

Le modelé d'érosion glaciaire de l'île d'Anticosti révélé par l'imagerie LiDAR

Bernard Hétu, Pascal Bernatchez and Jérôme Dubé

Volume 147, Number 1, Spring 2023

Les enjeux de la recherche à Anticosti : état des lieux et perspectives

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1098171ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1098171ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (print)

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Hétu, B., Bernatchez, P. & Dubé, J. (2023). Le modelé d'érosion glaciaire de l'île d'Anticosti révélé par l'imagerie LiDAR. *Le Naturaliste canadien*, 147(1), 24–34. <https://doi.org/10.7202/1098171ar>

Article abstract

Recent high-resolution LiDAR (Light Detection and Ranging) images of Anticosti Island (Québec, Canada) have revealed novel landforms created by glacial erosion that strongly nuance the previously published understanding of its glacial history. These diverse forms of glacial erosion include feature carved into the bedrock, such as glacially overdeepened lakes, rock drumlins, giant grooves, and mega crag-and-tails, as well as slabs of rock displaced by glaciers. Although mostly relatively inconspicuous, these forms of glacial erosion are present throughout the island. However, the glacial imprint is strongest in the eastern and western lowlands. In the eastern lowlands, the southwestward ice flow that occurred everywhere on the island was followed by a southeastward flow. Both these flows originated on the Canadian Shield (Laurentide Ice Sheet). Indicators of a late northward flow were observed in the northern half of the central plateau (north of the Jupiter River). This northward flow is attributed to the regional ice cap that occupied the central plateau during deglaciation.

Le modelé d'érosion glaciaire de l'île d'Anticosti révélé par l'imagerie LiDAR

Bernard Héту, Pascal Bernatchez et Jérôme Dubé

Résumé

Des images LiDAR à haute résolution dévoilent des modelés d'érosion glaciaire inédits qui nuancent fortement les interprétations publiées antérieurement concernant l'histoire glaciaire de l'île d'Anticosti. Sculptées dans le roc, ces formes d'érosion glaciaire sont très diversifiées : lacs de surcreusement glaciaire, drumlins rocheux, cannelures géantes, mégaqueues-de-rat, dalles de roc déplacées par les glaciers. Bien que pour la plupart discrètes, ces formes d'érosion glaciaire sont présentes partout sur l'île. Toutefois, c'est dans les basses terres de l'est et de l'ouest que l'empreinte glaciaire est la plus forte. Dans les basses terres de l'est, l'écoulement glaciaire vers le sud-ouest, observé partout sur l'île, a été suivi par un écoulement vers le sud-est. Ces 2 écoulements avaient leur source sur le Bouclier canadien (inlandsis laurentidien). Un écoulement tardif vers le nord a été observé dans la moitié nord du plateau central (au nord de la rivière Jupiter). Cet écoulement vers le nord est attribué à la calotte glaciaire régionale qui a occupé le plateau central durant la déglaciation.

MOTS-CLÉS : Anticosti, écoulements glaciaires, images LiDAR, modelé d'érosion glaciaire

Abstract

Recent high-resolution LiDAR (Light Detection and Ranging) images of Anticosti Island (Québec, Canada) have revealed novel landforms created by glacial erosion that strongly nuance the previously published understanding of its glacial history. These diverse forms of glacial erosion include feature carved into the bedrock, such as glacially overdeepened lakes, rock drumlins, giant grooves, and mega crag-and-tails, as well as slabs of rock displaced by glaciers. Although mostly relatively inconspicuous, these forms of glacial erosion are present throughout the island. However, the glacial imprint is strongest in the eastern and western lowlands. In the eastern lowlands, the southwestward ice flow that occurred everywhere on the island was followed by a southeastward flow. Both these flows originated on the Canadian Shield (Laurentide Ice Sheet). Indicators of a late northward flow were observed in the northern half of the central plateau (north of the Jupiter River). This northward flow is attributed to the regional ice cap that occupied the central plateau during deglaciation.

KEYWORDS: Anticosti, glacial erosional landforms, ice flows, LiDAR imagery

Introduction

Dans une région comme le Québec, où le bâti géologique, souvent très ancien, est exposé à l'érosion depuis des centaines de millions d'années, le relief résulte d'une longue histoire dont les principaux chapitres se sont écrits bien avant les glaciations du Quaternaire (Jutras et Prichonnet, 2004). De manière générale, les glaciers n'ont apporté que des retouches plus ou moins importantes à des volumes qui étaient déjà présents bien avant les glaciations (Héту et Gray, 1985). Mais ces retouches n'en sont pas moins importantes « visuellement », car bien souvent ce sont elles qui donnent leur spécificité aux paysages du Québec. Pensons au « million de lacs » de surcreusement glaciaire du Bouclier canadien, au majestueux fjord du Saguenay ou encore aux roches moutonnées, polies et striées du littoral rocheux des Escoumins et du site géologique de Rivière-au-Tonnerre. Mais derrière ces phénomènes spectaculaires, souvent très localisés, se cachent une réalité plus complexe, celle de l'inégale répartition de la retouche glaciaire, très variable d'une région à l'autre, et même d'un secteur à l'autre au sein d'une même région (Héту et Gray, 1985).

Cette étude basée sur l'imagerie LiDAR (*Light Detection and Ranging*) a pour objectif d'évaluer la contribution de l'érosion glaciaire dans la genèse des formes du relief et des modelés qui

composent les paysages anticostiens. Dans quelle mesure le relief de l'île d'Anticosti a-t-il été modifié par l'érosion glaciaire? Nous verrons que les réponses apportées à cette question dépendent grandement des méthodes et des outils utilisés. Après avoir résumé la contribution des recherches antérieures, nous exposerons, à partir de quelques exemples choisis, les nouveaux développements rendus possibles par l'analyse des images LiDAR.

Physiographie et contexte morphostructural

D'un point de vue physiographique, l'île d'Anticosti comprend 3 secteurs : les basses terres de l'est, les basses terres de l'ouest et le plateau central, lui-même subdivisé en 4 parties, à savoir le haut plateau, le bas plateau, le versant nord et le versant sud (figure 1). Les grands traits du relief sont dictés par

Bernard Héту est un professeur retraité (géographie) de l'Université du Québec à Rimouski (UQAR) spécialisé en géomorphologie du Quaternaire.

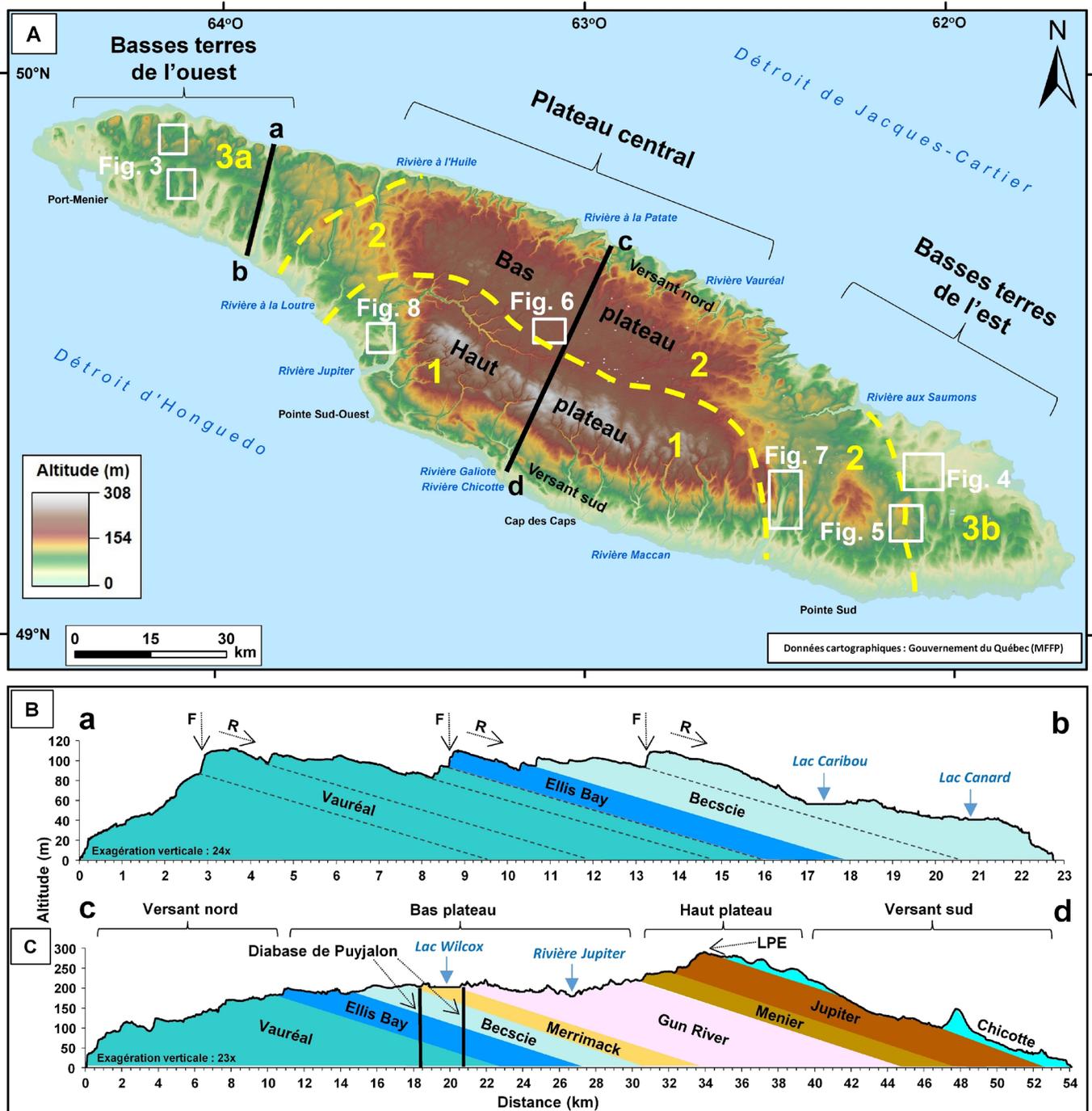
bernard_hetu@uqar.ca.

Pascal Bernatchez est professeur de géographie et titulaire de la Chaire de recherche en géoscience côtière à l'UQAR.

Jérôme Dubé (M. Sc.) est auxiliaire d'enseignement et de recherche en géographie à l'UQAR.

l'agencement des formations géologiques (relief de cuesta), par le creusement des vallées fluviales préglaciaires (cf. Bigras, 1985), par l'érosion côtière (falaises et grande plate-forme rocheuse ceinturant l'île; Dubois et Nadeau, 1999) et, dans une moindre mesure, par la dissolution du calcaire (modèle karstique; Beaupré, 2020). Ils doivent très peu à l'érosion glaciaire, laquelle, bien que remarquable, ne constitue que la retouche finale sur

des volumes déjà en place au début du Quaternaire, il y a 2,6 millions d'années. Le bâti géologique de l'île d'Anticosti, subdivisé en 8 formations datant de l'Ordovicien et du Silurien, est constitué de roches sédimentaires stratifiées, principalement des calcaires de nature variée alternant avec des lits de *shale* et de *mudstone* (Copper et Jin, 2015; Desrochers et Gauthier, 2009). Les strates, faiblement inclinées vers le sud (~ 3°), ne présentent



aucune déformation majeure (Bordet et collab., 2010). Ce dispositif définit ce qu'on appelle une structure monoclinale, ce qui signifie que les strates sont inclinées dans le même sens sur une grande distance. La cuesta avec son front sécant (qui recoupe les strates) et son revers structural (qui correspond au dos de la strate dégagée par l'érosion) constitue le relief d'érosion différentielle typique des séquences stratifiées monoclinales. Le relief de cuesta est particulièrement bien développé dans les basses terres de l'est et surtout de l'ouest (figure 2). Enfin, l'île est incisée par un réseau de vallées fluviales dont le tracé est en bonne partie calqué sur les familles de fractures qui découpent le bâti géologique (Bordet et collab., 2010).

Méthodes

Cette étude est basée sur l'analyse et l'interprétation des images LiDAR, avec très peu de validation sur le terrain, étape essentielle qui sera effectuée au cours de l'été 2023. L'acronyme LiDAR signifie *Light Detection and Ranging*. Cette technologie, basée sur le temps requis par les rayons laser pour faire l'aller-retour entre un capteur aéroporté et la surface du sol, permet de produire des relevés topographiques d'une grande précision avec une densité au sol de 2,5 points·m⁻². Disponibles depuis 2018 pour l'île d'Anticosti, les données LiDAR (LAS) ont été téléchargées à partir du site du gouvernement du Québec–MRNF (<https://www.foretouverte.gouv.qc.ca/>) puis traitées avec le logiciel ArcGIS. Ayant une résolution verticale de l'ordre du mètre, le modèle numérique d'altitude (MNA) utilisé a permis d'observer des modelés originaux totalement inédits. Le territoire de l'île a été examiné à différentes échelles dans le but de produire une cartographie détaillée du modelé glaciaire. Faute d'espace dans cet article, seuls quelques exemples représentatifs seront présentés. Compte tenu de leur faible expression topographique et de l'omniprésence de la forêt, la plupart des phénomènes qui seront présentés sont difficilement repérables sur le terrain ou par photo-interprétation.

Le Quaternaire de l'île : état de la question *L'histoire glaciaire de l'île d'Anticosti*

Tablant sur la description de plusieurs coupes stratigraphiques, des dizaines d'analyses sédimentologiques et géochimiques, une soixantaine de datations au radiocarbone, la mesure des stries glaciaires et la cartographie des dépôts meubles, des chercheurs de l'Université de Sherbrooke ont pu reconstituer la séquence des épisodes glaciaires et non glaciaires qui se sont succédé dans l'ouest et le centre-nord de l'île depuis environ 120 000 ans (Dubois et collab., 1985; 1990; Gratton et collab., 1984; Painchaud et collab., 1984; St-Pierre et collab., 1987). Le tableau 1 en donne une description succincte. Il va sans dire que cet enregistrement doit être considéré comme partiel dans la mesure où les traces des nombreuses glaciations antérieures au Sangamonien ont sans doute été effacées par les avancées glaciaires plus récentes.

L'érosion glaciaire

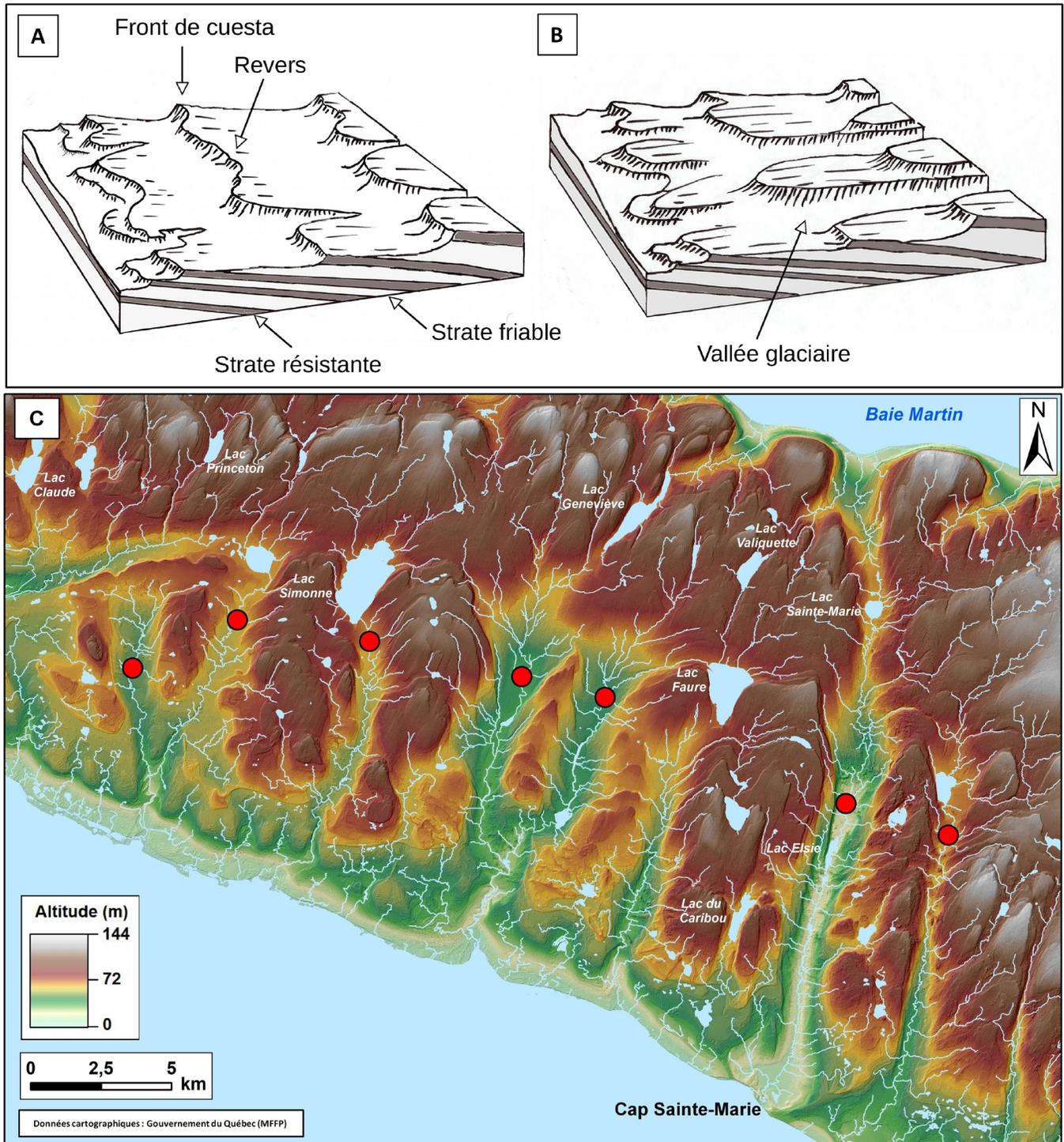
Les recherches effectuées dans les années 1980 à partir de méthodes classiques, tels la photo-interprétation au 1/15 000, l'analyse des cartes topographiques et les travaux sur le terrain de l'ensemble de l'île, indiquent que les glaciers n'ont laissé que peu de traces de leur passage sur l'île d'Anticosti, exception faite de l'aspect arrondi des fronts de cuestas, du profil en auge de la vallée de la rivière de la Chaloupe et des marques d'abrasion glaciaire (stries, cannelures), tout de même assez rares, que l'on trouve ici et là lorsque la roche en place est visible (Dubois et collab., 1985; 1990). Ces chercheurs fondent leur conclusion sur plusieurs observations qui restent localement pertinentes. Plusieurs vallées, surtout dans la partie centrale de l'île, ont gardé leurs têtes effilées et finement ramifiées typiques du modelé fluvial (p. ex., la rivière Jupiter et ses affluents) et certaines d'entre-elles, comme la vallée de la rivière à la Patate, ont conservé leur système de terrasses rocheuses étagées d'origine fluviale enfouies sous les épais

Tableau 1. Succession des épisodes glaciaires et non glaciaires à l'île d'Anticosti depuis la dernière période interglaciaire selon Painchaud et collab. (1984), Bigras (1985) et St-Pierre et collab. (1987).

Type de sédiment	Âge estimé (années étalonnées AA)	Événement
Fluvial IV	Depuis 4 000	Établissement du lit des rivières modernes
Marin IV	14 300 à 4 000	Déglaciation, transgression puis régression marines (mer de Goldthwait)
Till de Sainte-Marie	13 400 à 14 300	Calotte glaciaire autonome sur l'île d'Anticosti
Till de l'île d'Anticosti	14 300 à 18 600	Avancée glaciaire : écoulement glaciaire vers le sud-ouest à partir d'une source située sur le continent (inlandsis laurentidien)
Marin III		Invasion marine
Till de la rivière Jupiter	31 000 à 45 000	Avancée glaciaire : écoulement glaciaire vers le sud-ouest à partir d'une source située sur le continent (inlandsis laurentidien)
Marin II	~ 85 000	Invasion marine
Fluvial II		Déglaciation et reprise de l'écoulement fluvial
Till de la rivière à la Patate		Avancée glaciaire : écoulement glaciaire vers le sud-est à partir d'une source située sur le continent (inlandsis laurentidien)
Marin I	~ 120 000	Invasion marine attribuée à la dernière période interglaciaire, le Sangamonien

sédiments glaciaires qui les comblent partiellement (Bigras, 1985). Selon St-Pierre et collab. (1987), les principales vallées, dont le fond est généralement plat et rocheux, n'ont pas été surcreusées par les glaciers et l'on observe à plusieurs endroits sur les plateaux des résidus du manteau de roche décomposée préglaciaire que les glaciers n'ont pas déblayé (Cadieux, 1983).

Utilisant des technologies plus récentes, Eyles et Putkinen (2014) sont arrivés à des conclusions beaucoup plus nuancées. S'appuyant sur les données du modèle numérique d'altitude du Canada d'une résolution verticale de 8 à 23 m ainsi que sur les images multispectrales d'une résolution de 30 m du satellite Landsat GLS, Eyles et Putkinen (2014) ont cartographié le relief



de l'île d'Anticosti. Malgré la faible résolution verticale des outils utilisés (par rapport aux relevés LiDAR), ces chercheurs ont pu subdiviser l'île en 3 zones qui se distinguent par l'intensité très variable de l'érosion glaciaire (figure 1). Selon eux, la zone 1 ne présenterait aucune trace d'érosion glaciaire. Les fronts de cuestas montrent un tracé quasi linéaire tandis que les revers sont incisés par un réseau de vallées fluviales très ramifié sans aucune influence glaciaire. C'est dans la zone 3 – qui comprend les basses terres de l'ouest (3a) et les basses terres de l'est (3b) – que la modification des reliefs préglaciaires par l'action des glaciers est la plus importante. Elle concerne plus particulièrement les fronts de cuestas qui ont été sculptés en forme d'ogive pointant vers le nord, tandis que les vallées intercalaires étaient à la fois élargies et surcreusées (d'où la présence de lacs allongés dans certaines vallées), si bien que les escarpements ont un tracé en zigzag très échancré (figure 2). Les auteurs comparent ces collines profilées en tête d'ogive à des « drumlins rocheux ». Ils ont également observé sur le revers de la cuesta associée à la Formation de Becscie quelques « rares » mégacannelures dont l'orientation est parallèle au grand axe des drumlins rocheux. La zone 2, qui dessine un arc dans la portion centrale de l'île, est une zone intermédiaire où la modification glaciaire est qualifiée de modérée. Elle est caractérisée par un ancien système de drainage très peu modifié par l'érosion glaciaire, sans autre précision ! Pour Eyles et Putkinen (2014), l'empreinte glaciaire sur l'île d'Anticosti se limite à ces quelques éléments. Pour eux, le fait qu'elle soit maximale aux 2 extrémités de l'île (zones 3a et 3b) et quasi nulle au centre (zones 1 et 2) s'explique par l'obstacle topographique que représentait le plateau central, forçant la glace à le contourner. C'est ainsi que les zones 3a et 3b auraient été façonnées par 2 courants de glace rapides, à pouvoir érosif élevé (base tempérée), tandis que le plateau central était traversé par une glace à la fois plus lente et plus mince, probablement à base froide.

Résultats

L'apport de l'imagerie LiDAR

L'île d'Anticosti est densément boisée et difficile d'accès par endroits, ce qui complique les relevés de terrain. Le principal avantage de l'imagerie LiDAR, en plus de révéler des détails inédits, est qu'elle permet d'observer l'ensemble du territoire. Or, premier constat, l'imagerie LiDAR révèle que les traces d'écoulements glaciaires sont présentes dans toutes les zones, mais avec une intensité très variable d'un secteur à l'autre. Elles sont également beaucoup plus diversifiées.

La zone 3 reste la plus touchée

Comme l'ont démontré Eyles et Putkinen (2014), c'est dans les basses terres de l'ouest (3a) que la modification glaciaire est la plus marquée. La sculpture glaciaire des fronts de cuestas décrite par Eyles et Putkinen (2014) est particulièrement évidente sur l'imagerie LiDAR (figure 2). Le revers des cuestas est parfaitement lisse, comme raclé par le glacier (figure 3). Au niveau des vallées, l'empreinte glaciaire se traduit par l'existence de nombreux lacs de surcreusement allongés dont l'axe principal est parallèle à l'écoulement glaciaire (p. ex. : les lacs Claude, Princeton, Geneviève, Valiquette, du Caribou et Elsie [anciennement le Grand lac Sainte-Marie], etc.) et par des cols de tête de vallée qui aménagent des trouées à travers les escarpements. La plus spectaculaire de ces trouées est celle qui traverse complètement l'île depuis la baie Martin jusqu'au cap Sainte-Marie en passant par le col du lac Sainte-Marie (anciennement le petit lac Sainte-Marie) (figure 2). Contrairement aux stries glaciaires, qui peuvent se former très rapidement, ces formes majeures résultent probablement des effets cumulés de plusieurs glaciations.

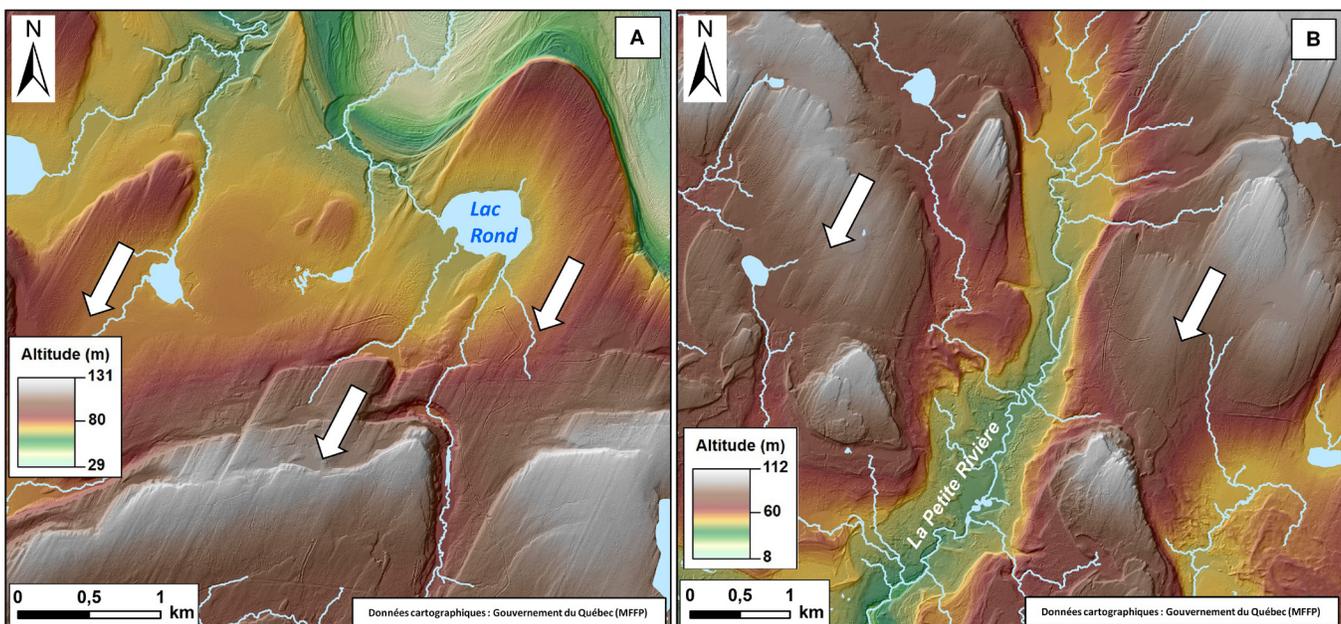


Figure 3. Dans la zone 3a (voir la figure 1), les revers de cuestas sont striés par de longues cannelures parallèles orientées vers le sud-ouest. A) Secteur du lac Rond; B) secteur de la Petite Rivière. Flèches : sens de l'écoulement glaciaire.

De plus, toute la zone 3a, à l'ouest de la rivière à la Loutre (figure 1), est traversée par de grandes cannelures parallèles orientées vers le sud-ouest (figure 3). Loin d'être rares, elles sont omniprésentes. Si la plupart ont moins de 10-15 m de largeur, les plus larges approchent les 50 m ; certaines d'entre elles s'étirent sur plus de 1 km. Les orientations les plus fréquentes sont comprises entre 200° et 210°, ce qui est conforme aux orientations mesurées par Painchaud et collab. (1984) sur les photographies aériennes conventionnelles (orientation moyenne : $204,6^\circ \pm 6^\circ$, $n = 48$). Ces grandes cannelures impliquent : 1) la présence d'eau sous pression et une abondance de sédiments abrasifs à l'interface glace-roc ; 2) une vitesse d'écoulement de la glace relativement élevée (Bradwell et collab., 2008 ; Glasser et Bennett, 2004) ; 2 éléments compatibles avec l'hypothèse du courant de glace à base tempérée formulée par Eyles et Putkinen (2014).

Avec ses lacs allongés parallèles à l'écoulement glaciaire (lacs Charles-Guay, Rolland-Germain et du Renard) et ses

fronts de cuesta façonnés en ogive, la zone 3b présente, dans ses grands traits, un relief assez semblable à celui de la zone 3a, mais la comparaison s'arrête là. Le LiDAR dévoile un modelé de détail beaucoup plus complexe. Cette zone est limitée à l'ouest par une crête linéaire de 70-90 m de largeur qui s'étire sur près de 10 km de longueur et dont l'orientation nord-ouest-sud-est (170°) est parallèle aux cannelures très discrètes, mais bien visibles, qui occupent tout l'espace situé entre les lacs Comettant et Marie-Victorin (figure 4). Cette crête, qui ressemble à une bordure de courant de glace (Stokes et Clark, 2002), est perpendiculaire aux formations géologiques. À l'ouest de cette crête, un champ de petites collines profilées semble indiquer un écoulement vers le sud-ouest qui a été recoupé par l'écoulement vers le sud-est. La crête linéaire matérialise la ligne de recoupement. L'existence de ces 2 écoulements, ainsi que leur chronologie relative, est confirmée par un site de stries glaciaires superposées situé à environ 3 km à l'ouest du lac Marie-Victorin (figure 4). Ce site, découvert par St-Pierre et

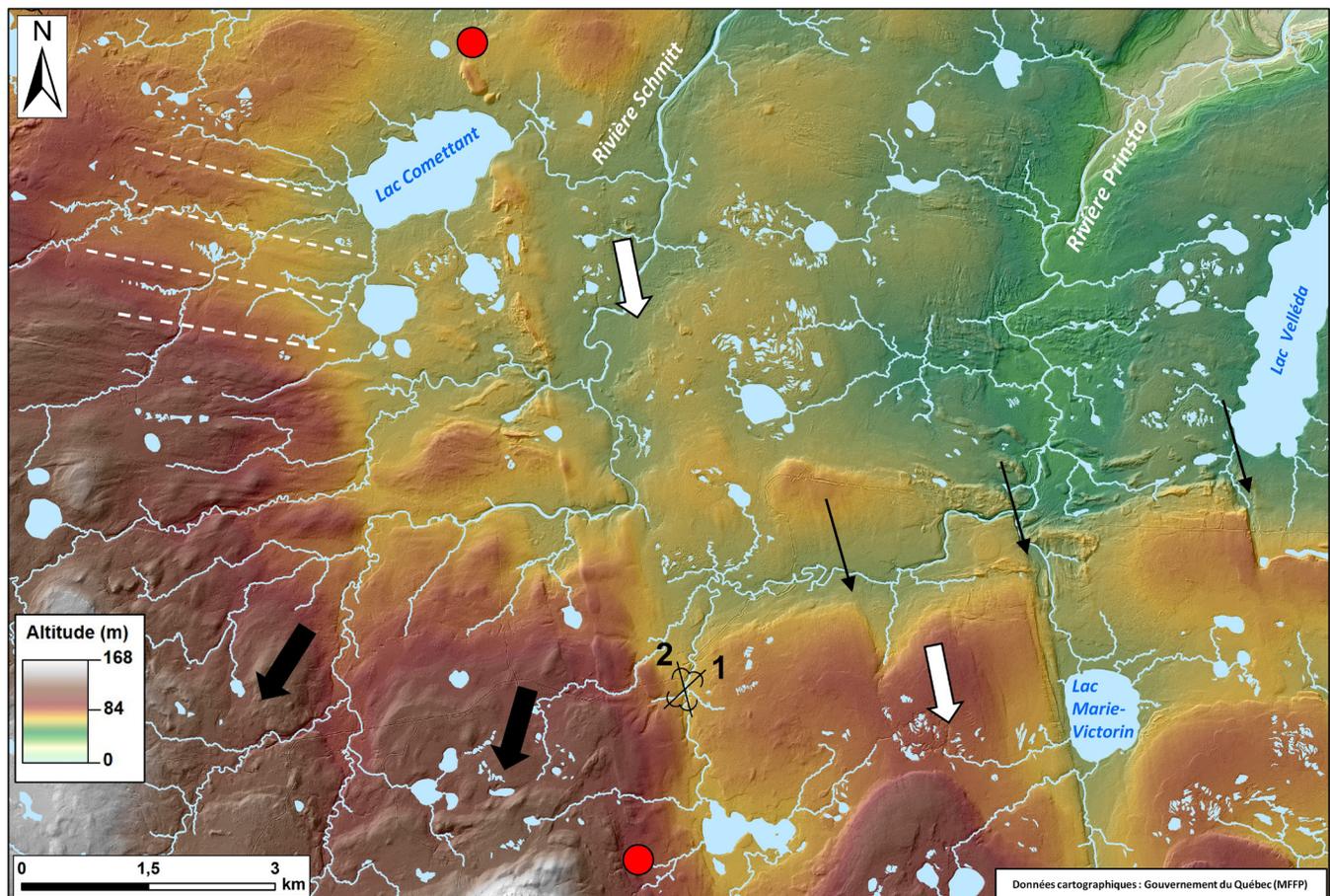


Figure 4. Secteur du lac Comettant. Lignes en tirets blancs à gauche : lignes structurales calquées sur la direction des strates des formations de Gun River, de Merrimack et de Becscie. Entre les cercles rouges : crête linéaire qui semble correspondre à la bordure d'un courant de glace. Grosses flèches noires à l'ouest de la crête : écoulement glaciaire plus ancien souligné par des collines profilées. Grosses flèches blanches à l'est de la crête : écoulement glaciaire plus récent souligné par des cannelures peu marquées et par le débitage linéaire (petites flèches noires) guidé par les cassures du substratum rocheux. Les stries superposées sont de St-Pierre et collab. (1987) : l'écoulement vers le sud-ouest (1) est plus ancien que celui vers le sud-est (2), ce qui est cohérent avec l'interprétation de l'image LiDAR.

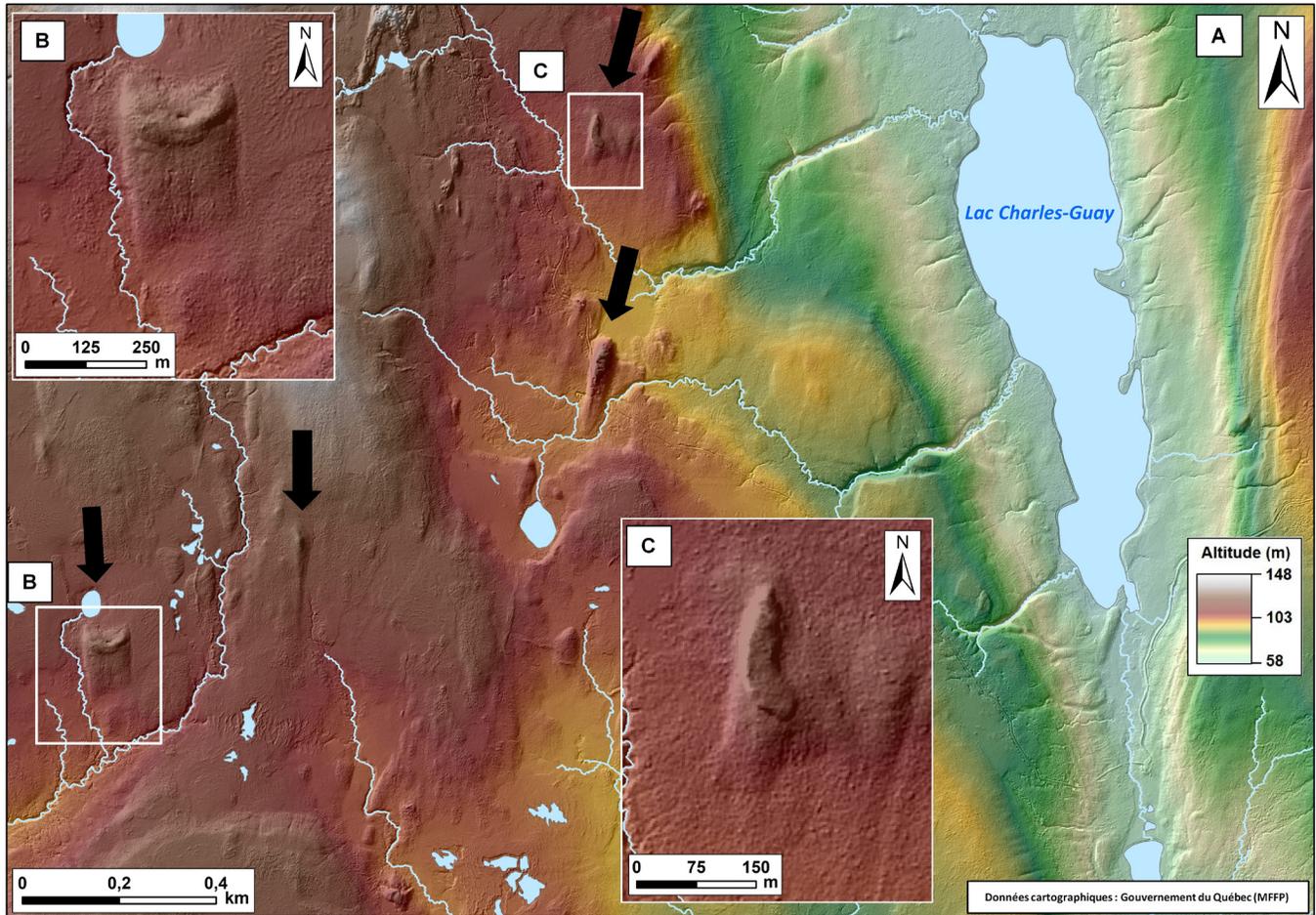


Figure 5. A) À l'ouest du lac Charles-Guay, dans l'est de l'île (zone 3b sur la figure 1), l'écoulement glaciaire (flèches noires) est représenté par un groupe de petites collines fuselées en forme de mégaqueues-de-rat. B) et C) Agrandissements des zones correspondantes.

collab. (1987), est situé à environ 900 m à l'est de la crête; ces auteurs confirment que dans cette zone, l'écoulement vers le sud-est a été précédé par un écoulement vers le sud-ouest.

L'écoulement vers le sud-ouest est encore plus évident à l'ouest du lac Charles-Guay où il est représenté par un groupe de collines fuselées asymétriques ayant la forme de mégaqueues-de-rat (figure 5). Ces collines font entre 200 et 500 m de longueur, 40 à 200 m de largeur et 6 à 16 m de hauteur. Deux d'entre elles (agrandissements sur la figure 5) semblent correspondre à des queues de till accumulé en aval d'un gros bloc rocheux transporté par le glacier. Ce groupe de collines allongées est situé à l'ouest de la crête linéaire mentionnée au paragraphe précédent. Elles semblent donc plus anciennes que l'écoulement vers le sud-est observé dans le secteur du lac Marie-Victorin.

La zone 2 est dominée par les déformations glacitectoniques

Au nord de la rivière Jupiter, dans un grand secteur du bas plateau central faisant plus de 1 000 km² entre la rivière à l'Huile et la tête de la rivière aux Saumons, le substrat rocheux montre plusieurs déformations attribuables au passage des

glaciers. Cette zone qui correspond à la partie centrale de la zone 2 de Eyles et Putkinen (2014), où l'érosion glaciaire serait d'intensité « modérée » selon eux, présente au contraire une très forte concentration de déformations variées bien exprimées dans le modelé parmi lesquelles figurent les fissures ouvertes mécaniquement, les cuvettes d'arrachement, les trainées de blocs, les plissements en arc et les dalles de roc déplacées dans le sens de l'écoulement glaciaire (figure 6). Dans cette zone qui est caractérisée par une multitude de petits lacs, plusieurs cuvettes ennoyées, bordées de monticules de matériaux déplacés, semblent avoir une origine glacitectonique. La Formation de Merrimack, principalement constituée de shale calcaireux, a été spécialement perturbée, mais on observe également de très nombreuses déformations dans les formations sus-jacentes et sous-jacentes, soit celles de Gun River au sud et celles de Becscie et Ellis Bay au nord respectivement. D'après des observations faites ailleurs, notamment sur l'île de Montréal (Durand et Ballivy, 1974; Schroeder et collab., 1986) et dans l'État de New York (Andrews, 1980), les séries sédimentaires horizontales ou faiblement inclinées composées d'une alternance de strates rigides et de lits friables offrant une faible résistance au cisaillement seraient particulièrement propices à l'arrachement

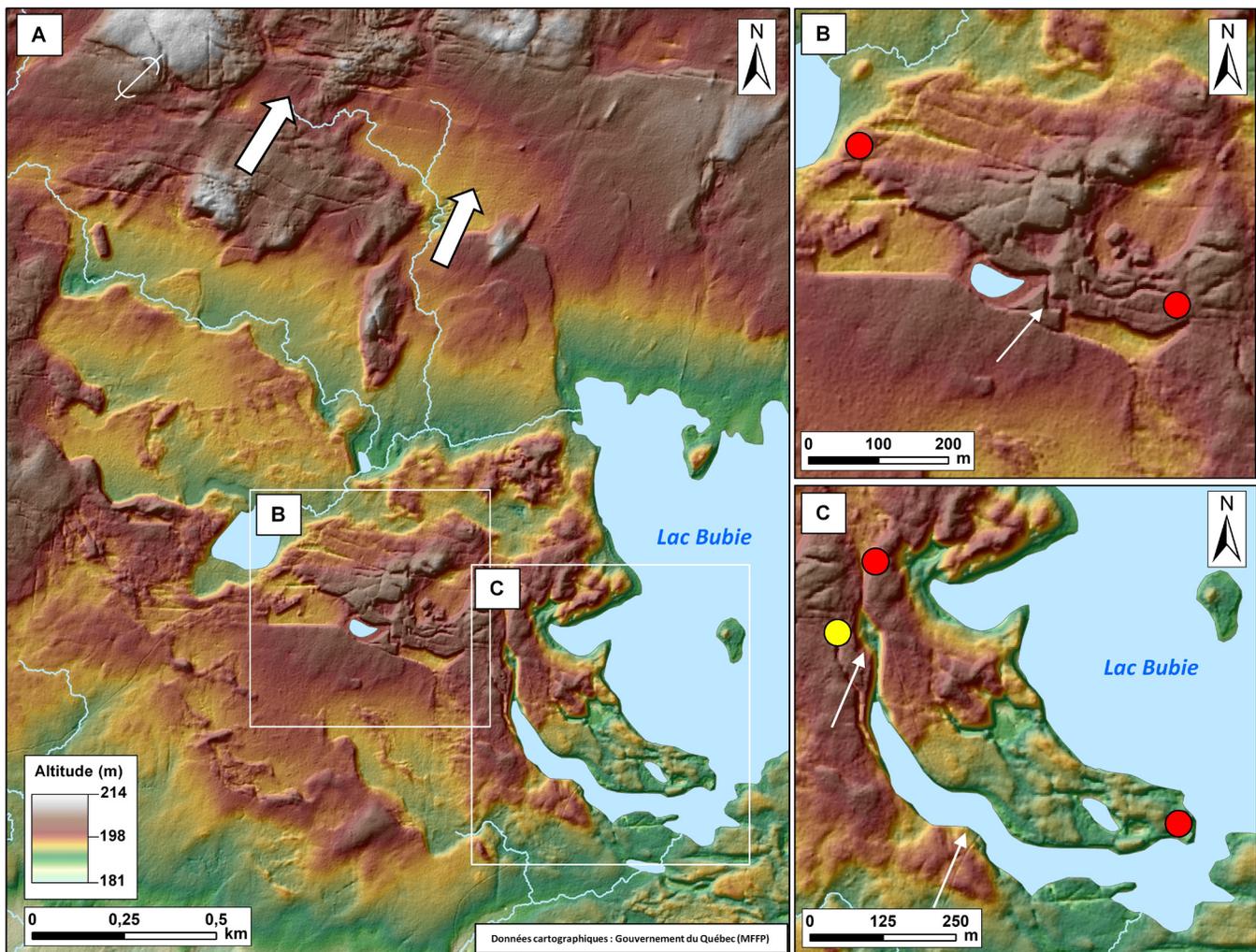


Figure 6. Dalles de roc déplacées (glacitectonique) du lac Bubie. Des cercles rouges ont été placés aux extrémités des dalles déplacées, partiellement disloquées durant le transport. Notez la forme complémentaire (imbrication parfaite) des dalles déplacées et des dépressions adjacentes, particulièrement évidente près des petites flèches blanches (agrandissements B et C). À droite du cercle jaune en C : petite dépression en *pull-apart*. Les dalles ont été déplacées vers le nord-est, conformément à l'écoulement glaciaire (grosses flèches en A) représenté par les collines profilées et les stries glaciaires (en haut, à gauche).

et au déplacement d'écaillés de roc. Sur le bas plateau, au nord de la rivière Jupiter, entre les rivières à l'Huile et aux Saumons, nous avons répertorié 11 cas de dalles déplacées vers le nord ou le nord-est. Sans l'exclure comme mécanisme d'élargissement de certaines diaclases (fissures d'une roche ou d'un terrain sans déplacement des 2 blocs), la dissolution ne peut à elle seule fournir une explication adéquate. L'examen attentif des images LiDAR permet de constater que les dalles déplacées sont affectées d'un léger mouvement rotationnel (figure 6). De plus, elles montrent un début de dislocation, avec quelques fragments laissés à la traîne, ce qui correspond parfaitement aux cas classiques décrits récemment par Evans et collab. (2021) dans l'Ouest canadien. Enfin, le cas représenté à la figure 6B montre une ouverture en *pull-apart* (dépression en forme de losange) le long d'une fissure qui a fonctionné comme une faille de décrochement. La dissolution, elle, se limiterait à élargir les fissures sans changer la configuration des

dalles. Elle ne saurait expliquer le mouvement rotationnel, la dislocation des dalles, les fragments à la traîne et l'ouverture en *pull-apart*. Selon Evans et collab. (2021), différents mécanismes travaillant en séquence favoriseraient la mobilisation des dalles sous un glacier présentant une mosaïque de zones gelées et non gelées, passant d'un état à l'autre en alternance : 1) l'injection d'eau sous pression dans les zones dégélées (aquifère confiné) provoque le décollement des strates (futurs dalles) le long des couches les plus fragiles ; 2) lors du regel, les dalles détachées, désormais soudées à la semelle du glacier (couplage glace-substrat), sont alors mises en mouvement.

C'est également dans la zone 2 que l'on peut voir la seule vallée glaciaire digne de ce nom, soit celle de la rivière de la Chaloupe (figure 7). Profonde d'une centaine de mètres, elle possède toutes les caractéristiques d'une auge façonnée par une calotte glaciaire capable de franchir les interfluves (Hétu et Gray, 1985) : tête de vallée défoncée et remplacée par un col,

profil en U très ouvert, bords régularisés, absence de méandres encaissés (Glasser et Bennett, 2004). Pour prendre la mesure de la retouche glaciaire, il suffit de la comparer avec les têtes effilées, sinueuses et très ramifiées des affluents de la rivière Jupiter, lesquels ont gardé tous les attributs du modelé fluvial.

La zone 1 et ses courants de glace

Si le haut plateau en est effectivement dépourvu, le versant sud de la zone 1 en revanche présente de nombreuses traces du passage des glaciers. Elles apparaissent sous 3 formes : 1) de nombreuses cannelures et formes profilées peu marquées, mais bien visibles, généralement orientées vers le sud-ouest (principalement entre 195° et 205°) ; 2) quelques dalles de roc traînées vers le sud ou le sud-ouest ; 3) les formes fuselées les plus développées sont concentrées dans 3 corridors à bordures nettes qui semblent correspondre à des courants de glace ou à des langues glaciaires individualisées (rivières Maccan, Chicotte et Jupiter). Le courant de glace de la rivière Jupiter est particulièrement intéressant étant donné son orientation vers l'ouest-sud-ouest (245° - 255°). Il est bordé à l'ouest par une crête arquée très nette qui sépare des terrains ayant des morphologies complètement différentes, sans ligne directrice dominante à l'ouest, fortement profilées à l'est (figure 8). L'orientation convergente des formes profilées qu'on y observe est typique des courants de glace (Margold et collab., 2015). Le groupe de collines allongées entre le ruisseau MacGilvray et la rivière Jupiter répond parfaitement à la définition du « rocher profilé » de J.-C. Dionne. « Il s'agit d'une colline rocheuse de taille moyenne ayant la forme d'un drumlin et renseignant à la fois sur la direction et le sens de l'écoulement de la glace » (Dionne, 1984, p. 69). Selon lui, le rocher profilé serait typique des substrats rocheux à structure monoclinale dont les couches sont inclinées dans le même sens que l'écoulement glaciaire. Sculpté dans le substrat rocheux, il offre un profil en long asymétrique avec un côté amont très net, à la fois plus court et plus raide que sa pente aval. En plan, il présente une forme ovoïde, avec une bordure amont arrondie ou en forme d'ogive. Son profil transversal évoque un dos de baleine. Selon Bradwell et collab. (2008), ce type de formes profilées, qui impliquent un écoulement rapide de la glace sous un glacier à base tempérée, figure parmi les indicateurs de courant de glace.

Conclusion

Ces quelques exemples donnent un aperçu des modelés d'érosion glaciaire originaux révélés par l'imagerie LiDAR. Ces résultats préliminaires montrent que les scénarios publiés jusqu'à maintenant sont trop simplistes. La réalité, telle que révélée par le LiDAR, est beaucoup plus complexe. Les principaux acquis de cette étude préliminaire peuvent être résumés comme suit :

1. Des modelés d'érosion glaciaire apparaissent dans toutes les zones à l'exception du haut plateau, mais ils sont de nature et d'intensité très variable d'une zone à l'autre.
2. Lors du dernier maximum glaciaire, l'île a bel et bien été traversée par un écoulement glaciaire généralisé vers

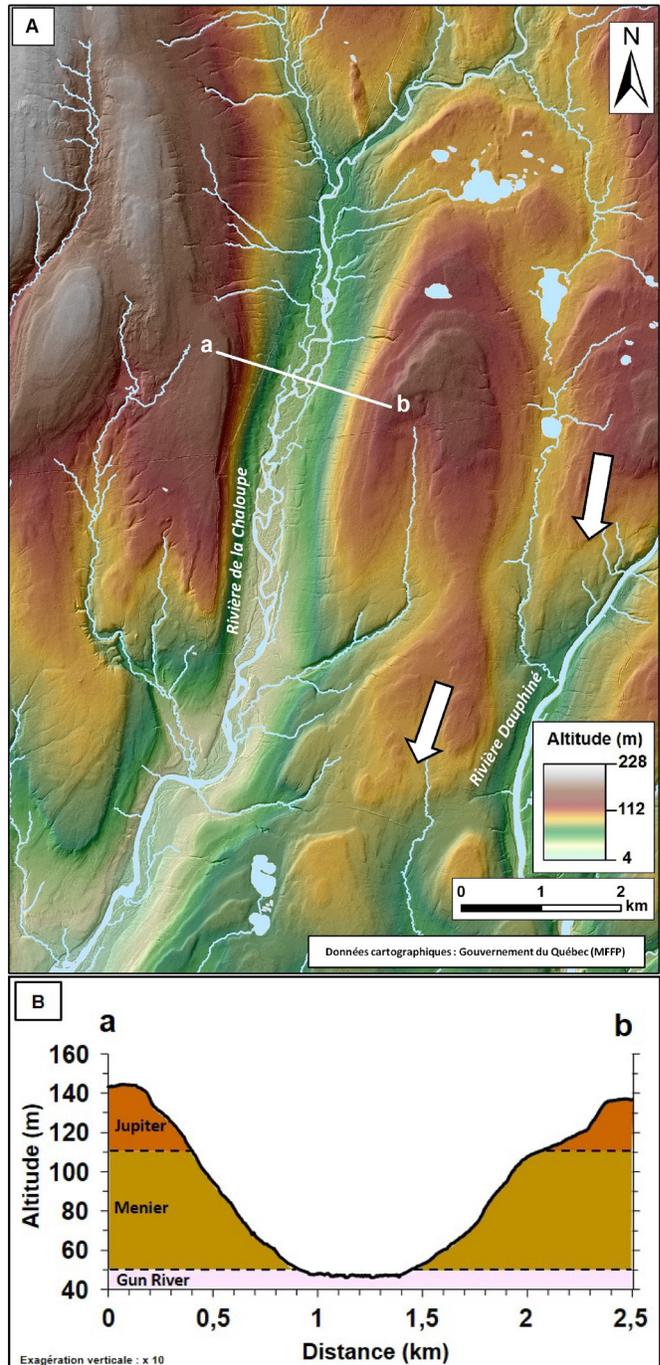


Figure 7. A) La vallée glaciaire de la rivière de la Chaloupe et B) son profil en auge (a-b). Flèches blanches : formes profilées indiquant un écoulement glaciaire vers le sud-ouest.

le sud-ouest qui a été observé dans toutes les zones. Cette phase correspond probablement à la mise en place du till de l'île d'Anticosti décrit par St-Pierre et collab. (1987). Dans la zone 3a, c'est le seul écoulement glaciaire qui est visible sur l'imagerie LiDAR. Dans la zone 3b, l'écoulement vers le sud-ouest a été suivi par un écoulement vers le sud-est qui semble associé à un courant de glace dont la limite ouest, très bien

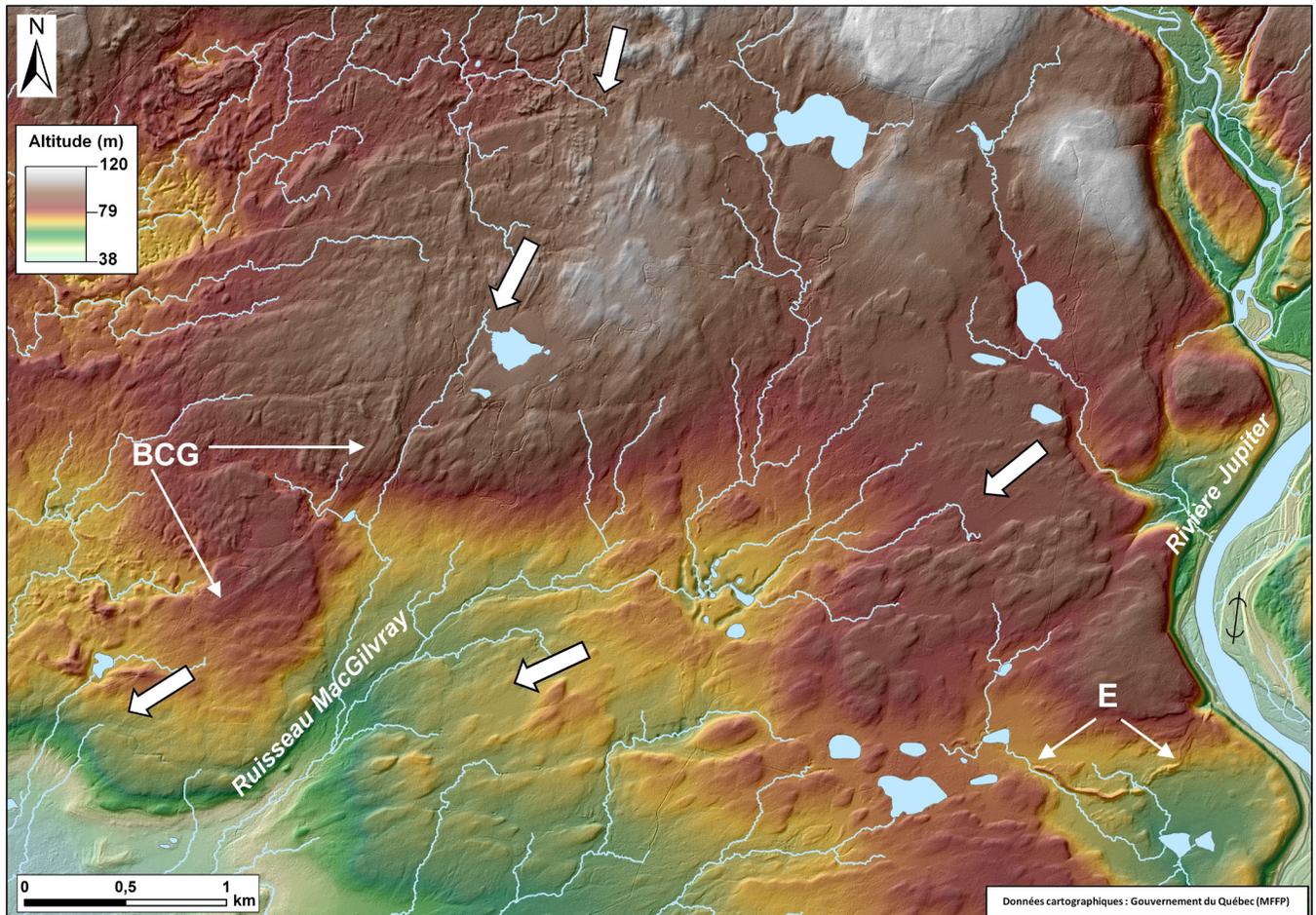


Figure 8. Le courant de glace de la rivière Jupiter, matérialisé par un flux glaciaire convergent (flèches blanches) et un champ de collines profilées sculptées dans le substrat rocheux. BCG : bordure du courant de glace ; E : esker.

définie, correspond à la crête linéaire du lac Comettant. Ce courant de glace pourrait correspondre à l'une des 2 voies de contournement du plateau central envisagées par Eyles et Putkinen (2014).

3. Sur le bas plateau de la zone 2, on observe surtout les traces d'un puissant écoulement vers le nord et le nord-est qui a fortement perturbé le substrat rocheux (glacitectonique). Le modelé qui en résulte, unique au Québec, est très semblable à celui décrit par Evans et collab. (2021) dans le centre de l'Alberta. Cet écoulement vers le nord a probablement été produit par une calotte glaciaire qui s'est attardée sur le plateau central pendant la déglaciation. La ligne de partage des glaces de cette calotte régionale était probablement située sur le haut plateau. Si cette calotte a été présente dans les basses terres de l'ouest (zone 3a), comme le suggèrent Painchaud et collab. (1984), il n'y a aucune trace de son passage sur les images LiDAR.
4. Le courant de glace de la rivière Jupiter, ainsi d'ailleurs que les autres langues glaciaires individualisées du versant sud du plateau central, était probablement alimenté par cette même calotte glaciaire.

Les travaux de terrain qui seront réalisés à l'été 2023 tenteront à la fois de valider ce modèle et de préciser la chronologie des différentes phases d'écoulement glaciaire.

Remerciements

Les auteurs remercient les professeurs Jean-Marie Dubois, Patrick Lajeunesse et André Desrochers, l'évaluateur anonyme et la rédaction de la revue du *Naturaliste canadien* pour leurs suggestions et leurs commentaires constructifs. ◀

Références

- ANDREWS, D.E., 1980. Glacially thrust bedrock. An indication of late Wisconsin climate in western New York State. *Geology*, 8: 97-101. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1980\)8<97:GTBRIO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1980)8<97:GTBRIO>2.0.CO;2).
- BEAUPRÉ, M., 2020. Anticosti Island: Geomorphological context of a unique karst area. Dans: Slaymaker, O. et N. Catto (édit.). *Landscapes and landforms of Eastern Canada*, World Geomorphological Landscapes, p. 229-244. https://doi.org/10.1007/978-3-030-35137-3_9.
- BIGRAS, P., 1985. Hydrogéomorphologie fluviale quaternaire du bassin versant de la rivière à la Patate, île d'Anticosti, Québec. Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, 131 p.
- BORDET, E., M. MALO et D. KIRKWOOD, 2010. Structural study of western Anticosti Island, St. Lawrence platform, Québec: Fracture analysis and integration of surface and subsurface structural data. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 58: 36-55. <https://doi.org/10.2113/gscpgbull.58.1.36>.

- BRADWELL, T., M. STOKER et M. KRABBENDAM, 2008. Megagrooves and streamlined bedrock in NW Scotland: The role of ice streams in landscape evolution. *Geomorphology*, 97 : 135-156. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.02.040>.
- CADIEUX, R., 1983. Contribution à l'hydrogéomorphologie du bassin de la rivière Jupiter, Île d'Anticosti (Québec). Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, 178 p.
- COPPER, P. et J. JIN, 2015. Tracking the early Silurian post-extinction faunal recovery in the Jupiter Formation of Anticosti Island, eastern Canada: A stratigraphic revision. *Newsletters on Stratigraphy*, 48 (2) : 221-240. <https://doi.org/10.1127/nos/2015/0061>.
- DESROCHERS, A. et É.L. GAUTHIER, 2009. Carte géologique de l'île d'Anticosti. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, DV 2009-03, carte à l'échelle 1:250 000.
- DIONNE, J.-C., 1984. Le rocher profilé: une forme d'érosion glaciaire négligée. *Géographie physique et Quaternaire*, 38 (1) : 69-74. <https://doi.org/10.7202/032537.ar>.
- DUBOIS, J.-M.M. et L. NADEAU, 1999. Morphosédimentologie d'une plate-forme intertidale rocheuse en zone tempérée froide, île d'Anticosti, Québec. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 43 (1) : p. 84-98. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.1999.tb01362.x>.
- DUBOIS, J.-M., Q.H.J. GWYN, D. GRATTON, A. PAINCHAUD, S. PERRAS, R. CADIEUX, L. SAINT-PIERRE et P. BIGRAS, 1985. Géologie des formations en surface et géomorphologie de l'île d'Anticosti, Québec. Commission géologique du Canada, dossier public n° 1132, 8 cartes au 1:50 000.
- DUBOIS, J.-M., Q.H.J. GWYN, P. BIGRAS, D. GRATTON, S. PERRAS et L. ST-PIERRE, 1990. Géologie des formations en surface de l'île d'Anticosti, Québec. Commission géologique du Canada, carte 1660A, échelle 1:250 000.
- DURAND, M. et G. BALLIVY, 1974. Particularités rencontrées dans la région de Montréal résultant de l'arrachement d'écaillés de roc par la glaciation. *Canadian Geotechnical Journal*, 11 : 302-306. <https://doi.org/10.1139/t74-026>.
- EVANS, D.J.A., E.R. PHILLIPS et N. ATKINSON, 2021. Glacitectonic rafts and their role in the generation of Quaternary subglacial bedforms and deposits. *Quaternary Research*, 104 : 101-135. <https://doi.org/10.1017/qua.2021.11>.
- EYLES, N. et N. PUTKINEN, 2014. Glacially-megalineated limestone terrain of Anticosti Island, Gulf of St. Lawrence, Canada; onset zone of the Laurentian Channel Ice Stream. *Quaternary Science Reviews*, 88 : 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.01.015>.
- GLASSER, N.F. et M.R. BENNETT, 2004. Glacial erosional landforms: Origins and significance for palaeoglaciology. *Progress in Physical Geography*, 28 (1) : 43-75. <https://doi.org/10.1191/0309133304pp401ra>.
- GRATTON, D., Q.H.J. GWYN et J.M.M. DUBOIS, 1984. Les paléoenvironnements sédimentaires au Wisconsinien moyen et supérieur, île d'Anticosti, golfe du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 38 (3) : 229-242. <https://doi.org/10.7202/032565ar>.
- HÉTU, B. et J.T. GRAY, 1985. Le modelé d'érosion glaciaire de la Gaspésie septentrionale. *Géographie physique et Quaternaire*, 39 (1) : 47-66. <https://doi.org/10.7202/032584ar>.
- JUTRAS, P. et G. PRICHONNET, 2004. Significance of paleosurfaces in interpreting the paleogeographic and stratigraphic evolution of the late Paleozoic Paspébiac graben, a recently identified basin in the southern Gaspé Peninsula of Québec, Canada. *GSA Bulletin*, 116 (9-10) : 1074-1086. <https://doi.org/10.1130/B25438.1>.
- MARGOLD, M., C.R. STOKES et C.D. CLARK, 2015. Ice streams in the Laurentide Ice Sheet: Identification, characteristics and comparison to modern ice sheets. *Earth-Science Reviews*, 143 : 117-146. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.01.011>.
- PAINCHAUD, A., J.M.M. DUBOIS et Q.H.J. GWYN, 1984. Déglaciation et émergence des terres de l'ouest de l'île d'Anticosti, golfe du Saint-Laurent, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 38 : 93-111. <https://doi.org/10.7202/032545ar>.
- SCHROEDER, J., M. BEAUPRÉ et M. CLOUTIER, 1986. Ice-push caves in platform limestones of the Montreal area. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 23 : 1842-1851. <https://doi.org/10.1139/e86-168>.
- ST-PIERRE, L., Q.H.J. GWYN et J.M.M. DUBOIS, 1987. Lithostratigraphie et dynamique glaciaires au Wisconsinien, île d'Anticosti, golfe du Saint-Laurent. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 24 : 1847-1858. <https://doi.org/10.1139/e87-175>.
- STOKES, C.R. et C.D. CLARK, 2002. Ice stream shear margin moraines. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27 : 547-558. <https://doi.org/10.1002/esp.326>.

LA FAUNE, notre mission, notre passion!

Grâce à la générosité de nos donateurs
et aux contributions des chasseurs,
pêcheurs et piégeurs, 265 projets
de conservation de la faune ont
été soutenus en 2021-2022!



Hugues Déglaire / Québec couleur nature

› **Faites partie du mouvement faunique!**

Faites un don : www.fondationdelafaune.qc.ca



Gervais Comeau Conseiller en placement

gervais.comeau@iagestionprivee.ca · gervaiscomeau.com

iagestionprivee.ca



Yvan Bedard
PHOTONATURE
Ph.D. Prof. émérite
Neuville, Qc
Canada G0A 2R0
1-418-561-7046

yvan_bedard@hotmail.com

PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS

<http://yvanbedardphotonature.com>