

Géologie des dépôts de surface de la région de la rivière Arnaud (SNRC 250 [moitié sud] et 24M [moitié nord])

RP 2018-04



Hugo Dubé-Loubert, Simon Hébert et Martin Roy

Québec 

DOCUMENT PUBLIÉ PAR LA DIRECTION GÉNÉRALE DE GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction générale

Alain Dumas

Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec

Andrea Amortegui

Direction de l'information géologique du Québec

Jean-Yves Labbé

Direction de la promotion et du soutien aux opérations

Robert Thériault, géo.

Lecture critique

Virginie Daubois, géo.

Auteurs

Hugo Dubé-Loubert, géo., Simon Hébert, géo. stag. et Martin Roy

Édition

Claude Dion, ing.

Graphisme

André Tremblay

Photo de couverture : zone de roc affleurant avec une mince couche de sédiment glaciaire et beaucoup de blocs délestés en surface.

Géologie des dépôts de surface de la région de la rivière Arnaud (SNRC 25D [moitié sud] et 24M [moitié nord])

Hugo Dubé-Loubert¹, Simon Hébert² et Martin Roy²

RP 2018-04

Mots-clés : géologie des dépôts de surface, prospection glaciocédimentaire, baie d'Ungava, secteur Labrador-Québec, Ligne de partage glaciaire de Payne, Mer d'Iberville.

Résumé

Le Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec (BCGQ) a amorcé à l'été 2017 un projet d'étude du Quaternaire dans le secteur de la rivière Arnaud (feuilles SNRC 24M [moitié nord] et 25D [moitié sud]), qui comprenait le levé cartographique des dépôts de surface à l'échelle de 1/250 000 et l'échantillonnage des sédiments glaciaires (till) et fluvioglaciaires (eskers). Ce secteur se trouve dans la zone d'influence de la Ligne de partage glaciaire de Payne, mais a également connu l'invasion marine postglaciaire de la Mer d'Iberville, d'où une épaisseur considérable de sédiments quaternaires qui masquent par endroits d'importantes superficies de roc. Cette particularité géologique s'avère un frein à l'exploration minérale. La cartographie des dépôts de surface, l'étude des marques d'érosion et les résultats des analyses géochimiques permettront de mieux évaluer le potentiel minéral régional. Le présent rapport traite des dépôts de surface et de la dynamique glaciaire. Les résultats de la prospection glaciocédimentaire feront l'objet d'une publication subséquente.

Le secteur à l'étude se trouve à la limite entre les provinces géologiques de Churchill et du Supérieur. L'hétérogénéité du socle et son influence sur la dynamique glaciaire sont perceptibles tant dans les unités et les types de morphologies cartographiés que dans les compositions minéralogiques et granulométriques des sédiments glaciaires et fluvioglaciaires. La partie ouest du secteur est caractérisée par de vastes zones de felsenmeer et de crêtes rocheuses gélifractées. L'épaisseur des dépôts est relativement faible et leur morphologie de surface relève d'une dynamique glaciaire peu active. Dans la portion SE, les formes fuselées et allongées témoignent de l'activité d'un important courant de glace au cours de la dernière glaciation. La morphologie de surface inhérente à ce courant de glace est confinée dans un corridor faisant près de 75 km de longueur et plus de 40 km de largeur. De façon générale, les dépôts dans la partie est de la zone d'étude sont caractérisés par une épaisseur relativement importante et des morphologies de surface modelées par les différents mouvements glaciaires.

1- Géologie Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles

2- Université du Québec à Montréal

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	6
Description et objectifs du projet.....	6
Localisation et accès.....	6
Cadre physiographique	6
Géologie du socle	6
Réseau hydrographique	6
Zone bioclimatique.....	6
Remerciements	6
TRAVAUX ANTÉRIEURS : DYNAMIQUE ET SÉQUENCE D'ÉCOULEMENTS GLACIAIRES DE LA PÉNINSULE D'UNGAVA.....	7
Déglaciation : retrait de la marge glaciaire et invasion marine postglaciaire	7
MÉTHODE DE TRAVAIL	8
RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES.....	8
Description des unités morphosédimentaires.....	8
Sédiments glaciaires et morphologies associées.....	8
Sédiments fluvioglaciaires et morphologies associées.....	9
Sédiments glaciolacustres et morphologies associées.....	9
Sédiments glaciomarins et morphologies associées.....	10
Sédiments postglaciaires	10
Marques d'érosion glaciaire et mouvements associés.....	11
CONCLUSION ET TRAVAUX À VENIR	11
RÉFÉRENCES	12
FIGURES.....	18
PHOTOGRAPHIES.....	27

INTRODUCTION

Description et objectifs du projet

Le projet de levé quaternaire réalisé dans la région de la rivière Arnaud s'inscrit dans le cadre d'un programme d'acquisition de connaissances géoscientifiques et de mise en valeur du potentiel minéral. Au cours de l'été 2017, la cartographie des dépôts de surface à l'échelle de 1/250 000 a couvert la moitié sud du feuillet SNRC 25D et la moitié nord du feuillet 24M (figure 1). Un inventaire exhaustif des marques d'érosion glaciaire a aussi été réalisé afin de reconstruire la séquence des écoulements dans la région. Le projet devrait se poursuivre à l'été 2018, à l'ouest de la présente zone d'étude.

Les séquences d'écoulement et le transport glaciaire à proximité d'une ligne de partage glaciaire, comme la Ligne de Payne dans la région d'étude, sont généralement complexes et polyphasées. La diversité des terrains associés à ce genre de contexte quaternaire reflète une mosaïque de conditions sous-glaciaires associée à l'évolution et à la migration de cette ligne de partage. Nos travaux permettront de mieux comprendre les divers événements survenus au cours du dernier cycle glaciaire et de la déglaciation subséquente, en plus de permettre d'évaluer les distances de transport effectives dans la région.

Ce rapport présente les résultats préliminaires du levé cartographique réalisé lors de la campagne de terrain 2017. Les autres données analytiques (géochimie, analyse des minéraux indicateurs de sédiments glaciaires et fluvioglaciaires, etc.) seront publiées dans un document distinct.

Localisation et accès

La zone d'étude couvre la moitié sud du feuillet SNRC 25D et la moitié nord du feuillet 24M, soit une superficie d'environ 12 540 km² comprise entre les latitudes 59° 30' N et 60° 30' N et les longitudes 70° W et 72° W (figure 1). La rivière Arnaud traverse la région d'ouest en est pour se jeter dans la baie d'Ungava à son extrémité orientale.

Le camp de base était situé sur la rive sud de la rivière Arnaud, à environ 35 km à l'ouest de la communauté de Kangirsuk (figure 1). L'équipe était logée au *Payne River Fishing Camp*, appartenant à *Arctic Adventures*. Le transport du personnel sur le terrain s'effectuait en hélicoptère. Le ravitaillement en carburant et en nourriture s'est effectué à partir de l'aéroport de Kangirsuk.

Cadre physiographique

La zone d'étude est située dans la région physiographique du Plateau de Larch (Bostock, 1970). Limité au nord par les monts de Puvirnituk, ce plateau légèrement ondulé et incliné vers le SE s'étend d'est en ouest de la baie d'Ungava jusqu'à la baie d'Hudson (figure 1). Dans le secteur de la

rivière Arnaud, la topographie dépasse rarement 400 m et les escarpements les plus importants correspondent aux falaises bordant la vallée de la rivière Arnaud. Les morphologies de surface ont été façonnées par l'Inlandsis laurentidien ainsi que par la Mer d'Iberville qui a envahi les principales vallées débouchant sur la baie d'Ungava.

Géologie du socle

L'histoire géologique du socle rocheux de la région de la rivière Arnaud est des plus complexes, s'étalant de l'Archéen au Protérozoïque. Le secteur à l'étude se trouve à la limite entre la Fosse du Labrador (Province de Churchill) à l'est et la Sous-province de Minto (Province du Supérieur) à l'ouest (figure 2). La Fosse du Labrador, particulièrement la Formation d'Hellancourt, est connue pour ses minéralisations de type sulfures massifs et de Ni-Cu-EGP associées respectivement aux roches mafiques et aux filons-couches ultramafiques (Bilodeau et Caron-Côté, 2017). La Sous-province de Minto possède un potentiel pour les minéralisations polymétalliques (Cu, Au, Ag, Zn et Pb) associées aux ceintures de roches volcano-sédimentaires archéennes (Madore *et al.*, 2001).

Réseau hydrographique

La zone d'étude possède un réseau hydrographique relativement bien développé qui comprend la rivière Arnaud et quelques-uns de ses affluents, notamment les rivières Vachon, Lestage, Buet, Thury et Brochant (figures 3a et 3b). Les lacs sont nombreux et de petites dimensions, avec un bassin versant de faible superficie. Les lacs les plus importants sont :

1. le lac Robert, à l'extrémité NE de la zone à l'étude;
2. le lac Peters, dans le centre-sud;
3. le lac Tasialujuaq, à l'extrémité SW.

Zone bioclimatique

La zone à l'étude touche deux domaines bioclimatiques selon la classification du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (2013), soit le domaine de la toundra arctique arbustive et celui de la toundra arctique herbacée. Le couvert végétal, constitué en grande partie de mousses et de lichens, ne dépasse pas quelques mètres de hauteur. Le pergélisol évolue de discontinu à continu du sud vers le nord et des formes de terrain associées à l'activité périglaciaire sont observables dans les zones de sol gelé en permanence. En surface, ces zones sont caractérisées par d'importantes superficies de roc affleurant et de sol minéral dénudé.

Remerciements

Nous tenons à remercier les nombreuses personnes ayant pris part, de près ou de loin, à ce projet. Un merci tout particulier aux aides qui ont participé à la réalisation des travaux de terrain et à nos pilotes, Luidgi Castonguay et

Patrice Tremblay. Merci à toute l'équipe de la géologie du socle rocheux menée par Carl Bilodeau et Emmanuel Caron-Côté. Merci à Virginie Daubois pour ses commentaires lors de la lecture critique. Finalement, nous aimerions souligner la qualité du travail de Kathleen O'Brien, de Julie Sauvageau et de toute l'équipe de la Direction de l'information géologique pour leur soutien géomatique et l'édition des cartes.

TRAVAUX ANTÉRIEURS : DYNAMIQUE ET SÉQUENCE D'ÉCOULEMENTS GLACIAIRES DE LA PÉNINSULE D'UNGAVA

La péninsule d'Ungava a fait l'objet de relativement peu d'études d'envergure touchant la géologie du Quaternaire. Drummond (1965) a cartographié le secteur du lac Cambrien et fut le premier à proposer l'existence d'une ligne de partage glaciaire en forme de fer à cheval au sud et à l'ouest de la baie d'Ungava (figure 3a). En effet, la géomorphologie du Nord québécois est caractérisée par deux importants ensembles de formes glaciaires dont le mode de mise en place est encore source de discussions. Dans le secteur de Caniapiscau et plus au sud, les formes glaciaires et les eskers témoignent d'un écoulement radial orienté vers le sud, l'est et l'ouest à partir de la position présumée d'une ligne de partage glaciaire (figure 3a). Au nord de cette position, ce premier ensemble est tronqué par un important système géomorphologique convergeant vers la baie d'Ungava (figure 3a). La limite entre ces deux ensembles géomorphologiques aux orientations opposées forme une zone courbe bien définie communément appelée *Horseshoe Unconformity* (Hughes, 1964; Drummond, 1965; Clark *et al.*, 2000; la ligne en tireté à la figure 3a). L'étroitesse de cette zone de rencontre, mais également la transition abrupte entre les deux ensembles morphosédimentaires aux directions opposées, a mené à des interprétations distinctes pour expliquer cette distribution morphologique (Clark *et al.*, 2000).

Gray et Lauriol (1985) ont mis en évidence une disposition symétrique des ensembles morphosédimentaires dans l'axe de la péninsule d'Ungava (figure 4). Le centre de la péninsule est caractérisé par une couche de matériau diamictique non orienté, riche en blocs. De part et d'autre de cette zone centrale, les dépôts sont caractérisés par des surfaces de roc affleurant couvert par endroits de minces couches de dépôt glaciaire laissant ensuite place latéralement à des zones de till plus épais et orienté par les écoulements. Ces ensembles morphologiques témoignent d'un écoulement radial à partir de la position présumée d'une ligne de partage glaciaire située au centre de la péninsule (Gray et Lauriol, 1985). Cette zonation symétrique démontre également l'existence d'un centre de dispersion désigné comme le « Centre de dispersion de Payne » par Daigneault (2008).

Les mouvements enregistrés de part et d'autre de la Ligne de partage de Payne sont de direction opposée : à l'ouest, un écoulement glaciaire vers la baie d'Hudson (W) et à l'est, un écoulement vers la baie d'Ungava (NNE). L'asymétrie des mouvements de part et d'autre de cette ligne serait probablement due aux différences topographiques entre les parties ouest et est de la péninsule d'Ungava (Lauriol *et al.*, 1982).

La disposition symétrique des faciès sédimentaires par rapport à l'axe de la péninsule d'Ungava s'explique également par la migration de la ligne de partage au cours du dernier cycle glaciaire et les conditions sous-glaciaires inhérentes. Plusieurs études ont associé la zonalité des formes de terrain à la position d'un centre de dispersion et à son évolution à travers le temps (Sugden et John, 1976; Aylworth et Shilts, 1989; Boulton et Clark, 1990; Kleman, 1994). En effet, les conditions d'équilibre nécessitent que la vitesse de la glace sous un dôme de dispersion soit très basse ou nulle dans un rayon de près de 100 km autour de la ligne de partage (Sugden et John, 1976). De plus, Kleman (1994) a montré que les zones situées sous une ligne de partage glaciaire sont caractérisées par des conditions sous-glaciaires à base froide (non hydratées) avec très peu de glissement basal. Dans ces conditions, le glacier s'écoule seulement par déformation interne et la faible vitesse de l'écoulement basal diminue grandement sa capacité érosive. Ces zones sont caractérisées par une faible production sédimentaire, des phénomènes de gélifraction affectant les affleurements et des ensembles morphosédimentaires non orientés ou même reliques. Au pourtour des centres de dispersion, les conditions sous-glaciaires sont hydratées, ce qui favorise l'écoulement basal de la glace, la production de matériau sédimentaire et la formation de formes orientées en périphérie (Kleman, 1994).

Dans la zone d'étude, très peu de travaux décrivent les directions d'écoulement glaciaire déterminées à partir des marques d'érosion. Lauriol (1982) a reconnu un mouvement glaciaire orienté à 060° pour les mouvements glaciaires dans le secteur SE de la zone d'étude, au sud de la vallée de la rivière Arnaud. Ce secteur est l'hôte d'un important corridor de formes fuselées de faible élévation résultant de l'activité d'un courant de glace d'âge inconnu (Margold *et al.*, 2015). En outre, un mouvement plus ancien vers l'ESE (098°) a été observé à l'embouchure de la rivière Arnaud (Lauriol, 1982).

Déglaciation : retrait de la marge glaciaire et invasion marine postglaciaire

Les grandes étapes de la déglaciation de la péninsule d'Ungava sont encore mal circonscrites. Très peu de travaux ont porté sur le retrait de la marge glaciaire du Centre de dispersion de Payne et sur l'invasion marine au pourtour de la péninsule d'Ungava. Storrar *et al.* (2013) ont réalisé un inventaire exhaustif de tous les eskers présents sur le

territoire canadien et ont démontré que les eskers de la péninsule d'Ungava se répartissent entre deux grands ensembles :

1. les eskers plus ou moins E-W situés à l'ouest de la position présumée du Centre de dispersion de Payne qui témoignent du recul de la marge glaciaire de l'ouest (baie d'Hudson) vers l'est;
2. les eskers orientés E-W situés à l'est de la ligne de partage qui témoignent d'un retrait de l'est (baie d'Ungava) vers l'ouest.

Au centre de la péninsule, aucun esker n'est répertorié, ce qui est en accord avec les conditions d'équilibre glaciaire sous un centre de dispersion déjà évoquées (Sugden et John, 1976; Kleman, 1994).

L'invasion de la Mer d'Iberville a succédé au retrait de la marge glaciaire au pourtour de la péninsule d'Ungava. Les datations par ^{14}C sur des coquillages indiquent une invasion marine dans la vallée de la rivière Arnaud autour de 7360 ± 170 cal B.P. (Gray *et al.*, 1980; âge calibré avec le programme Calib version 7.1).

Plusieurs données existent concernant la limite maximale atteinte par la Mer d'Iberville. Dans le secteur de la rivière Arnaud, près de son embouchure, la limite marine maximale mesurée à partir des deltas glaciomarins varie entre 131 et 140 m d'élévation (Lauriol, 1982). À l'intérieur de la vallée, les limites de délavage mesurées indiquent que la limite marine a atteint entre 110 et 125 m (Lauriol, 1982). Plus au sud, aux environs d'Aupaluk (figure 1), la limite marine de la Mer d'Iberville a été estimée à environ 148 m à partir de la limite de délavage sur le flanc des collines (Lauriol, 1982). Entre Aupaluk et la rivière aux Feuilles (Tasiujaq), les résultats indiquent une invasion marine atteignant une altitude d'approximativement 160 m.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Une photo-interprétation préalable à la campagne de terrain a été effectuée afin d'établir une version préliminaire de l'organisation des dépôts de surface et de déterminer les zones favorables à la cueillette d'échantillons. La cartographie a été réalisée à partir d'une couverture fragmentaire de photographies aériennes à l'échelle de 1/40 000 et d'une couverture complète d'images satellitaires Rapideye (résolution de 5 m). Au cours de l'été 2017, plus de 300 sites d'observation ont été étudiés et décrits à l'aide de la géofiche Quaternaire. Une photo-interprétation finale a permis de corroborer les observations de terrain et de définir l'architecture des dépôts de surface et les grands ensembles morphologiques (carte hors texte).

Les descriptions sédimentologiques (genèse, faciès primaire, secondaire et tertiaire, structures linéaires, etc.) et géomorphologiques ont été réalisées pour chacun des sites d'échantillonnage (till et esker) à l'aide de la géofiche Quaternaire. Cette information est disponible dans la base de données du SIGÉOM, sous l'onglet « Géologie du Quaternaire » (<http://sigeom.mines.gouv.qc.ca>).

Au total, 192 échantillons de till et 57 échantillons d'esker ont été prélevés au cours de l'été 2017 (figure 3b). La matrice fine des échantillons de till a été analysée pour les éléments majeurs, en traces et d'intérêt économique, alors que tous les échantillons (till et esker) ont été traités pour identifier les minéraux indicateurs. Les résultats de ces analyses feront l'objet d'une publication subséquente.

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Description des unités morphosédimentaires

Le secteur à l'étude se trouve à proximité de la Ligne de partage glaciaire de Payne dont l'évolution a influencé l'architecture et la nature des dépôts. Les unités cartographiées décrites dans cette section témoignent de conditions sous-glaciaires variables se traduisant par un ensemble complexe de formes de terrain.

Sédiments glaciaires et morphologies associées

Le till de surface (**Tc** pour till en couverture continue et **Tm** pour till en couverture mince et discontinue; carte hors texte) est de composition relativement homogène dans toute la région d'étude. Il s'agit d'un till à matrice grisâtre composée de silt, de sable et d'un peu d'argile qui contient des clastes millimétriques à décimétriques (photo 1). Le till en couverture continue (**Tc**) correspond à un sédiment formé de clastes anguleux à subanguleux qui flottent dans la matrice. Le till en couverture mince et discontinue (**Tm**), d'une épaisseur inférieure à 1 mètre, renferme des clastes anguleux et généralement monogéniques. La présence de blocs en surface est commune dans les zones de till en couverture mince et discontinue.

Dans la portion ouest de la zone à l'étude, les zones de roc affleurant (**R**) alternent avec les zones de till mince (**Tm**; photo 2). Sur les hauts plateaux ceinturant la vallée des rivières Arnaud et Vachon, en plus du till mince en placage discontinu (**Tm**), plusieurs zones de faciès de décrépitude (**Tf**) caractérisées par la présence d'essaims de moraines bosselées (*hummocky moraines*) sont présentes. Ce type d'environnement, lié au morcellement d'une masse de glace ayant fondu sur place (photo 3), génère un sédiment dont la matrice est plus grossière (sableuse) que celle du till régional. Le secteur à proximité du lac Tasiujuaq (feuille 24M12) est aussi caractérisé par des moraines bosselées. Autour du lac Peters (feuille 24M10), des crêtes morainiques mineures orientées NW-SE ont été cartographiées au sein des zones de till de fusion (**Tf**).

La partie orientale de la zone à l'étude est caractérisée par une couverture continue et plus épaisse de matériau glaciaire (photo 4). Les plus fortes épaisseurs de till ont été observées à l'est du lac Peters où elles sont associées à

un corridor de courant de glace orienté SW-NE (photo 5). Ce corridor se distingue par l'absence de roc affleurant en raison de l'importante couverture de sédiments glaciaires. Sa partie amont montre un goulot de convergence des formes fuselées qui est typique des courants de glace. Cet effet d'entonnoir est associé à l'appel de glace créé par la forte vélocité d'écoulement. À l'intérieur de ce quadrilatère (40 km de large par 75 km de long), le till est modelé sous la forme de drumlinoïdes de longueur kilométrique (de 2 à 7 km; photo 5) montrant un rapport longueur/largeur moyen de 12 (Hébert *et al.*, 2017) ou de traînées morainiques fuselées derrière abri (*crag-and-tail*; photo 6). L'orientation générale de ces mégaformes fuselées est de 070°.

La limite nord du courant de glace est abrupte comparativement à sa limite sud qui est plutôt diffuse. Les affleurements présents sur la marge nord sont fracturés, témoignant de l'important cisaillement en bordure de ce paléocourant (photo 7). Les formes fuselées disparaissent graduellement à proximité de la baie d'Ungava. D'ailleurs, la majorité des sédiments glaciaires près de la côte ont été remaniés par l'action des vagues de la Mer d'Iberville. Les mécanismes pouvant expliquer l'établissement de ces zones de forte vélocité d'écoulement sont encore un sujet de débat. La présence d'eau à la base du glacier, la topographie, la nature du substrat sous-glaciaire ainsi que l'appel de glace créé par la présence d'un plan d'eau sont autant de paramètres permettant d'initier de tels courants de glace (Stokes et Clark, 2001). Dans le cas du courant de glace de la rivière Arnaud, le contrôle topographique semble constituer le paramètre clé ayant permis son apparition. En effet, la topographie de la région à l'étude correspond à un plan légèrement incliné vers l'est, depuis les plateaux en bordure de la vallée de la rivière Arnaud jusqu'à son embouchure sur la baie d'Ungava.

L'extrémité ouest du territoire cartographié comprend des îlots de felsenmeer (**Qf**) dont la superficie atteint localement quelques kilomètres carrés (photo 8). Ils sont formés essentiellement de blocs métriques, jointifs, polygéniques et anguleux, avec par endroits des poches de matrice altérée. Les affleurements rocheux en périphérie et au cœur de ces îlots sont gélifractés. Ce secteur aurait connu des conditions plus ou moins intenses de glace à base froide ou encore la présence d'une glace dont la vitesse d'écoulement basale aurait été pratiquement nulle. Ces terrains semblent être l'équivalent des zones sans modelé glaciaire cartographiées par Gray et Lauriol (1985; en vert sur la figure 4). Leur âge est difficile à déterminer, mais le caractère polygénique des blocs et la quantité non négligeable de matériau allochtone semble indiquer qu'il s'agit de terrains reliques.

Finalement, certaines aires de till ont été remaniées soit par les eaux de fonte glaciaire, soit par l'invasion marine postglaciaire. Ces zones ont été cartographiées comme till remanié (**Tr**) ou till remanié en couverture discontinue (**Trm**). Elles sont situées près des corridors fluvioglaciaires et dans la partie de la zone d'étude qui a été envahie par la Mer d'Iberville, à l'ouest de la baie d'Ungava.

Sédiments fluvioglaciaires et morphologies associées

Plusieurs types de sédiments fluvioglaciaires se sont déposés lors de la fonte et du retrait du glacier. Les corridors fluvioglaciaires (**Gx**, eskers, kames et kettles), répartis dans l'ensemble de la zone cartographiée, sont généralement orientés E-W, suggérant un retrait de la marge de l'est vers l'ouest. Au sein des corridors, les eskers sont discontinus et de dimension variable. Ils sont caractérisés par des crêtes kilométriques plus ou moins arrondies de 5 à 10 m de hauteur moyenne et 15 à 20 m de largeur (photo 9). Les eskers sont constitués de sable et de gravier avec quelques cailloux arrondis, imbriqués localement. Certains contiennent un grand nombre de blocs délestés en surface; d'autres montrent un horizon B oxydé développé sur près de 50 cm. Dans la partie amont des corridors fluvioglaciaires, des zones présentent un arrangement convergent de chenaux nourriciers sous-glaciaires qui sont par endroits profondément incisés dans le roc ou le sédiment en place. Ces zones ont été cartographiées et étiquetées comme sédiment proglaciaire non différencié (**G**).

À proximité du courant de glace de la rivière Arnaud, les sédiments juxtaglaciaires (crêtes d'esker) et les sédiments d'épandage subaquatique (**Gs**) ou subaérien (**Go**) se succèdent à l'intérieur des corridors fluvioglaciaires. Dans le même secteur, les corridors fluvioglaciaires E-W forment un angle relativement prononcé avec les drumlinoïdes NE-SW qu'ils recoupent, ce qui indique une variation entre la direction d'écoulement du courant de glace et la direction du retrait de la marge. Ceci pourrait être lié à un changement de configuration de la calotte entre les périodes de crues glaciaires ayant nourri le courant de glace et la déglaciation ou encore à un réajustement de la marge glaciaire en raison de l'invasion marine et de l'ablation associée.

Des chenaux de fonte glaciaire ont été cartographiés dans la zone d'étude. Bien qu'ils ne semblent montrer aucune organisation spatiale, ces chenaux sont plus nombreux dans la partie NW de la zone à l'étude, au pourtour de la rivière Vachon (photo 10). Certains d'entre eux, les plus imposants, recoupent les corridors fluvioglaciaires à fort angle. La plupart sont des chenaux de type Nye mis en place dans l'axe des corridors fluvioglaciaires.

Sédiments glaciolacustres et morphologies associées

L'obstruction par la glace des voies de drainage des rivières s'écoulant naturellement vers la baie d'Ungava a permis l'accumulation d'eau de fonte et le développement de lacs proglaciaires, notamment les lacs Minto, Nantais et Payne (Lauriol et Gray, 1983; Gray *et al.*, 1993) qui se trouvent plus à l'ouest, à l'extérieur du territoire à l'étude. Dans la vallée de la rivière Vachon, des unités glaciolacustres associées à un lac de barrage glaciaire éphémère ont été cartographiées. Les sédiments littoraux (**LGb**) se présentent sous la forme de zones de till lessivé et de roc ou de terrasses glaciolacustres. De petits deltas perchés

ont aussi été observés sur le terrain, mais leur superficie est trop peu importante pour définir une unité de sédiments deltaïques sur la carte.

Les terrasses ou les lignes de rivage de ce lac de barrage ont été construites à flanc de colline, dans des sédiments glaciaires. Le lessivage du till sous l'action des vagues a mis au jour des zones de roc qui marquent la limite supérieure de délavage du till (*washing limit*). En contrebas, le till remanié forme un plateau discontinu horizontal de 5 à 10 mètres de largeur que l'on peut suivre par endroits sur quelques centaines de mètres (photo 11). Ce lac confiné ne semble pas avoir eu une existence très longue, les constructions glaciolacustres étant peu développées. L'élévation d'au moins une des phases de ce plan d'eau est d'environ 175 m (mesure d'une ligne de rivage).

Des chenaux déversoirs, qui témoignent d'un changement de niveau d'eau entre deux phases glaciolacustres ou à l'occasion d'une connexion avec la Mer d'Iberville, ont été cartographiés en aval de l'extension du Lac Vachon. Ceux-ci ont surcreusé le till ou le soubassement rocheux sur plusieurs dizaines de mètres de profondeur et de largeur.

Sédiments glaciomarins et morphologies associées

Lors du retrait de la marge glaciaire de la côte de la baie d'Ungava, la Mer d'Iberville a envahi le secteur. Les constructions associées à l'invasion marine sont nombreuses et relativement bien définies dans la zone d'étude.

Dans la vallée de la rivière Arnaud, l'altitude maximale atteinte par la Mer d'Iberville (limite marine) est marquée par une limite de battement des vagues, lesquelles ont complètement lessivé le sédiment glaciaire préalablement déposé jusqu'à mettre à nu le socle rocheux sous-jacent (photo 12). Cette limite de délavage peut être suivie sur plusieurs dizaines de kilomètres. Elle est mieux définie sur le versant sud de la vallée, probablement à cause d'une quantité plus importante de sédiments sur cette rive (Lauriol, 1982). D'autre part, la succession de terrasses marines (**MGb**) ainsi que les deltas (**Mgd**) présents le long de la vallée de la rivière Arnaud témoignent des importantes phases de transgression/régression de la Mer d'Iberville (photo 13).

À l'extérieur de la vallée, dans le secteur SE de la zone d'étude, les formes fuselées associées à l'activité du courant de glace de la rivière Arnaud ont été façonnées par l'action des vagues. Certaines formes fuselées présentent un gradin d'érosion glaciomarin sur leur versant sud, alors que la partie orientale de certains drumlinoïdes a été remodelée en flèche littorale. Les secteurs fortement remaniés et les zones sableuses associées à l'invasion marine ont été cartographiés comme dépôts littoraux (**MGb**). Quant aux dépôts silto-argileux observés à proximité de la baie d'Ungava, ils sont associés à des faciès marins distaux (**MGa**). Des dépôts marins silto-argileux ont aussi été cartographiés plus en amont, le long de la vallée de la rivière Arnaud, en alternance avec des alluvions récentes.

L'altitude maximale atteinte par la transgression de la Mer d'Iberville varie grandement d'est en ouest et du nord au sud. En effet, à l'embouchure de la rivière Arnaud, les mesures indiquent que la limite marine atteignait une élévation comprise entre 131 et 135 m. Plus en amont, à l'intérieur de la vallée de la rivière Arnaud, la limite maximale fluctue entre 152 et 164 m. La limite du battement des vagues est fonction de plusieurs paramètres, comme l'orientation des vents dominants, la présence ou l'absence de matériau et la différence d'amplitude des marées.

Dans le secteur d'Aupaluk, Lauriol (1982) a noté, pour une même colline, une différence d'altitude de 6 m entre le versant soumis à l'action directe des vagues et celui subissant uniquement l'effet des vagues réfléchies. Les variations d'altitude de la limite marine peuvent donc être de nature locale, plutôt que directement associées au gauchissement isostatique. D'autres mesures seront nécessaires afin d'établir avec certitude la limite atteinte par la Mer d'Iberville dans le secteur de Kangirsuk, mais également pour déterminer avec précision l'altitude du plan de gauchissement définie par les constructions littorales glaciomarines. Il est en effet important de bien définir la limite maximale de l'invasion marine postglaciaire afin de délimiter les zones non remaniées en vue de l'échantillonnage des sédiments glaciaires et fluvioglaciaires.

Le gauchissement E-W déduit à partir des données d'élévation de la littérature (Gray *et al.*, 1980; Lauriol, 1982) semble difficilement conciliable avec un retrait de la marge glaciaire d'est en ouest mis en évidence par l'orientation des eskers sur le pourtour est de la baie d'Ungava. En effet, l'abaissement vers l'ouest de la limite marine mesurée dans l'axe E-W de la vallée de la rivière Arnaud indique plutôt la présence d'une masse de glace résiduelle centrée sur la baie d'Ungava, ce qui est en contradiction avec une invasion marine. La composante N-S du plan de gauchissement résulterait de la présence d'une masse de glace au sud des basses-terres de la baie d'Ungava, ce qui est cohérent avec l'idée d'une masse de glace résiduelle dans le secteur de Caniapiscou (Veillette *et al.*, 1999). Une caractérisation précise du plan de gauchissement combiné (E-W et N-S) permettra de localiser les masses de glace résiduelles ayant contribué de façon la plus significative au relèvement isostatique du secteur.

Sédiments postglaciaires

La déglaciation du territoire s'est terminée vers 6000 ans B.P. (Dyke et Prest, 1987). La reprise du drainage normal a déposé des séquences alluvionnaires dans les vallées des rivières actuelles. Les alluvions récentes (**Ap**) sont composées de sable, de silt sableux, de gravier et de matière organique disséminée formant des plaines, des levées et des barres alluviales.

Les lacs actuels ont été cartographiés comme sédiments lacustres non différenciés (**L**). Ces sédiments comprennent des sables et des graviers littoraux, pré-littoraux et deltaïques

ainsi que des sédiments fins d'eau profonde. Ils contiennent communément de la matière organique disséminée.

Lors de l'exhumation du territoire à la suite de la déglaciation, des complexes organiques (O) se sont développés dans les zones mal drainées. La rivière Arnaud et certains de ses tributaires coulent dans une vallée relativement encaissée. Par endroits, les escarpements rocheux ont subi des phénomènes de gélifraction engendrant des colluvions (Ce). Ces dépôts forment des cônes ou des tabliers de cailloux et de blocs anguleux au pied des escarpements rocheux.

Marques d'érosion glaciaire et mouvements associés

L'inventaire des marques d'érosion glaciaire et de l'orientation des formes macroscopiques de terrain a permis de dresser les grandes lignes de la séquence des écoulements glaciaires. La chronologie relative de certains mouvements a été établie à partir des relations de recoupement entre les différentes familles de marques d'érosion. Dans la partie ouest du terrain, la nature granitique du soubassement rocheux, tout comme la piètre qualité de préservation des surfaces de certains affleurements, a rendu difficile la cartographie des marques d'érosion, notamment pour les mouvements plus anciens. Dans la partie est, les marques d'érosion, comme les stries, sont mieux définies dans les roches volcaniques et sédimentaires de la Fosse du Labrador que dans les roches granitiques de la Sous-province de Minto. Par contre, les roches de la Fosse sont souvent fortement magnétiques, ce qui a compliqué la prise de mesures.

L'analyse d'environ 150 marques d'érosion glaciaire (stries glaciaires) réparties à travers la zone d'étude révèle que la plupart de ces microformes sont associées à l'écoulement glaciaire le plus récent ayant affecté la région (figure 5). Sauf quelques fluctuations de nature plutôt locale, l'azimut moyen de l'écoulement récent est ENE (environ 060°).

Dans le quadrant SW de la zone d'étude, le recoupement d'un mouvement ancien ENE (070°) par un écoulement NE (040° à 050°) a été observé à deux endroits. Dans le quadrant SE, les quatre recoupements observés indiquent une réorientation antihoraire des mouvements glaciaires. En affleurement, un mouvement d'environ 070° est recoupé par un écoulement subséquent à 060°. La tendance inverse a été observée sur deux affleurements, où un mouvement plus ancien (040 à 055°) est recoupé par un mouvement plus récent (060 à 070°), ce qui peut être dû à l'influence locale de la topographie ou à l'effet perturbateur du magnétisme de la roche en place.

Dans le quadrant NE, tous les recoupements (16) indiquent une réorientation horaire de l'écoulement glaciaire. En outre, trois sites montrent des recoupements identiques : un mouvement ancien orienté 030°-210°, un deuxième mouvement orienté 040°-220° et un mouvement tardif de sens connu orienté environ 060°. Cette relation de recoupement a également été observée dans huit autres sites, où un mouvement orienté entre 030° et 040° est systématiquement recoupé par

un écoulement plus récent compris entre 053° et 060°. Sur deux autres sites, les relations de recoupement sont assez différentes; un mouvement orienté 060° est recoupé par un mouvement à 070°. Bien que quelque peu différents, ces recoupements indiquent une réorientation horaire analogue aux autres relations évoquées.

Les stries observées dans l'axe du courant de glace au sud de la rivière Arnaud ne permettent pas de déterminer avec certitude l'âge relatif de celui-ci. L'activité de ce courant a en effet laissé une importante couche de sédiments glaciaires qui a complètement masqué le roc, ce qui rend difficile l'observation des marques d'érosion. Les formes fuselées associées à ce corridor de forte vélocité d'écoulement n'ont pas été modifiées ultérieurement, indiquant un âge relativement tardif. Les eskers E-W qui recoupent ces formes indiqueraient un réajustement horaire tardif de la marge glaciaire, postérieur à l'activité du courant de glace et en accord avec les recoupements observés.

CONCLUSION ET TRAVAUX À VENIR

La campagne de terrain 2017 du projet du Quaternaire de la rivière Arnaud comprenait la cartographie des dépôts de surface de la moitié sud du feuillet SNRC 25D et de la moitié nord du feuillet 24M. Plus de 300 sites d'observation ont été décrits et, lorsque possible, les marques d'érosion glaciaire ont été relevées. De plus, 192 échantillons de till et 57 échantillons d'esker ont été prélevés et leur analyse permettra de préciser le potentiel minéral de cette zone à forte couverture sédimentaire.

La zone d'étude se trouve à la limite entre les provinces géologiques de Churchill et du Supérieur. L'épaisseur des dépôts de surface est moins importante dans la partie ouest que dans la partie est. De façon générale, la région est caractérisée par un plateau de roc et de till mince dans le NE et en bordure de la vallée de la rivière Arnaud, et par une couverture de till assez continue dans les autres secteurs. D'importantes zones de felsenmeer et des crêtes rocheuses gélifractées ont aussi été observées dans la portion ouest. Les sédiments fluvioglaciaires sont répartis assez uniformément sur le territoire où ils forment soit de grands corridors kilométriques continus, soit une succession d'eskers à crête discontinue et de sédiments d'épandage proglaciaires.

La couverture continue de sédiment glaciaire dans l'est de la zone d'étude possède une morphologie de surface relativement bien définie et orientée. Des zones de *crag-and-tail* sont présentes dans le NE, alors que la portion SE est caractérisée par des formes fuselées allongées (drumli-noïdes) témoignant de l'activité d'un important courant de glace au cours de la dernière glaciation. La morphologie de surface inhérente à ce courant de glace est confinée dans un corridor faisant près de 75 km de longueur sur plus de 40 km de largeur.

La direction des écoulements glaciaires répertoriés dans la zone d'étude est assez constante pour les mouvements récents des glaces. D'après les mesures prises sur le terrain, le dernier écoulement a une direction ENE (environ 060°). Les relations de recoupement observées sont équivoques et incohérentes pour l'ensemble de la zone d'étude, en partie du fait de la qualité médiocre des affleurements dans la partie ouest et du caractère fortement magnétique des roches dans la partie est. Une étude plus approfondie est nécessaire afin de préciser la séquence des mouvements glaciaires et la chronologie relative de ceux-ci, ainsi que la nature régionale ou locale des fluctuations observées. En 2018, le projet du Quaternaire de la rivière Arnaud se poursuivra avec la cartographie des dépôts de surface au sud, à l'ouest et au nord du secteur étudié en 2017.

RÉFÉRENCES

- AYLSWORTH, J.M. – SHILTS, W.W., 1989 – Glacial features around the Keewatin Ice Divide: Districts of Mackenzie and Keewatin. Geological Survey of Canada; Paper 88-24, 21 pages.
- BILODEAU, C. – CARON-CÔTÉ, E., 2017 – Géologie de la région de la rivière Arnaud, provinces du Supérieur (Minto) et de Churchill (Fosse du Labrador), secteur de Kangirsuk, Nunavik, Québec, Canada. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; Bulletin Géologique préliminaire. <http://gg.mines.gouv.qc.ca/bulletins-geologiques/riviere-arnaud/> (page consultée le 27 avril 2018).
- BOSTOCK, H.S., 1970 – Carte physiographique du Canada. Commission géologique du Canada; carte 1254A (2^e édition), échelle 1/5 000 000.
- BOULTON, G.S. – CLARK, C.D., 1990 – A highly mobile Laurentide ice sheet revealed by satellite images of glacial lineations. *Nature*; volume 346, pages 813-817.
- CLARK, C.D. – KNIGHT, J.K. – GRAY, J.T., 2000 – Geomorphological reconstruction of the Labrador sector of the Laurentide Ice Sheet. *Quaternary Science Review*; volume 19, pages 1343-1366.
- DAIGNEAULT, R.-A., 2008 – Géologie du Quaternaire du nord de la péninsule d'Ungava, Québec. Commission géologique du Canada; Bulletin 533, 126 pages.
- DUBÉ-LOUBERT, H. – DAUBOIS, V. – ROY, M., 2016 – Géologie des dépôts de surface de la région du lac Henrietta (24H). Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RP 2016-01, 34 pages.
- DRUMMOND, R.N., 1965 – Glacial geomorphology of the Cambrian Lake area, Labrador-Ungava. Université McGill; Ph. D. thesis, 222 pages.
- DYKE, A.S. – PREST, V.K., 1987 – Late Wisconsinan and Holocene history of the Laurentide Ice Sheet. *Géographie physique et Quaternaire*; volume 41, pages 237-263.
- GRAY, J.T. – DE BOUTRAY, B. – HILAIRE-MARCEL, C. – LAURIOL, B., 1980 – Postglacial emergence of the west coast of Ungava Bay, Quebec. *Arctic and Alpine Research*; volume 12, pages 19-30.
- GRAY, J.T. – LAURIOL, B., 1985 – Dynamics of the late Wisconsin ice sheet in the Ungava peninsula interpreted from geomorphological evidence. *Arctic and Alpine Research*; volume 17, pages 289-310.
- GRAY, J.T. – LAURIOL, B. – BRUNEAU, D. – RICARD, J., 1993 – Postglacial emergence of Ungava Peninsula, and its relationship to glacial history. *Canadian Journal of Earth Sciences*; volume 30, pages 1676-1696.
- HÉBERT, S. – ROY, M. – DUBÉ-LOUBERT, H., 2017 – Characterization of the Payne Bay paleo-ice stream, Eastern Ungava Peninsula (Quebec, Canada). Affiche scientifique présentée dans le cadre du *AGU Fall Meeting*, Nouvelle-Orléans.
- HUGHES, O.L., 1964 – Surficial geology, Nichicun-Kaniapiscaw Map-area. Geological Survey of Canada; Bulletin 106, 20 pages.
- KLEMAN, J., 1994 – Preservation of landforms under ice sheets and ice caps. *Geomorphology*; volume 9, pages 19-32.
- LAURIOL, B., 1982 – Géomorphologie quaternaire du sud de l'Ungava. *Paléo-Québec*; volume 15, 174 pages.
- LAURIOL, B. – GRAY, J.T., 1983 – Un lac glaciaire dans la région du lac Minto – Nouveau-Québec. *Revue canadienne des sciences de la Terre*; volume 20, pages 1488-1492.
- MADORE, L. – LARBI, Y. – SHARMA, K.N.M. – LABBÉ, J.-Y. – LACOSTE, P. – DAVID, J. – BROUSSEAU, K. – HOCQ, M., 2001 – Géologie de la région du lac Klotz (35A) et du cratère du Nouveau-Québec (1/2 sud de 35H). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RG 2001-09, 46 pages, 2 plans.
- MARGOLD, M. – STOKES, C.R. – CLARK, C.D., 2015 – Ice streams in the Laurentide Ice Sheet: identification, characteristics and comparison to modern ice sheets. *Earth-Science Reviews*; volume 143, pages 117-146.
- MINISTÈRE DES FORÊTS, DE LA FAUNE ET DES PARCS, 2013 – Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Québec. <https://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/inventaire-zones-carte.jsp> (page consultée le 27 avril 2018).
- STORRAR, R.D. – STOKES, C.R. – EVANS, D.J.A., 2013 – A map of large Canadian eskers from Landsat satellite imagery. *Journal of Maps*; volume 9, pages 456-473.
- STOKES, C.R. – CLARK, C.D., 2001 – Palaeo-ice streams. *Quaternary Science Reviews*; volume 2, pages 1437-1457.
- SUGDEN, D.E. – JOHN, B.S., 1976 – *Glaciers and landscape*. Hodder Arnold; 176 pages.
- VEILLETTE, J.J. – DYKE, A.S. – ROY, M., 1999 – Ice-flow evolution of the Labrador Sector of the Laurentide Ice Sheet: a review, with new evidence from northern Quebec. *Quaternary Science Reviews*; volume 18, pages 993-1019.

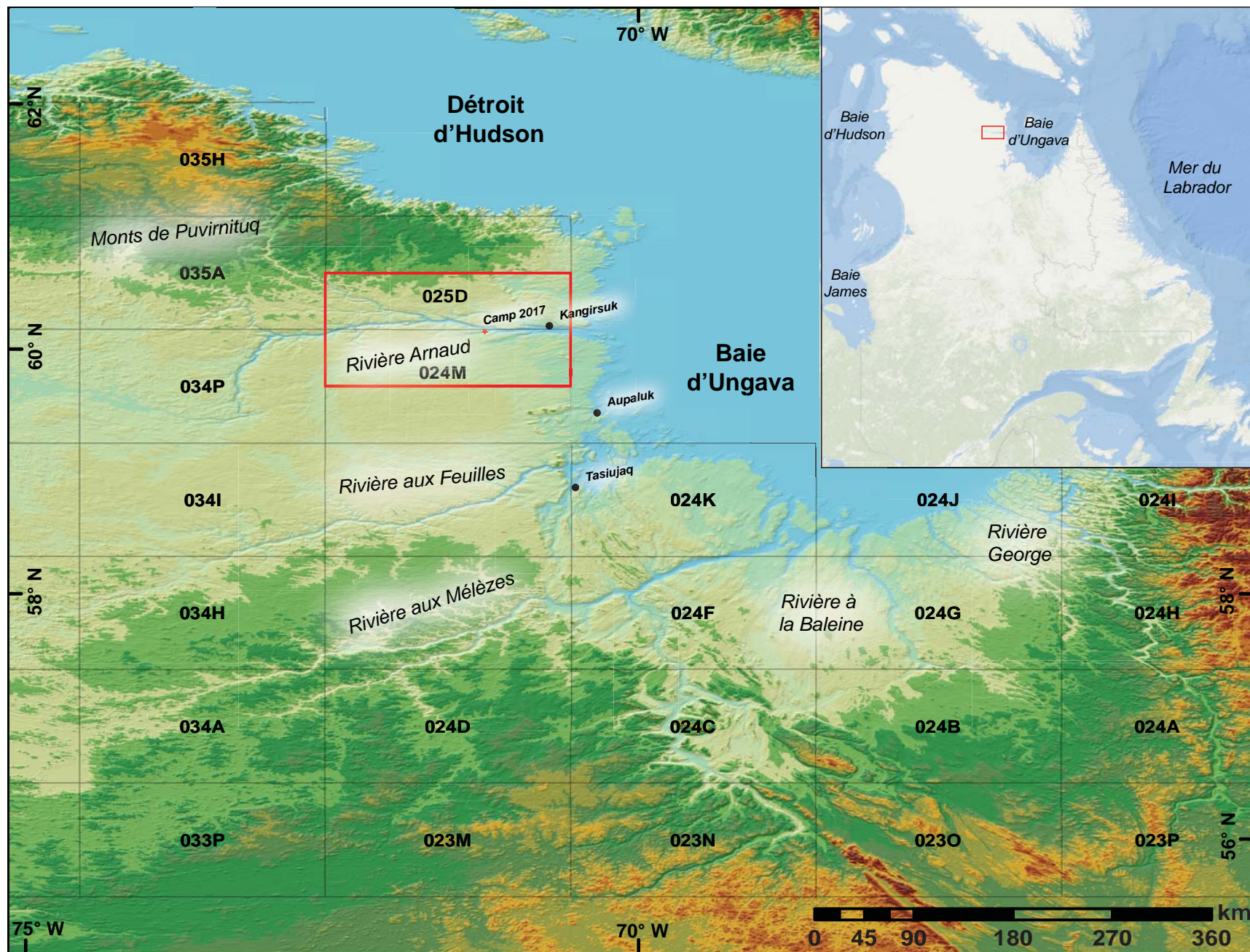


FIGURE 1 – Localisation de la zone cartographiée le long de la rivière Arnaud au cours de la campagne 2017 et position du camp.

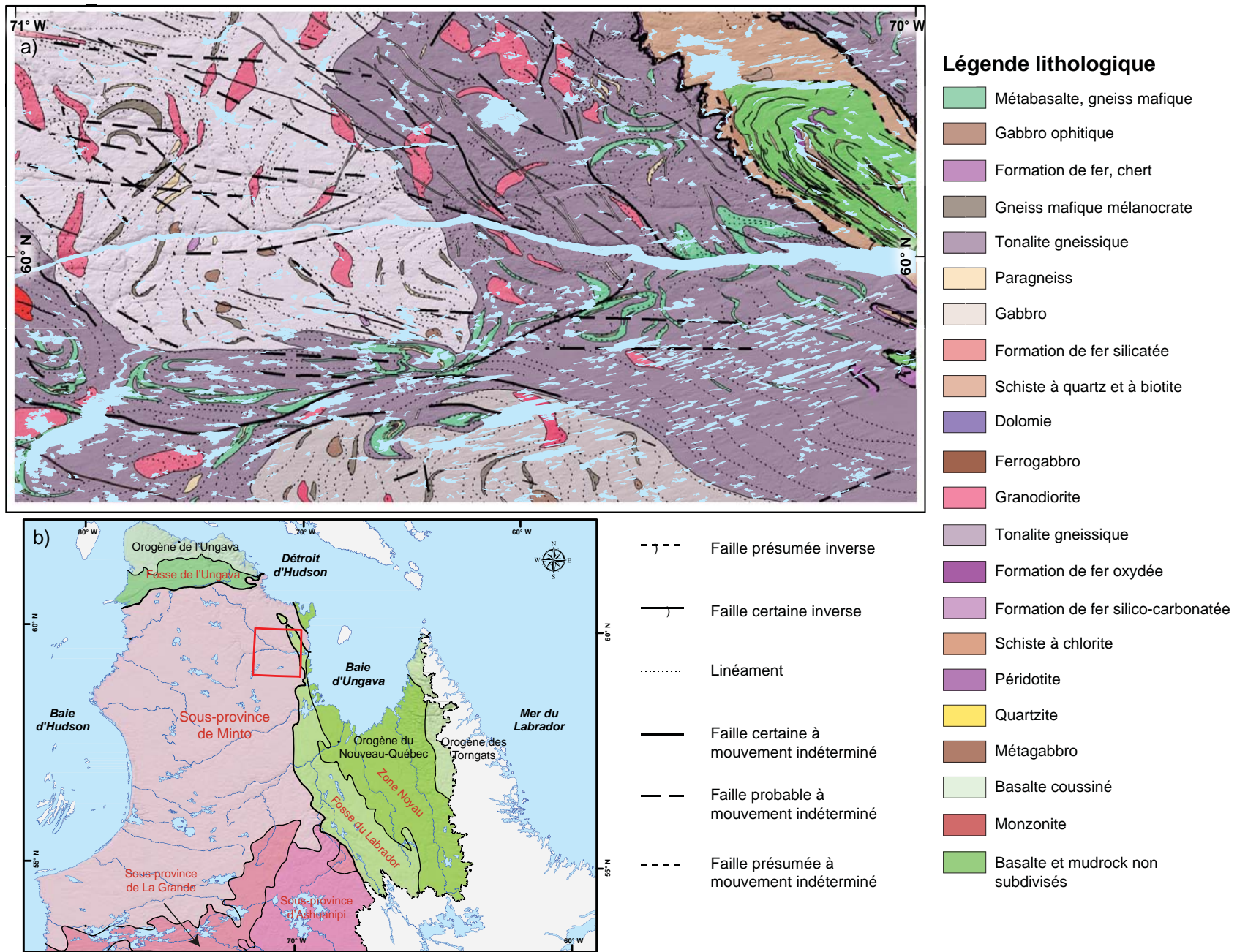


FIGURE 2 – a) Géologie du socle rocheux du secteur à l'étude (d'après Bilodeau et Caron-Côté, 2017); b) grands ensembles géologiques du Nord québécois.

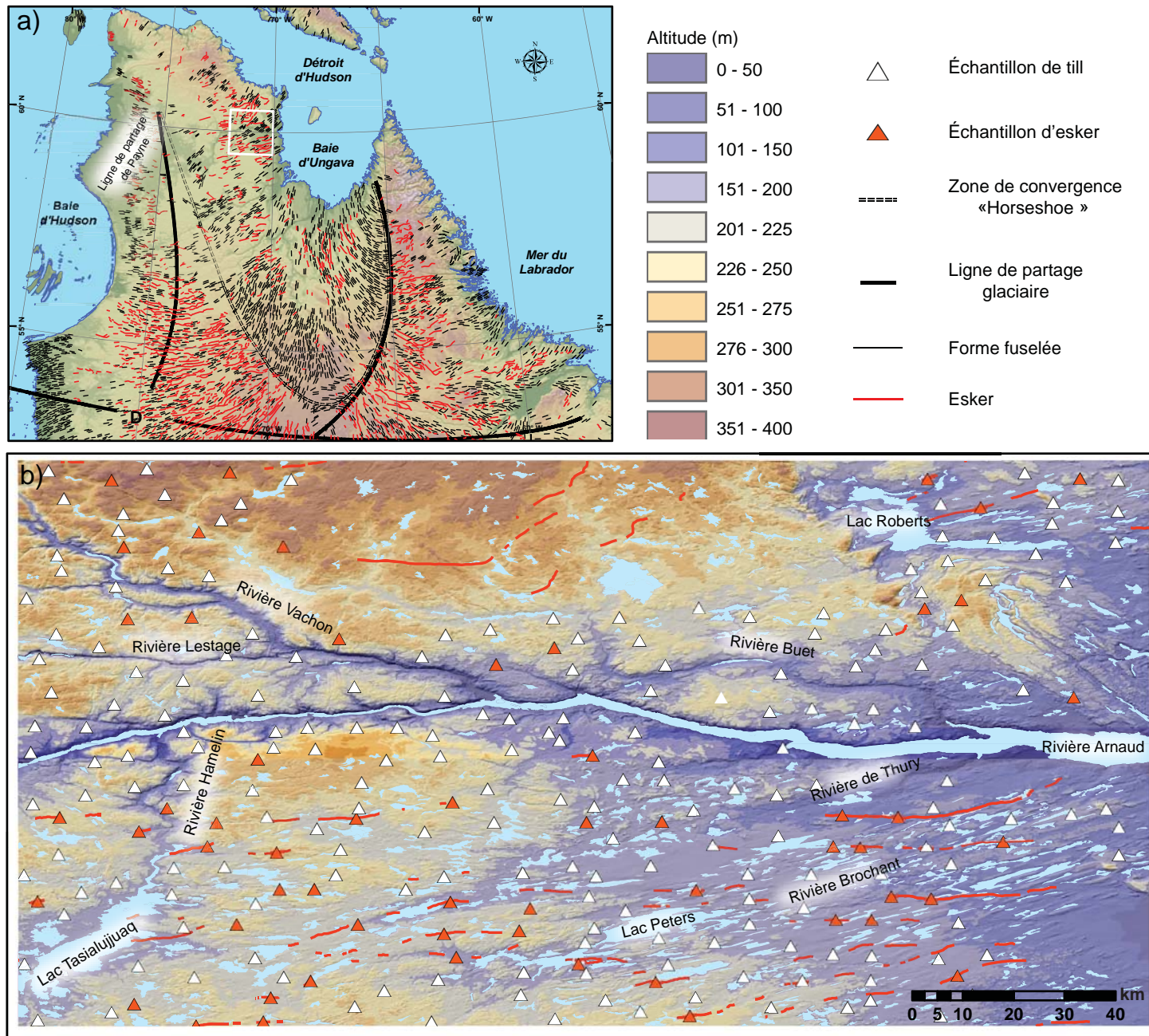


FIGURE 3 – a) Principaux ensembles morphosédimentaires et la position présumée des lignes de partage glaciaire du secteur Labrador-Québec de l'Inlandsis laurentidien (modifié de Dyke et Prest, 1987); b) localisation des échantillons de till et d'esker prélevés au cours de la campagne 2017.

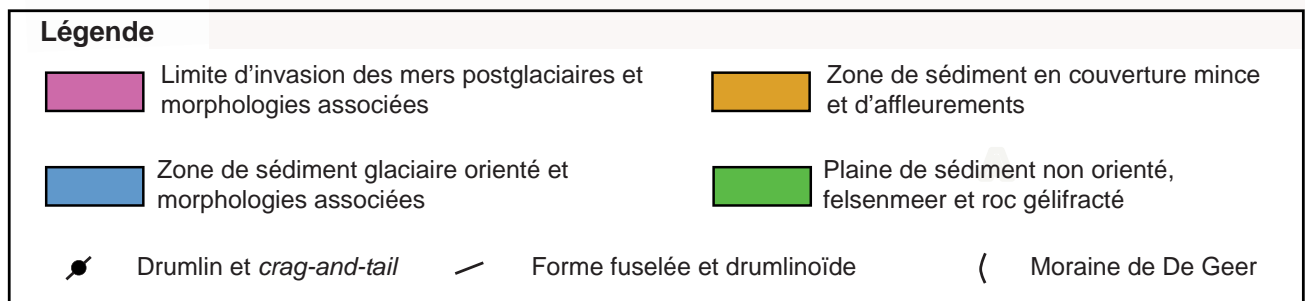
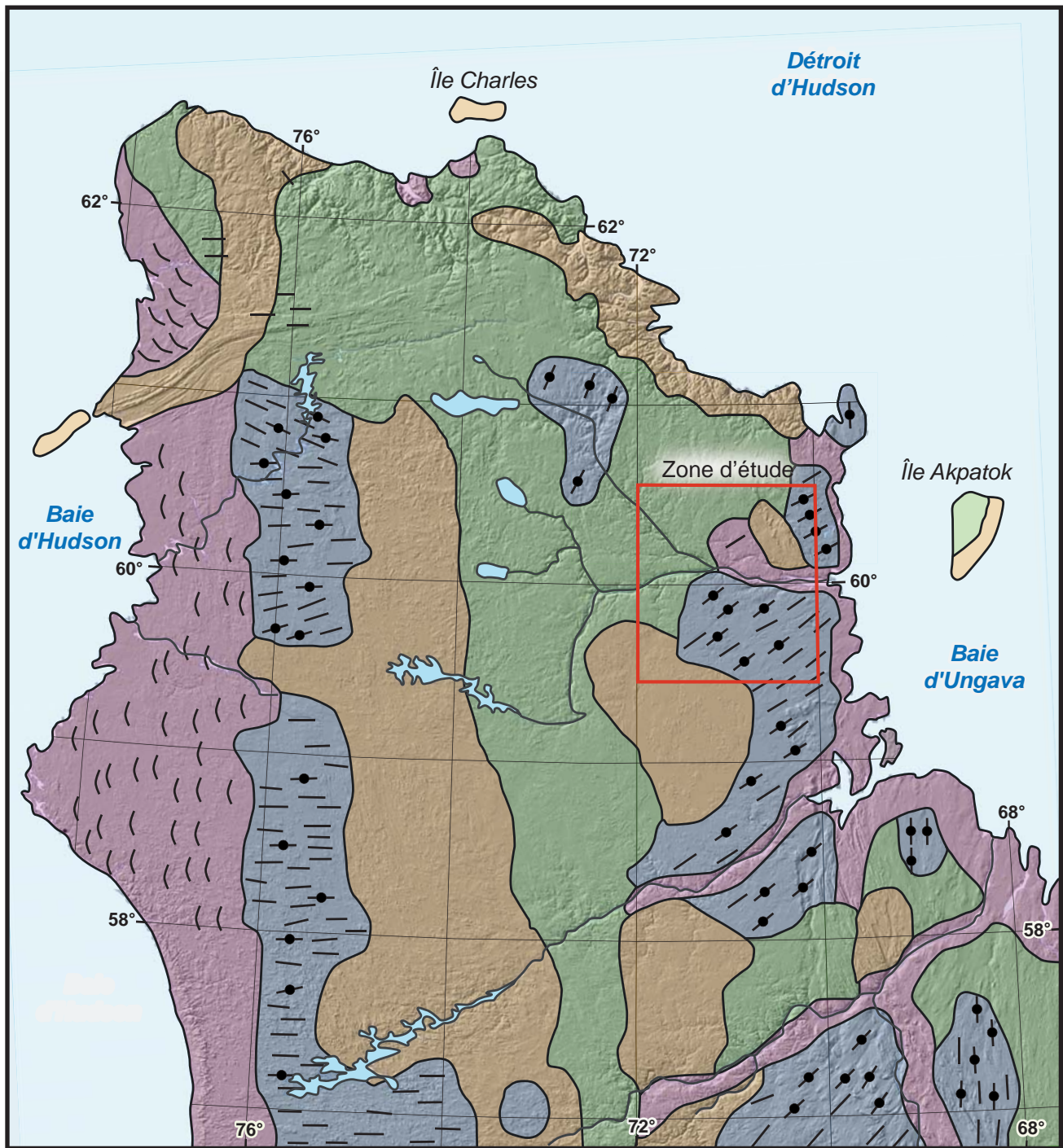


FIGURE 4 – Architecture type du Quaternaire de la péninsule d'Ungava, ses grands ensembles et les morphologies associées (modifié de Gray et Lauriol, 1985).

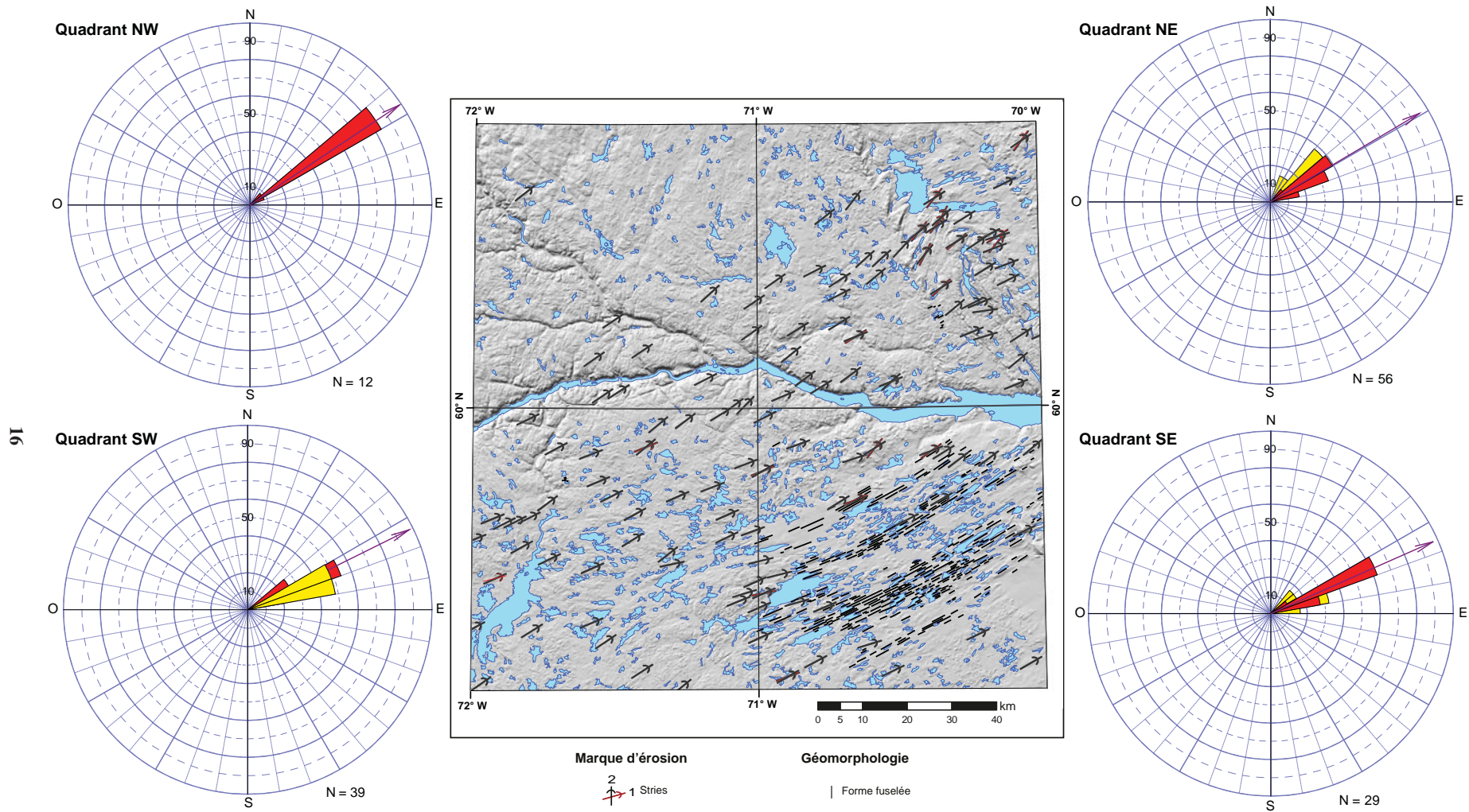


FIGURE 5 – Direction et répartition des mesures de stries et des formes fuselées indiquant les mouvements dans la zone d'étude. Diagrammes en rose de l'orientation des stries pour chaque quadrant du terrain. Les éléments en jaune représentent les mouvements anciens, ceux en rouge, les mouvements récents.

PHOTOGRAPHIES



PHOTO 1 - Exemple de site d'échantillonnage de till. Le till de fond est un till à matrice sablo-silteuse grisâtre.

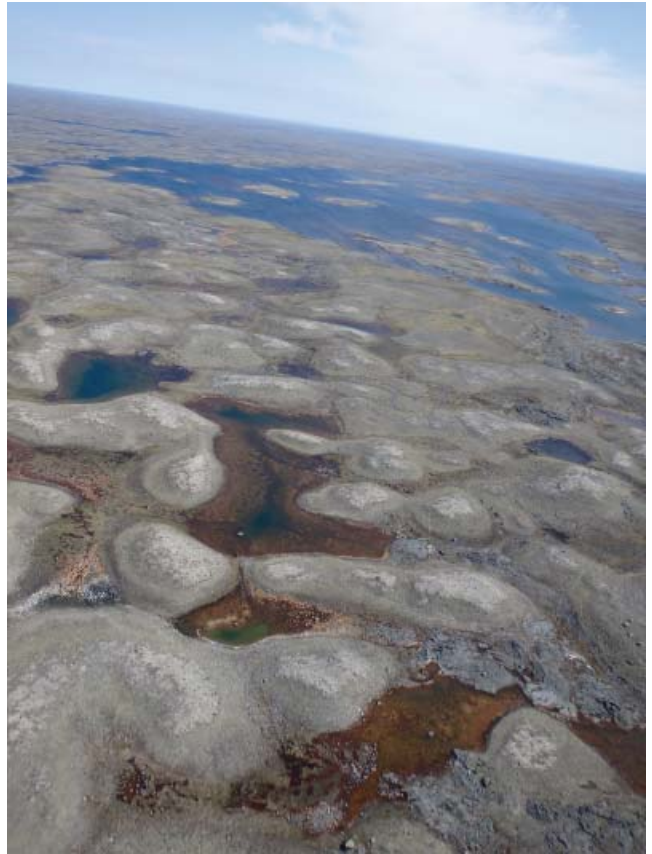


PHOTO 3 - Essaim de moraines de décrépitude (*hummocky moraine*) associé à la fonte sur place d'une masse de glace résiduelle stagnante. Ces moraines sont confinées dans des corridors de plusieurs kilomètres de longueur sur quelques centaines de mètres de largeur.



PHOTO 2 - Zone de roc affleurant avec une mince couche de sédiment glaciaire et beaucoup de blocs déléstés en surface.



PHOTO 4 - Plaine de till continu caractéristique de la partie orientale de la zone d'étude.

PHOTOGRAPHIES



PHOTO 5 - Corridor de formes fuselées kilométriques (drumlinoïdes) associées à l'activité du courant de glace de la rivière Arnaud.



PHOTO 6 - Affleurement fracturé marquant la limite nord du courant de glace de la rivière Arnaud qui témoigne des importantes forces de cisaillement aux bordures de ce corridor de forte vélocité d'écoulement.



PHOTO 7 - *Crag-and-tail* dans le secteur du lac Roberts formés par une glace s'écoulant vers l'ENE.



PHOTO 8 - Zone de felsenmeer formée de blocs métriques jointifs et polygéniques. Ces zones se trouvent dans la partie ouest de la zone d'étude.



PHOTO 9 - Corridor fluvioglacière (esker) typique de la région de la rivière Arnaud.

PHOTOGRAPHIES

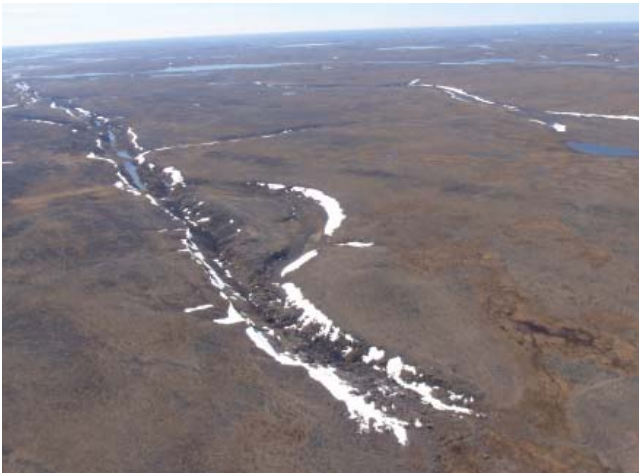


PHOTO 10 - Succession de puissants chenaux fluvio-glaciaires.



PHOTO 11 - Succession de lignes de rivage glaciolacustres dans la vallée de la rivière Vachon.



PHOTO 12 - Limite de délavage par l'action des vagues de la Mer d'Iberville et terrasse marine associée. Vallée de la rivière Arnaud.



PHOTO 13 - Succession de terrasses marines dans la vallée de la rivière Arnaud. Les zones de roc ont été mises à nu par l'action des vagues de la Mer d'Iberville.

