

Projet de parc national du Lac-Walker

*Descriptions géologiques,
géomorphologiques
et sites d'intérêt*



*Direction de l'expertise en biodiversité
Juillet 2018*

**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**

Québec 

ÉQUIPE DE RÉALISATION

Rédaction : Denis Bellavance¹

Révision scientifique : Marie-Josée Côté¹
Tingxian Li¹
Frédéric Poisson¹

Révision linguistique : Gildo Lavoie¹

Mise en page et infographie : Sophie Benoit¹

Cartographie : Sophie Benoit¹
Danielle Leclerc¹

Responsable et chargé de projet : Mathieu St-Onge²

Photos : Denis Bellavance¹
DPN²

Référence à citer :

Bellavance, D., 2018. *Projet de parc national du Lac-Walker, Descriptions géologiques, géomorphologiques et sites d'intérêt*. Équipe écologie et territoire, Direction de l'expertise en biodiversité, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 69 p.

¹ Direction de l'expertise en biodiversité

² Direction des parcs nationaux; Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figures	4
Liste de tableaux	5
Liste des cartes	5
1. Introduction	7
1.1 Mandat	7
1.2 Étapes de travail	7
1.3 Description générale.....	8
2. Géologie et géomorphologie	11
2.1 Les formations géologiques	11
2.2 L'étagement du relief.....	18
2.2.1 Les plateaux.....	21
2.2.2 Les collines.....	25
2.2.3 Les vallées.....	27
2.3 L'héritage du Quaternaire	28
2.3.1 Les dépôts de surface.....	31
3. Sites d'intérêt géomorphologique	36
3.1 Fjord lacustre.....	39
3.2 Paléofjord.....	42
3.3 Cirques glaciaires.....	43
3.4 Vallée glaciaire en auge	44
3.5 Vallées glaciaires suspendue	49
3.6 Milieu fluvial.....	50
3.7 Plans d'eau encaissés.....	50
3.8 Terrasses et baies sableuses	53
3.9 Autres observations géomorphologiques	54
4. Conclusion	62
5. Glossaire	63
6. Bibliographie.....	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques sommaires des formes dominantes de l'aire d'étude	19
Tableau 2. Répartition des dépôts de surface en pourcentage de l'aire d'étude.....	35
Tableau 3. Sites d'intérêt géomorphologique.....	36
Tableau 4. Autres observations géomorphologiques	36

LISTE DES CARTES

Carte 1. Localisation du projet de parc national du Lac-Walker	9
Carte 2. Modèle numérique d'élévation de l'aire d'étude du projet de parc national du Lac-Walker.....	10
Carte 3. Carte géologique du projet de parc national du Lac-Walker	13
Carte 4. Formes de relief dominantes à l'intérieur de l'aire d'étude.....	20
Carte 5. Carte des dépôts de surface du projet de parc national du Lac-Walker (MRN, données du SIEF, 2016)	32
Carte 6. Les sites d'intérêt géomorphologique du projet de parc national du Lac-Walker ..	37

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Modèle schématisé qui illustre la mise en place du relief préglaciaire sur le territoire de l'aire d'étude.....	18
Figure 2. Cartes de déglaciation dans le secteur des lacs Walker et Pasteur	29
Figure 3. Modèle proposé de déglaciation au lac Walker.	30
Figure 4. A : Profil bathymétrique en multifaisceaux du lac Walker	41
B : Schéma qui illustre les formes présentes au fond du lac Walker	41
C : Données sismostratigraphiques qui illustrent la forme en V du lac Walker.	41
Figure 5. Intégration des données bathymétriques illustrant la morphostratigraphie du lac Pasteur.....	43

1 Introduction

1.1 Mandat

La direction de l'expertise en biodiversité du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) a produit ce document en support et pour alimenter la production de l'état des connaissances du projet de parc national du Lac-Walker, rédigé par la Direction des parcs nationaux (DPN) du ministère des Forêts, de la faune et des Parcs (MFFP).

Il comprend une description des principales caractéristiques géologiques et géomorphologiques du territoire et des secteurs d'intérêt géomorphologique pour l'observation et l'éducation ainsi que pour son caractère naturel représentatif de la région.

1.2 Étapes de travail

Pour réaliser ce travail, les étapes suivantes ont été effectuées :

- Une compilation bibliographique exhaustive concernant le territoire du projet de parc. Celle-ci a été rehaussée par l'ajout de données scientifiques, documentaires et par des rencontres avec des chercheurs, en particulier ceux du laboratoire de géomorphologie marine de l'Université Laval. Les missions récentes ont permis l'acquisition de nouvelles données bathymétriques, sismiques et de carottages de sédiments dans les lacs Walker et Pasteur;
- L'analyse détaillée des images satellitaires RapidEyes, le modèle numérique d'élévation (MNE), Google Earth et de nombreuses données thématiques de nature cartographique;
- Une analyse géomorphologique des photographies aériennes à l'échelle de 1/40 000 de l'aire d'étude et de zones adjacentes;
- Une cartographie écologique au niveau des districts écologiques et des ensembles topographiques (niveaux 4 et 5 du Cadre écologique du Québec, MDDELCC);
- Des survols du terrain en hélicoptère (2012, 2014, 2017). Ces campagnes de reconnaissance ont permis de recueillir des données sur les principales caractéristiques naturelles du projet de parc du Lac-Walker, des zones d'intérêt géomorphologique et de dresser un inventaire des ressources biophysiques de la région. Elles étaient appuyées par des randonnées en bateau, en canot, en VTT et en « mini-raft » durant l'été 2016;
- La rédaction de la description géologique, géomorphologique et des sites d'intérêt du projet de parc national du Lac-Walker;

1.3 Description générale

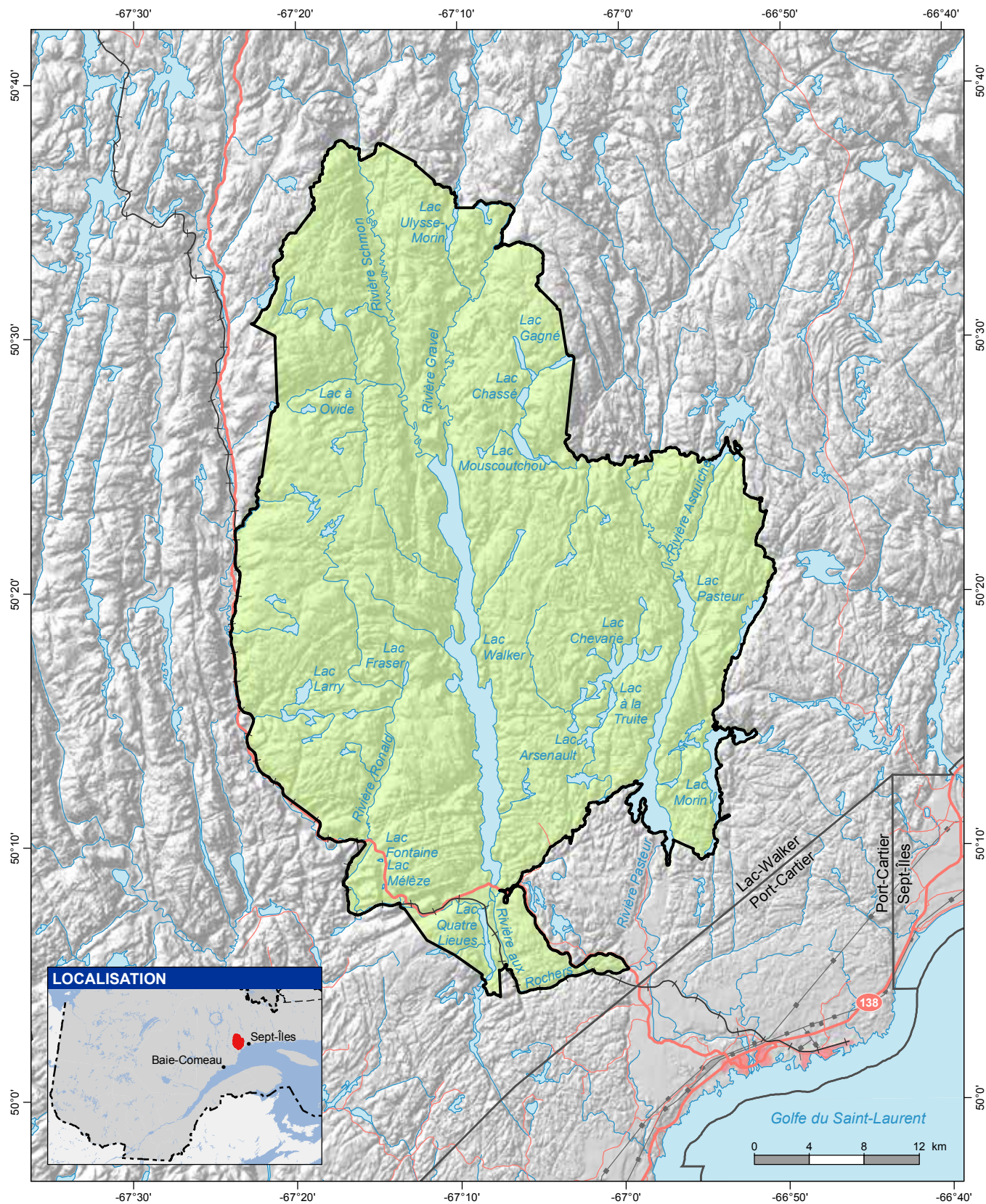
Le projet de parc national du Lac-Walker est situé sur la Côte-Nord dans la réserve faunique de Port-Cartier–Sept-Îles, à près de 30 km au nord de Port-Cartier et à environ 600 km au nord-est de la ville de Québec. Ce territoire couvre 1 479 km² (**carte 1**). Ce projet de parc figure en totalité sur le territoire non organisé de Lac-Walker, rattaché à la municipalité régionale de comté (MRC) de Sept-Rivières. Il est accessible par le chemin carrossable non pavé R0921 qui traverse, du nord au sud, la réserve faunique de Port-Cartier–Sept-Îles.

Le relief régional du projet de parc national du Lac-Walker est accidenté et composé de vastes plateaux subhorizontaux fracturés, découpés par de grandes vallées glaciaires d'orientation nord-sud qui débouchent sur le golfe du Saint-Laurent. Le relief de l'aire d'étude est composé de **buttes**, de **basses collines** et de petits plateaux disséqués, hérité de la **pénéplanation** d'un ancien haut massif précambrien (Ambrose, 1964). Les roches migmatites forment majoritairement l'assise rocheuse. L'altitude moyenne est de 335 m et elle culmine à 839 m au mont Saint-Joseph; les dépressions et les terrains de faibles altitudes ne dépassent pas 50 m (**carte 2**).

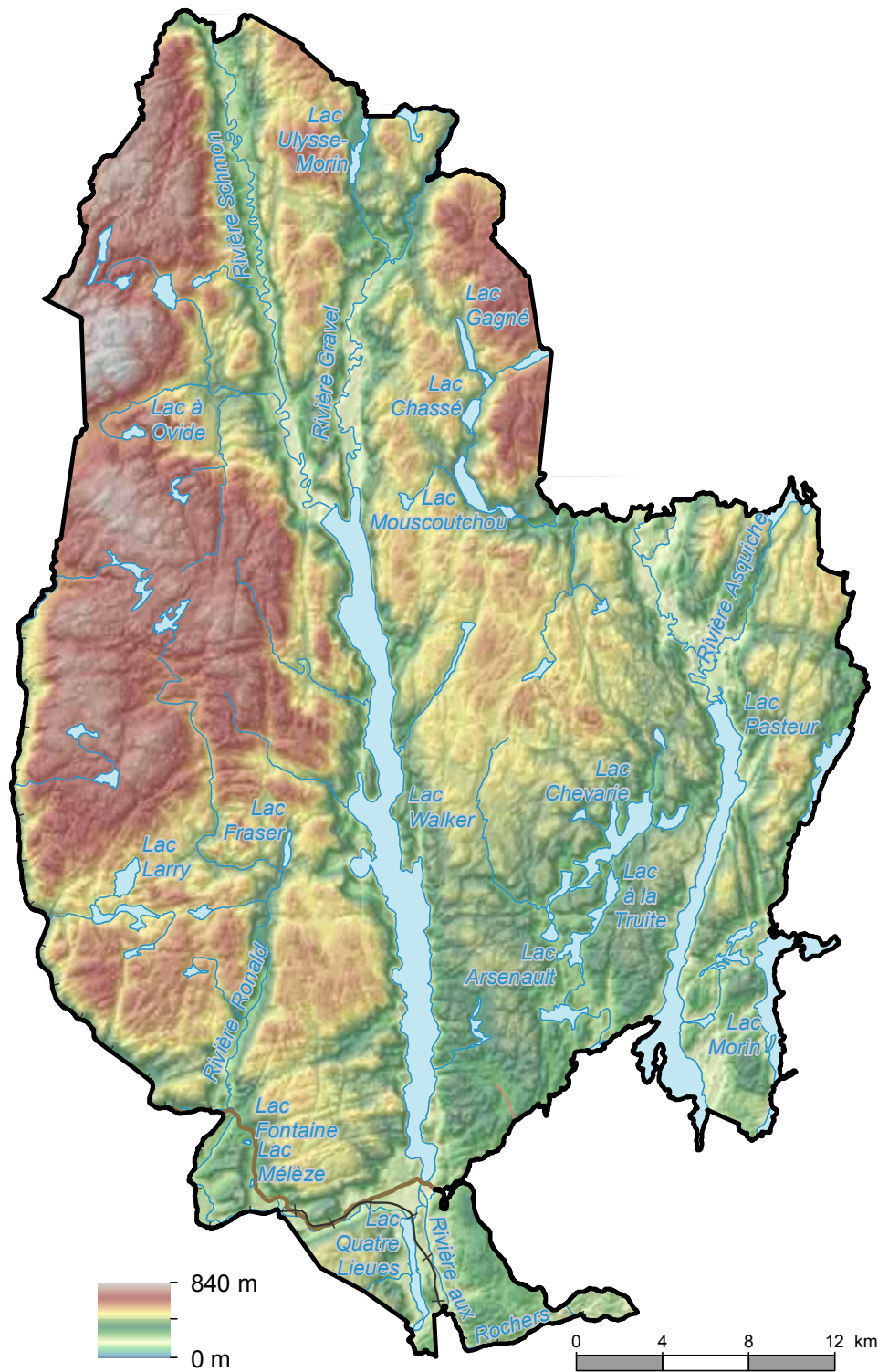
Le lac Walker, profond de 280 m, s'étire sur environ 32 km de long par 2 km de large. Il est situé à l'extrémité aval de longues vallées glaciaires ainsi que dans une zone de transition entre les basses terres côtières et les hautes terrasses du bouclier lanrentidien. Il s'agit d'un **fjord lacustre**, soulevé par **glacio-isostasie** (Poiré, et al. 2018) et entouré de parois latérales abruptes et d'escarpements. Le secteur ouest du lac Walker est dominé par de vastes plateaux ondulés à subhorizontaux alors que le secteur à l'est du lac est caractérisé par des plateaux **moutonnés** et fracturés. Des vallons et des petites vallées découpent les **interfluves** à partir du rebord des plateaux; ils sont orientés majoritairement NNE-SSO. Le bassin-versant du lac couvre 2 140 km².

Dans la partie est de l'aire d'étude, autour du lac Pasteur, le surcreusement glaciaire a accentué un relief accidenté et abrupt souvent entouré de vallons et de lacs, avec de petits massifs rocheux très irréguliers. Dans le prolongement sud de la dépression du lac Walker, le relief est caractérisé par un bassin lacustre (lac Quatre Lieues) longiligne (de 5,2 km de long par 2 km de large) avec des baies et des bancs de sable. Les terrasses adjacentes sont formées de matériaux sableux d'origine deltaïque.

Le climat relativement frais de type maritime prédomine dans cette région. Il se caractérise par une température moyenne annuelle de 1,5 °C avec des précipitations moyennes annuelles de 1 014,4 mm, dont 361,5 mm tombent sous forme de neige (Environnement Canada, 2012). Les lacs Walker et Pasteur sont situés à l'interface de deux domaines bioclimatiques : au sud on retrouve la sapinière à bouleau blanc de l'Est et au nord se trouve la pessière noire à mousse de l'Est (Robitaille et Saucier, 1998).



Carte 1 : Localisation du projet de parc national du Lac-Walker



Carte 2 : Modèle numérique d'élévation de l'aire d'étude du projet de parc national du Lac-Walker

2 Géologie et géomorphologie

Plusieurs évènements **tectoniques** majeurs, âgés entre 1,35 Ga¹ et 950 Ma², ont marqué l'histoire géologique régionale. Ils ont précédé à la mise en place de la province géologique de Grenville, qui occupe le rebord sud-est du Bouclier canadien.

Lors de la collision de deux anciens continents à la dérive, Laurentia et Amazonia (de 4,3 à 2,5 Ga), les forces en jeu ont plissé, fracturé et soulevé les roches et les sédiments déposés à la marge de ces deux continents, provoquant l'érection d'une chaîne de montagnes très élevée (la province géologique de Grenville). Au cours de l'**orogénèse** l'altitude maximale atteinte, aurait été supérieure à celle de l'Himalaya actuel. Au cours des 500 millions d'années qui ont suivi, l'érosion a éliminé plus de 35 kilomètres d'épaisseur de roche (Landry *et al.* 2013); la croûte terrestre s'est relevée, fracturée, et les racines métamorphisées de la chaîne se sont rapprochées de la surface.

Ces roches, situées autrefois à de grandes profondeurs, forment aujourd'hui l'assise rocheuse du territoire à l'étude. D'après la classification de Rivers *et al.* (1989), le secteur du projet de parc national du Lac-Walker se situe à l'intérieur d'une zone caractérisée par des terrains ayant subi plus d'un **cycle orogénique**.

Durant les diverses phases de l'orogénèse, diverses intrusions comme des **dykes** et des **filons-couches** se sont faufilees et logées dans les roches encaissantes. Ces intrusions renferment des **lambeaux** de roches au faciès particulier que l'on peut observer le long des escarpements rocheux sur le territoire du projet de parc.

2.1 Les formations géologiques

L'assise rocheuse du territoire est principalement constituée de migmatites, d'orthogneiss granitoïdes, de migmatites métasédimentaires et de roches granitiques; ces roches sont décrites ci-dessous. De plus, selon la carte géologique du ministère des Ressources naturelles (MRN, 2012; **carte 3**), d'autres petites zones de formations géologiques sont présentes également sur le territoire du projet du parc, soit : les gneiss charnockitiques avec des gneiss mixtes et les gneiss mafiques avec des amphibolites.

Migmatites

Les migmatites se forment dans les parties profondes des chaînes de montagnes : ce sont essentiellement des gneiss acides dans lesquels on retrouve des zones grani-

1 Milliards d'années

2 Millions d'années

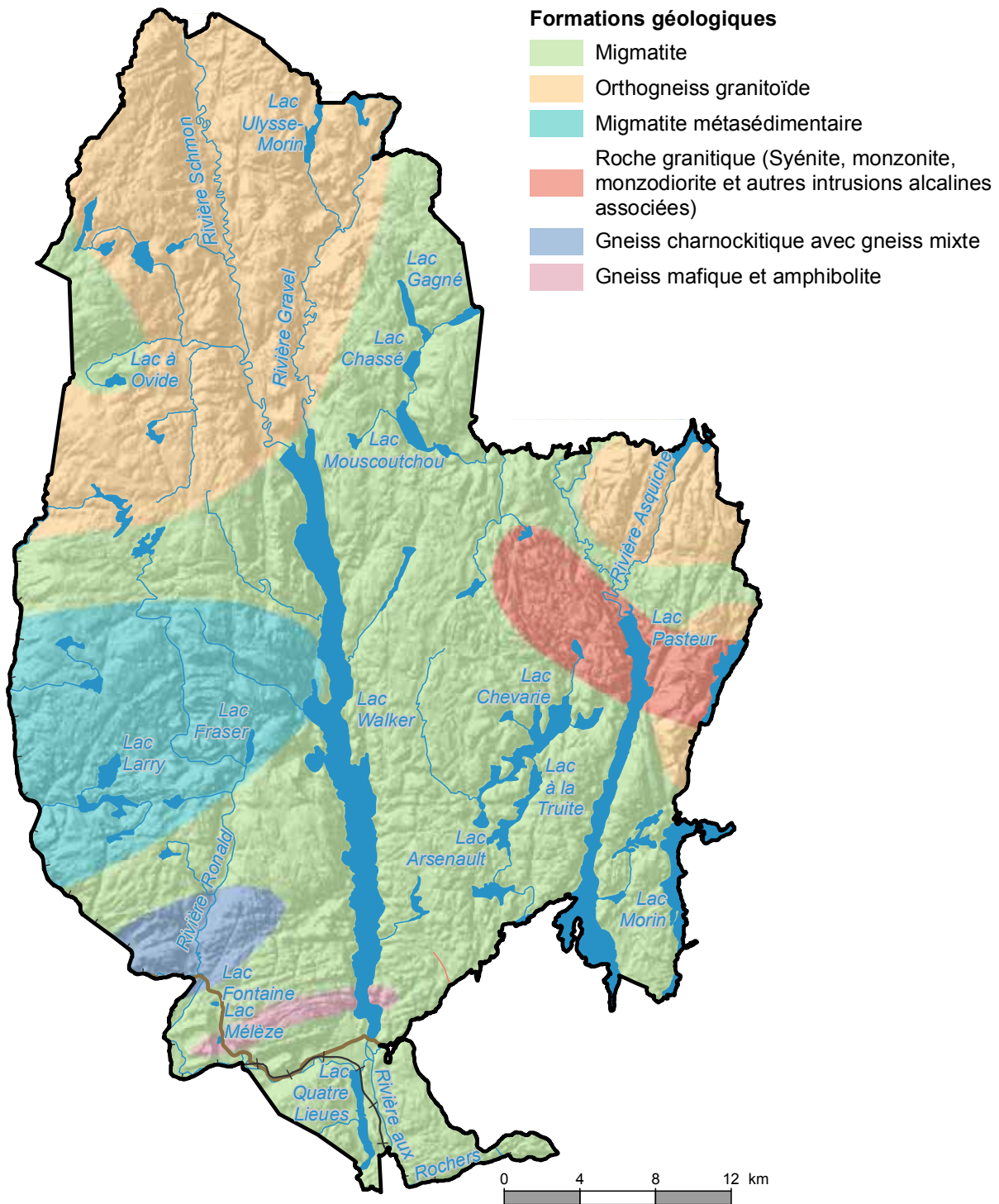
tiques (**structure granitogneissique**) qui proviennent vraisemblablement de la solidification de matière en fusion. Elles ont subi une transformation à l'état solide due à des élévations de température et de pression qui ont modifié la minéralogie, la texture et la structure. Elles représentent alors un des stades ultimes du métamorphisme régional. Ces zones granitiques peuvent prendre l'aspect de **dykes** ou de veines de largeur variable, injectés dans les roches encaissantes.

Les migmatites autour du lac Walker ont une composition uniforme et on retrouve toujours les mêmes figures de migmatisation, la plupart du temps sous forme de lits granitiques, parallèles à la **foliation**, ou disposées d'une façon anarchique.



Vue rapprochée d'une migmatite³. Les lits claires à texture grenue sont formées de quartz et de feldspaths et constituent la partie granitique de la migmatite.

3 <http://www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/IMG/jpg/migmatite2.jpg>



Carte 3 : Carte géologique du projet de parc national du Lac-Walker

Orthogneiss granitoïdes

Cette formation géologique des orthogneiss granitoïdes compose l'assise rocheuse au nord de l'aire d'étude du projet et à l'est du lac Pasteur. C'est un gneiss d'origine magmatique, de couleur rose à grain fin à moyen, contenant au moins deux tiers de feldspath potassique parmi le total des feldspaths. Le pourcentage des minéraux ferromagnésiens (biotite et amphibole) n'excède pas 20 %. Les minéraux ferromagnésiens contiennent de nombreuses enclaves d'épaisseur métrique de composition tonalitique. Ces roches renferment aussi des enclaves d'épaisseur centimétrique à métrique de **paragneiss** ainsi qu'une faible proportion de minéraux mafiques représentés principalement par de la biotite.



Situé dans une fracture perpendiculaire au lac Walker, le site illustré permet l'observation détaillée de cette formation géologique des orthogneiss granitoïdes.

Migmatites métasédimentaires

Dans un des secteurs ouest du lac Walker, le relief régional est constitué de migmatites d'origines sédimentaires de composition variée (MRN, 2012). Ces roches, issues de la fusion partielle de roches sédimentaires ont produit des lits clairs et des lits sombres. L'unité principale est composée généralement de minéraux quartzofeldspathiques à biotite, sillimanite, graphite et grenat. De plus, un assemblage formé de niveaux de quartzite impur, de roches calco-silicatées et de niveaux de marbre calcitique à dolomitique est intercalé de façon répétitive.

Ce secteur, de forme annulaire, peut s'interpréter comme résultant de bulles de roches en fusion figées dans les profondeurs de la croûte terrestre. Selon le MRN, ce secteur correspond à une anomalie géologique (lanthanides ou terres rares). Les

lanthanides sont des métaux brillants avec un éclat argenté qui ternissent rapidement lorsqu'ils sont exposés à l'air libre. Ils entrent actuellement dans la composition de nombreux matériaux innovants. Au nord du lac Mouscutchou, il y a une autre anomalie répertoriée par le MRN; il s'agit d'un gîte de molybdène dans une pegmatite radioactive détecté sur le bord d'un lac dont les teneurs en Cu, Mo, U, et Ni sont anormales élevées. Les roches de ce secteur sont des migmatites roses contenant 60 à 70 % de **mobilisat** (MRN, 2012).

Sur le terrain, ces roches forment certains des plateaux **moutonnés** et subhorizontaux avec de larges **interfluves** (secteur du lac Larry) et elles constituent l'assise rocheuse de collines allongées comme au lac Fraser.



Secteur situé au nord-ouest du lac Larry. Les affleurements rocheux sont des migmatites de composition métasédimentaire.

Roches granitiques (syénite, monzonite et autres intrusions alcalines)

Les roches granitiques (syénite, monzonite et autres intrusions alcalines) sont des roches alcalines et d'origine magmatique plutonique grenue, massives; ce sont des roches de couleur clair. La syénite est une roche granitique qui diffère du granite par le fait qu'elle ne contient pas ou peu de quartz (10 %). Elle est composée des minéraux essentiels, soit : feldspath potassique, hornblende, mica ou pyroxène; comme minéraux accessoires : plagioclases, apatite, ilménite, magnétite. La monzonite est une roche semblable à la syénite, mais au lieu de ne contenir que du feldspath potassique, elle est formée de deux feldspaths (plagioclase sodique et feldspath potassique) en proportion à peu près égale. On ne peut, toutefois, bien distinguer visuellement un granite, d'une syénite ou d'une monzonite sans une analyse pétrographique ou chimique.

Les roches granitiques affleurent principalement dans le secteur nord du lac Pasteur sous forme d'un plateau fortement fracturé, érodé de 14 km de long par 5 km de largeur. Le relief dominant est caractérisé par une succession de **buttes** rocheuses dissymétriques et abruptes découpées par des **talwegs** subparallèles alors que le rebord du plateau présente de nombreux vallons et ravins profondément incisés dans les roches. Le passage des glaciers a profilé cet agencement, ne laissant que peu de dépôts de surface. Le roc affleure presque partout sur les sommets sauf dans le cas des dépressions et des reliefs de faible amplitude.



Plateau fracturé avec une succession de buttes rocheuses érodé et de nombreuses vallées et de vallons subparallèle (flèches). Ce territoire accidenté, situé au nord-ouest du lac Pasteur, est formé de roches granitiques (syénite, monzonite et autres intrusions alcalines).

Autres formations présentent sur le territoire du projet de parc :

Gneiss charnockitiques avec gneiss mixtes

Quelques enclaves de gneiss occupent le secteur de la vallée de la rivière Ronald et des collines à l'est, dans la partie sud-ouest de l'aire d'étude du projet. Ces roches se différencient des gneiss décrits précédemment par la présence de pyroxènes associés à l'amphibole et à la biotite, formant de minuscules taches de rouille, visibles sur les surfaces d'altération.



Secteur de la cascade de la rivière MacDonald où les gneiss charnockitiques forment l'assise rocheuse. On peut apercevoir dans la partie supérieure de la paroi, une cicatrice de décrochement de mégablocs.

Gneiss mafiques avec amphibolites

Une petite enclave au sud-ouest du lac Walker est formée de couches d'amphibolites, une roche qui appartient au groupe des gneiss mafiques. Cette couche imbriquée dans les migmatites s'est formée à des pressions et températures très élevées, donc à des profondeurs extrêmes. Comme son nom l'indique, elle contient une forte concentration d'amphiboles et est souvent associée avec les feldspaths, généralement de la hornblende. Sur le terrain, la structure géologique se présente sous la forme de **buttons** allongés et abrupts orientés NE-SO accompagnés de vallons et parfois de petites vallées suspendues à la tête du réseau hydrographique. Les gneiss mafiques avec amphibolites forment des escarpements spectaculaires sur le lac Walker.



Secteur sud-est du lac Walker. Cet escarpement spectaculaire, aux parois lisses, est caractérisé par des gneiss mafiques avec amphibolites.

2.2 L'étagement du relief

Le territoire à l'étude est situé majoritairement dans le massif des Laurentides. Il y a 200 millions d'années, ce massif avait l'aspect d'une **pénéplaine** (**figure 1**, modèle A). Suite à une surélévation de la surface par une réactivation d'anciennes failles (**figure 1**, modèle B, C), simultanément, un réseau de nouvelles fractures et de fissures s'est formé sous l'action de l'extension s'exerçant à la surface de la **pénéplaine** qui se courbait (**figure 1**, modèle D). Ce système complexe de failles et de fracturations est relié probablement aux premières phases de l'ouverture de l'Atlantique au Jurassique (~170 Ma). Par la suite, une série d'événements **tectoniques** et glaciaires (**figure 1**, modèle E) ont contribué à l'évolution morphologique du territoire comme plusieurs **cisaillements** et des décrochements. Les vallées profondes et rectilignes, comme celles de la Schmon et ses vallées secondaires, correspondent à des fractures importantes. Ces fractures ont entaillé profondément l'ancienne surface de la **pénéplaine** qui est devenu le plateau actuel.

Par la suite, le réseau quadrillant la surface a permis à l'eau de s'infiltrer dans la roche et d'agrandir les dépressions et les **linéaments** structuraux. Des vallons sont apparus succédant aux fissures, dégageant ainsi des collines au sommet arrondi où la roche était plus résistante. La transformation des fissures en vallons et le dégagement de collines a donné un aspect **moutonné** au plateau (**figure 1**, modèle F).

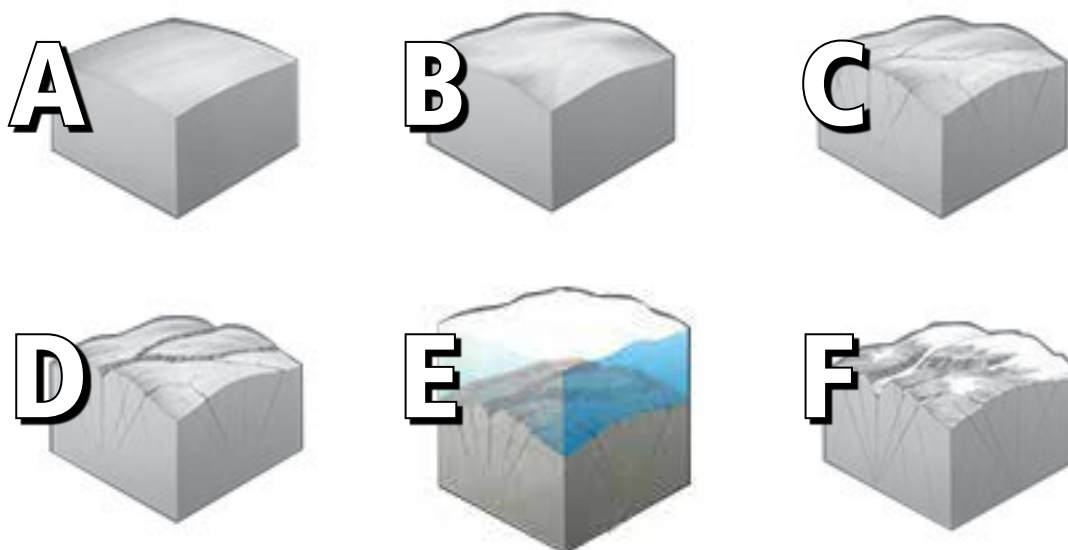


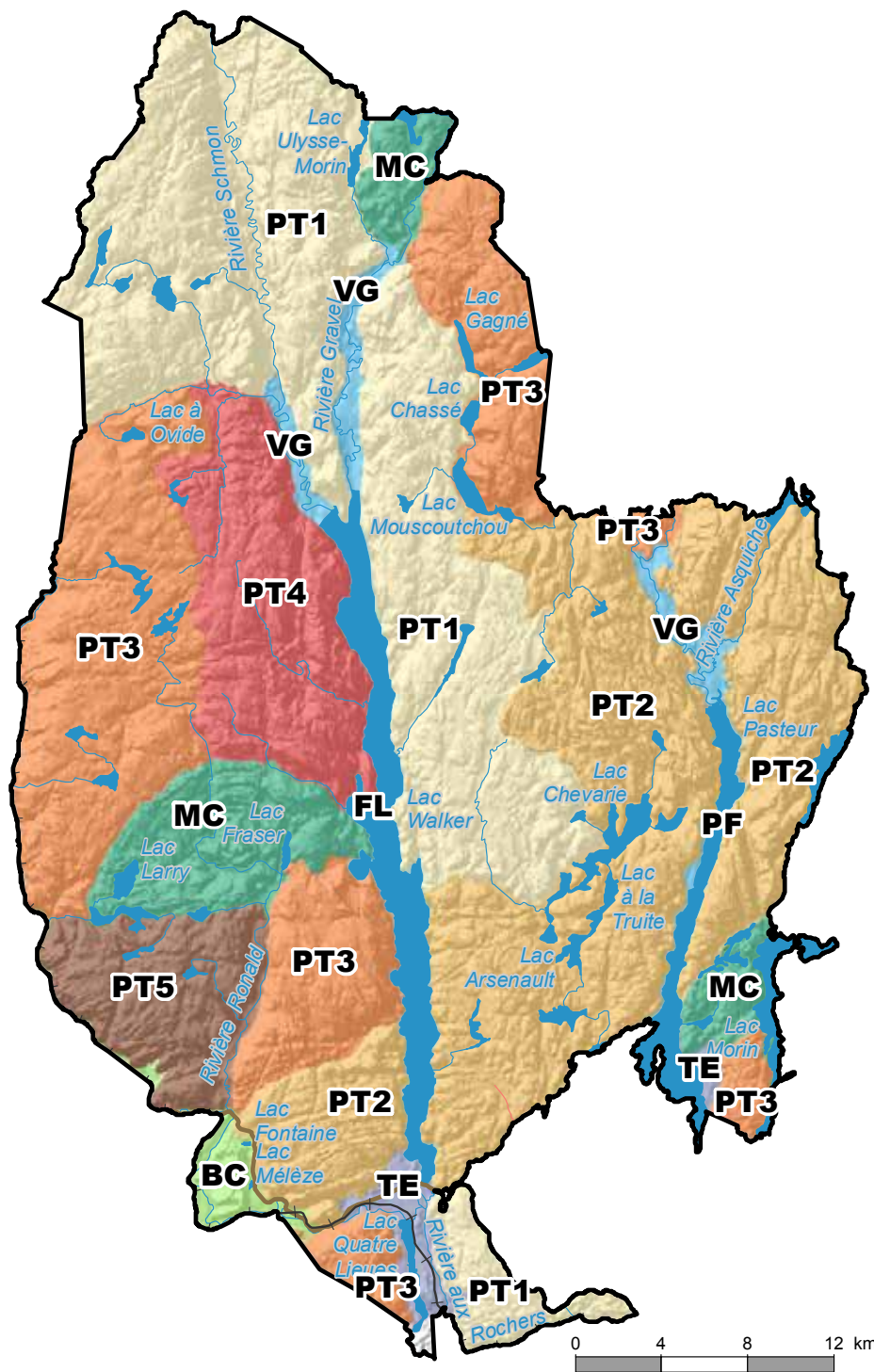
Figure 1⁴ : Modèle schématisé qui illustre la mise en place du relief préglaciaire sur le territoire de l'aire d'étude.

4 La figure 1, modifiée, provient du site GEOCACHING.COM

Basé sur ces critères morphologiques, géologiques et structuraux, il est possible de distinguer cinq types de plateaux dans l'aire d'étude (**carte 4, tableau 1**). Ils se distinguent, en particulier, par la présence de **monticules**, de **buttons** avec quelques **buttes** entrecoupés de dépressions, de vallées et de vallons. Ils sont décrits ci-dessous.

Numéro	Forme dominante	Pente moy. (m)	Altitude moy. (m)	Dépôt dominant	Superficie (km ²)	% à l'intérieur du projet
PT1	Plateau moutonné	21,6	424,5	Placage de till avec roc	397,1	26,8
PT2	Plateau fracturé	24,9	315,7	Placage de till avec roc	375,9	25,4
PT3	Plateau subhorizontal	17,7	512,4	Placage de till avec roc	293,5	19,8
PT4	Plateau ondulé	23,0	500,7	Placage de till avec roc	113,4	7,7
PT5	Plateau vallonné	21,8	448,8	Placage de till avec roc	68,2	4,6
FL	Fjord lacustre	na	115,0	na	41,8	2,8
PF	Paléofjord	na	86,0	na	18,6	1,3
BC	Basse colline (100 - 200 m)	19,0	201,2	Till épais (> 1 m) et mince (< 1 m)	16,0	1,1
MC	Moyenne colline (200 - 300 m)	21,8	371,0	Placage de till avec roc	104,1	7,0
VG	Vallée glaciaire	4,2	110,2	Dépôts de versants; sables et graviers fluvioglaciaires et fluviaux	93,2	6,3
TE	Terrasse	9,4	133,4	Sables deltaïques	16,7	1,1

Tableau 1 : Caractéristiques sommaires des formes dominantes de l'aire d'étude.



Carte 4 : Formes de relief dominantes à l'intérieur de l'aire d'étude

2.2.1 Les plateaux

Un plateau est une portion de territoire de grande amplitude horizontale en position surélevée par rapport aux terrains environnants. Les hauts reliefs de plateaux sont compris dans le domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses. Sur certains sites ainsi que sur les hauts de pentes bien drainés persiste la sapinière à épinette noire. Les sommets et les zones xériques sont colonisés par la pessière noire à cladonies et aulne crispé alors que les dépressions topographiques hydriques sont occupées par la pessière noire à aulne rugueux (Robitaille et Saucier, 1998).

Plateaux moutonnés

Les plateaux du secteur nord et nord-est du lac Walker sont **moutonnés**. Ils occupent une superficie de 397 km², soit 26,83 % de l'aire d'étude. Ils se caractérisent par la présence de collines, de **buttons** rocheux, quelques **monticules** émoussés que des vallons découpent jusqu'aux versants abrupts; certaines zones peuvent avoir des plissements et des **linéaments** de la structure géologique qui imposent aux reliefs un faciès distinct.

Les **buttes** et les **buttons** sont caractérisés par des formes dissymétriques; ils font partie d'un type de **biotope** avec la présence de vallons et de dépressions linéaires. Dans le détail, ces formes de terrain n'ont pas toutes les mêmes morphologies et amplitudes; ceci permet de faire une distinction régionale. À titre d'exemple, au nord-ouest de la vallée de la rivière Schmon, le sommet des plateaux est formé de **roches moutonnés** et **d'interfluves** à sommets inégaux, séparées par des dépressions structurales occupées par des lacs. De nombreux promontoires dominent les **talwegs** et certains rebords du plateau s'élèvent (**croupes rocheuses**) ce qui accentue cette morphologie **moutonnée** des sommets. Ailleurs, certains **interfluves** à sommets émoussés ou aigu, formant parfois des lignes de crêtes, s'accompagnent de dépressions peu profondes avec de longs versants qui rejoignent les sommets.

Du sommet de ces plateaux, il est possible d'observer certaines entités géomorphologiques, par exemple les vallées des rivières Schmon et Gravel ainsi que le lac Walker. L'altitude moyenne des plateaux **moutonnés** est de 424,5 m avec des pentes moyennes de 21,6 %.

Les dépôts de surface sont assez épais pour masquer les irrégularités mineures du substratum rocheux sous-jacent mais ils épousent le relief; leur épaisseur augmente dans certains vallons et dans les dépressions. Leurs pentes très escarpées de plus de 50 % proviennent en majeure partie de la structure rocheuse des migmatites qui présente de nombreux **linéaments** fractionnés par les **diaclasses** et les joints qui se recoupent à angle droit.



Relief accidenté, dans le secteur des plateaux moutonné.

Plateaux fracturés

Les plateaux fracturés dominent autour du lac Pasteur et dans la portion sud du lac Walker. Ils couvrent une superficie de 376 km², une altitude moyenne de 315,7 m et occupent 25,40 % de l'aire d'étude. Ils sont caractérisés par de multiples fractures subparallèles, parfois orthogonales, fortement affectées par une érosion préférentielle de la structure géologique. Ce type d'agencement est associé à des petits vallons et des vallées. Les pentes moyennes sont de 24,9 % mais sur les **interfluves**, elles dépassent rarement 15 %, avec des sommets arrondis, souvent tabulaires. Le roc affleure presque partout sur les **interfluves** et les sommets sauf au niveau des vallons et des versants qui longent ces reliefs et dépressions topographiques. Le till mince, parfois épais, occupe les bas de versant et les **zones de confluence**.

Les vallons sont associés à de petites vallées en berceau ou de profil semblable mais aux versants bas et à pente douce, plus larges que profonds tel un chenal abandonné. Ils sont présents sur les **interfluves** comme zone de transition et d'accès aux sommets et aux vallées plus en aval. Leurs orientations préférentielles sont partiellement NNE-SSO mais cela varie suivant les différentes structures géologiques (failles, **diaclasses**, **linéaments** et dépressions), ainsi que le taux d'érosion et d'altération sur les plateaux. Succédant aux vallons, les vallées sont plus larges et encaissées sur le rebord du plateau et elles atteignent rapidement le **talweg**; les pentes (de 30 à 60 %) sont abruptes et régulières.

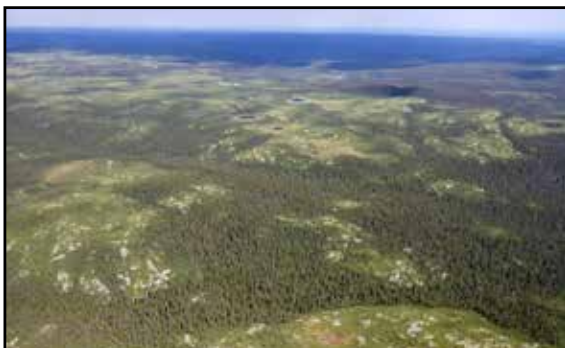


Plateau fracturé au sud-ouest du lac Walker, caractérisé surtout par des fractures subparallèles et l'absence de recouvrement par des dépôts glaciaires sur les sommets.

Plateaux subhorizontaux

Principalement situés à l'ouest de l'aire d'étude, les plateaux subhorizontaux sont les plus imposants et ceux de plus grande étendue (jusqu'à 100 km²); ils présentent peu de variations sur les interfluves. Les sommets sont relativement plats avec quelques zones de terrain faiblement ondulé et de nombreux vallons issus de fractures mineures. Ces plateaux subhorizontaux ont une altitude moyenne de 512,4 m et une superficie de 294 km² (19,83 % de l'aire d'étude). Malgré cette surface peu accidentée, les points de vue sont nombreux sur un panorama qui s'étend sur 360°.

Les dépôts de surface sont trop minces et même absents en maints endroits pour recouvrir uniformément le substratum rocheux. Les versants sont presque tous abrupts (> de 60 %) et communiquent souvent avec une vallée importante comme celle de la rivière MacDonald ou une dépression structurale (lacs encaissés).



Plateau subhorizontal, situé à l'ouest du lac Walker. Les zones de couleur grisâtre sont des affleurements rocheux.



Vallons boisés sur les plateaux subhorizontaux. Ils sont bien visibles sur la photo par leur couverture forestière.

Plateau ondulé

Le plateau ondulé se caractérise par un profil longitudinal avec des séquences régulières et amples de convexités et de concavités allongées, parallèles à subparallèles. Situés à l'ouest de la moitié nord du lac Walker, il occupe une superficie de 113 km², soit 7,66 % de l'aire d'étude; l'altitude moyenne est de 500,7 m. La surface sommitale est irrégulière, accidentée par la présence de **buttes** de forte pente ainsi que par celle de vallons et de vallées allongées avec un profil en auge, caractéristique des vallées façonnées par le passage des glaciers. Quelques-unes sont suspendues, c'est-à-dire perchés au-dessus de la vallée principale, comme la vallée de la rivière du Diable.

Les dépôts glaciaires se répartissent de façon inégale sur cette portion du territoire. Ils sont globalement absents des zones accidentées, situées en amont des vallées mais prennent rapidement de l'importance sur le terrain en direction nord, suivant l'orientation des principales vallées. Ils sont toutefois contrôlés par la roche en place et épousent le relief sous-jacent.



Vue aérienne des convexités et des concavités allongées, parallèles à subparallèles, caractéristiques des plateaux ondulés. Les zones de couleur verdâtre sont des affleurements rocheux.

Plateau vallonné

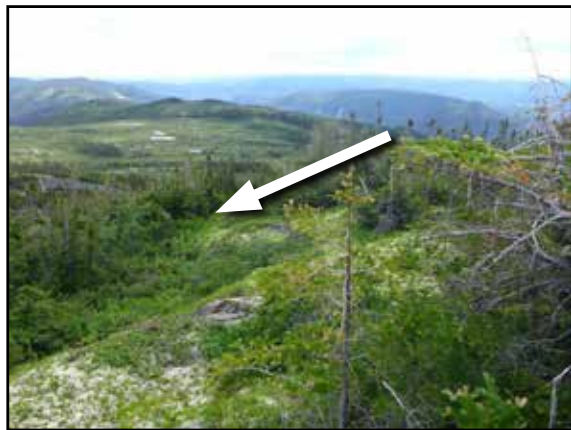
Le plateau vallonné se caractérise par un profil transversal des versants avec des séquences régulières de fortes convexités et de fortes de ces concavités. Le secteur à l'ouest de la vallée de la rivière Ronald possède cette morphologie distincte. Il a une superficie de 68 km² soit 4,61 % de l'aire d'étude; l'altitude moyenne est de 448,8 m. Ce type d'agencement est associé à de larges **interfluves** faiblement

accidentés, formés de **monticules** et de **buttons**, à partir desquels débute des vallons et des vallées qui rejoignent les **talwegs**. Ce réseau a facilité une configuration souvent parallèle du réseau de drainage et d'évacuation des eaux de surface. Certaines fractures ont été élargies et surcreusées par le passage des glaciers ce qui a favorisé la formation de lacs (Grande Pensée, Bégonne et Papillon, Dukenat, Vadoul, des Midis de Mai, de la Voix des Eaux). Quelques terrains plats sont occupés par des milieux humides associés aux anciennes limites lacustres.

Les dépôts glaciaires se répartissent de façon inégale. Ils sont globalement absents des zones accidentées, situées en amont des vallées mais ils augmentent en importance rapidement en direction nord, suivant l'orientation des principales vallées. Ils sont toutefois contrôlés par la roche en place et épousent le relief sous-jacent.



Partie centrale du plateau vallonné, faiblement accidentée et formée de monticules et de buttons. Les vallons boisés sont bien visibles.



Rebord du plateau vallonné, incisé par les séquences régulières de convexités et de concavités.

2.2.2 Les collines

En périphérie de certains plateaux de l'aire d'étude, on observe la présence de collines et de reliefs ponctuels isolés qui contrastent avec la grande étendue de ces plates-formes. À titre d'exemple, au sud-est du lac Pasteur, des basses collines isolées et bien découpées par l'érosion forment, avec des **buttes**, le relief dominant. Leurs pentes très escarpées de plus de 50 % proviennent en majeure partie de la structure rocheuse des migmatites qui présente de nombreux **linéaments** fractionnés par les **diaclases** et **joints** qui se recoupent en angle droit. Le roc affleure presque partout sur ces collines sauf au niveau des talwegs qui les longent, ennoyés par la mer de Goldthwait.



Basse colline isolée à l'intérieur du projet du parc national.
Elle est située sur les rive est du lac Pasteur.

Au lac Walker, on remarque également la présence de collines massives de forme allongée, qui se détachent des parois rocheuse du lac en partie saillante. Le secteur des baies Harbour et Girard, en sont de bons exemples. Ces moyennes collines se distinguent aisément sur les photos aériennes et les images satellitaires par leur forme allongée avec des pentes abruptes variant entre 30 et 60 %. Ces « presqu'îles » sont formées de migmatites et de gneiss granitiques sculptés par les glaciers. Les différences de résistance à l'érosion des couches minérales, la présence de **linéaments** géologiques ainsi que les nombreux fractionnements de l'assise rocheuse ont probablement facilité la formation de ces formes de terrain.



Moyenne colline qui se détache de l'ensemble des plateaux
autour du lac Walker.

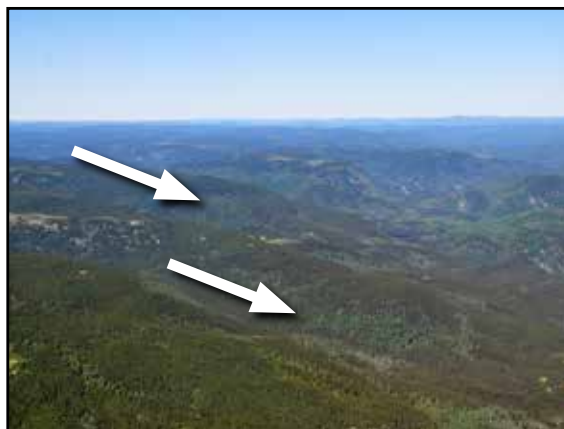
2.2.3 Les vallées

Le soulèvement de cette **pénéplaine**, qui est évidemment préglaciaire, a permis l'attaque de ce territoire par un grand nombre de vallées descendant vers la dépression du Saint-Laurent. Plusieurs de ces vallées ont un profil transversal en auge, caractéristique des vallées façonnées par le passage des glaciers; la majorité des versants font généralement face à l'est ou l'ouest. Incluses dans la liste des sites d'intérêt géomorphologique, les principales vallées glaciaires sont décrites dans cette section.

D'autres vallées situées dans l'aire d'étude ont été survolées et visitées lors des campagnes de terrain. Elles n'ont cependant pas les mêmes superficies et caractéristiques géomorphologiques, mais présentent d'autres facettes et particularités régionales. Par exemple, les vallées que l'on retrouve sur les plateaux fracturés. Elles débutent sur les **interfluves** sous forme de vallons et s'encaissent rapidement sur les rebords du plateau avec des pentes abruptes qui varient de 30 à 60 %. Leur profil en V est surtout orienté NNO-SSO. Les dépôts meubles à l'intérieur de ces vallées sont, d'une part, d'origine glaciaire mais le till est mince ou en **placages** sur les aspérités du versant; ils ont possiblement été des voies ou des couloirs d'évacuation des eaux de fonte lors de la déglaciation. D'autre part, les matériaux de versants (blocs, cônes de déjection, colluvionnements) sont bien présents sur les sites escarpés. Le roc affleure à maints endroits.



Située sur un plateau fracturé, la vallée illustrée possède un profil transversal en auge, caractéristique des vallées façonnées par le passage des glaciers.



Vallées subparallèles avec un profil en V.

2.3 L'héritage du Quaternaire

Le Quaternaire est la période géologique dans laquelle nous vivons. Elle a débuté, il y a 2,6 Ma et comprend deux époques, soit le Pléistocène et l'**Holocène**. Le Quaternaire a été caractérisé par de profondes perturbations climatiques soulignées par des cycles de grandes glaciations continentales et des périodes interglaciaires plus chaudes. Quatre cycles de glaciation - déglaciation se sont ainsi succédés au cours du Quaternaire (Vincent, 1989).

La plus récente glaciation du continent nord-américain, la glaciation du Wisconsinien, a débuté il y a 75,0 ka BP. L'écoulement général de la glace était dirigé vers le sud-est, en provenance du centre de la péninsule Québec-Labrador. Localement, l'écoulement a connu certaines déviations, dues à l'existence de vallées préglaciaires et autour des accidents topographiques. Le relief actuel de l'aire d'étude, n'a pas été beaucoup modifié par la glaciation; il est réellement d'origine préglaciaire. Les unités lithostratigraphiques sont associées à l'avancée ou au retrait de la calotte glaciaire du Wisconsinien tardif (Hein, *et al.* 1993), aux transgressions ou régressions marines subséquentes et au remaniement des dépôts postglaciaires.

À partir de 14,5 ka BP, le climat s'est réchauffé de façon marquée. L'**Inlandsis** laurentidien s'est mis à fondre et a amorcé un retrait graduel du sud vers le nord ainsi que vers l'ouest. Selon Occhietti *et al.* (2011), la déglaciation du Québec s'est effectuée en trois phases : 1) le retrait du courant glaciaire du Saint-Laurent (19-13 ka BP; Shaw *et al.* 2006); 2) la stabilisation ou la réavancée du **Dryas récent** (12.9-11.7 ka BP); 3) la déglaciation du début de l'**Holocène**.

La glace était toujours dans un état « actif » c'est-à-dire plastique et en mouvement, même pendant son retrait (Dredge, 1983). La marge de la glace était caractérisée par un recul lent, ponctué de reprise et de stagnation. Ainsi, une série de crêtes morainiques fut édifiée, sur la Côte-Nord durant la période du **Dryas récent** (Bernatchez, 2005). Au Québec, quelques moraines ont été associées à cette période, dont la principale est la moraine de Saint-Narcisse (Lasalle et Elson, 1975; Dionne et Occhietti, 1996).

Au niveau régional, la déglaciation du lac Walker et son isolement de la mer de Goldthwait s'est effectuée semble-il de manière rapide⁵ (Gagné- Poiré, A.; 2016; **figure 3**). La longue et profonde vallée du lac a probablement servi de conduit, de voie préférentielle pour l'écoulement de la glace. L'identification d'eskers en aval du lac Quatre Lieues, situés approximativement dans le prolongement de la décharge du lac Walker (**figure 2c**), pourrait servir de preuve de l'existence d'un système de drainage sous-glaciaire durant la phase de déglaciation (Dredge, 1983).

5 C'est-à-dire environ 3,2 cm par année pendant le premier millénaire; Dionne 2001.

Entre 11.5 et 10.8 ka BP, après une phase de repli, la marge se stabilise près de la sortie des vallées des lacs Walker et Pasteur (Gagné- Poiré, 2016, 2018; Lajeunesse, *et al.* 2014); les eaux marines atteignaient alors leur altitude maximum de 130 m. Ce contexte a favorisé l'édification d'un delta, d'un cône d'épandage fluvioglaciaire sous-aquatique juste au sud du lac Walker (site des chalets 1 à 7 de la réserve faunique de Port-Cartier – Sept-Îles; **figure 2c et 3b**). Ce contexte paléogéographique a probablement laissé peu de temps pour que les eaux de la mer de Goldthwait envahissent complètement le bassin du lac (**figure 3b et 3c**). De plus, le territoire du piedmont situé au sud du lac Quatre-Lieues, et l'étréoussse des vallées structurales (vallée de la rivière aux Rochers) ont probablement entravé l'écoulement de l'eau et favoriser rapidement son stockage dans le lac. Ces lacs ont préservé des couches sédimentaires laminées qui ont enregistré des changements paléo-environnementaux, entre la dernière déglaciation jusqu'à aujourd'hui (Gagné- Poiré, 2016).

À mesure que la marge de glace se retirait plus au nord, le front en décrépitude a fort possiblement reculé par **vêlage** dans les lacs Walker et Pasteur avec la production de nombreux icebergs. Les vallées nouvellement déglacées sous la limite marine ont pu temporairement devenir des fjords. Par la suite, le relèvement **glacio-isostatique** a débuté, suite à la libération de la lithosphère des masses de glace. Des bassins glacio-lacustres puis des lacs postglaciaires se sont alors formés rapidement, piégeant les sédiments reçus par les deltas de tête et ceux dus aux processus fluvioglaciaires (**figure 2b et 2c**). L'altitude du relief régional au sud du lac Walker correspondait presque alors au même niveau que celle atteinte par la limite maximum de l'invasion marine.

La déglaciation du lac Pasteur semble toutefois avoir précédé celle du lac Walker lors du retrait de la marge de l'**Inlandsis** laurentidien (Occhietti *et al.* 2011), (**figure 2d et 2e**). La grande connectivité avec la côte a probablement favorisé une ouverture plus rapide de la vallée, accélérée par l'effondrement de la glace et aussi par le **vêlage** des icebergs en eau profonde.

La déglaciation du bassin versant du Walker et le développement des conditions para- et postglaciaires est daté à 7845-7950 ka cal BP (Gagné- Poiré, 2016).

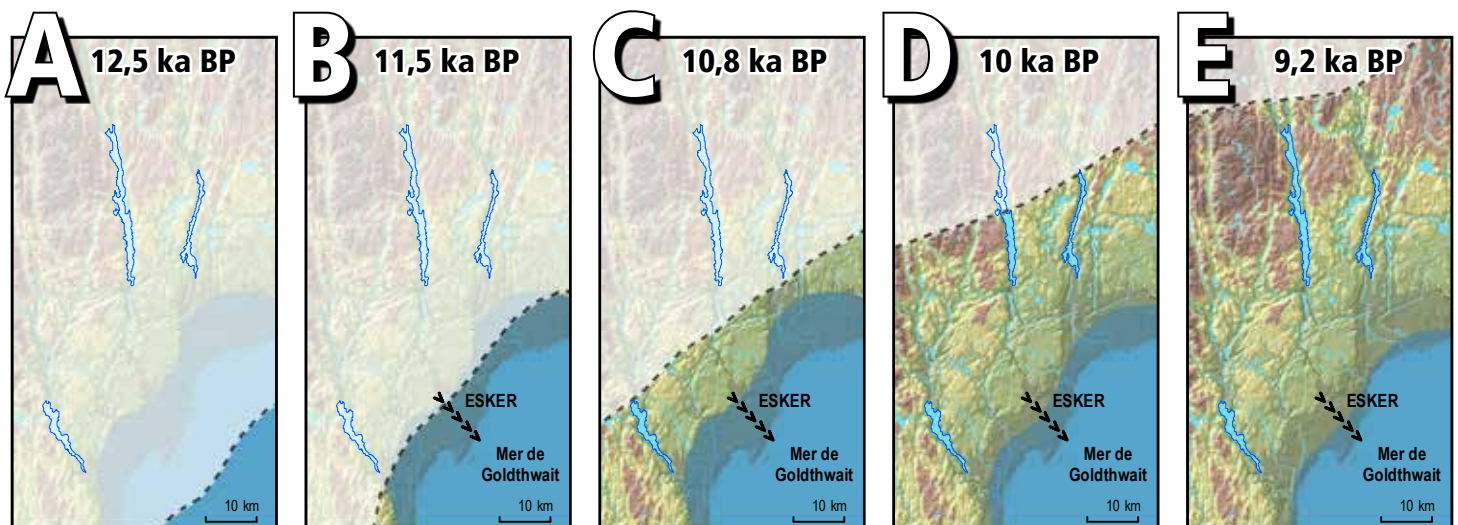


Figure 2. Cartes de déglaciation dans le secteur des lacs Walker et Pasteur (lignes bleu foncé). L'emplacement approximatif de la marge de nappes glaciaires Laurentide en retrait sur la Côte-Nord du Québec d'Occhietti *et al.* (2011) est représenté par la surface blanche. La petite ligne pointillée noire correspond à la limite de l'invasion marine. (Figures modifiées de Gagnon-Poiré, 2016).

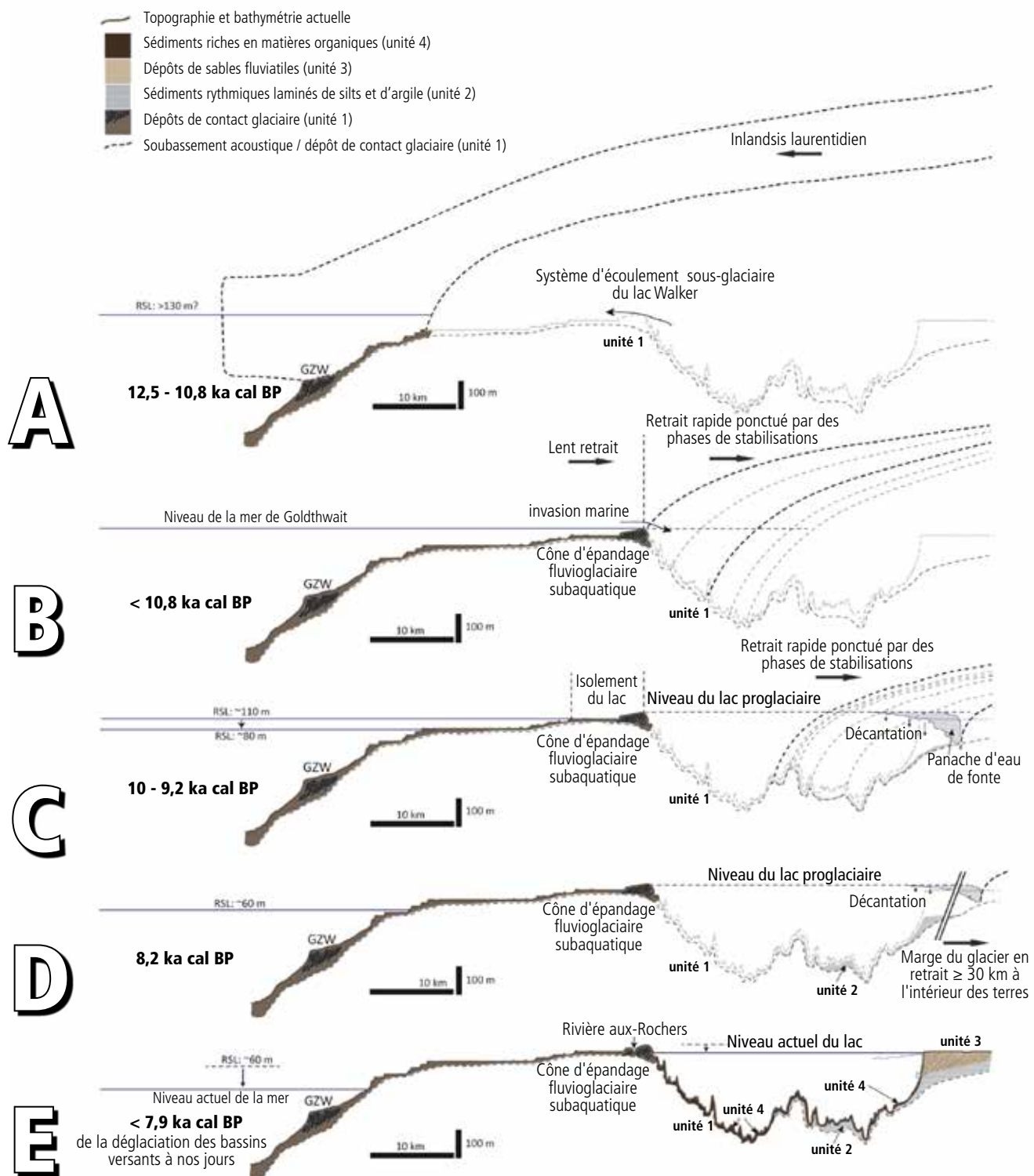


Figure 3. Modèle proposé de déglaciation au lac Walker (Modifié de Gagnon-Poiré, 2016). On remarque la limite maximum de l'invasion marine qui correspond presque à la même altitude que le relief régional (B et C).

2.3.1 Les dépôts de surface

Les dépôts de surface sont plutôt rares sur le plateau Laurentidien à l'intérieur de l'aire d'étude. Lorsque présents, ils proviennent majoritairement de l'abrasion et de l'arrachement du socle rocheux sous l'effet de l'écoulement de la glace (dépôts glaciaires) et du legs fluvioglaciaire (**tableau 2**). Les eaux de fonte, riches en sédiments, se sont déversées dans les vallées préexistantes et elles ont débouchés par la suite dans la mer en régression, de sorte qu'elles ont formé des **deltas coalescents**. Les autres dépôts de surface sont d'origine fluviale ou organique (SIEF, MRNF, 2014; **carte 5**).

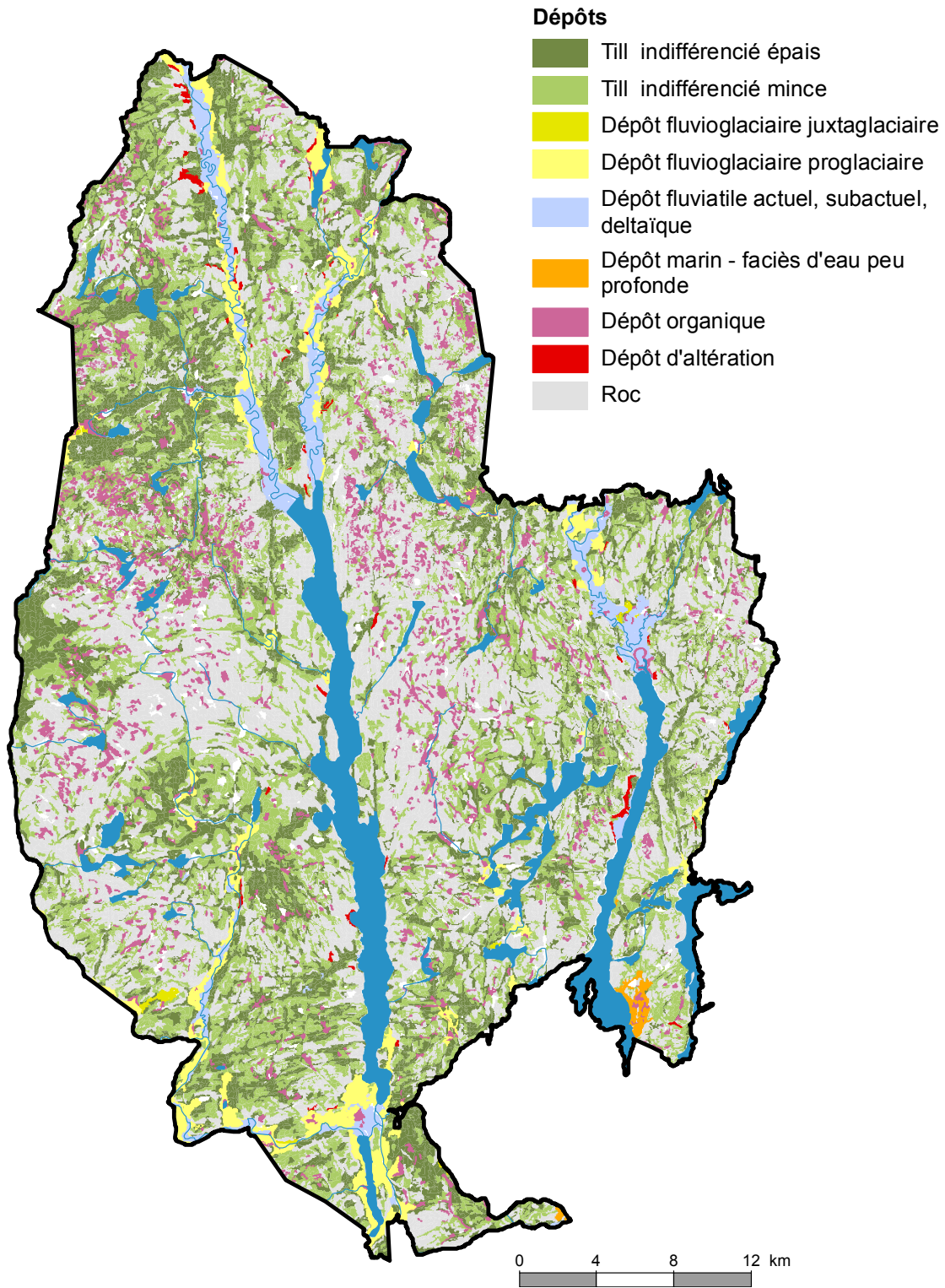
Les dépôts glaciaires

Les dépôts glaciaires, associés à la moraine de fond indifférenciée, sont composés de till déposé directement à la base du glacier. Conséquemment, le till de fond est reconnaissable par sa compacité et sa densité, un tri des particules pratiquement nul et une dominance des lithologies locales. En règle générale, le till régional est pauvre en argile et riche en sable, de couleur gris-olive et faiblement **fissile**.



Aspect du till dans secteur sud du territoire à l'étude.

Quelques coupes observées montrent que ces matériaux ont des caractéristiques hétérométriques constantes (sable, cailloux et blocs) mais qu'ils peuvent varier d'un site à l'autre. L'épaisseur moyenne varie de 50 cm à 1 m, ce qui est suffisant pour masquer les irrégularités mineures du substratum rocheux. De façon générale, le till épouse les formes de relief; cependant, dans plusieurs secteurs, il se présente plutôt sous forme de **placage** avec présence de blocs erratiques. On le retrouve principalement sur les plateaux, au pourtour des lacs, dans les vallons et dans les vallées peu escarpées. L'épaisseur du till augmente et est davantage présent au sud et au sud-ouest du territoire à l'étude, secteur de moindre amplitude altitudinale et moins accidenté.



Carte 5 : Carte des dépôts de surface du projet de parc national du Lac-Walker (MRN, données du SIEF, 2016).

Les dépôts glaciaires épais de plus de 1 m d'épaisseur sont plutôt rares; généralement situés dans les fonds des vallées, sur les versants de faible pente, dans des secteurs dépressionnaires et sur le pourtour de certaines dépressions lacustres. Ils sont souvent issus de petits **bourrelets latéraux** et du remplissage de crevasses par des matériaux supra-glaciaires jusqu'au lit glaciaire. Par exemple, le secteur du lac à Ovide, près de la chute de la rivière Saint-Joseph, est recouvert d'un till de plus de 1 mètre. La matrice est gris olive et sa texture friable est faiblement **fissile**; sa composition minéralogique est variable en fonction de la nature du substratum rocheux. Les cailloux et des pierres plus grossières représentent de 20 % à 25 %, ils sont subarrondis à subanguleux et beaucoup ont des facettes.

Il existe des accumulations épaies de dépôts glaciaires associés aux moraines de décrépitude. Ils sont localisés le long de certaines vallées suspendues, comme dans le secteur de la Crique Manikis Nord, à l'est de la vallée de la rivière Ronald. Cette moraine est due à la désintégration et à l'ablation de la glace; elle a été déposée en vrac par un lambeau de glace stagnante. Elle présente une topographie en bosses et en creux. Les matériaux sont épais, hétérogènes et très pierreux. D'autres bourrelets de cette moraine de décrépitude ont été découverts récemment au fond du lac Walker entre les baies Girard et Harbour (Gagnon-Poiré, *et al.* 2015).

Selon les données de cartographie quaternaire de la Commission géologique du Canada (CGC) et celle du MRN, il y a, le long de la rivière Ronald ainsi que sur la rive ouest du lac Quatre Lieues, des dépôts épais identifiés comme des sections de moraine frontale. Une étude exhaustive des formes de terrains glaciaires, assortie de visites sur le terrain, améliorerait les connaissances à ce sujet.



Aspect différent du till régional situé entre les lacs Fontaine et Mélèze; sur le bord de la route en direction de la vallée de la rivière Ronald. La couche grisâtre est un till de fusion. La mise en place de ce type de till est due à une augmentation de la vitesse et de la turbulence dans les eaux sous-glaciaires.

Les dépôts fluvioglaciaires et deltaïques

Les dépôts fluvioglaciaires sont constitués de particules arrachées et transportées par le glacier et ensuite déposées en couches distinctes par l'action des eaux de fonte. Ils sont variés autant par leur forme que par leur granulométrie. Subséquemment, les sédiments fluvioglaciaires sont parfois repris par les cours d'eau extérieurs au glacier, ou encore remaniés par les eaux de lacs proglaciaires ou de mers postglaciaires. Pour les classer, on se base sur le milieu sédimentaire, en les distinguant selon leur proximité par rapport au glacier. On reconnaît les sédiments juxtaglaciaires, mis en place au contact de la glace et les sédiments proglaciaires, accumulés au-delà du glacier, dans des rivières; ceux qui aboutissaient dans des lacs ou dans la mer, sont reconnus comme des épandages deltaïques ou des deltas fluvioglaciaires. Les accumulations de dépôts fluvioglaciaires à l'intérieur de l'aire d'étude sont principalement situées dans la vallée de la rivière Ronald et elles composent les terrasses supérieures des tronçons amont des rivières Schmon, Gravel et Pasteur. Au lac Ulysse-Morin, les dépôts fluvioglaciaires occupent également certaines dépressions et terrains bas, parce que c'est à ces endroits que l'eau de fonte s'écoulait.

Les dépôts deltaïques, en particulier les terrasses qui comblent le fond de la vallée de la rivière MacDonald et les rives du lac Quatre Lieues, sont les dépôts sableux les plus abondants du territoire d'étude. Ils correspondent à des dépôts à sédimentation lente situés au front du glacier en décrépitude. Les chalets 1 à 7 de la réserve faunique de Port-Cartier–Sept-Îles reposent sur ce type de dépôt; ils ont été décrits comme étant un cône d'épandage fluvioglaciaire sous-aquatique (Gagnon-Poiré, 2016). Au cours de l'**Holocène** ces vallées ont, par la suite, contribué aux accumulations deltaïques sous forme de croissant sur les pentes subaquatiques du lac Walker.

Les dépôts juxtaglaciaires sont rares; seuls quelques kames isolés et quelques segments d'eskers ont été répertoriés.



Coupe détaillée dans un dépôt deltaïque au sud-est du lac Walker.

Les dépôts fluviatiles

Les dépôts fluviatiles sont mise en place par la dynamique de transport et de dépositions des cours d'eau. À l'intérieur des limites du projet de parc national du Lac-Walker, les dépôts fluviatiles proviennent, pour la plupart, du remaniement des dépôts fluvioglaciaires que les cours d'eau actuels ont déposés en aval ou en périphérie. Ainsi, les matériaux actuels où se trouvent les magnifiques méandres des rivières Schmon, Gravel et Pasteur proviennent d'une époque de haut niveau d'eau associé à la fonte du glacier, source d'une grande quantité de dépôts délestés dans ces vallées. De plus, la charge de dépôts provient également d'apports de diverses origines (apport direct des versants, érosion des berges et du fond du lit par le cours d'eau).

Les dépôts organiques

Les dépôts organiques ont été mis en place après la déglaciation. Ils recouvrent surtout les rives exondées des principales dépressions lacustres, zones de coulées et cuvettes éparses sur les sommets des plateaux; ils reposent majoritairement sur le socle rocheux. Les dépôts organiques, qui reposent sur les dépôts deltaïques, sont de plus grande tailles associés aux terrasses et aux plaines des vallées glaciaires.

Type de dépôt	%
Till mince (1AM \leq 1 m)	36,0
Affleurement rocheux et till (<25 cm)	26,0
Affleurement rocheux	20,9
Till épais (1AE \geq 1 m)	6,1
Dépôts fluvioglaciaires et deltaïques	3,5
Dépôts organiques	2,8
Affleurement rocheux avec autres dépôts	2,4
Dépôts fluviatiles	2,3

Tableau 2 : Répartition des dépôts de surface en pourcentage de l'aire d'étude.

3 Sites d'intérêt géomorphologique

Grâce aux inventaires de terrain et à l'analyse territoriale de l'aire d'étude, des phénomènes géomorphologiques significatifs ont été identifiés. Ce sont principalement des formes de terrain particulières d'intérêt géomorphologique et géologique. Ces phénomènes sont surtout issus d'évènements quaternaires liés au dernier glacier du Nouveau-Québec, à la mer postglaciaire de Goldthwait ou à des phénomènes péri-glaciaires. Ainsi, 11 sites d'intérêt géomorphologique ont été répertoriés à l'intérieur des limites de l'aire d'étude.

Le **tableau 3** dresse la liste des sites d'intérêt géomorphologique et leur localisation est précisée sur la **carte 6**. Une description de chaque site est présentée à la suite de la carte. On retrouve en plus, pour certains sites, d'autres observations géomorphologiques associées (**tableau 4**).

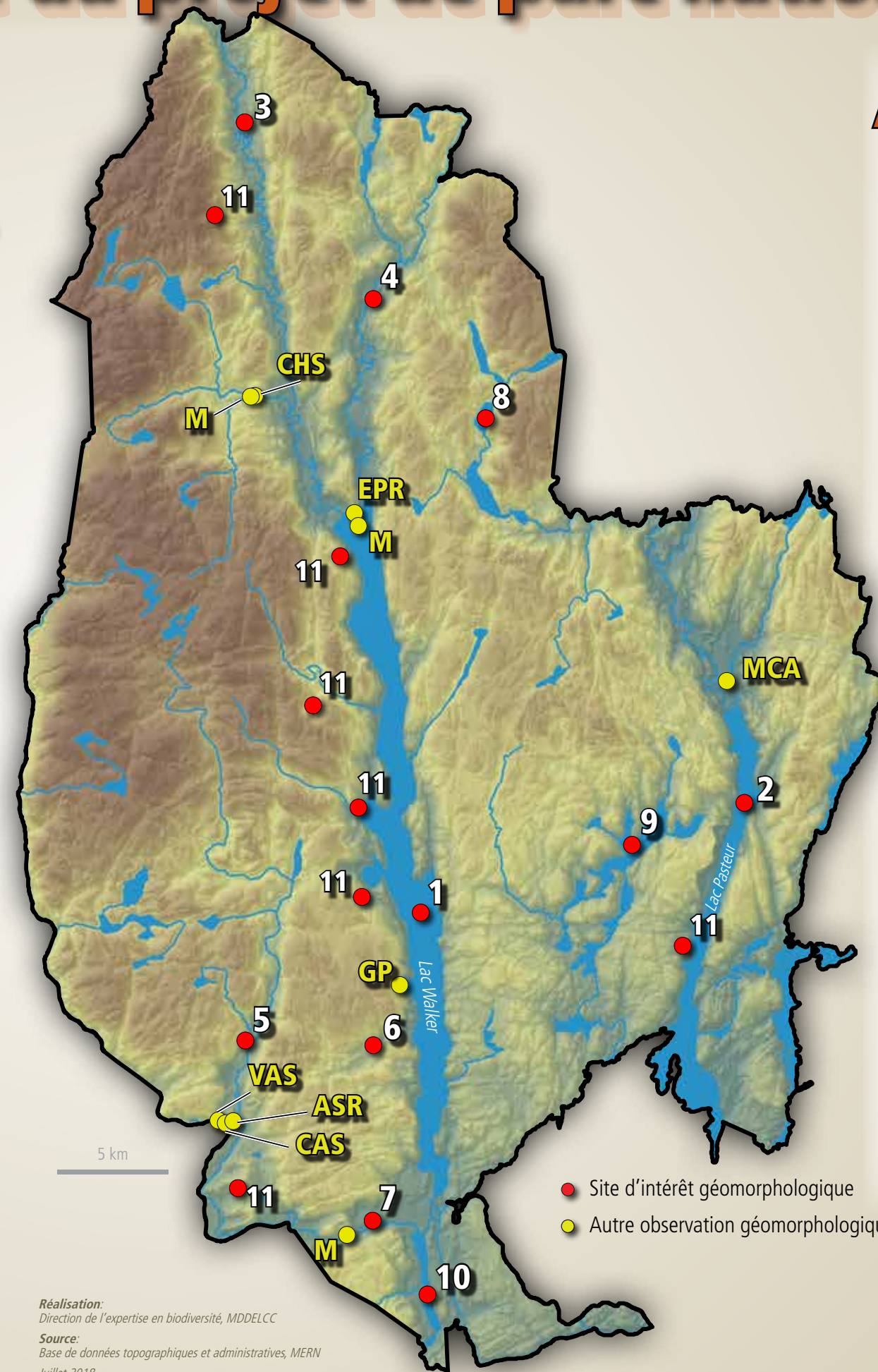
Type	Nom
Fjord lacustre	Lac Walker
Paléo fjord	Lac Pasteur
Cirques glaciaires	Baie Imbeau, cap aux Goélands, lac Walker – secteur nord, lac Pasteur
Vallées glaciaires en auge	Rivières Schmon, Gravel, Ronald
Vallée glaciaire suspendue	Cirque Manikis Nord
Modelé fluvial	Rivière MacDonald - secteur aval
Plans d'eau encaissés	Lacs Mouscouthou, Chassé et Gagné; Arsenault, à la Truite, Chevarie, et Carré
Terrasses et baies sableuses	Lac Quatre Lieues

Tableau 3 : Sites d'intérêt géomorphologique.

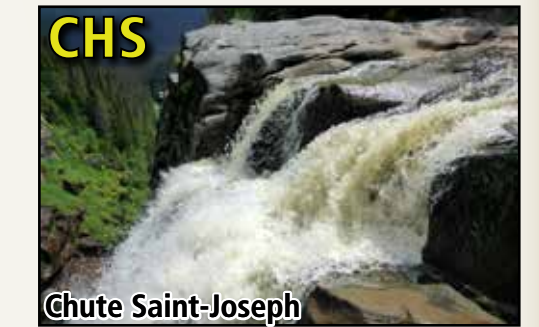
Autres observations géomorphologiques	Sites associés / localisation
Éperon rocheux	Lac Walker
Chutes de pierres et glissements pelliculaires	Lac Walker
Cascades	Rivière MacDonald
Abris-sous-roche	Rivière MacDonald
Vasques et altération du lit rocheux	Rivière MacDonald
Marmites	Rivière MacDonald
Chute	Chute Saint-Joseph
Méandres et chenaux abandonnés	Rivière Pasteur - secteur amont

Tableau 4 : Autres observations géomorphologiques.

Sites d'intérêt géomorphologique du projet de parc national du Lac-Walker



Autres observations géomorphologiques



Réalisation:
Direction de l'expertise en biodiversité, MDDELCC
Source:
Base de données topographiques et administratives, MERN
Juillet 2018

Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques



3.1 Fjord lacustre

Le lac Walker est l'élément central le plus important du territoire à l'étude (**carte 2**). Cet ancien fjord lacustre de 280 m de profondeur couvre une superficie de 41,84 km² et est entouré d'escarpements et de versants abrupts; il est situé à une altitude de 115 m et atteint une longueur d'environ 30 km. Les fjords sont généralement décrits dans les milieux côtiers et estuariens mais ils se produisent également dans les milieux lacustres (Nasmith, 1962 in Gagnon-Poiré, *et al.* 2018) lorsque les eaux douces sont enfermées dans des vallées préglaciaires et glaciaires. Suite à la déglaciation et du rebondissement **glacio-isostasie**, certains bassins de fjords ont été isolés de la mer pour former des lacs comme le lac Walker.

La présence du lac Walker s'explique également par une succession d'évènements depuis l'aplanissement des Laurentides. À partir du Tertiaire (66 ka BP), le lac a acquis sa profondeur actuelle suite à une intense érosion fluviale qui a créé des gorges et des vallées en V au fond du lac (**figure 4**, B et C; Lajeunesse, 2014). Il compte deux baies fermées, les baies Imbeault et Harbour. Il se retrouve dans une zone de transition entre la mince frange des basses terres de la Côte-Nord et les hautes terres boréales laurentidiennes. De plus, il se localise à la limite des terres ennoyées par l'invasion marine de la mer de Goldthwait (130 m) et à proximité de complexes morainiques, associés à la dynamique de la marge de l'**Inlandsis** laurentidien lors de la période de refroidissement climatique globale du **Dryas récent** (~12,9 à ~11,7 ka BP). Le lac Walker a probablement existé en tant que lac sous-glaciaire sous l'**Inlandsis** laurentidien pendant le dernier maximum glaciaire (Gagné-Poiré, 2016).

Les escarpements, qui bordent le lac, sont spectaculaires. Le glacier et les chenaux sous-glaciaires à fort débit ont laissé des marques distinctives sur ces parois.

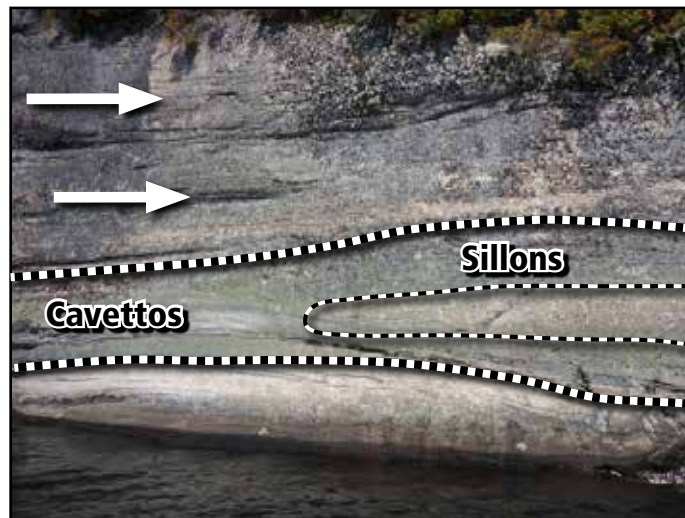
Les escarpements

Les escarpements du lac Walker sont présents au sud-ouest et au nord-est du lac, en face de la rivière du Diable, au nord du secteur « La boule », dans le secteur de la tour à feu, dans le secteur de la « caverne » ainsi que plusieurs petites surfaces isolées ici et là. Elles atteignent des hauteurs qui varient entre 320 et 350 m dans le secteur du nord-est et de 320 m de hauteur au sud-ouest. Elles subissent lentement l'érosion sur ces parois rocheuses. Ainsi, on remarque en plusieurs endroits que la structure faillée du socle rocheux individualise des îlots ou des blocs résistants, séparés par des zones déprimées et occupées par les petits cours d'eau qui débouchent dans le lac par l'intermédiaire de petites anses. Ailleurs sur les escarpements, on peut observer, juste au-dessus de la surface de l'eau, des marques distinctives du passage du glacier; ce sont les sillons et les cavettos.

Les sillons et les cavettos

Les sillons et les cavettos se distinguent morphologiquement par des ondulations moulées et sculptées par les eaux de fonte sous pression hydrostatique sur les parois latérales escarpées du lac Walker. Ces **micro-formes** sont caractéristiques des fjords et constituent les indices les plus précis de l'écoulement glaciaire. Ainsi, leur présence reflète la dynamique d'un glacier à base chaude qui contenait des débris à sa base et se déplaçait par **glissement basal**.

Parmi les **micro-formes** recensées, on note surtout les sillons curvilignes et des petits cavettos concentrés dans une zone de 0 à 3 m au-dessus de l'eau. Souvent subparallèles, elles sont facilement observables à bord d'une embarcation; également la présence de striures et de rainures glaciaires n'est pas rare sur les parois. Ces formes ont toutefois été observées sommairement lors de campagnes de terrains. Il existe assurément d'autres sillons, cavettos et rainures glaciaires sous l'eau et ailleurs sur les escarpements du lac Walker, mais une étude exhaustive serait à réaliser.



Aspect rapproché d'un escarpement du lac Walker avec des marques distinctives sur le platier rocheux.

Des recherches récentes sur les changements climatiques de la région⁶ ont mis au jour plusieurs particularités intéressantes du lac Walker. Par exemple, le lac a une morphologie typique en U avec la présence de vallées rocheuses en forme de V au fond du lac (**figure 4C**) qui a possiblement échappé à l'érosion glaciaire. Ces formes d'érosion fluviales n'auraient pas été créées et érodées par l'Inlandsis Lau-

⁶ Associé au laboratoire de géomorphologie marine de l'Université Laval, les recherches s'orientent vers l'étude des formes et sédiments préservés dans les lacs dans le but de reconstituer l'histoire des changements climatiques et des catastrophes naturelle du passé.

rentidien ou par les eaux de fonte sous-glaciaires durant les glaciations du Quaternaire, mais seraient plutôt des reliques d'un important système fluvial préglaciaire. L'érosion de ce drainage fluvial proviendrait d'une ou de plusieurs phases d'une chute du niveau de base qui atteint des amplitudes de 175 à 350 m au-dessous du niveau actuel de la mer (**figure 4B**; Lajeunesse, 2014). Cette érosion typique de canaux fluviaux sur le territoire à l'étude est aussi observable au lac Pasteur, ainsi qu'ailleurs sur le substratum rocheux.

La **figure 4A** montre les résultats du profil bathymétrique en multifaisceaux du lac Walker. Il comporte deux bassins profonds, l'un situé en face de la pointe du Diable et l'autre au sud de la baie Girard. Un seuil central bosselé les sépare, associé à une moraine de décrépitude qui rehausse la profondeur à 135 m. La partie sud du lac se termine également avec la présence de cette moraine en bosses et en creux; des bourrelets morainiques frontaux sont également présents. De plus, après le retrait et son isolement, il s'est accumulé dans le lac Walker des limons et des argiles laminés de façon rythmique, perturbés épisodiquement par des mouvements de masse pendant la déglaciation et le rebond **glacio-isostasie** (Gagné-Poiré, *et al.* 2018).

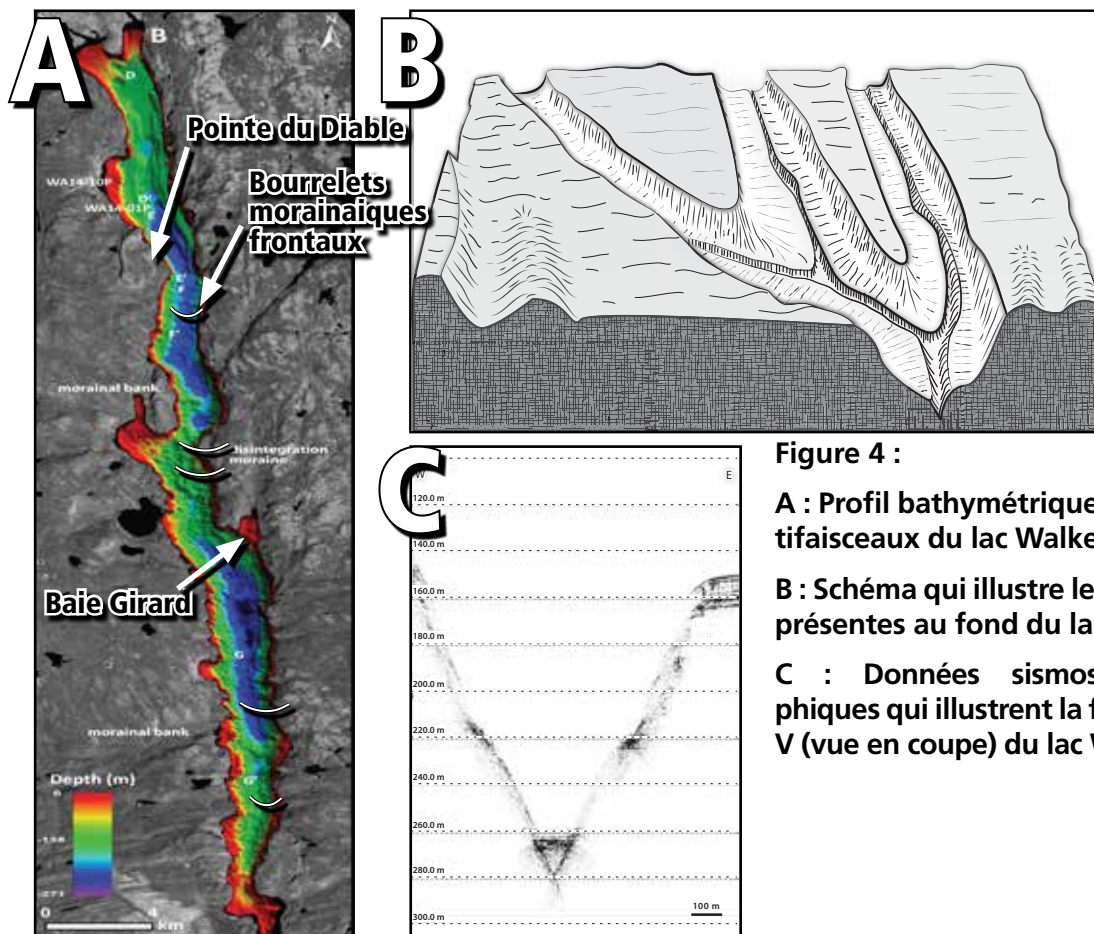


Figure 4 :
A : Profil bathymétrique en multifaisceaux du lac Walker
B : Schéma qui illustre les formes présentes au fond du lac Walker
C : Données sismostratigraphiques qui illustrent la forme en V (vue en coupe) du lac Walker.

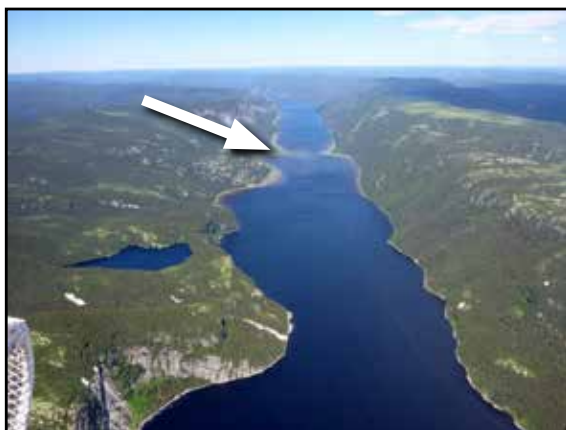
Source : Lajeunesse, 2014; Gagnon-Poiré, *et al.*, (2015)

3.2 Paléofjord

Le lac Pasteur est le deuxième en importance sur le territoire à l'étude. Situé à 86 m d'altitude, il occupe une dépression structurale de 18,57 km² qui communique aisément avec la côte, remodelée en vallée en U par le glacier. Le lac, orienté NNE-SSO, bifurque vers le NNO-SSE dans sa partie nord. Lors du retrait de la glace, le lac Pasteur a été immédiatement inondé par la mer de Goldthwait et il a constitué dès lors un environnement **glaciomarin** (fjord). Les données bathymétriques montre (**figure 5**) que le bassin du lac contient des hauts fonds suggérant une déglaciation globale rapide, ponctuée par des stabilisations du front glaciaire à court terme. De plus, la connectivité avec la côte a probablement favorisé une ouverture rapide de la vallée, accélérée par l'effondrement de la glace et le vêlage des icebergs en eau profonde (Gagnon-Poiré, *et al.* 2015, 2016). Ce lac a été isolé de la mer de Goldthwait après l'émergence de son exutoire de débordement pour former un bassin glacio-lacustre dans lequel s'est déposée une épaisse séquence sédimentaire.

Les versants du lac Pasteur sont moins escarpés que ceux du lac Walker et sont plutôt en pente régulière de 30-60 %. Les plateaux fracturés de chaque côté sont moins élevés, mais plus érodés et accidentés avec beaucoup de **linéaments** géologiques. Une similitude avec le lac Walker est la portion occidentale plus érodée, avec la présence de couloirs d'érosions subparallèles, des petits cirques glaciaires et de nombreuses enclaves de décrochement. Les sédiments glaciaires sont minces, contrôlés par la roche en place.

Dans le secteur central du lac, une terrasse sableuse d'origine deltaïque marine a été préservée; elle occupe une superficie d'environ 3 km de longueur sur 500 m dans sa largeur maximum. C'est une forme relique des grands deltas qui se déversaient dans la mer de Goldthwait.



Le lac Pasteur avec ses versants escarpés; on y aperçoit une terrasse d'origine deltaïque.



La section aval du lac avec la baie du Club.

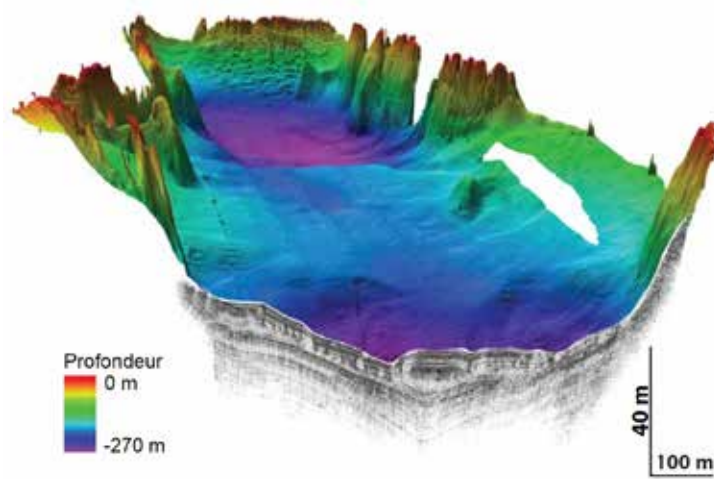


Figure 5 : Intégration des données bathymétriques illustrant la morphostratigraphie du lac Pasteur. Celle-ci se caractérise par un fond longitudinal de 6 km avec des parois latérales abruptes et deux bassins profonds. Le bassin le plus profond est situé dans la partie centrale et atteint 71 m de profondeur. (Modifiée de Gagnon-Poiré, et al. 2015, 2016). Les pentes bordant le lac et les bassins profonds sont incisées par des ravins et des canaux.

3.3 Cirques glaciaires

Les cirques glaciaires sont des dépressions de forme semi-circulaire, entourées de versants raides, qui sont ou qui ont été occupés par un bassin d'alimentation glaciaire, simple glacier de cirque ou glacier plus long. Les cirques glaciaires présentent généralement un rapport entre la hauteur et la longueur variant de 1 à 3.

Le processus d'érosion dominant dans l'évolution d'un cirque glaciaire est l'activité considérable de la **gélifraction**. Elle s'exerce au fond de la dépression et au bas des versants, expliquant le profil en auge de la dépression. En effet, les portions de versants qui dominaient le glacier évoluaient sous l'influence de la **cryoclastie**, des avalanches et des chutes de pierres. Cette action est particulièrement intense suite à l'abondance de l'eau qui coule en été en provenance de la fusion superficielle de la glace et des sources d'eau. Elle est beaucoup moins intense sur la paroi rocheuse abrupte, qui domine le glacier et qui est soumise à l'évaporation directe sous l'action du soleil. Les cirques qui découpent le pourtour du lac Walker occupent surtout le rebord occidental abrupt des plateaux, de **l'interfluve** jusqu'au **talweg**. Les cirques glaciaires ont été peu modifiés depuis la dernière glaciation.

Un cirque des plus caractéristiques est situé dans le secteur central du lac Walker, en face de la pointe aux Goélands. Il a un diamètre d'environ 350 m avec un petit lac à

la base de son bassin qui s'écoule dans la baie Imbeau. La présence de la végétation sur la majorité des versants indique sa stabilité et son origine, héritée d'une morphogénèse climatique ancienne beaucoup plus intense qu'aujourd'hui.

Juste au nord-est de l'éperon du lac Walker, deux autres cirques sont dignes de mention. D'une amplitude de 400 m avec des superficies d'environ 95 à 128 hectares, ils sont plus allongés avec des pentes de 15-30 % et totalement boisés. Le plus septentrional est tronqué par une fracture importante de 8 km et modifié en une vallée suspendue par le glacier.

Nous avons observé également et considérés comme des cirques glaciaires certaines dépressions en amphithéâtre de forme allongée aux parois rocheuses plus aux moins escarpées et coalescentes. Leur dimension et l'allure générale ne sont pas nécessairement typiques de cirques, mais il en ressort une similitude morphologique. On observe de telles formes dans le secteur de la pointe Girard et de la baie Harbour du lac Walker. Au lac Pasteur, on en observe aussi sur le côté occidental des plateaux.



Cirques glaciaires situés le long du rebord oriental des plateaux au lac Walker

3.4 Vallées glaciaires en auge

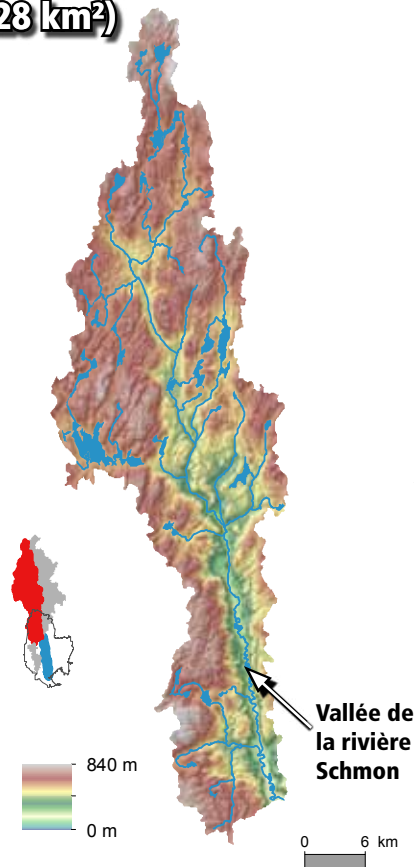
Rivière Schmon

La vallée de la rivière Schmon est l'un des principaux tributaires du lac Walker. Son bassin-versant couvre 928,2 km² et remonte sur plus de 79 km en amont du lac. Cette vallée forme un des plus beaux paysages de vallée sur le territoire à l'étude. Les langues glaciaires qui les ont occupées à plusieurs reprises au cours du Quaternaire ont transformé cette ancienne vallée fluviale en V en vallée en auge bien calibrée.

La vallée de la rivière Schmon a été élargie, profilée et surcreusée; son profil longitudinal linéaire présente une succession de **verrous glaciaires** et de bassins d'accumulations (**ombilic glaciaire**). Par exemple, au sud du ruisseau Saint-Joseph, la vallée de la rivière Schmon s'élargit considérablement, doublant sa largeur et celle du fond de la vallée. Dans les 20 derniers kilomètres de son cours inférieur, la rivière Schmon présente, en outre, plusieurs secteurs de méandres actuels et anciens.

L'eau de fonte des glaciers a transporté et déposé des sédiments fluvioglaciaires dans cette vallée; ces sédiments ont été repris, érodés et transportés par la suite en aval par les processus deltaïques et fluviaux. Ainsi, le patron d'organisation des formes de terrain est caractérisé par des hautes terrasses accrochées aux versants qui surplombent des terrasses d'origine fluviale. L'encaissement de la rivière dans les matériaux sableux subactuels n'est cependant pas très important en amont du lac Walker. Les terrasses alluviales sont appariées et plus ou moins définies ou découpées. Il en résulte une série de terrasses où chacune est légèrement plus basse que la précédente, mais possédant les mêmes caractéristiques sédimentaires.

Bassin versant de la rivière Schmon (928 km²)



Vallée glaciaire en auge de la rivière Schmon, en direction sud.



Vue aérienne de la rivière Schmon avec ces nombreux méandres.

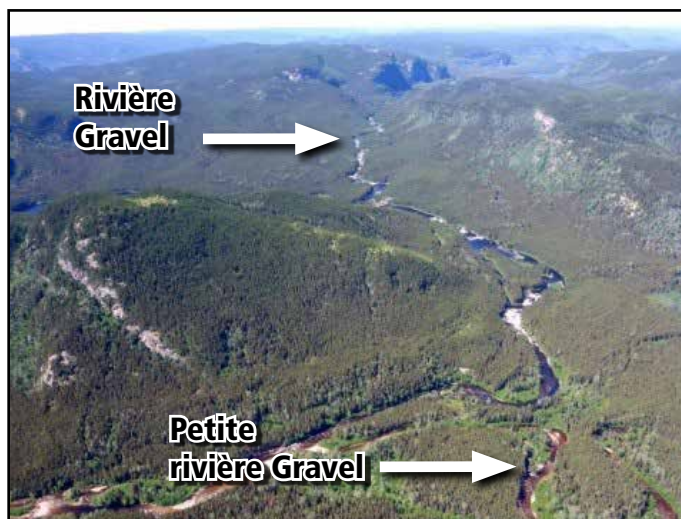


Vue aérienne de l'embouchure de la rivière Schmon dans le lac Walker.

Rivière Gravel

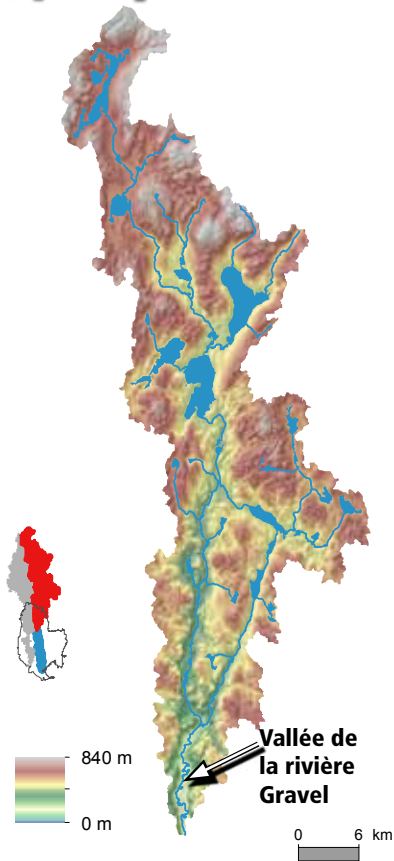
La vallée de la rivière Gravel s'étend sur environ 12 km avant d'atteindre le lac Walker. Elle se démarque de sa voisine, la vallée de la rivière Schmon, par son orientation NNE-SSO, son profil longitudinal irrégulier avec quelques **verrous glaciaires** accompagnés, en amont, d'**ombilics glaciaires** comblés de sédiments fluvioglaciaires. Le secteur du lac Ulysse-Morin, limitrophe à l'aire d'étude, est un bon exemple.

Le cours supérieur de la rivière Gravel est alimenté par une série de tributaires parallèles, jusqu'à la confluence de la Petite rivière Gravel. À partir de là, le cours aval de la rivière devient beaucoup plus large et de direction SSO; la rivière coule paisiblement à travers de nombreux méandres ce qui présente le principal attrait de cette vallée. Il existe d'ailleurs quelques belvédères ou miradors qui offrent des points de vue magnifiques, souvent à couper le souffle ou tout simplement dignes d'une carte postale.



Zone de confluence entre la Petite rivière Gravel et la rivière Gravel.

Bassin versant de la rivière Gravel (939,3 km²)



Vue d'ensemble de la vallée de la rivière Gravel en direction amont.

Rivière Ronald

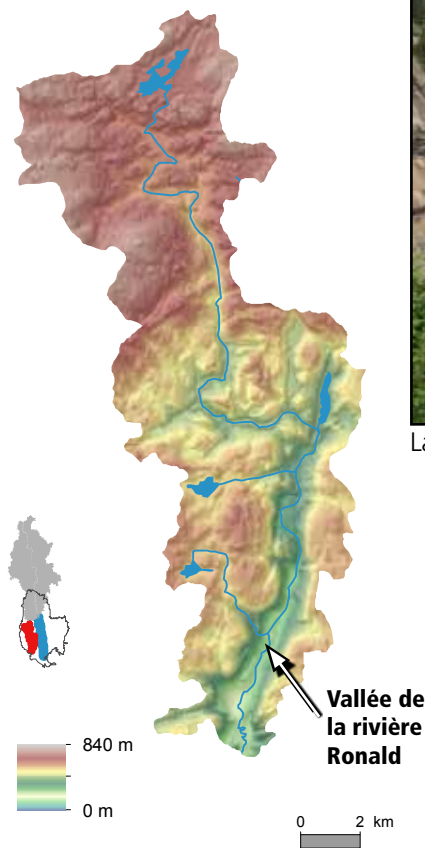
La vallée de la rivière Ronald est caractérisée d'une part, par un parcours étroit, orienté NNE-SSO et encaissé à l'intérieur d'un plateau vallonné. Les eaux de la rivière empruntent les nombreuses fractures du socle rocheux et dépressions structurales ainsi que les **talwegs** sinueux ou rectilignes. D'autre part, la vallée comprend un tronçon aval qui correspond à une vallée glaciaire en auge. Un seuil rocheux sépare les deux secteurs.

Le secteur d'intérêt géomorphologique retenu, principal attrait de cette vallée, est cette partie aval en auge. Le façonnement et les formes qui s'y rattachent ont nécessité une action localisée puissante de la part des glaciers locaux et des eaux courantes. Le relief préexistant a joué également un rôle primordial dans la localisation de cette vallée. En effet, elle est orientée NNE-SSO, conformément à l'organisation structurale de cette partie du bouclier laurentidien.

Le profil longitudinal de la vallée est caractérisé par une succession de petits replats, séparés par des ruptures de pente dans la partie amont alors que le profil devient plus régulier en aval. En franchissant ces seuils rocheux, un passage étroit qui obstrue partiellement la partie amont du bassin-versant, la vallée devient beaucoup plus rectiligne et présente un profil en auge. Les flancs ont des pentes régulières et abruptes, en particulier du côté est de la vallée. Le bas de versant comblé de till épais et de coluvions fait la transition avec le fond de vallée. Les matériaux fluvioglaciaires tapissent ce fond accompagné des dépôts fluviaux que la rivière Ronald modifie et redistribue par une série de méandres de plus en plus présents en direction aval.

D'une longueur de 21 km, la vallée possède à sa tête, une série de lacs, dont les lacs Desrosiers, Gaudreault, Rosaire et Fraser; ce dernier orienté dans l'axe de la vallée. L'altitude moyenne du secteur amont est de 256 m. Un sentier de véhicule hors route de 2,5 km permet l'entrée dans la vallée; ce secteur est également aménagé par la réserve faunique.

Bassin versant de la rivière Ronald (128 km²)



La vallée de la rivière Ronald, dans sa partie aval.

3.5 Vallée glaciaire suspendue

Les vallées suspendues sont des vallées affluentes dominant le fond de vallées principales et entaillées en auge à même leurs parois subverticales.

Orienté perpendiculaire au lac Walker, la vallée suspendue de la cirque Manikis Nord se démarque à l'intérieur de l'aire d'étude. D'une longueur de 3 km, elle s'enfonce de 250 - 300 m à l'intérieur du plateau pour atteindre 230 m en bordure du lac Walker.

Cette vallée suspendue exploite une fracture du plateau à l'endroit où deux structures géologiques se chevauchent. Elle possède des versants abrupts recouverts de till mince moins de 50 cm d'épaisseur. On note quelques éboulis au droit des escarpements rocheux dans le secteur aval, proche de la rupture de pente ou des gradins de confluence avec le lac Walker. Le fond de la vallée est recouvert de dépôts meubles épais, en particulier une moraine de décrépitude qui masque la forme en auge de la vallée.

Cette vallée glaciaire suspendue fait la transition entre un plateau subhorizontal au nord et un plateau fracturé et des vallées subparallèles plus au sud.



Vallée suspendue de la cirque Manikis Nord; le lac Walker se trouve au sud de la photo.

3.6 Modelé fluvial

Rivière MacDonald – secteur aval

La rivière MacDonald coule majoritairement à l'extérieur de l'aire d'étude sauf dans sa partie aval, à partir de la zone de confluence avec la vallée de la rivière Ronald. Ainsi, à partir de cet endroit, la rivière MacDonald tourne vers le sud pour rejoindre, quelque 5 km plus loin, l'extrémité nord du lac Quatre Lieues pour finalement se jeter au sud du lac Walker, dans la rivière aux Rochers. Accessible par une route, ce secteur aménagé permet l'accès à la rivière et aux plaisirs nautiques pour de nombreux amateurs de plein air. Par exemple, la rivière MacDonald (42 km) se descend en période de hautes eaux moyennant quelques portages. Pour les adeptes de canot-camping, les circuits des rivières MacDonald et aux Rochers offrent 52 km de plaisir.

La réserve faunique de Port-Cartier-Sept-Îles a aménagé également des sentiers le long de la rivière qui mènent de la proximité des chalets jusqu'à une jolie cascade. Une passerelle et un belvédère permettent l'accessibilité et l'observation du milieu naturel et de la géomorphologie du secteur.



Secteur d'eau agitée et cascades sur la rivière MacDonald, au nord-ouest du lac Quatre-Lieues.



Secteur d'eau calme situé en aval de la zone de confluence avec la rivière Ronald.

3.7 Plans d'eau encaissés

Lacs Mouscutchou, Chassé et Gagné

Au NNE du lac Walker, une série de lacs encaissés (Mouscutchou, Chassé et Gagné) forment un ensemble structural sinueux, issu de fractures importantes; des seuils rocheux les séparent. Ces lacs font partie du bassin-versant de la rivière Pasteur. D'une

largeur moyenne de 750 m, ils ont subi une érosion et un profilage lors du passage des glaciers et lors de la fonte de l'Inlandsis, en canalisant les eaux de fonte. Le délavage et l'absence de sédiments sur quelques basses collines en sont des indices révélateurs, car les eaux de la mer de Goldthwait n'ont pas atteint ce secteur (130 m). Il existe toutefois des terrasses sableuses de nature fluvioglaciaire entre les lacs et de rares bourrelets de till épais autour du lac Chassé.

Au sud, la dépression du lac Mouscouthou forme un arc de cercle vers le SE et communique avec la vallée de la rivière Pasteur par une rupture de pente⁷ de quelque 80 m de dénivelé; cette décharge correspond à une chute qui chemine en cascade jusque dans la vallée.

Le secteur d'intérêt possède en outre, une vallée suspendue en auge. D'une altitude de moyenne 325 m, elle surplombe la vallée de la rivière Gravel de plus de 150 m de hauteur. Son profil longitudinal irrégulier remonte vers le sud jusqu'au seuil rocheux, pour rejoindre la dépression du lac Gagné. Les dépôts de surface, surtout de till mince occupent le fond de la vallée; il n'y a pas de sables et de graviers d'origine fluvioglaciaire ou fluviale. Les buttes et les irrégularités importantes du relief sont, pour leur part, peu recouvertes de matériaux meubles.

Ces secteurs distinctifs de l'aire d'étude ne sont pas accessibles par voie terrestre.



Vue aérienne des plans d'eaux encaissés avec, à l'avant-plan, le lac Mouscouthou. Le petit lac rond, au centre, est possiblement un kettle inondé.



Gradin de confluence entre la vallée suspendue à gauche et la vallée de la rivière Gravel.

⁷ Ce seuil rocheux est probablement un verrou glaciaire, relèvement bombé du fond de la vallée, en seuil transversal.

Lacs Arsenault, à la Truite, Chevarie et Carré

Situé juste à l'ouest du lac Pasteur, un ensemble de gros plans d'eau forme des lacs encaissés en moyenne de 175 m par rapport à la surface du plateau. Ces lacs sont orientés NE-SO, conformément aux autres surcreusements de lacs glaciaires de la région. Les lacs Chevarie et à la Truite, les plus imposants, ont respectivement une superficie de 157 ha et 127 ha. L'île, située au centre des deux lacs, est une colline dissymétrique de 10 ha avec des pentes abruptes. Les dépôts de surface sont significatifs seulement dans les bas de versants et dans la plupart des **ensellements**. Il n'y a pas de dépôts sableux d'origine fluvioglaciaire qui faciliteraient l'accès en embarcation.

Cette organisation spatiale se démarque bien des plateaux environnants et a probablement facilité les étapes de la déglaciation en canalisant les eaux de fonte de l'**Inlandsis** laurentidien. Cette dépression a probablement servi d'exutoire aux eaux de fonte et permis à celles-ci de rejoindre la vallée de la rivière Pasteur. Ce secteur unique dans cette partie du projet de parc n'est pas accessible par voie terrestre. Un sentier pédestre permet, cependant, d'atteindre le lac Carré, situé plus au sud.



Vue aérienne des plans d'eaux encaissés représentés par le lac Chevarie, situé au nord. Un petit chenal permet la connexion avec le lac à la Truite. Les taches blanchâtres sur les collines représentent les affleurements rocheux.

3.8 Terrasses et baies sableuses

Magnifique secteur pour la détente, la pêche, la chasse et les plaisirs nautiques, le lac Quatre Lieues compose un site d'intérêt géomorphologique unique à l'intérieur de l'aire d'étude. Dans sa partie sud, il forme ainsi un bassin longiligne de 16 km de long, une dépression étroite et sinueuse encaissée dans le plateau. Le secteur nord du lac, inclus dans le territoire d'étude, présente une géomorphologie bien différente, également d'intérêt.

En effet, ce secteur nord se démarque, d'une part, par de grandes terrasses et des baies sableuses d'origine deltaïque que la mer de Goldthwait a peu remaniée. D'autre part, une partie du cours aval de la rivière MacDonald, qui parcourt ce secteur, présente de nombreux sillons et d'anciens bras caractérisés par des bancs de sable en forme de croissants, couverts d'aulnes et parsemés de petits kettles.

Magnifique endroit pour la détente, la pêche, la chasse et les plaisirs nautiques, le site d'intérêt géomorphologique du lac Quatre Lieues est unique à l'intérieur de l'aire d'étude. Il occupe environ 17 km² au pied des plateaux environnants et du lac Walker, situé au nord-est; la partie lacustre de ce secteur occupe une longueur de 4,8 km et une largeur de 390 m.

Une ligne de chemin de fer traverse le secteur. Elle relie la mine de fer du mont Wright (près de Fermont) à l'usine de bouletage de Port-Cartier et appartient à la compagnie ArcelorMittal.



Vue aérienne du lac Quatre Lieues, en direction nord. Les grandes terrasses sableuses de part et d'autres peuvent atteindre 800 m de largeur.



Vue aérienne du lac Quatre Lieues – secteur nord. Les terrasses alluviales, la baie et les bancs de sables caractérisent ce secteur.

3.9 Autres observations géomorphologiques

Éperon rocheux

Un éperon est un relief rocheux abrupt en saillie entre deux vallées. Au nord du lac Walker, la partie méridionale d'un plateau s'avance à l'intérieur des eaux du lac pour former un **éperon tronqué** sur un peu plus de 1 km. Il est issu de deux fractures qui se recoupent et que les glaciers ont modelées en auge.

La morphologie de l'éperon est irrégulière. Les pentes du côté ouest, en forme de demi-cercle, évoquent une érosion circulaire tronquée, contrairement à la partie opposée, sensiblement plus linéaire, de direction nord-sud. Ces versants ont subi une érosion particulière à chaque glaciation. Les matériaux les constituants se sont accumulés au pied des corniches par **gélifraction** et évacués par la suite avec le passage successif des glaciers.

La partie sommitale de l'éperon correspond à la continuité de la ligne de crête sinueuse de **l'interfluve** d'environ 900 m de long; sa largeur varie entre 75 m et 10 m. La partie frontale est bombée, plus accidentée et abrupte du côté ouest. La végétation clairsemée recouvre les parties moins escarpées et le bas de la pente, en particulier dans la section nord.

À l'extrémité aval de l'éperon, une **marmite de géant** est tronquée au-dessus d'une plage. Cette forme d'érosion située à cet endroit, nous renseigne sur la dynamique de la recirculation de l'eau au droit de la base de l'éperon. Ainsi, la présence de l'éperon qui sépare les deux vallées a probablement permis de forts remous dans le lac sous-glaciaire durant la déglaciation. De plus, la fonte tardive de la glace occupait probablement encore le fond des vallées des rivières Schmon et Gravel où l'eau sous pression se déversait dans le lac Walker. Enfin, les processus d'érosion et d'altération ont retouché cette **marmite de géant** pour lui donner l'aspect qu'elle a aujourd'hui.



L'éperon rocheux du lac Walker.



L'éperon rocheux vu de face.



Vue de la marmite de géant. On peut remarquer les parois tronquées du côté aval (vers le bas de la photo) ainsi que d'autres cavitations sur le bas du versant à l'ouest de la marmite.

Chutes de pierres et glissements pelliculaires

Nous avons observé deux autres processus importants de dénudation agissant sur le modelé des escarpements autour du lac Walker. Ce sont principalement les chutes de pierres et les glissements pelliculaires.

Chutes de pierres

Les chutes de pierres et de blocs rocheux résultent de la mise en mouvement soudain de pierres et de blocs isolés. Lors d'un éboulement ou d'un écroulement, une grande masse rocheuse se détache en bloc de l'escarpement. Elle se fractionne en pierres et en blocs au cours de sa chute et lors des impacts au sol. Les chutes de pierres ou de masses rocheuses de petite taille sont assez fréquentes. Elles se produisent sous l'action de la gravité et de l'altération de la paroi rocheuse par différents agents d'érosion (alternance gel/dégel; action des végétaux).

Ainsi, on a observé de nombreuses traces de ces chutes de pierres sur l'ensemble des escarpements et des parois abrupts du lac Walker, avec des saillies sur les parois et des blocs à surfaces anguleuses.

Les chutes massives peuvent mesurer jusqu'à plusieurs mètres cubes; le mouvement s'effectue habituellement par chute directe dans l'eau du lac, ou par rebond et roulement.



Marques distinctives de chutes de pierres.

Glissements pelliculaires

Les glissements pelliculaires sont des mouvements gravitaires assez communs, en particulier dans le massif des Laurentides. Ils se produisent sur des pentes à inclinaison et orientation variables, parfois dans les zones de concentration de l'eau de pluie. Selon Dionne et Filion (1984), les glissements pelliculaires seraient le produit d'une masse de débris saturée en eau située dans la partie supérieure du versant qui, après rupture des forces de cohésion, glisse brusquement vers le bas de la pente entraînant par sa vitesse l'ensemble de la couverture végétale et minérale. De plus, selon Dufort (2014), le climat très humide et les précipitations régulières peuvent également déclencher des glissements pelliculaires fréquents sur le territoire du projet de parc du lac Walter.

Le territoire à l'étude renferme plusieurs endroits où des pentes supérieures à 35 % sont susceptibles de provoquer des mouvements lents ou rapides des matériaux qui recouvrent l'assise rocheuse. Lors de la campagne de terrain de juillet 2014, nous avons observé quelques glissements pelliculaires, en particulier celui situé dans une petite baie au nord de l'embouchure de la cirque Manikis Nord. D'après les informations reçues, il se serait produit en 2009; des pêcheurs étaient présents dans la baie lors de cet événement spectaculaire !

C'est avant tout du till qui est mobilisé par les glissements pelliculaires. Il est souvent très mince sous le couvert forestier qui le recouvre et, déposé directement sur le substrat rocheux lisse qui agit comme plan de glissement. Les glissements pelliculaires arrachent presque entièrement la couche de matériel meuble et le couvert forestier, ne laissant dans les cicatrices de glissement que quelques **lambeaux** de sol résiduel. Ce mouvement gravitaire prend son origine dans une masse de matériel

intacte qui se désagrège au cours de la descente. Une ligne de fracture est très nette à la couronne à la manière des avalanches de plaques de neige (ligne rouge sur la photo ci-dessous). La surface rocheuse fraîchement mise à jour expose une couleur plus pâle que la roche qui l'entoure et le dépôt au bas de la pente est très grossier et composé de blocs hétérométriques.



Zone de glissement important sur un escarpement du lac Walker. On peut apercevoir en bas de la pente les matériaux meubles qui ont été mis en mouvement avec des blocs délogés de la paroi. Ce glissement se serait produit en 2009.

Cascade

La cascade⁸ de la rivière MacDonald est associée à un **verrou glaciaire**. Elle qui débouche dans le fond de la vallée par une rupture de pente d'environ 30 m de haut. Des traces laissées par le passage des glaciers, en particulier des surfaces polies accompagnées de striures et de rainures sont visibles près de la cascade et plus en amont. De plus, les parois présentent de nombreuses cavités subparallèles avec des blocs disloqués qui s'accumulent au pied des replats et en bas du versant. Un sentier conduit à un belvédère aménagé par la réserve de Port-Cartier-Sept-Îles.

8 Le nom usuel utilisé par la communauté régionale est « la chute MacDonald »; toutefois, nous préférons utiliser l'expression « cascade », plus approprié selon la forme et surtout par le faciès d'écoulement.



Cascade de la rivière MacDonald en période d'étiage.

Abris-sous-roche

Dans ce même secteur, mais avant d'arriver aux cascades de la rivière MacDonald, le bas de versant de la vallée est jonché de mégablocs rocheux, de dépressions cavernueuses et d'abris-sous-roche. Ce site occupe la terrasse supérieure de la rivière sur près de 200 m de long et est ennoyé lors des hautes eaux printanières.

Les cavités sont majoritairement de dimensions modestes et seules quelques-unes atteignent une taille conséquente pour laisser passer un adulte. Le jeu des **diaclasses**, de la **gélifraction**, l'action de l'eau et de la gravité, expliquent ce phénomène d'érosion qui est à l'origine de la destruction et du recul des parois abruptes. Le talus d'éboulis et l'abri-sous-roche sont boisés et il faut quitter le sentier pour s'y rendre.



Abris-sous-roche et talus d'éboulis le long du sentier de la rivière MacDonald.

Vasques et altération du lit rocheux

Le lit rocheux de la rivière MacDonald est caractérisé par la présence de sillons, de rigoles et de vasques, formes particulières que nous avons remarquées lors de notre visite sur le terrain. Elles sont particulièrement nombreuses près de la **zone de confluence** avec la rivière Ronald. Créées par le ruissellement des eaux de pluie qui dissolvent la roche (gneiss charnockitique) par hydrolyse différentielle selon les minéraux et leur nature, ces formes d'érosion intrigantes peuvent être comparées aux **lapiaz** du modelé karstique associé aux roches calcaires. En surface d'altération, les vasques possèdent une couleur blanche caractéristique;

Les vasques sont de deux types :

- Les rigoles, suivant la ligne de la pente, rectilignes ou sinueuses;
- Les crevasses, approfondissement des fissures qui découpent la roche en blocs.



Vue rapprochée des vasques des rives de la rivière MacDonald.

Marmites

Formes typiques d'ablation par sapement sur les lits rocheux des rivières, les marmites en impressionnent plus d'un. Il s'agit de cavités creusées par un cours d'eau dans la roche en place et dans laquelle les eaux et les galets tourbillonnent, creusant, élargissant et polissant la cavité initiale, lui donnant une forme circulaire.

La majorité des lits rocheux des rivières de la zone d'étude possèdent des marmites. Les marmites présentent une surface parfaitement lisse et des traces visibles de la rotation de l'eau sur le fond rocheux.

Les marmites de la rivière MacDonald ont une hauteur à peu près égale au diamètre et sont à fond plat, mais quelques-unes présentent une toutefois une certaine hétérogénéité. Celles de la rivière MacDonald sont ovales, sinueuses avec un chenal d'écoulement qui alterne avec des cavités plus importantes en aval. Certains sillons sont associés aux **cavitations** sculptées par les eaux de fonte sous-glaciaire sous pression hydrostatique.



Lit rocheux de la rivière MacDonal avec ses marmites et cavitations.



Chute

Il existe de nombreuses chutes sur les rebords des plateaux du secteur ouest; l'une d'entre elle a particulièrement attiré notre attention : la chute Saint-Joseph.

Cette chute est située au nord-ouest du lac Walker, à la sortie d'une vallée suspendue associée à la rivière Saint-Joseph. La vallée, orientée N-S comme le lac Walker, a été formée par de petites langues glaciaires moins érosives qui confluaient vers la langue principale (la vallée de la rivière Schmon). Une gorge étroite, perpendiculaire à la vallée, a dirigé le drainage et l'écoulement vers le lac Walker. Cette gorge canalise les eaux de ruissellement, sauf au printemps ou la rivière Saint-Joseph occupe tout l'espace.

Les eaux de la chute franchissent brusquement le rebord du plateau en période d'étiage et tombent sur une série de replats et de cassures du socle rocheux pour ensuite terminer leur course environ 40 m plus bas sous forme de cascades cheminant dans une vallée jusqu'au lac Walker.

L'accès au site n'est pas desservi par une route carrossable, toutefois, une randonnée pédestre d'environ 7 km nous y amène à partir de la route non pavée R0921 qui traverse, du nord au sud, la réserve faunique de Port-Cartier-Sept-Îles.



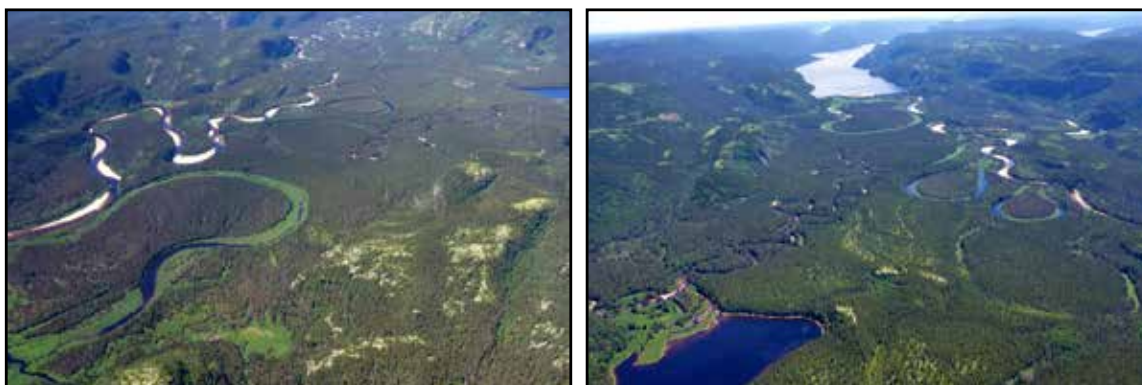
Chute Saint-Joseph en période d'étiage, vue aérienne et vue rapprochée.

Méandres et chenaux abandonnés

Le secteur nord-ouest amont du lac Pasteur est caractérisé par un fond de vallée important (il mesure 7 km de long par 800 m de large) comblé de sédiments marins deltaïques, mis en place lors de l'inondation par la mer de Goldthwait (Dredge, 1983). Ce secteur a été élargi et surcreusé par les glaciers; il est associé à un bassin d'accumulation et correspond possiblement à un **ombilic glaciaire**.

L'un des attraits de ce secteur est le cours très méandreux et bien développé de la rivière avant qu'elle se jette dans le lac Pasteur. Il y a beaucoup de chenaux abandonnés qui forment des lacs-croissants, se remplissant graduellement de limon, de sable fin et de matière organique jusqu'au point où il ne reste que de petits **sillons**. Lorsque l'eau stagnante devient peu profonde, il y a développement d'une succession végétale. Le grand nombre de dépôts en forme de croissant et de lacs-croissants indique que les dépôts accumulés latéralement sont de nature sableuse, dérivés d'épandages deltaïques et facilement érodés.

Les nombreuses boucles de méandres abandonnées suggèrent que le chenal se situait jadis plus près du côté est de la plaine d'inondation et que par la suite il s'est déplacé vers l'ouest.



Lit sableux de la rivière Pasteur. Ci-dessus, section amont du lac avec les méandres de la rivière Pasteur. À gauche, vue rapprochée de méandres abandonnés.

4 Conclusion

Ce rapport avait pour but de décrire et de caractériser les composantes du milieu physique et d'identifier des sites d'intérêt géomorphologique du territoire à l'étude. Il s'inscrit dans le cadre de la production de l'État des connaissances du parc national du Lac-Walker.

Sur le plan géologique, le projet se situe dans la province de Grenville. Cette province géologique a subi de profonds bouleversements **tectoniques** et suite à une érosion importante, l'assise rocheuse s'est relevée et les racines métamorphisées d'une chaîne de montagnes se sont rapprochées de la surface. Ces roches forment aujourd'hui le socle du territoire à l'étude; ce sont principalement des migmatites, des gneiss et des roches granitiques.

Le relief du territoire du projet de parc est accidenté, composé de vastes plateaux subhorizontaux à **moutonnés** avec des **buttes** et des collines dissymétriques. L'altitude moyenne est de 300 m et culmine à 839 m au mont Saint-Joseph. Plusieurs vallées entaillent ces reliefs selon un axe N-S et les versants sont parfois ponctués de nombreux d'escarpements rocheux; la vallée du lac Walker est un bon exemple. L'origine de ce lac et des territoires environnants s'explique par une succession d'évènements s'étalant sur une période de 570 millions d'années depuis l'aplanissement des Laurentides. Durant cette période, le lac Walker a acquis sa morphologie actuelle suite à une intense érosion fluviatile qui a créé des gorges et des vallées en V au fond du lac.

La déglaciation qui a suivi la dernière glaciation du Wisconsinien s'est effectuée vers 9,4 ka BP (King, 1985). La glace était toujours dans un état « actif » (c'est-à-dire plastique et en mouvement), même pendant son retrait (Dredge, 1983). Localement, l'écoulement a connu certaines déviations, dues à l'existence de vallées préglaciaires, autour des accidents topographiques. La dernière glaciation a peu modifié le relief; il est réellement d'origine préglaciaire.

Les dépôts de surface proviennent majoritairement de l'abrasion et de l'arrachement du socle rocheux sous l'effet de l'écoulement de la glace (dépôts glaciaires) et du transport par les eaux de fonte (dépôts fluvioglaciaires et deltaïques).

Suite à nos travaux et visites du terrain, 11 sites d'intérêts géomorphologiques ont été retenus; ils s'accompagnent d'observations et de particularités géomorphologiques ponctuelles.

5 Glossaire

Basse colline : Forme de terrain convexe avec une dénivellation comprise entre 100 et 200 m.

Biotope : Correspond à la partie physique des écosystèmes, support aux organismes qui constituent la biocénose.

Bourrelet latéral : Qui se rapporte à la stagnation des masses de glace coupées du courant principal de la glace par des canaux d'eau de fonte à l'intérieur des principales vallées.

Butte : Forme de terrain convexe avec une dénivellation comprise entre 50 et 100 m.

Button : Forme de terrain convexe avec une dénivellation comprise entre 25 et 50 m.

Cavitation : l'un des processus érosif de creusement de cavités dans le lit d'un cours d'eau ou des parois rocheuses par des eaux sous-pression.

Cisaillement : Rupture d'origine tectonique d'un ensemble rocheux, dont les compartiments se déplacent les uns par rapport aux autres.

Croupe rocheuse : Modelé à convexité au sommet du versant, qui résulte de l'équilibre entre la vitesse d'ablation de la roche qui dépend elle-même de l'épaisseur des dépôts qui la recouvrent et la vitesse de transport de ces débris.

Cryoclastie : Fragmentation due à l'alternance du gel et du dégel de l'eau remplissant les vides des roches.

Cycle orogénique : Laps de temps pendant lequel se prépare, se développe, s'achève, s'érode une chaîne de montagnes.

Deltas coalescents : Qualifie deux formations deltaïques qui se rejoignent, qui se touchent.

Diaclase : Cassure dans la roche sans déplacement des parties, d'échelle décimétrique, qui permet à l'eau de circuler dans la roche en place et qui facilite l'hydrolyse et la gélifraction.

Dryas récent : Période de 1 300 ans marquant l'ultime oscillation froide du Tardiglaciaire ou l'ultime fin de la dernière glaciation. Il est daté approximativement de 12 900 à 11 700 ans. Le Dryas récent est marqué par une avancée de certains glaciers.

Dykes : Masse de roche ignée qui recoupe la stratification ou la foliation dans la roche dans laquelle elle a fait intrusion, due à un déchirement de la roche encaissante autour d'une cheminée volcanique dans laquelle s'installe de la lave, souvent de disposition radiale, occasionnellement concentrique.

Ensellement : Abaissement local d'allure souple, soit d'une crête topographique, soit de l'axe d'un pli anticlinal allongé.

Éperon tronqué : Colline ou croupe effilée et érodée d'une partie de son saillant, qui sépare deux confluences de vallées glaciaires.

Filons-couches : Nappe de roche ignée intrusive qui est parallèle aux structures de la roche encaissante.

Fissile : Qualifie une matière qui se débite en plaquettes minces; qui est divisible.

Fjord lacustre : Initialement défini par nasmith (1962), pour décrire les bassins lacustres incisés dans le plateau intérieur du sud de la Colombie-Britannique, le terme fjord-lake (fjord lacustre) décrit les lacs allongés et profonds aux rives escarpées situées dans une vallée glaciaire et/ou préglaciaire encaissée (in gagné-poiré, A.; 2016).

Foliation : Structure planaire visible dans une roche créée par l'alignement des minéraux dans un plan préférentiel.

Gélifraction : Processus périglaciaire qui consiste à l'éclatement ou à la fragmentation par l'action du froid dans les matériaux rocheux et cohérent.

Glacio-isostasie : Relèvement continental après la disparition de l'Inlandsis.

Glaciomarin : Qualifie un phénomène ou une action liée aux glaciers et à la mer. Les dépôts glaciomarins peuvent être d'origine glaciaire ou glacielle, selon qu'ils proviennent de glaces continentales ou de glaces flottantes. Ils peuvent être classés en dépôts d'épandage, d'échouage ou de délestage.

Glissement basal : Déplacement du glacier qui se produit à sa base en raison d'une grande quantité d'eau de fonte infiltrée dans le bas de la masse.

Holocène : Époque supérieur de la période du Quaternaire; temps de transition entre le Pléistocène et les Temps actuels, qui débuta il y a 10 000 ans.

Inlandsis : Immense étendue de glaces continentales, épaisses de quelques kilomètres au centre et qui se terminent en langues ou en barrières de glaces.

Interfluve : Aire élevée entre deux talwegs; elle se compose de deux versants séparés ou non par une surface plane. L'interfluve change d'appellation selon son style et son importance : monts, crêtes, échines, collines, etc.

Joint : Toute surface de discontinuité au sein d'une roche ou d'un terrain, qui n'est pas un contact anormal avec déplacement (faille, etc.). Un joint de stratification est une discontinuité séparant deux couches de même nature pétrographique. Un joint tectonique (ou joint de tension) est une cassure sans rejet.

Lambeaux : Terrains arrachés ou vestige d'une surface, d'une nappe ou d'une couche géologique.

Lapiaz : Surface de roches calcaires où dolomitiques où la dissolution génère une surface déchiquetée parcourue d'un réseau complexe de diaclases et de crevasses avec des trous.

Linéament : Lignes significatives du paysage révélant l'architecture cachée du sous-sol rocheux. Ces lignes unidimensionnelles ayant une longueur et une orientation dont la densité, l'agencement et l'espacement présentent une répartition caractéristique.

Marmite de géant : forme en creux circulaire dans les roches cohérentes, de taille métrique, qui résulte des mouvements tourbillonnaires de l'eau.

Micro-formes : Formes (métrique à millimétrique) produites par l'érosion glaciaire sur le socle rocheux. Elles peuvent servir d'indicateurs afin de définir les caractéristiques de l'écoulement glaciaire régional de l'Inlandsis laurentidien.

Mobilisat : Lentilles ou rubanements dans les migmatites de couleur claire, assimilées à la partie de la roche ayant fondu. Les plages de couleur sombre, constituant la partie de la roche étant restée solide, constitue la « restite »

Monticule : Forme de terrain convexe avec une dénivellation < 25 m.

Moutonné : Qualifie un relief en bosse et en creux; les parties convexes occupent entre 40 et 60 % du terrain.

Moyenne colline : Forme de terrain convexe avec une dénivellation comprise entre 200 et 300 m.

Ombilic glaciaire : Cuvette lacustre surcreusée par le glacier en amont du seuil et remblayée par des matériaux fluvioglaciaires. L'ombilic se localise dans le secteur d'une vallée qui présente un approfondissement du talweg en amont d'un passage étranglé entre les versants.

Orogénèse : Tout processus ou phase d'édification de montagnes et de la formation de reliefs.

Paragneiss : Gneiss provenant de la transformation d'une roche d'origine sédimentaire.

Pénéplaine : Surface d'érosion étendue et plane qui résultent de l'abaissement des interfluves indifférents aux roches et aux structures.

Pénéplanation : Ensemble des phénomènes géomorphologiques qui président à la formation de pénéplaines.

Placage : Mince couche de dépôt meuble sur l'assise rocheuse ou un dépôt pré-existant.

Roche moutonnée : Modelé convexe au sommet arrondi et allongé par le frottement du glacier lors de l'écoulement glaciaire.

Sillons : Sillons pré littoral; crêtes ou rides parallèles ou obliques par rapport à la direction du rivage et édifiées par l'action des vagues.

Structure granitogneissique : Lits pâles et acides, avec du quartz, du feldspath, du mica, un mélange basique, sombre, riche en ferromagnésiens contenant beaucoup d'amphibole.

Talweg : Ligne qui réunit les points les plus bas de la vallée. Le lit de la rivière, quand il n'est pas surélevé au-dessus du fond de la vallée, suit le talweg.

Tectonique : Ensemble des déformations ayant affecté des terrains postérieurement à leur formation (plis, cassures, etc.).

Vêlage glaciaire : Détachement de fragments de la langue glaciaire en icebergs au contact de la mer.

Verrou glaciaire : Relèvement bombé du fond de la vallée, en seuil transversal. Il est dû au profil structural de la roche en place souvent sculptée par le glacier.

Zone de confluence : La zone de confluence est un lieu où se rejoignent deux ou plusieurs cours d'eau.

6 Bibliographie

AMBROSE, J.W., 1964. *Exhumed paleoplains of the precambrian shield of North America*. American Journal of Science, 262 : 817 – 857.

BERNATCHEZ, P., 2005. *Déglaciation et variations du niveau marin de la Mer de Goldthwait sur la Côte-Nord*. Module de géographie Université du Québec à Rimouski, Rapport remis le 15 mai 2005 dans le cadre du projet du Centre Boréal du Saint-Laurent, Baie-Comeau, 115 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 2012. *Canadian Climate Normals 1971-2000*. Disponible au www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca

DIONNE, J.-C., 1977. *La mer de Goldthwait au Québec*. Géographie physique et Quaternaire, 31 : 61-80.

DIONNE, J.-C., 1984. *Pales et limite méridionale du pergélisol dans l'hémisphère nord : le cas de Blanc-Sablon, Québec*. Géographie physique et Quaternaire, 38, (2) : 165-184.

DIONNE, J.-C. et S. OCCHIETTI., 1996. *Aspects du Quaternaire de la côte de Charlevoix. Livret-guide de l'Excursion de l'AQQUA-1996*. Département de géographie et Centre d'études nordiques, Université Laval. 32 p.

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

DIONNE, J.-C., 2001. *Relative sea-level changes in the St. Lawrence estuary from deglaciation to present day*. Spec. Pap. Geol. Soc. Lon. 351

DREDGE, L. A., 1983. *Surficial Geology of the Sept-Îles Area, Quebec North Shore*. Memoir 408. Geological Survey of Canada, Ottawa. 40 p.

DUBOIS, J.-M. et J.-M.M. DUBOIS, 1977. *La déglaciation de la Côte-Nord du Saint-Laurent : analyse sommaire*. Géographie physique et Quaternaire, 31 : 229-246.

DUFORT, E.-D., 2014. *Dendrogéomorphologie et dynamique des glissements pelliculaires dans la réserve faunique de Port-Cartier–Sept-Îles, Côte-Nord, Québec*. Mémoire de Maîtrise en sciences géographiques.

DYKE, A. S. et V. K. PREST., 1986. *Late Wisconsinian and Holocene Retreat of the Laurentide Ice Sheet, carte 1702A*. Commission géologique du Canada, échelle 1 / 5 000 000.

FRANCONI, A. *et al.*, 1975. *Région des rivières Betsiamites et Moisies*. Rapport 162. Ministère des Ressources naturelles, Direction générale des mines, Service de l'exploration géologique.

GAGNON-POIRÉ, A., P. LAJEUNESSE, A. NORMANDEAU, P. FRANCUS, G. ST-ONGE, O-P.NZEKWE., 2018. *Late-Quaternary glacial to postglacial sedimentation in three adjacent fjord-lakes of the Québec north shore (Eastern Canadian Shield)*. *Quaternary Science Reviews*, 186 : 91-110.

GAGNON-POIRÉ, A., P. LAJEUNESSE, P. FRANCUS et G. ST-ONGE., 2015. *Morphostratigraphie tardi-quaternaire des fjords lacustres Pentecôte, Walker et Pasteur (Côte-Nord, Est-du-Québec)*. Colloque du Centre d'études nordiques, Université Laval, Québec, le 12 février 2015.

GAGNON-POIRÉ, A. P., 2016. *Sédimentation tardi-quaternaire glaciaire à postglaciaire dans trois fjords lacustres adjacents du sud-est du Bouclier canadien*. Mémoire de maîtrise en sciences géographiques (M.Sc.Géogr.), Université Laval. 92 p.

HEIN, F.J., J.P. SYVITSKI, L.A. DREDGE, B.F. LONG., 1993. *Quaternary sedimentation and marine placers along the North Shore, Gulf of St. Lawrence*. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 30 : 553-574.

HOCQ, M., 1994. *La province de Grenville. Géologie du Québec*. C. Dubé, Marquis Montmagny : 75-94 in *Géologie et géomorphologie quaternaire de la zone de GIEBV Duplessis*. Organisme de bassins versants Duplessis. G. Ibrahim, 32 p.

LANDRY, B., J. BEAULIEU, M. GAUTHIER, M. LUCOTTE, M. MOINGT, S. OCCHIETTI., 2013. *Notions de géologie*, 4e éd. Québec, Modulo Éditeur, 640 p.

LAJEUNESSE, P., 2011. *Lac Walker; Rapport de mission*. Université Laval. CEN, INRS. 32 p.

LAJEUNESSE, P., 2014. *Buried preglacial fluvial gorges and valleys preserved through Quaternary glaciations beneath the Eastern Laurentide Ice Sheet*. *Geological Society of America Bulletin*, 12 p.

LEMIEUX, Y., A. TREMBLAY et D. LAVOIE., 2003. *Structural analysis of supracrustal faults in the Charlevoix area, Québec : relations to impact cratering and the St.-Lawrence fault system*. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 40 : 221-235

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES, 2012. *Carte géologique du Québec*. Ministère des ressources naturelles, DV 2012-06, échelle 1 : 2 000 000.

NASMITH, H., 1962. *Late glacial history and surficial deposits of the Okanagan Valley, British Columbia*. British Columbia Department of Mines and Petroleum Resources, 46 p.

NORMANDEAU, A., 2011. *Transfert sédimentaire extracôtier récent via un système chenal-levée au large de Sept-Îles, est du Québec*. Mémoire de maîtrise en sciences géographiques (M.Sc.Géogr.), Université Laval. 96 p.

OCCHIETTI, S., M. PARENT, P. LAJEUNESSE, F. ROBERT, É. GOVARE., 2011. *Late Pleistocene – Early Holocene decay of the Laurentide Ice Sheet in Québec-Labrador*. In : Ehlers, J., P.L. Gibbard. (Eds.), *Quaternary Glaciations – Extent and Chronology : Part IV : A closer look*. Developments in Quaternary Science, 15 : 601-630.

POIRÉ, A. G. et al., 2014. *Late quaternaire morphostratigraphy of fjord-lakes, Pentecôte, Walker and Pasteur (Quebec North-Shore, Eastern Canada)*. Affiche. CEN, INRS, UQAR.

POIRÉ, A. G. et al., 2018. *Late-quaternary glacial to postglacial sedimentation in three adjacent fjord-lakes of the Québec Nord Shore (Eastern Canadian Shield)*. Quaternary, Science Reviews, 186 : 91-110

RIVERS, T. J. et al., 1989. *New Tectonic Divisions of the Grenville Province, Southeast Canadian Shield*. Tectonics, 8 (1) : 63-84.

ROBITAILLE, A. et J.-P. SAUCIER., 1998. *Paysages régionaux du Québec méridional*. Les publications du Québec, Québec. 214 p.

SHAW, J., D. J. W.PIPER, G. B. J. FADER, E. L. KING, B. J. TODD, T.BELL, M. J. BATTERSON, D. G. E. LIVERMAN., 2006. *A conceptual model of the deglaciation of Atlantic Canada*. Quaternary Science Reviews, 25 : 2059-2081.

VINCENT, J.-S., 1989. *Le Quaternaire du sud-est du Bouclier canadien, dans R.J. Fulton (éd), Le Quaternaire du Canada et du Groenland*. Volume 1. Commission géologique du Canada, Géologie du Canada, 266-295 p.