

## MB 94-52

LES TOURMALINITES ET LES ROCHES RICHES EN TOURMALINE DANS LA PARTIE SUD DE LA PROVINCE DE GRENVILLE, QUEBEC, ET LEUR ASSOCIATION AVEC DES MINERALISATIONS EN Zn ET EN Cu-Co PLUS OU MOINS Au

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



*Licence*

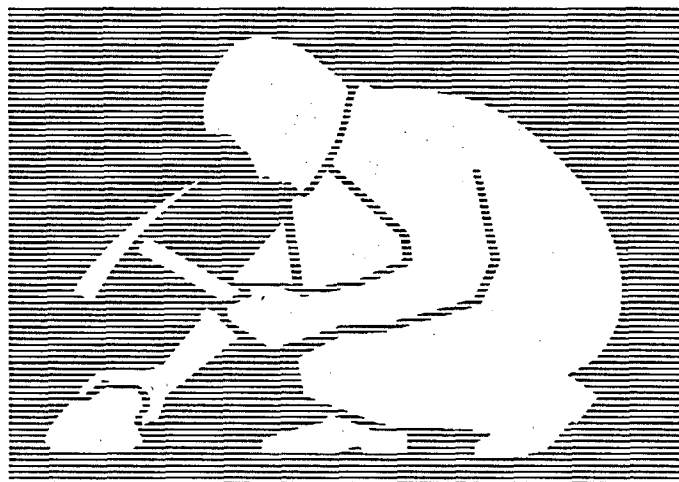
Cette première page a été ajoutée  
au document et ne fait pas partie du  
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 

# Les tourmalinites et les roches riches en tourmaline dans la partie sud de la Province de Grenville, Québec, et leur association avec des minéralisations en Zn et en Cu-Co ± Au.

Suzie Nantel



Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit soumis par l'auteur sauf pour une mise en page sommaire destinée à assurer une qualité convenable de reproduction. Le manuscrit a cependant fait l'objet d'une lecture critique et de commentaires à l'auteur de la part de Michel Hocq avant la remise de la version finale au ministère.

MB 94-52

1994



Gouvernement du Québec  
Ministère des Ressources naturelles  
Secteur des mines

TABLE DES MATIÈRE

RÉSUMÉ ..... 1

INTRODUCTION ..... 1

CONTEXTE GÉOLOGIQUE ..... 2

TEXTURE ET MINÉRALOGIE ..... 4

CARACTÉRISTIQUES LITHOLOGIQUES et PÉTROGRAPHIQUES ..... 4

    Bouchette ..... 4

    Montpellier ..... 6

    Saint-André-Avellin ..... 6

    Lac Labelle ..... 6

    Lac Cameron ..... 8

    Lac Duhamel ..... 8

    Brébeuf ..... 9

LITHOGÉOCHIMIE ..... 9

COMPOSITION DES TOURMALINES ..... 11

    Bouchette ..... 11

    Lac Labelle et Montpellier ..... 15

    Lac Duhamel ..... 15

    Lac Cameron et Brébeuf ..... 15

DISCUSSION ..... 17

CONCLUSION ..... 18

REMERCIEMENTS ..... 20

RÉFÉRENCES ..... 20

ANNEXE ..... 24

    Localisation de échantillons (UTM) ..... 24

## LES TOURMALINITES ET LES ROCHES RICHES EN TOURMALINE DANS LA PARTIE SUD DE LA PROVINCE DE GRENVILLE, QUÉBEC, ET LEUR ASSOCIATION AVEC DES MINÉRALISATIONS EN Zn ET EN Cu-Co ± Au

Suzie Nantel

### RÉSUMÉ

Des tourmalinites et des roches riches en tourmaline sont répandues dans le terrain de Mont-Laurier, partie sud de la province de Grenville. Elles font partie d'un ensemble de sédiments de plateforme marine et/ou de marge continentale, d'âge mésoprotérozoïque et métamorphisés au faciès des amphibolites et des granulites.

Dans certains secteurs, comme ceux de Bouchette, de Montpellier, de Labelle et du lac Duhamel (SNRC 31J), elles sont intimement ou spatialement associées à des minéralisations en Zn ou en Cu et Co de type SEDEX. Elles forment des lits stratiformes ou stratoïdes d'épaisseur millimétrique à centimétrique. Les tourmalinites sont en général constituées de quartz et de tourmaline (>20%) mais à certains endroits elles contiennent des disséminations très fines de pyrite et de chalcopyrite.

L'étude lithologique, pétrographique et géochimique des tourmalinites et des roches riches en tourmaline dans les secteurs minéralisés a permis d'établir un modèle empirique pour l'exploration de métaux usuels dans le terrain de Mont-Laurier. Ces roches riches en bore font partie d'une séquence de marbres calcitiques, de paragneiss à biotite et de gneiss calcosilicatés associés ou non à des amphibolites ou à des gneiss quartzofeldspathiques roses; des marbres dolomitiques sont intercalés par endroits dans la séquence. Les tourmalinites peuvent être associées à des coticules d'origine exhalative ou à des gneiss à microcline vert d'origine probablement hydrothermale. Les tourmalines sont généralement riches en magnésium et peuvent contenir du zinc.

D'après des études antérieures sur la composition isotopique du bore dans un secteur au sud de Bouchette, les fluides hydrothermaux responsables du transport du bore et éventuellement des métaux seraient issus du lessivage de séquences évaporitiques marines. La circulation de fluides riches en bore à travers les séquences sédimentaires aurait favorisé la formation de la tourmaline suivant un processus de remplacement. Ce modèle est celui préconisé dans d'autres secteurs du terrain de Mont-Laurier; par contre un processus exhalatif est à l'origine des tourmalinites en contact avec des coticules et par extension, des minéralisations auxquelles ces roches sont associées.

### INTRODUCTION

Les tourmalinites ainsi que les roches métasédimentaires riches en tourmaline ont fait l'objet de plusieurs travaux; leur association maintes fois observée avec des minéralisations en Zn, Pb, Cu, Co, Au et/ou W a permis de les reconnaître comme guide d'exploration.

Les tourmalinites sont des roches constituées de quartz et d'au moins 20% en volume de tourmaline (Nicholson, 1980; Slack, 1982). Elles forment

des niveaux stratoïdes ou stratiformes et peuvent être interlitées avec des métasédiments riches en tourmaline qui en contiennent plus de 10 %. Les tourmalinites et les roches riches en tourmaline sont sous-jacentes, sus-jacentes ou à l'intérieur des zones minéralisées mais elles peuvent aussi se trouver en continuité latérale.

De nombreux gîtes et gisements d'âge protérozoïque, dont certains sont situés dans des terrains hautement métamorphisés (Slack et al.,

1984), contiennent des tourmalinites. Ils ont par exemple été décrits au Canada (Éthier et Campbell, 1977; Bernier et Pouliot, 1987; Slack, 1993), aux États-Unis (Brown et Ayuso, 1984; Modreski et Connor, 1991), en Suède (Hellingwerf et al., 1988), en Namibie (Behr et al., 1983), au Mali (Dommanget et al., 1989), en Inde (Bandyopadhyay et al., 1990; Bhattacharya et al., 1992) et en Australie (Bone, 1988; Plimer, 1983, 1986, 1988; Slack et al., 1993).

Ces roches particulières ont aussi été observées dans des gisements d'âge archéen au Canada (Gaboury, 1991), au Groenland (Appel 1984, 1985) et en Afrique du Sud (Byerly et Palmer, 1991) ainsi que dans des gisements d'âge paléozoïque aux États-Unis (Slack, 1982), en Allemagne (Abraham et al., 1972), en Autriche (Raith, 1988), en Italie (Benvenuti et Lattanzi, 1989) et en Australie (Plimer et Lees, 1988). Toutefois, dans plusieurs régions, les tourmalinites et les métasédiments riches en tourmaline ne sont associés à aucun type de minéralisation (Chown, 1987; Beaty et al., 1987).

Ce document décrit la présence de tourmalinites et de roches riches en tourmaline qui affleurent au Québec, dans la partie sud de la province tectonique de Grenville (Nantel, 1991, 1993; Lapointe et al., 1992; Nantel et Gauthier, 1992), dans des secteurs minéralisés en zinc ainsi que dans des secteurs où aucun indice n'a été signalé. Les relations entre ces types de roches et la minéralisation, déduites à partir d'observations lithologiques, pétrographiques et géochimiques, serviront à établir des cibles d'exploration et des critères pour distinguer les tourmalinites stériles de celles qui sont susceptibles d'être associées à des minéralisations.

### CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Les roches riches en tourmaline et les tourmalinites étudiées proviennent de deux ceintures minéralisées en zinc (Gauthier et Brown, 1980) dans la partie sud de la province de Grenville. Ces ceintures longent approximativement les limites est et ouest du terrain de Mont-Laurier qui fait partie de la Ceinture allochtone monocyclique (Rivers et al., 1989). La limite est correspond à la zone de cisaillement de Labelle-Kinonge et la limite ouest, à la MBBZ (Monocyclic Belt Boundary Zone; figure 1). Le terrain de

Mont-Laurier est l'équivalent de la Ceinture métasédimentaire centrale de Wynne-Edwards (1972) qui comprend des sédiments de plate-forme marine et/ou de marge continentale. Ces sédiments ont un âge maximum de 1300 Ma et ont été métamorphisés au cours de l'orogénèse Grenvillienne, au facies des amphibolites et des granulites.

La ceinture zincifère près de la limite ouest du terrain de Mont-Laurier renferme les tourmalinites de la région de Bouchette, connue pour ses gîtes de zinc (Gauthier, 1983). La ceinture zincifère près de la limite est comprend: 1) les métasédiments à tourmaline du lac Labelle, de Montpellier et de Saint-André-Avellin qui renferment tous des indices de zinc; 2) les tourmalinites du lac Cameron situées à une dizaine de kilomètres au sud de l'indice zincifère de Labelle; 3) les métapélites à tourmaline du lac Duhamel, associées à des minéralisations en cuivre, en cobalt et en or; 4) les tourmalinites de Brébeuf associées à des disséminations de pyrite et de pyrrhotite. D'autres roches à tourmaline ont été signalées ailleurs dans le terrain de Mont-Laurier et certaines sont associées à de la chalcopryrite (Corriveau et al., 1993; Corriveau et al., 1994).

La tourmaline, un minéral commun dans le terrain de Mont-Laurier, est disséminée dans divers types de métasédiments ainsi que dans des veines et des pegmatites à quartz-feldspath. En général, ces tourmalines sont noires et constituent moins de 5% de l'assemblage minéralogique.

Les tourmalines des secteurs étudiés ont été relevées dans des métapélites, des gneiss quartzofeldspathiques, des mobilisats et des pegmatites, dans des proportions variant de 10 à 20% ainsi que dans des tourmalinites qui peuvent en contenir jusqu'à 100%; elles ont aussi été observées dans des marbres qui en contiennent moins de 5%. Dans les secteurs de Bouchette, de Saint-André-Avellin, du lac Duhamel, du lac Cameron et de Brébeuf, les tourmalinites forment des lits stratiformes ou stratoïdes à l'intérieur de niveaux de métapélites et de quartzites. Les lits les plus riches en tourmaline sont noirs ce qui rend leur identification difficile sur le terrain au point de les confondre avec des amphibolites (Plimer, 1983; Slack, 1982). L'épaisseur des tourmalinites varie

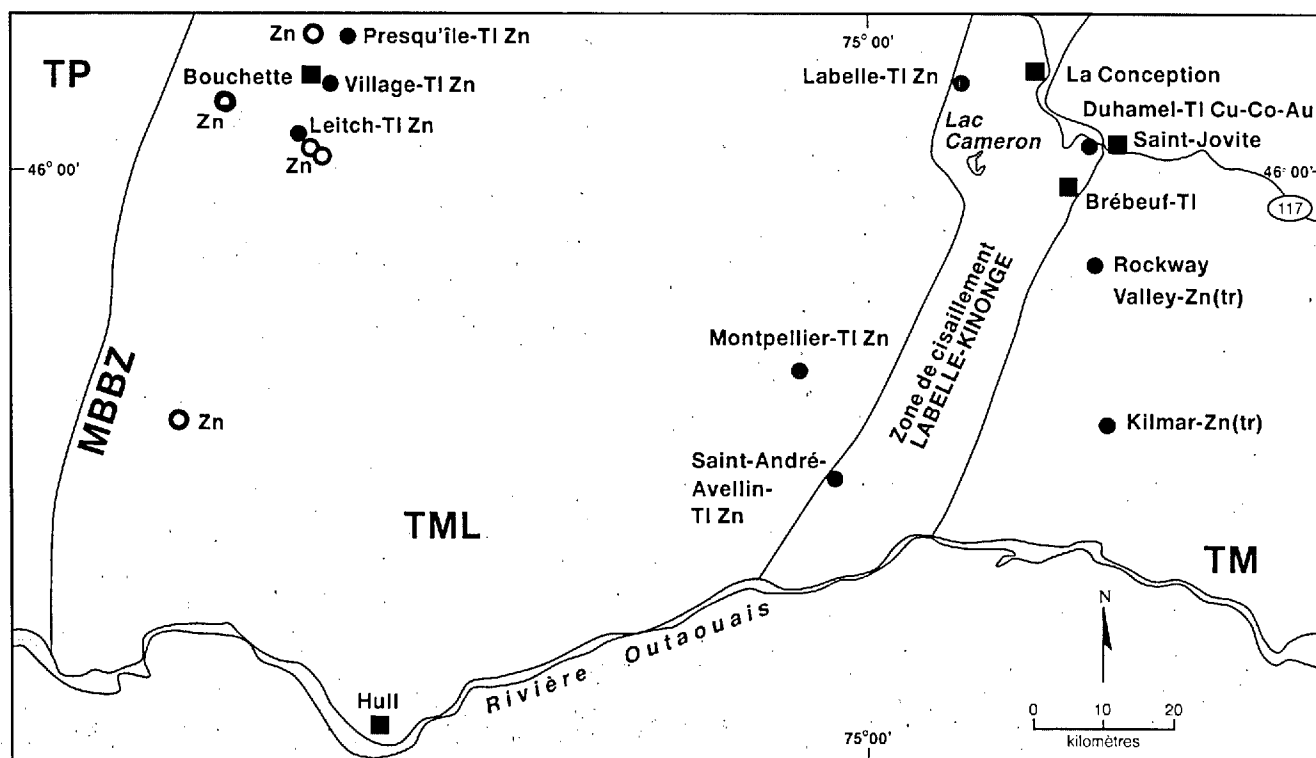


Figure 1. Localisation des secteurs à tourmalinite et à roches riches en tourmaline (TI) avec des minéralisations zincifères (Zn, cercles pleins; tr traces). Les cercles vides représentent des secteurs minéralisés en zinc dont il n'est pas question dans le rapport. MBBZ "Monocyclic Belt Boundary Zone". TM terrain de Morin; TML terrain de Mont-Laurier; TP terrain de Pythonga. Tracé de la partie sud de la zone de cisaillement de Labelle-Kinonge d'après Sharma, K.N.M. (communication personnelle).

de 3 à 10 cm d'épaisseur, mais elle est submillimétrique dans les lamines qui ne peuvent être observées qu'en lame mince, comme celles du lac Labelle.

### TEXTURE ET MINÉRALOGIE

Dans l'ensemble des secteurs étudiés, la tourmaline des tourmalinites et des roches riches en tourmaline présente en général une texture granoblastique. La taille des cristaux varie de 0,1 à 5 mm et n'atteint 1 à 2 cm que dans moins de 10% des affleurements examinés. Les cristaux sont disséminés mais, dans les tourmalinites, ils peuvent aussi être concentrés en amas. Certaines tourmalines sont poeciloblastiques; les inclusions sont par ordre de fréquence le quartz, le feldspath, le grenat, la sillimanite, la calcite, les opaques et la sphalérite. La tourmaline peut elle-même se présenter en inclusions dans le grenat. Elle est prismatique dans les pegmatites ainsi que dans un paragneiss à biotite qui se trouve au contact de l'une de ces pegmatites, à Bouchette.

### CARACTÉRISTIQUES LITHOLOGIQUES et PÉTROGRAPHIQUES

#### Bouchette

Le secteur de Bouchette comprend plusieurs niveaux riches en tourmaline (figure 2) qui, d'après la séquence stratigraphique établie par Gauthier et Brown (1980), sont tous situés au-dessus d'un horizon de marbre calcitique et de marbre dolomitique minéralisé en zinc. La base de cet horizon est au contact d'un mince niveau de paragneiss rouillé qui est lui-même sus-jacent à un horizon d'amphibolite.

Le niveau qui contient la plus grande concentration de tourmalinite et de paragneiss riches en tourmaline, dit le "niveau Roddick", affleure de façon continue sur environ 3,5 km (figure 2). C'est le plus riche de toute la Ceinture métasédimentaire centrale. Les tourmalinites sont essentiellement composées de quartz et de tourmaline à l'exception d'une tourmalinite à quartz bleu qui contient, en plus, de la pyrite et de la pyrrhotite très fines et disséminées; cette tourmalinite ne se trouve que dans un seul lit de 8 cm d'épaisseur. Les paragneiss à tourmaline sont des gneiss à biotite avec plus ou moins de sillimanite et de

grenat. Les gneiss interlités sont de même nature, mais ils comprennent aussi des mobilisats à quartz et feldspath dont certains renferment jusqu'à 10 % de tourmaline. Sur le terrain, toutes les tourmalines sont noires et, en lame mince, elles présentent différentes teintes de vert, de jaune et, plus rarement, de bleu. Elles sont de couleur uniforme ou sont zonées, et le zonage est concentrique ou en plages. Dans le lit de tourmalinite à pyrite et pyrrhotite très fines, le quartz diffère de celui des autres roches par sa couleur bleue; la tourmaline est jaune en lame mince.

Malgré la quantité exceptionnelle de tourmaline dans le niveau Roddick, les analyses de bore dans la fraction lourde des sédiments de ruisseau, prélevés à proximité de ce niveau, ne sont pas le reflet d'une telle abondance: la majorité des analyses est sous la limite de détection. Cependant, un examen pétrographique de trois échantillons de minéraux lourds, contenant entre 5 et 15 ppm de bore, a conduit à l'identification de gahnite (ZnO=10%) et de spinelle magnésien. La gahnite a été identifiée dans les roches du gîte zincifère de Dussault au NW de Montauban (Bernier, 1993), mais jamais dans celles du secteur de Bouchette.

Au nord du niveau Roddick, se trouve l'indice Presqu'île (Gauthier et Brown, 1986) qui comprend des formations de fer et des marbres dolomitiques zincifères, au milieu desquelles se trouvent de rares amas centimétriques à feldspath et tourmaline brune.

Au sud-ouest du niveau Roddick, près de l'indice Village (Gauthier, 1983), à Bouchette, une pegmatite à tourmaline recoupe un paragneiss à biotite qui contient des prismes centimétriques de tourmaline, criblés d'inclusions de quartz. Ces tourmalines poeciloblastiques et les tourmalines de la pegmatite sont noires, mais en lame mince elles sont, respectivement, gris foncé et multicolores (mauve, jaune, vert, rose, gris et bleu).

À un kilomètre à l'est de l'indice de zinc Leitch (Gauthier, 1983), affleure un gneiss à tourmaline et à kornéropine (un aluminosilicate de magnésium et de fer qui contient généralement du bore). La kornéropine se présente en prismes centimétriques suivant une orientation aléatoire et

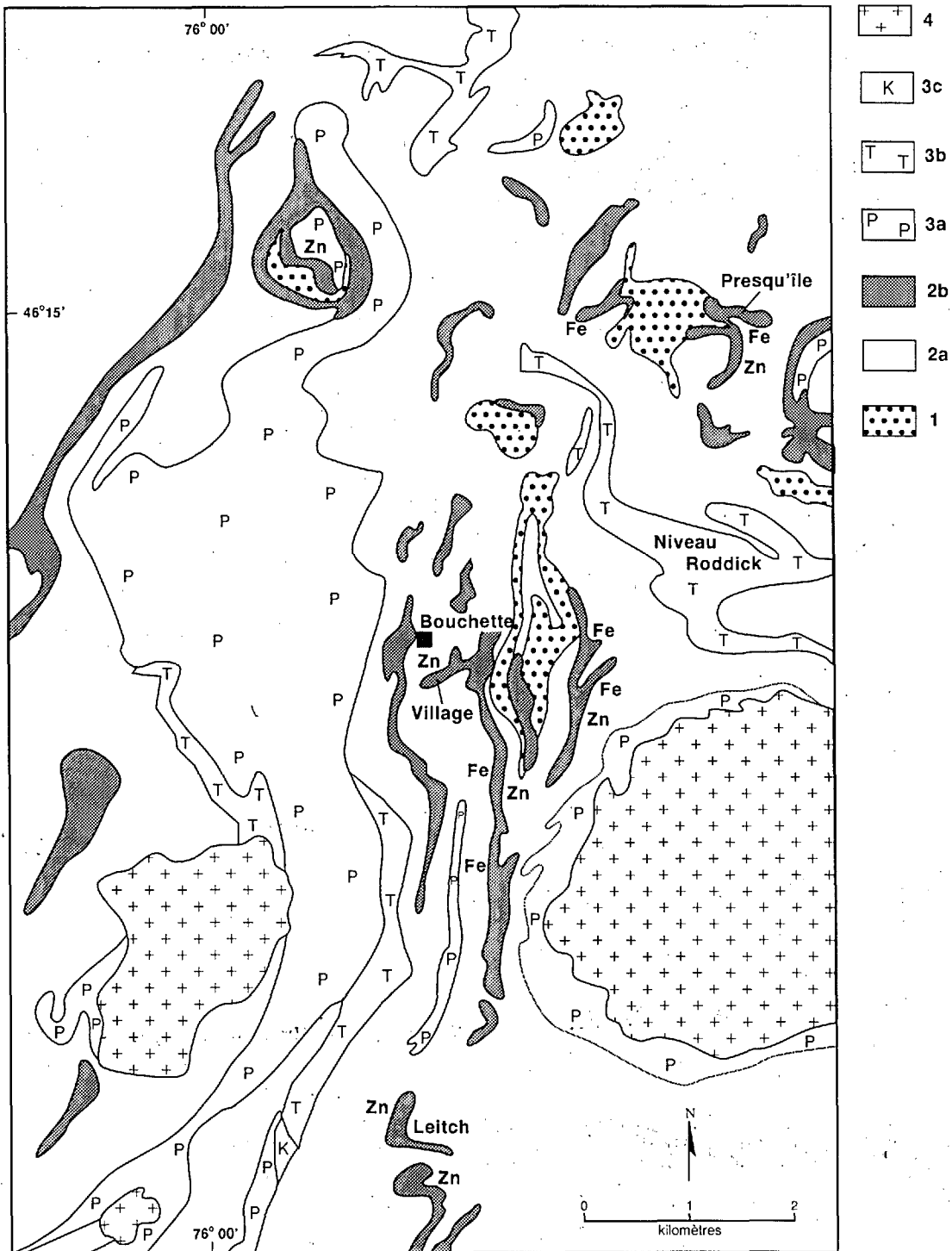


Figure 2. Distribution des tourmalinites et des roches riches en tourmaline dans le secteur de Bouchette. 1- Niveau inférieur: paragneiss quartziques (rouillés et graphitiques). 2- Niveau médian: a) marbre calcitique; b) marbre dolomitique. 3- Niveau supérieur: a) paragneiss quartzofeldspathique, paragneiss à biotite et quartzite; b) tourmalinites et roches riches en tourmaline; c) gneiss à kornéropine. 4- Syénite (carte d'après Gauthier et Brown, 1986, modifiée).

la tourmaline est submillimétrique. Dans un échantillon, la tourmaline fait partie d'un lit millimétrique renfermant en plus du quartz, de la biotite, du grenat et de l'orthopyroxène. La kornéropine se trouve dans des lits centimétriques avec du quartz, du plagioclase, de la biotite, du grenat; des traces de tourmaline apparaissent en inclusions dans la kornéropine. La tourmaline est vert olive dans les deux types de lit et n'est pas zonée.

### Montpellier

La tourmaline est un constituant important d'une bande de marbre calcitique qui affleure à 2 km à l'est du village de Montpellier (figure 1). Ces marbres contiennent 3-5 % de tourmaline ainsi que du diopside et de la scapolite. Ils sont situés au contact d'un niveau très riche en graphite qui a fait l'objet de forages dans le cadre d'un projet d'exploration pour cette substance. Les forages ont permis d'établir une séquence lithostratigraphique hypothétique (Taner, document interne, 1989) qui comprend de la base vers le sommet: 1) des orthoamphibolites; 2) des gneiss granitiques; 3) des gneiss à hornblende et biotite; 4) des marbres calcitiques suivis de marbres à diopside puis de marbres à graphite; 5) une zone stratiforme riche en graphite; 6) des paragneiss à biotite; 7) des quartzites. Les marbres dolomitiques n'ont été observés ni dans les forages ni dans les environs immédiats, mais ils affleurent à 10 km au sud-est de Montpellier, près de Ripon; ces marbres dolomitiques sont vraisemblablement situés sur le même niveau stratigraphique que les marbres à tourmaline et contiennent les pseudostromatolites connus sous le nom de "Eozoon Canadense" (Faessler, 1948).

À part les tourmalines dans les marbres, un examen d'une partie des carottes a révélé de la tourmaline dans des lamines de tourmalinite et dans des gneiss à quartz, microcline, mésoperthite et graphite, avec par endroits des lamines de sillimanite. Le pourcentage en microcline peut atteindre 65%, la roche prend alors une couleur vert pâle caractéristique. Les tourmalines dans les marbres et les gneiss sont brunes; en lame mince, elles sont généralement jaunes ou orange, sans zonage apparent. Par contre, dans certains gneiss à quartz et microcline, la tourmaline est zonée de bleu à vert brunâtre et elle est partiellement résorbée ou silicifiée.

Un des échantillons de tourmalinite renferme une veinule de carbonate et de sphalérite concordante par rapport à la foliation. Cette veinule recoupe des cristaux de tourmaline. Des cristaux isolés de sphalérite ont aussi été identifiés dans des paragneiss quartzofeldspathiques à biotite ainsi que dans un gneiss très riche en graphite (20%) dont l'analyse a donné 0,13% Zn.

### Saint-André-Avellin

Une excursion dans les environs de l'indice de zinc de Saint-André-Avellin (Filion et Roy, 1929), nous a confirmé la présence d'au moins 10% de tourmaline dans certains gneiss alumineux et dans des roches constituées de quartz et de tourmaline (figure 1). Contrairement à tous les autres secteurs, les roches à quartz et tourmaline se présentent autant sous la forme de lits concordants que de veines discordantes. Les gneiss alumineux et les roches à tourmaline sont intercalés avec des marbres et des gneiss calcosilicatés (Dupuy et Sharma, 1989). Cette séquence de roches se trouve dans une zone de déformation intense qui correspond à la zone de cisaillement de Kinonge (Dupuy et al., 1989; Sharma et al., 1990; Sharma et al., 1992). Le zinc, dont la plus grande partie a été extraite, se trouve dans un niveau de marbre cisailé. Aujourd'hui, on observe encore quelques veinules de sphalérite qui recourent le marbre.

### Lac Labelle

Au cours des années 80, la compagnie d'exploration St-Joe a mis au jour des minéralisations en zinc à l'est du lac Labelle (figures 1 et 3) à l'intérieur de la zone de cisaillement de Labelle. Dans ses descriptions de forage, Fagan (1985) fait mention de la tourmaline avec un point d'interrogation; notre examen nous a permis de confirmer la présence de ce minéral.

Les principaux types de roches identifiés en affleurement et dans les carottes sont les suivants: marbres calcitiques à diopside avec des niveaux riches en graphite et phlogopite, roches calcosilicatées, métapyroxénites, paragneiss quartzofeldspathiques rouillés, paragneiss à biotite±grenat±sillimanite et pegmatites blanches. Ces roches font partie d'une unité qui comprend aussi des marbres dolomitiques à l'ouest du lac Cameron et près du village de Vendée (figure 3). À 4 km au NE du lieu des forages, affleurent une

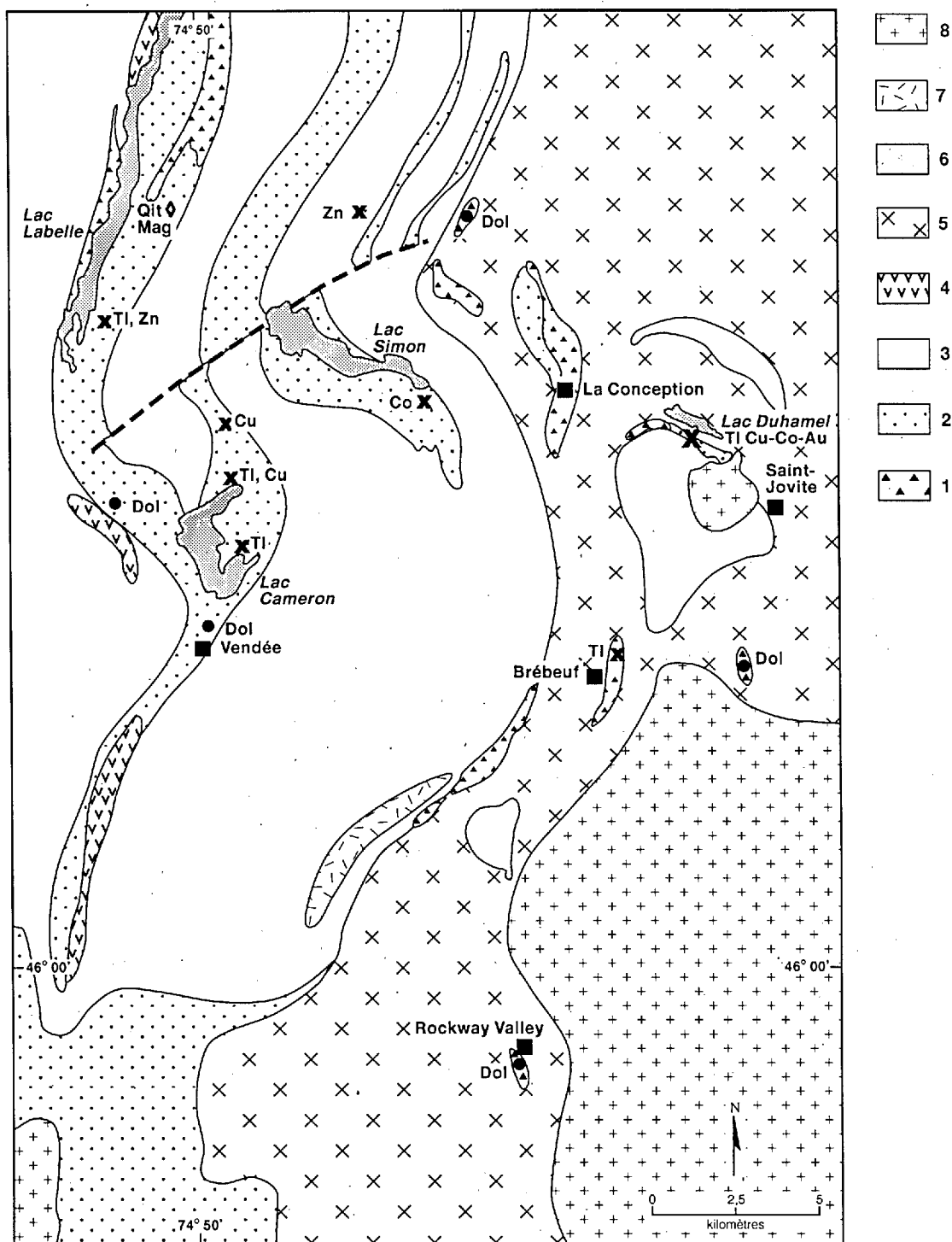


Figure 3. Géologie des secteurs du lac Labelle, du lac Cameron, du lac Duhamel et de Brébeuf; localisation des tourmalinites et des roches riches en tourmaline (TI), des minéralisations (Zn, Cu, Co, Cu-Co ± Au), des dolomies (Dol) et des quartzites à magnétite (Qit mag). 1- Marbre calcitique et dolomitique. 2- Gneiss alumineux à sillimanite, grenat et biotite. 3- Orthogneiss ou gneiss quartzofeldspathiques. 4- Amphibolite. 5- Charnockite ou mangérite. 6- Anorthosite. 7- Diorite ou gabbro. 8- Monzonite (géologie d'après Martignole et Corriveau, 1993).

bande de pegmatite de 2,5 km sur 20 m (à tourmaline ?; Pollock, 1956) ainsi que des quartzites avec des lits centimétriques de magnétite (figure 3).

Au microscope, une section minéralisée en sphalérite a révélé la présence d'au moins 10% de tourmaline surtout dans des gneiss à quartz, microcline, mésoperthite, phlogopite, sillimanite, rutile, pyrite, pyrrhotite, graphite et sphalérite. Ces gneiss, qui contiennent surtout du quartz et du microcline, présentent la même teinte vert pâle que les gneiss à microcline observés à Montpellier. Des lamines de tourmalinite (quartz et tourmaline) et des lamines constituées uniquement de phlogopite, de sillimanite et de tourmaline sont contenues dans les gneiss à quartz et microcline. La tourmaline fait aussi partie des assemblages à quartz et diopside mais en quantité moindre. Au microscope, elle est essentiellement de couleur jaune sans zonation apparente; certains cristaux contiennent des inclusions de sphalérite.

En général, la sphalérite est disséminée ou se trouve dans des veinules en présence de carbonates à l'intérieur de zones de cisaillement d'épaisseur métrique. Une veinule de sphalérite, associée avec de la mésoperthite, a aussi été observée recoupant l'une de ces zones de cisaillement. Dans ces zones, la phlogopite est partiellement ou totalement remplacée par de la sillimanite qui a conservé, en reliques, des inclusions de zircon. La phlogopite et la sillimanite présentent en plus des évidences de silicification.

#### Lac Cameron

À l'est du lac Cameron (figure 3), un lit de tourmalinite à quartz et tourmaline brune (orange en lame mince) ainsi qu'un lit de tourmalinite à quartz, microcline et tourmaline noire (vert bouteille en lame mince) font partie d'une séquence de gneiss à biotite, de gneiss à biotite, sillimanite et grenat, de gneiss à diopside, de gneiss à quartz, épidote et clinopyroxène, et de gneiss à plagioclase, orthopyroxène et amphibole. Cette séquence se trouve à l'intérieur de la zone de cisaillement de Labelle. Certains gneiss aluminés contiennent jusqu'à 10% de tourmaline; celle-ci est orientée parallèlement à la foliation et se présente sous forme disséminée ou en inclusions dans le grenat.

Sur la rive nord du lac Cameron, plusieurs lits centimétriques renferment de la tourmaline à grain fin (0,2mm); par endroits, la proportion de tourmaline approche 100%. Les lits de tourmalinite font partie d'un ensemble de roches constitué de gneiss à biotite, de gneiss à sillimanite et grenat, de gneiss à diopside, de diopsidite et de quartzite. Les quartzites contiennent 2 à 3 % de tourmaline millimétrique et sont interlités avec quelques lits renfermant jusqu'à 15 % de grenat. Certains gneiss à biotite et grenat peuvent contenir jusqu'à 25% de tourmaline qui n'est visible qu'en lame mince. Toutes les tourmalines sont brun verdâtre avec un coeur plus clair que la bordure.

Les séquences de paragneiss hôtes de la tourmaline ne sont pas minéralisées, mais 701 ppm Cu ont été relevés dans une veine de quartz qui recoupe la séquence sur la rive nord du lac Cameron (figure 3). En plus, à 2 km au nord de cette veine, 703 ppm Cu ont été trouvés dans des gneiss rouillés (703 ppm; UTM-N 5110100 et UTM-E 514600, figure 3) et à 5 km au nord-est de la veine, en bordure du lac Simon, une teneur de 215 ppm Co a été obtenue dans des gneiss calcosilicatés (UTM-N 5110900 et UTM-E 520100, figure 3).

#### Lac Duhamel

Les tourmalinites et les roches riches à tourmaline du secteur du lac Duhamel (figures 1 et 3) font partie d'un lambeau de paragneiss et de marbre calcitique de 2 km sur 300 m; le lambeau est enclavé dans des charnockites situées à la limite E de la zone de cisaillement de Labelle. Les paragneiss comprennent des roches calcosilicatées, des quartzites, des gneiss quartzeux à grenat, des gneiss quartzofeldspathiques, des gneiss à biotite et sillimanite, des gneiss à biotite et grenat, et des gneiss rouillés à biotite, grenat et sillimanite. Des niveaux d'orthogneiss à plagioclase, grenat et orthopyroxène sont intercalés à travers cette séquence. Des gneiss quartzofeldspathiques roses, dont les protolites sont peut-être des rhyolites (Nantel, 1994), se trouvent à l'extrémité est du lambeau.

Les tourmalinites et les roches riches en tourmaline sont intimement associées à des coticules (roches à quartz et grenat manganésifère) et à des minéralisations en Cu-Co ± Au de type

exhalatif (Nantel, 1994): les teneurs maximum obtenues, dans des veines de sulfures massifs, sont 0,12% Cu, 0,20% Co et 170 ppb Au. Tous les types de paragneiss renferment de la pyrite, de la pyrrhotite et de la chalcopryrite disséminées ou concentrées dans des veines ou des veinules; les orthogneiss renferment surtout de l'ilménite disséminée et sont recoupés par des veinules de sulfures.

Les tourmalinites forment des lentilles concordantes millimétriques dans un niveau de coticules constitué de quartz, de mésoperthite, de grenat lilas (5 %), de tourmaline, de sillimanite, de magnétite, de pyrite et de pyrrhotite. Les tourmalinites contiennent du grenat, jusqu'à 80% de tourmaline et accessoirement du quartz. D'autres tourmalinites sont uniquement constituées de sillimanite, de tourmaline, de rutile, de pyrrhotite, de pyrite et de chalcopryrite, et certaines contiennent en plus, du quartz, du feldspath, de la biotite et de la magnétite. Enfin, des amas et des disséminations de tourmaline se présentent dans des coticules renfermant 5% MnO; la tourmaline a aussi été observée en bordure d'une veine de sulfures qui recoupe ces coticules et des tourmalinites riches en sillimanite.

Toutes les tourmalines sont vert olive avec des plages jaunâtres. Elle sont en cristaux isolés, moulent en partie le grenat, comme le fait aussi le rutile, ou forment la partie interne d'une couronne complète autour du grenat, dont la partie externe est formée par de la sillimanite.

### Brébeuf

À l'entrée est du village de Brébeuf (figures 1 et 3), la tourmaline est abondante dans un affleurement d'aspect rouillé de 20 m de longueur sur 2,5 m de hauteur. L'affleurement est formé d'une alternance de lits centimétriques à décimétriques constitués de tourmalinites, de paragneiss quartzeux à cordiérite et/ou phlogopite et/ou tourmaline et de paragneiss quartzofeldspathiques à tourmaline. La tourmaline est présente dans toutes ces roches et particulièrement dans deux lits de tourmalinite qui en contiennent jusqu'à 35%; l'un de ces lits est continu sur 20 m.

Sur le terrain, la tourmaline est verte dans les tourmalinites tandis qu'elle est brun orangé dans les gneiss à cordiérite et/ou phlogopite ainsi que

dans les gneiss quartzofeldspathiques; en lame mince, elle est respectivement vert bouteille et jaune pâle. D'après les analyses chimiques globales, toutes les roches sont riches en SiO<sub>2</sub> (77-87%). À part la pyrite et la pyrrhotite, qui se trouvent dans les gneiss quartzofeldspathiques à grain très fin et dans les paragneiss quartzeux, aucun autre type de sulfure n'est présent.

L'affleurement de paragneiss à tourmaline de Brébeuf fait partie d'un niveau qui renferme aussi des marbres calcitiques. À 4 km à l'est de ce niveau, des marbres dolomitiques ont été signalés (figure 3; Wynne-Edwards et al., 1966). D'autres marbres dolomitiques affleurent à Rockway Valley (à 13 km au sud de Brébeuf) et dans la région de La Conception (à 13 km au nord-ouest de Brébeuf; figure 3). Les premiers sont associés à des traces de sphalérite (Sabina, 1986) et les seconds pourraient appartenir au même niveau stratigraphique que la séquence de Brébeuf comme les marbres à magnésite de Kilmar (figure 1) où des traces de sphalérite ont été rapportées (Sabina, 1986); cette hypothèse est cependant difficile à confirmer, compte tenu de l'étendue des intrusions charnockitiques dans cette région (figure 3). Il est à noter que les marbres dolomitiques de La Conception contiennent les mêmes types de structures laminées qui avaient été identifiées comme des pseudostromatolites par Faessler (1948) près de Ripon.

### LITHOGÉOCHIMIE

Les tourmalinites et les roches à tourmaline des secteurs de Bouchette, du lac Cameron et de Brébeuf ainsi que leurs gneiss encaissants ne présentent aucune concentration métallifère d'intérêt économique. Les teneurs en zinc, en plomb et en cuivre y sont inférieures à 61, 30 et 203 ppm, respectivement (tableaux 1, 2 et 3). Le manganèse est en quantité négligeable (<0,1% MnO), tandis que l'or, l'argent et le cadmium sont absents.

Les tourmalinites du secteur du lac Duhamel constituées principalement de tourmaline, de sillimanite et de sulfures (tableau 2, éch. J2-7), sont minéralisées en cuivre (1200 ppm) et renferment des teneurs anormales en cobalt (221 ppm) et en or (27 ppb).

Tableau 1. Analyses du bore et des éléments en traces des tourmalinites et des roches riches en tourmaline du secteur de Bouchette (en ppm).

	J4-100A	J4-101A	J4-102A	J4-103A	J4-114B	J4-118B	J4-119	J4-128	J4-128A	J4-133
Cu	11	9	6	10	15	6	11	6	5	49
Pb	21	10	4	8	2	4	7	12	5	<1
Zn	45	11	12	30	18	48	15	4	25	28
Ni	32	9	9	16	14	29	12	10	32	31
Co	13	<3	3	6	6	5	8	4	12	19
V	54	22	49	27	82	63	35	16	127	88
Ba	288	291	65	492	121	160	279	74	892	108
Li	19	10	3	6	15	93	13	26	78	19
B	2300	2700	7500	2600	3100	2400	3900	9700	3700	15100

Tableau 1 (suite)

	J4-134	J4-142A	J4-200A	J4-220A	J4-220C	J4-222C	J4-228C2	J5-205	J5-209
Cu	10	15	8	46	19	85	3	128	11
Pb	12	9	7	<1	<1	<1	<1	8	<1
Zn	45	18	49	19	7	6	9	46	38
Ni	8	14	11	41	13	142	7	45	29
Co	<3	7	7	19	<3	50	3	50	12
V	27	37	43	76	26	19	22	107	83
Ba	175	198	37	271	172	25	134	234	553
Li	5	29	7	16	10	4	5	60	22
B	9000	2800	5500	3500	4100	10700	10600	5400	4500

Tableau 2. Analyses des éléments en traces des tourmalinites, des roches riches en tourmaline et de leurs gneiss encaissants des secteurs du lac Cameron et du lac Duhamel (en ppm).

	Lac Cameron								Lac Duhamel		
	J2-059G	J2-059J1	J2-059J2	J2-059L	J2-078J	J2-079	J2-080F1	J2-080F2	J2-5	J2-7	J2-9
Cu	15	13	8	19	203	701	16	11	889	1200	216
Pb	<1	2	<1	<1	2	5	<1	<1	<1	<1	<1
Zn	34	11	10	40	36	12	26	26	105	78	148
Ni	13	107	10	21	103	128	40	31	80	116	61
Co	4	19	4	13	55	48	26	16	53	221	24
V	55	73	9	62	103	160	127	88	35	79	125
Ba	164	952	571	218	116	199	233	227	388	75	242
Li	18	34	13	64	16	16	19	21	52	6	9

Tableau 3. Analyses des éléments en traces des tourmalinites, des roches riches en tourmaline et de leurs gneiss encaissants du secteur de Brébeuf.

	J2-029A	J2-029B1	J2-029B2	J2-029C	J2-029D	J2-029E	J2-029E2	J2-029G	J2-029H	J2-029I
Cu	8	26	20	3	26	2	5	1	4	5
Pb	8	9	4	13	8	20	8	30	6	3
Zn	16	38	15	30	40	6	26	9	45	34
Ni	62	28	22	5	16	<1	<1	<1	<1	11
Co	17	12	10	<3	6	<3	<3	<3	10	6
V	147	67	35	15	36	<2	<2	<2	31	19
Ba	922	301	429	322	249	1300	127	532	390	325
Li	54	63	68	23	62	21	46	10	44	49

Dans l'ensemble, les tourmalinites (tableaux 1, 2 et 3) contiennent peu de lithium (3–68 ppm), ce qui est compatible avec la nature des tourmalinites: les tourmalines reliées à des aplites et des pegmatites granitiques sont en général les plus riches en lithium (jusqu'à 3%  $\text{LiO}_2$ ). L'échantillon de pegmatite à tourmaline prélevé près de l'indice Village, dans le secteur de Bouchette, en contient 78 ppm (éch. J4–128A, tableau 1). Il est, par ailleurs, le plus riche en Ba (892 ppm) parmi les tourmalinites et les roches riches en tourmaline du secteur de Bouchette (tableau 1). L'échantillon le plus riche en Ba (1300 ppm) provient d'une roche pegmatitique à quartz, plagioclase et microcline interlitée aux roches riches en tourmaline du secteur de Brébeuf (éch. J2–029E, tableau 3).

Aucune analyse de tourmalinite n'a été effectuée dans les secteurs de Montpellier, de Saint-André-Avellin et du lac Labelle.

### COMPOSITION DES TOURMALINES

Près de 150 tourmalines provenant de tous les secteurs mentionnés, à l'exception de Saint-André-Avellin, ont surtout été analysées à la microsonde électronique de l'École Polytechnique (méthode EDS) et en partie de l'Université McGill (méthode WDS). Des concentrés de tourmaline ont aussi été préparés dans le but d'analyser certains éléments traces par ICPMS, mode dissolution, au Centre de Recherches Minérales. La composition de quelques grenats, micas, orthopyroxènes et kornéropines a aussi été vérifiée dans les secteurs de Bouchette et de Brébeuf.

#### Bouchette

Les compositions des tourmalines du niveau Roddick sont variables (tableau 4, figure 2; figure 4). Les tourmalines vert forêt et vert bouteille sont du type schorl–dravite avec un rapport  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}$  variant de 0,339 à 0,709 tandis que les tourmalines jaunes et jaune brunâtre sont plus riches en magnésium; leur composition se rapproche du pôle dravite et leurs rapports  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}$  varient de 0,764 à 0,845. Parmi les échantillons qui contiennent des tourmalines riches en magnésium, il y a la tourmalinite à pyrite et à pyrrhotite finement disséminées et à quartz bleu (éch. J4–222C, tableau 4). Cette tourmalinite est en contact

avec un lit de quartz, orthopyroxène, biotite et chlorite avec des traces de grenat et de tourmaline; l'orthopyroxène est un hypersthène aluminé ( $\text{En}_{54}$ ; 2,2–3,2%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) avec un maximum de 0,35%  $\text{Na}_2\text{O}$ . À cent mètres de la tourmalinite, affleurent des gneiss riches en grenat (30%) et tourmaline (10%) en présence de quartz; les grenats sont de type  $\text{Alm}_{61} \text{Prp}_{33} \text{Sps}_2 \text{Adr}_4 \text{Uva}_{<1\%}$ .

Les tourmalines de la tourmalinite J4–228C2 (tableau 4) sont vert très foncé ce qui se traduit par une composition beaucoup plus riche en fer ( $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}=0,339\text{--}0,349$ ) que les autres tourmalines du niveau Roddick. Cette tourmaline est aussi celle qui présente le plus grand rapport  $\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}$  (0,547) alors qu'à travers tout le niveau Roddick, les tourmalines ont un rapport  $\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}$  plus faible (0,324–0,468).

Les tourmalines qui se trouvent au milieu des marbres dolomitiques zincifères de l'indice Presqu'île (figure 2; éch. J5–313, tableau 5; figure 4) sont jaunes et sont très riches en magnésium ( $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}=0,843$ ). Leur contenu en sodium est très élevé ( $\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}=0,962$ ) comme celui des tourmalines ( $\text{Na}/\text{Na}+\text{Ca}=0,937\text{--}0,961$ ) de la pegmatite échantillonnée près de l'indice Village (figure 2; éch. J4–143B, tableau 5; figure 4). Mais contrairement aux tourmalines de l'indice Presqu'île, les tourmalines de la pegmatite sont du type schorl avec un rapport  $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}=0,077\text{--}0,158$ ; ce sont les plus riches en fer parmi toutes celles qui ont été analysées, non seulement dans le secteur de Bouchette, mais dans tous les autres secteurs. En plus, les tourmalines de la pegmatite se distinguent par des concentrations élevées en manganèse (0,85–0,88%) ainsi qu'en certains éléments traces (tableau 6) notamment en zinc (642 ppm) et en lithium (290 ppm). Par contre, les tourmalines poeciloblastiques des paragneiss à biotite recoupés par cette pegmatite sont beaucoup plus riches en magnésium ( $\text{Mg}/\text{Mg}+\text{Fe}=0,588\text{--}0,590$ ; éch. J4–143A) que celles de la pegmatite; en plus elles ne contiennent pas de manganèse et renferment seulement 50 ppm Zn et 9 ppm Li. Ces valeurs correspondent aux valeurs moyennes obtenues dans les tourmalines du secteur de Bouchette (Zn=9–96 ppm, Li=3–9 ppm; tableau 6).

À un kilomètre à l'ouest de l'indice Leitch, des

Tableau 4. Analyses à la microsonde de tourmalines provenant du niveau Roddick, secteur de Bouchette.

	J4-100A		J4-103A		J4-108B		J4-114B		J4-128		J4-133		J4-222C		J4-226		J4-228C2	
	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
SiO <sub>2</sub>	36,10	36,85	35,37	35,62	36,66	36,52	35,80	36,19	36,15	35,76	35,17	34,97	36,00	36,33	34,83	35,10	34,40	33,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33,94	33,77	32,24	32,01	31,94	32,11	33,83	34,19	30,18	29,61	32,13	31,88	31,73	31,95	33,05	32,65	31,06	30,99
TiO <sub>2</sub>	1,37	1,29	0,88	1,27	1,80	1,82	1,27	1,52	1,01	0,78	1,28	1,27	1,96	1,64	0,98	0,86	0,82	1,01
FeO	4,06	4,34	6,86	6,15	3,28	3,59	5,69	5,11	6,79	7,07	8,16	8,79	3,99	3,97	8,69	8,65	13,79	13,96
MnO	0,09	0,00	0,00	0,00	0,05	0,02	0,12	0,02	0,04	0,07	0,08	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00	0,01	0,10
MgO	8,23	7,89	7,46	7,88	10,07	9,85	7,77	8,01	9,23	9,12	7,24	6,98	9,73	9,99	6,77	6,91	3,97	4,20
CaO	2,21	2,33	2,44	2,23	2,82	2,59	2,40	2,16	2,92	3,01	2,49	2,35	2,54	2,70	2,47	2,36	1,85	1,90
Na <sub>2</sub> O	1,00	1,14	0,90	0,99	1,17	1,05	0,93	1,19	0,77	0,84	0,88	0,86	0,90	1,00	0,97	1,13	0,85	1,26
K <sub>2</sub> O	0,08	0,02	0,08	0,14	0,12	0,10	0,00	0,00	0,13	0,11	0,12	0,13	0,00	0,00	0,04	0,06	0,14	0,10
Total	87,08	87,63	86,23	86,29	87,91	87,65	87,81	88,39	87,22	86,37	87,55	87,23	86,85	87,59	87,83	87,72	86,89	87,22
<b>Proportion atomique sur la base de 29 oxygènes et de 3 bores</b>																		
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,755	5,764	5,756	5,813	5,804	5,799	5,711	5,723	5,878	5,888	5,731	5,730	5,775	5,779	5,664	5,705	5,794	5,690
Al(T)	0,245	0,236	0,184	0,157	0,000	0,009	0,288	0,277	0,000	0,000	0,171	0,159	0,000	0,000	0,334	0,254	0,165	0,169
Al(Z)	6,000	6,000	6,000	6,000	5,961	6,000	6,000	6,000	5,783	5,747	6,000	6,000	5,999	5,990	6,000	6,000	6,000	6,000
Al(Y)	0,131	0,163	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,095	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,164	0,156	0,108	0,156	0,214	0,218	0,152	0,181	0,123	0,097	0,156	0,156	0,236	0,196	0,120	0,105	0,104	0,128
Fe	0,541	0,583	0,933	0,839	0,435	0,476	0,759	0,676	0,923	0,974	1,112	1,205	0,535	0,528	1,182	1,176	1,943	1,972
Mn	0,012	0,000	0,000	0,000	0,007	0,002	0,016	0,002	0,005	0,010	0,010	0,000	0,000	0,001	0,004	0,000	0,002	0,014
Mg	1,956	1,890	1,810	1,918	2,377	2,332	1,847	1,887	2,236	2,238	1,760	1,705	2,328	2,370	1,641	1,675	0,997	1,057
Y Total	2,804	2,792	2,851	2,913	3,033	3,028	2,847	2,841	3,287	3,319	3,038	3,066	3,099	3,095	2,947	2,956	3,046	3,171
Mg/Mg+Fe	0,783	0,764	0,660	0,696	0,845	0,830	0,709	0,736	0,708	0,697	0,613	0,586	0,813	0,818	0,581	0,588	0,339	0,349
Ca	0,378	0,402	0,426	0,390	0,479	0,441	0,410	0,366	0,509	0,531	0,434	0,412	0,437	0,460	0,430	0,411	0,333	0,343
Na	0,308	0,354	0,283	0,313	0,358	0,324	0,289	0,365	0,244	0,269	0,278	0,273	0,280	0,309	0,305	0,357	0,276	0,414
K	0,017	0,004	0,017	0,029	0,025	0,019	0,026	0,023	0,027	0,024	0,025	0,028	0,032	0,005	0,007	0,012	0,029	0,021
X Total	0,703	0,760	0,726	0,732	0,862	0,784	0,725	0,754	0,780	0,824	0,737	0,713	0,749	0,774	0,742	0,780	0,638	0,778
Na/Na+Ca	0,449	0,468	0,399	0,445	0,428	0,424	0,413	0,499	0,324	0,336	0,390	0,399	0,391	0,402	0,415	0,465	0,453	0,547
Total	18,507	18,552	18,517	18,615	18,660	18,620	18,571	18,595	18,728	18,778	18,677	18,668	18,622	18,638	18,687	18,695	18,643	18,808

-C, centre; B, bordure.

-Échantillons: J4-100A, tourmaline jaune brunâtre avec une mince bordure bleue dans un paragneiss à quartz et grenat riche en tourmaline (10%); J4-103A, tourmaline avec un coeur vert olive foncé et une bordure plus claire dans une tourmalinite (quartz+tourmaline±feldspath potassique); J4-108B, tourmaline jaune non zonée dans une tourmalinite (quartz+tourmaline); J4-114B, tourmaline légèrement zonée, vert olive au centre à jaune brunâtre en bordure dans une tourmalinite (quartz+tourmaline); J4-128, tourmaline vert forêt non zonée dans une tourmalinite (quartz+tourmaline±plagioclase); J4-133, tourmaline vert bouteille non zonée dans une tourmalinite (tourmaline+quartz); J4-222C, tourmaline jaune brunâtre non zonée dans une tourmalinite (quartz+tourmaline+pyrite+pyrrhotite+magnétite); J4-226, tourmaline vert bouteille non zonée dans une tourmalinite (quartz+tourmaline); J4-228C2, tourmaline vert bouteille légèrement zonée avec une bordure plus foncée dans une tourmalinite (tourmaline+quartz).

Tableau 5. Analyses à la microsonde de tourmalines spatialement ou intimement associées à des indices de zinc dans le secteur de Bouchette.

	Tourmalines								Kornérupines	
	Presqu'île	Village				Leitch		Leitch		
	J5-313	J4-143A		J4-143B		J4-167A2		J4-167A2		
	Bord	Centre	Bord	Centre	Bord	Centre	Bord	Centre	Bord	
SiO <sub>2</sub>	38,88	35,28	36,02	35,18	35,31	36,24	36,03	30,84	30,37	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	34,48	31,91	31,62	33,66	33,41	32,13	31,86	43,08	43,2	
TiO <sub>2</sub>	0,16	0,94	0,65	0,62	0,56	1,18	1,22	0,18	0,07	
FeO <sub>t</sub>	2,99	8,57	8,55	13,24	13,21	4,16	4,49	9,07	8,69	
MnO	0,05	0,01	0,00	0,85	0,88	0,02	0,00	0,08	0,06	
MgO	8,99	6,92	6,85	0,62	1,39	9,20	9,69	14,24	14,6	
CaO	0,11	1,71	1,50	0,14	0,23	2,84	3,25	0,02	0,01	
Na <sub>2</sub> O	1,58	1,49	1,37	1,90	1,88	0,89	0,55	0,16	0,25	
K <sub>2</sub> O	0,00	0,04	0,11	0,03	0,00	0,10	0,05	-	-	
Total	87,24	86,67	86,67	86,24	86,87	86,76	87,14	97,67	97,25	
<b>Proportion atomique</b>										
	Sur la base de 29 oxygènes et de 3 bores						Sur la base de 22 oxygènes et de 2 bores			
B	3	3	3	3	3	3	3	2	2	
Si	6,077	5,794	5,911	5,915	5,907	5,831	5,788	4,012	3,966	
Al(T)	0,000	0,176	0,089	0,085	0,093	0,092	0,033	0,000	0,034	
Al(Z)	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	
Al(Y)	0,352	0,000	0,027	0,586	0,494	0,000	0,000	0,607	0,614	
Ti	0,019	0,116	0,081	0,079	0,070	0,142	0,148	0,017	0,007	
Fe	0,391	1,177	1,174	1,862	1,848	0,560	0,603	0,987	0,949	
Mn	0,007	0,001	0,000	0,120	0,125	0,002	0,001	0,009	0,007	
Mg	2,096	1,693	1,675	0,155	0,347	2,207	2,321	2,762	2,843	
Y Total	2,865	2,987	2,957	2,802	2,884	2,911	3,073	4,382	4,420	
Mg/Mg+Fe	0,843	0,590	0,588	0,077	0,158	0,798	0,794	0,737	0,750	
Ca	0,019	0,300	0,264	0,025	0,041	0,279	0,559	0,003	0,002	
Na	0,479	0,473	0,436	0,621	0,610	0,020	0,170	0,039	0,063	
K	0,000	0,008	0,022	0,007	0,001	0,005	0,010	-	-	
X Total	0,498	0,781	0,722	0,653	0,652	0,304	0,739	0,042	0,065	
Na/Na+Ca	0,962	0,612	0,623	0,961	0,937	0,363	0,233	0,929	0,969	
Total	18,440	18,738	18,679	18,455	18,536	18,138	18,633	16,436	16,485	

Échantillons: J5-222A, tourmaline orange foncé au centre du grain et légèrement plus pâle en bordure, au milieu d'un amas de feldspath compris dans un marbre dolomitique zincifère; J4-143A, tourmaline vert forêt, non zonée, et criblée d'inclusions de quartz dans un paragneiss à muscovite et biotite riche en tourmaline (10%); J4-143B tourmaline zonée, multicolore (mauve, jaune, vert, rose, gris et bleu) dans une pegmatite (quartz, feldspath potassique, tourmaline, plagioclase); J4-167A2, tourmaline vert bouteille non zonée dans un lit de quartz, plagioclase, biotite, grenat et orthopyroxène (5% tourmaline) et kornérupine prismatique dans un lit de quartz, plagioclase, biotite et grenat.

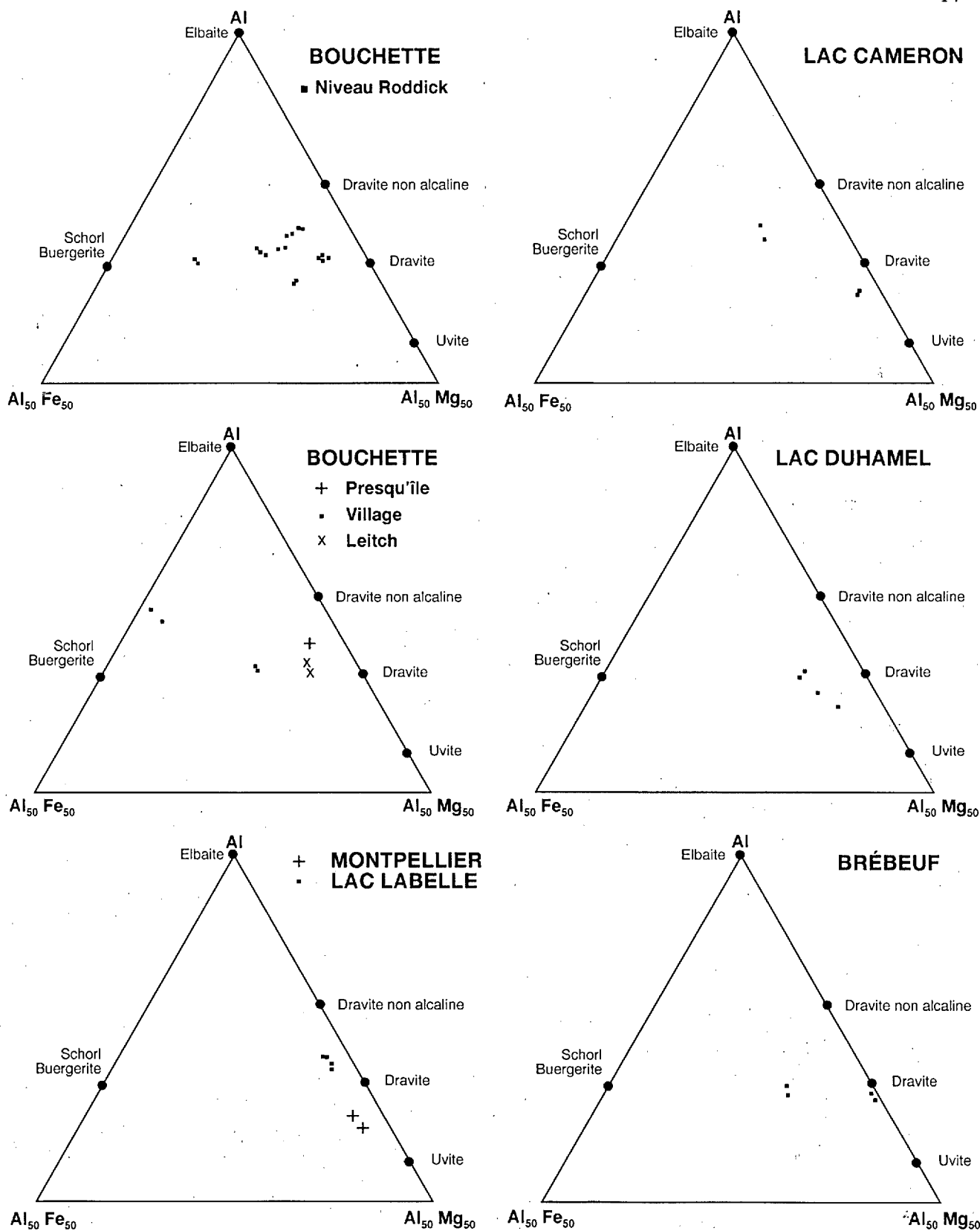


Figure 4. Diagramme de composition Al-Fe-Mg de tourmalines de la partie sud de la province de Grenville

Tableau 6. Éléments en traces dans des concentrés de tourmalines, secteur de Bouchette (en ppm).

	J4-103A	J4-108B	J4-114B	J4-133	J4-143A	J4-143B	J4-200	J4-209	J4-226C	J4-228C2	J4-228D
Cu	10	9	19	19	9	28	5	9	10	3	6
Pb	47	143	123	<53	20	204	21	41	29	17	292
Zn	96	70	23	65	50	642	43	17	69	9	11
Ni	19	<4	22	38	30	5	14	26	38	6	11
Co	<8	<11	9	16	18	<3	11	10	18	6	11
V	64	125	182	155	79	15	31	175	134	43	51
Ba	72	<4	<2	9	39	3	2	30	4	<1	<2
Li	5	7	3	9	14	290	4	6	9	2	2

- Les tourmalines ont été séparées au binoculaire

- Analyses par ICPMS, mode dissolution. Les limites de détection varient en fonction du poids de l'échantillon lorsque ce dernier est inférieur à 0,85 gr.

gneiss à biotite, grenat et orthopyroxène sont interlités avec des paragneiss à kornéropine, biotite et grenat. Les tourmalines sont de type schorl–dravite avec une composition plus près du pôle magnésium (éch. 167A2, tableau 5; figure 4). La kornéropine (éch. 167A2, tableau 5) est de même composition que celle du lac Sainte-Marie (Girault, 1952), une des localités type pour ce minéral, située à 19 km au sud de l'indice Leitch.

#### Lac Labelle et Montpellier

La plupart des tourmalines des secteurs du lac Labelle et de Montpellier, où des minéralisations en zinc ont été rapportées, sont de couleur jaune ou orange sans zonation apparente et ce, indépendamment de l'assemblage minéralogique. Les tourmalines d'un marbre provenant de Montpellier (éch. G14-769A), et celles d'une tourmalinite (éch. J2-133) et d'un gneiss à biotite et sillimanite (éch. J2-134.5), échantillonnés à Labelle, ont été analysées (tableau 7; figure 4); la tourmalinite et le gneiss contiennent de la sphalérite. La composition des trois tourmalines correspond à de la dravite avec une faible composante schorl (Mg/Mg+Fe=0,889–0,910). Les rapports Na/Na+Ca sont variables (0,114–0,585). Le seul concentré de tourmaline, obtenu à partir d'un échantillon de marbre provenant de Montpellier, contient 80 ppm Zn (tableau 8).

#### Lac Duhamel

Les tourmalines disséminées dans les coticules font partie de la solution solide schorl–dravite (figure 4); elles ont un coeur jaune brunâtre et une bordure verte (éch. J2-092K, tableau 7); ces variations de couleur se traduisent par une

composante plus riche en magnésium (Mg/Mg+Fe=0,839) au coeur qu'en bordure (Mg/Mg+Fe=0,789). Les tourmalines d'un gneiss à biotite, sillimanite et grenat (éch. J2-092G) sont vert olive et sont plus riches en fer (Mg/Mg+Fe=0,747–0,763) que celles des coticules et leur contenu en sodium est élevé (Na/Na+Ca=0,748–0,755).

#### Lac Cameron et Brébeuf

Dans les secteurs du lac Cameron et de Brébeuf, les tourmalines sont de type dravite (Mg/Mg+Fe=0,904–0,978) ou de composition intermédiaire (Mg/Mg+Fe=0,628–0,676; tableau 7; figure 4). Dans le secteur du lac Cameron, ces dernières se trouvent dans des paragneiss à biotite, sillimanite et grenat; elles ont une composante riche en sodium (Na/Na+Ca=0,904–0,917). Les dravites se trouvent dans des tourmalinites; elles contiennent un peu plus de zinc que la moyenne de toutes les tourmalines analysées (116 ppm; éch. J2-059G, tableau 8).

Dans le secteur de Brébeuf, les tourmalines de type schorl–dravite (éch. J2-029C, tableau 7) sont uniquement associées à du quartz et sont relativement riches en zinc (131 ppm, tableau 8), comparativement aux tourmalines de tous les autres secteurs, à l'exception des schorls de la pegmatite de Bouchette (Zn=642 ppm, éch. J4-143B, tableau 6). Les dravites (éch. J2-029H, tableau 7) coexistent avec de la phlogopite (Mg/Mg+Fe=0,925) et/ou de la cordiérite magnésienne (Mg/Mg+Fe=0,951).

Tableau 7. Analyses à la microsonde de tourmalines de la partie est du terrain de Mont-Laurier.

	Lac Labelle				Montpellier		Lac Duhamel				Lac Cameron				Brébeuf			
	J2-133		J2-134.5		G14-769A		J2-092K		J2-092G		J2-059G		J2-059J2		J2-029C		J2-029H	
	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B	C	B
SiO <sub>2</sub>	36,61	36,85	37,00	37,14	37,25	37,25	36,53	36,51	36,73	36,97	37,17	37,18	37,62	36,83	35,27	35,55	36,91	37,16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32,13	32,71	33,49	33,25	28,21	29,31	28,39	29,12	30,30	30,02	28,31	29,01	32,01	32,92	29,95	30,69	29,52	30,47
TiO <sub>2</sub>	2,01	1,87	1,60	1,70	0,18	0,22	0,92	1,21	1,19	1,24	1,46	1,53	0,90	0,99	1,20	1,36	1,82	1,06
FeO	1,96	2,00	2,12	2,11	2,31	2,51	3,87	4,79	4,97	5,40	2,30	1,98	6,73	6,58	7,30	6,89	0,50	0,65
MnO	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,09	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,03
MgO	10,13	10,02	9,59	9,49	13,07	12,46	11,34	10,03	8,97	8,94	12,18	12,31	6,64	6,24	8,20	8,05	12,26	12,08
CaO	2,70	2,24	1,72	1,90	4,49	3,87	3,16	2,39	1,24	1,26	3,66	3,63	0,38	0,58	2,34	2,12	3,03	2,72
Na <sub>2</sub> O	1,29	1,09	1,34	1,06	0,32	0,69	1,27	1,57	2,11	2,06	0,94	0,97	2,12	2,13	1,44	1,46	1,24	1,33
K <sub>2</sub> O	0,06	0,12	0,07	0,06	0,08	0,07	0,08	0,11	0,09	0,12	0,07	0,08	0,51	0,86	0,10	0,11	0,09	0,12
Total	86,92	86,90	86,93	86,73	85,91	86,38	85,57	85,73	85,69	86,06	86,09	86,69	86,91	87,13	85,81	86,25	85,42	85,62
<b>Proportion atomique sur la base de 29 oxygènes et de 3 bores</b>																		
B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Si	5,824	5,836	5,838	5,868	6,025	5,993	5,957	5,986	6,023	6,010	6,008	5,960	6,095	5,974	5,855	5,848	5,947	5,965
Al(T)	0,025	0,105	0,162	0,132	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000
Al(Z)	6,000	6,000	6,000	6,000	5,378	5,557	5,457	5,627	5,802	5,805	5,393	5,480	6,000	6,000	5,859	5,950	5,606	5,764
Al(Y)	0,000	0,000	0,066	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,269	0,000	0,000	0,000	0,000
Ti	0,240	0,223	0,190	0,202	0,022	0,027	0,177	0,149	0,147	0,152	0,177	0,184	0,110	0,121	0,150	0,168	0,221	0,128
Fe	0,261	0,264	0,279	0,278	0,312	0,337	0,528	0,657	0,682	0,734	0,311	0,265	0,912	0,893	1,013	0,948	0,067	0,087
Mn	0,004	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,001	0,000	0,013	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,007	0,004
Mg	2,403	2,365	2,257	2,235	3,151	2,990	2,757	2,452	2,193	2,166	2,935	2,942	1,604	1,509	2,029	1,974	2,945	2,891
Y Total	2,908	2,852	2,792	2,777	3,485	3,354	3,463	3,258	3,035	3,059	3,424	3,391	2,626	2,792	3,193	3,093	3,240	3,110
Mg/Mg+Fe	0,902	0,900	0,890	0,889	0,910	0,899	0,839	0,789	0,763	0,747	0,904	0,917	0,638	0,628	0,667	0,676	0,978	0,971
Ca	0,460	0,379	0,291	0,321	0,778	0,667	0,552	0,420	0,218	0,219	0,634	0,623	0,066	0,101	0,416	0,374	0,523	0,468
Na	0,399	0,333	0,411	0,324	0,100	0,215	0,402	0,499	0,671	0,649	0,295	0,301	0,666	0,670	0,463	0,466	0,387	0,414
K	0,013	0,023	0,014	0,012	0,016	0,015	0,017	0,023	0,019	0,025	0,014	0,016	0,010	0,019	0,021	0,023	0,018	0,025
X Total	0,872	0,735	0,716	0,657	0,894	0,897	0,971	0,942	0,908	0,893	0,943	0,940	0,742	0,790	0,900	0,863	0,928	0,907
Na/Na+Ca	0,464	0,468	0,585	0,502	0,114	0,244	0,421	0,543	0,755	0,748	0,318	0,326	0,910	0,869	0,527	0,555	0,425	0,469
Total	18,629	18,528	18,508	18,434	18,782	18,801	18,848	18,813	18,768	18,767	18,768	18,771	18,463	18,582	18,807	18,754	18,721	18,746

-C, centre; B, bordure

-Échantillons: J2-133, tourmaline orange non zonée avec inclusions de quartz, feldspath, rutile, opaques et sphalérite dans une tourmalinite (quartz+tourmaline+plagioclase); J2 134.5, tourmaline jaune non zonée dans un gneiss zincifère à biotite et sillimanite (1% tourmaline); G14-769A, tourmaline jaune non zonée dans un marbre à clinopyroxène et scapolite (tourmaline 5%); J2-092K, tourmaline jaune brunâtre avec bordure verte et inclusions de pyrite dans un coficule; J2-092G, tourmaline vert olive avec zonage en plages dans un gneiss à biotite, sillimanite et grenat; J2-059G, tourmaline jaune zonée dans une tourmalinite (quartz+tourmaline); J2-059J2, tourmaline vert bouteille non zonée dans un paragneiss à biotite, sillimanite et grenat riche en tourmaline (10%); J2-029C, tourmaline vert bouteille non zonée dans une tourmalinite (quartz+tourmaline); J2-029H, tourmaline jaune non zonée dans un quartzite à phlogopite (tourmaline 5%).

Tableau 8. Éléments en traces dans des concentrés de tourmalines, secteur de Montpellier, du lac Cameron et de Brébeuf (en ppm).

	Montpellier	Lac Cameron		Brébeuf
	G14-769B	J2-059J2	J2-059G	J2-029C
Cu	3	12	14	11
Pb	144	57	<73	40
Zn	80	15	116	131
Ni	<1	42	6	<2
Co	<3	12	<18	<6
V	87	162	174	96
Ba	<1	2	11	26
Li	20	8	10	12

- Les tourmalines ont été séparées au binoculaire.

- Analyses par ICPMS, mode dissolution. Les limites de détection varient en fonction du poids de l'échantillon lorsque ce dernier est inférieur à 0,85 gr.

## DISCUSSION

Dans le secteur de Bouchette (figure 1), les tourmalines intimement associées à des minéralisations en zinc (éch. J5-313, tableau 5) et en pyrite et pyrrhotite (éch. J4-222C, tableau 4) sont riches en magnésium ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,8$ ). Cependant, toutes les tourmalinites magnésiennes ne sont pas minéralisées. Les tourmalines des paragneiss, interlités avec les tourmalinites minéralisées, sont en général plus riches en fer ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,3-0,7$ ). Les seules tourmalines avec une quantité appréciable de zinc (642 ppm) sont les plus riches en fer parmi celles analysées ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,1$ ); elles proviennent d'une pegmatite à quartz et feldspath et sont spatialement associées à des minéralisations en zinc (indice Village).

D'après la composition isotopique du soufre des galènes du secteur de Bouchette, les fluides à l'origine des minéralisations zincifères seraient issus d'une source mixte, volcanique et carbonatée ( $\delta^{34}S = +4$  à  $+10$  per mil; Sangster et al., 1992). Par contre, sur la base de la composition isotopique du bore, une source unique a été attribuée aux fluides riches en bore qui ont conduit à la formation des tourmalines associées aux kornéropines de la région de Lac-Sainte-Marie, située à une vingtaine de kilomètres au sud de l'indice Leitch, dans le secteur de Bouchette. D'après les valeurs en  $\delta^{11}B$ , qui sont très élevées ( $\delta^{11}B = +22$  per mil), les fluides auraient lessivé le bore à partir d'une séquence d'évaporite marine (Swihart

et Moore, 1989; Palmer et Slack, 1989). La même interprétation a suivi l'analyse des isotopes du bore des tourmalines ( $\delta^{11}B = +6,7\%$  et  $+10,5$  per mil) échantillonnées dans le secteur de la mine de zinc Balmat-Edwards (Palmer et Slack, 1989); la présence d'anhydrite (Lea et Dill, 1968; deLorraine et Dill, 1982) et de stromatolites (Isachsen et Landing, 1983) dans la séquence de Balmat-Edwards appuient d'ailleurs ce modèle. La circulation de fluides riches en bore à travers des empilements sédimentaires est le processus retenu pour expliquer la formation de la majorité des tourmalinites et des roches riches en tourmaline dans les terrains métamorphisés (Bandyopadhyay et al., 1990). Par contre, une origine exhalative est attribuée aux tourmalinites associées à des coticules, c'est-à-dire à des roches à quartz et grenat manganésifère, comme pour les minéralisations qui peuvent leur être associées (Slack et al., 1993), ce qui est le cas dans le secteur du lac Duhamel (Nantel, 1994).

La séquence lithostratigraphique hypothétique de Montpellier n'est pas sans rappeler une partie de la séquence de Balmat-Edwards. En effet, dans les deux cas, la base des séquences renferme des marbres calcitiques à graphite et tourmaline brune interlités avec des gneiss calcosilicatés, des gneiss riches en graphite et des paragneiss à biotite. Cependant, le gisement de Balmat-Edwards est situé dans la partie supérieure de la séquence qui renferment des marbres dolomitiques et des marbres dolomitiques à quartz et

diopside, dénués de tourmaline (deLorraine, 1993). Par contre, des marbres dolomitiques ont aussi été identifiés dans les environs de Montpellier et ils contiennent en plus des stromatolites comme à Balmat-Edwards.

Les tourmalines qui appartiennent à la séquence minéralisée de Montpellier sont uniquement de type dravite ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,9$ ). La tourmaline recoupée par une veinule de sphalérite (cf. paragraphes sur les caractéristiques lithologiques et pétrographiques du secteur de Montpellier) peut indiquer une remobilisation de la minéralisation, et la silicification de la tourmaline, une diffusion des éléments. La séquence de Montpellier présente certaines similitudes avec celle de Bouchette avec, de la base vers le sommet, des orthoamphibolites, des marbres, des gneiss calcosilicatés, des gneiss à biotite et des quartzites. Mais la roche qui contient la veinule de sphalérite et la tourmaline à Montpellier est un gneiss très riche en microcline, comme les gneiss à sphalérite disséminée de l'indice Labelle. Les protolites de telles roches, riches en potassium, pourraient correspondre à des sédiments altérés; une activité hydrothermale pourrait être à la fois à l'origine des fluides minéralisateurs et de l'altération des sédiments. La teinte verdâtre des microclines, qui indique probablement un certain contenu en plomb, est un élément en faveur de cette hypothèse. La nature de ces gneiss et leur relation avec la minéralisation feront l'objet de prochains travaux de recherche.

À titre d'exemple, une origine hydrothermale est préconisée pour la formation des gneiss à microcline du gisement de Bleikvassli (Zn-Pb-Cu) de type SEDEX, en Norvège (Skauli, 1993). Ces gneiss à microcline constituent le mur et le toit des schistes à micas et des gneiss feldspathiques minéralisés; des coticules, d'origine exhalative, se trouvent au-dessus ou au-dessous de la séquence minéralisée (Skauli et al., 1992). De la tourmaline magnésienne a été signalée et des amphibolites se trouvent à la base de la séquence de Bleikvassli.

En plus des gneiss à microcline, les secteurs du lac Labelle et de Montpellier ont en commun les caractéristiques suivantes: les tourmalines sont uniquement de type dravite ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,9$ ); les séquences comprennent des marbres calcitiques,

des gneiss calcosilicatés, des gneiss à graphite, des paragneiss à biotite et des lamines riches en sillimanite et tourmaline; la sphalérite est contenue dans des gneiss à microcline sous forme disséminée ou dans des veinules; et il y a des évidences de silicification. La même activité hydrothermale peut être à l'origine des protolites des gneiss à microcline et des minéralisations ainsi que ceux des lamines constituées de sillimanite et, par endroits, de tourmaline. Cependant, l'hypothèse d'une diffusion locale de l'alumine sous l'effet de la déformation ne peut être exclue, les secteurs de Montpellier et du lac Labelle étant situés, respectivement, à proximité ou à l'intérieur de la zone de cisaillement de Labelle-Kinonge.

L'indice Duhamel présente de façon générale le même ensemble lithologique que celui de Montpellier et du lac Labelle et, comme l'indice Labelle, il est localisé à l'intérieur de la zone de cisaillement de Labelle-Kinonge (figure 1). Les tourmalines y sont cependant plus riches en fer ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,8$ ) qu'à Montpellier et qu'au lac Labelle ( $\approx 0,9$ ). Autant les gneiss à microcline peuvent indiquer une activité hydrothermale dans ces deux derniers secteurs, autant les coticules de l'indice Duhamel sont les témoins d'une activité exhalative au même titre que les lits de magnétite dans les quartzites qui affleurent à quelques kilomètres au nord du secteur du lac Labelle (figure 3).

Dans le secteur de Brébeuf, les tourmalines de type dravite ( $Mg/Mg+Fe \approx 1$ ) font partie des paragneiss quartzofeldspathiques et des paragneiss quartzeux à cordiérite magnésienne et/ou phlogopite. Ces deux types de paragneiss contiennent de la pyrite et de la pyrrhotite finement disséminées. Par contre, les tourmalines de type schorl-dravite ( $Mg/Mg+Fe \approx 0,7$ ), relativement riches en zinc (131 ppm; tableau 8), se trouvent dans des tourmalinites dépourvues de sulfures.

## CONCLUSION

Dans l'ensemble des secteurs étudiés, les tourmalines intimement associées à des minéralisations en zinc, en cuivre ou en pyrite-pyrrhotite sont très riches en magnésium. Cependant toutes les tourmalines magnésiennes ne sont pas nécessairement associées à des minéralisations. Par ailleurs, les tourmalines les plus riches en

zinc sont ferrifères. Les premières études sur les tourmalines proposaient les tourmalines riches en magnésium comme guide d'exploration pour les gîtes de type stratiforme (Slack, 1982); on faisait entre autres souvent référence aux tourmalines magnésiennes du gisement de Sullivan (Freeze, 1966), en Colombie-Britannique. Mais les nombreuses études qui ont suivi ont permis de démontrer que les tourmalines peuvent aussi bien être de composition intermédiaire et même riches en fer, ce qui est le cas, pour ne donner qu'un exemple, des tourmalines des gisements du district minier de Broken Hill, en Australie (Plimer, 1988; Slack et al., 1993).

Les couleurs des tourmalines analysées dans le terrain de Mont-Laurier reflètent en général assez bien leur composition. Les tourmalines les plus foncées ont un rapport  $Mg/Mg+Fe \approx 0,1$  (schorl), les tourmalines vert forêt et vert bouteille ont un rapport  $Mg/Mg+Fe \approx 0,6-0,7$  (schorl-dravite), les jaunes et les orange de  $\approx 0,8-0,9$  et les jaunes pâles de  $\approx 1,0$  (dravite).

La présence d'exhalites (tourmalinites associées à des coticules et formations de fer à magnétite), et celle de faciès qui témoignent d'une activité hydrothermale (paragneiss riches en tourmaline) ou qui pourraient témoigner d'une telle activité (gneiss à microcline verdâtre), ainsi que la nature des roches minéralisées permettent de classer les minéralisations des secteurs de Montpellier et du lac Labelle dans les gîtes de type SEDEX. Les indices des secteurs de Bouchette (Sangster et al., 1992) et du lac Duhamel (Nantel, 1994) avaient déjà été classés dans ce groupe pour les mêmes raisons. La présence de zinc dans un paragneiss riche en graphite dans la séquence de Montpellier est aussi en faveur d'une origine SEDEX de la minéralisation et aussi d'une origine biogénique pour ce type de roche. À propos de la nature des roches dans les séquences minéralisées, il faudrait souligner que des marbres dolomitiques ont été relevés à proximité des secteurs de Montpellier et du lac Labelle, mais ils ne sont pas minéralisés, contrairement à ceux de Bouchette. Par contre, les marbres dolomitiques de Kilmar et de Rockway Valley, qui représentent peut-être l'extension du niveau à tourmaline de Brébeuf, contiennent des traces de zinc. Ces marbres dolomitiques se trouvent cependant dans le terrain de Morin, bien qu'ils ne

soient pas très éloignés de la zone de cisaillement de Labelle-Kinonge qui sépare ce terrain de celui de Mont-Laurier.

Les séquences minéralisées à proximité de la limite est du terrain de Mont-Laurier seraient déposées dans un milieu marin peu profond de type sabkha tel que suggéré par la grande quantité de bore dans les métasédiments et la présence de stromatolites dans les environs de certains indices. Ce modèle a déjà été proposé dans la région de Bouchette sur la base d'autres observations que celles-ci (Gauthier et Brown, 1980) et depuis ce temps, des analyses isotopiques du bore dans les environs de cette région (Swihart et Moore, 1989) sont venues l'appuyer. D'après des analyses isotopiques du soufre (Sangster et al., 1992), les minéralisations de Bouchette seraient en plus liées à une activité volcanique, comme celles de l'indice du lac Duhamel en se basant sur la présence d'exhalites associées à de probables métarhyolites.

Tous les secteurs qui ont fait l'objet de ce rapport représentent de bonnes cibles pour l'exploration du zinc, du cuivre et du cobalt. Parmi celles-ci, le niveau sous-jacent au niveau Roddick, constitué de marbres calcitiques et dolomitiques (Gauthier et Brown, 1986) est particulièrement intéressant. En effet, la proportion de tourmaline dans le niveau Roddick indique une importante circulation de fluides dans la séquence sédimentaire. Par conséquent, des fluides chargés d'éléments métalliques auraient pu emprunter les canaux utilisés par les fluides riches en bore qui proviennent vraisemblablement du lessivage de séquence évaporitique marine, tel que suggéré par la composition isotopique du bore; cependant, aucune évidence de métaévaaporite (albitite et niveaux riches en scapolite ou anhydrite) n'a été relevée dans le secteur. La gahnite a été identifiée dans les minéraux lourds des sédiments de ruisseau dans le secteur du niveau Roddick; ce minéral devrait être pris en compte lors des travaux d'exploration dans ce secteur. La quantité de tourmaline dans les sédiments de ruisseau peut elle-même servir de guide d'exploration pour les gîtes de sulfures de type exhalatif sous-marin (Robinson, 1989; Robinson et al., 1988) quoique cette méthode n'ait pas donné les résultats escomptés dans les environs du niveau Roddick.

L'extension nord du lambeau hôte de l'indice Duhamel (Cu+Co ± Au) constitue aussi une zone qui mérite d'être explorée (figure 1); les arguments qui appuient cette conclusion ont fait l'objet de deux autres rapports (Nantel, 1994; Nantel et Choinière, 1994).

Les caractéristiques lithologiques, pétrographiques et géochimiques des tourmalinites et des roches riches en tourmaline associées de près ou de loin à des minéralisations, à proximité des limites est et ouest du terrain de Mont-Laurier, permettent d'y établir le modèle empirique suivant pour l'exploration de gîtes de Zn et de Cu-Co.

- 1) Séquence lithologique: marbres calcitiques, paragneiss à biotite et gneiss calcosilicatés associés ou non à des amphibolites ou des gneiss quartzofeldspathiques roses de composition rhyolitique; des marbres dolomitiques peuvent être intercalés dans la séquence.
- 2) Présence d'exhalites sous la forme de formation de fer à magnétite ou de tourmalinites associées à des coticules.
- 3) Présence de facies indicateurs d'une activité hydrothermale pré-métamorphique comme des paragneiss riches en tourmaline et des gneiss riches en microcline verdâtre.
- 4) Tourmalines de composition magnésienne ou de composition intermédiaire mais avec une plus forte composante en magnésium.
- 5) Tourmalines zincifères dans des pegmatites.
- 6) Tourmalinites riches en pyrite et pyrrhotite qui peuvent représenter des équivalents distaux de niveaux minéralisés.
- 7) Minéraux indicateurs tels que gahnite et grenat manganésifère dans la fraction lourde des sédiments de ruisseau.

Enfin, en s'éloignant partiellement du sujet de ce rapport, il serait de circonstance d'ajouter que la tourmaline est aussi utilisée comme guide d'exploration pour le diamant, en ces temps où l'exploration pour cette substance est si active. Des grains ronds de tourmalines brunes, détectées au cours d'un levé régional de minéraux lourds, a conduit à la découverte de la lamproïte Jack, en Colombie Britannique, dans laquelle trois petits diamants ont été récupérés (Fipke, 1993)!

## REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont en premier lieu à Sylvain Lapointe pour avoir identifié sur le terrain les niveaux de tourmalinite, dans le secteur de Bouchette, pour le Ministère de l'Énergie et des Ressources, en 1992, puis à François Garant qui, dans le cadre du programme coopératif de l'École Polytechnique, a effectué les analyses pétrographiques et les analyses à la microsonde, au cours de l'automne 1993. Je remercie d'ailleurs le professeur Gaston Pouliot qui a mis à notre disposition la microsonde ainsi qu'à Paul Samson pour avoir initié F. Garant à cette technique d'analyse. Je remercie également Serge Perreault qui a effectué une partie des analyses à la microsonde, à l'Université McGill.

Je remercie le professeur Michel Gauthier pour m'avoir fait visiter les gîtes de zinc dans le secteur de Bouchette ainsi que les affleurements riches en tourmaline qu'il avait relevés au cours de ses travaux de cartographie. Je remercie aussi monsieur Jean-Armand Faubert pour m'avoir donné accès aux carottes de forage de la propriété de graphite située à Montpellier. Je remercie enfin Michel Hocq pour les corrections qu'il a apportées au texte.

## RÉFÉRENCES

- ABRAHAM, K., MIELKE, H. et POVONDRA, P., 1972. On the enrichment of tourmaline in metamorphic sediments of the Arzberg Series, W.-Germany (NE Bavaria). *Neues Jahrbuch für Mineralogie Monatshefte* no. 5; pages 209-219.
- APPEL, P. W. U., 1984. Tourmaline in the early Archean Isua supracrustal belt, West Greenland. *Journal of Geology*; volume 92, pages 599-605.
- APPEL, P.W. U., 1985. Strata-bound tourmaline in the Archean Malene supracrustals, West Greenland. *Journal canadien des sciences de la Terre*; volume 22, pages 1485-1491.
- BANDYOPADHYAY, B. K., SLACK, J. F., PALMER, M. R. et ROY, A., 1990. Tourmalinites associated with stratabound massive sulphide deposits in the Proterozoic Sakoli Group, Nagpur district, central India. *IN* Y.T. Maurice, éditeur, IAGOD Symposium. 8th: Stuttgart, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; pages 868-885.
- BEATY, D. W., HAHN, G.A. et THRELKELD, W.

- E., 1987. Field, isotopic, and chemical studies of tourmaline-bearing rocks in the Belt-Purcell Supergroup: genetic constraints and exploration significance for Sullivan type ore deposits. *Journal canadien des sciences de la terre*; volume 25, pages 392-402.
- BEHR, H.J., AHRENDT, H., MARTIN, H., PORADA, H., ROHRS, J. et WEBER, K., 1983. Sedimentology and mineralogy of Upper Proterozoic playa-lake deposits in the Damara orogen. *IN* H. Martin et F.W. Eder (éditeurs), *Intracontinental Fold Belts*; Springer-Verlag, Berlin, pages 577-610.
- BENVENUTI, M. et LATTANZI, P., 1989. Tourmalinite-associated Pb-Zn-Ag mineralization at Bottino, Apuane Alps, Italy: geologic setting, mineral textures, and sulfide chemistry. *Economic Geology*; volume 84, pages 1277-1292.
- BERNIER, L.R., 1993. Étude métallogénique du gîte polymétallique Dussault, canton de Lapeyrère-Province de Grenville. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-53, 161 pages.
- BERNIER, L. et POULIOT, G., 1987. Geology and metamorphism of the Montauban North Gold Zone: a metamorphosed polymetallic exhalative deposit, Grenville Province, Quebec. *Economic Geology*; volume 82, pages 2076-2090.
- BHATTACHARYA, H.N., CHATTERJEE A. et CHOWDHURY, S., 1992. Tourmalinite from Cu-U belt Singhbhum, Bihar, India. *Journal geological society of India*; volume 39, pages 19-195.
- BONE, Y., 1988. The geological setting of tourmalinite at Rum Jungle, N.T., Australia - Genetic and economic implications. *Mineralium Deposita*; volume 23, pages 34-41.
- BROWN, C. E. et AYUSO, R. A., 1984. Significance of tourmaline rich rocks in the Grenville Complex of St. Lawrence county, New York. *U.S. Geological Survey Bulletin* 1626; 33 pages.
- BYERLY, G.R. et PALMER, M.R., 1991. Tourmaline mineralization in the Barberton greenstone belt, South Africa: early Archean metasomatism by evaporite-derived boron. *Contributions to Mineralogy and Petrology*; volume 107, pages 387-402.
- CHOWN, E.H., 1987. Tourmalinites in the Aphebian Mistassini Group, Quebec. *Journal canadien des sciences de la terre*; volume 24, pages 826-830.
- CORRIVEAU, L., MORIN, D. et BOGGS, K., 1993. Cibles d'exploration dans la Ceinture métasédimentaire, Province de Grenville, région de Mont-Laurier, Québec. Commission Géologique du Canada; dossier public 2617, 9 pages.
- CORRIVEAU, L., MORIN, D. et MADORE, L., 1994. Géologie et cibles d'exploration de la partie centre est de la Ceinture métasédimentaire du Québec, Province de Grenville. *IN* *Recherches en cours 1994-C*. Commission géologique du Canada; pages 335-365.
- deLORRAINE, W.F., 1993. Stratigraphic view of the Hyde School gneiss. *IN* *Origin and structure of the Hyde school gneiss*. Guide de l'excursion annuelle des Amis du Grenville, N.K. Grant, éditeur; pages 12-17.
- deLORRAINE, W.F. et DILL, D.B., 1982. Structure, stratigraphic controls, and genesis of the Balmat zinc deposit, northwest Adirondacks, New York. *IN* *Precambrian sulphide deposits*, R.W. Hutchinson, C.D. Spence et J.M. Franklin (éditeurs). Association géologique du Canada; special paper 25, pages 571-596.
- DOMMANGET, A., MILESI, J.P. et DIALLO, M., 1989. A tourmaline-hosted gold deposit of Early Proterozoic age: the case history of Loulo, Mali. *IN* *International Geological congress*, Washington; abstract.
- DUPUY, H. et SHARMA, K.N.M., 1989. Géologie de la région de Thurso-Papineauville-Outaouais. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 89-08, 1 carte annotée.
- DUPUY, H., SHARMA, K.N.M., LUKEBAMOKO, M., BONNEAU, R.-M., CHAMPAGNE, C. et LÉVESQUE, J., 1989. Cartographie, Montebello. *IN* *Rapport d'Activité 89*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 89-05, pages 23-24.
- ÉTHIER, V. G. et CAMPBELL, F. A., 1977. Tourmaline concentrations in Proterozoic sediments of the southern Cordillera of Canada and their economic significance. *Journal canadien des sciences de la terre*; volume 14, pages 2348-2363.
- FAESLLER, C., 1948. Région du lac Simon. Ministère des mines du Québec. *Rapport géologique* 33, 32 pages.
- FAGAN, B. (POUR ST. JOE CANADA INC.), 1985. 7 diamond drilling logs SK-85-01 to SK-85-07, Ski property. Ministère de l'Énergie et

- des Ressources, Québec; GM 43393, 27 pages.
- FILION, G. et ROY, L., 1929. Cheminement dans les comtés de Argenteuil, Terrebonne, Papi-neau. *IN* Rapport sur les opérations minières dans la Province de Québec durant l'année 1928. Ministère de la voirie et des mines, Québec; pages 201-202.
- FIPKE, C.E., 1993. Significance of chromite, ilmenite, G5-Mg-almandin garnet, zircon and tourmaline in heavy mineral detection of diamond bearing lamproite. Réunion annuelle conjointe de l'Association géologique du Canada et de l'Association minéralogique du Canada, Edmonton; programme et résumés, page A-30.
- FREEZE, A.C., 1966. On the origin of the Sullivan orebody, Kimberly, B.C. *IN* Tectonic history and mineral deposits of the western Cordillera. Canadian Institute of Mining and Metallurgy; special volume 8, pages 263-294.
- GABOURY, D., 1991. Étude pétrographique et géochimique des roches hôtes de l'horizon aurifère tourmalinisé Barry-Or, canton Barry, Québec. Université du Québec à Chicoutimi; 44 pages.
- GAUTHIER, M., 1983. Métallogénie du zinc dans la région de Maniwaki-Gracefield, Comté de Gatineau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 82-03, 116 pages.
- GAUTHIER, M. et BROWN, A.C., 1980. Exploration guidelines for stratiform zinc deposits in the Grenville Supergroup of the Mont-Laurier Basin, Québec. Bulletin de l'Institut canadien des mines; volume 73, numéro 819, pages 56-61.
- GAUTHIER, M. et BROWN, A.C., 1986. Zinc and iron metallogeny in the Maniwaki-Gracefield district, Southwestern Québec. Economic Geology; volume 81, pages 89-112.
- GIRAULT, J.P., 1952. Kornerupine from lac Ste-Marie, Quebec, Canada. American Mineralogist; volume 37, pages 531-541.
- HELLINGWERF, R.H., LILLJEQUIST, R. et LJUNG, S., 1988. Stratiform Zn-Pb-Fe-Mn in the Älvången-Vikern area, Bergslagen, Sweden. Geologie en Mijnbouw; volume 67, pages 313-332.
- ISACHSEN, Y.W. et LANDING, E., 1983. First Proterozoic stromatolites from the Adirondack massif: stratigraphic, structural, and depositional implications. Geological Society of America; abstracts with program, volume 15, page 601.
- LAPOINTE, S., NANTEL, S. et GAUTHIER, M., 1992. Tourmalinites, amas sulfurés zincifères et formations de fer dans la région de Maniwaki-Gracefield, Province de Grenville. *IN* Rapport d'Activité 92. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 92-02, page 13.
- LEA, E.R. et DILL, D.B., 1968. Zinc deposits of the Balmat-Edwards district, New-York. *IN* Ore deposits of the United States, 1933-1967, J.D. Ridge (éditeur). The Graton-Sales volume, American Institute of Min. Metall. Petr. Eng.; volume 1, pages 20-48.
- MARTIGNOLE, J. et CORRIVEAU, L., 1993. Géologie de la région de Saint-Jovite, Québec (SNRC 31J/2). Commission géologique du Canada; dossier public 2640, carte annotée.
- MODRESKI, P.J. et CONNOR, J.J., 1991. Tourmalinites and iron-formation in the Yellowjacket Formation, Idaho cobalt belt, Lemhi County, Idaho. Unites States Geological Survey; Circular 1062, page 57.
- NANTEL, S., 1991. Études gîtologiques dans les régions du réservoir Taureau et de Brébeuf. *IN* Rapport d'Activité 91. DV 91-25, pages 14-15.
- NANTEL, S., 1993. Association entre roches riches en tourmaline et minéralisations dans le terrane de Mont-Laurier, Province de Grenville. *IN* Rapport d'Activité, 93. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DV 93-02, page 19.
- NANTEL, S., 1994. Association coticules-tourmalinites et minéralisations en Cu-Co ± Au dans la région de Saint-Jovite, partie sud de la Province de Grenville; importance de ce métalotecte comme guide d'exploration de gîtes de type exhalatif. Ministère des Richesses Naturelles, Québec; MB 94-15, 16 pages.
- NANTEL, S. et CHOINIÈRE, J., 1994. Indicateurs géochimiques pour la recherche de gîtes de Cu-Co dans la partie sud de la province de Grenville. Ministère des Richesses Naturelles, Québec; MB 94-16.
- NANTEL, S. et GAUTHIER, M., 1992. Les tourmalinites: un guide d'exploration pour les minéralisations de type exhalatif sous-marin dans la Ceinture métasédimentaire centrale, Province de Grenville Québec. *IN* Programme et résumés. Congrès annuel de l'APGGQ, Association professionnelle des géologues et des géophysiciens du Québec, Stoneham; page 43.

- NICHOLSON, P.M., 1980. The geology and economic significance of the Golden Dyke dome, Northern Territory. *IN* J. Ferguson et A.B. Goleby, éditeurs, Uranium in the Pine Creek Geosyncline, I.A.E.A, Vienna; pages 319-334.
- PALMER, M.R. et SLACK, J.F., 1989. Boron isotopic composition of tourmaline from massive sulfide deposits and tourmalinites. *Contributions to Mineralogy and Petrology*; volume 103, pages 434-451.
- PLIMER, I.R., 1983. The association of tourmaline-bearing rocks with mineralisation at Broken Hill, NSW. *Proceedings of the Australasian Institute of Mining and Metallurgy conference, Broken Hill*; numéro 12, pages 157-176.
- PLIMER, I.R., 1986. Tourmalinites from the Golden Dyke dome, Northern Australia; *Mineralium Deposita*; volume 21, pages 263-270.
- PLIMER, I.R., 1988. Tourmalinites associated with Australian Proterozoic submarine exhalative ores. *IN* G.H. Friedrich et P.M. Herzig, éditeurs, Base metal sulfide deposits in volcanic and sedimentary environments, Springer-Verlag, Berlin; pages 255-283.
- PLIMER, I.R. et LEES, T.C., 1988. Tourmaline-rich rocks associated with the submarine hydrothermal Rosebery Zn-Pb-Cu-Ag-Au deposit and granites in western Tasmania. *Mineralogy and Petrology*; volume 38, pages 81-103.
- POLLOCK, D.W.T., 1956. Région d'Addington-Labelle, comtés de Papineau et de Labelle. *Ministère des Mines, Québec*; RP-321, 5 pages.
- RAITH, J.G., 1988. Tourmaline rocks associated with stratabound scheelite mineralization in the Austroalpine Crystalline Complex, Austria. *Mineralogy and Petrology*; volume 39, pages 265-288.
- RIVERS, T., MARTIGNOLE, J., GOWER, C.F. et DAVIDSON, A., 1989. New Tectonic divisions of the Grenville Province, southeast Canadian Shield. *Tectonics*; volume 8, numéro 1, pages 63-84.
- ROBINSON, G.D., 1989. Stream sediment tourmaline geochemistry in massive sulfide exploration: an example from Virginia, U.S.A. *Journal of Geochemical Exploration*; volume 34, pages 173-188.
- ROBINSON, G.D., HEALY, K. et CARNEY KELLY, V., 1988. Use of tourmaline in stream sediments to detect submarine exhalative sulfide deposits: example from central Virginia, U.S.A. *Applied Geochemistry*; volume 3, pages 225-230.
- SABINA, A.P., 1986. Rocks and minerals for the collector. Buckingham-Mont-Laurier-Grenville, Quebec; Hawkesbury-Ottawa, Ontario. *Commission Géologique du Canada*; miscellaneous report 33, 90 pages.
- SANGSTER, A.L., GAUTHIER, M. et GOWER, C.F., 1992. Metallogeny of structural zones, Grenville Province, northeastern North America. *Precambrian Research*; volume 58, pages 401-426.
- SHARMA, K.N.M., LÉVESQUE, J., DUPUY, H. et GLOBENSKY, Y., 1990. Les grands corridors de déformations délimitant le terrain de Mont-Laurier. *IN* Résumés de conférences, Séminaire d'Information 90, Nouveaux horizons pour l'exploration. *Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec*; DV 90-40, pages 19-20.
- SHARMA, K.N.M., HOCQ, M., LÉVESQUE, J. et SINGHROY, V.H., 1992. New concepts of structural interpretations in the western Grenville Province in Québec. *IN* Lithoprobe, Abitibi-Grenville project; report 33, pages 57-60.
- SKAULI, H., 1993. A metamorphosed, potassic alteration zone associated with the Bleikvassli Zn-Pb-Cu orebody, Northern Norway. *Lithos*; volume 31, pages 1-15.
- SKAULI, H., BOYCE, A.J. et FALLICK, A.E., 1992. A sulphur isotopic study of the Bleikvassli Zn-Pb-Cu deposit, Nordland, northern Norway. *Mineralium Deposita*; volume 27, pages 284-292.
- SLACK, J.F., 1982. Tourmaline in Appalachian-Caledonian massive sulphide deposits and its exploration significance. *Transactions of the Institution of mining and metallurgy*; section B, volume 91, pages B81-B89.
- SLACK, J.F., 1993. Models for tourmalinite formation in the Middle Proterozoic Belt and Purcell supergroups (Rocky Mountains) and their exploration significance. *IN* Current Research, Part E; *Commission géologique du Canada*; paper 93-1E, pages 33-40.
- SLACK, J.F., HERRIMAN, N., BARNES, R.G. et PLIMER, I.A., 1984. Stratiform tourmaline in metamorphic terranes and their geologic significance. *Geology*; volume 12, pages 713-716.
- SLACK, J.F., PALMER, M.R., STEVENS, B.P.J.

- et BARNES R.G., 1993. Origin and significance of tourmaline-rich rocks in the Broken Hill district, Australia. *Economic Geology*; volume 88, numéro 3, pages 505-541.
- SWIHART, G.H. et MOORE, P.B., 1989. A reconnaissance of boron isotopic composition of tourmaline. *Geochimica et Cosmochimica Acta*; volume 53, pages 911-916.
- TANER, M. (POUR GRAPHITE MONTPELLIER INC.), 1989. Évaluation du potentiel en graphite de la propriété Ripon, dans le rang V des lots 54 et 55 du canton de Ripon, Montpellier, Comté de Papineau, Québec. Ministère des Ressources Naturelles, Québec: document interne, 26 pages.
- WYNNE-EDWARDS, H.R., GREGORY, A.F., HAY, P.W., GIOVANELLA, C.A. et REINHARDT, E.W., 1966. Mont-Laurier and Kempt Lake map-areas, Quebec (31J and 31O). Commission Géologique du Canada; paper 66-32, 32 pages.
- WYNNE-EDWARDS, H.R., 1972. The Grenville Province. *IN Variations in Tectonic styles in Canada*. R.A. Price et R.J.W. Douglas (éditeurs). Association géologique du Canada; special paper 11, pages 263-334.

## ANNEXE

### Localisation des échantillons (UTM)

#### BOUCHETTE

No.	ESTANT	NORDANT
J4-100A	429200	5119700
J4-101A	429300	5119700
J4-101C	429250	5119700
J4-102A	429300	5119700
J4-103A	429325	5119650
J4-108B	429275	5119300
J4-114B	429250	5120225
J4-118B	429425	5119100
J4-119	429475	5119100
J4-128	432000	5118800
J4-128A	432000	5118800
J4-133	431750	5117775
J4-134	431400	5117400
J4-143A	425200	5116200
J4-143B	425200	5116200
J4-167A2	423650	5107550
J4-200A	425525	5112900
J4-220A	426875	5102650
J4-220C	426875	5102650
J4-222C	429100	5119555
J4-226	431400	5117900
J4-228C2	431575	5118175
J5-205	427525	5126725
J5-209	425575	5126350
J5-313	431300	5122300

#### LABELLE

No.	ESTANT	NORDANT
J2-133	510900	5112900
J2-134.5	510900	5112900

#### MONTPELLIER

No.	ESTANT	NORDANT
G14-769A	490300	5076900
G14-769B	490300	5076900

#### LAC CAMERON

No.	ESTANT	NORDANT
J2-059G	514900	5105950
J2-059J1	514900	5105950
J2-059J2	514900	5105950
J2-059L	514900	5105950
J2-078J	514200	5107800
J2-079	514100	5107900
J2-080F1	514300	5108000
J2-080F2	514300	5108000

#### LAC DUHAMEL

No.	ESTANT	NORDANT
J2-5	528000	5109300
J2-7	528000	5109300
J2-9	528000	5109300
J2-092G	528000	5109300
J2-092K	528000	5109300

#### BRÉBEUF

No.	ESTANT	NORDANT
J2-029A à I	525800	5002900