

# Les cisaillements latéraux dans l'arrière-pays des orogènes du Nouveau-Québec et de Torngat: Une revue

Réjean Girard

Volume 17, numéro 4, december 1990

URI : [https://id.erudit.org/iderudit/geocan17\\_4art20](https://id.erudit.org/iderudit/geocan17_4art20)

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

The Geological Association of Canada

ISSN

0315-0941 (imprimé)

1911-4850 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Girard, R. (1990). Les cisaillements latéraux dans l'arrière-pays des orogènes du Nouveau-Québec et de Torngat: Une revue. *Geoscience Canada*, 17(4), 301–304.

Résumé de l'article

Le segment est de l'orogène Trans-Hudsonse compose d'un terrain gneissique polycyclique coïncé entre les orogènes hudsoniens du Nouveau-Québec et de Torngat. L'interface entre ce terrain gneissique et les cratons de Nain à l'est et Supérieur à l'ouest est marquée par les failles de Komaktorvik à l'est et du Lac Tudor à l'ouest, lesquelles montrent des directions de transport opposées. Similairement, le terrain interorogénique est diséqué de cisaillements à déplacements latéraux montrant une direction de mouvement cohérente avec celles des failles limitrophes, soit senestre à l'est dans les cisaillements d'Ablovlak, Falcoz et Moonbase Lake, et dextre à l'ouest pour le cisaillement de la rivière George. La relation temporelle entre ces différents systèmes de failles est incertaine.

rather than a well-defined discordia line. The best-defined regression line is calculated at  $1826 \pm 2$  Ma from four single grains representing exclusively or dominantly overgrowths and one concordant fraction comprising fragments of euhedral grains. The oldest possible discordia yields an age of  $1843 \pm 2$ – $4$  Ma. Monazite is slightly older and overlaps the concordia at  $1850 \pm 1$  Ma. One large, brown, cloudy, highly discordant (20%) core yields a minimum age ( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ) of 1937 Ma, proving the existence of inherited zircons.

The minimum age for syntectonic emplacement of the pink granitic veins may be thus estimated at  $1826 \pm 2$  Ma, but the significance of the monazite age is ambiguous; it may represent a xenocryst.

#### Preliminary conclusions

Our data suggest that the Torngat Orogen experienced high-grade, lower crustal conditions for at least 80 million years. Discrete tectonothermal events may have occurred within this range, but the observed spread of concordant ages in the charnockite probably implies a progressive crystallization of zircon around "peak" ages which may or may not correspond to "peak" metamorphic conditions or to discrete magmatic events. Age results are shown in Figures 1 and 3. The following preliminary conclusions are drawn.

Brown, U-rich overgrowths have given two distinct ages — 1844 Ma and 1826 Ma. The 1844 Ma age of the anatectic granite from the Tasiuyak domain obviously corresponds to a melting event closely associated with granulite-facies metamorphism (Mengel and Rivers, 1989). This age is also represented by a group of concordant zircons from the charnockite, by  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  minimum ages for zircon cores from the Lac Lomier complex, and by a concordant zircon from an orthopyroxene-bearing mobilizate sampled by T. Krogh from the eastern margin of the Torngat Orogen (T. Krogh, personal communication, 1990). The younger age of 1826 Ma corresponds to euhedral zircon overgrowths in both the charnockite and syntectonic granite vein of the Lac Lomier complex. It is interpreted as dating the waning of granulite-facies conditions and the late-stage shear-related straightening of the Lac Lomier complex. Surprisingly, this age has not been found in the Tasiuyak domain (EES89 G1): such a difference tends to support a poly-phase metamorphic evolution of the orogen and a time-dependent displacement of tectonothermal activity from east to west.

S-type granite generation in the Tasiuyak domain occurred before the end of granulite-facies metamorphism, as suggested by the age difference between inherited monazite and zircon growth; similar cases of inherited monazite are reviewed by Parrish (in press).

An age of 1860 Ma may be defined from  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  ages of fractions representing cores. Concordant xenocrystic zircons of that age have been analyzed recently from an orthopyroxene-bearing mobilizate (see

above, T. Krogh, personal communication, 1990) from the eastern margin of the Torngat Orogen. In our samples, this age is recorded in the "flat" zircons from the charnockite and in broken cores of needle-shaped zircons from the anatectic Tasiuyak granite. These may date syn-tectonic intrusion of charnockitic magmas during the crustal thickening that initiated granulite-facies metamorphism.

Two inherited zircons are significantly older. The oldest, at 2563 Ma ( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  age) from the Abloviak shear zone, confirms field evidence for reworked Archean rocks. It must be emphasized that our data may be biased toward young ages, since most of the studied samples are pegmatites, or highly differentiated granites, and older inheritance is therefore not excluded.

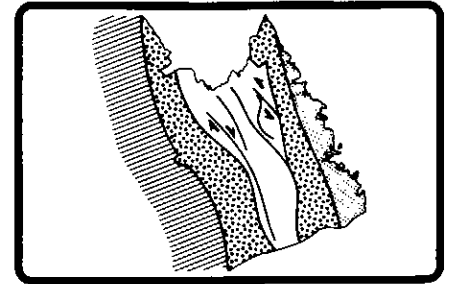
The age of uplift of the orogen is given by a maximum age of 1805 Ma and by a syn-tectonic age of 1786 Ma obtained from pegmatites emplaced within mylonite of the eastern Abloviak shear zone. In the Tasiuyak domain, leucogranitic veins that postdate transcurrent shearing have yielded a similar age of ca. 1790 Ma, implying that the Torngat Orogen remained in deep crustal conditions for at least 80 million years. This period extended from 1860 Ma, the age of the oldest syntectonic magmatic precursors, to 1780 Ma.

#### Acknowledgements

JMB thanks the Geological Survey of Canada geochronology team, especially O. Van Breemen, R. Parrish and J.C. Roddick, for their help in carrying out this project during a sabbatical leave in Ottawa.

#### References

- Ermanovics, I.F., and Van Kranendonk, M.J., 1990, The Torngat Orogen in the North River–Natak transect area of Nain and Churchill provinces: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 279–283.
- Mengel, F., and Rivers, T., 1989, Thermotectonic evolution of Proterozoic and reworked Archean terranes along the Nain–Churchill boundary in the Saglek area, northern Labrador, in Daly, J.S., Cliff, R.A. and Yardley, B.W.D., eds., *Evolution of Metamorphic Belts*: Geological Society of London, Special Publication No. 43, p. 319–324.
- Parrish, R.R., Roddick, J.C., Loveridge, W.D., and Sullivan, R.W., 1987, U–Pb analytical techniques at the geochronology laboratory: *Geological Survey of Canada*, Paper 87-2, p. 3–7.
- Parrish, R.R., in press, Monazite, U–Pb systematics and applications of monazite dating to geological problems: *Canadian Journal of Earth Sciences*, in press.
- Ryan, A.B., Martineau, Y., Korstgård, J. and Lee, D., 1984, The Archean–Proterozoic boundary in northern Labrador: *Geological Survey of Canada*, Paper 84-1A, p. 545–551.
- Van Kranendonk, M.J., and Ermanovics, I.F., 1990, Structural evolution of the Hudsonian Torngat Orogen in the North River map area, Labrador: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 283–288.
- Wardle, R.J., 1984, Nain–Churchill province cross-section: Rivière Baudancourt–Nachvak Lake, in *Current Research: Newfoundland Department of Mines and Energy*, Report 84-1, p. 1–11.



## Les cisaillements latéraux dans l'arrière-pays des orogènes du Nouveau-Québec et de Torngat: Une revue

Réjean Girard

Module des Sciences de la Terre  
Université du Québec à Chicoutimi  
555 Boul. de l'Université  
Chicoutimi, Québec G7H 2B1

#### Résumé

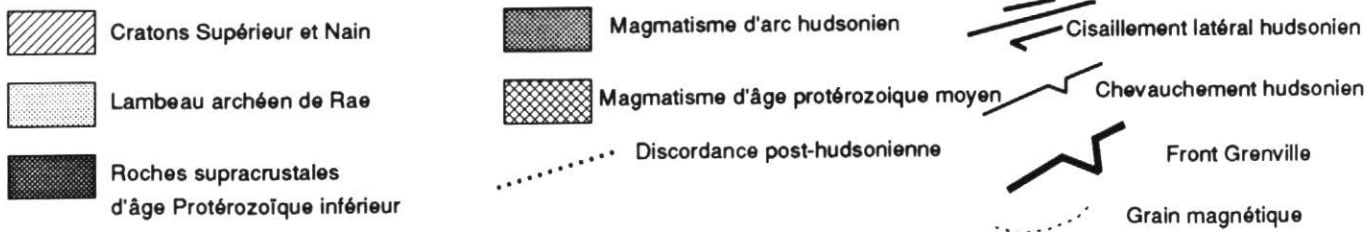
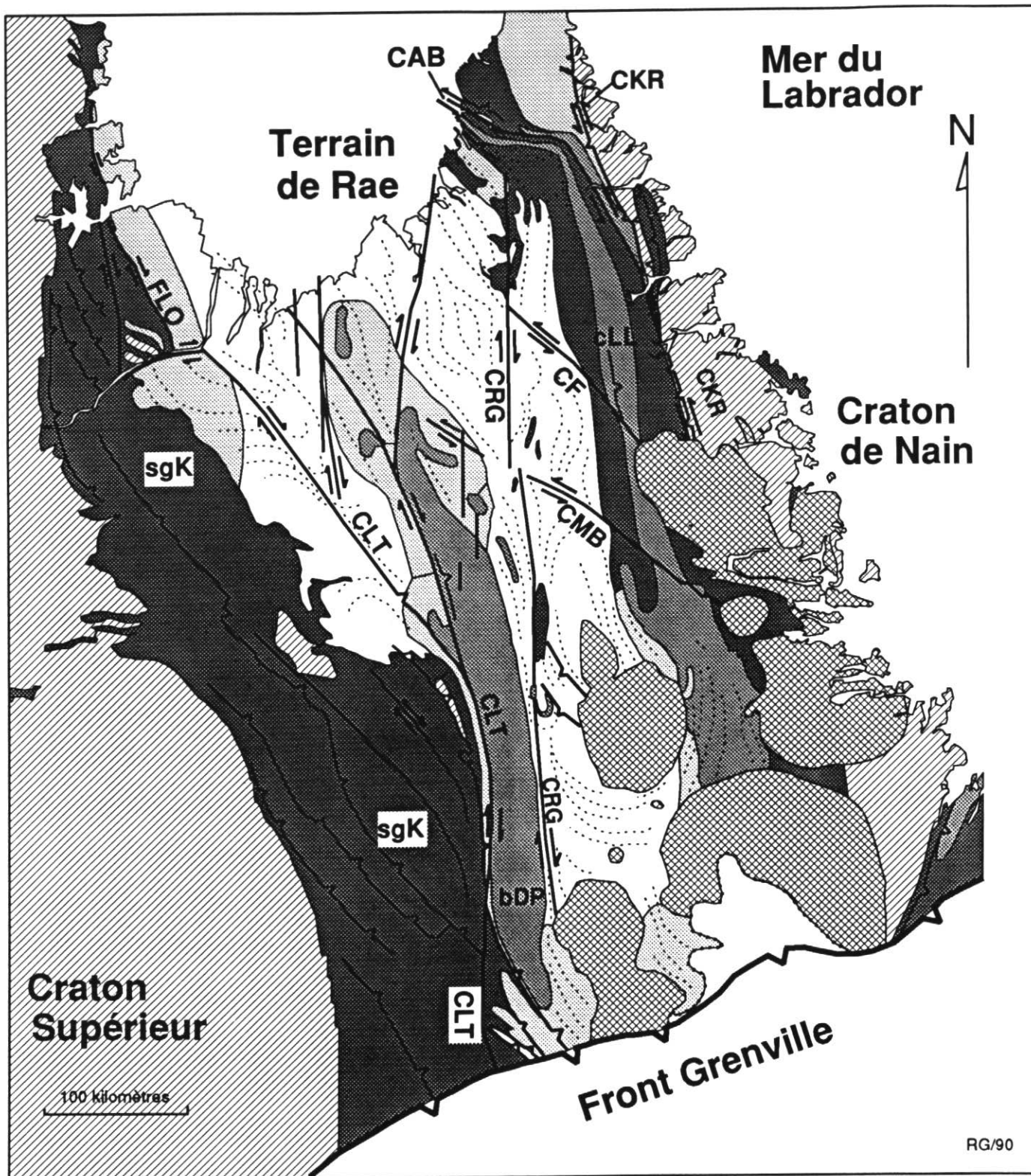
Le segment est de l'orogène Trans-Hudson se compose d'un terrain gneissique polycyclique coincé entre les orogènes hudsoniens du Nouveau-Québec et de Torngat. L'interface entre ce terrain gneissique et les cratons de Nain à l'est et Supérieur à l'ouest est marqué par les failles de Komaktorvik à l'est et du Lac Tudor à l'ouest, lesquelles montrent des directions de transport opposées. Similairement, le terrain interorogénique est dis-séqué de cisaillements à déplacements latéraux montrant une direction de mouvement cohérente avec celles des failles limitrophes, soit senestre à l'est dans les cisaillements d'Abloviak, Falcoz et Moonbase Lake, et dextre à l'ouest pour le cisaillement de la rivière George. La relation temporelle entre ces différents systèmes de failles est incertaine.

#### Summary

The eastern part of the Trans-Hudson Orogen is composed of a gneissic polycyclic terrain caught between the Torngat and New Québec orogens. Its boundaries with the adjacent Archean Nain and Superior cratons are expressed by the sinistral Komaktorvik shear in the east and the dextral Lac Tudor fault in the west. Their common gneissic hinterland is dissected by two networks of transcurrent faults, the sinistral Abloviak–Falcoz–Moonbase Lake shear system in the east and the dextral George River shear in the west. Timing relationships between these fault systems is still unclear and is essential to the unravelling of the link between both orogens.

#### Introduction

Les orogènes du Nouveau-Québec (ONQ) et de Torngat (OT) définissent un patron grossièrement symétrique (Hoffman, 1988),



avec : (1) un craton d'avant-pays archéen (>2.5 Ga), le Supérieur à l'ouest et le Nain à l'est; (2) des séquences supracrustales d'âge protérozoïque inférieur (2.1 Ga à 1.8 Ga) en discordance stratigraphique ou structurale sur les cratons, et montrant une vergence (1.8 Ga) vers ces cratons (Figure 1); (3) un terrain gneissique polycyclique (2.7 Ga à 1.8 Ga) interorogénique, rattaché à titre d'essai à la province archéenne de Rae (Hoffman, 1988); et (4) de grandes zones de cisaillement recoupant ce terrain central, dextres à l'ouest (ONQ)(van der Leeden *et al.*, 1990) et senestres à l'est (OT)(Wardle *et al.*, 1990).

Dans les chaînes orogéniques récentes, les failles «transformantes» continentales (failles à mouvement horizontal juxtaposant deux segments cratoniques distincts, Sylvester, 1988) jouent un rôle dans l'accrétion des segments crustaux, pouvant accommoder des déplacements considérables. Un tel processus accrétoire a été proposé pour l'ensemble du Bouclier Canadien lors de l'orogène hudsonien (Hoffman, 1988), lequel inclut les orogènes du Nouveau-Québec et de Torngat (Wardle *et al.*, 1990).

#### L'orogène du Nouveau-Québec et la faille «transformante» du lac Tudor

L'orogène du Nouveau-Québec (Hoffman, 1988) comprend l'ensemble des déformations d'âge hudsonien (1.84–1.77 Ga) affectant le Supergroupe de Kaniapiscou (Fosse du Labrador)(sgK, Figure 1) et les roches magmatiques qui lui sont associées (le batholithe de De Pas). La zone de cisaillement du lac Tudor (CLT) se compose d'une bande de mylonites granulitiques à étirement sub-horizontale d'une dizaine de kilomètres de large, lesquelles affectent les roches à la bordure ouest du terrain de Rae (Martelain, 1989). D'orientation sub-méridienne au sud, cette zone s'incurve progressivement au nord, où elle semble rejoindre la faille du lac Olmstead (FLO)(Goulet, 1985). La flexure du grain aéromagnétique dans sa portion nord, et la troncation progressive des unités stratigraphiques de la Fosse du Labrador dans sa portion sud, indique un déplacement dextre minimal de 130 kilomètres. Cette faille à déplacement latéral est considérée comme «transformante», étant donné qu'elle juxtapose des terrains différents tant au niveau des lithofaciés (van der Leeden *et al.*, 1990), du grade métamorphique (Perreault et Hynes, 1990), de la signature géochronologique (Machado *et al.*, 1989) que du grain

aéromagnétique. Elle représente vraisemblablement la limite entre les segments crustaux appartenant aux socles Supérieur et Rae.

#### L'orogène de Torngat et la faille «transformante» de Komaktorvik

L'orogène de Torngat comprend l'ensemble des terrains affectés par la déformation d'âge hudsonien à la bordure ouest du craton du Nain. L'interface entre ce craton et le terrain de Rae («Boundary Zone» d'Ermanovics et Van Kranendonk, 1990) que l'on rattache ici à titre de tentative avec les cisaillements de Komaktorvik (CKR)(Wardle *et al.*, 1990; Van Kranendonk, 1990), se compose d'un cisaillement complexe intercalant les gneiss de la province de Nain, les roches supracrustales les recouvrant et les gneiss granulitiques d'affinité incertaine du terrain de Rae (Ryan, 1990a) et de la zone de Komaktorvik. Ce corridor de déformation, indiquant une transpression senestre, est interprété comme le résultat de la collision entre les masses cratoniques de Nain et de Rae (Van Kranendonk, 1990).

#### Les cisaillements affectant le terrain de Rae

Le terrain interorogénique (Rae) comprend l'ensemble des gneiss entre les orogènes de Torngat et du Nouveau-Québec. Le cœur de ce terrain est coupé, selon un axe nord-sud, par le cisaillement de la rivière George (CRG)(van der Leeden *et al.*, 1990). Ce cisaillement forme un réseau diffus de mylonite au faciès des amphibolites, d'une largeur atteignant dix kilomètres, imbriquant des lambeaux provenant des complexes de gneiss adjacents (Girard, 1990a).

Les tectonites indiquent un aplatissement sub-vertical et un étirement sub-horizontale. Les indices cinématiques sont équivoques, à dominance dextre, souvent senestres, parfois verticaux. Ce fait indique une séquence d'événement complexe pouvant inclure une évolution du régime de contrainte dans le temps, une déformation hétérogène, et un raccourcissement important. Cependant, un virgation du grain structural à l'échelle régionale et le décalage d'ensembles lithologiques repères suggèrent un mouvement dextre de 70 kilomètres.

Du côté est du terrain interorogénique, les gneiss granulitiques montrent une fabrique linéaire sub-horizontale associée à une transposition sub-verticale nord-sud des foliations, laquelle est la signature d'un cisaillement régional senestre (Girard *et al.*, 1990). Ces gneiss sont de plus repris par trois bandes de cisaillements plus intenses, Abloviak au nord (CAB)(Van Kranendonk et Ermanovics, 1990; Goulet et Cielski, 1990), Falcoz au centre (CF)(Ermanovics et Van Kranendonk, 1990) et Moonbase Lake au sud (CMB) (Ryan, 1990). Ces cisaillements, d'orientation nord-nord-ouest indiquent un décrochement senestre décalant ou défléctant les lithofaciés et les crêtes aéromagnétiques.

D'après des évidences texturales (Girard *et al.*, 1990), la foliation nord-sud liée à la transposition régionale et celle liée aux cisaillements nord-nord-ouest seraient pénécotemporaires.

#### Discussion

En général, les failles à déplacement latéral d'un même système orogénique sont liées à la migration de fragments crustaux et montrent un mouvement commun (Cordillère nord-américaine, Gabrielse et Yorath, 1989). Un mouvement composite indique soit un diachronisme entre deux poussées orogéniques (Appalaches, Williams et Hatcher, 1982), soit s'il y a synchronisme entre les différents mouvements, un phénomène d'expulsion tectonique liés à une géométrie complexe de la collision (Himalaya, Sengör, 1987).

Le patron de cisaillement dominant du segment est de la province de Churchill se compose de deux failles «transformantes» ou de transpression, et de deux réseaux de failles «transverses» (ne juxtaposant pas des segments cratoniques distincts, Sylvester, 1988). Les failles «transformantes» ou de transpression du lac Tudor à l'ouest et de Komaktorvik à l'est semble souder les cratons Supérieur et Nain avec celui de Rae. Elles pourraient, de plus, étre mises en relation avec des arcs magmatiques supra-subductifs (Sylvester, 1988) : le batholithe de De Pas (bDP) à l'ouest (Martelain, 1989), et le complexe de lac Lomier (cLL) à l'est (Ermanovics et Van Kranendonk, 1990). L'intérieur du terrain de Rae est disséqué de cisaillements «transversaux», nord-sud dextres à l'ouest, et N325°–N340° senestres à l'est. L'interprétation du contexte de développement de ce patron tectonique repose sur la relation chronologique entre les réseaux dextre et senestre.

L'effet pénétratif d'une des phases de déformation hudsonienne sur l'ensemble du terrain entre les orogènes de Torngat et du Nouveau-Québec indique leurs liens dans un processus tectonique commun à un moment de leur histoire. Peu d'évidence de mouvement composite n'est observée dans l'orogène de Torngat. Par contre, dans l'orogène du Nouveau-Québec, une histoire tectonique plus complexe est présente, dénotant des mouvements composés. Par exemple, des knicks senestres affectent de façon tardive des mylonites dextres associées faille de Tudor, laquelle recoupe les structures d'emplacement de la Fosse du Labrador (Girard, en préparation). De façon similaire, le cisaillement de la rivière George et ses subsidiaires montrent un mouvement nettement composé, mais dont la chronologie des différents événements demeure incertaine. Ainsi, sur une base structurale, un diachronisme entre les mouvements dextres et senestres dans l'ensemble des deux orogènes semble plausible.

**Figure 1 (sur page 302)** Carte synthétique des orogènes de Torngat et du Nouveau-Québec, indiquant les principaux éléments lithologiques et structuraux. Libellés: **sgK**, le Supergroupe de Kaniapiscou; **bDP**, le batholithe de De Pas; **CLT**, la zone de cisaillement du lac Tudor; **FLO**, la faille du lac Olmstead; **CKR**, le cisaillement de Komaktorvik; **CRG**, le cisaillement de la rivière George; **CAB**, le cisaillement du Abloviak; **CF**, le cisaillement de Falcoz; **CMB**, le cisaillement de Moonbase Lake; **cLL**, la complexe de lac Lomier.

Les cisaillements «transversaux» à l'intérieur du terrain de Rae sont le siège d'injections magmatiques syn- à tardi-cinématiques, lesquelles donnent des âges similaires (1.83–1.84 Ga, U-Pb sur zircon pour le CF et le CRG, Bertrand *et al.*, 1990; S. Bowring, communication personnelle). Ceci suggère que les réseaux de cisaillements transversaux dextres et senestres seraient pénécronotemporaires, impliquant un écrasement par cisaillement pur en régime ductile pour l'ensemble du terrain de Rae. Une relation de recoupement entre les cisaillements transversaux et les failles «transformantes» du Tudor et de transpression de Komaktorvik reste à vérifier. Cependant les datations faites sur le métamorphisme antérieur aux failles (Lac Olmstead, Machado *et al.*, 1989) et sur des injections syn-tectonique («Boundary Zone», Bertrand *et al.*, 1990; Van Kranendonk, 1990) indique, par leur âge <1.81 Ga, que le mouvement s'y poursuit plus tardivement sur ces failles que dans les cisaillement à l'intérieur du terrain interorogénique.

### Conclusions

L'interface entre le terrain de Rae et le craton Supérieur (inclus dans l'orogène du Nouveau-Québec) se compose d'une faille transformante dextre: la faille du Lac Tudor.

L'interface entre le terrain de Rae et le craton de Nain (inclus dans l'orogène de Torngat) se compose d'une faille en transpression senestre: le cisaillement de Komaktorvik.

L'intérieur du terrain de Rae est disséqué par des failles transversales senestres orientées N325°–N340° à l'est (les cisaillements d'Abloviak–Falcoz–Moonbase Lake), et de failles transversales dextres orientées nord-sud à l'ouest (cisaillement de la rivière George).

Les relations chronologiques entre ces éléments tectoniques sont encore incertaines, et leur détermination est cruciale pour la compréhension des relations entre les deux orogènes.

### Remerciements

L'auteur tient à remercier le Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec pour le financement des travaux de terrain (Contribution n° 90-5110-14). Les discussions stimulantes, en tout respect des divergences d'interprétation, de messieurs G. Archambeault, M. Bélanger, J.-M. Bertrand, E.H. Chown, T. Clark, I. Ermanovics, N. Goulet, S. Hanmer, P.F. Hoffman, L. Madore, S. Perreault, B. Ryan, E.W. Sawyer, J. van der Leeden, M.J. Van Kranendonk, R.J. Wardle et G. Woussen furent hautement appréciés. Finalement, l'aide de nombreux collègues permit de rendre ce manuscrit compréhensible.

### Références

- Bertrand, J.-M., Van Kranendonk, M.J., Hanmer, S., Roddick, J.C. and Ermanovics, I., 1990, Structural and metamorphic geochronology of the Torngat Orogen in the North River–Natak transect area, Labrador: Preliminary results of U-Pb dating: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 297-301.
- Ermanovics, I. and Van Kranendonk, M.J., 1990, The Torngat Orogen in the North River–Natak transect area of Nain and Churchill provinces: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 279-283.
- Gabrielse, H. and Yorath, C.J., 1989, The Cordilleran Orogen in Canada: *Geoscience Canada*, v. 16, p. 67-83.
- Girard, R., 1989, The George River transpression zone: Geological Association of Canada — Mineralogical Association of Canada, Programme with Abstracts, v. 14, p. A9.
- Girard, R., 1990a, Géologie de la région de la rivière Déat, territoire du Nouveau-Québec: Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, MB-90-15, 192 p.
- Girard, R., Van Kranendonk, M.J. and Beaulieu, R., 1990, Map-scale shear bands in the Early Proterozoic Torngat Orogen: the Falcoz zone: Geological Association of Canada — Mineralogical Association of Canada, Programme with Abstracts, v. 15, p. A47.
- Goulet, N., 1985, Étude tectonique, stratigraphique et géochronologique de la partie nord de la Fosse du Labrador: Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, DV-85-12.
- Goulet, N. and Cielski, A., 1990, The Abloviak shear zone and the NW Torngat Orogen, eastern Ungava Bay, Québec: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 269-272.
- Hoffman, P.F., 1988, United plates of America, the birth of a craton: Early Proterozoic assembly and growth of Laurentia: *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, v. 16, p. 543-603.
- Machado, N., Goulet, N. and Gariépy, C., 1989, U-Pb geochronology of reactivated Archean basement and of Hudsonian metamorphism in the northern Labrador Trough: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 26, p. 1-15.
- Martelain, J., 1989, Le Batholithe de De Pas (Labrador central, Nouveau-Québec, Canada) dans le segment oriental de l'Orogène Trans-Hudsonien — Typologie et implications géodynamiques, Thèse de doctorat, Université Claude Bernard-Lyon 1, 470 p.
- Perreault, S. and Hynes, A., 1990, Tectonic evolution of the Kuujuaq terrane, New Québec Orogen: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 238-240.
- Ryan, B., 1990, Does the Labrador–Québec border area of the Rae (Churchill) Province preserve vestiges of an Archean history?: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 255-259.
- Sengör, A.M.C., 1987, Tectonics of the Tethysides: Orogenic collage development in collisional setting: *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences*, v. 15, p. 213-244.
- Sylvester, A.G., 1988, Strike-slip faults: *Geological Society of America, Bulletin*, v. 100, p. 1666-1703.
- van der Leeden, J., Bélanger, M., Danis, D., Girard, R. and Martelain, J., 1990, Lithotectonic domains in the high-grade terrain east of the Labrador Trough (Québec), in Lewry, J.F. and Stauffer, M.R., eds., *The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America: Geological Association of Canada, Special Paper 37*, p. 371-386.
- Van Kranendonk, M.J., 1990, Structural history and geotectonic evolution of the eastern Torngat Orogen in the North River map area, Labrador: *Geological Survey of Canada, Paper 90-1C*, p. 81-96.
- Van Kranendonk, M.J. and Ermanovics, I., 1990, Structural evolution of the Hudsonian Torngat Orogen in the North River map area, Labrador: Evidence for east-west transpressive collision of Nain and Rae continental blocks: *Geoscience Canada*, v. 17, p. 283-288.
- Wardle, R.J., Ryan, B., Nunn, G.A.G. and Mengel, F.C., 1990, Labrador segment of the Trans-Hudson Orogen: crustal development through oblique convergence and collision, in Lewry, J.F. and Stauffer, M.R., eds., *The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America: Geological Association of Canada, Special Paper 37*, p. 353-370.
- Williams, H. and Hatcher, R.D.J., 1982, Suspect terranes and accretionary history of the Appalachian Orogen: *Geology*, v. 10, p. 530-536.