens ou d'éricacées, de pins ou d'épinettes noires.

Delta fluvioglaciaire (2bd)

- Indices sur lidar

- a) Il se situe souvent à la jonction d'un cours d'eau (ancien ou actuel) et d'une vallée, d'un lac ou d'une mer ancienne (Figure 27);
- b) Les deltas fluvioglaciaires affichent des surfaces tabulaires dont les hauteurs peuvent atteindre cinquante mètres;
- c) Ces surfaces sont souvent disséquées par des chenaux creusés par les eaux de fonte fluvioglaciaires ou les cours d'eau actuels (Figure 28) (Millette, 2013).

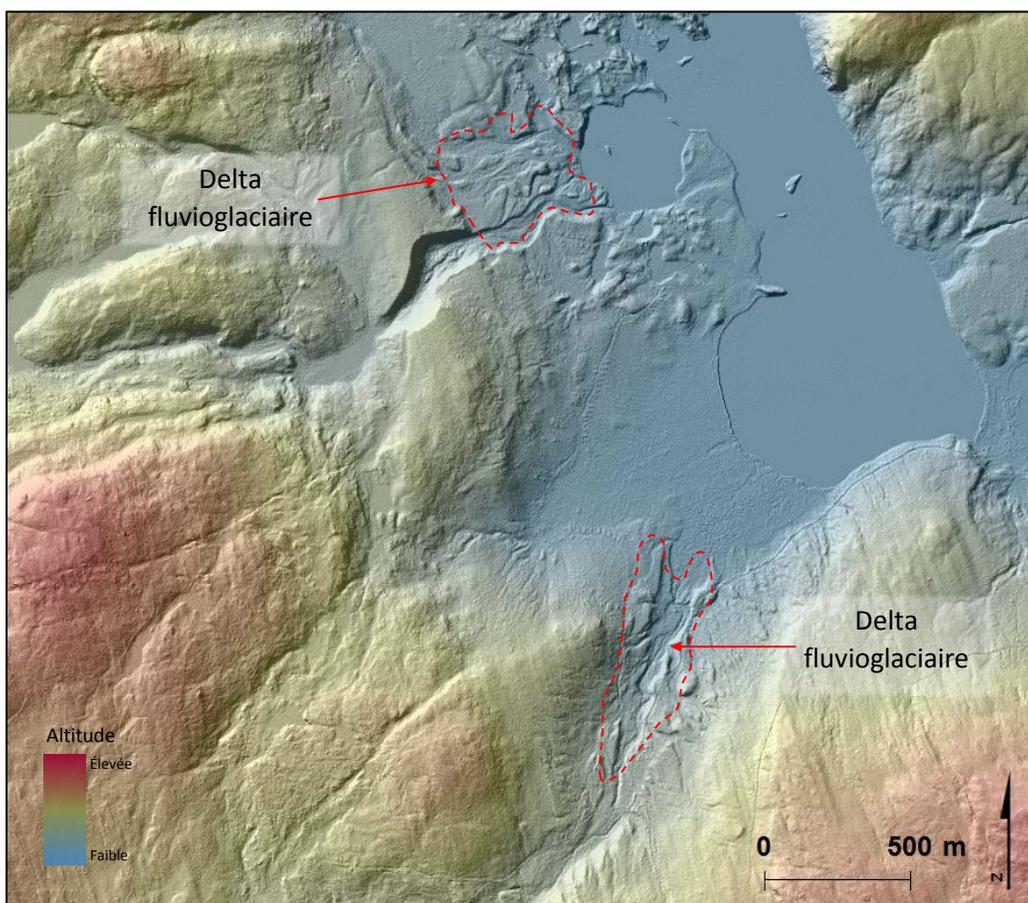


Figure 27. Exemple de deltas fluvioglaciaires (2bd) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'ouest.

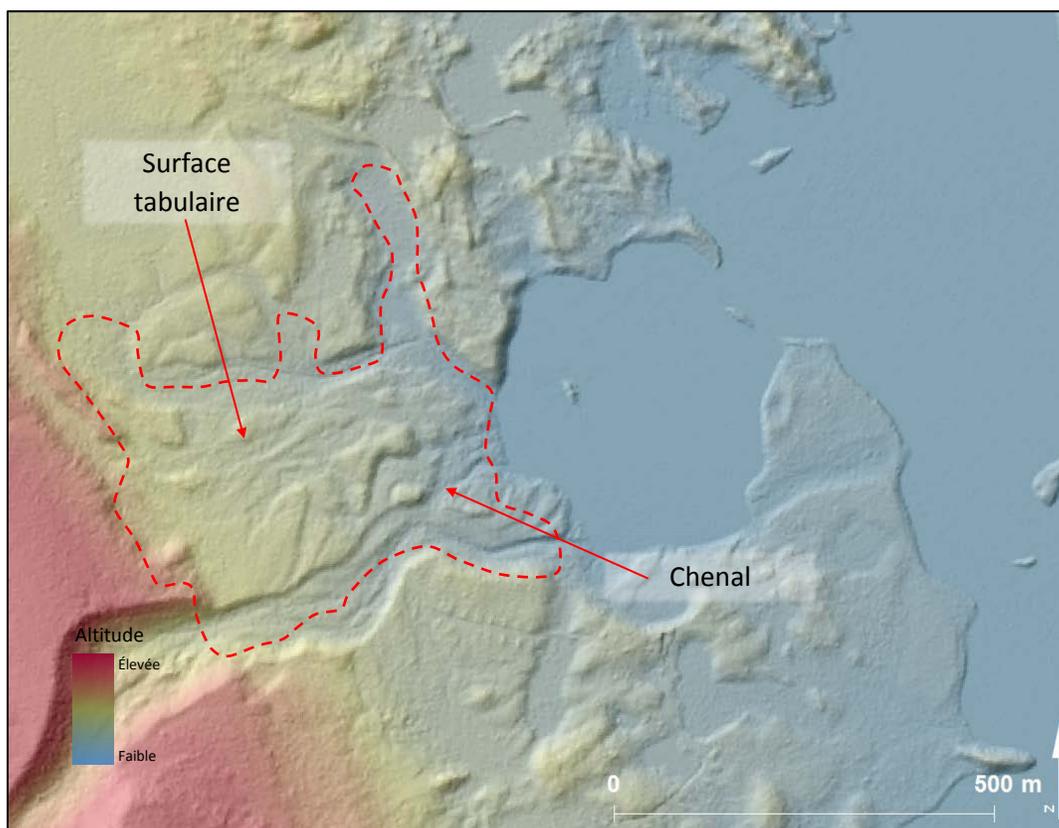


Figure 28. Exemple de la surface tabulaire et de ravines dans un delta fluvioglaciaire (2db) sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.



Figure 29. Exemple de la surface tabulaire et de ravines dans un delta fluvioglaciaire (2db) sur photographie aérienne dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

Plaine d'épandage

- Indices sur lidar

- a) On retrouve généralement la plaine d'épandage dans des vallées glaciaires plus ou moins étroites et serties de versants;
- b) La surface de la plaine d'épandage est plane, uniforme et de texture lisse (Figure 30);

- c) Elle peut être entaillée d'un cours d'eau à méandres ou d'anciens chenaux d'écoulement (Figure 31);
- d) Aussi, des terrasses fluvioglaciaires situées en bordure des rivières actuelles peuvent être présentes. Ces dernières correspondent à des épandages résiduels défoncés par l'érosion (MFFP, 2014).

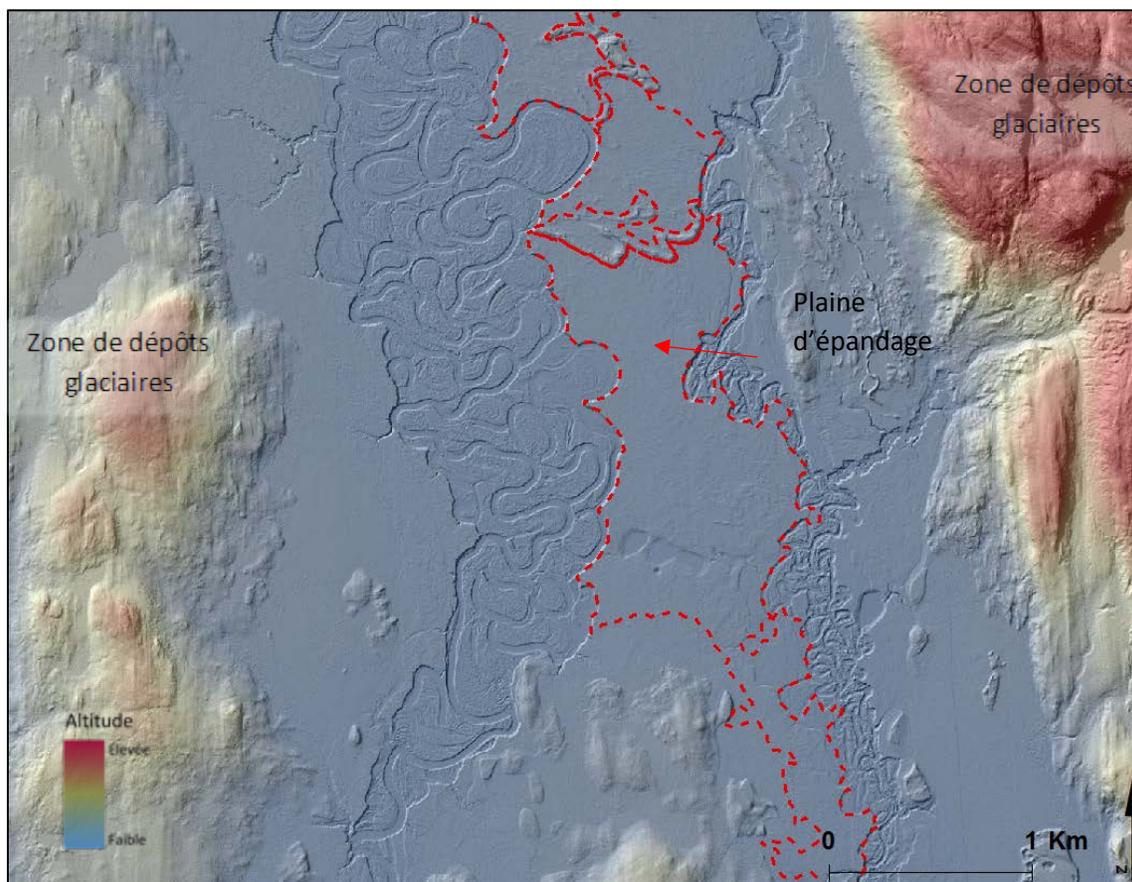


Figure 30. Exemple de plaine d'épandage (2be) sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) La végétation arborescente est plus pauvre, moins dense, moins haute que celle qui s'est installée à proximité sur le till (Figure 31);

- c) Dans les territoires de la forêt boréale, il peut y avoir abondance de lichens ou d'éricacées, de pins ou d'épinettes noires.

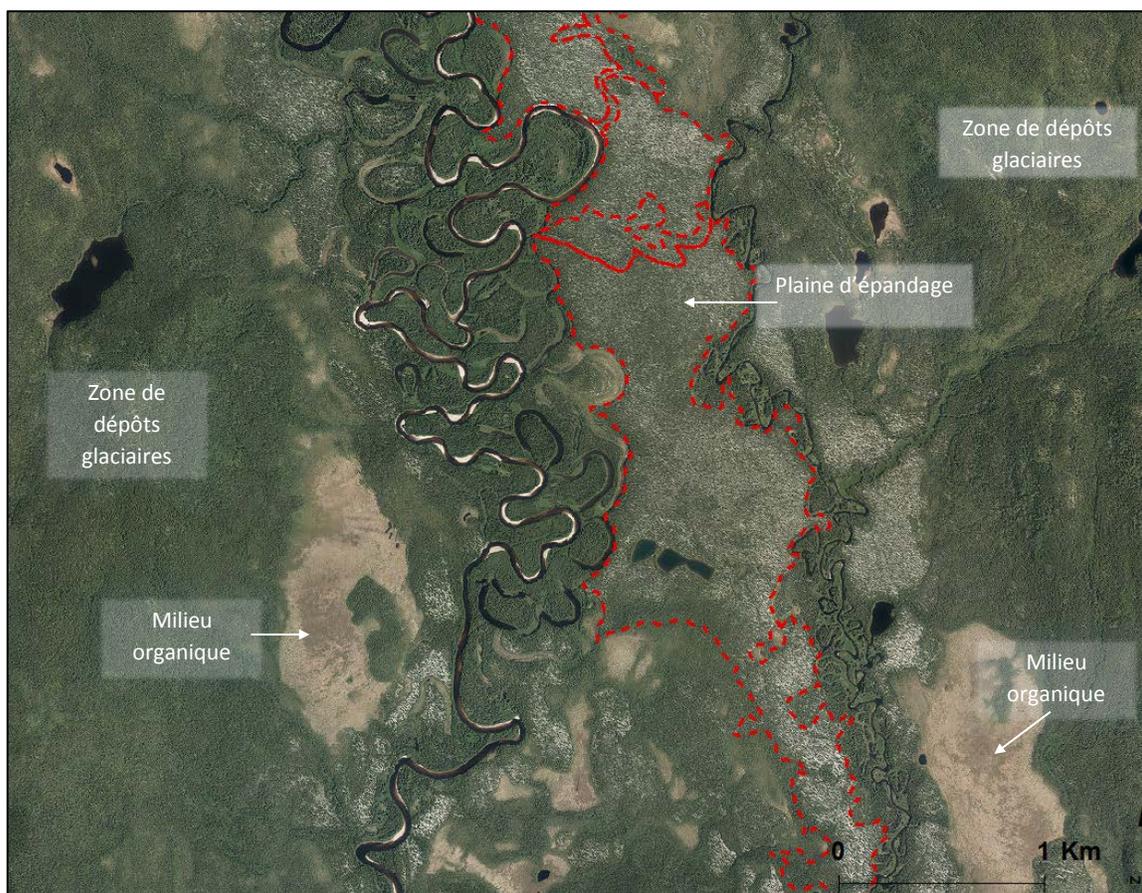


Figure 31. Exemple de plaine d'épandage (2be) sur photographie aérienne dans la pessière à mousses de l'Est.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Il est généralement reconnu que les dépôts fluvioglaciaires constituent de très bonnes sources d'approvisionnement en sables de granulométrie diverses et en gravier (Brazeau, 1993, 2011; Chiverrell *et al.*, 2008; Cooper, 1984; Rioux, 1993; Smith *et al.*, 2005;). La granulométrie des matériaux est bien étalée, ce qui leur confère généralement des valeurs de capacité portante assez élevées et de bonne maniabilité lors des travaux de chantier. Leur perméabilité permet un drainage facile et efficace.

Certains dépôts de cette catégorie, tels l'esker, le kame et la terrasse de kame, ont un très fort potentiel pour l'exploitation de sables et de graviers.

Le dépôt juxtaglaciaire (2a) offre un fort potentiel considérant que les travaux d'excavation pourront être ardues à l'occasion en raison de la présence de gros blocs. Par ailleurs, l'identification de ce type de dépôt n'est pas

un gage de matériel aux caractéristiques recherchées, il peut exister de grandes variations à l'intérieur de celui-ci.

D'autres auteurs avancent que des indices liés à la végétation en place ou à une localisation précise peuvent aider à l'identification de bancs d'emprunt. Certains (Chouinard, 1984; Johnsen *et al.*, 2004; Kerr *et al.* 2005; Knepper *et al.* 1995; Smith *et al.*, 2005) proposent que la présence d'espèces xérophiles ou un changement brusque de végétation (ex. : bouleaux à papier ou peupliers dans un peuplement de résineux) sont des indices pouvant mener aux sols recherchés. Chouinard (1984) précise d'autres critères physiques à observer pour des dépôts en particulier :

Dépôts juxtaglaciaires (2a)

- Sur le sommet des monticules;
- À proximité des kettles;
- Là où la densité de la végétation diminue sans raison apparente;

- À proximité de la charge d'un lac ou à la rencontre d'un cours d'eau secondaire et d'un lac.

Esker (2ae)

- À proximité d'indices d'érosion parallèle le long de l'esker;
- Au point de division d'un esker;
- À l'endroit où un esker est scindé par de l'érosion perpendiculaire (Demchuck, 2005);
- Là où il y a érosion au sommet de l'esker, ce qui résulte d'un sommet de l'esker aplati;
- Dans l'esker, à proximité de kettles;
- Dans l'esker, entre des kettles ou des lacs;
- Là où la densité de la végétation diminue sans raison apparente.

Terrasse de kame (2at)

- Dans une terrasse de kame, là où l'érosion fluviale incise les dépôts de la terrasse.

Les dépôts proglaciaires affichent des potentiels variant de moyen à très fort. Les deltas fluvioglaciaires (2bd) démontrent le meilleur potentiel (très fort) pour la recherche de granulats. Ils sont principalement composés de sable et de gravier, triés et déposés en couches bien distinctes (MFFP, 2014). Les plaines d'épandage (2be) offrent généralement un potentiel moyen pour la localisation d'un banc d'emprunt. Elles sont généralement moins prisées que les dépôts juxtaglaciaires. Les dépôts proglaciaires sont formés surtout de sables à grains moyens à grossiers bien stratifiés avec une portion de gravier. La granulométrie peut varier latéralement et verticalement à l'intérieur d'un même dépôt, mais beaucoup moins que dans le matériel juxtaglaciaire (Brazeau, 1993; Rioux, 1984).

D'autres auteurs avancent que des indices liés à la végétation en place ou à une localisation précise peuvent aider à l'identification de bancs d'emprunt. Certains (Chouinard, 1984; Johnsen *et al.*, 2004; Kerr *et al.* 2005; Knepper *et al.* 1995; Smith *et al.*, 2005) proposent que la présence d'espèces xérophiiles ou un changement brusque de végétation (ex. : bouleaux à papier ou peupliers dans un peuplement de résineux) sont des indices pouvant mener aux sols recherchés. Chouinard

(1984) précise d'autres critères physiques à observer pour des dépôts en particulier :

Plaine d'épandage (2be)

- Au point de rencontre de ruisseaux ou chenaux anastomosés (75 à 300 m);
- À proximité d'un kettle;
- Au début de l'épandage;
- Là où la densité de la végétation diminue sans raison apparente;
- Au point de rencontre d'un ruisseau avec un kettle;
- Au point de rétrécissement de la plaine en raison du rapprochement des formations rocheuses adjacentes.

Delta fluvioglaciaire (2bd)

- Dans un delta fluvioglaciaire, au point d'arrivée de cours d'eau secondaire dans les lacs;
- Dans les deltas en formation (amoncellement de sables sur les bords de lacs).

Dépôts fluviatiles

Les dépôts fluviatiles sont principalement mis en place le long des cours d'eau lors des crues. Le potentiel des dépôts fluviatiles pour la recherche de granulats est faible en raison de l'environnement dans lequel ils évoluent (proximité de cours d'eau et de la nappe phréatique).

1. Mise en place

Les dépôts fluviatiles sont composés de deux groupes : les dépôts alluviaux et les dépôts deltaïques.

Les dépôts alluviaux sont mis en place sur des terrains avoisinants un cours d'eau (rivière, ruisseau) souvent à méandres généralement encore perceptibles. La principale cause de leur mise en place est la crue du cours d'eau causée notamment par les fortes pluies, la fonte des neiges ou les deux (Gutiérrez, 2013). Au cours de ces débordements, les sédiments sont transportés et déposés dans les zones inondées de part et d'autre du cours d'eau là où le débit s'amenuise.

La magnitude, la fréquence et la durée des débordements créeront des zones inondables variables quant à leur proximité et leur élévation par rapport au cours d'eau. Ces zones s'aligneront souvent, mais pas toujours, en une succession de terrasses planes séparées par des talus (Robitaille et Allard, 2007). Les conditions de croissance et les caractéristiques propres à chacune de ces terrasses influenceront aussi sur le type de végétation qui y croîtra (Hupp et Osterkamp, 1996).

Les dépôts deltaïques se retrouvent à l'embouchure d'un cours d'eau ou à la rupture de pente d'un torrent. Ils empruntent des formes variées, souvent coniques. Ils ne sont pas cartographiés, sauf dans de rares exceptions.

2. Localisation

Les dépôts fluviatiles peuvent être observés partout au Québec. Ils sont régulièrement observés dans les vallées ou les plaines associées aux dépôts fluvioglaciers, lacustres ou marins. Ils sont toujours adjacents à un cours d'eau.

3. Description du dépôt

Les particules constituant ces dépôts sont bien stratifiées. Elles se composent de gravier et de sable ainsi que d'une faible proportion de limon, d'argile ou de matière organique (MFFP, 2014). Par ailleurs, plusieurs auteurs (Gutiérrez, 2013; Trenhaile, 2013; Zwolinski, 1992) allèguent qu'à proximité du cours d'eau le matériel présent est plus important en quantité et en taille alors que les sédiments plus fins sont transportés à de plus grandes distances de ce dernier.

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue trois dépôts fluviatiles alluviaux (Tableau 6) (MFFP, 2014).

Tableau 6. Les dépôts fluviatiles et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.

Dépôts alluviaux	%	Dépôts deltaïques	%
3ac – Actuel	<0,1	3dd – Delta	<0,1
3ae – Récent	0,1	3da – Cône alluvial	<0,1
3an – Ancien	0,7	3de – Cône de déjection	<0,1

Les dépôts fluviatiles alluviaux :

- Le dépôt fluvatile actuel est mis en place dans le lit mineur ou ordinaire d'un cours d'eau (îlots, bancs). Il présente une superficie souvent plus petite que les dépôts fluviatiles récents et anciens;
- Le dépôt fluvatile récent est mis en place dans la plaine inondable (lit majeur) d'un cours d'eau, lors des crues;
- Le dépôt fluvatile ancien est un dépôt ancien abandonné lors de l'encaissement ou du déplacement du lit du cours d'eau dont il faisait partie (hautes terrasses non inondables).

Les dépôts fluviaux deltaïques :

- Le delta est mis en place à l'embouchure d'un cours d'eau actuel;
- Le cône alluvial est mis en place par un cours d'eau actuel, au pied d'une pente raide;
- Le cône de déjection est mis en place par un torrent, à la rupture d'une pente.

4. Critères d'identification

Dépôts fluviaux actuels (3ac)

- Indices sur lidar

- a) La surface est plane, on peut observer des formes arquées associées aux traces d'anciens méandres (Figure 32);
- b) Le lidar ne permet pas de distinguer les trois types de dépôts fluviaux, l'utilisation des photographies aériennes est indispensable.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) Il y a présence d'un cours d'eau actif;
- c) La superficie du dépôt est habituellement réduite à quelques dizaines de mètres carrés;
- a) Le dépôt est situé dans le lit mineur du cours d'eau, souvent sous la forme de plages accolées au cours d'eau (teinte pâle) (Figure 35);
- b) Le dépôt est de type minéral meuble et aucune ou peu de végétation ne s'y trouve (Figure 35).

Dépôts fluviaux récents (3ae)

- Indices sur lidar

- a) La surface est plane, on peut observer des formes arquées associées aux traces d'anciens méandres;
- b) Le lidar ne permet pas de distinguer les trois types de dépôts fluviaux, l'utilisation des photographies aériennes est indispensable.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) Il y a présence d'un cours d'eau actif;
- c) Le dépôt est situé dans le lit majeur du cours d'eau, souvent sur un plateau légèrement au-dessus (quelques mètres) du cours d'eau. Il peut être inondé de façon saisonnière ou exceptionnelle durant l'année;
- d) La végétation est composée d'herbacées, graminées, arbustes ou d'arbres avec généralement une densité plus faible.

Dépôts fluviaux anciens (3an)

- Indices sur lidar

- a) La surface est plane, on peut observer des formes arquées associées aux traces d'anciens méandres;
- b) Le lidar ne permet pas de distinguer les trois types de dépôts fluviaux, l'utilisation des photographies aériennes est indispensable.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) Il y a présence d'un cours d'eau actif;
- c) Le dépôt est situé dans une ancienne zone inondable avant l'encaissement du cours d'eau actuel, souvent sur un plateau au-dessus du cours d'eau. Il peut être inondé lors de crues extrêmes. La terrasse est plus haute que le fluvial récent mais plus basse que la plaine d'épandage (2be) (Figures 34 et 35);
- d) La végétation est composée d'arbustes ou d'arbres;
- e) Le patron de la végétation en place peut suivre des formes arquées (Figure 35).

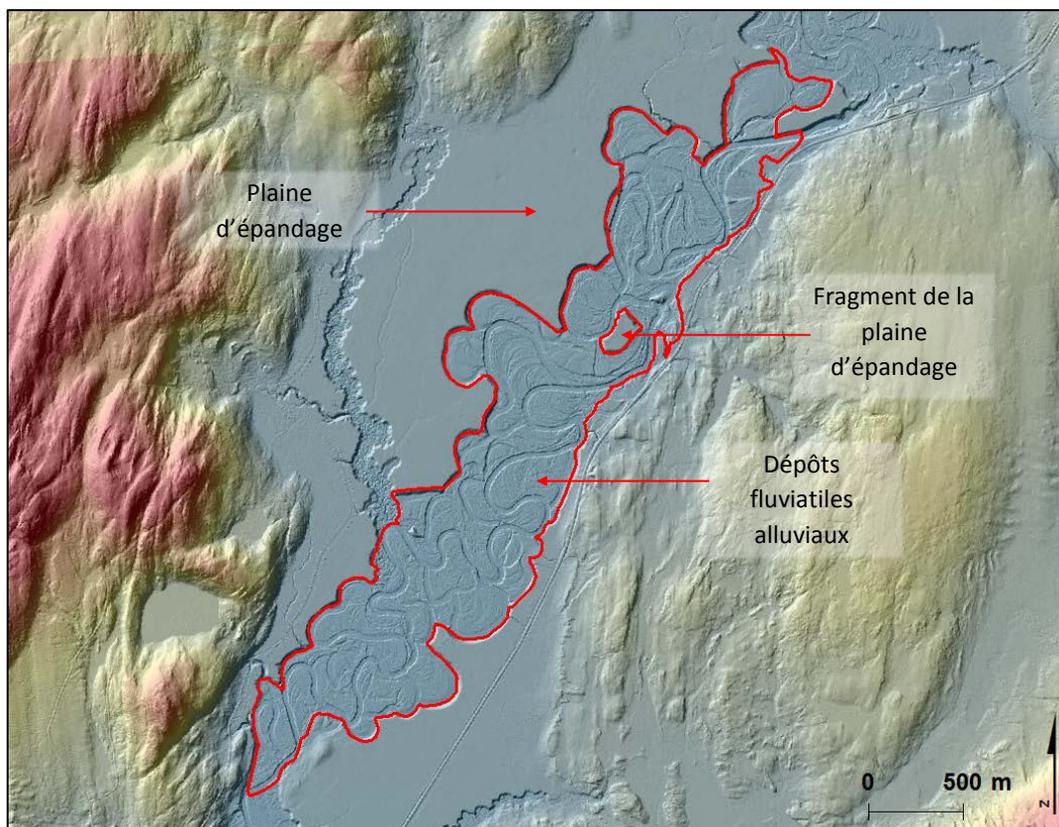


Figure 32. Exemple de dépôts fluviatiles alluviaux sur lidar dans la pessière à mousses de l'Est.

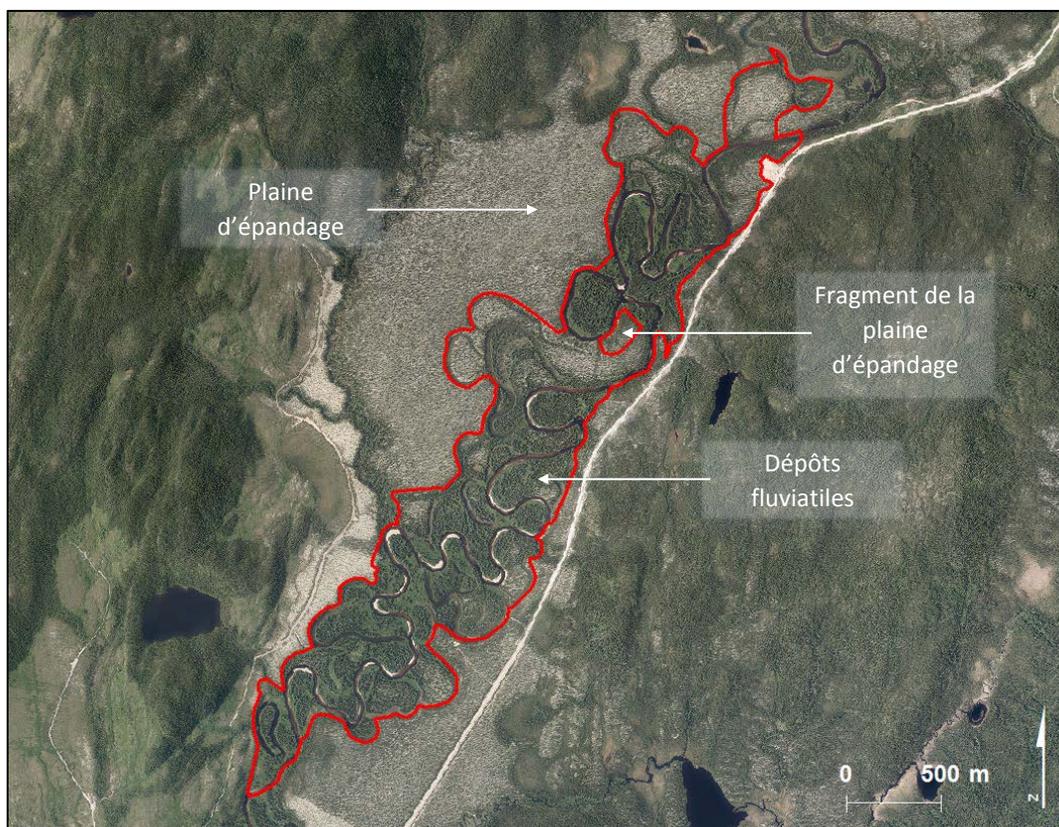


Figure 33. Exemple de dépôts fluviatiles alluviaux sur photographies aériennes dans la pessière à mousses de l'Est.

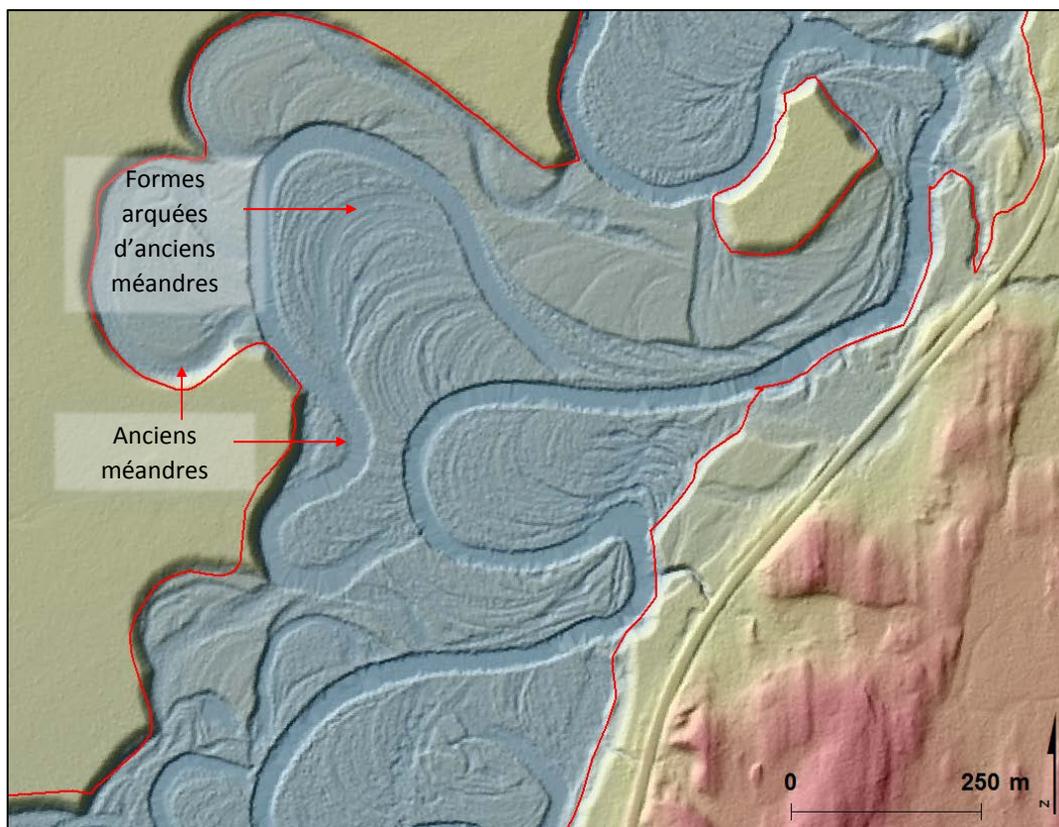


Figure 34. Exemple de dépôts fluviatiles alluviaux sur lidar dans la pessière à mousse de l'est.

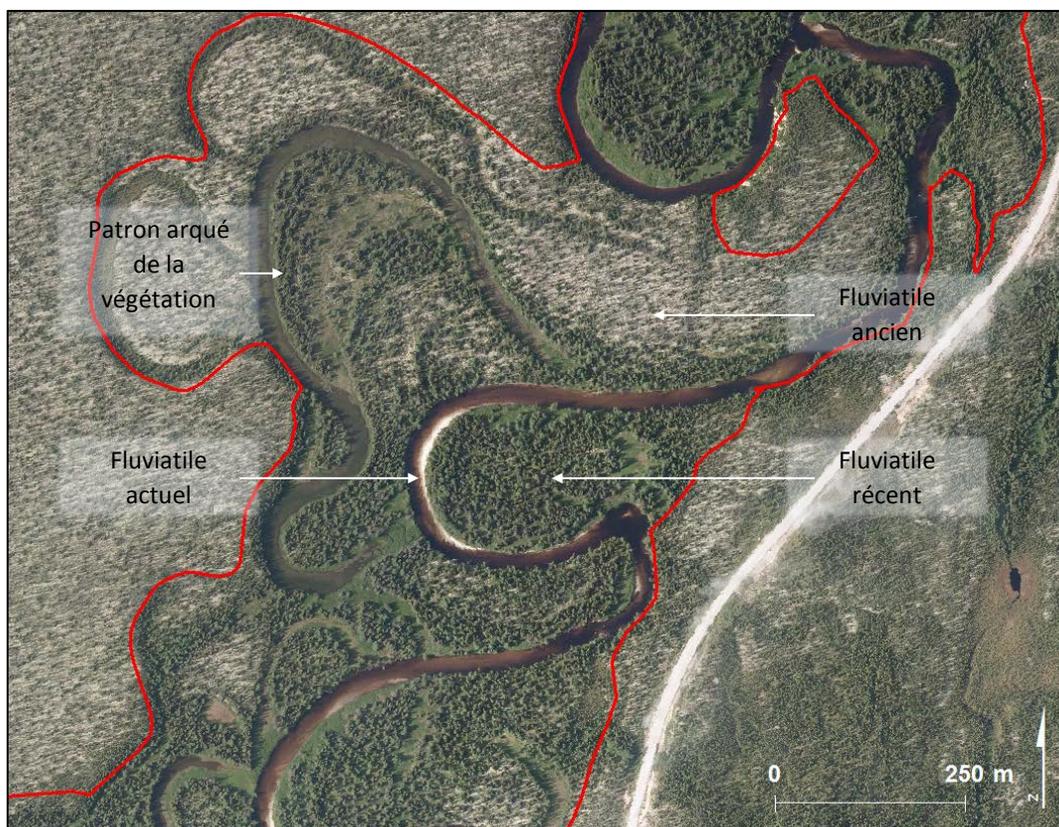


Figure 35. Exemple de dépôts fluviatiles alluviaux sur photographies aériennes dans la pessière à mousses de l'Est.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Le potentiel des dépôts fluviatiles pour la recherche de granulats est faible. Bien que le matériel qui les compose puisse être propice, la proximité d'un cours d'eau et de la nappe phréatique les rendent difficilement exploitables.

Dépôts lacustres

Les dépôts lacustres ont été mis en place par décantation, les courants ou vagues au fond de lacs proglaciaires. Ils ont des caractéristiques différentes selon leur proximité à la source de sédiments d'où ils proviennent et selon la profondeur d'eau sous laquelle ils se sont déposés. Le potentiel des dépôts lacustres comme source d'approvisionnement de granulats varie de nul à moyen.

1. Mise en place

Les dépôts lacustres ont été mis en place par décantation, courants ou vagues au fond de lacs proglaciaires (MFFP, 2014). Ces lacs étaient des masses d'eau formées à la marge des glaciers à la suite du recul de ces derniers. Cette eau pouvait être confinée d'une part en raison de la présence du glacier mais d'autre part en raison de la topographie, de la présence d'une moraine, etc.

2. Localisation

Au Québec, de nombreux lacs proglaciaires ont été présents durant la dernière déglaciation. Plusieurs ont été identifiés, notamment les lacs Barlow et Ojibway (Vincent & Hardy, 1977; Veillette, 1994), le lac Candona (Parent & Occhietti, 1988), le lac Vermont (Ridge *et al.*, 1999) de même que le lac Memphrémagog (Parent & Occhietti, 1999).

Les principales zones de dépôts lacustres cartographiées par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs sont présentées à la figure 36.

De façon générale, les dépôts lacustres se retrouvent dans de grandes plaines couvrant plusieurs kilomètres carrés.

3. Description du dépôt

Les dépôts lacustres ont des caractéristiques différentes selon leur proximité à la source de sédiments d'où ils proviennent et selon la profondeur

d'eau sous laquelle ils se sont déposés. En général, les particules qui les composent deviennent plus fines en s'éloignant du front du glacier et lorsque la profondeur d'eau s'accroît (Tranhaile 2013; Benn et Evans, 2010).

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue cinq dépôts lacustres (Tableau 7) (MFFP, 2014; Robitaille et Dionne, 2007) :

Tableau 7. Les dépôts lacustres et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.

Dépôts lacustres	%
4ga – Glaciolacustre à faciès d'eau profonde	5,2
4gs – Glaciolacustre à faciès d'eau peu profonde	1,1
4gd – Delta glaciolacustre	<0,1
4p – Plage	<0,1
4a – Plaine lacustre	<0,1

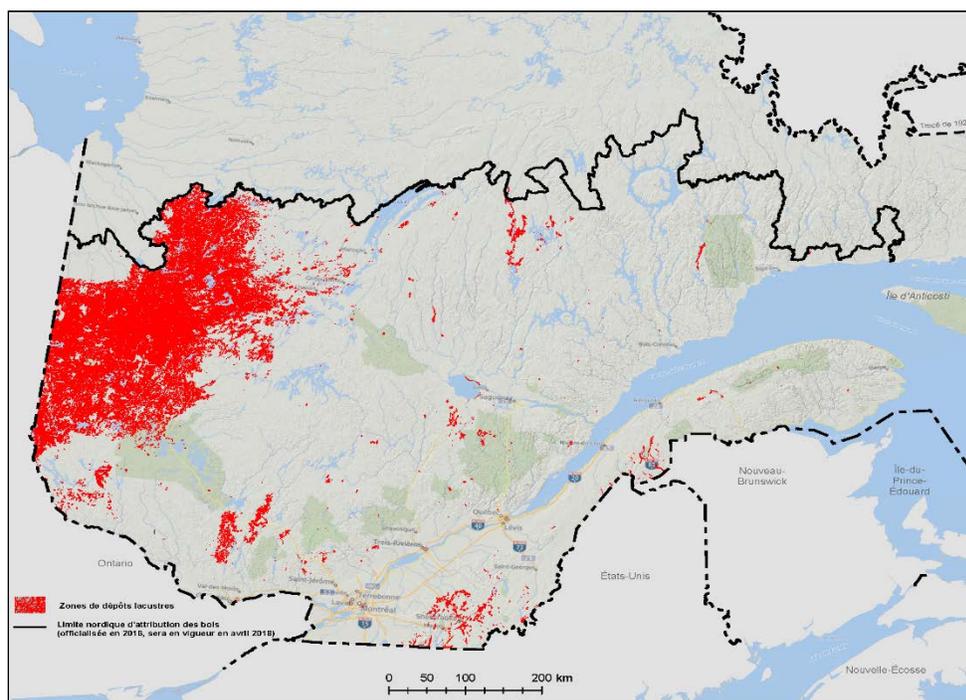


Figure 36. Zones de dépôts lacustres du Québec cartographiées par le MFFP (4^e inventaire).

1. Le dépôt lacustre au faciès d'eau profonde est mis en place par décantation dans les zones d'eau profonde du lac et est constitué de particules très fines de limon, d'argile et de sable fin, rythmés (varvés). La compacité est moyenne et la pierrosité est très faible;
2. Le dépôt lacustre au faciès d'eau peu profonde est mis en place par décantation dans les zones d'eau peu profonde du lac proglaciaire ou dans les zones de courant du lac proglaciaire, c'est-à-dire, à proximité d'esker ou deltas fluvioglaciaires. La compacité est faible et la pierrosité est faible ou nulle;
3. Le delta glaciolacustre est mis en place à l'embouchure d'un cours d'eau fluvioglaciaire dans un lac proglaciaire. Il est constitué de sable, limon et parfois de gravier. Ce dépôt est rarement cartographié au Québec;
4. La plage est mise en place dans les zones d'eau peu profonde du lac proglaciaire où il y avait présence de vagues. Elle est constituée de sable, gravier ou les deux – parfois du limon peut être présent – les particules sont triées et la compacité est faible. Parfois, elle peut être constituée d'un dallage de galets apportés par les glaces flottantes et délavés par les vagues;
5. La plaine lacustre est un dépôt mis en place en bordure ou aux extrémités d'un lac et qui forme des platières une fois exondées. Elle est constituée de matière organique, de sable fin, de limon et d'argile. Elle est très peu cartographiée dans le Québec méridional.

4. Critères d'identification

En premier lieu, il importe de consulter la cartographie existante afin de s'assurer que le territoire à l'étude soit dans une région où des lacs proglaciaires étaient présents. De plus, la connaissance de l'altitude atteinte par la limite marine ou lacustre de ceux-ci est une information indispensable (Tableau 8).

Aussi, tous les dépôts lacustres se retrouvent généralement dans de grandes plaines couvrant plusieurs kilomètres carrés.

Dépôts lacustres à faciès d'eau profonde (4ga)

- Indices sur lidar

- a) La surface est plane, uniforme et généralement affectée par le ravinement causé par l'érosion due aux eaux de ruissellement (Figure 37);
- b) La forme du fond des ravines pourra permettre de préciser la composition du dépôt. Les ravines dont l'extrémité des branches, là où débute le ravinement, présentent un encaissement évasé en forme de « U », suggèrent un dépôt composé d'argile (Figures 37 et 38) (Paine et Kiser, 2012). Les versants des ravines sont également plus abruptes et en dents de scies lorsqu'elles sont formées d'argiles. Elles peuvent avoir la forme de plumes;
- c) La fréquence d'indices de glissements de terrain permet d'interpréter la présence d'argile dans le secteur. Ce qui hausse la probabilité d'un dépôt glaciolacustre sans pour autant que l'argile soit présente dès la surface du dépôt. Souvent, le fond des glissements de terrain est argileux alors que la surface du plateau d'où vient le glissement peut être sableuse;
- d) Un réseau hydrographique de forme dendritique ou pennée aux embranchements abondants en terrain plat est souvent un signe d'un dépôt argileux.

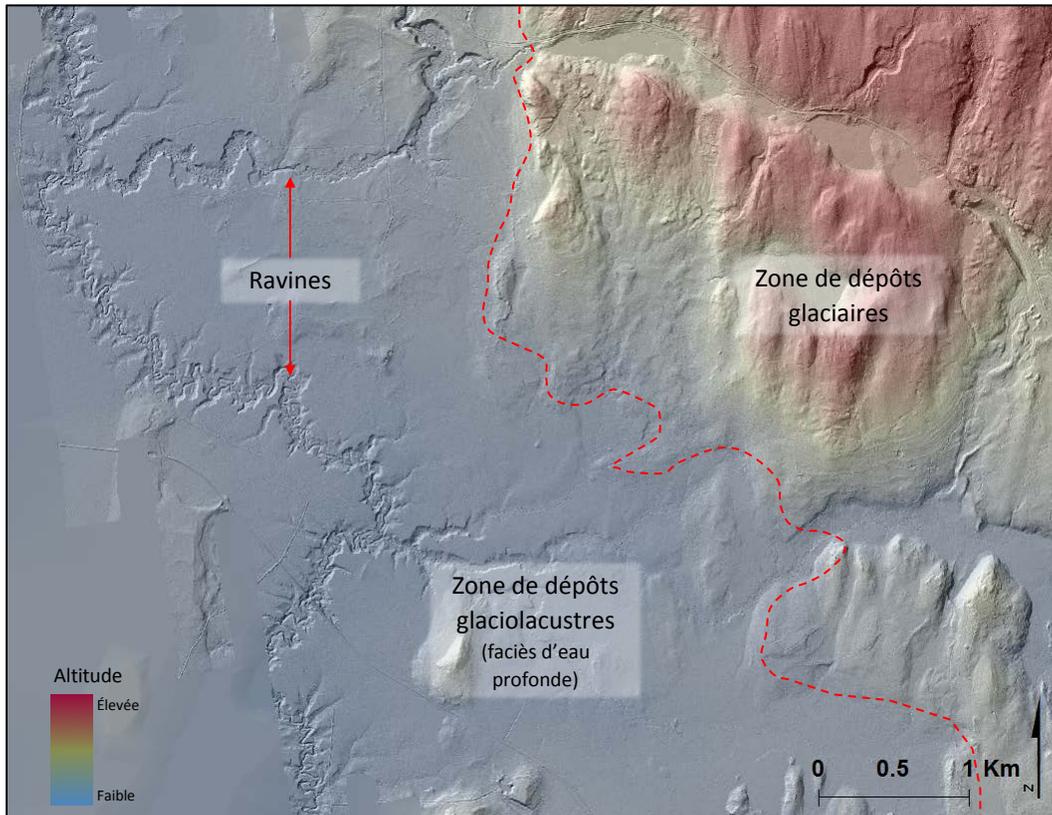


Figure 37. Exemple de dépôt glaciolacustre de faciès d'eau profonde (4ga) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

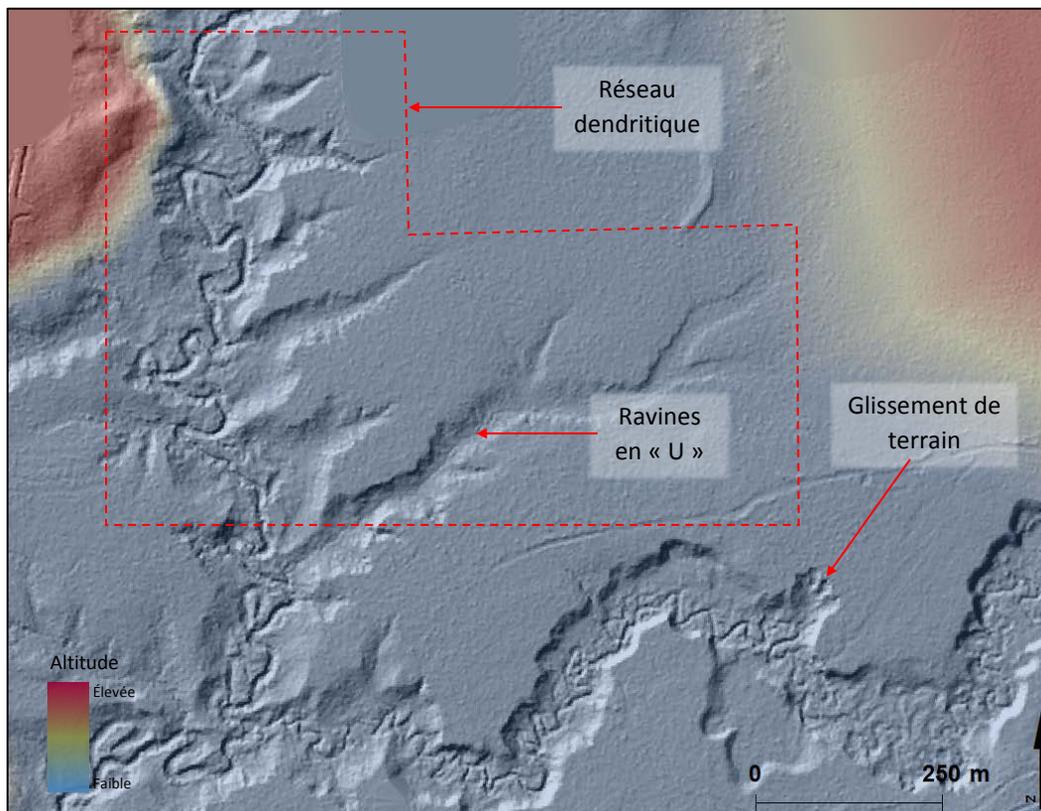


Figure 38. Exemple de ravines dans un dépôt glaciolacustre de faciès d'eau profonde (4ga) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

- Indices sur photographies aériennes

- Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- La couleur brun café au lait des cours d'eau et des lacs peut être un indice de présence d'argiles lacustres (Figure 39);
- Là où le sol est exposé (ex. : talus des glissements de terrain ou érosion des cours d'eau majeurs),

la couleur du sol sera un indice. L'argile (4ga) paraîtra gris à gris bleuté. Une fois le niveau maximal atteint par l'argile identifiée, cette altitude peut servir de référence pour l'ensemble du secteur. Le 4gs sera toujours situé à des niveaux supérieurs au 4ga.



Figure 39. Exemple de la couleur brune de l'eau dans un réseau hydrographique dendritique d'un dépôt glaciolacustre de faciès d'eau profonde (4ga) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'ouest.

Dépôts lacustres à faciès d'eau peu profonde (4gs)

- Indices sur lidar

- Le paysage est généralement moins entaillé par un réseau de ravines puisqu'une partie importante du drainage se fait par gravité, car le matériel plus grossier permet à l'eau de s'écouler verticalement;
- La surface est plane, uniforme et peut être affectée par le ravinement causé par l'érosion due aux eaux de ruissellement;
- La forme des ravines pourra permettre de préciser la composition du dépôt. L'extrémité

des ravines, là où comment le ravinement, présente un encaissement rapide et étroit comparativement aux ravines entaillées dans l'argile (Figures 40 et 41);

- Les ravines seront plus étroites que dans l'argile.

- Indices sur photographies aériennes

- Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- Là où le sol est exposé (ex. : talus des glissements de terrain ou érosion des cours d'eau majeurs), la couleur du sol sera un indice. Le sable (4gs) paraîtra gris pâle à gris jaunâtre.

Il est à noter que, généralement, le dépôt lacustre à faciès d'eau peu profonde superpose le dépôt

lacustre à faciès d'eau profonde. Ainsi, une superposition des critères d'identification de ces dépôts est possible comme le montre la figure 41.

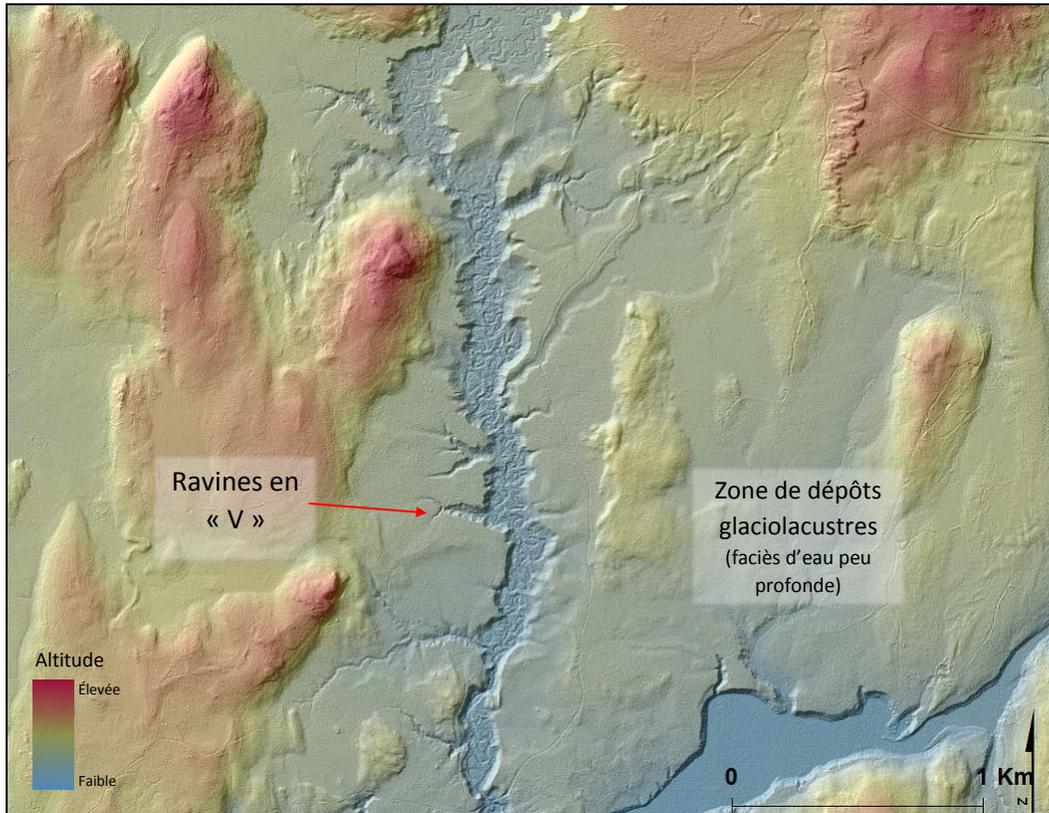


Figure 40. Exemple de dépôt glaciolacustre de faciès d'eau peu profonde (4gs) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

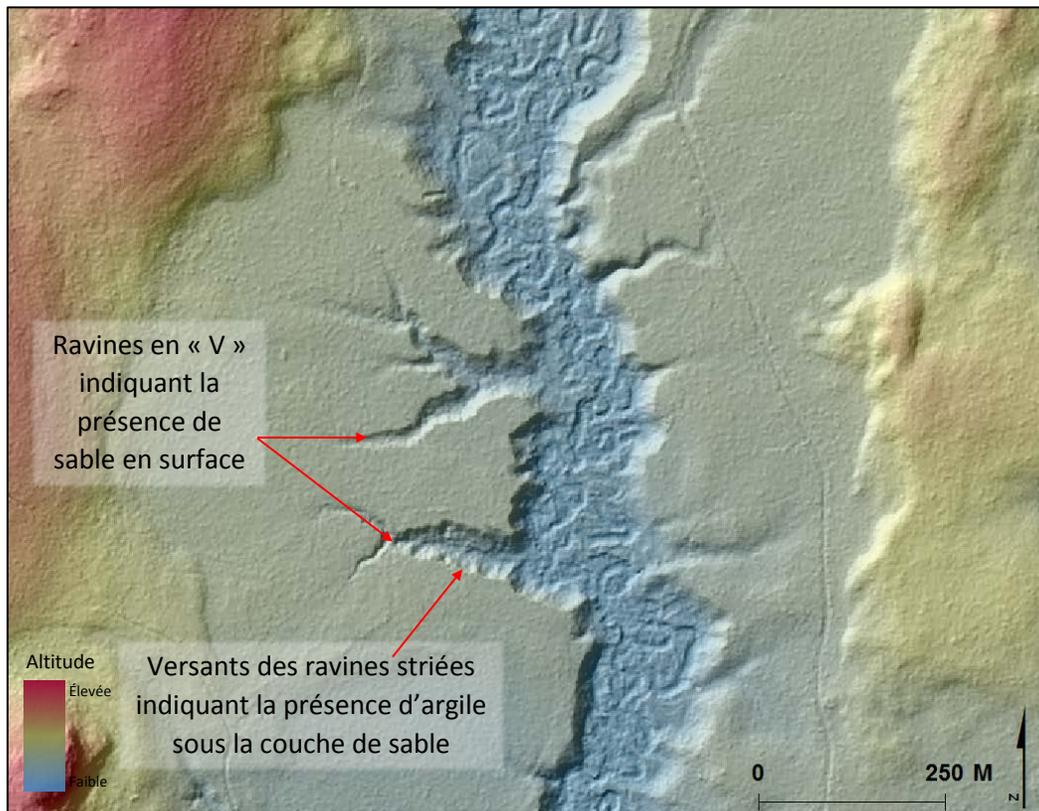


Figure 41. Exemple de ravines dans un dépôt glaciolacustre de faciès d'eau peu profonde (4gs) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

Plages (4p)

- Indices sur lidar

- a) On peut observer parfois la présence d'anciennes plages émergées que l'on peut identifier par une succession d'arcs parallèles sur des versants doux ou abrupts. Ces arcs sont des indices de la présence d'un ancien lac proglaciaire (Figures 42 et 44).

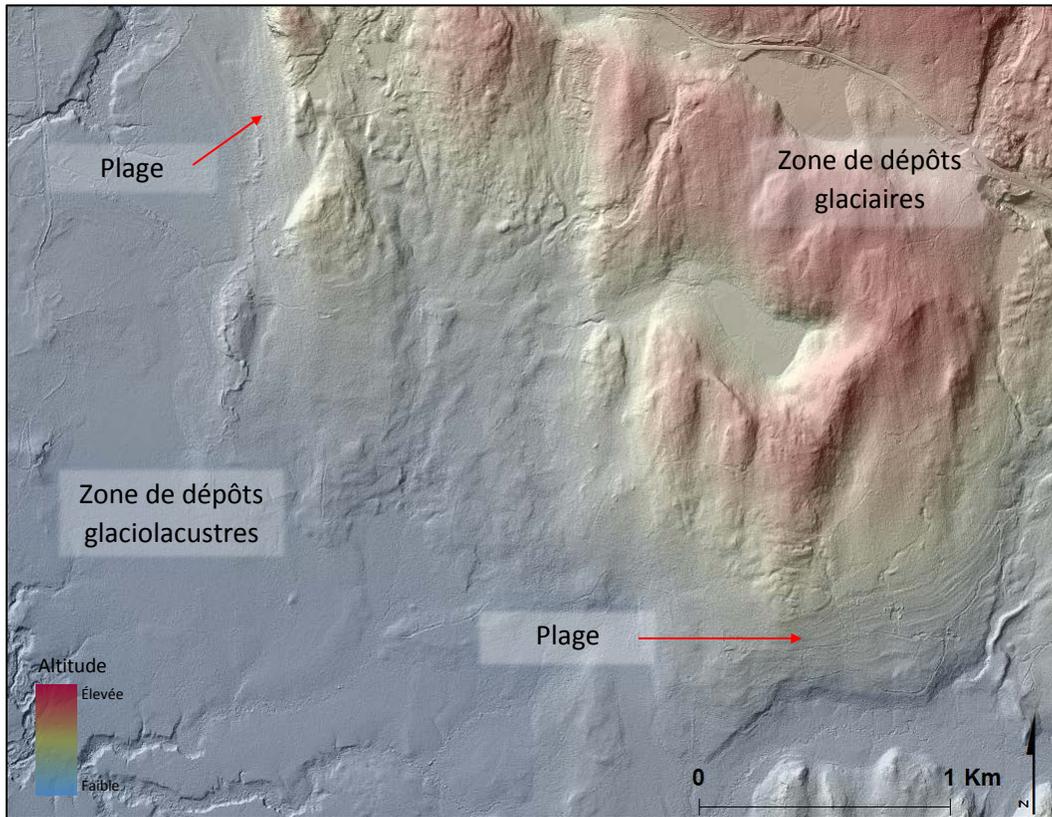


Figure 42. Exemple de plage lacustre (4p) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.



Figure 43. Exemple de plage lacustre (4p) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

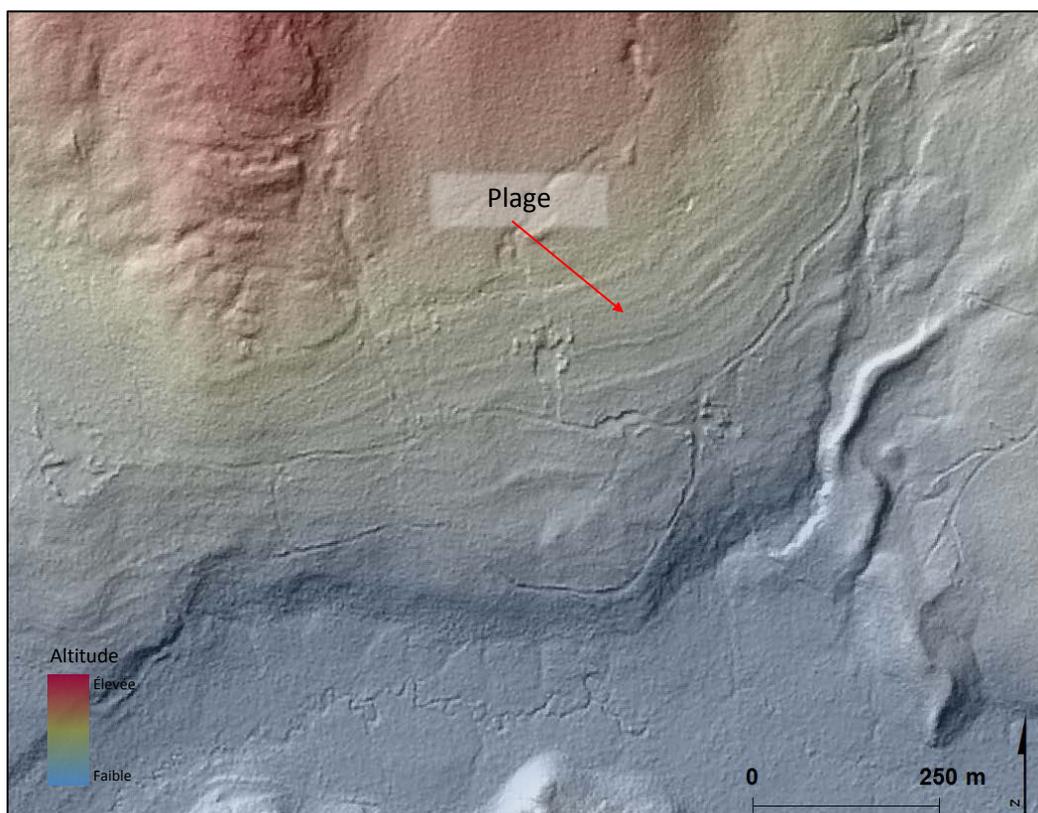


Figure 44. Exemple d'arcs parallèles, indice de plage lacustre (4p), sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Ouest.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Le potentiel des dépôts lacustres comme source d'approvisionnement de granulats varie de nul à moyen.

Le glaciolacustre au faciès d'eau peu profonde (4gs - potentiel faible) et la plage (4p - potentiel moyen) démontrent les meilleurs potentiels en raison de leur composition en sable et gravier de même que leur structure triée ou stratifiée. Cooper et Gartner (1984) notent aussi que les deltas et plages lacustres sont recherchés pour le positionnement de bancs d'emprunt en Ontario. Ils mentionnent que le matériel de ces structures contient cependant un pourcentage élevé de matériel fin et de faibles proportions de graviers.

Les autres dépôts lacustres ont un potentiel nul en raison de la grande quantité de matériaux fins (argile, limon) qu'ils contiennent.

Il peut être intéressant de noter que l'on peut observer à certains endroits des eskers sous des dépôts lacustres. Ces eskers peuvent être de très bonnes sources de granulats (Figures 45 à 53).

On retrouve ces eskers dans des environnements arborant des indices de dépôts lacustres (ex. : terrain plat, présence de plage, etc.). Ceux-ci ont un sommet souvent aplati plutôt que convexe. Sur le terrain, ils seront enfouis sous quelques mètres de sables lacustres.

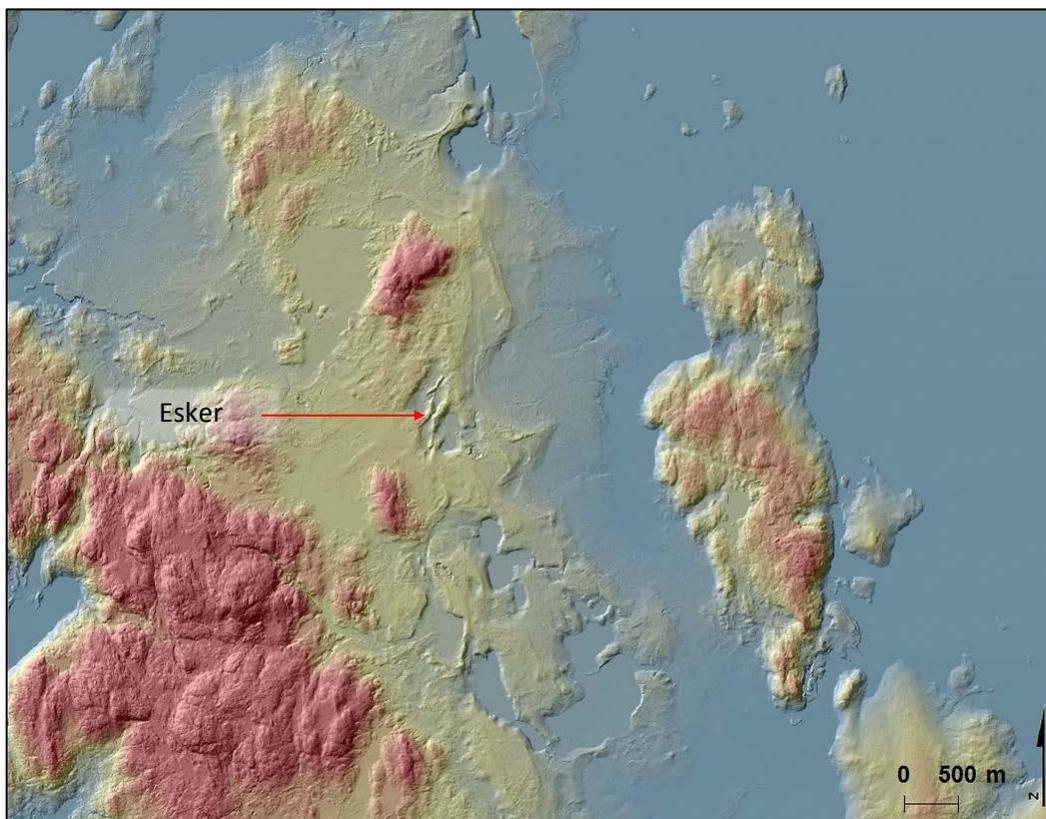


Figure 45. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.



Figure 46. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

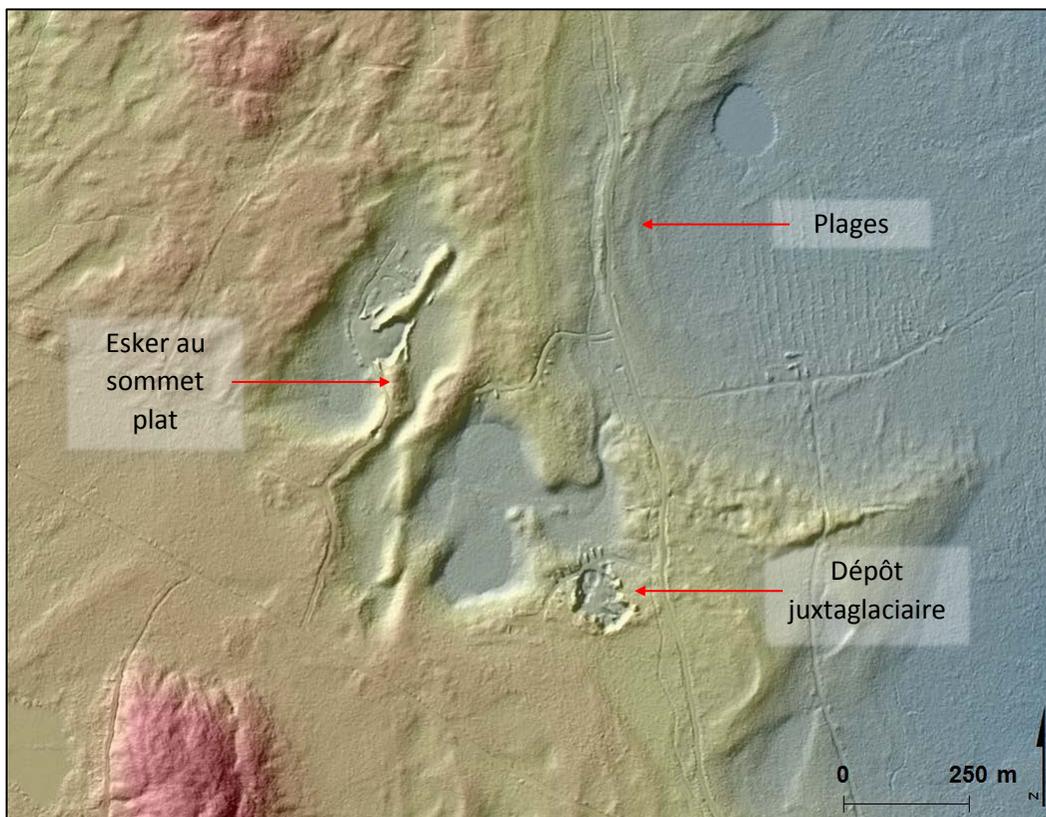


Figure 47. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

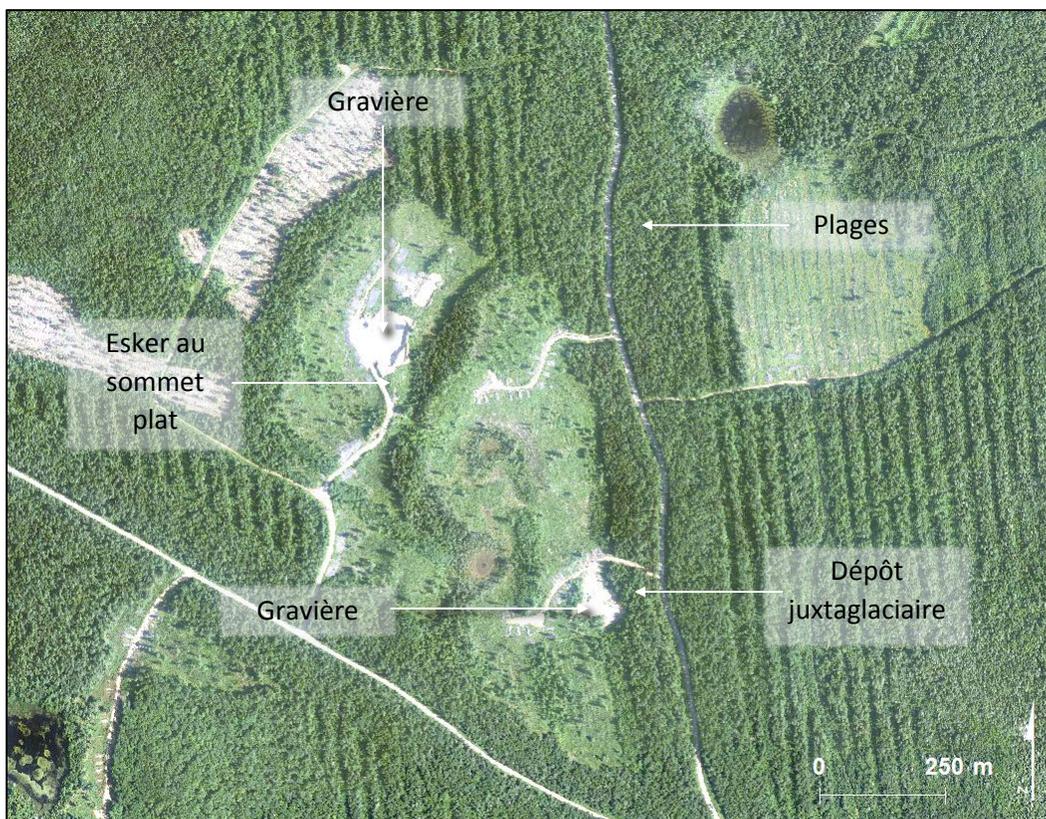


Figure 48. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à bouleau jaune de l'Ouest.

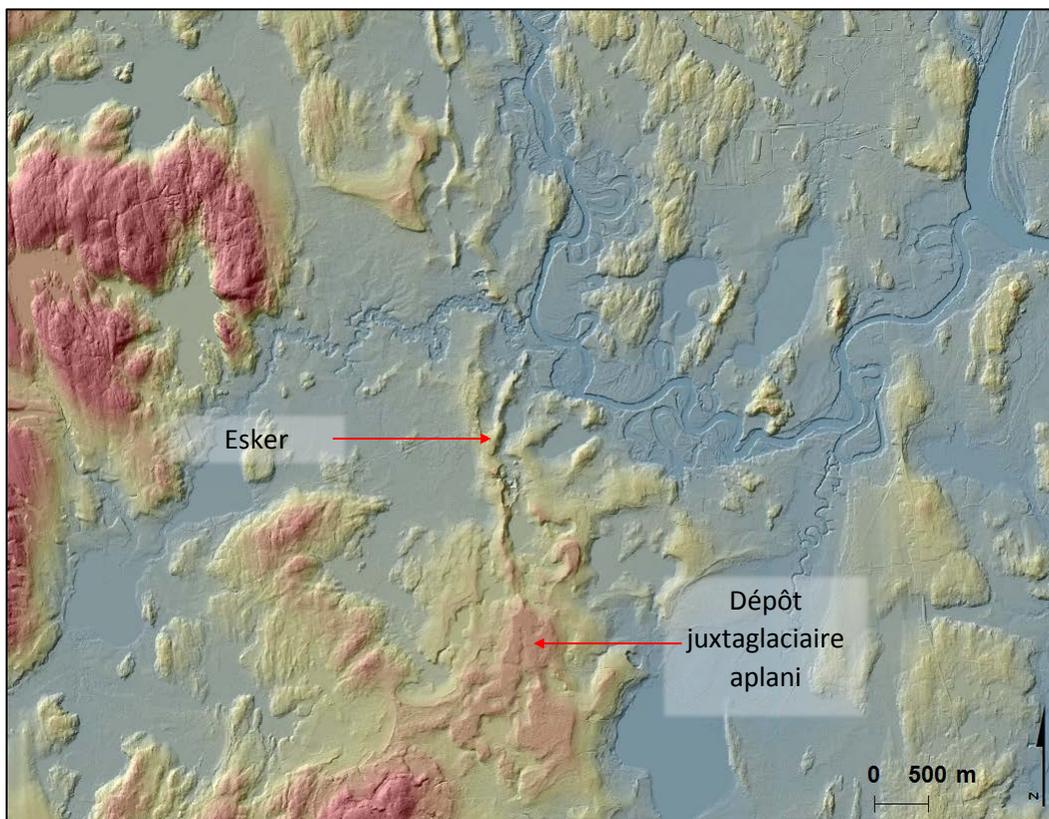


Figure 49. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à tilleul de l'Ouest.

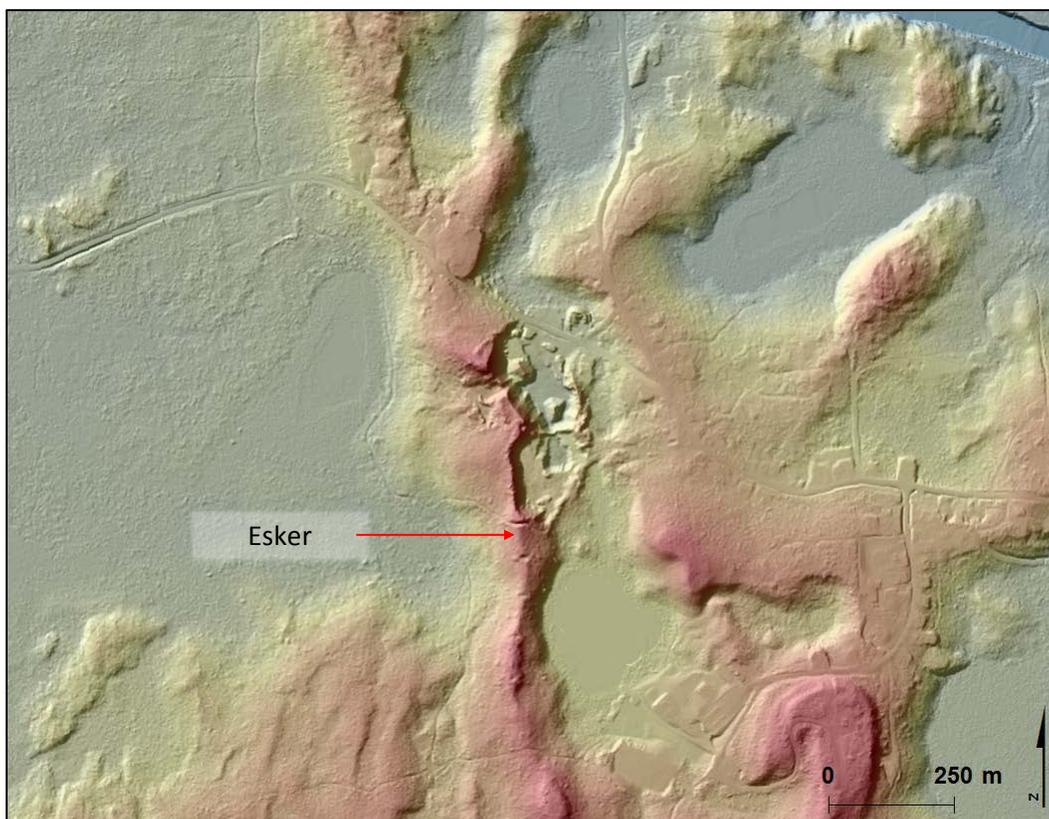


Figure 50. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à tilleul de l'Ouest.

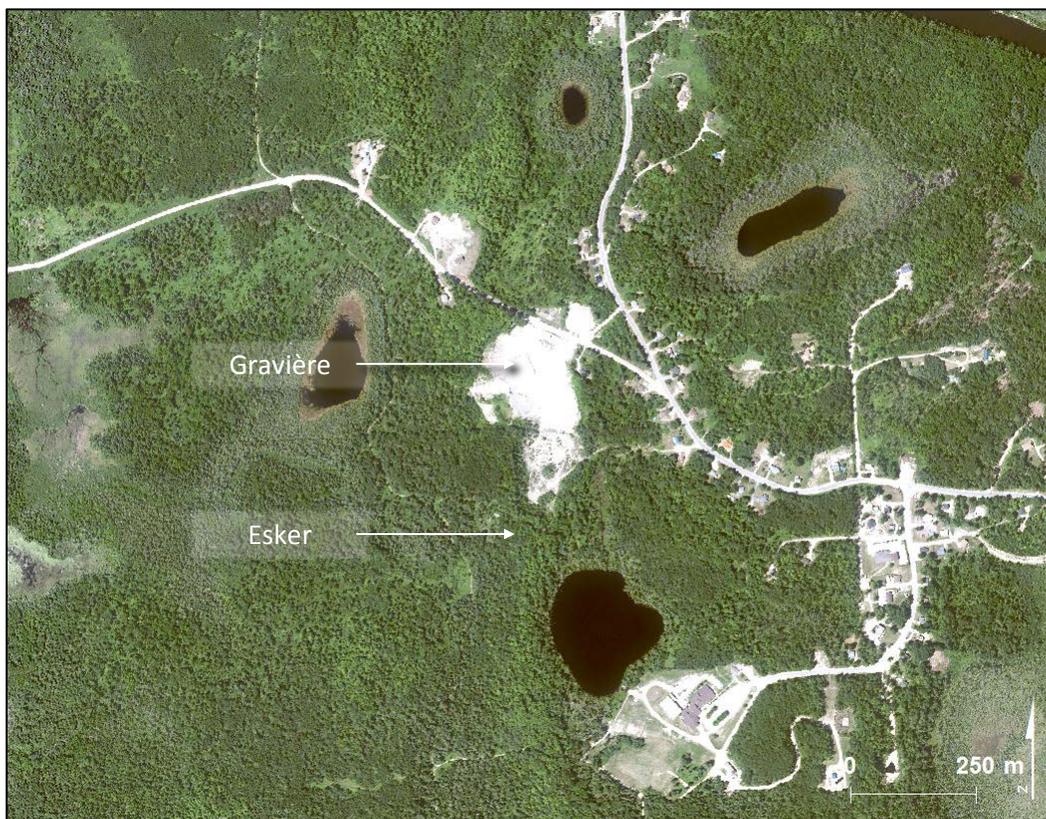


Figure 51. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à tilleul de l'Ouest.

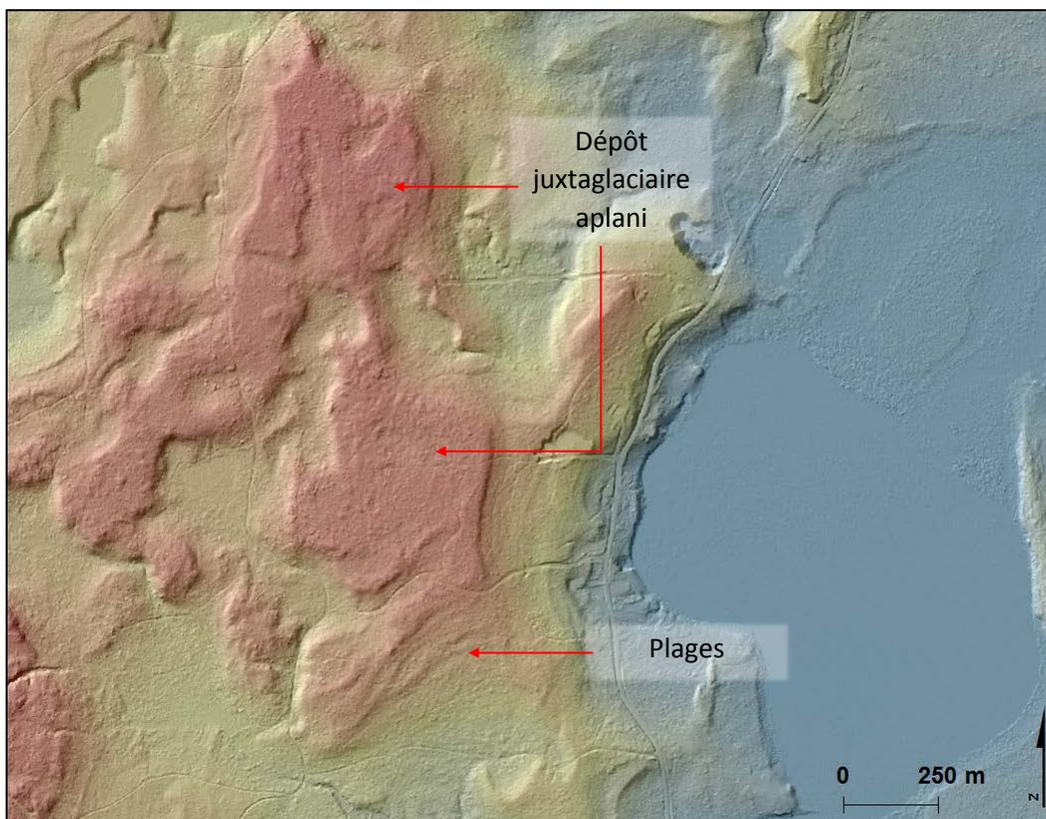


Figure 52. Exemple de dépôt juxtaglaciaire aplani sous dépôt lacustre sur lidar dans l'érablière à tilleul de l'Ouest.

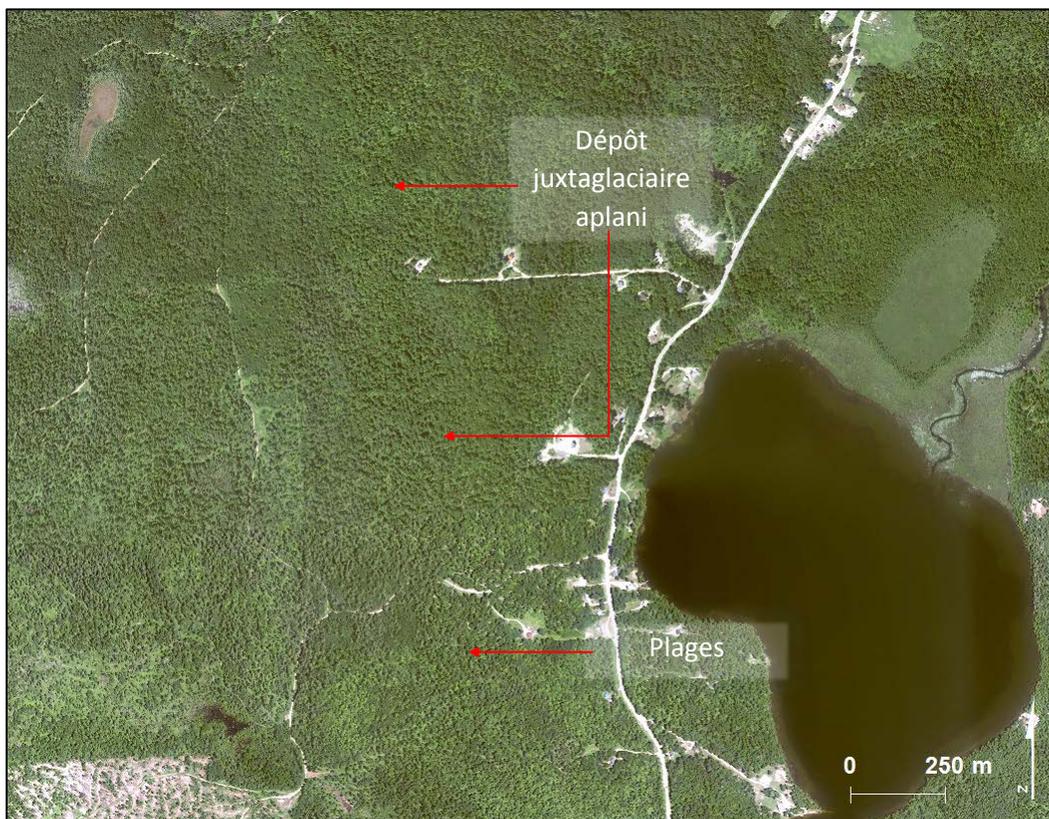


Figure 53. Exemple d'esker sous dépôt lacustre sur photographie aérienne dans l'érablière à tilleul de l'Ouest.

Tableau 8. Altitudes maximales des limites glaciolacustres des principaux lacs proglaciaires du Québec (Tirées de Ministère des Forêts, 1991 - 1998. Cartes des dépôts de surface. Document de travail. 1 :50 000. Service des inventaires forestiers)

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
22G03	470	
22G06	480 (N) 460 (S)	
22G10	510	
22G11	480	
22G14	480	
22J05	320	Dredge (1976)
22J12	320	
22J13	320	
22K11	380	
31G14	275 (N) 245 (S)	
31G15	280	Lajoie (1962, 1967); Richard (1984)
31G16	280	Prichonnet (1977); Elson (1969); Tremblay (1977)
31H01	300	Boissonnault (1983); Dubé (1983); Parent et Occhietti (1988)
31H02	274	Cloutier, 1982); Parent et Occhietti (1988)
31H08	274	Cloutier, 1982); Parent et Occhietti (1988)
31J01	381	Tremblay (1977); Lamothe (1977); Parry et Macpherson (1964)
31J04	229	Lajoie (1962, 1967)
31J05	229	Lajoie (1962, 1967)
31J11	260	Lajoie (1962, 1967)
31J12	244	Lajoie (1962, 1967)
31K01	229	Lajoie (1962)
31K08	229	Lajoie (1962)
31K09	244	Lajoie (1962)
31M01	280	Veillette (1988)
31M03	300 (N) 290 (S)	Veillette (1988)
31M05	320	Veillette (1988)
31M06	300 (SO) 310 (SE) 320 (NO) 330 (NE)	Veillette (1988)
31M07	320	Veillette (1988)
31M09	361	Veillette (1988)
31M10	370	Veillette (1988)
31M11	340	Veillette (1988)
31M12	340 (NE) 320 (SE)	Veillette (1988)
31M13	342.9 (NE) 327.7 (SE)	Veillette (1987, 1988); Vincent et Hardy (1979)

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
31M14	335.3 (SO) 342.9 (SE) 350.5 (NO) 358.0 (NE)	Veillette (1987, 1988); Vincent et Hardy (1979)
31M15	350.5 (SO) 342.0 (SE) 338.0 (NO) 365.7 (NE)	Veillette (1987, 1988); Vincent et Hardy (1979)
31M16	342.9 (SO) 350.5 (SE) 365.7 (NE) 358.1 (NO)	Vincent et Hardy (1979)
31N11	365	Veillette (1987)
31N12	350	Veillette (1987)
31N13	350.5 (SO) 358.1 (SE) 365.7 (NO) 371.5 (NE)	Veillette (1988); Vincent et Hardy (1979)
31N14	358.1 (SO) 371.5 (NO) 377.3 (NE)	Veillette (1988); Vincent et Hardy (1979)
31N15	380	
31O01	450	
31O08	450	
32B13	425	
32C02	377	Veillette (1983)
32C03	371.5 (SO) 377.3 (SE) 383.1 (NO) 388.9 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32C04	365.7 (SO) 371.5 (SE) 377.3 (NO) 383.1 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32C05	377.3 (SO) 383.1 (SE) 388.9 (NO) 394.7 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32C06	383.1 (SO) 388.9 (SE) 394.7 (NO) 400.5 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32C07	377	Veillette (1983)
32C08	385	
32C10	396	
32C12	394	Vincent et Hardy (1979)
32C13	418	Vincent et Hardy (1979)
32C16	425	
32D01	358.1 (SO) 377.3 (NE) 365.7 (SE) 371 (NO)	Vincent et Hardy (1979)
32D02	350.5 (SO) 358.1 (SE) 365.7 (NO) 371.5 (NE)	Tremblay (1977); Vincent et Hardy (1979)
32D03	342.9 (SO) 350.5 (SE) 350.0 (NO)	Tremblay (1977); Veillette (1983);

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
	365.7 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32D04	342.9 (SE) 358.1(NE)	Boissonneau (1966); Veillette (1988); Vincent et Hardy (1979)
32D05	358.1 (SO) 367.5 (SE) 371.5 (NO) 377.3 (NE)	Boissonneau (1966); Vincent et Hardy (1979)
32D06	358.1 (SO) 367.5 (SE) 371.5 (NO) 377.3 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32D07	365.7 (SO) 371.5 (SE) 377.3 (NO) 383.1 (SE)	Vincent et Hardy (1979)
32D08	371.5 (SO) 377.3 (SE) 383.1 (NO) 388.9 (NE)	Vincent et Hardy (1979)
32D09	391	Vincent et Hardy (1979)
32D10	378	Vincent et Hardy (1979)
32D11	380	Tremblay (1973)
32D14	391	Vincent et Hardy (1979)
32D15	406	Vincent et Hardy (1979)
32D16	418	Vincent et Hardy (1979)
32F01	425	Vincent (1989)
32F04	440	Vincent (1989)
32F05	380	Veillette <i>et al.</i> (1991)
32F12	380	Veillette <i>et al.</i> (1991)
32F13	380	Veillette <i>et al.</i> (1991)
32F16	425	Vincent (1989)
32G04	425	Vincent (1989)
32G05	425	Vincent (1989)
32G06	380	Veillette <i>et al.</i> (1991)
32G07	380	Veillette <i>et al.</i> (1991)
32G12	425	Vincent (1989)
32G13	425	Vincent (1989)
32G14	400	Prichonnet et al (1984); Poly-Géo inc. (1991)
32G15	411	Prichonnet et al (1984); Poly-Géo inc. (1991)
32G16	445	Prichonnet et al (1984); Poly-Géo inc. (1991)
32I12	457	Vincent (1989)
32I13	457	Vincent (1989)
32I14	457	Vincent (1989)
32J01	457	Poly-Géo inc. (1991), Prichonnet

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
		et al (1984); Vincent (1989)
32J02	450	Poly-Géo inc. (1991), Prichonnet et al (1984); Vincent (1989)
32J03	425	Poly-Géo inc. (1991), Prichonnet et al (1984); Vincent (1989)
32J04	425	Poly-Géo inc. (1991), Prichonnet et al (1984); Vincent (1989)
32J05	457	Poly-Géo inc. (1991), Prichonnet et al (1984); Vincent (1989)
32J06	450 à 460	Poly-Géo inc. (1991)
32J07	440	Poly-Géo inc. (1991)
32J08	427	Poly-Géo inc. (1991), Vincent (1989)
32J09	457	Poly-Géo inc. (1991), Vincent (1989)
32J10	457	Poly-Géo inc. (1991), Vincent (1989)
32J11	457	Poly-Géo inc. (1991), Vincent (1989)
32J12	457	Vincent (1989)
32J13	457	Vincent (1989)
32J14	435	Poly-Géo inc. (1991)
32K01	420	
32K02	425	Vincent (1989)
32K03	420	
32K04	380	Veillette <i>et al.</i> (1991)
32K05	457	Vincent (1989)
32K06	425	Vincent (1989)
32K07	425	Vincent (1989)
32K08	425	Vincent (1989)
32K09	425	Vincent (1989)
32K10	425	Vincent (1989)
32K11	425	Vincent (1989)
32K12	425	Vincent (1989)
32K13	457	Vincent (1989)
32K14	457	Vincent (1989)
32K15	425	Vincent (1989)
32K16	457	Vincent (1989)
32N01	457	Vincent (1989)
32N02	457	Vincent (1989)
32N03	457	Vincent (1989)
32O03	457	Vincent (1989)
32P02	457	Vincent (1989)

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
32P03	457	Vincent (1989)
32P04	457	Vincent (1989)

Dépôts marins et littoraux marins

Les dépôts marins ont été mis en place par décantation, alors que les dépôts littoraux marins ont été soumis à l'action des marées et des vagues. Les dépôts marins ont des caractéristiques différentes selon leur proximité de la source de sédiments d'où ils proviennent et selon la profondeur d'eau sous laquelle ils se sont déposés. Les dépôts littoraux marins, quant à eux, sont constitués de sable, de gravier et de cailloux bien triés et stratifiés. Le potentiel pour un approvisionnement en granulat va de nul à moyen.

1. Mise en place

Au moment où les glaciers sont présents sur le Québec, une importante force de compression est appliquée à la surface terrestre et enfonce cette dernière. Lors de la retraite des glaciers certaines zones sous le niveau des mers de l'époque sont envahies par les eaux marines (Desaulniers, 2015). Pendant quelques milliers d'années, ces mers aux eaux relativement calmes ont déposé des sédiments venus de divers affluents et ont formé les dépôts marins. Ces mers se sont graduellement retirées suite à la remontée de la croûte terrestre et ont permis à ces dépôts d'émerger.

D'autre part, les dépôts littoraux ont été remaniés ou mis en place par l'eau et les glaces flottantes, entre les niveaux des marées les plus hautes et les plus basses (MFFP, 2015). Ils ont été façonnés par l'action des vagues, des courants marins et, dans une moindre mesure, des glaces flottantes (Robitaille et Allard, 2007).

2. Localisation

Au Québec, cinq grandes régions ont été submergées durant des périodes variant entre 2 000 et 4 000 ans. Ce sont dans ces régions que les probabilités de trouver un

dépôt marin sont les plus élevées (Figure 54). Il s'agit de la mer de Champlain formée dans la région des basses terres du Saint-Laurent, la mer de Laflamme dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean puis la mer de Goldthwait à l'embouchure du fleuve Saint-Laurent, la mer de Tyrrell, en bordure des baies d'Hudson et James, et la mer d'Iberville, située dans la baie d'Ungava (Dionne, 1972; Desaulniers, 2015). Chacune de ces mers a atteint une limite de submersion maximale au-delà de laquelle les dépôts marins sont absents (Tableau 10).

De façon générale, les dépôts marins se retrouvent dans de grandes plaines couvrant plusieurs kilomètres carrés.

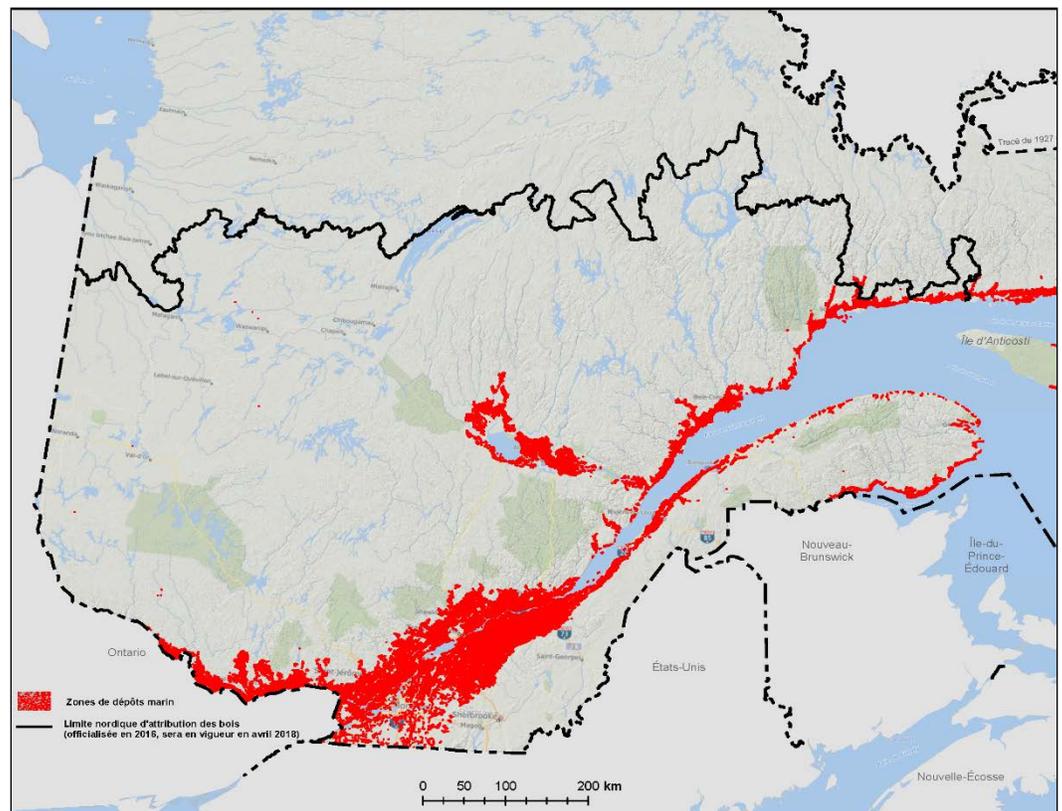


Figure 54. Zones de dépôts marins du Québec méridional cartographiées par le MFFP (4^e inventaire).

3. Description du dépôt

Les dépôts marins ont des caractéristiques différentes selon leur proximité à la source de sédiments d'où ils proviennent et selon la profondeur d'eau sous laquelle ils se sont déposés. En général, les particules qui les composent deviennent plus fines en s'éloignant du front du glacier et lorsque la profondeur d'eau s'accroît (Tranhaile 2013; Benn et Evans, 2010).

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue trois dépôts marins de même que trois dépôts littoraux marins (Tableau 9) (MFFP, 2014) :

Tableau 9. Les dépôts marins et littoraux marins et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.

Dépôts marins	%	Dépôts littoraux marins	%
5a – Marin au faciès d'eau profonde	0,5	6s – Plage soulevée	0,4
5l – Marin au faciès d'eau profonde ¹	<0,1	6a – Plage actuelle	<0,1
5s – Marin au faciès d'eau peu profonde	2	6g – Champ de blocs glaciels soulevé ²	-
5g – Glaciomarin ³	<0,1		

Dépôt marin

1. Les dépôts marins au faciès d'eau profonde étaient généralement éloignés du front glaciaire et sont constitués de particules très fines soit de l'argile et du limon, renfermant parfois des pierres et des blocs glaciels. Ce qui distingue le dépôt « 5l » du dépôt « 5a » est la proportion plus importante de limon dans le premier (5l). Cette seule différence ne permet donc pas de les discriminer à l'aide de photographies aériennes ou lidar;
2. Les dépôts marins au faciès d'eau peu profonde se situaient à proximité du front glaciaire et sont constitués de sable et parfois de gravier, généralement bien triés;
3. Les dépôts glaciomarins, quant à eux, ont été remaniés ou mis en place par l'eau et les glaces flottantes, entre les niveaux des marées les plus

hautes et les plus basses. Ils sont constitués d'argile, de sable, de gravier, de cailloux, de pierres et de blocs, généralement émoussés. Les dépôts glaciomarins sont rarement cartographiés dans le sud du Québec.

Dépôt littoral

1. Les plages soulevées sont des dépôts mis en place par les vagues, qui marquent les niveaux autrefois atteints par la mer. Elles sont constituées de sable, de gravier et de cailloux bien triés et stratifiés. Elles peuvent renfermer parfois des blocs glaciels;
2. Les plages actuelles sont mises en place par les vagues qui marquent le niveau supérieur du rivage actuel d'une mer. Leur constitution est similaire à la plage soulevée, c'est-à-dire qu'elles sont formées de sable, de gravier et de cailloux bien triés et stratifiés;
3. Les champs de blocs glaciels sont mis en place par l'action des glaces flottantes. Ils arborent une morphologie de flèche littorale ou de cordon littoral.

4. Critères d'identification

En premier lieu, il importe de consulter la cartographie existante afin de s'assurer que le territoire à l'étude soit dans une région où l'une des cinq mers postglaciaires ont été présentes. De plus, la connaissance de l'altitude atteinte par la limite marine de celle-ci est une information indispensable (Tableau 10).

De plus, tous les dépôts marins se retrouvent généralement dans de grandes plaines couvrant plusieurs kilomètres carrés.

Dépôt marin à faciès d'eau profonde (5a)

- Indices sur lidar

- a) La surface est plane, uniforme et peut être affectée par le ravinement causé par l'érosion due aux eaux de ruissellement (Figure 55);

¹ Dépôt non cartographié au Québec.

² Non cartographié au Québec

³ Dépôt non cartographié au Québec.

- b) La forme du fond des ravines pourra permettre de préciser la composition du dépôt. Les ravines dont le commencement présente un encaissement évasé en forme de « U », suggèrent un dépôt composé d'argile (Figure 56);
- c) Les ravines s'entaillent graduellement de l'amont vers l'aval du cours d'eau (Figures 57 et 58);
- d) La fréquence d'indices de glissements de terrain permet d'interpréter la présence d'argile dans le secteur. Ces glissements de terrain sont généralement en forme de demi-cercle lisse. Cet indice hausse la probabilité d'un dépôt marin sans pour autant que l'argile soit présente dès la surface du dépôt. Souvent, le fond des glissements de terrain est argileux alors que la surface du plateau d'où vient le glissement peut être sableuse;
- e) Un réseau hydrographique de forme dendritique ou pennée aux embranchements abondants en terrain plat est souvent un signe d'un dépôt argileux (5a).



Figure 55. Exemple de dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

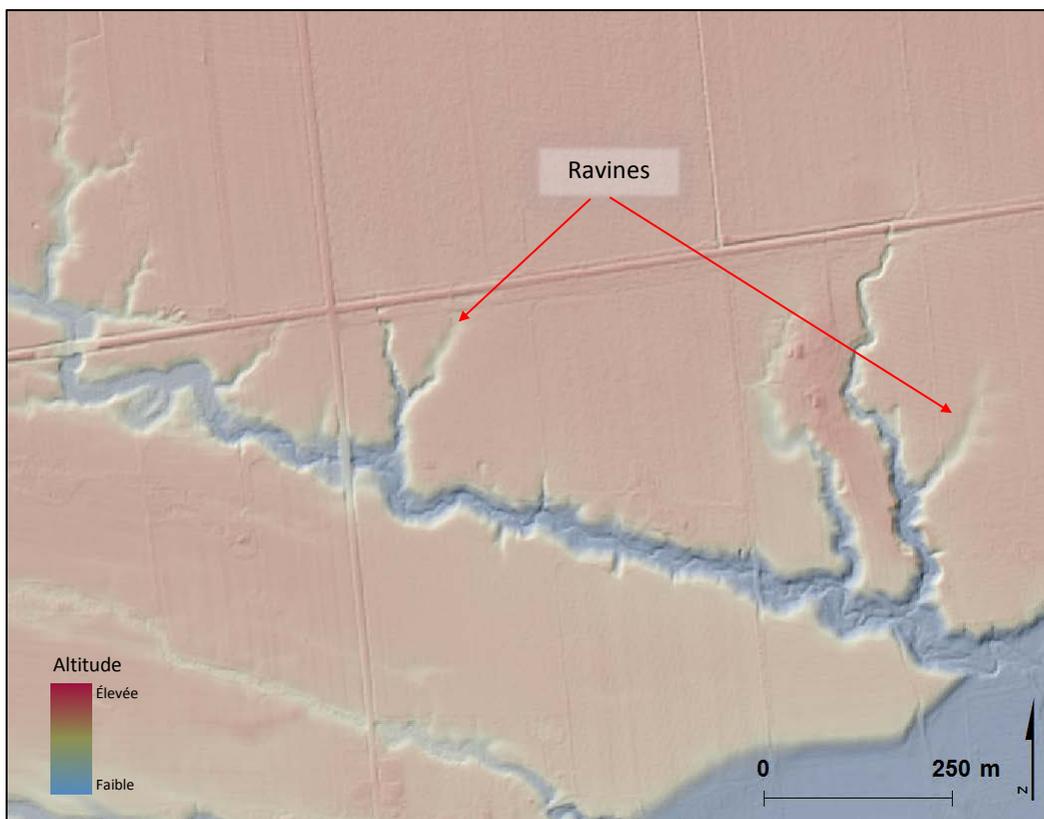


Figure 56. Exemple de ravines dans un dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) La couleur brun café au lait des cours d'eau et des lacs peut être un indice de présence d'argiles marines (Figure 4);
- c) Là où le sol est exposé (ex. : talus des glissements de terrain ou érosion des cours d'eau majeurs) la couleur du sol sera un indice. L'argile (5a) paraîtra gris à gris bleuté (Figure 5). Une fois le niveau maximal atteint par l'argile identifié, cette altitude peut servir de référence pour l'ensemble du secteur. Le 5s sera toujours situé à des niveaux supérieurs au 5a.

Il est à noter que comme pour les dépôts lacustres, les dépôts marins à faciès d'eau peu profonde superposent parfois le dépôt marin à faciès d'eau profonde. Ainsi, une superposition des critères d'identification de ces deux dépôts est possible.

Dépôt marin à faciès d'eau peu profonde (5s)

- Indices sur lidar

- a) La surface est plane, uniforme et peut être affectée par le ravinement causé par l'érosion due aux eaux de ruissellement (Figure 57);
- b) La forme des ravines pourra permettre de préciser la composition du dépôt. Les

commencements des ravines ayant un encaissement rapide et étroit, forme de « V », suggèrent un dépôt composé de sable (Figures 57 et 58);

- c) Les versants des ravines sont striés et leurs pentes sont plus fortes que dans l'argile;
- d) Les ramifications des ravines seront moins abondantes et plus étroites que dans l'argile.

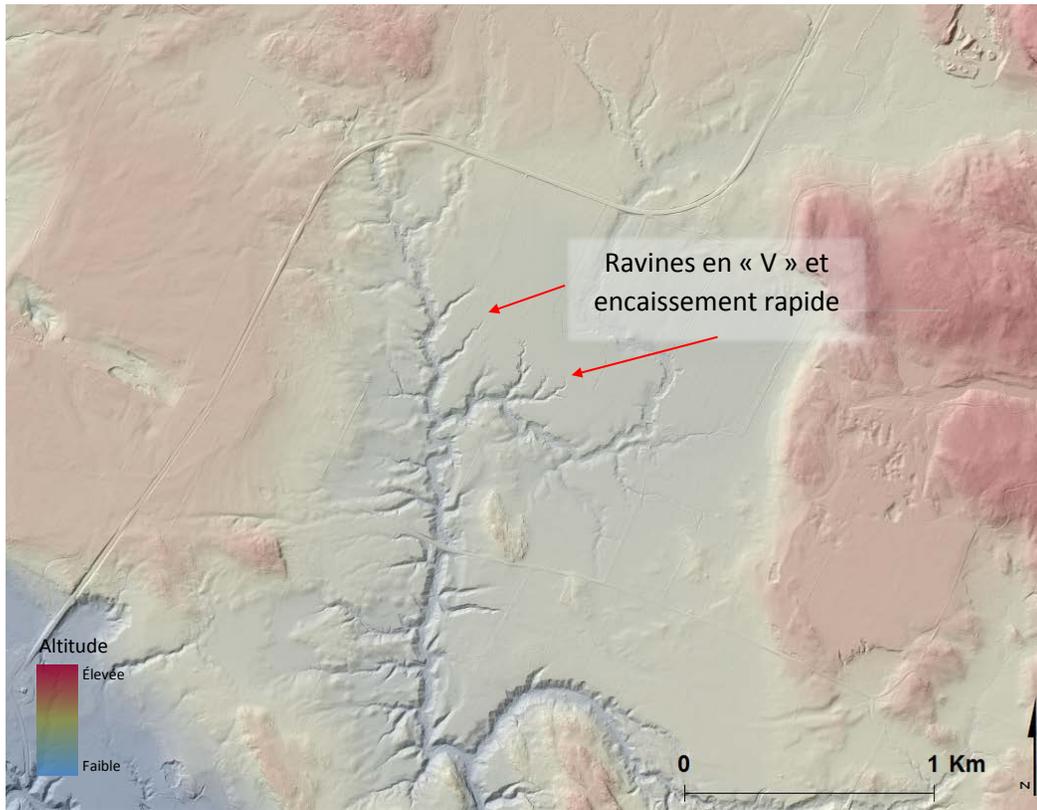


Figure 57. Exemple de dépôt marin de faciès d'eau peu profonde (5s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

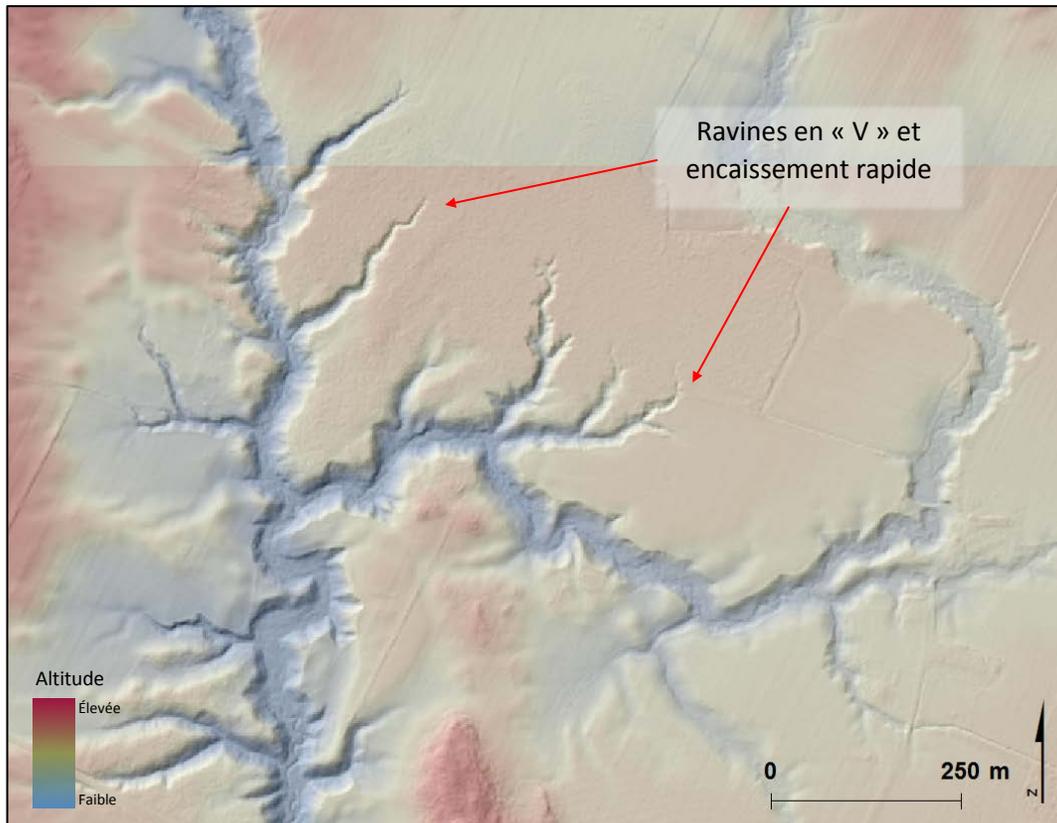


Figure 58. Exemple de ravines dans un dépôt marin de faciès d'eau peu profonde (5s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

- Indices sur photographies aériennes

a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;

b) Là où le sol est exposé (ex. : talus des glissements de terrain ou érosion des cours d'eau majeurs), la couleur du sol sera un indice. Le sable (5s) paraîtra gris pâle à gris jaunâtre.



Figure 59. Exemple de la couleur de l'eau dans un dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.



Figure 60. Exemple de la couleur de l'eau dans un dépôt marin de faciès d'eau profonde (5a) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

Plage soulevée (6s)

- Indices sur lidar

- a) On peut observer des crêtes allongées souvent en groupe et parallèles les unes aux autres (Figures 61 et 62);
- b) Ces crêtes, continues ou discontinues, laissent deviner la présence d'un ancien rivage;
- c) Elles ont souvent l'aspect d'un escalier sur la pente (Figure 62);
- d) Généralement localisé sur des pentes dont l'inclinaison peut varier de faible à forte.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes;
- b) Les crêtes étant convexes et constituées de sable, elles sont souvent plus sèches et en milieu boréal, elles supportent la présence de lichens et contraignent à une densité plus faible de la végétation.

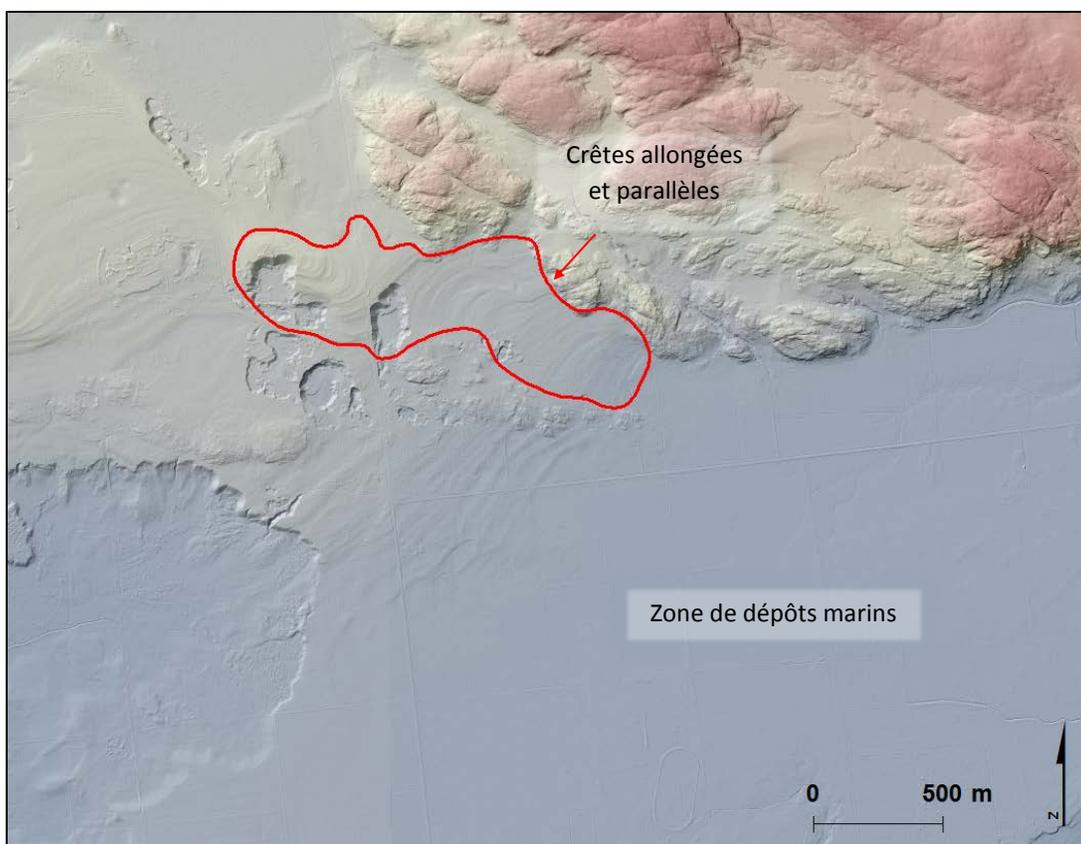


Figure 61. Exemple de plage soulevée (6s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

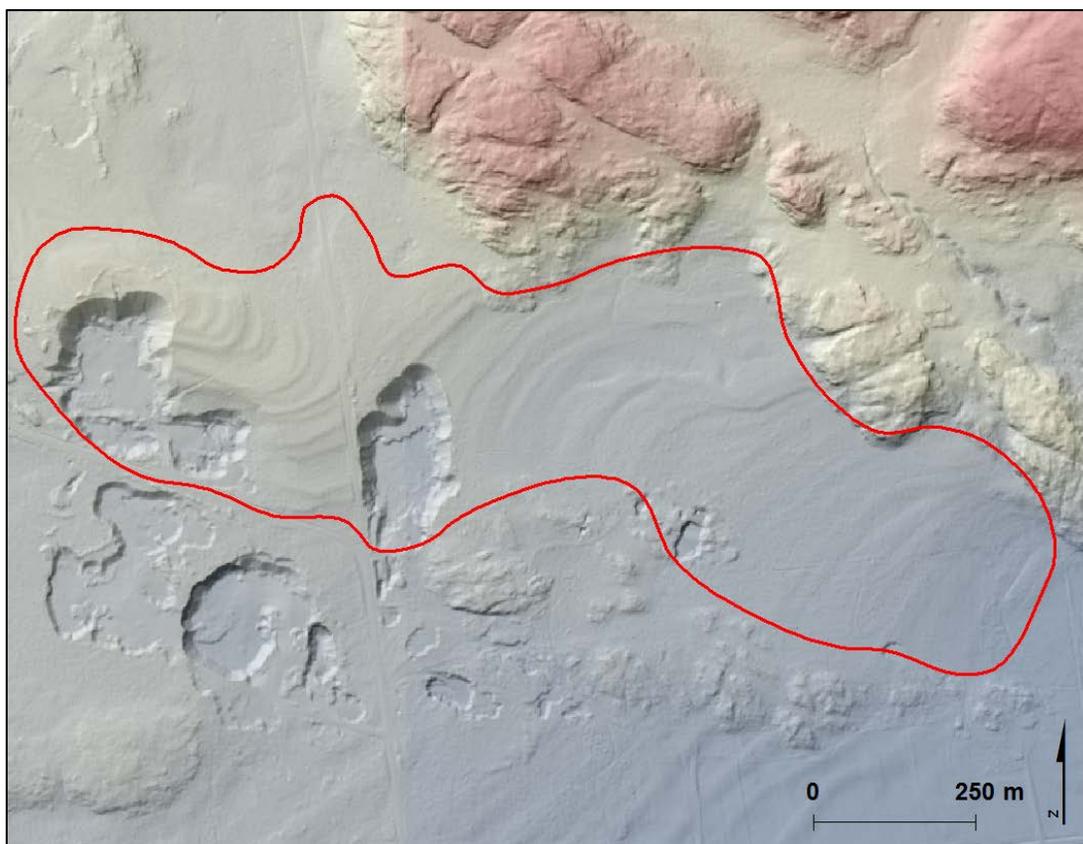


Figure 62. Exemple de plage soulevée (6s) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.



Figure 63. Exemple de plage soulevée (6s) sur photographie aérienne dans l'érablière à caryer cordiforme.

Plage actuelle (6a)

- Indices sur lidar

L'utilisation des photographies aériennes est à privilégier pour l'identification des plages actuelles.

- Indices sur photographies aériennes

- a) La plage se situe à proximité d'un plan d'eau et est soumise à l'action des marées;
- b) Il y a absence ou rarement de la végétation.



Figure 64. Exemple de plage actuelle (6a) sur photographie aérienne dans l'érablière à caryer cordiforme.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Le potentiel pour un approvisionnement en sable et gravier va de nul à moyen en ce qui concerne les dépôts marins et littoraux marins.

Seule la plage soulevée (6s) est caractérisée par un potentiel moyen en raison de sa composition en sable, en gravier et en cailloux bien triés et stratifiés (MFFP, 2014). D'ailleurs, beaucoup de gravières sont localisées dans ce type de dépôts de surface.

Les autres dépôts de ces catégories ont un potentiel nul ou faible en raison de leur composition en matériaux fins

(sable fin et argile) ou de la proximité de la nappe phréatique.

Tableau 10. Altitude maximale des limites marines des principales mers glaciaires du Québec (Tirées de Ministère des Forêts, 1991 - 1998. Cartes des dépôts de surface. Document de travail. 1 :50 000. Service des inventaires forestiers)

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources	Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
12G01	122	Dubois (1977)	22C04	168	Vincent (1989)
12G03	122	Dubois (1977)	22C07	155	Locat (1978)
12G05	122	Dubois (1977)	22C08	155	Locat (1978)
12G06	122	Dubois (1977)	22C09	155	Locat (1978)
12G07	122		22C11	152	Vincent (1989)
12G08	122		22C14	152	Vincent (1989)
12G09	122		22C15	152	Vincent (1989)
12G11	122		22D01	167	Vincent (1989)
12K04	122	Dubois (1977)	22D05	167	Lasalle et Tremblay (1988)
12K05	122	Dubois (1977)	22D06	167	Vincent (1989)
21G04	175		22D08	167	Vincent (1989)
21G05	200		22D11	167	Vincent (1989)
21G06	190		22D12	198	Lasalle et Tremblay (1988)
21G10	205		22D13	198	Lasalle et Tremblay (1988)
21G11	205		22F01	152	Vincent (1989)
21G12	205		22F02	152	Vincent (1989)
21G13	200	Lasalle <i>et al.</i> (1977); Lasalle (1978)	22F08	152	Vincent (1989)
21G14	200	Lasalle <i>et al.</i> (1977)	22G01	64	
21G15	185	Lasalle <i>et al.</i> (1977)	22G02	68	Lebuis et David (1977)
21G16	190	Lasalle <i>et al.</i> (1977)	22G05	137	Vincent (1989)
21M01	200	Lasalle <i>et al.</i> (1977)	22G06	137	Vincent (1989)
21M02	200		22G11	137	Dredge (1976)
21M03	200	Lasalle <i>et al.</i> (1977)	22G14	137	Dredge (1976)
21M07	190	Dionne (1977)	22G15	137	Dredge (1976)
21M08	190 (N) 167 (S)	Martineau (1977)	22G15	137	Dredge (1976)
21M09	190	Dionne (1977)	22H01	46	
21N12	167	Dionne (1977)	22H02	30	
21N13	188 (N) 166 (S)	Dionne (1972); Dionne (1977)	22H03	53	
21N14	166	Dionne (1972)	22H04	46	
22A03	64		22I05	137	Dubois (1977, 1980)
22A04	45		22I06	140	Dubois (1977)
22A07	64		22I07	140	Dubois (1977)
22A08	64		22J01	137	Dredge (1976)
22A09	64		22J02	137	Dredge (1976)
22A15	45		22J03	137	Dredge (1976)
22A16	45		22J06	140	Dubois (1977)
22B01	61	Lebuis et David (1977)	22J07	140	Dubois (1977)
22B02	61	Dionne (1977)	22J08	137	Dubois (1977)
22B12	112	Lebuis et David (1977)	22J10	140	Dubois (1977)
22B13	112	Lebuis et David (1977)	31F08	200	Lajoie (1962)
22B14	85	Lebuis et David (1977)	31F09	210	Lajoie (1962)
22B15	85	Lebuis et David (1977)	31F10	210	Lajoie (1962)
22C02	166	Dionne (1972)	31F14	210	Lajoie (1962)
22C03	166	Dionne (1972)	31F15	210	Lajoie (1962)
			31F16	198	Lajoie (1962)

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
31G01	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31G02	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31G05	200	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31G08	175	Prichonnet (1977); Richard (1976)
31G09	175	Prichonnet (1977); Richard (1976)
31G10	198	Lajoie (1962, 1967); Richard (1984)
31G11	229	Lajoie (1962, 1967)
31G12	210	Lajoie (1962, 1967)
31G13	198	Lajoie (1962, 1967)
31G14	229	Lajoie (1962, 1967)
31G15	229	Lajoie (1962, 1967); Richard (1984)
31G16	230	Prichonnet (1977); Elson (1969)
31H02	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H03	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H04	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H05	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H06	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H07	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H09	175	Parent (1987)
31H10	175	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H11	150	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H12	175	Prichonnet (1977); Elson (1969)
31H13	228	Prichonnet (1977); Elson (1969); Tremblay (1977)
31H14	150	Parent et Occhietti (1988); Elson (1969)
31H16	175	Prichonnet (1977)
31I02	150	Prichonnet (1977)
31I03	175	Prichonnet (1977)
31I04	235	Prichonnet (1977); Elson (1969); Tremblay (1977)

Feuillets cartographiques	Altitude (m)	Sources
31I05	229	Parry et MacPherson (1964)
31I06	183	Parry et MacPherson (1964)
31I07	185	Occhietti, S. (1980)
31I08	200	Occhietti, S. (1980)
31I09	198	Occhietti, S. (1980)
31I10	185	Occhietti, S. (1980)
31I11	183	Allard (1978)
31I15	183	Occhietti, S. (1980)
32A09	183	Lasalle et Tremblay (1988)
32A10	198	Lasalle et Tremblay (1988)
32A15	198	Lasalle et Tremblay (1988)
32A16	198	Lasalle et Tremblay (1988)
32G10	225	Vincent (1989)
32G15	225	Vincent (1989)
32G16	225	Vincent (1989)
32K13	240	Vincent (1989)
32N02	240	Vincent (1989)
32N03	240	Vincent (1989)
32N04	240	Vincent (1989)

Dépôts organiques

Les dépôts organiques sont des dépôts où le taux d'accumulation de matière organique est plus élevé que le taux de décomposition. Le potentiel pour le positionnement de banc d'emprunt (sable et gravier) est nul.

1. Mise en place

Ces dépôts sont mis en place dans des milieux dont le mauvais drainage et le climat favorisent l'accumulation de matière organique.

2. Localisation

On retrouve les milieux organiques partout au Québec, principalement là où la topographie à l'échelle d'un étang ou d'une grande plaine ne permet pas une évacuation assez rapide des surplus d'eau. De plus, leur abondance sur le territoire québécois s'accroît du sud vers le nord.

3. Description du dépôt

Ces dépôts sont constitués de matière organique plus ou moins décomposée provenant de sphaignes, de mousses ou de litière végétale. Ces milieux humides supportent généralement une végétation basse mais peuvent parfois supporter un couvert forestier. L'épaisseur de matière organique peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres.

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue deux dépôts organiques (Tableau 11) (MFFP, 2014; Robitaille et Dionne, 2007) :

Tableau 11. Les dépôts organiques et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.

Dépôts organiques	%
7t – Organiques minces	4,9
7e – Organiques épais	7,8

1. Les dépôts organiques minces possèdent une accumulation de matière organique de moins d'un mètre d'épaisseur;
2. Les dépôts organiques épais ont cumulé plus d'un mètre d'épaisseur de matière organique.

4. Critères d'identification

Les critères suivants s'appliquent davantage aux milieux organiques minces et épais présents en forêt boréale. Ils deviennent moins déterminants dans les domaines de l'érablière.

Dépôts organiques minces (7t)

- Indices sur lidar

- a) Le lidar est utile pour localiser les limites des milieux humides, principalement lorsque les milieux humides se trouvent dans un ensemble de dépôts glaciaires. Dans ces cas, la topographie du dépôt est plane et contraste avec les dépôts environnants (Figure 65);
- b) L'utilisation des photographies aériennes procure par contre tous les indices nécessaires à leur identification.

- Indices sur photographies aériennes

- a) La topographie est plane (Figure 65);
- b) Les essences forestières présentes tolèrent les drainages d'imparfaits à très mauvais;
- c) Généralement, la végétation arborescente est présente et l'on peut observer une baisse significative de la hauteur et de la densité de celle-ci (Figures 66 et 67). Il est généralement possible de percevoir entre les arbres des éricacées ou de la sphaigne;
- d) Il peut y avoir présence d'affleurements d'un dépôt minéral meuble ou rocheux dans certaines circonstances.

Dépôts organiques épais (7e)

- Indices sur lidar

- Le lidar est utile pour localiser les limites des milieux humides, principalement lorsque les milieux humides se trouvent dans un ensemble de dépôts glaciaires. Dans ces cas, la topographie du dépôt est plane et contraste avec les dépôts environnants (Figure 65);
- L'utilisation des photographies aériennes procure par contre tous les autres indices nécessaires à leur identification.

- Indices sur photographies aériennes

- La topographie est plane (Figure 65);
- La végétation arborescente est généralement absente et le terrain est sans rugosité (Figures 66 et 67);
- Des mares d'eau sont fréquentes.

Le milieu organique épais est généralement recouvert de sphaignes et d'éricacées.

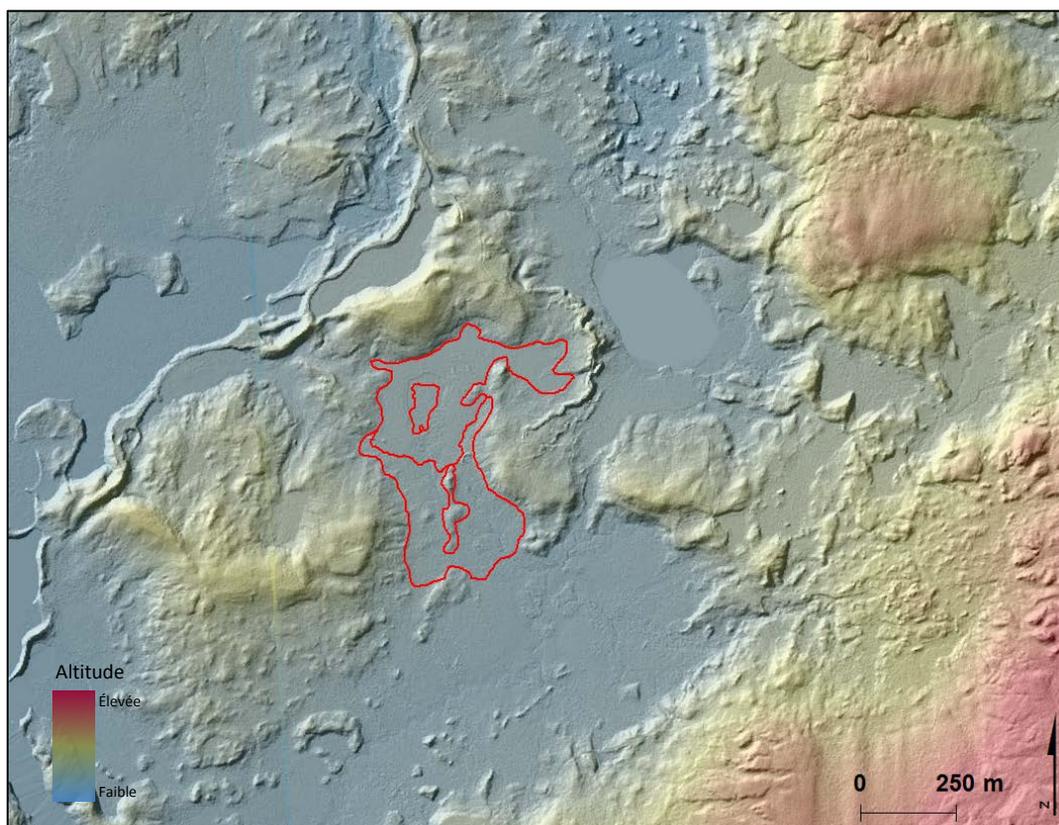


Figure 65. Exemple de dépôts organiques minces et épais sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

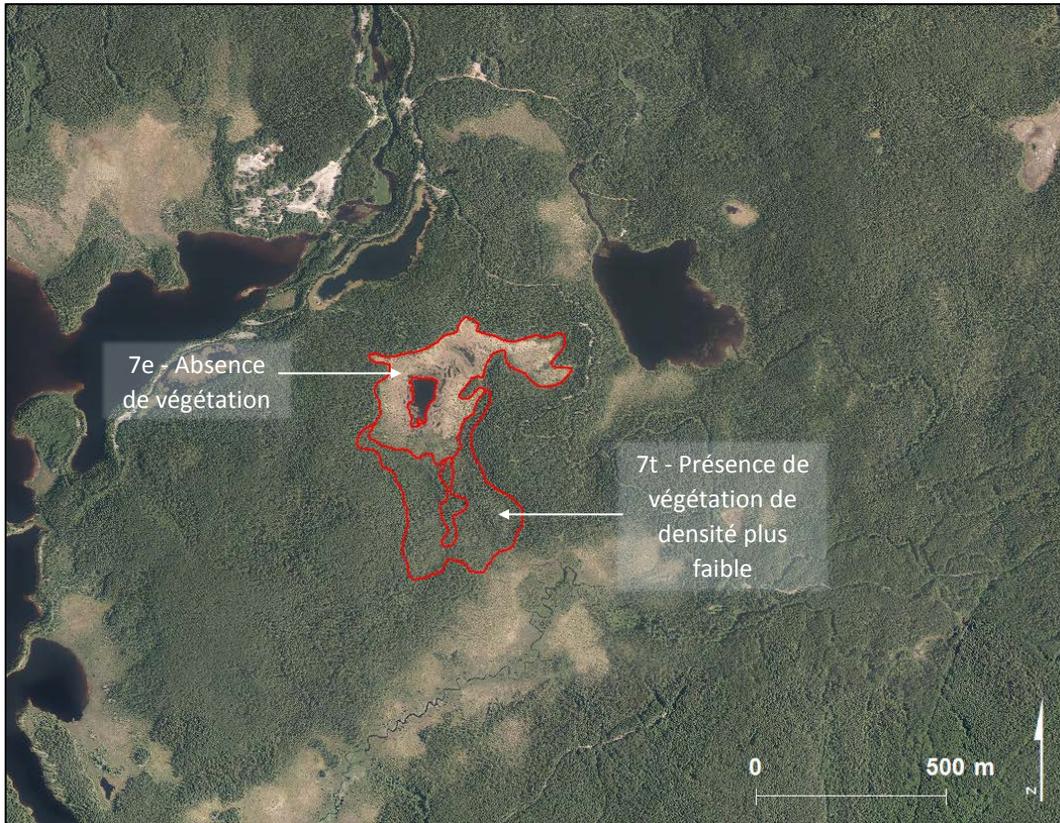


Figure 66. Exemple de dépôts organiques minces et épais dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

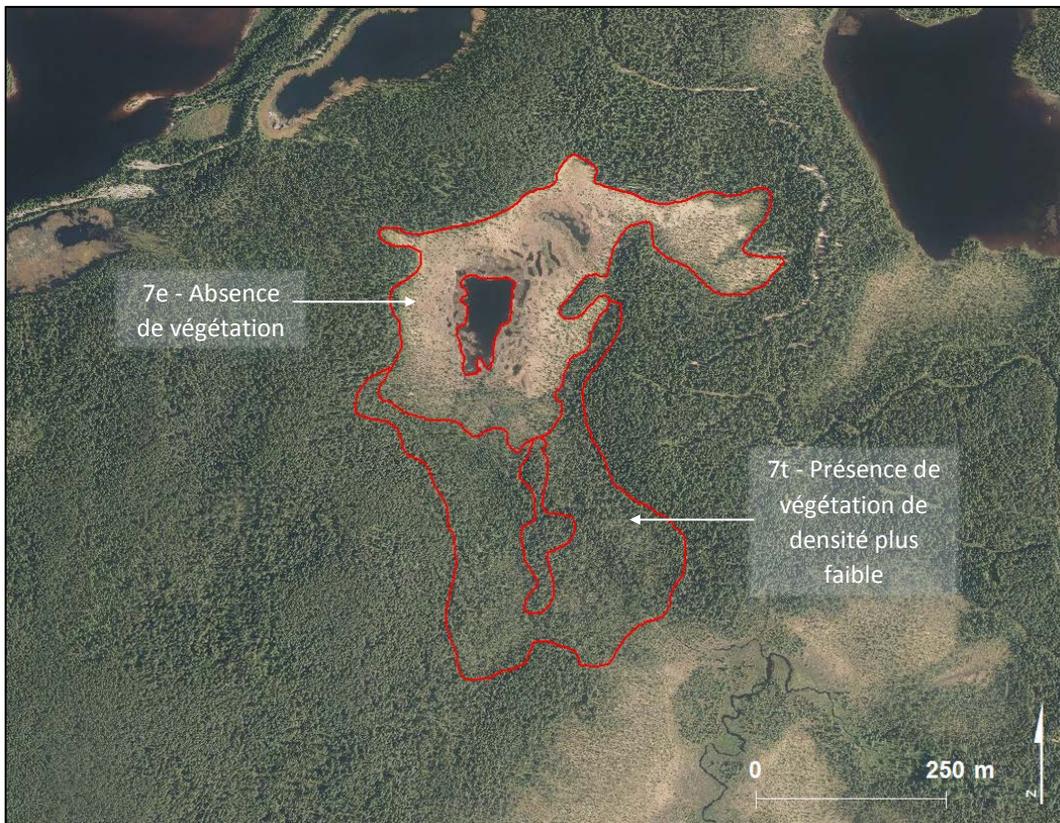


Figure 67. Exemple de dépôts organiques minces et épais sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.



Figure 68. Exemple de dépôt organique contigu à un dépôt lacustre sur photographie aérienne dans la peissière à mousses de l'Ouest.

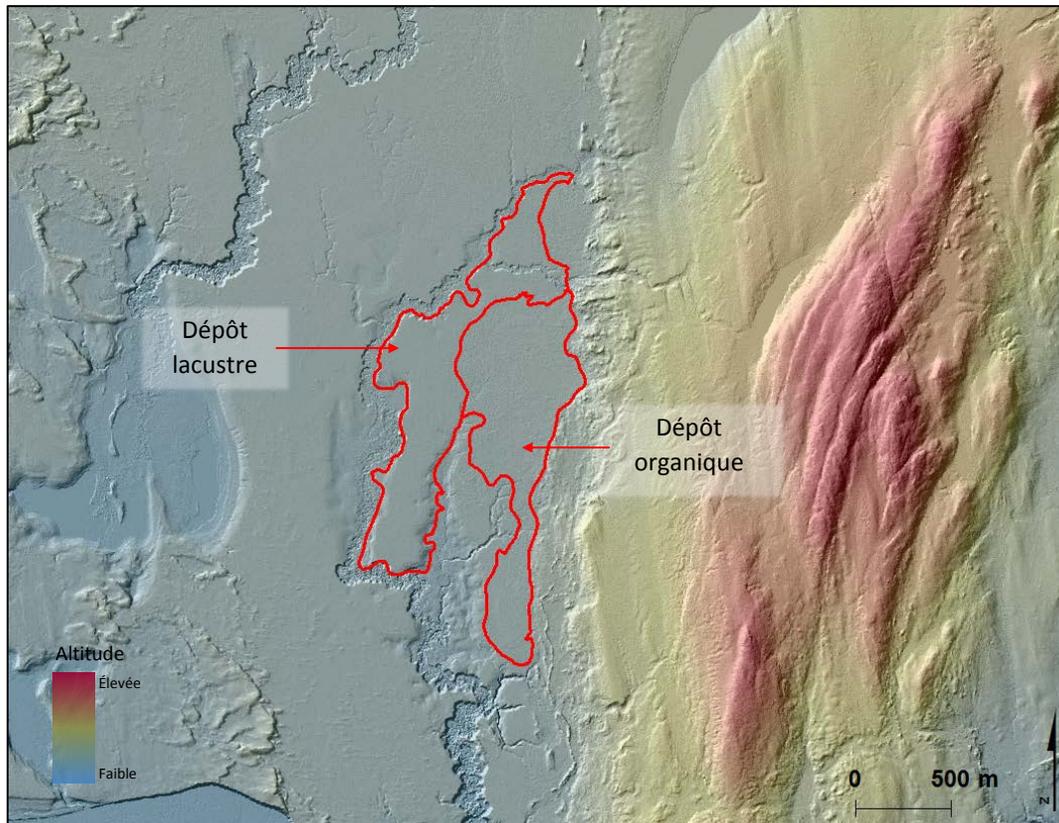


Figure 69. Exemple de dépôt organique contigu à un dépôt lacustre sur lidar dans la peissière à mousses de l'Ouest.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Il n'y a aucun potentiel pour ces dépôts quant à l'approvisionnement en granulats.

Dépôts de pente et d'altération

Les dépôts de pente et d'altération ont été mis en place soit par l'altération de l'assise rocheuse, le ruissellement des eaux de surface ou la gravité. Le potentiel pour le positionnement de banc d'emprunt (sable et gravier) est nul.

1. Mise en place

Les dépôts de pente et d'altération incluent différents processus de mise en place. D'une part, l'altération de l'assise rocheuse est un processus lent de désagrégation de la surface du socle rocheux. Les causes de ce type d'érosion sont multiples. Elles peuvent être de nature chimique, physique ou biologique (Gutiérrez, 2013). D'autre part, le ruissellement des eaux de surface ou, encore, la gravité contribuent également à la mise en place des dépôts de pente et d'altération (MFFP, 2014).

2. Localisation

Les dépôts de pente (Tableau 12) peuvent se retrouver partout au Québec où d'une part les pentes fortes et les escarpements rocheux sont présents, mais aussi dans les territoires où l'on retrouve de grandes étendues sableuses ou argileuses propices aux glissements de terrain.

Quant aux dépôts d'altération (Tableau 12), certaines régions du Québec, notamment la Gaspésie, sont plus propices à en posséder en raison, entre autres, de la nature de l'assise géologique qui est principalement composée de roches sédimentaires et métasédimentaires (grès, calcaire, mudrock et shale) (Thériault, 2012).

Tableau 12. Les dépôts de pente et d'altération et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.

Dépôts de pente	%	Dépôts d'altération	%
8e – Éboulis rocheux	<0,1	8a – Matériaux d'altération	4,2
8c – Colluvions	0,8	8f – Felsenmeeres	<0,1
8g – Glissements de terrain	<0,1		
8p – Glissements pelliculaires	<0,1		

3. Description du dépôt

Les dépôts de pente et d'altération sont constitués de sédiments dont la granulométrie est très variée en raison des divers processus de mise en place. Les plus fréquents dépôts de pente et d'altération sont les suivants (MFFP, 2014) :

Les dépôts de pente :

1. L'éboulis rocheux recouvre un versant en pente forte, en tout ou en partie. Il est mis en place par gravité, à la suite de l'altération mécanique du substrat rocheux (principalement par gélifraction). Il est composé de pierres et de blocs anguleux. On trouve les sédiments les plus grossiers au pied du talus;
2. Les colluvions sont mises en place sur des pentes fortes par le ruissellement diffus et la gravité. Ce phénomène peut se produire dans tous les types de sédiments, y compris à la surface du substrat rocheux friable. Il explique en bonne partie les concavités au bas des versants. Il se distingue notamment de l'éboulis rocheux par la taille de ses particules. Il est généralement constitué de sédiments fins, parfois lités, accumulés dans le bas d'un versant;
3. La mise en place du glissement de terrain est attribuable à un mouvement de terrain, lent ou rapide, qui se produit le long d'un versant constitué de sédiments meubles. On reconnaît le glissement de terrain à l'entaille en forme de « coup de cuillère » ainsi qu'à l'empilement chaotique (bourrelet) de sédiments au pied du versant. Il est composé d'un amoncellement de sédiments en tous genres, mais plus souvent, d'argile, de limon ou de sable;
4. Le glissement pelliculaire est un phénomène qui se produit sur les pentes fortes dont l'épaisseur du

dépôt est mince. Une portion du dépôt meuble se détache du versant et glisse sur le roc vers le bas de la pente, entraînant le matériel meuble et la végétation rencontrés sur sa trajectoire. L'amoncellement ainsi créé est constitué de divers types d'éléments (ex. : sol minéral et débris végétaux) (Dionne et Fillion, 1984).

Les dépôts d'altération :

1. Le matériel d'altération est produit par l'action d'agents atmosphériques, tels que la désagrégation, la dissolution ou l'altération chimique du substrat rocheux. Il est constitué de sédiments anguleux, de dimensions variées. Il est généralement constitué de matériaux fins (d'argile à gravier) lorsqu'il provient du substrat rocheux sédimentaire et plus grossier (sable à cailloux) en milieu cristallin;
2. Les felsenmeeres sont attribuables aux conditions climatiques. Il s'agit de processus et de formes de relief associés au froid, en milieu non glaciaire. Dans

le Québec méridional, on trouve ce dépôt sur les hauts sommets de la Gaspésie. Ce dépôt est composé de blocs et de pierres anguleuses, avec peu de matrice. On peut y inclure les sols striés et polygonaux.

4. Critères d'identification

Éboulis rocheux (8e)

- Indices sur lidar

- a) L'éboulis rocheux se situe au bas de la paroi de décrochement où on observe un changement de pente important (pente moins abrupte) (Figures 70 et 71);
- b) Le sol a un aspect rugueux, inégal et accidenté dans le cas où les blocs sont de grande taille (Figure 72).

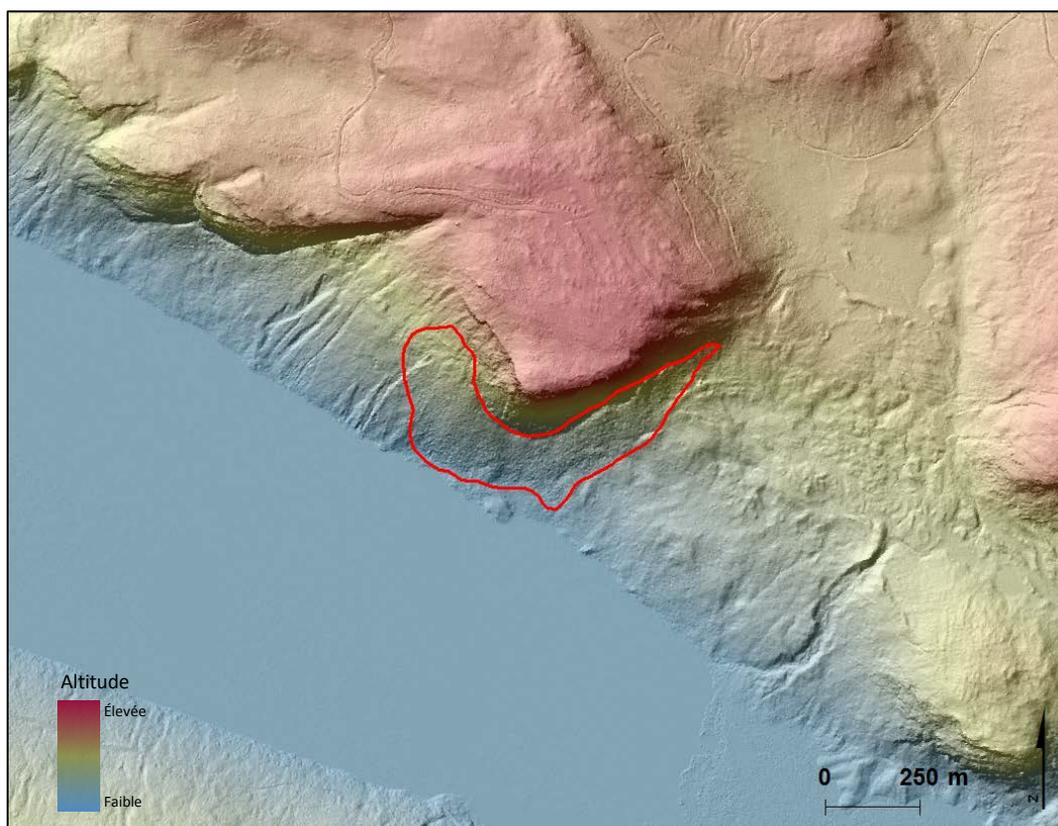


Figure 70. Exemple d'éboulis rocheux (8e) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

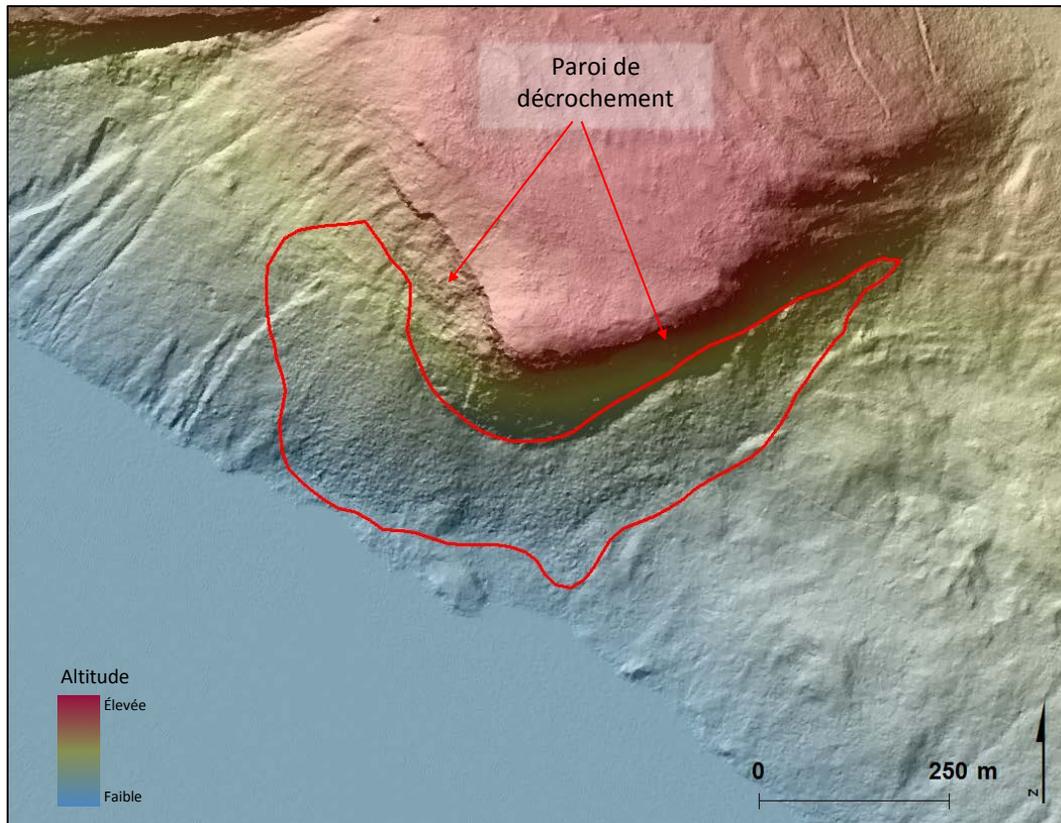


Figure 71. Exemple d'éboulis rocheux (8e) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas;
- b) Il y a une paroi de décrochement qui est, généralement, sans végétation en raison d'une pente trop forte (Figure 72);

- c) Dans l'éboulis, on observe par endroit à travers la végétation, des blocs de roches empilés ou une forte rugosité du sol.

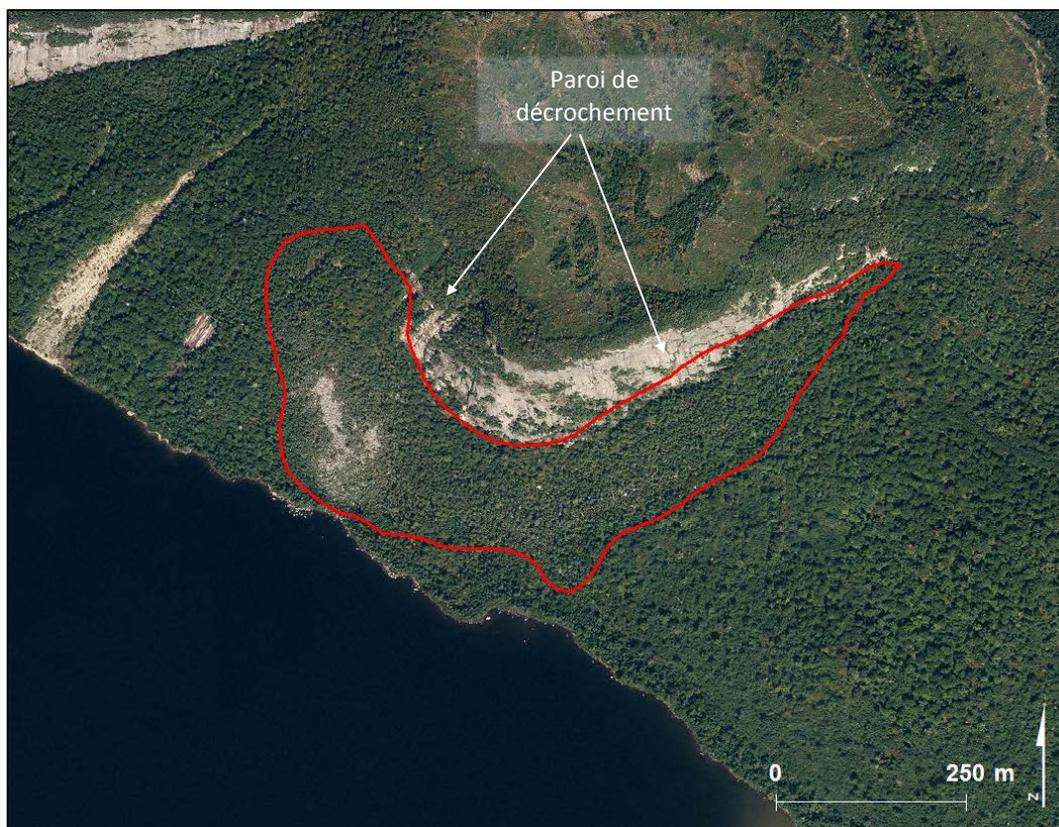


Figure 72. Exemple d'éboulis rocheux (8e) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

Colluvions (8c)

- Indices sur lidar

- a) Ce dépôt provient de pentes fortes couvertes de matériaux meubles comme du till ou des fragments de socle altéré. Il se positionne souvent en bas de pente où l'on observe une réduction de la force de celle-ci. Ce dépôt est principalement cartographié en Gaspésie. On le retrouve dans les secteurs de hauts plateaux, sur

les versants fortement inclinés des ravins (Figure 73);

- b) De façon générale, les colluvions sont déduits plutôt qu'identifiés sur le lidar et les photographies aériennes.

- Indices sur photographies aériennes

Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas.

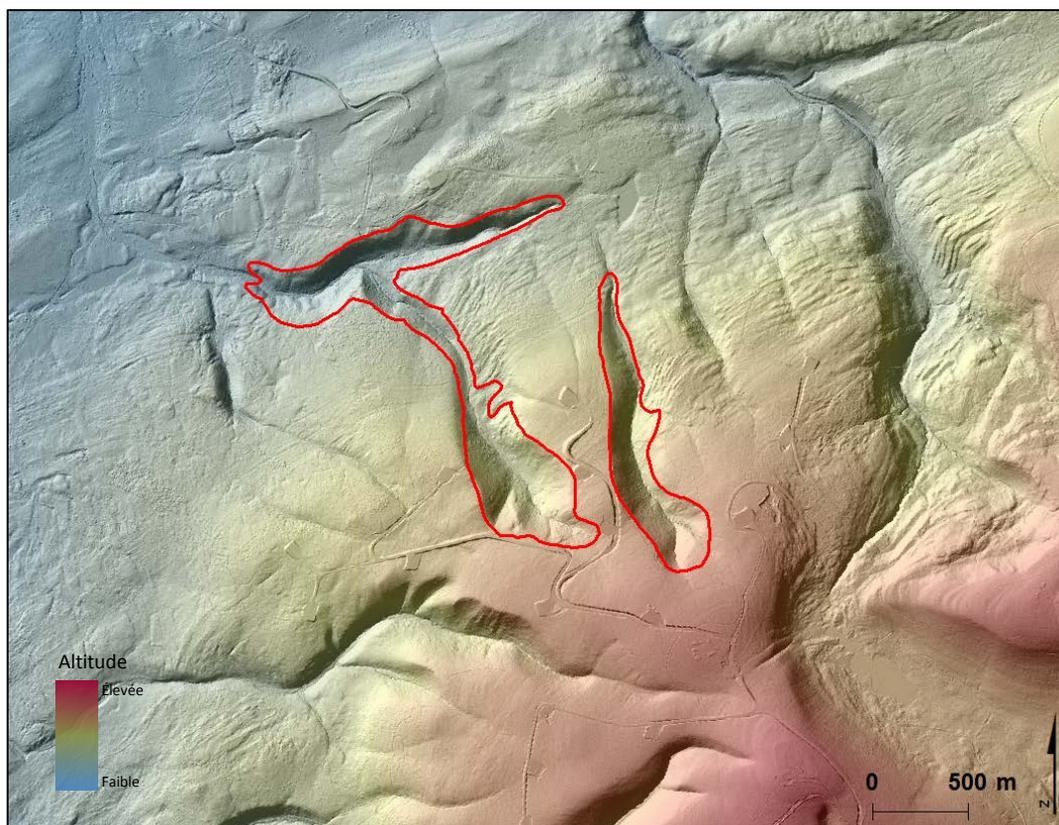


Figure 73. Exemple de colluvions (8c) sur lidar dans la sapinière à bouleau jaune de l'Est.

Glissements de terrain (8g)

- Indices sur lidar

- On l'observe généralement à la marge des plaines et des plateaux constitués de matériel meuble épais, qui bordent des cours d'eau encaissés et des grandes étendues d'eau (Figure 74);
- Il s'agit d'une accumulation de matériel au pied d'une entaille;
- Dans les territoires argileux, l'entaille ressemble au prélèvement fait par une cuillère géante;

d) L'entaille est arquée à l'opposé du glissement (Figure 75);

e) Le matériel accumulé de ce type de glissement se présente souvent sous forme de lignes parallèles ondulées, un peu comme les marches d'un escalier qui aboutit à la butte principale à la fin du glissement en contrebas.

- Indices sur photographies aériennes

Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas.

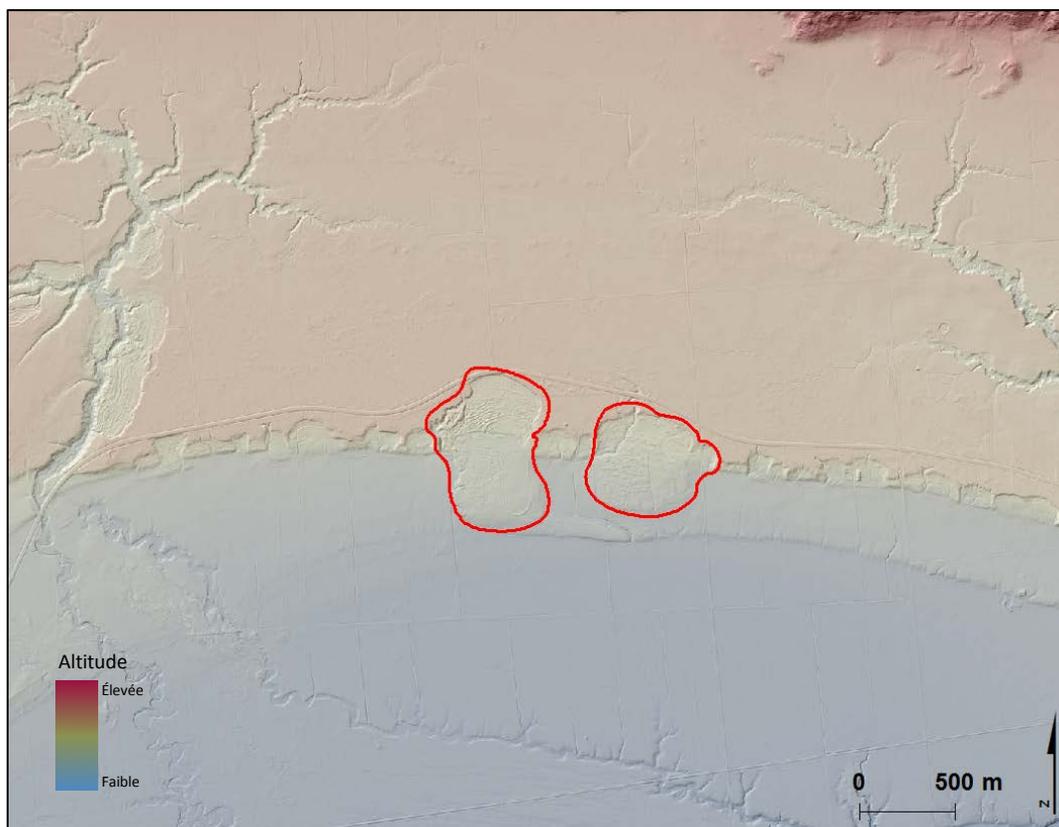


Figure 74. Exemple de glissement de terrain (8g) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.



Figure 75. Exemple de glissement de terrain (8g) sur lidar dans l'érablière à caryer cordiforme.

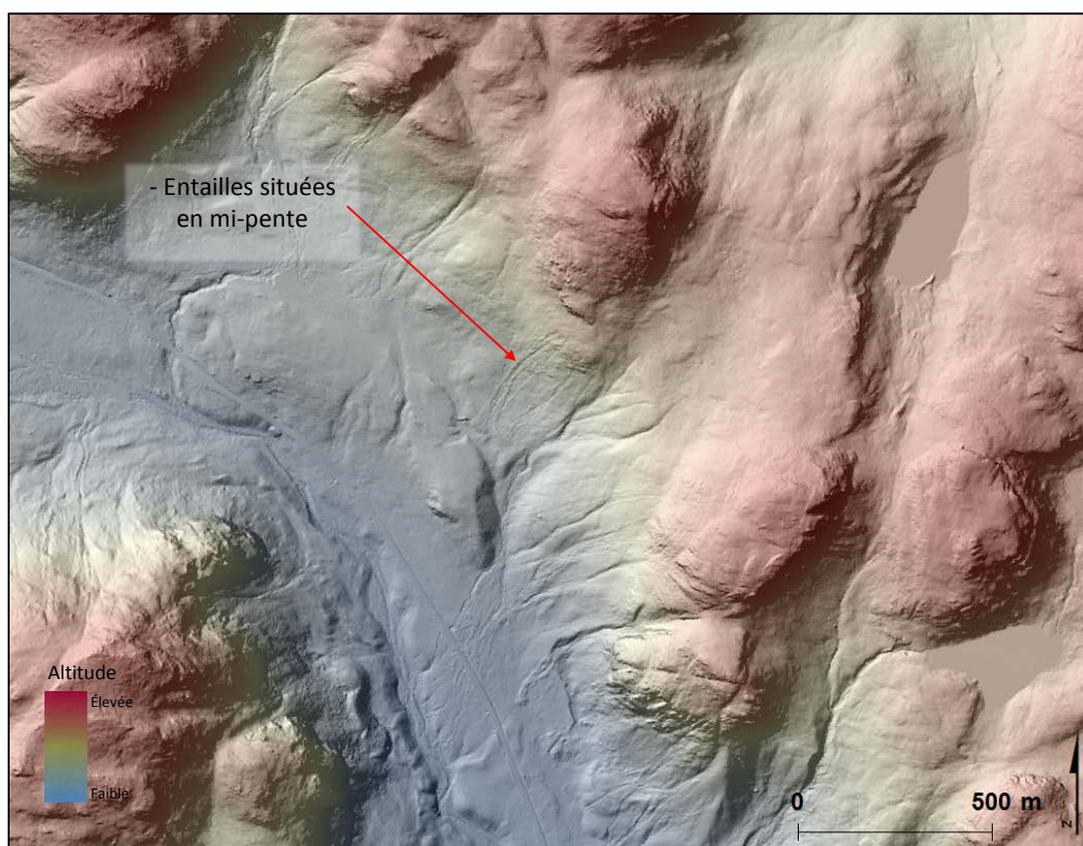
Glissements pelliculaires (8p)

- Indices sur lidar

- Situé généralement sur les pentes fortes des collines et des monts (Figure 76);
- Il se situe particulièrement sur les hauts de pentes et les mi-pentes;
- Il se présente sous la forme d'entailles linéaires et étroites dans les matériaux meubles orientées dans le sens de la pente (Figures 76 et 77).

- Indices sur photographies aériennes

- Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas;
- On observe une entaille linéaire et étroite, exposant le roc sans végétation où la couche de matériaux meubles absente a glissé au bas de la pente formant une butte de débris (Figure 78).



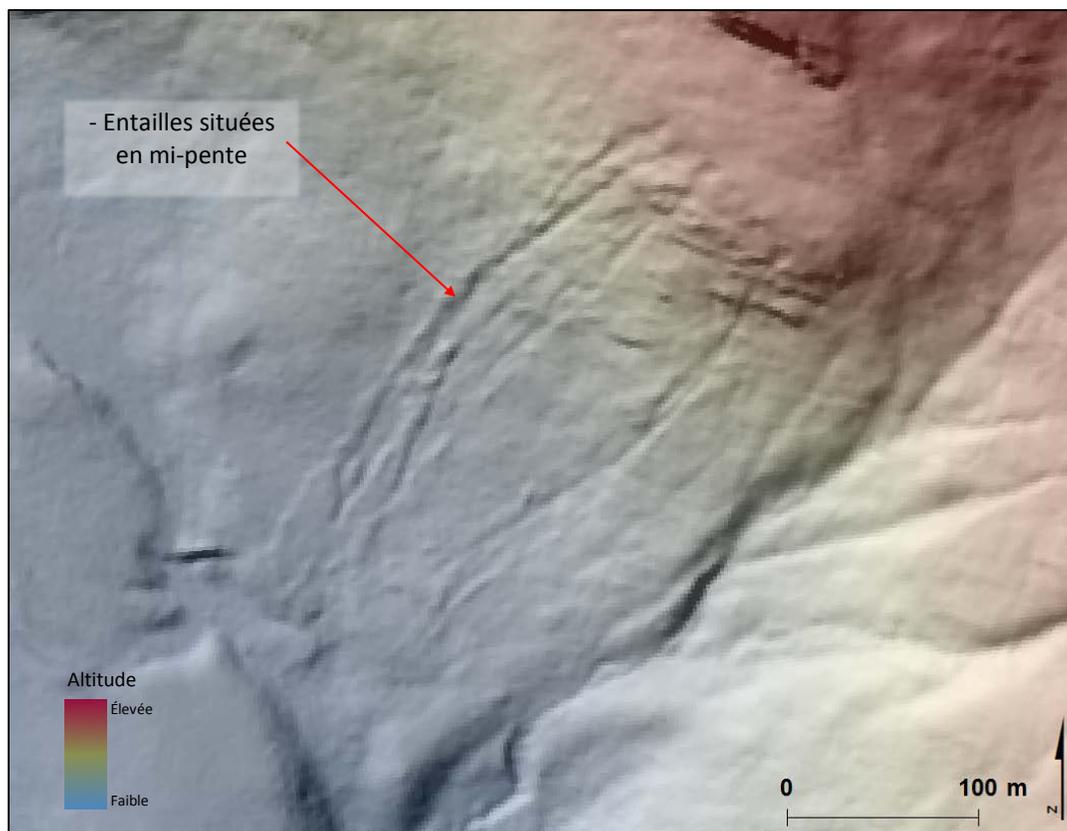


Figure 77. Exemple de glissements pelliculaires (8p) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

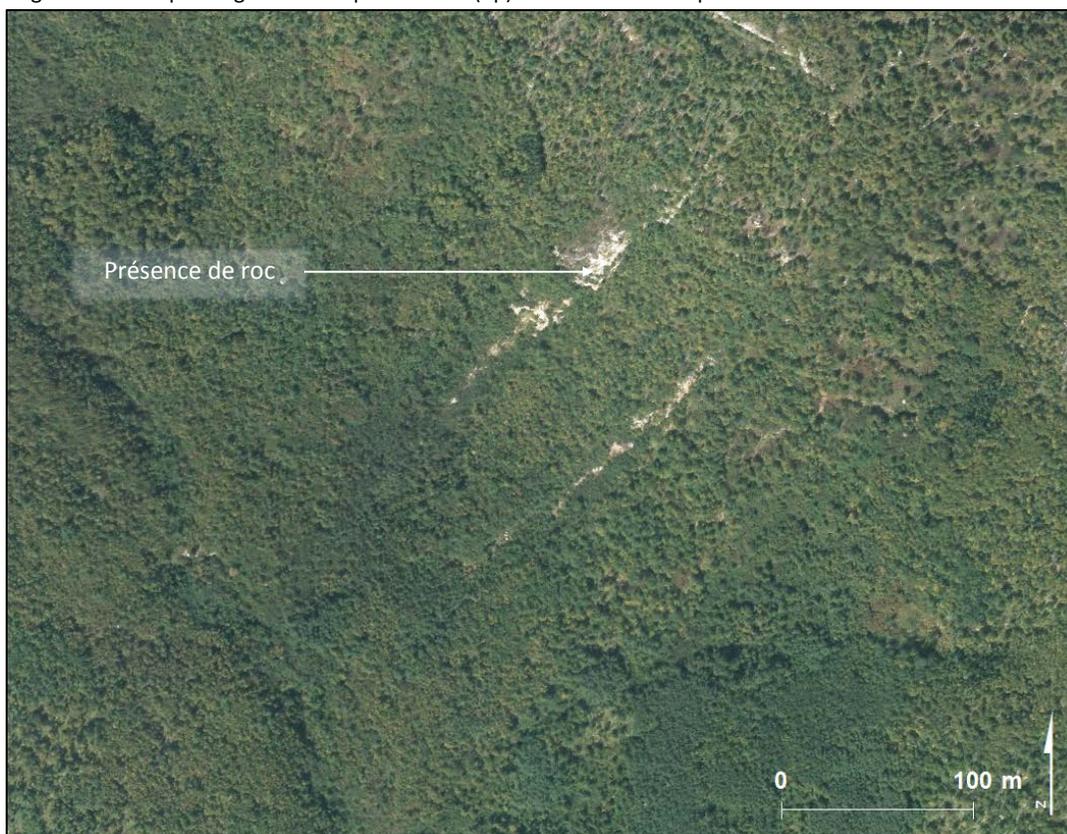


Figure 78. Exemple de glissements pelliculaires (8p) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

Matériaux d'altération (8a)

- Indices sur lidar

- a) Il existe peu de critères directs observables tant sur photographies aériennes que sur lidar. La localisation géographique demeure le meilleur indice;
- b) On les retrouve principalement sur les hauts plateaux de la Gaspésie et sur l'Île d'Anticosti;

- c) La texture du sol sur les modèles ombrés apparaît lisse et presque sans aucune aspérité (Figure 79);
- d) Dans certains cas, on peut le distinguer du till de par sa position sur la pente et sa rugosité. Le matériel d'altération sera positionné en haut de pente et sur les plateaux et aura une texture plus lisse que le till.

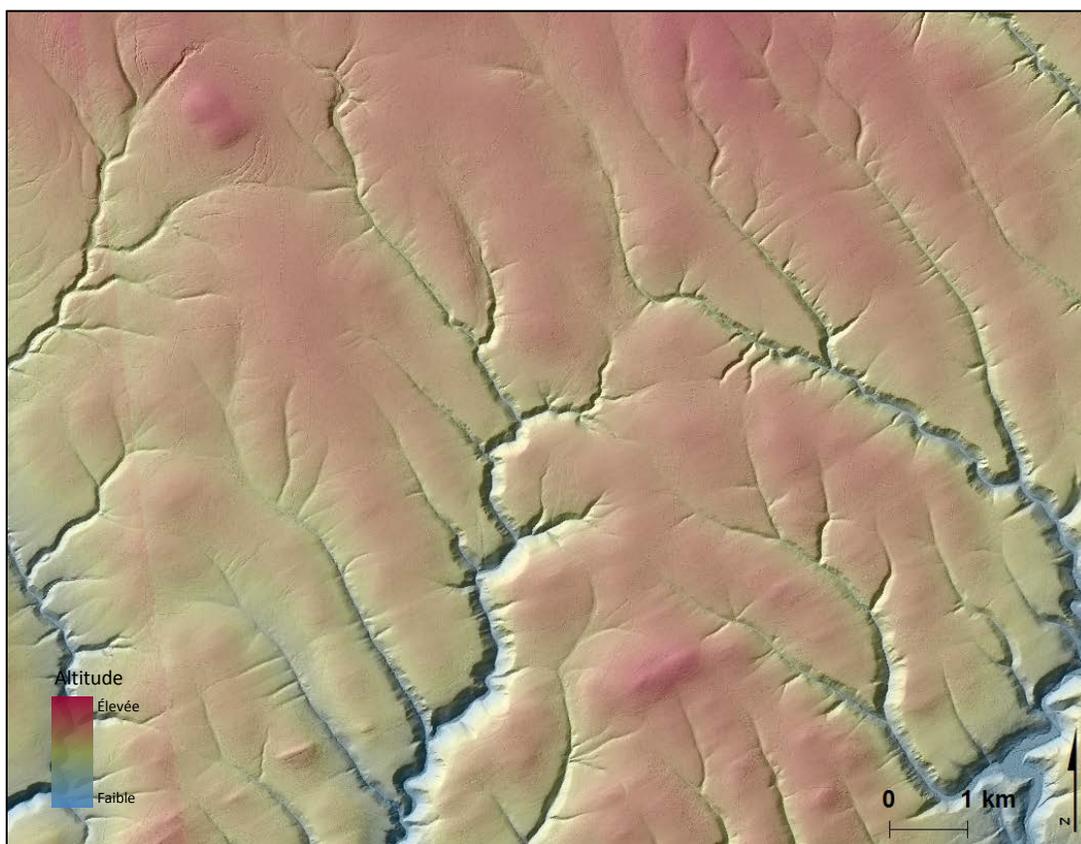


Figure 79. Exemple de matériel d'altération (8a) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

Felsenmeere (8f)

- Indices sur lidar

La résolution spatiale actuelle des modèles ombrés ne permet pas de la distinguer.

- Indices sur photographies aériennes

- a) On y retrouve peu ou pas de végétation (Figure 80);

- b) Le sol apparaît gris en raison de sa forte pierrosité et de l'absence ou la faible matrice;
- c) Le sol est d'apparence rugueuse due à la pierrosité fragmentée et exposée aux éléments du climat.

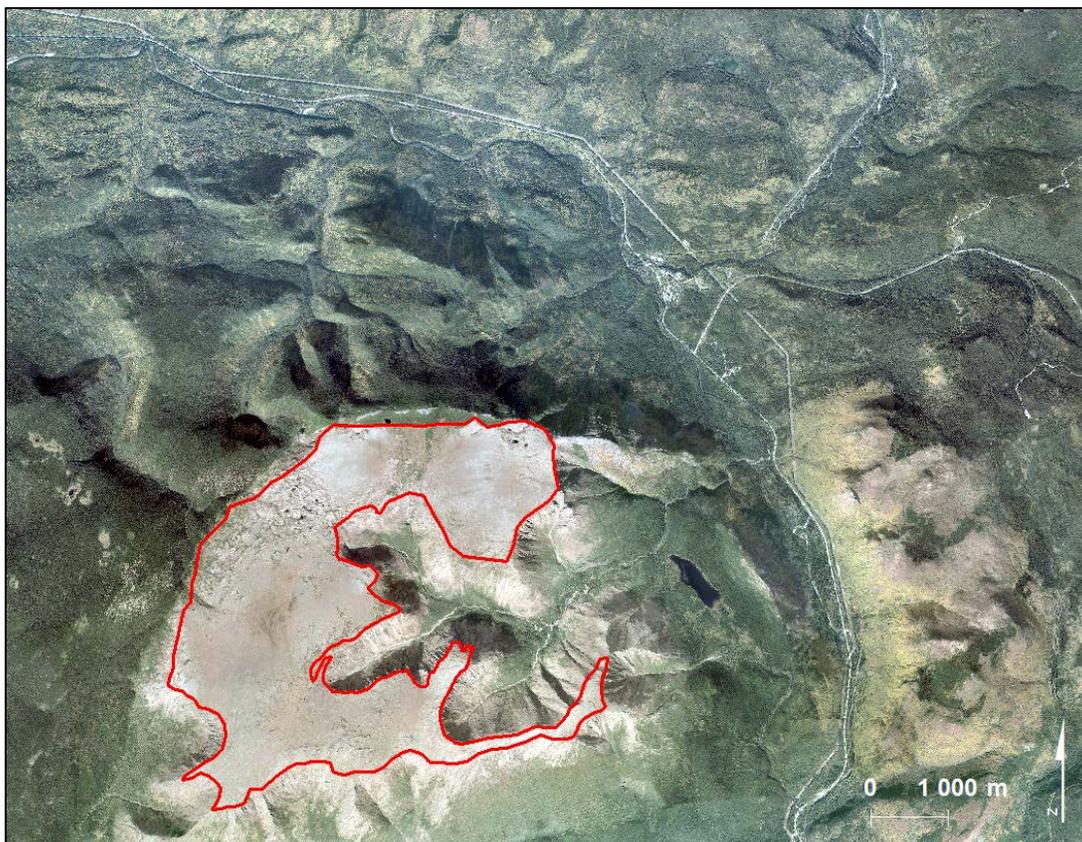


Figure 80. Exemple de felsenmeere (8f) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Il n'y a aucun potentiel pour ces dépôts quant à l'approvisionnement en granulats.

Dépôts éoliens

Les dépôts éoliens sont constitués de dunes mises en place par le vent. Ils sont composés de sables fins à moyens qui peuvent offrir un certain potentiel pour l'entretien des chemins forestiers. Cependant, leur potentiel pour l'approvisionnement en granulats est nul.

1. Mise en place

Le vent, tout comme l'eau ou les glaciers, peut jouer un rôle d'agent d'érosion, de transport ou de sédimentation (Gutiérrez, 2013). Les dépôts éoliens sont une accumulation de sable mis en place par le vent. Leur développement reflète l'équilibre entre l'érosion et la sédimentation, tous deux contrôlant la forme de la dune (Lancaster, 1995). Ils arborent une forme de buttes allongées ou de «croissants» appelés dunes longitudinales ou paraboliques. Considérant que le vent ne peut transporter que de fines particules, ces dunes sont façonnées à partir de dépôts sableux d'origine fluvioglaciaire, glaciolacustre ou marin (MFFP 2014; Robitaille et Allard, 2007; Trenhaile, 2013).

2. Localisation

On retrouve les dépôts éoliens partout sur le territoire québécois. Les dunes sont associées aux dépôts sableux, dans les plaines et les vallées d'origine fluvioglaciaire, lacustre ou marine. Quelques fois, elles débordent sur les versants de till ou de roc qui bordent ces dernières.

3. Description du dépôt

Les dépôts éoliens peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur et quelques dizaines de mètres de longueur. Ils sont lités, bien triés et généralement composés de sable dont la granulométrie varie de fine à moyenne (MFFP 2014; Robitaille et Allard, 2007).

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue deux dépôts éoliens (Tableau 13) (MFFP, 2014) :

Tableau 13. Les dépôts éoliens et leur pourcentage d'occupation au Québec méridional.

Dépôts éoliens	%
9a – Dune active	<0,1
9s – Dune stabilisée	0,16

1. La dune active est sans cesse remodelée par le vent (dune dynamique), ne permettant à aucune végétation de la coloniser.
2. La dune stabilisée n'est plus activée par le vent et est stabilisée par la végétation.

4. Critères d'identification

Dune active (9a)

- Indices sur lidar

- a) La dune est localisée dans un large secteur composé d'un dépôt sableux (plaine d'épandage, lacustre, marin, etc.);
- b) Le terrain est relativement plat;
- c) Les dunes ont une forme de cordon arqué ou sinueux. On peut observer la cuvette de déflation à l'intérieur de l'arc de la dune;
- d) Lorsque les dunes sont en groupe, les arcs ont une orientation dominante;
- e) La détermination de la dune active nécessite la consultation des photographies aériennes afin de constater l'absence de végétation.

- Indices sur photographies aériennes

- a) Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas;
- b) La dune est dénuée de végétation.

Dune stabilisée (9s)

- Indices sur lidar

- La dune est localisée dans un large secteur composé d'un dépôt sableux (plaine d'épandage, lacustre, marin, etc.) (Figure 81);
- Le terrain est relativement plat;
- Les dunes ont une forme de cordon arqué ou sinueux. On peut observer la cuvette de déflation à l'intérieur de l'arc de la dune (Figure 82);

- Lorsque les dunes sont en groupe, les arcs ont une orientation dominante.

- Indices sur photographies aériennes

- Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes dans les cas où la végétation ne les dissimule pas;
- La dune est colonisée par la végétation (Figure 83).

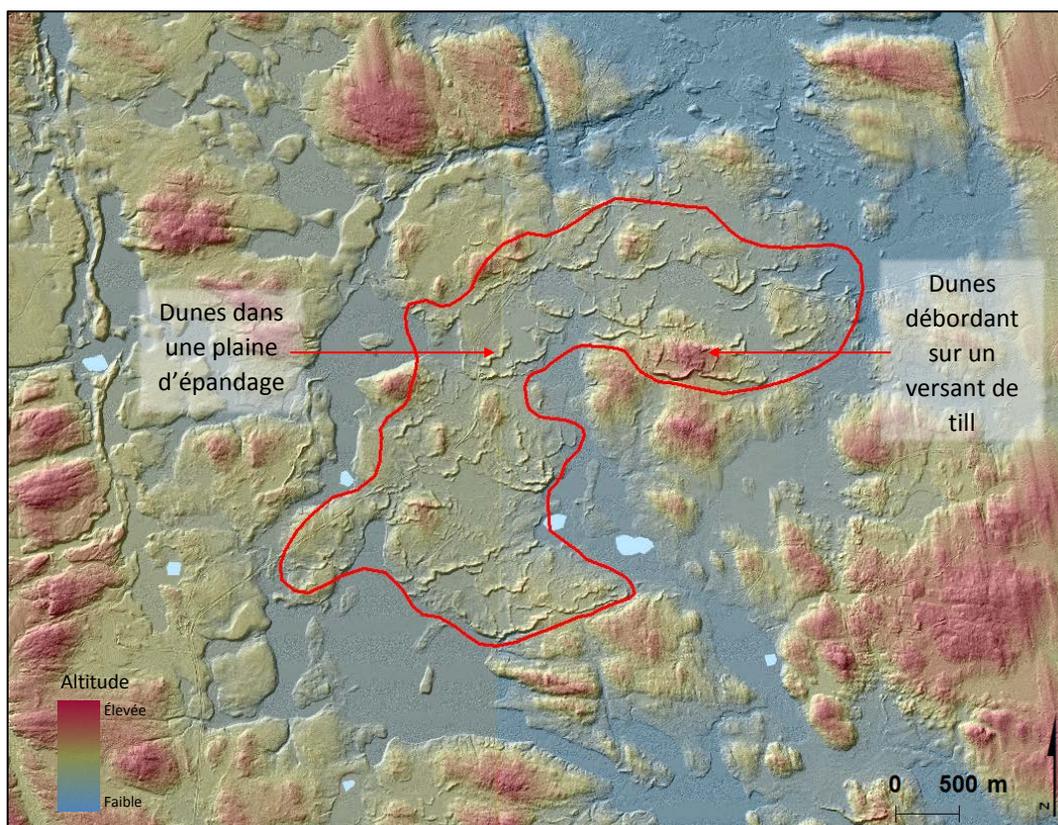


Figure 81. Exemple de dunes stabilisées (9s) sur lidar dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest.

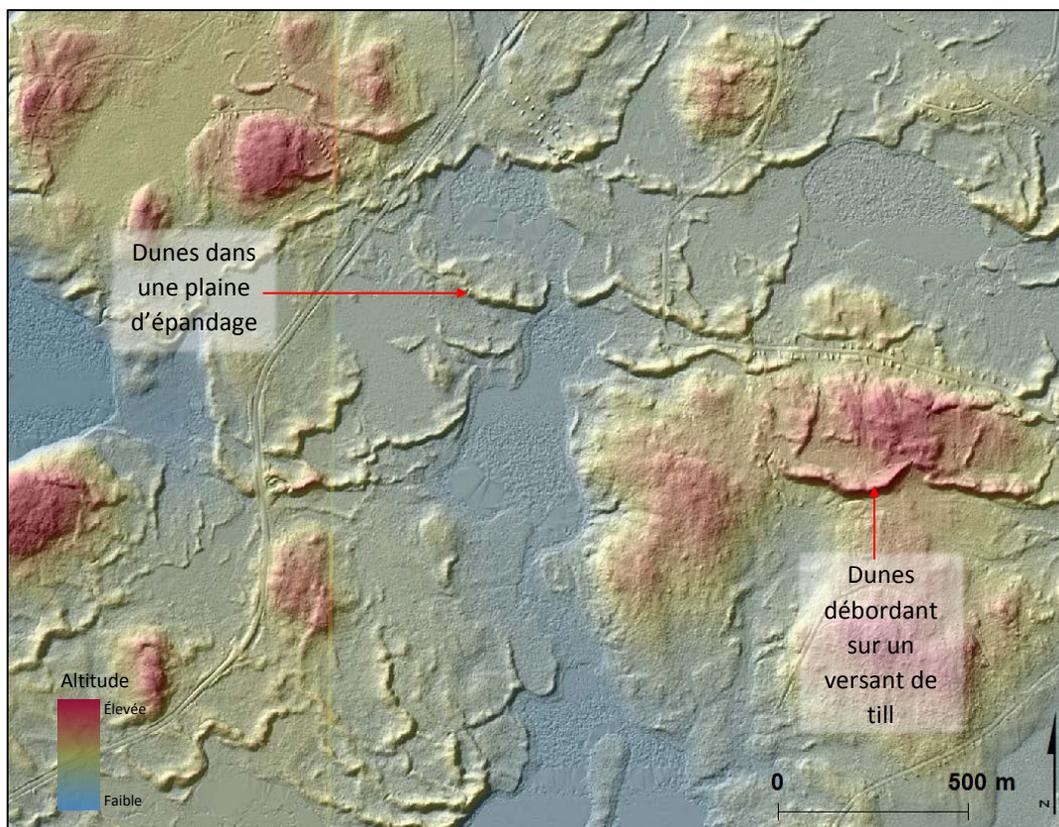


Figure 82. Exemple de dunes stabilisées (9s) sur lidar dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest (section agrandie de la figure 81).

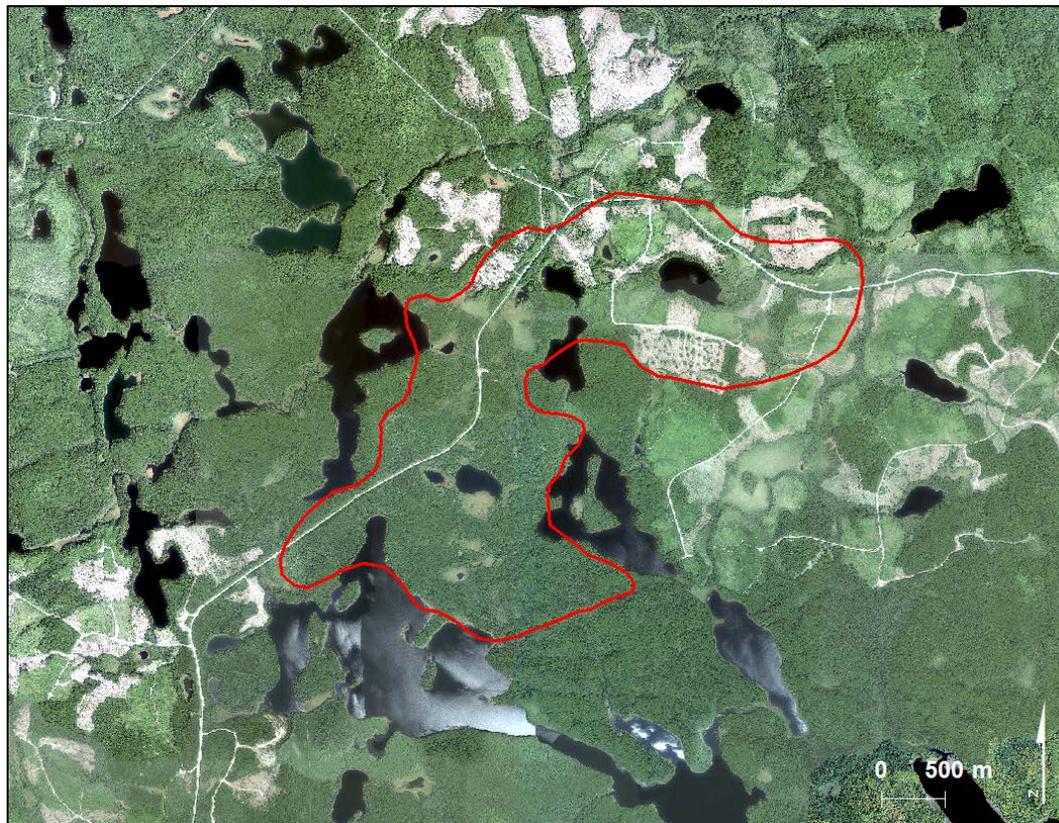


Figure 83. Exemple de dunes stabilisées (9s) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau jaune de l'Ouest.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Le potentiel pour le positionnement de banc d'emprunt (sable et gravier) est nul considérant la granulométrie fine à moyenne qui offre peu de soutien.

Substrat rocheux

Le substrat rocheux occupe les sites où il y a absence ou presque de dépôt de surface. Il n'offre aucun potentiel pour la localisation de banc d'emprunt.

1. Mise en place

Le substrat rocheux fait référence à la roche qui repose généralement sous la couche de matière minérale ou organique. Cette roche a été mise en place il y a des millions, voire des milliards d'années selon leur localisation. Elle peut être constituée de roches ignées, métamorphiques ou sédimentaires. Dans le présent document, l'appellation « substrat rocheux » réfère aux secteurs où le matériel meuble est absent sur plus de 50 % dudit secteur et où le roc est apparent.

2. Localisation

Le roc est présent partout au Québec. Il se retrouve d'une part là où le glacier n'a pas laissé de sédiments et d'autre part sur les sites où la faible épaisseur de matériel a été emporté par les agents d'érosion comme le vent et le ruissellement.

Les sites les plus fréquemment associés au roc sont les sommets convexes et les escarpements du socle.

3. Description du dépôt

Le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec distingue trois substrats rocheux (Tableau 14) (MFFP, 2014; Robitaille et Dionne, 2007).

Tableau 14. Les substrats rocheux et leur pourcentage d'occupation au Québec.

Substrat rocheux	%
R – Roc	0,13
Rs – Roc sédimentaire ¹	-
Rc – Roc cristallin ¹	-

4. Critères d'identification

Substrat rocheux (R)

- Indices sur lidar

- Le relief du secteur est majoritairement de forme convexe au profil prononcé (Figures 84 et 85);
- La texture du sol est rugueuse;
- On observe une abondance de lignes de fractures sur une superficie réduite;
- Les lignes de fractures sont droites et disposées en escalier (Figure 85);
- L'amplitude (hauteur) des escarpements rocheux (escalier) est généralement élevée, soit de deux à quelques dizaines de mètres.

- Indices sur photographies aériennes

- Les indices observés sur le lidar peuvent aussi l'être sur les photographies aériennes si la végétation ne les dissimule pas;
- On observe une abondance de taches gris pâle associées au socle exposé (Figure 86);
- Dans certaines régions du Québec, il peut y avoir de nombreuses taches blanches associées aux lichens qui colonisent le socle nu;
- Dans les domaines bioclimatiques feuillus et mixtes, il est possible d'observer un changement drastique du type de couvert (Ex. : de feuillu à résineux ou mixte résineux);
- La densité et la hauteur de la végétation peuvent être réduites par rapport à la végétation environnante.

¹ Dépôt non cartographié au Québec.

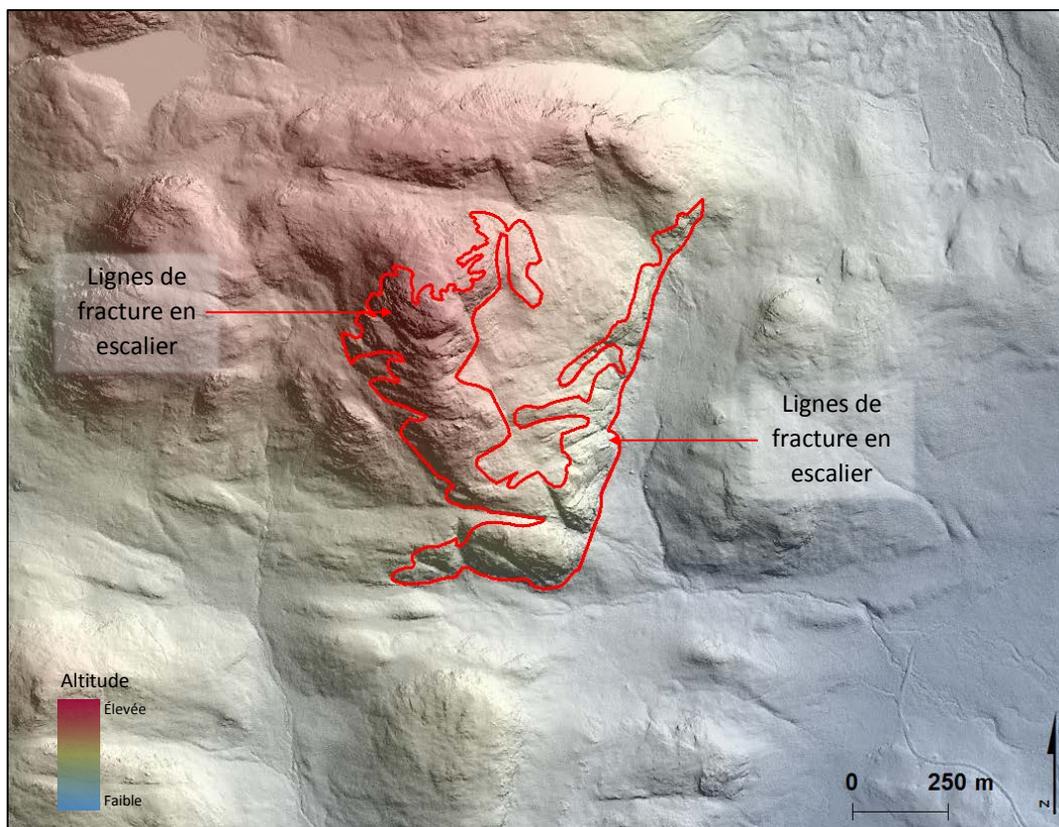


Figure 84. Exemple de roc (R) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

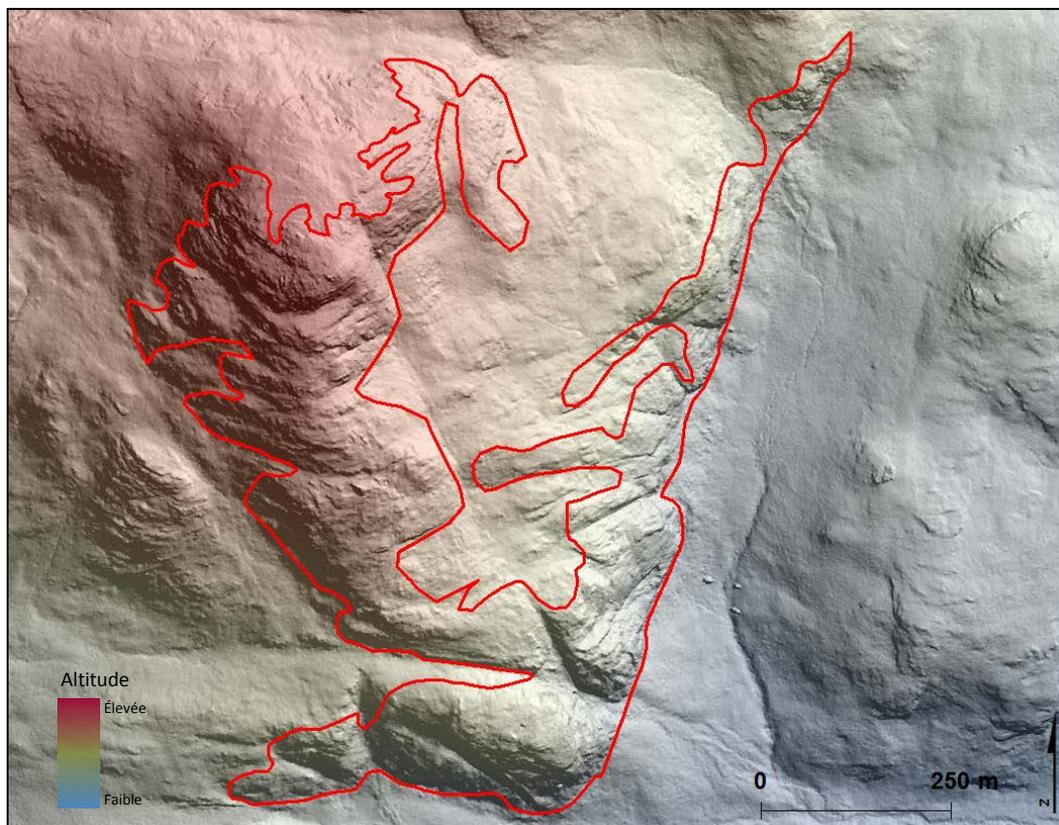


Figure 85. Exemple de roc (R) sur lidar dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

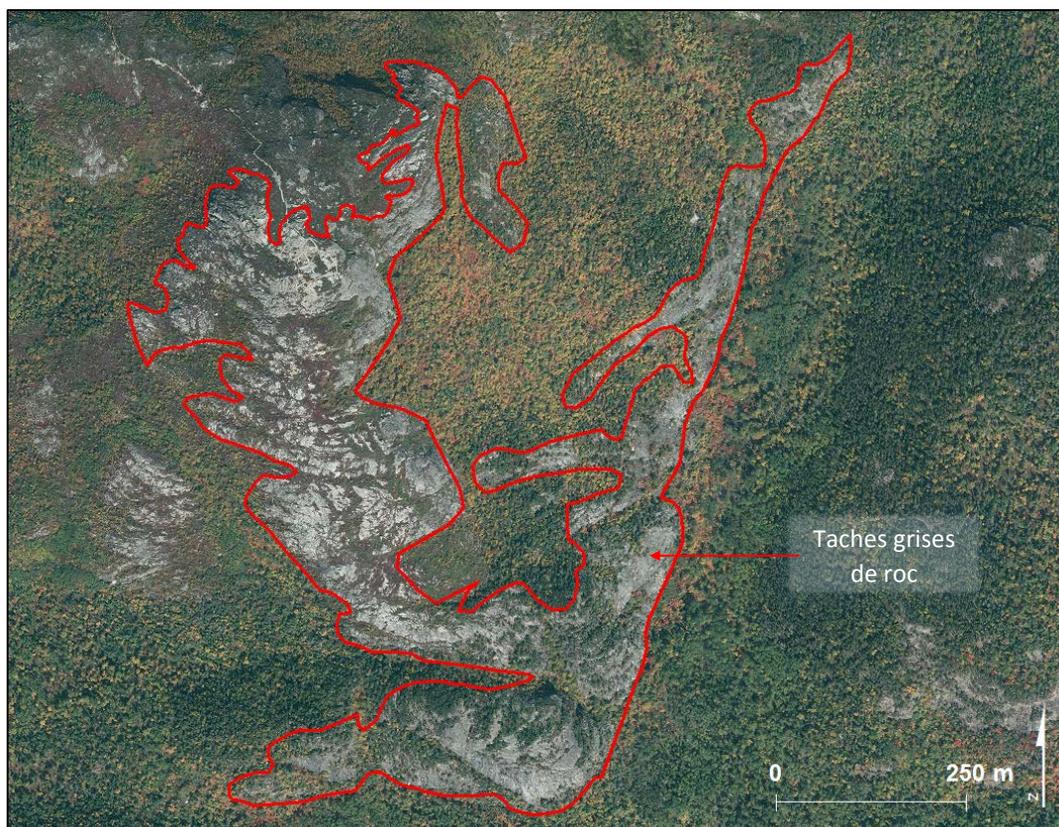


Figure 86. Exemple de roc (R) sur photographie aérienne dans la sapinière à bouleau blanc de l'Est.

5. Potentiel pour les bancs d'emprunt

Le potentiel pour le positionnement de banc d'emprunt (sable et gravier) est nul.

Bibliographie

Benn, D.I. et D. J. A. Evans, 2010. *Glaciers and glaciation*. Second edition. Hodder Education. 802 p.

Boissonneau, A.N. 1966. *Glacial history of northeastern Ontario I: the Cochrane - Hearst area*, Can. Jour. Earth Sci., 3: 559-578.

Boissonnault, P. 1983. *Géomorphologie et lithostratigraphie Quaternaire à l'est du lac Memphrémagog*. Mémoire de maîtrise non publié, Université de Sherbrooke, 150 p.

Brazeau, A., 1993. *Généralités sur l'inventaire des ressources en granulats au Québec*. Ministère Énergie et Ressources du Québec. 40 p.

Brazeau, A., 2011. *Inventaire des ressources en granulats de la région de la réserve faunique des Laurentides*. Géologie Québec. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. 68 p.

Brazeau, A. et G. Allard, 2013. *Inventaire des ressources en granulats de la région de Salluit*, Géologie Québec, RG2013-02, 35 p.

Carrivicka, J.L. et F.S. Tweed, 2013. *Proglacial lakes: character, behaviour and geological importance*. Quaternary Science Reviews, Vol. 78, p. 34–52.

Chiverrell, R.C., G.S.P. Thomas et G.C. Foster, 2008. *Sediment-landform assemblages and digital elevation data: Testing an improve methodology for the assessment of sand and gravel aggregates resources in north-western Britain*. Engineering Geology, 99 : 40-50.

Chouinard, M. 1984. *La localisation des gravières à l'aide de photos aériennes*. Les éditions le Griffon d'Argile. 140 p.

Claude, H.-M. 1976. La déglaciation et le relèvement isostatique sur la côte est de la baie d'Hudson, Cahiers de géographie du Québec, vol. 20, n° 50, p. 185-220.

Cloutier, M. 1982. *Géologie et géomorphologie quaternaire de la région de Cowansville Knowlton-*

Sutton, Québec. Mémoire de maîtrise non publié, Université du Québec à Montréal, 143 p.

Cooper, A.J. et J.F. Gartner, 1984. *Glacial geology, a key to aggregate investigation in Canada*. Bulletin de l'Association Internationale de géologie de l'ingénieur, 29 : 39-42.

Demchuck, T., E., T. Ferbay, B. J. Kerr et V. M. Levson, 2005. *Surficial Geology and aggregate potential mapping in northeast British Columbia using Lidar imagery*. Summary of activities 2005, BC Ministry of Energy and Mines, 51-59.

Desaulniers, Francis 2015. *Les mers postglaciaires du Québec*. Encyclopédie canadienne. <http://www.thecanadianencyclopedia.com/fr/article/les-mers-postglaciaires-du-quebec/#lectures-suggerees>.

Dionne, Jean-Claude, 1977. *La mer de Goldthwait au Québec*, Géographie physique et Quaternaire, vol. 31, n° 1-2, p. 61-80.

Dionne, Jean-Claude, 1972. *La dénomination des mers du postglaciaire au Québec*, Cahiers de géographie du Québec, Volume 16, numéro 39, p. 483-487.

Dionne, J.-C. et L. Fillion, 1984. *Glissements pelliculaires sur versants rocheux, Côte-Nord du Saint-Laurent, Québec*. Géographie physique et Quaternaire, 38 (2) : 193-200.

Dredge, L.A. 1976. *The Goldwait Sea and its sediments: Godbout-Sept-Iles region Quebec North Shore*. Report of activitie Part C, Geological. Survey of Canada, Paper 76.

Dubé, C. 1983. *Géomorphologie Quaternaire et déglaciation à l'ouest du lac Memphrémagog*. Mémoire de maîtrise non publié, Université de Sherbrooke, 138 p.

Elson, J.A. 1969. *Late Quaternary marine submergence of Quebec*, Rev. Géogr. Montréal 23; 247-258.

Gutiérrez, M. 2013. *Geomorphology*. CRC Press. 1017 p.

- Hupp, C.R. et W.R. Osterkamp, 1996. *Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes*. *Geomorphology*, 14: 277-295.
- Johnsen, T., T. Ferby, V.M. Levson et B. Kerr, 2004. *Quaternary geology and aggregate potential of the Fort Nelson airport*. BC Ministry of Energy and Mines. 9 p.
- Kerr, B., T. Ferby et V.M. Levson, 2005. *Implementing geomarc technology for aggregate exploration, Northeast British Columbia*. BC Ministry of Energy and Mines, Summary of activities 2005, 76-79.
- Knepper, D.H., William H. Langer Jr. et S. Miller, 1995. *A survey of natural aggregate properties and characteristics important in remote sensing and airborne geographics*. U.S. Geological Survey. Denver, Colorado.
- Lacroix, S. et Charrette, F. 2013. *Une meilleure planification grâce à l'inventaire forestier amélioré par LiDAR*. Rapport Avantage, vol. 14, n° 1, 8 pp.
- Lajoie, P.-G. 1962. *Études pédologiques des comtés de Hull, Labelle et Papineau, Québec*, Ministère de l'Agriculture du Canada, p.77-79, 84-85, Cartes.
- Lajoie, P.-G. 1967. *Études pédologiques des comtés de Hull, Labelle et Papineau, Québec*, Ministère de l'Agriculture du Canada, p.15-16, 28-29, 90-93, Cartes.
- Lamothe, M. 1977. *Les dépôts meubles de la région de St-Faustin-St-Jovite (Québec) cartographie, sédimentologie, stratigraphie*. Thèse de Maîtrise, UQAM, 118 p.
- Lancaster, N. 1995. *The geomorphology of desert dunes*. Routledge. London. 290 p.
- Lauriol, B. 1982. *Géomorphologie quaternaire du sud de l'Ungava*. Montréal, Paléo-Québec, no 15, 174 p.
- Leboeuf, A. Lacroix, S., Vézeau S. 2015. *Projet d'acquisition de données par le capteur LiDAR à l'échelle provinciale. Analyse des retombées et recommandations*. 18 p.
- Leduc, E. 2016. *Le quaternaire de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, Québec : cartographie, sédimentologie, modélisation de l'extension marine et paléogéographie*, Mémoire. Montréal (Québec, Canada), Université du Québec à Montréal, Maîtrise en géographie.
- Levasseur, D., 1995. *Les eskers : essai de synthèse bibliographique*. *Géographie physique et Quaternaire*, 1995, vol. 49, n° 3, p. 459-479
- Millette, S., 2013. *Application d'un modèle numérique de terrain lidar à l'étude des dépôts quaternaires et des lacs proglaciaires de la région du réservoir Gouin en Haute-Mauricie (Québec)*. Maîtrise en Géographie. Université du Québec à Montréal. 209 p.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2014. *Norme de photo-interprétation – Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*. Secteur Forêt. Direction des inventaires forestiers, 127 p.
- Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2016. *Base de données de la cartographie du Québec méridional – Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional*. Secteur Forêt. Direction des inventaires forestiers.
- Normandeau, P.X. 2010. *Histoire du drainage tardiglaciaire de la vallée de la rivière Chaudière et des régions avoisinantes, Québec*. M.Sc. thesis. Université du Québec à Montréal, 154 p.
- Paine D.P. et J. D. Kiser, 2012. *Aerial photography and image interpretation*. Third edition. Wiley and sons. 629 p.
- Parent, M. et Occhietti, S. 1988. *Late Wisconsinan deglaciation and Champlain Sea Invasion in the St. Lawrence Valley, Québec*. *Géographie Physique et Quaternaire*, Vol. 42, p. 215-246.
- Parent, M. & Occhietti, S. 1999. *Late Wisconsinan deglaciation and glacial lake development in the appalachians of southeastern Québec*. *Géographie physique et Quaternaire*, 53 (01) : 117-135.
- Parry, J.T. et MacPherson, J.C. 1964. *The St. Faustin - St. Narcisse Moraine and the Champlain Sea*, *Rev. Géogr. Montr.*, 28(2): 235-248.
- POLY -GÉO Inc. 1991. *Complexe Nottaway-Broadback-Rupert*. Avant-projet Phase 1. Photo-interprétation et cartographie des grandes classes de dépôts de surface. Rapport soumis à la Vice-Présidence Environnement Hydro-Québec. Juin 1991. 24 p., 1 carte 1:250 000.

- Prichonnet, G. 1977. *La déglaciation de la vallée du Saint-Laurent et l'invasion marine contemporaine*. Géogr. Phys. Quat. 31 : 323-345.
- Prichonnet, G., Martineau, G. et Bisson L. 1984. *Les dépôts quaternaires de la région de Chibougamau, Québec*. Géographie physique et Quaternaire, vol. XXXVIII, no. 3, p. 287-304, 19 fig. 1 annexe.
- Richard, S.H. 1984. *Géologie des formations en surface, Lachute-Arundel, Québec-Ontario, C.G.C., Carte i577A, Échelle 1 :100000*.
- Ridge, J.C., Besonen, M. R., Brochu, M., Brown, S.L., Callahan, J.W., Cook, G.J, Nicholson R.S. & Toll, N.J. 1999. *Varve, paleomagnetic, and 14C chronologies for late Pleistocene events in New Hampshire and Vermont (U.S.A.)*. Géographie physique et Quaternaire, 53 (01) : 79-116.
- Rioux, M. 1993. *Atlas des sablières et des gravières du Québec*. Direction de la recherche géologique. Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada. Ministère des Ressources naturelles du Québec. 32 p.
- Robitaille, A. et M. Allard, 2007. *Guide pratique d'identification des dépôts de surface au Québec. Notions élémentaires de géomorphologie*. Les Publications du Québec. Deuxième édition. 121 p.
- Scheiber, T., O. Fredin, G. Viola, A. Jarna, D. Gasser et R. Lapinska-Viola, 2015. *Manual extraction on bedrock lineaments from high-resolution LIDAR data: methodological bias and human perception*. GFF, 137: 4, 362-372.
- Smith, I.R., R. Paulen, A. Plouffe C., Kowalchuk, and R. Peterson, 2005. *Surficial mapping and granular aggregate resource assessment in northwest Alberta*. Summary of Activities 2005, BC Ministry of Energy and Mines, p. 80-95.
- Smith, M.J., J. Rose et S. Booth, 2006. *Geomorphological mapping of glacial landforms from remotely sensed data: An evaluation of the principal data sources and an assessment of their quality*. Geomorphology, 76: 148-165.
- Thériault, R. 2012. *Géologie générale du Québec*. Ministère Énergie et Ressources naturelles. DV 2012-06. <https://www.mern.gouv.qc.ca/mines/quebec-mines/2013-02/web.asp>
- Tremblay, G. 1974. *Géologie du Quaternaire : région de Rouyn-Noranda et d'Abitibi, comtés d'Abitibi-est et d'Abitibi ouest*. Min. Rich. Nat. Que., DPP-236, 100 p.
- Tremblay, G. 1977. *Géologie du quaternaire. Région de Rawdon - Laurentides - Shawbridge - Ste- Agathe-des-Monts*. MRN. DP-551, cartes 5/S 31 G16 Shawbridge.
- Trenhaile, A.S., 2013. *Geomorphology: a canadian perspective*, 5th ed. Oxford University Press. 584 p.
- Veillette, J.J. 1987. *Géologie des formations en surface, New - Liskeaird, Ontario- Québec*. Comm. Géol. Can., Carte 1639 A, 1 /100 000.
- Veillette, J.J. 1987. *Géologie des formations en surface, Grand Lac Vittorio Nord, Québec*, Commission géologique du Canada, carte 1641 A
- Veillette, J.J. 1988. *Déglaciation et évolution des lacs proglaciaires post-Algonquin et Barlow au Témiscamingue, Québec et Ontario*, Géogr. Phys. Quat. 42: 7-31.
- Veillette, J. J. 1994. *Evolution and paleohydrology of glacial Lakes Barlow and Ojibway*. Quaternary Science Reviews. 13 (09-10): 945-971.
- Veillette, J.J., Paradis. S., Thibodeau, P. et Pomares. J-S. 1991. *Distribution of distinctive Hudson Bay erratics and the problem of the Cochrane limit In Abitibi, Quebec*. In: Current Research, Part C, Geological Survey of Canada Paper 91-1C p. 135-142.
- Vincent, J. S., & Hardy, L. 1977. *L'évolution et l'extension des lacs glaciaires Barlow et Ojibway en territoire québécois*. Géographie physique et Quaternaire, 31 (3-4) : 357-372. 1C, p. 179-181.
- Vincent, J. S. et Hardy, L. 1979. *The evolution of glacial lakes Barlow and Ojibway, Québec and Ontario*. Geol. Surv. Can., bull. 316, 18 p.
- Vincent, J-S. 1989. *Le Quaternaire du sud-est du Bouclier canadien*, in Le Quaternaire du Canada et du Groenland, chap. 3, sous la direction de R.j. Fulton. Commission géologique du Canada, Géologie du Canada, vol. 1, pp. 266-295.

Webster, T. A. Templin, M. Ferguson et G. Dickie. 2009. *Remote predictive mapping of aggregate deposit using lidar*. Can. J. Remote Sensing, vol. 35: S154-S166.

Zwolinski, Z., 1992. *Sedimentology and geomorphology of overbank flows on meandering river floodplains*. Geomorphology, 4: 367-379.

*Forêts, Faune
et Parcs*

Québec 