

ET 91-09

EXPLORATION DES METAUX DE HAUTE TECHNOLOGIE (Li, Be ET Ta) DANS LES SYSTEMES GRANITIQUES PERALUMINEUX DE LA REGION DE PREISSAC - LA CORNE (ABITIBI)

Documents complémentaires

Additional Files



Licence

License

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

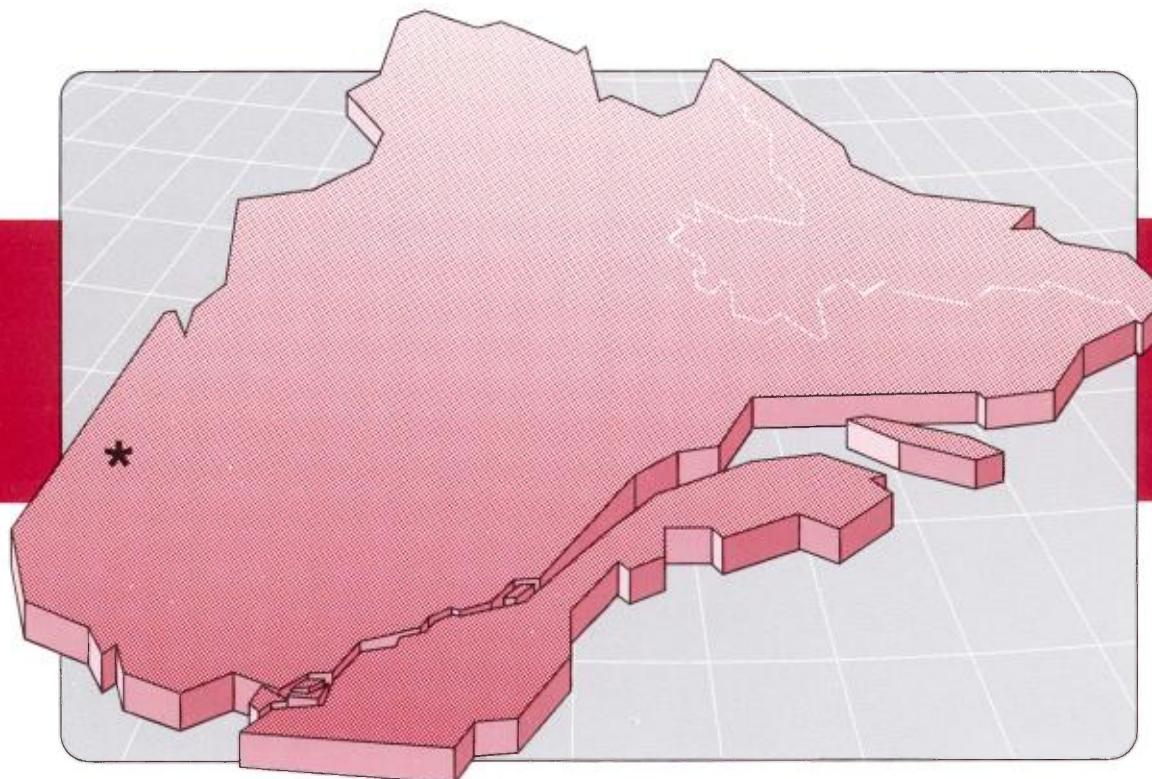
**Énergie et Ressources
naturelles**

Québec

Exploration des métaux de haute technologie (Li, Be et Ta) dans les systèmes granitiques peralumineux de la région de Preissac - La Corne (Abitibi)

Michel Boily

ET 91-09



1992

Québec :::

Exploration des métaux de haute technologie (Li, Be et Ta) dans les systèmes granitiques peralumineux de la région de Preissac - La Corne (Abitibi)

Michel Boily

ET 91-09

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'EXPLORATION GÉOLOGIQUE ET MINÉRALE

Sous-ministre adjoint : R.Y. Lamarche

DIRECTION DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE

Directeur : A. Simard (par intérim)

SERVICE GÉOLOGIQUE DU NORD-OUEST

Chef : F. Chartrand (par intérim)

Manuscrit soumis le: 05-08-91

Accepté pour publication le: 22-07-92

Lecteur critique

P. Pilote

Éditeur

Géomines Ltée

Préparé par la Division de l'édition (Service de la géoinformation, DGEGM)

RÉSUMÉ

La concentration de certains métaux de haute technologie (MHT) tels que le Li, Be, Ta, Cs, Rb et Mo atteint des teneurs économiques à l'intérieur des pegmatites granitiques dont la mise en place est reliée à celle de petits plutons monzogranitiques peralumineux. L'exemple type est celui du batholite de Preissac-La Corne, situé dans le sud de la sous-province de l'Abitibi, où on trouve trois plutons monzogranitiques auxquels est associée une auréole de pegmatites granitiques minéralisées en Li, Be et Ta. Nos travaux de terrain et de laboratoire effectués sur ce batholite nous permettent de dégager plusieurs critères généraux d'exploration qui s'appliquent à l'ensemble des complexes peralumineux archéens et protérozoïques.

À l'intérieur des ceintures de roches vertes archéennes, les monzogranites parents associés aux pegmatites granitiques minéralisées en MHT sont tardif- à post-tectoniques et se localisent en marge des grandes failles majeures délimitant des blocs structuraux. Ces monzogranites tardifs dits "fertiles" sont peralumineux et contiennent de la biotite accompagnée de muscovite et de grenat. L'existence, à l'intérieur de ces derniers, d'une forte densité de dykes de pegmatite granitique contenant des minéraux porteurs de MHT (comme par exemple : beryl, spodumène, columbotantalite) constitue un indice suffisant pour diriger l'exploration vers leurs épontes sur une largeur ne dépassant pas 1 à 2 km à partir des contacts des plutons monzogranitiques avec les roches encaissantes. Les épontes de ces monzogranites sont habituellement des roches métavolcaniques et métasédimentaires métamorphisées au faciès schiste vert à amphibolite ou bien sont constituées de roches intrusives de composition intermédiaire.

La minéralogie et la texture des pegmatites constituent des critères d'exploration subjectifs, mais souvent très révélateurs et précieux. Les pegmatites minéralisées sont fréquemment entourées d'une auréole de métasomatisme soulignée par l'apparition de minéraux indicateurs.

La géochimie constitue également un outil d'exploration efficace. Les monzogranites "fertiles" montrent habituellement des teneurs en Rb, Ta et des rapports Rb/Sr très élevées, mais par contre de faibles teneurs en Zr, Ba, Sr et des rapports K/Rb, Zr/Nb, Ba/Rb généralement bas. Ces caractéristiques géochimiques soulignent le degré poussé de différenciation magmatique atteint par les granites fertiles et les distinguent nettement des granites stériles. La géochimie des épontes permet d'identifier des anomalies en éléments alcalins et volatils (c.-à-d. K, Rb, Li, Cs, F, Cl et B) causées par la circulation des fluides tardimagnétiques qui émanent de pegmatites riches en MHT. Cette technique d'exploration peut être avantageuse puisqu'elle arrive à détecter des anomalies jusqu'à 100 m du contact épontes/pegmatites.

Les méthodes géophysiques, dont les levés gravimétriques et magnétiques, n'ont été que fort peu utilisées jusqu'à maintenant pour détecter des corps pegmatitiques enfouis. Dans la région du lac Simard (sous-province du Pontiac), la prospection par levés magnétiques au sol a permis de délimiter des pegmatites à spodumène en raison de leur contenu en columbotantalite et en magnétite.

Enfin, la fraction lourde de sédiments prélevés le long des ruisseaux qui drainent des terrains granitiques et pegmatitiques devrait être examinée pour y rechercher les minéraux porteurs de MHT que cette fraction est susceptible de receler.

Table des matières

	Page
GRANITES FERTILES	1
Contexte géologique régional	1
Faciès intrusifs des monzogranites fertiles	2
Minéralogie	5
Géochimie	5
Caractéristiques géochimiques des granites fertiles	6
Autres caractéristiques géochimiques	9
PEGMATITES GRANITIQUES RICHES EN Li, Be ET Ta	11
Zonalité, type et distribution	11
Minéralogie	11
Altération des épontes	13
Structure	13
Structures majeures et mineures	13
Faille Manneville	13
Géochimie	15
Zonalité géochimique interne de l'auréole pegmatitique	15
Auréole métasomatique pegmatitique	16
AUTRES MÉTHODES D'EXPLORATION	19
Méthodes géophysiques	19
Géochimie des sédiments de ruisseaux	19
CONCLUSIONS	21
RÉFÉRENCES	23
HORS-TEXTE :	

Carte n° 2168 - Géologie du batholite de Preissac-La Corne (32 C/4, 32 C/5, 32 D/1 et 32 D/8)
à l'échelle du 1 : 100 000

Contexte géologique régional

Les travaux de Goad et Cerny (1981), Cerny (1982) et Cerny et Meintzer (1988) portant sur les granites peralumineux fertiles ont permis de reconnaître deux milieux géologiques principaux, d'âge Archéen, qui sont propices à l'exploration des MHT (Métaux de Haute Technologie); il s'agit des ceintures métavolcaniques granitiques et des bassins sédimentaires tectonisés. À l'intérieur de ces milieux, les teneurs en MHT qui atteignent un niveau économique se rencontrent uniquement dans les pegmatites granitiques entourant des granites fertiles. Ces derniers se sont mis en place dans des roches métasédimentaires et métavolcaniques métamorphisées au faciès schiste vert supérieur à amphibolite inférieur (Cerny, 1982). Dans la province du Supérieur, ces granites et pegmatites granitiques se localisent: 1) dans les ceintures métavolcaniques grossièrement orientées est-ouest et coincées entre des massifs granitiques (tonalites à granites potassiques) souvent gneissiques (type I); et 2) à l'intérieur des ceintures paragneissiques et granitiques hautement métamorphisées (faciès amphibolite supérieur à granulite) (type II).

Les granites parents qui génèrent les pegmatites granitiques minéralisées en MHT (c.-à-d. les granites fertiles) sont tardi- à post-tectoniques et, généralement, peu déformés. Ils peuvent donc présenter une foliation qui varie en intensité de faible à modérée. Leur mode de mise en place est multiple, mais ils présentent deux principaux styles d'intrusion:

- 1) Dans les ceintures de roches vertes (type I), ils sont intrusifs le long de grands systèmes de failles qui délimitent les blocs structuraux (exemple : limite des sous-provinces d'English River et d'Uchi en Ontario). Parmi les exemples canadiens, citons les granites fertiles du district de Winnipeg River (Cerny, 1982), les granites pegmatitiques du lac Red Cross (sous-province de Sachigo, Manitoba) et le batholite de Preissac-La Corne qui servira d'exemple type dans cette étude (Boily *et al.*, 1990).
- 2) Les granites fertiles constituent des stocks ou des intrusions en forme de dômes qui témoignent de leur mise en place forcée. L'exemple type est celui du granite de Harney Peak dans les Black Hills du sud (Dakota du sud; Redden *et al.*, 1982). Ce granite, d'âge Protérozoïque moyen, recoupe des séquences de roches métasédimentaires précambriniennes et s'est mis en place sous forme de multiples filons-couches et corps intrusifs le long d'une faille à fort pendage.

Le batholite de Preissac-La Corne affleure dans la partie sud de la sous-province de l'Abitibi, à environ 40 km à l'est de Val-d'Or (Québec). Le batholite est syn- à tardi-cinématique et s'est mis en place à l'Archéen (2697 ± 40 Ma, Gariépy et Allègre, 1985; et 2647 ± 80 Ma, Boily *et al.*, en préparation) dans les roches métavolcaniques et métasédimentaires appartenant aux Formations de Jacola, La Motte-Vassan, Dubuisson et du Lac Caste (carte n° 2168, hors texte). Les roches intrusives constituant l'ensemble du batholite se subdivisent en deux groupes : le premier est précoce et est formé de roches intrusives métalumineuses et foliées dont la composition varie de diorite à granodiorite; le second est tardif et comprend trois plutons monzogranitiques peralumineux, modérément à non foliés (soit les plutons de La Motte, La Corne et Preissac). Ces plutons contiennent ou sont entourés de nombreux dykes de pegmatite granitique et de veines de quartz-feldspath-muscovite qui sont minéralisés en Li, Be, Ta et Mo.

Les plutons monzogranitiques de La Motte et de La Corne se localisent en bordure sud de la faille Manneville qui constitue vraisemblablement l'extension est de la zone de faille (couloir de déformation) de Porcupine-Destor (figure 1). Cette observation semble donc confirmer leur appartenance au type I. Toutefois, le pluton de Preissac est situé au cœur du bloc de Malartic, à mi-chemin entre les zones de faille Cadillac-Larder Lake et Destor-Porcupine. Nos travaux de terrain ne montrent cependant pas d'évidence directe ou indirecte que la faille Manneville ait agi comme conduit pour les magmas monzogranitiques tardifs, un mécanisme proposé, entre autres, par Cerny et Meintzer (1988) pour la mise en place des granites fertiles du district de Winnipeg River. En fait, les plutons monzogranitiques de La Motte et La Corne se situent à plus de 1 à 2 km au sud de la faille Manneville. Celle-ci ne recoupe jamais en surface le batholite de Preissac-La Corne. D'ailleurs, les évidences de déformations en bordure nord du batholite de Preissac-La Corne semblent plutôt se manifester à l'intérieur des monzonites et des granodiorites précoces (unités 4 à 6 de la carte géologique n° 2168, hors texte).

Le comportement plastique ou rigide des épontes au moment de l'intrusion des monzogranites fertiles dépend de la compétence des lithologies, mais aussi du niveau d'emplacement de cette intrusion dans la croûte. Le comportement ductile domine lorsque les granites et pegmatites cristallisent en profondeur (p. ex. 3,5 à 4 kilobars pour les granites et les pegmatites granitiques de Harney Peak; Redden, 1963), tandis que le comportement rigide (fracture et dilatation) prévaut dans les systèmes mis en place à plus faible profondeur [p. ex. 2 à 3

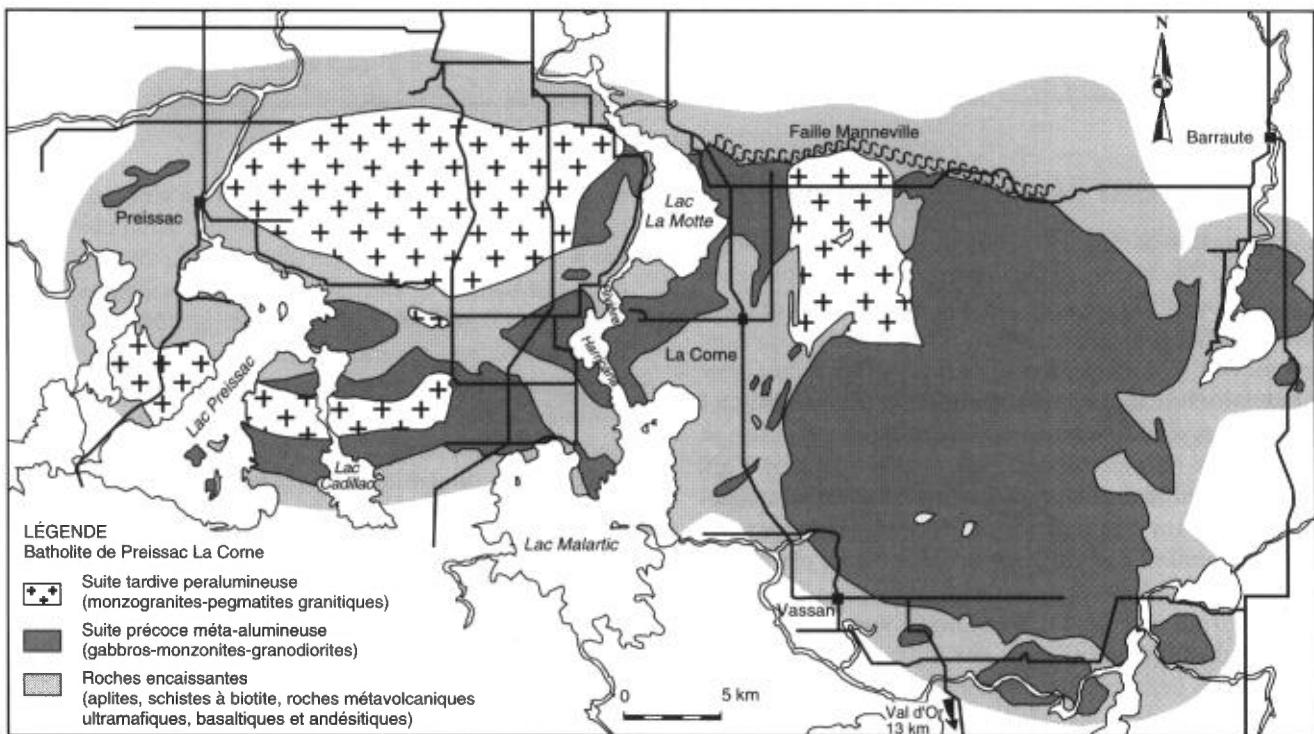


FIGURE 1 - Carte géologique sommaire du batholite de Preissac-La Corne, Abitibi, Québec [modifiée d'après Boily *et al.*, (1990) et compilée de Dawson (1966), Imreh (1984), Bourne et Danis (1987)].

kilobars pour les granites de Bernic Lake et d'Osis Lake au Manitoba (Goad et Cerny, 1981) et le pluton de Preissac-La Corne (Boily *et al.*, 1990)]. Cependant, il arrive fréquemment que les granites fertiles cristallisent dans le domaine intermédiaire entre le comportement ductile et rigide.

Faciès intrusifs des monzogranites fertiles

Dans les terrains archéens et protérozoïques, les granites et pegmatites fertiles (monzogranites peraluminous) sont typiquement hétérogènes et se subdivisent en plusieurs faciès d'après leur assemblage minéralogique et leur texture. Des études et des compilations effectuées par Cerny (1982) et Cerny et Meintzer (1988) permettent de distinguer six faciès intrusifs principaux, soit : a) les monzogranites à biotite à grains fins ou porphyroblastiques; b) les leucogranites (monzogranites) à grains fins; c) les leucogranites pegmatitiques; d) les aplites sodiques; e) les pegmatites potassiques et f) les pegmatites granitiques enrichies en MHT.

Une brève description de ces divers faciès est ici introduite pour que nous puissions ensuite établir des comparaisons significatives avec les faciès monzogranitiques et pegmatitiques du batholite de Preissac-La Corne.

a) Les monzogranites à biotite constituent généralement une composante mineure des intrusions fertiles. Leur texture varie de fine à grossière et le

granite contient parfois des phénocristaux de feldspath potassique. La composition du plagioclase varie d'oligoclase à andésine. Ces monzogranites sont généralement stériles et représentent probablement le faciès primitif de la famille des monzogranites;

- b) les *leucogranites à grains fins* (ou monzogranites à grains fins) peuvent contenir de la biotite, de la muscovite, ou ces deux micas. Le grenat est un minéral accessoire typique, présent plus particulièrement dans les monzogranites à muscovite. Ces derniers se composent d'albite, de quartz et de feldspath potassique tardif et subautomorphe;
- c) les *leucogranites pegmatitiques* sont formés de phénocristaux de feldspath potassique (automorphes à subautomorphes et ayant de 5 à 100 cm en longueur) en intercroissance graphique avec du quartz. Ces phénocristaux sont incorporés dans une matrice constituée de quartz, d'albite et de muscovite. Le grenat et/ou la tourmaline forment des phases accessoires;
- d) les *aplies sodiques* sont constituées d'albite, de quartz et de quantités mineures de muscovite; cependant le grenat y est abondant. Ce faciès présente souvent un litage souligné par l'alternance de bandes de matériel quartzofeldspathique et de bandes de grenat/muscovite. Les aplites se présentent sous forme de dykes ou constituent la bordure des dykes de pegmatite potassique;

- e) les *pegmatites potassiques* (dykes ou lentilles) sont communément constituées de feldspath potassique entourant un cœur de quartz. La cleavelandite et la muscovite apparaissent localement le long des contacts entre le quartz et le feldspath. Le grenat, la tourmaline, le beryl, la columbotantalite et la molybdénite sont présents près du cœur de la pegmatite;
- f) les *pegmatites granitiques* les plus différenciées sont souvent hautement minéralisées en MHT. Parmi les minéraux porteurs des métaux rares, on trouve : la pétalite, le spodumène, la lépidolite, le beryl riche en Cs (ou morganite, de couleur rose), la tourmaline, la columbotantalite, la wodginite, la microlite, la cassitérite, la triphylite-lithiophilite et l'amblygonite-montebbrasite.

On rencontre la plupart de ces faciès intrusifs dans le batholite de Preissac-La Corne, quoique leur importance relative varie grandement d'une province géologique à l'autre.

Les *monzogranites à biotite* (sans muscovite) (unité 9 sur la carte géologique n° 2168 hors texte) sont effectivement peu abondants. À l'intérieur des plutons de La Motte et de La Corne, ils se présentent plutôt sous forme de masses irrégulières (non cartographiables) dont les contacts avec les faciès monzogranitiques à muscovite et à biotite (unité 11) sont graduels. De plus, leur granulométrie varie de moyenne à grossière. Cependant, nous avons clairement identifié des zones de granite à biotite (unité 9 sur la carte hors texte) à l'intérieur du pluton de La Corne, là où sont situés les prospects de Massbéryl (gîtes n°s 15A à 15C, carte n° 2168, hors texte) et de Valor (gîte n° 16). Le tableau 1 donne la liste de la plupart des indices minéralisés en MHT indiqués sur la carte géologique n° 2168, hors texte, et précise leur localisation ainsi que la nature des minéralisations.

Les monzogranites à biotite (unité 9) affleurent encore à deux autres endroits, soit: 1) en bordure nord du pluton de Preissac où ils sont recoupés par un monzogranite à muscovite et à grenat (unité 10); et 2) au sud du gîte de

TABLEAU 1 - Répertoire des mines et des indices minéralisés en métaux de haute technologie (ou MHT : Li, Be, Ta, Cs, Mo, Bi) compilés sur la carte géologique n° 2168, hors texte. Plusieurs indices de molybdène n'y sont pas mentionnés. Cette liste non exhaustive a été préparée par P. Pilote (MER).

N° d'indice ou de gîte (carte n° 2168)	Feuillet SNRC et n° de fiche de gîte	Minéralisation en MHT	N° d'indice ou de gîte (carte n° 2168)	Feuillet SNRC et n° de fiche de gîte	Minéralisation en MHT
0 et 0A	32D/08, nouvel indice	Be	33	32C/05-33	Li, Be, Mo, Ta
1	32C/05-1	Mo, Be	34	32C/05-34	Li, Ta
3	32D/08-3	Li, Ta	35A et 35B	32C/05-35	Li, Mo, Be, Ta
DM-4 et DM-4A	32D/08, nouvel indice	Li, Be	36	32C/05-36	Mo, Ta
DM-5 et DM-5A	32D/08, nouvel indice	Bé, Ta	37A et 37B	32C/05-37	Be
5	32D/08-5	Be, Ta	38A et 38B	32C/05-38	Be
6	32D/08-6	Be, Ta, Mo	39	32C/05-39	Be
8	32D/08-8	Li, Be, Ta, Mo	45	32D/08-45	Li, Be
9	32D/08-9	Li, Be, Ta, Mo	46	32D/08-46	Li
11	32D/08-16	Li	48	32C/05-48	Li, Be, Ta, Mo, Bi
12	32D/08-32	Mo			
13	32C/05-13	Li, Be, Ta			
13A	32C/05, nouvel indice	Ta ?			
14	32C/05-14	Be	QL-01A	32C/05, nouvel indice	Li, Be
15A, 15B et 15C	32C/05-15 (Massbéryl)	Be, Ta, Mo	QL-01B	32C/05, nouvel indice	Li, Be
16	32C/05-16 (Valor)	Li, Be, Cs	QL-02	32C/05, nouvel indice	Mo
17	32C/05-17	Li, Be, Ta, Mo, Bi	QL-04A	32C/05, nouvel indice	Li, Mo
19	32D/08-19	Be	QL-04B et 04C	32C/05, nouvel indice	Li
19A	32C/05-19	Li, Be, Mo	QL-05	32C/05, nouvel indice	Li, Be
20	32D/08-20	Li, Ta	QL-07	32C/05, nouvel indice	Li
21 et 21A	32D/08-21	Mo, Ta	QL-10	32C/05, nouvel indice	Be
22A, 22B, 22C	32D/08-22	Li, Mo, Ta	QL-13A	32C/05, nouvel indice	Be
23	32D/08-23	Be	QL-13B	32C/05, nouvel indice	Be
24	32D/08-24	Be	QL-14	32C/05-3 (partie est)	Li, Be, Mo, Bi
25A	32D/08-25	Li	QL-15	32C/05-3 (partie ouest)	Li, Be, Mo, Bi
25	32D/08, nouvel indice	Li			
26 et 26A	32D/08-26	Be	Colombe	32D/08-38	Li
28	32D/08-26	Li, Be, Ta	Moly Hill	32D/08-52	Mo
					<u>Anciennes mines de Li et de Mo</u>
			Québec Lithium	32C/05-21	Li
			Preissac Moly	32D/08-31	Mo
			Cadillac Moly (Anglo American)	32D/08-34	Mo
			Morono Corp. (La Corne Moly)	32C/05-47	Mo

Symboles chimiques des minéralisations en MHT: lithium (Li), beryl (Be), tantale (Ta), césum (Cs), molybdène (Mo), bismuth (Bi).

Moly Hill où ils constituent un petit massif isolé non visible à l'échelle de la carte hors texte. À ce dernier site, les monzogranites sont pénétrés par plusieurs pegmatites et aplites qui sont très riches en Mo. Ces roches sont cependant considérés comme stériles pour la minéralisation en MHT.

Les affleurements de *leucogranites à grains fins* (monzogranites) sont également rares. Ils apparaissent sous forme de dykes qui recoupent les monzogranites à muscovite à grains grossiers de même que les veines de quartz minéralisées en molybdénite à l'intérieur du pluton de Preissac. Ils ne contiennent pas de biotite, mais exclusivement de la muscovite et du grenat (unité 10 de la carte hors texte). Le plagioclase est albitique ($An < 5$) et les principaux minéraux accessoires comprennent : le zircon, la monazite, l'ixiolite, la fergusonite [$Y(Nb,Ta)O_4$], la columbotantalite, le xénotime, la stibnite et la cassitérite (T. Mulja, thèse de doctorat en préparation). Par contre, les monzogranites à grains moyens et grossiers abondent et constituent les faciès dominants. Ces derniers sont subdivisés en plusieurs types (exemple : monzogranites à muscovite et à grenat et monzogranites à biotite et muscovite; unités géologiques 10 et 11 de la carte n° 2168, hors texte).

Nous avons observé sur quelques affleurements de monzogranites à grains moyens et grossiers un faciès granitique pouvant être interprété comme une brèche magmatique ou un *granite (leucogranite) pegmatitique*. Nous avons noté la présence de plusieurs cristaux de feldspath potassique de forme triangulaire baignant dans une matrice à grains grossiers composée de feldspath, de quartz et de muscovite. Toutefois, ce faciès contient également des fragments subanguleux de pegmatite granitique et des fragments(?) de quartz. Peut-être s'agit-il de matériel granitique injecté tardivement dans une pegmatite dont certaines portions étaient consolidées. Cependant, les contours irréguliers de ce faciès, l'absence d'un contact net avec les monzogranites à biotite (unité 9), la présence de phénocristaux de feldspath potassique montrant une texture graphique avec le quartz et une matrice de composition similaire au granite encaissant nous incitent à croire qu'il s'agit plutôt d'un faciès granitique (pegmatitique) associé à la mise en place du pluton de La Corne. De plus, certains cristaux triangulaires de feldspath potassique rappellent ceux observés dans les faciès pegmatitiques du complexe d'Osis Lake, situé dans le district de Winnipeg River au Manitoba. Dans la région de Preissac-La Corne, ces granites pegmatitiques forment des masses irrégulières (trop petites pour être reproduites sur la carte n° 2168) en bordures nord et sud du pluton de La Motte (gîtes n°s 20 et 21) et au centre du pluton de La Corne (gîtes n°s 15A à 15C).

L'apparition d'un faciès de *granite pegmatitique* s'inscrit parmi les critères qui témoignent du haut degré de fertilité de l'auréole de pegmatites granitiques associée

à ces granites. En effet, presque tous les plutons granitiques fertiles du district de Winnipeg River (soit les plutons contenant des pegmatites riches en MHT ou entourés d'une auréole minéralisée) exhibent un tel faciès (Goad et Cerny, 1981).

Il est intéressant de constater que les plutons de La Motte et de La Corne, tous deux entourés d'une auréole de pegmatites minéralisées, semblent également présenter ce faciès. La principale différence entre les granites pegmatitiques du district de Winnipeg River et ceux de Preissac-La Corne réside dans le volume important occupé par les premiers, ceux-ci formant un faciès plutonique véritable, tandis qu'à Preissac-La Corne, les pegmatites constituent un volume très faible que l'échelle de la carte ne permet pas de représenter. Finalement, il faut rappeler que la distinction entre un granite pegmatitique et une masse irrégulière de pegmatite granitique est souvent ténue.

À plus grande échelle, la présence et surtout l'abondance des dykes et lentilles de *pegmatite granitique potassique* à l'intérieur des granites parents sont aussi des critères très manifestes du degré de fertilité en MHT de ces granites. Prenons l'exemple de deux massifs peralumineux, soit les plutons de Preissac et de La Corne. Le premier ne contient que de rares pegmatites granitiques (< 5 % en volume), toutes stériles, mais est surtout caractérisé par la présence de veines de quartz. On n'y retrouve (jusqu'à maintenant) aucune auréole pegmatitique externe. Par contre, le pluton de La Corne exhibe de nombreux dykes de pegmatite granitique et d'aplite (20 à 80 % en volume) dont la plupart contiennent du beryl et des traces de columbotantalite et de molybdénite. Ce pluton est entouré d'une auréole de pegmatites granitiques riches en spodumène associé à des quantités accessoires de columbotantalite et de molybdénite. L'examen des pegmatites internes aux granites parents est d'autant plus important que ces granites affleurent, en général, beaucoup mieux que les roches encaissantes susceptibles de contenir les pegmatites à haut potentiel économique.

Les différents faciès des intrusions monzogranitiques fertiles présentent une zonalité évidente qui a été remarquée à plusieurs endroits (exemple : le pluton granitique du lac Osis, district de Winnipeg River au Manitoba; figure 2). Idéalement, une section verticale typique faite au travers d'un complexe plutonique fertile comprendrait les faciès granitiques à biotite à plus grande profondeur, surmontés graduellement par les leucogranites à deux micas, les leucogranites à muscovite à grains grossiers et finalement les leucogranites pegmatitiques (figure 3). La coupole du complexe serait aussi recoupée par des dykes de pegmatite et d'aplite se mettant en place dans les roches encaissantes. Cependant, cette zonalité théorique idéale est rarement observée dans sa totalité puisque plusieurs facteurs, dont le manque d'affleurements, le niveau d'érosion variable et la

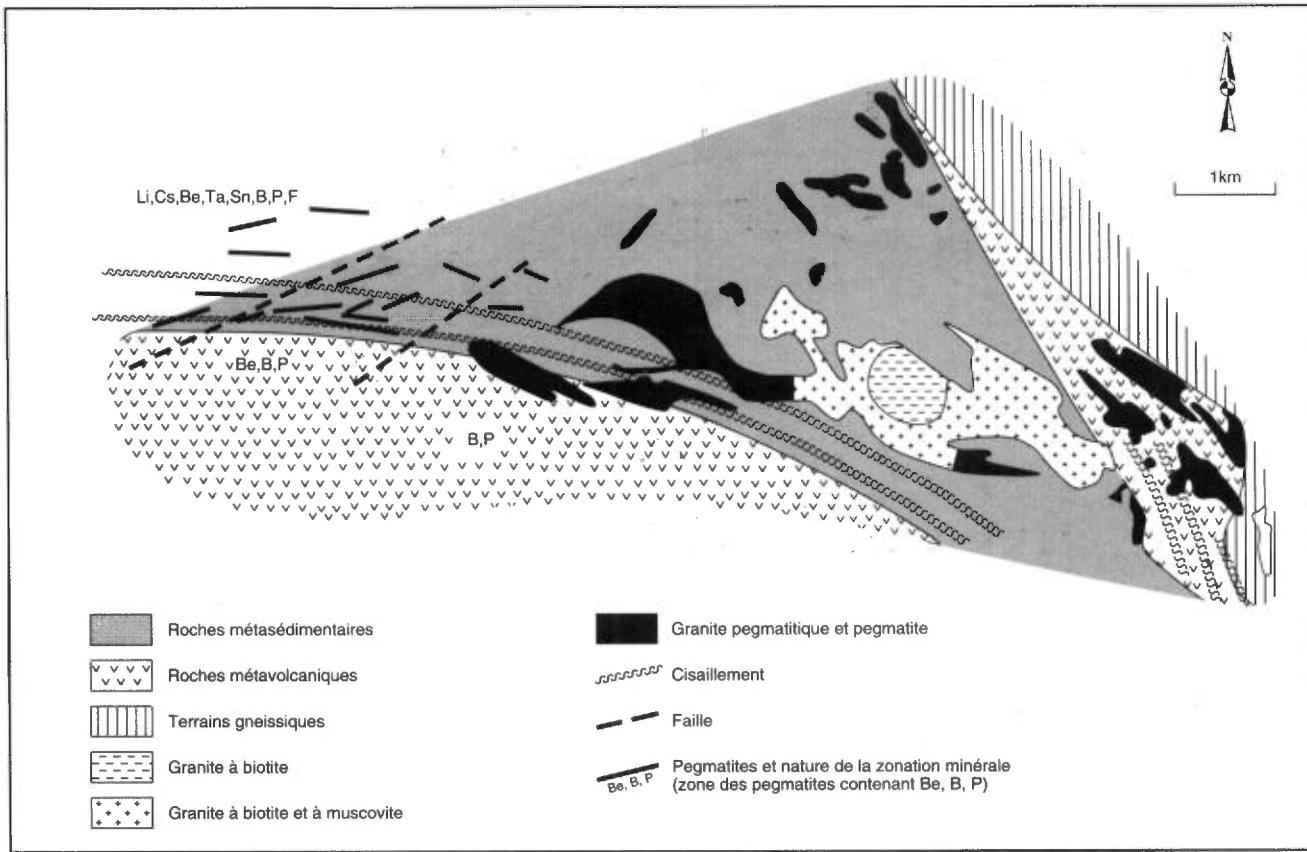


FIGURE 2 - Le pluton granitique fertile du lac Osis (district de Winnipeg River au Manitoba) et son auréole pegmatitique (modifié d'après Cerny et Meintzer, 1988). Les zonations régionales grossières des éléments contenus dans les pegmatites sont indiquées.

présence de multiples phases intrusives granitiques, occultent souvent toute relation chronologique et concourent à l'absence, l'oblitération ou la distribution asymétrique de ces divers faciès.

Les monzogranites et pegmatites granitiques du batholite de Preissac-La Corne (unités 9 à 11 de la carte hors texte) se prêtent difficilement à cette classification idéalisée. Par exemple, dans les plutons de Preissac et de Moly Hill, les monzogranites à biotite (unité 9) se retrouvent en périphérie des monzogranites à muscovite et/ou à deux micas et non au centre. D'autre part, s'il est vrai que les pegmatites, aplites et monzogranites leucocrates sont plus abondants en marge du pluton de La Motte, celui de La Corne est par contre recoupé dans son entier par d'innombrables dykes d'aplite et de pegmatite. Toutefois, conformément à cette zonalité idéale, les plutons de La Motte et de La Corne exposent tous deux une auréole externe bien développée de pegmatites granitiques.

Minéralogie

Les pluots granitiques fertiles couvrent de vastes surfaces comprises généralement entre 5 et 25 km²; ils forment donc des cibles d'exploration plus évidentes que les pegmatites. De plus, ces granites possèdent une

minéralogie particulière qui peut être utilisée comme outil d'exploration dans la recherche des MHT.

Les granites fertiles sont leucocrates et ne contiennent que très rarement de la hornblende (Trueman et Cerny, 1982). Celle-ci est d'ailleurs totalement absente dans les monzogranites peralumineux (unités 9 à 11 de la carte hors texte) affleurant dans le batholite de Preissac-La Corne. Dans plusieurs monzogranites différenciés, la biotite est accompagnée par la muscovite et le grenat. La présence de ces deux derniers minéraux, facilement identifiables à l'oeil nu, est très caractéristique des granites fertiles; dans les faciès très leucocrates, ils constituent de 5 à 10 % du granite. D'autre part, les monzogranites fertiles contiennent des minéraux accessoires tels : la cordiérite, l'andalousite, la sillimanite, la tourmaline, la columbotantalite, le beryl, la monazite, la triphylite (un phosphate manganésifère de Li) et la molybdénite (Goad et Cerny, 1981 et cette étude).

Géochimie

La signature géochimique des granites constitue un outil d'exploration extrêmement utile. Parmi les granites fertiles dont la géochimie est bien établie, citons : les granites de Cat Lake-Winnipeg River au Manitoba (Cerny *et al.*, 1981 et Goad et Cerny, 1981), le granite de

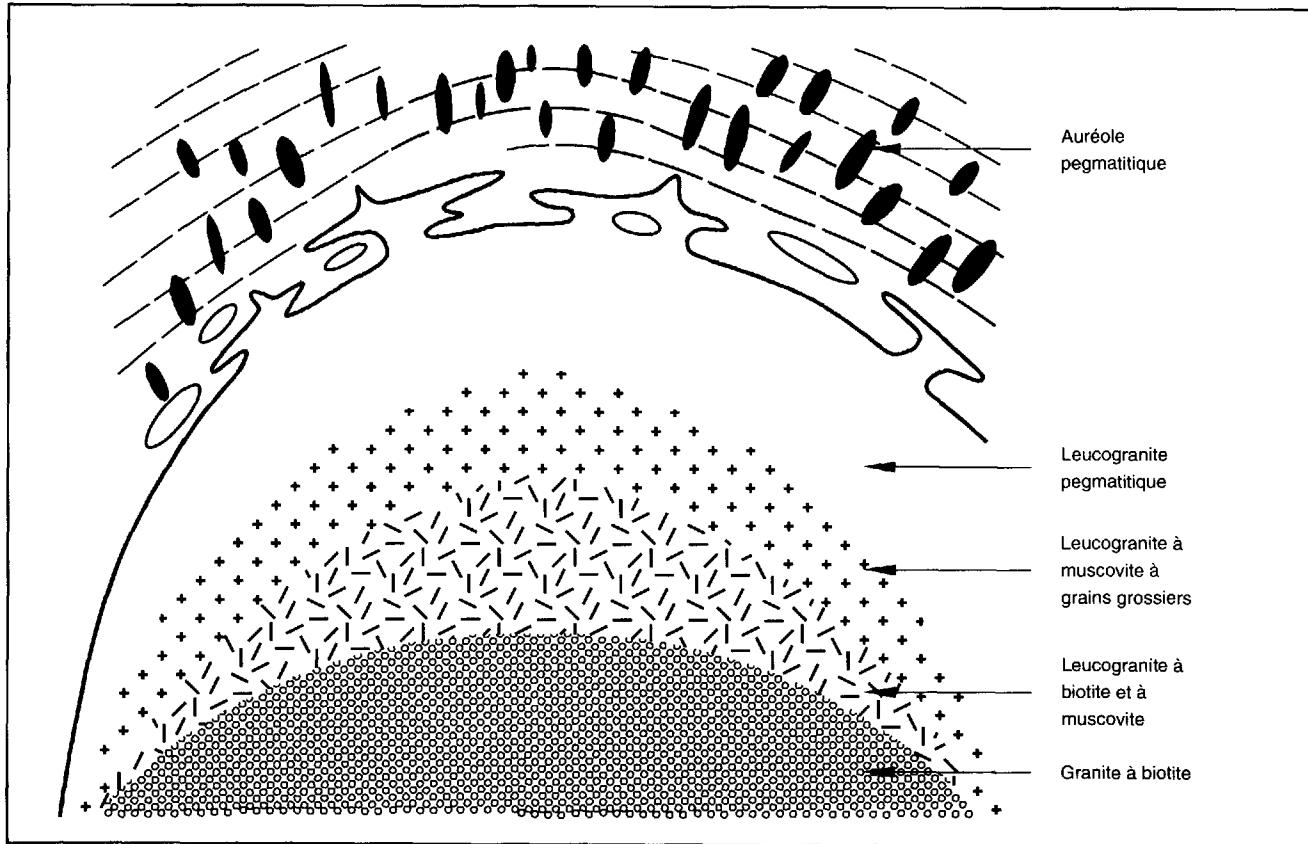


FIGURE 3 - Section verticale idéalisée au travers d'une intrusion granitique fertile (d'après Cerny et Meintzer, 1988).

Harney Peak dans le Dakota du Sud (Cerny, 1982), les granites de Cross Lake et de Wekusko Lake (Cerny *et al.*, 1981 et Anderson, 1984), les granites du district de Wodgina et de Mooyella, Australie de l'Ouest (Blockley, 1980 et Partington, 1990) et finalement les granites du batholite de Preissac-La Corne (Dawson, 1966; Bourne et Danis, 1987 et Boily *et al.*, 1990).

CARACTÉRISTIQUES GÉOCHIMIQUES DES GRANITES FERTILES

Les principales caractéristiques géochimiques des granites fertiles sont les suivantes: 1) leur contenu élevé en silice ($\text{SiO}_2 = 72\text{-}76 \%$); 2) leur indice de peraluminosité (c.-à-d. $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ (moléculaire) > 1), quoique certains granites fertiles soient méta-alumineux; 3) leurs faibles teneurs en Ti, Fe, Mg, Ca, Sr, Ba, Zr, Hf; et 4) leurs teneurs élevées en Na, K, Rb, Nb, U et Ta. Leur contenu en Li, Be et Th est variable, quoique plus élevé que celui des granites stériles (Goad et Cerny, 1981; Cerny, 1982 et Cerny et Meintzer, 1988).

D'après les données géochimiques disponibles, Cerny (1982) a classé les monzogranites ayant une auréole de pegmatites en trois groupes :

Groupe n° 1 : les granites parents des pegmatites lithinifères riches en spodumène montrent des teneurs en silice qui se rapprochent de la moyenne établie par Daly (70 % SiO_2 , tableau 2); tandis que les valeurs en Al_2O_3 , $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$ et CaO sont généralement plus élevées. Comparativement aux autres faciès granitiques, ceux-ci possèdent les rapports Si/Al les plus bas. De plus, Cerny (1982) souligne que la composition du plagioclase varie de l'andésine à l'oligoclase et que la biotite est le principal minéral ferromagnésien.

Groupe n° 2 : les granites parents des pegmatites lithinifères riches en F (exemple : lépidolite) exhibent les plus hautes valeurs en Al_2O_3 , mais les plus faibles teneurs en $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$. Ce sont des granites très leucocrates ayant l'indice de peraluminosité le plus élevé. Ils contiennent de la muscovite et le plagioclase est albique. Ils exhibent les plus basses teneurs en Ti, Fe, Mg, Mn, et Ca.

Groupe n° 3 : les granites parents des pegmatites "complexes" (c.-à-d. zonées et riches en Li, Cs, Nb, Ta et Be) et les *pegmatites riches en Be* montrent les plus hautes valeurs en SiO_2 , des rapports $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ élevés, des teneurs en TiO_2 , $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$, MgO , MnO et CaO plus faibles que la moyenne de Daly. Ils sont plus leucocrates que les granites parents des pegmatites à spodumène,

tandis que le plagioclase est plus sodique. Par contre, on note la présence de biotite et/ou de biotite + muscovite.

Cette classification s'applique-t-elle aux monzogranites du batholite de Preissac-La Corne? En fait, à la lumière des analyses que nous possédons, certaines caractéristiques s'appliquent de façon très générale. Ainsi, les monzogranites à biotite appartenant au pluton de La Corne (unité 9 sur la carte n° 2168, hors texte) et qui constituent les monzogranites parents (groupe n° 1 de la classification) les plus probables des pegmatites granitiques à spodumène (exemple : les pegmatites de la mine Québec Lithium) exhibent des valeurs légèrement plus faibles en SiO_2 (tableau 2) que celles des monzogranites à biotite et muscovite (unité 11) et des monzogranites à muscovite et à grenat (unité 10). Parmi les monzogranites, ceux qui possèdent uniquement de la biotite (unité 9) présentent les pourcentages les plus

élevés en $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$, MgO et CaO, ceux-ci étant cependant nettement inférieurs à la moyenne de Daly (tableau 2). La composition du plagioclase s'approche de l'oligoclase. Il est donc clair que ces monzogranites à biotite (unité 9) représentent les roches granitiques les plus " primitives" ou les moins différenciées du batholite de Preissac-La Corne.

Par contre, les granites les plus leucocrates (groupe n° 2 de la classification), contenant de la muscovite et du grenat (unité 10), du plagioclase albite et possédant les plus faibles teneurs en $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$, CaO, Zr, Hf, Sr et les rapports Rb/Sr les plus élevés (tableau 2) ne sont apparemment pas associés à une auréole de pegmatites minéralisées. Ces monzogranites sont toutefois recoupés par des veines de quartz riches en molybdénite. En conclusion, il appert que la classification présentée par Cerny (1982) ne s'applique que de façon très générale pour le

TABLEAU 2 - Moyennes arithmétiques des analyses chimiques des trois types de monzogranites (unités géologiques 9, 10 et 11 de la carte n° 2168, hors texte) exposés dans le batholite de Preissac-La Corne. Source des données : Leduc (1980), Boily (non publié) et cette étude; moyenne de Daly tirée de Cerny (1982).

Lithologies	MZG Biotite unité 9 (n=5)	MZG Muscovite + grenat unité 10 (n=5)	MZG Biotite + muscovite unité 11 (n=6)	Moyenne (Daly)
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO_2	73,66	74,83*	74,40	70,18
Al_2O_3	14,26	14,52	14,43	14,47
TiO_2	0,07	0,03	0,06	0,39
Fe_2O_3t	1,28	0,48	0,85	3,35
MnO	0,04	0,04	0,04	0,12
MgO	0,10	0,07	0,09	0,88
CaO	0,90	0,35	0,86	1,99
Na_2O	3,76	4,31	3,92	3,48
K_2O	4,20	4,10	4,02	4,11
P_2O_5	0,03	0,03	0,03	0,19
Total	98,30	98,76	98,70	99,16
Éléments traces (ppm)				
Ga	23	-	22	-
Li	371	56	275	-
Be	6	5	6	-
Cs	24	-	18	-
Ba	435	34	337	-
Rb	442	427	323	-
Sr	110	25	86	-
Zr	80	27	68	-
Nb	21	42	17	-
Y	24	43	24	-
Ni	3	1	2	-
La	17	5	17	-
Sm	2	2	2	-
Yb	1	2	2	-
Ta	9	10	7	-
Hf	3	2	2	-
Th	17	6	14	-
U	4	4	4	-
Rb/Sr	4	17	4	-
Zr/Nb	4	1	4	-
Rb/Ba	1	13	1	-

* Éléments majeurs tirés de Leduc (1980)

MZG = monzogranites

batholite de Preissac-La Corne. Elle ne constitue donc pas, dans ce cas précis, un outil d'exploration valable, ce qui est peu surprenant étant donné les caractéristiques géochimiques variables des complexes plutoniques fertiles.

Toutefois, les monzogranites (unités 9 à 11 de la carte géologique n° 2168, hors texte) du batholite de Preissac-La Corne possèdent la plupart des caractéristiques géochimiques spécifiques qui permettent de les distinguer des plutons dits infertiles ou stériles et dont plusieurs ont été reconnus par Goad et Cerny (1981), Ayres et Cerny (1982) et Cerny et Meintzer (1988). Ainsi, les rapports Rb/Sr, K/Rb et Rb/Ba sont indicateurs du degré de différenciation magmatique des roches ignées. La majorité des granites fertiles montrent des rapports Rb/Sr > 5, K/Rb < 200 et Rb/Ba > 1, soulignant ainsi leur degré de différenciation poussé. Les variations de ces rapports sont toutefois importantes. Le rapport Rb/Sr peut varier de 1 à 200, tandis que les rapports K/Rb et Rb/Ba évoluent de 10 à 300 et de 0,25 à 20 respectivement. Néanmoins, Cerny et Meintzer (1988) ont défini, à partir de plusieurs centaines d'analyses, le champ des granites fertiles et infertiles à l'intérieur de diagrammes binaires faciles à consulter. Les figures 4a, b et c illustrent les plus importants. En reportant sur ces diagrammes les analyses du batholite de Preissac-La Corne, nous constatons qu'une large proportion des monzogranites (unités 9 à 11 de la carte hors texte) se retrouvent dans le champ des granites fertiles, tandis que les plutons gabbroïques à granodioritiques précoces (unités 4 à 7) se retrouvent dans le champ des granitoïdes calco-alcalins stériles.

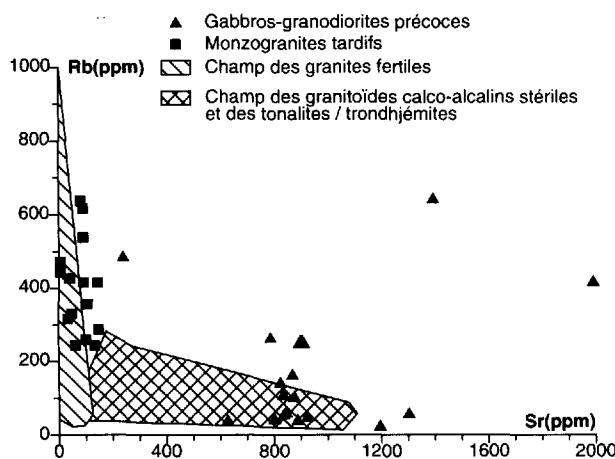


FIGURE 4a - Diagramme Rb vs Sr illustrant le champ des granites fertiles et celui des granitoïdes calco-alcalins et des tonalites/trondhjemites infertiles (voir Cerny et Meintzer, 1988). La plupart des monzogranites tardifs du batholite de Preissac-La Corne se localisent dans le champ des granites fertiles, tandis que les granitoïdes précoces (gabbros à granodiorites) tombent dans le champ des granitoïdes infertiles.

Soulignons cependant que ces diagrammes ne peuvent que donner une appréciation générale du degré de fertilité d'un complexe intrusif ou d'un batholite. En effet, même si les monzogranites du pluton de Preissac occupent le champ des granites fertiles, aucune pegmatite minéralisée n'a jusqu'à maintenant été identifiée ni à l'intérieur, ni à la périphérie du pluton. Cependant, les études minéralogiques récentes au microscope électronique à balayage effectuées par T. Mulja (communication personnelle) ont

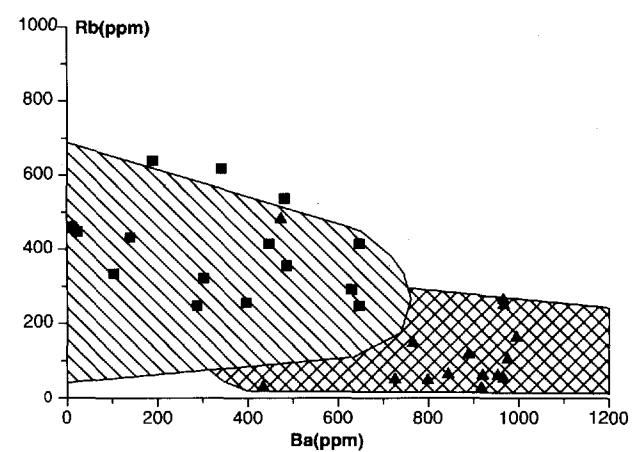


FIGURE 4b - Diagramme Rb vs Ba. Les explications concernant la distribution des faciès intrusifs (monzogranites et granitoïdes) et des champs respectifs (fertile ou stérile) qu'ils occupent sont données à la figure 4a; la même légende s'applique.

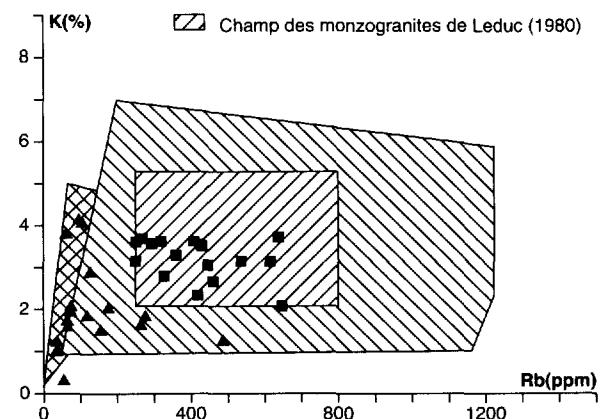


FIGURE 4c - Diagramme K vs Rb. Les explications concernant la distribution des faciès intrusifs (monzogranites et granitoïdes) et des champs respectifs (fertile ou stérile) qu'ils occupent sont données à la figure 4a; la même légende s'applique. Les échantillons de monzogranite recueillis par Leduc (1980) constituent un domaine qui se situe aussi à l'intérieur du champ fertile.

permis de constater que tous les faciès monzogranitiques du pluton de Preissac contiennent des quantités mineures de minéraux porteurs de Ta, Nb et Y (c.-à-d.: l'ixiolite, la columbotantalite, le xénotime) et il est possible que le pluton soit entouré d'une auréole pegmatitique fertile. Toutefois, les épontes du pluton n'affleurent à peu près pas et on ne peut que présumer de la présence de pegmatites. D'autre part, le niveau d'emplacement des monzogranites à muscovite et à grenat (unité 10) associés aux gisements de molybdène étant probablement plus élevé que celui des monzogranites à biotite (unité 9) entourés d'une auréole pegmatitique fertile (Norman, 1945; Boily, en préparation), il est probable que seuls des forages en profondeur permettraient de recouper des pegmatites minéralisées.

AUTRES CARACTÉRISTIQUES GÉOCHIMIQUES

D'autres critères géochimiques peuvent caractériser les granites fertiles. Par rapport aux granitoïdes stériles, les monzogranites peralumineux très différenciés montrent des teneurs en $Zr < 150$ ppm, $Hf < 5$ ppm, $Th < 20$ ppm, tandis que leurs valeurs en Ta (> 5 ppm) et Nb (> 20 ppm) sont élevées lorsque comparées aux suites tonalistiques-trondhjemítiques (tableau 3) ou calco-alcalines présentes dans les sous-provinces du Pontiac ou de l'Abitibi. L'exemple du batholite de Preissac-La Corne nous indique que les rapports Zr/Nb des monzogranites (unités 9 à 11) sont en général < 10 (tableau 3), tandis que les suites gabbroïques à granodioritiques (unités 4 à 7) affichent des rapports variant de 10 à 25 (Boily *et al.*, 1990).

Les études de Cerny (1981), Goad et Cerny (1981), Danis (1985) et Cerny et Meintzer (1988) ont souligné le contenu extrêmement variable en MHT (Nb, Ta, Li, Be) des granites fertiles. Toutefois, la compilation faite récemment par ces deux derniers auteurs indique des teneurs moyennes en Li plus élevées pour les granites fertiles (exemples : $Li = 81 \pm 138$ ppm pour les leucogranites à grains fins; et $= 52 \pm 52$ ppm pour les leucogranites pegmatitiques) que pour les granitoïdes calco-alcalins infertiles (24 ppm). Pour leur part, les monzogranites du batholite de Preissac-La Corne montrent une concentration moyenne en Li de 284 ppm, ce qui diffère nettement de la moyenne calculée pour les faciès gabbroïques à granodioritiques précoce, soit 27 ppm (tableau 3). Toutefois, le tableau 2 révèle aussi que certains monzogranites à biotite (unité 9) sont aussi enrichis en Li (371 ppm) comparativement aux monzogranites à muscovite et à grenat du pluton de Preissac (unité 10), soit 56 ppm. Cette observation

signifie que le contenu en Li diminue avec le degré de différenciation magmatique atteint par les monzogranites, si on considère que les monzogranites à biotite représentent le faciès le plus primitif, alors que les monzogranites à muscovite et à grenat représentent au contraire le plus évolué. Une étude de Siroonian *et al.* (1959) tend également à démontrer que les muscovites, biotites et hornblendes prélevées dans la portion est du batholite de Preissac-La Corne (c.-à-d. dans les monzonites, granodiorites et monzogranites) recèlent des concentrations en Li supérieures à celles obtenues avec les muscovites du pluton de Preissac (c.-à-d. les monzogranites à muscovite et à grenat indiqués unité 10 sur la carte géologique hors texte).

Toutefois, il faut examiner ces résultats de façon critique. Le lithium est un alcali extrêmement mobile qui est facilement transporté par des fluides aqueux expulsés dans les roches encaissantes lors de la mise en place et de la cristallisation des pegmatites (Shaerer *et al.*, 1986). Un exemple de ce phénomène est la présence de halos de holmquistite (une amphibole lithinifère) dans les roches mafiques encaissantes des pegmatites à spodumène. Les diorites, granodiorites et monzogranites de la portion est du batholite de Preissac-La Corne sont recoupées par de nombreuses pegmatites, plusieurs étant riches en Li. Il est probable que les hautes teneurs en Li des hornblendes, muscovites et biotites soient attribuables au métasomatisme de la roche encaissante. Les données recueillies tendent à confirmer cette hypothèse, puisque les teneurs en Li des granodiorites/tonalites localisées au sud-ouest du pluton de La Corne (exemple : au sud du lac Baillaigé, carte n° 2168, hors texte) sont beaucoup plus élevées que celles obtenues pour les granodiorites et les monzonites quartzifères (unité 4 de la carte hors texte) dans lesquelles on retrouve peu de pegmatites (voir la section géochimie au chapitre suivant).

Enfin, signalons la variabilité naturelle du contenu en éléments traces (exemples : Ba, Zr, Li) et terres rares légères (La, Ce, Nd, Sm) des monzogranites du batholite de Preissac-La Corne (Boily *et al.*, 1990). Il faut donc prendre soin de recueillir plusieurs échantillons représentatifs des divers faciès granitiques exposés à l'intérieur d'un même batholite avant de se prononcer sur son potentiel en MHT. Comme on ne peut pas se contenter de prendre quelques échantillons aléatoires, nous suggérons de prendre de quatre à cinq échantillons de chaque faciès à l'intérieur de chacun des plutons. Pour le batholite de Preissac-La Corne dans lequel trois plutons monzogranitiques sont exposés, il nous paraît raisonnable d'envisager une collecte de 40 à 50 spécimens de monzogranites.

TABLEAU 3 - Moyennes arithmétiques des données géochimiques calculées à partir d'échantillons provenant des principaux types de roches intrusives qui composent le batholite de Preissac-La Corne : les monzogranites tardifs (MZG = unités 9 à 11), les gabbros-granodiorites précoce (GA-GD = unités 4 à 7), les pegmatites et les aplites.

Lithologies	MZG unités 9 à 11 (n=14)	GA-GD unités 4 à 7 (n=18)	PEGMATITES (n=21)	APLITES (n=8)
Éléments majeurs (% du poids)				
SiO₂	74,47	64,27	74,20	74,13
Al₂O₃	14,40	16,54	15,98	15,35
TiO₂	0,06	0,41	0,01	0,01
Fe₂O_{3t}	0,97	3,61	0,54	0,62
MnO	0,06	0,06	0,14	0,17
MgO	0,08	2,05	0,10	0,17
CaO	0,77	4,17	0,22	0,34
Na₂O	3,97	4,54	5,16	6,66
K₂O	3,94	2,30	2,12	1,01
P₂O₅	0,03	0,16	0,02	0,05
Total	98,75	98,11	98,49	98,68
Éléments traces (ppm)				
Ga	25	22	50	38
Li	284	511 (27)*	3129	338
Be	6	4 (1)	199	89
Cs	13	16 (43)	20	-
Ba	322	1091	32	137
Rb	413	175	954	270
Sr	85	1014	39	48
Zr	66	153	21	26
Nb	23	8	51	69
Y	27	15	17	14
Ni	2	30	2	-
La	14	29	3	-
Sm	10	33	7	-
Yb	1	1	1	-
Ta	8	3	118	-
Hf	2	4	11	-
Th	13	4	6	-
U	4	1	9	-
Rb/Sr	5	1	24	6
Zr/Nb	3	19	1	1
La/Sm	1	1	1	-

* Les données entre parenthèses excluent les intrusions métasomatisées par les fluides riches en Li, Be et Cs provenant des pegmatites.

MZG = monzogranites

GA-GD = gabbros-granodiorites précoce

Pegmatites granitiques riches en Li, Be et Ta

Zonalité, type et distribution

Les zonalités minéralogiques et chimiques observées à l'intérieur des pegmatites granitiques constituent un outil d'exploration pertinent. Plusieurs chercheurs ont établi une zonalité basée sur le principe général selon lequel les pegmatites deviennent de plus en plus différenciées (c.-à-d. riches en Li, Cs, Rb et en volatiles) au fur et à mesure que l'on s'éloigne du granite parent (voir, entre autres, Ayres et Cerny, 1982; Jahns, 1982 et Cerny, 1982). Les pegmatites se localisent donc régionalement dans des enveloppes plus ou moins concentriques par rapport au granite parent. Ces enveloppes sont définies d'après la paragenèse des minéraux exotiques ou le degré d'enrichissement en MHT. Cette zonalité, même si elle obéit à des règles générales, est souvent spécifique à un complexe intrusif ou à une région donnée. Cerny (1982), à partir de ses travaux et d'une revue de la littérature géologique, suggère une séquence idéalisée dans laquelle on distingue huit types de pegmatites dont les compositions sont relativement caractéristiques. Du granite parent vers l'extérieur, ces différents types sont:

type 1) les pegmatites stériles, avec biotite et magnétite;

type 2) les pegmatites stériles à plagioclase-microcline, localement à texture graphique, comprenant de la biotite et de la tourmaline de type schorl;

type 3) les pegmatites à microcline, parfois à texture graphique, contenant de la tourmaline de type schorl, de la muscovite et du beryl;

type 4) les pegmatites zonées à microcline et à albite, contenant de la tourmaline de type schorl, de la muscovite et du beryl;

type 5) les pegmatites zonées à microcline-albite, métasomatisées et minéralisées en Li, Rb, Cs, Be, Ta et riches en B, P et F;

type 6) les pegmatites à albite contenant de la minéralisation en Li, Be, Sn et Ta;

type 7) les pegmatites homogènes à albite et à spodumène possédant une minéralisation secondaire en Be, Ta et Sn;

type 8) essentiellement des veines de quartz avec un peu de feldspath et parfois du beryl, de la cassiterite et de la wolframite.

La zonalité des pegmatites autour des plutons monzogranitiques du batholite de Preissac-La Corne est évidemment moins complexe. Cette zonalité pourrait être mieux exprimée, mais en maints endroits, le manque d'affleure-

ments et de trous de sondage empêche d'être plus spécifique. Néanmoins, les types 3, 4, 6 et 7 se rencontrent à l'intérieur ou au pourtour des plutons de La Corne et de La Motte.

Après avoir clairement identifié les granitoïdes dits "fertiles", un prospecteur avisé devrait d'abord porter son attention sur les pegmatites granitiques affleurant à l'intérieur de ces derniers. Les plutons les plus fertiles contiennent généralement en leur sein des pegmatites qui sont légèrement minéralisées en Be et Nb-Ta, parfois en Li et Mo. À notre connaissance, aucune pegmatite située à l'intérieur des granites fertiles n'est actuellement sujette à exploitation. Toutefois, la paragenèse et la densité de ces pegmatites intraplutoniques peuvent éventuellement fournir de précieux indices sur le potentiel économique des pegmatites granitiques retrouvées dans les roches encaissantes. Prenons deux exemples : les plutons de La Corne (fertile) et de Preissac (stérile). Dans le premier cas, presque toutes les pegmatites granitiques contiennent du beryl et de la columbotantalite. De plus, une masse pegmatitique anomale (c.-à-d. riche en Li, Cs, Be et Ta) est localisée au centre du pluton au sein d'un monzogranite à biotite. La densité des dykes est forte, variant de 20 à 80 % (volume). Dans le cas du pluton de Preissac, les rares pegmatites granitiques (densité < 5 %) qui affleurent à l'intérieur du pluton sont apparemment stériles. Il serait donc, a priori, plus tentant d'explorer les roches encaissantes situées au pourtour du pluton de La Corne.

Une fois évaluées les pegmatites intraplutoniques, l'attention du prospecteur doit se tourner vers les roches encaissantes. L'expérience acquise sur le terrain dans la région de Preissac-La Corne suggère que la prospection doit se concentrer dans un rayon de 1 à 2 km à partir de la bordure du granite. C'est à l'intérieur de cette enveloppe que des pegmatites différenciées riches en Li, Be et Ta ont le plus de chance d'être découvertes. Nous y avons effectivement répertorié de nombreuses pegmatites lithinifères contenant également des quantités variables, mais non économiques, de Mo, Nb, Ta et Be (Boily *et al.*, 1989; voir aussi Tremblay, 1950).

Minéralogie

Plusieurs minéraux essentiels ou accessoires des pegmatites granitiques caractérisent certains stades de leur évolution. D'autre part, certains minéraux peuvent se retrouver à l'intérieur de plusieurs types de pegmatite tout en ayant des compositions différentes qui corres-

pondent à la variété de la paragenèse et de la composition chimique globale de la pegmatite. Par exemple, le plagioclase devient de plus en plus sodique au cours du fractionnement d'une pegmatite. Autre exemple, dans les pegmatites différenciées et riches en MHT (plus particulièrement dans les pegmatites à spodumène), l'albite apparaît sous forme de rosettes ou de plaquettes de cleavelandite. La forme caractéristique de ce feldspath blanchâtre le rend facilement identifiable et est un indice (du moins dans la région de Preissac-La Corne) de la présence de spodumène dans cette pegmatite ou dans les pegmatites environnantes.

La muscovite possédant une couleur brunâtre à vert foncé est habituellement associée aux pegmatites contenant du beryl. Lorsqu'elle acquiert une couleur vert pâle à jaunâtre ou même argentée, elle indique habituellement l'existence de pegmatites à spodumène (exemple : figure 5). Évidemment, la présence de lépidolite, un mica lithinifère rose à violet, est un indicateur de minéralisation en Li. Ce mica apparaît tardivement dans la paragenèse et constitue une phase de remplacement ou de remplissage dans les fractures (Crouse et Cerny, 1972; Norton, 1983). L'apparition de la lépidolite signifie que des solutions hydrothermales tardimagnétiques ont circulé à l'intérieur de la pegmatite, que celle-ci est très différenciée et que les magmas parents étaient riches en fluor. Ces types de pegmatites sont les plus susceptibles de contenir de hautes teneurs en Li, Be, Cs, Rb et Ta.

La tourmaline noire est en général restreinte aux pegmatites stériles et/ou porteuses de beryl (Trueman et Cerny, 1982). Ces auteurs notent toutefois que la tourmaline peut être totalement absente, ce qui est manifestement le cas des pegmatites de Preissac-La Corne. Cependant, il faut souligner que nous avons trouvé quelques pegmatites porteuses de tourmaline et de

spodumène dans la sous-province du Pontiac (Boily *et al.*, 1989).

Le beryl acquiert une teinte verdâtre dans les pegmatites dites "stériles", localisées à l'intérieur des granites parents. Toutefois, il acquiert une couleur blanchâtre à rosâtre dans certaines pegmatites riches en spodumène (exemple : le prospect Colombe) ou dans des pegmatites très différenciées. Le changement de couleur est probablement attribuable à l'incorporation des alcalis (Na, Cs, Li) dans la structure des cristaux de beryl.

Trueman et Cerny (1982) affirment que les petits cristaux allongés de spodumène (de l'ordre de 1 à 5 mm) distribués uniformément à l'intérieur des pegmatites montrent habituellement une couleur verdâtre (pegmatites homogènes). Ces pegmatites sont couramment les plus enrichies en lithium, mais montrent un faible potentiel de minéralisation en Be, Ta et Nb. Par contre, dans les pegmatites zonées, le spodumène en bordure des coeurs de quartz formerait de plus grand cristaux et présenterait une couleur plutôt blanchâtre. Ces pegmatites différenciées contiendraient au départ une plus faible concentration en lithium que les pegmatites homogènes, mais posséderaient un plus grand potentiel de minéralisation pour les autres MHT. Toutefois, la distinction basée sur la couleur du spodumène nous semble artificielle suite à nos études de terrain. Dans la région voisine de la mine Québec Lithium, les spodumènes se retrouvant dans les pegmatites homogènes sont blanchâtres, et il arrive même de retrouver des spodumènes verdâtres et blanchâtres au sein d'une même pegmatite.

Plusieurs chercheurs, dont Sodolov (1971), ont apparemment démontré l'existence d'une corrélation inverse entre la dimension des cristaux de spodumène, de beryl, de columbotantalite et leur abondance dans les pegmatites granitiques. Ils affirment que les pegmatites contenant des cristaux géants de beryl verdâtre primaire, très caractéristiques des pegmatites modérément évoluées, ne produisent jamais un tonnage comparable à celui des pegmatites contenant de petits cristaux de beryl disséminés dans les unités de remplacement albítique. Cette relation semble aussi prévaloir pour le spodumène. En effet, les pegmatites complexes à mégacristaux de spodumène sont beaucoup moins riches en Li que les pegmatites homogènes moins différenciées, mais contenant de petits cristaux. Cette dernière observation est effectivement corroborée par nos observations de terrain, puisque les pegmatites productrices de Li sont en effet homogènes et contiennent des cristaux de spodumène dont la taille varie de 5 à 20 cm (exemples : l'indice Colombe et la mine Québec Lithium; carte n° 2168, hors texte). Les indices contenant des mégacristaux de spodumène (exemples: gîtes n°s 16 (Valor) et 35A, carte n° 2168, hors texte) n'ont pas montré des teneurs économiques lors de l'exploration.



FIGURE 5 - Muscovite argentée associée à du spodumène verdâtre à noirâtre, à du quartz enfumé et à du feldspath grisâtre. Prospect Colombe, localisé au sud du pluton de La Motte (voir carte n° 2168, hors texte).

Altération des épontes

La formation des minéraux dits "exomorphiques" résulte de la circulation des fluides hydrothermaux tardimigmatiques dans les roches encaissantes. Ces minéraux peuvent devenir des indicateurs précis du type de minéralisation. Par exemple, la holmquistite, une amphibole bleuâtre violacée $[Li_2(Mg,Fe^{+2})_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2]$ facilement identifiable, n'apparaît qu'en bordure des dykes de pegmatites riches en Li (Trueman et Cerny, 1982; London, 1986). Elle se présente sous forme de fibres uniformément distribuées dans les roches intrusives intermédiaires et les roches volcaniques mafiques et est associée à la hornblende et à la biotite. La holmquistite remplit également les fractures. Ces deux modes d'occurrences sont très visibles dans les roches encaissantes affleurant autour de la mine Québec Lithium. Nous n'avons jamais identifié de holmquistite à l'intérieur des pegmatites à spodumène recouvrant les monzogranites. Lorsque les pegmatites sont riches en bore (exemples : la pegmatite de Tanco au Manitoba et de Harding au Nouveau Mexique; London, 1986), un halo de tourmaline enveloppe généralement celles-ci.

L'étendue du halo de "métasomatisme" déterminée par la holmquistite est variable. Nos travaux de terrain effectués à proximité de la mine Québec Lithium ont permis de reconnaître plusieurs de ces halos ou auréoles en bordure des pegmatites à spodumène. Leur étendue varie de quelques centimètres à un mètre. Les quelques travaux géologiques effectués sous terre à la mine Québec Lithium révèlent des halos d'altération s'étendant jusqu'à un mètre à partir du contact avec la pegmatite (Karpoff, 1957; Nickel *et al.*, 1960). Malgré son étendue très limitée, la holmquistite constitue donc un indicateur très utile du potentiel de minéralisation en Li d'une région.

Les pegmatites à spodumène sont aussi entourées par un halo d'altération formé de biotite et/ou de zinnwaldite. Son étendue est toutefois très limitée (1 à 10 cm) et, tout comme le halo de holmquistite, il n'est présent que dans les roches basiques à intermédiaires. Il n'est jamais observé dans les monzogranites. Il est à noter que jusqu'à maintenant, nous n'avons observé sur le terrain aucun minéral indicateur d'exomorphisme dans les monzogranites contenant des dykes de pegmatite minéralisée.

Structure

Les pegmatites granitiques remplissent généralement les fractures et les failles dans les granitoïdes ou se localisent dans les fractures, failles et plans de schistosité dans les roches métasédimentaires et les roches métavolcaniques.

STRUCTURES MAJEURES ET MINEURES

La mise en place des pegmatites riches en MHT étant tardive à post-tectonique, elles sont rarement déformées ou recoupées par des failles majeures. Deux exemples, la mine Québec Lithium et l'indice Colombe, illustrent cette situation.

Des coupes verticales effectuées au travers de la mine Québec Lithium (fournies par la compagnie Cambior) révèlent des structures géologiques simples où au moins 13 dykes de pegmatites à spodumène affichent une attitude et un pendage similaires ($104^\circ/50-70^\circ$), tout en étant continus en profondeur (jusqu'à 300 m au moins; figure 6). Aucune faille tardive ne semble perturber l'orientation des pegmatites.

Une cartographie détaillée du prospect Colombe a mis en évidence plusieurs fractures et quelques failles à l'intérieur même de la pegmatite (Boily et Gaudard, en préparation). Mais ces dernières n'oblitèrent que très peu les structures primaires. Il faut noter toutefois que les sondages effectués au prospect Colombe et à la mine Québec Lithium ont révélé des variations substantielles de l'épaisseur des dykes de pegmatite, ainsi qu'une tendance chez ceux-ci à se subdiviser en profondeur en plusieurs branches. À cet égard, les structures locales peuvent affecter grandement la continuité des pegmatites.

FAILLE MANNEVILLE

Dans la région de Preissac-La Corne, les pegmatites les plus fertiles se localisent dans une zone comprise entre la limite nord des intrusifs du batholite de Preissac-La Corne et la faille Manneville (Boily *et al.*, 1990). Nos travaux de terrain et une compilation des données structurales existantes indiquent que presque tous les dykes de pegmatites sont orientés parallèlement à cette faille. Cette orientation principale est-ouest prévaut également pour plusieurs dykes recouvrant la partie nord du pluton de La Corne. C'est d'ailleurs aux alentours immédiats de la mine Québec Lithium que la faille Manneville est la mieux exprimée (voir la carte n° 2168 hors texte). Les résidus miniers remplissent partiellement un lac dont la rive nord est bordée par un escarpement de 50 m orienté est-ouest, marquant la trace de cette faille. La bordure nord-est du batholite de Preissac-La Corne constitue la région où la densité des dykes de pegmatites granitiques (presque tous riches en spodumène) est la plus élevée et où la fracturation et la déformation des roches intrusives et volcaniques sont les plus intenses. Cette dernière observation est illustrée par les nombreuses injections de magma monzonitique dans les monzonites-granodiorites (unité 4) et les basaltes (unités 1 et 3), par l'intense bréchification des roches encaissantes et par la déformation ductile qui affecte cet ensemble (figure 7). La région de la mine Québec Lithium constitue également un point de charnière où la direction des formations volcanosédimentaires

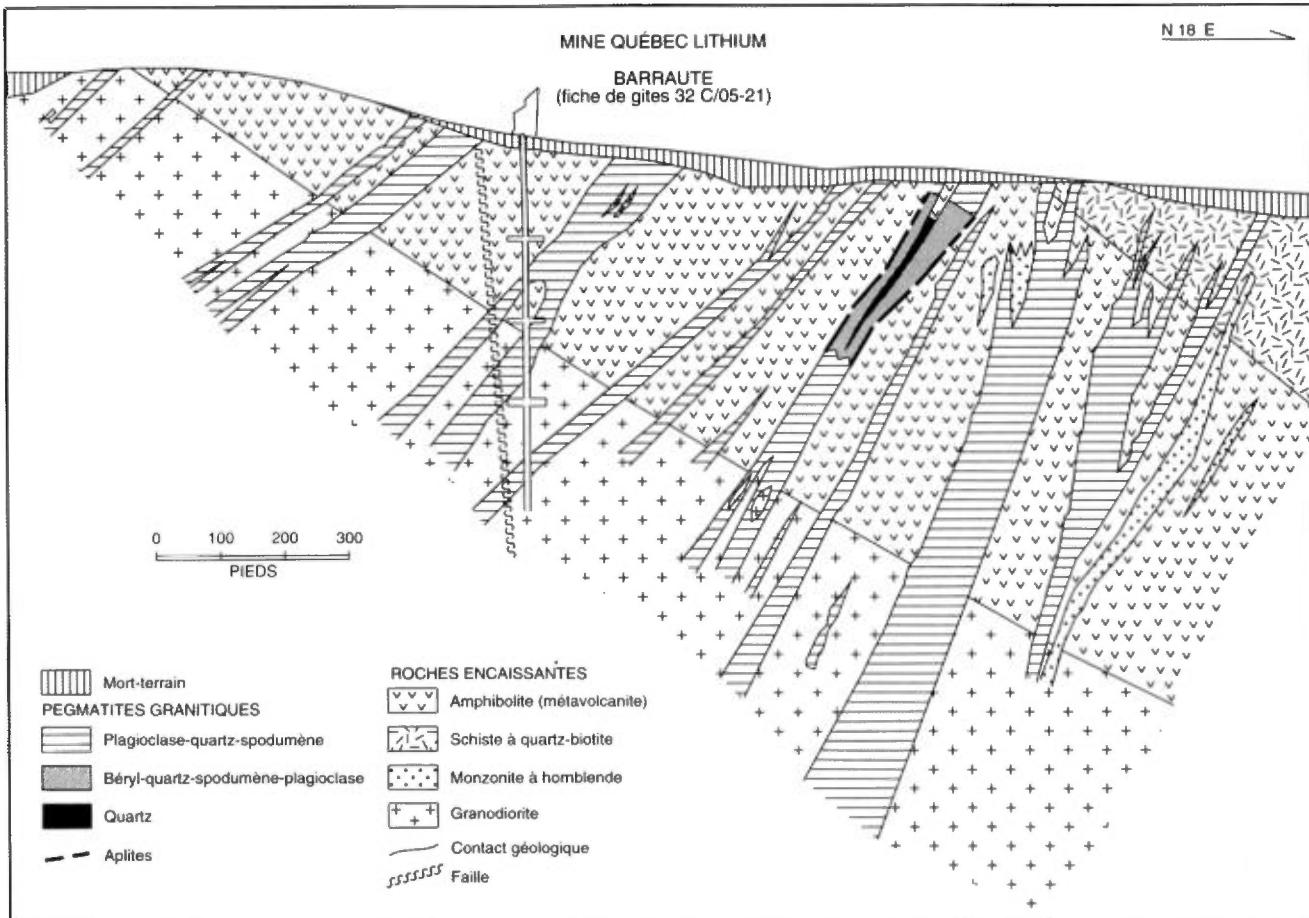


FIGURE 6 - Section verticale au travers de la mine Québec Lithium. La minéralisation de cette mine consiste en plusieurs dykes de pegmatites granitiques à spodumène inclinés vers le sud (50° à 70°). Les dykes de pegmatite recoupent des granodiorites, des roches métavolcaniques mafiques (amphibolites) et des roches métasédimentaires (schistes à quartz-biotite). Les pegmatites sont homogènes et, dans quelques rares cas, présentent des bordures aplitiques et un cœur de quartz. Les pegmatites grossièrement zonées contiennent du beryl (modifiée de Karpoff, 1957).

mentaires s'incurve vers le sud-est à partir d'une orientation générale est-ouest. Le rôle de la faille Manneville dans le processus de mise en place du batholite de Preissac-La Corne est encore obscur. Dawson (1966) suggère qu'elle agissait probablement en tant que faille normale dont le rejet compensait pour la masse occupée par le batholite lors de son intrusion. D'autre part, suite à ses travaux de terrain préliminaires de l'été 1990, R. Daigneault (communication personnelle) suggère que certains faciès précoce du batholite de Preissac-La Corne et peut-être certaines des pegmatites les plus anciennes ont pu se mettre en place le long d'une zone de cisaillement à faible pendage dont le mouvement serait exprimé par un chevauchement du bloc nord vers le sud. Toutefois, il y a pour le moment peu d'évidences que la faille Manneville ait agi comme conduit pour les magmas monzogranitiques tardifs (unités 9 à 11). Étant donné l'intense fracturation observée et le nombre élevé de dykes de pegmatite à spodumène non déformés et orientés parallèlement à la faille, il paraît évident que la



FIGURE 7 - Brèche à fragments d'amphibolite (métavolcanites ?; unité 3 de la carte géologique, hors texte) baignant dans une matrice felsique (granodiorite) contenant de la hornblende. Les monzonites précoce du batholite de Preissac-La Corne et les roches métavolcaniques sont également fracturées et déformées. Cet affleurement est situé près de la mine Québec Lithium (fiche de gîte 32C/05-21; voir carte n° 2168, hors texte).

faille Manneville était active avant la mise en place des plutons monzogranitiques tardifs et des pegmatites granitiques qui leur sont associées.

En conclusion, la combinaison de plusieurs facteurs, dont le degré de fracturation et de déformation des roches encaissantes ainsi que les relations géométriques entre les grandes failles ou couloirs de déformation et la mise en place des granitoïdes, sont des aspects importants à considérer lors de l'exploration pour les MHT. Pour ces raisons, nous réaffirmons que la zone comprise entre la bordure nord du batholite de Preissac-La Corne et la faille Manneville constitue une cible privilégiée pour la recherche des pegmatites minéralisées en MHT.

Géochimie

L'utilisation des méthodes lithogéochimiques dans l'exploration des pegmatites présente des difficultés majeures puisque les textures pegmatitiques, l'hétérogénéité et la zonalité interne de ce lithofaciès rendent difficile un échantillonnage représentatif pour des analyses dites de "roche totale". En effet, si un géochimiste d'exploration voulait connaître la composition globale d'une pegmatite à grains très grossiers, hétérogène et zonée, il serait contraint de prendre de nombreux échantillons pour parvenir à un résultat représentatif. Il est donc évident que cette méthode s'avère coûteuse et inefficace.

Évidemment, plusieurs pegmatites (dont les pegmatites riches en spodumène) sont relativement homogènes et permettent donc un échantillonnage moins volumineux. La plupart des pegmatites analysées dans le cadre de ce projet sont de type homogène et montrent des cristaux de taille modérée (1-10 cm). Néanmoins, les analyses chimiques révèlent une large variation du contenu en éléments traces et même au niveau des éléments majeurs. Certes, les pegmatites du batholite de Preissac-La Corne possèdent toutes les attributs des pegmatites granitiques différencierées (c.-à-d. $\text{SiO}_2 = 72-76$ (% poids), faibles teneurs en $(\text{Fe}_2\text{O}_3)_t$, MgO et CaO , rapports Zr/Nb , La/Sm , K/Rb et Mg/Li faibles, mais Rb/Sr très élevé (tableau 3)). Ces pegmatites prolongent l'évolution magmatique exprimée par les monzogranites. Les concentrations en MHT de ces pegmatites sont cependant très variables, tout comme celles des monzogranites parents (exemple : de 10 à 11 200 ppm pour Li). Toutefois, la concentration moyenne des MHT au sein des pegmatites est de 5 à 100 fois celle attribuée aux monzogranites parents (tableau 3). Un examen complet des données géochimiques ne nous a pas permis de distinguer des tendances régionales claires, sauf pour confirmer ce qui est déjà évident (c.-à-d. que les pegmatites à spodumène sont riches en Li et que les pegmatites où l'on n'observe pas de minéraux porteurs de MHT ne contiennent que de faibles concentrations de ces métaux rares).

ZONALITÉ GÉOCHIMIQUE INTERNE DE L'AURÉOLE PEGMATITIQUE

Une approche différente, déjà employée par Cerny *et al.* (1985) et Möller et Morteani (1987), consiste à utiliser les variations de certains rapports élémentaires ou les simples concentrations des MHT contenus dans les minéraux pour caractériser le degré de différenciation magmatique des pegmatites. On pourrait ainsi établir une zonalité chimique à l'intérieur de l'auréole pegmatitique. Comme le degré de différenciation des pegmatites correspond généralement au niveau d'enrichissement en MHT et/ou à un type de minéralisation, cette approche permet de cerner des champs spécifiques mettant en valeur le potentiel économique des pegmatites. Les pegmatites riches en MHT contiennent de la muscovite et du feldspath potassique en abondance. Ces minéraux recèlent des quantités de MHT facilement détectables et sont constitués ou contiennent des éléments traces indicateurs du degré de différenciation (c.-à-d. Li, Cs, K et Rb). Par exemple, les variations dans les rapports K/Rb , K/Cs des feldspaths potassiques, les rapports K/Rb , K/Cs , Mg/Li et les concentrations en Li et Ta dans les muscovites ont tous été utilisés comme indicateurs chimiques de la différenciation ou de la minéralisation des pegmatites granitiques.

Nous citons, comme premier exemple de cette approche, une étude de la zonalité géochimique dans une enveloppe pegmatitique du Groupe du Lac Birse, située dans le district de Winnipeg River au Manitoba (figure 8). Le nombre accolé à chaque pegmatite représente une moyenne du rapport K/Rb des feldspaths potassiques. Les flèches indiquent la tendance de la différenciation géochimique à l'intérieur des pegmatites (c.-à-d. la diminution du rapport K/Rb) et peuvent nous orienter grossièrement vers les pegmatites les plus différencierées et donc les plus susceptibles d'être minéralisées en Li, Cs et Rb.

Comme deuxième exemple, prenons le diagramme Ta vs K/Cs tiré de Möller et Morteani (1987) (figure 9). Ce diagramme, construit à l'aide d'analyses effectuées sur les muscovites (micas blancs), permet de définir un seuil de minéralisation économique au-delà duquel une pegmatite devient économique pour le Ta. Il faut remarquer que toutes les muscovites du gisement de Tanco, un producteur de tantale au Manitoba, possèdent de 100 à 1000 ppm de Ta.

Cette approche "minéralogique" peut sembler fastidieuse à première vue, mais dans le contexte où l'exposition des pegmatites est limitée ou dans le cas des pegmatites zonées, il est parfois difficile de récolter des spécimens minéralisés. La columbotantalite et le beryl, par exemple, peuvent être concentrés dans une zone spécifique de la pegmatite qui n'est pas exposée en surface ou montrer une distribution erratique dans d'autres zones.

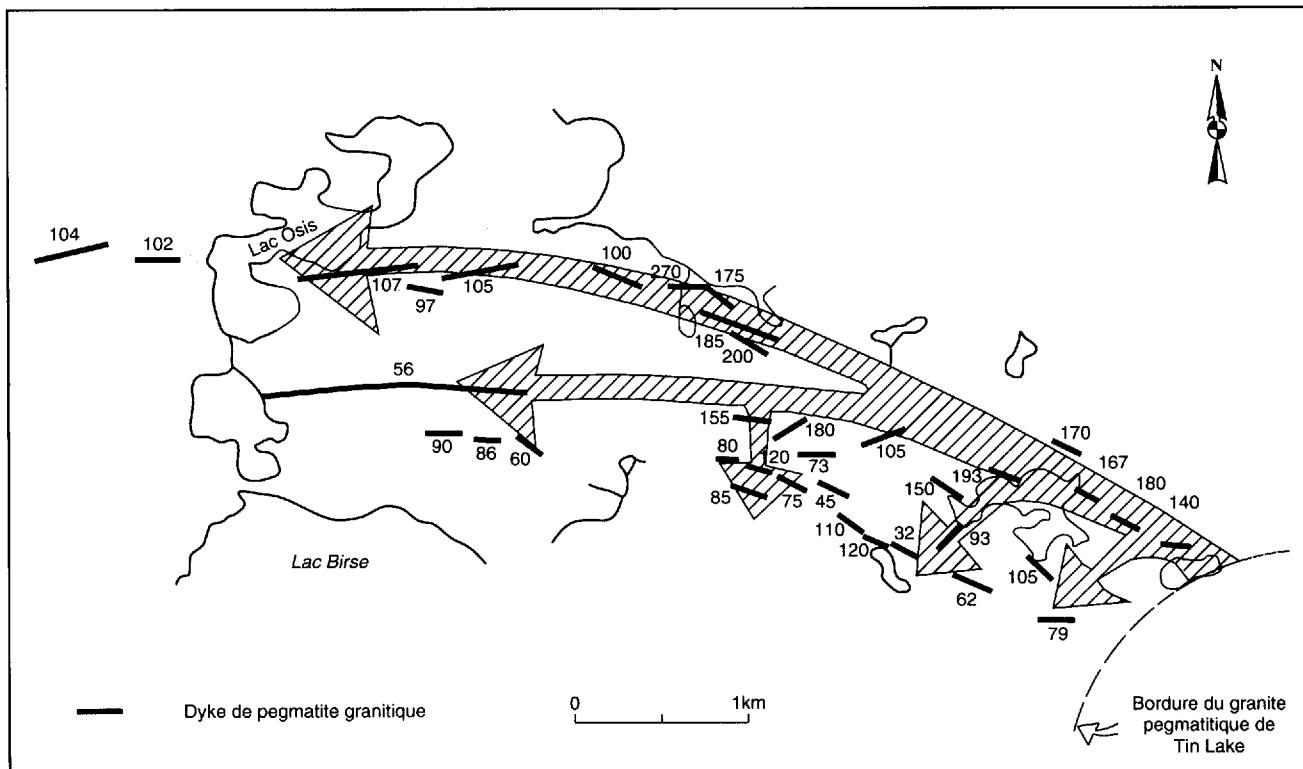


FIGURE 8 - Zonalité géochimique observée dans les pegmatites du Groupe du Lac Birse, district de Winnipeg River au Manitoba. Les chiffres indiquent la moyenne du rapport K/Rb des feldspaths potassiques (moyenne de 3 à 4 analyses) pour chacun des dykes de pegmatite granitique. Les flèches indiquent la tendance de la différenciation géochimique exprimée par la diminution du rapport K/Rb (modifiée de Trueman et Černý, 1982).

Il est donc plus facile d'analyser les minéraux usuels (c.-à-d. muscovite et feldspath) qui sont habituellement présents dans toutes les zones.

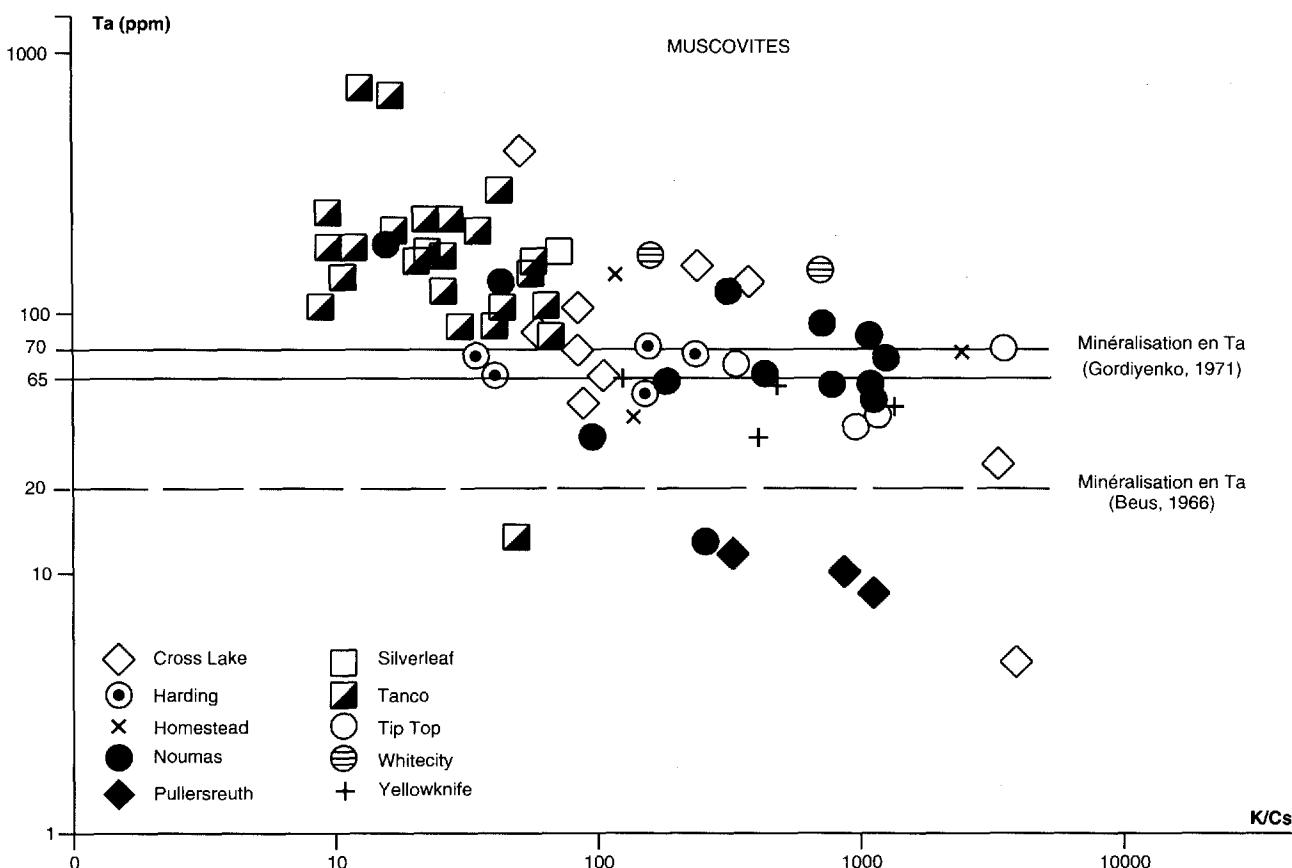
AURÉOLE MÉTASOMATIQUE PEGMATITIQUE

L'étendue des anomalies géochimiques causées par le halo métasomatique entourant les pegmatites est très variable. Ces anomalies ne concernent généralement que les éléments très mobiles (c.-à-d. Li, Cs, Rb, K, B, Sn, Be, F et Cl) qui sont enrichis dans les fluides hydrothermaux tardimagmatiques provenant des pegmatites et qui circulent dans la roche encaissante. Beus *et al.* (1968) ont démontré que les anomalies de Li, Cs et B (2 à 3 fois les valeurs normales) pouvaient s'étendre jusqu'à 250 m du contact entre des pegmatites riches en Be et Ta et des granites et/ou des schistes encaissants. Une étude de Shearer *et al.* (1986) a par ailleurs mis en évidence une auréole métasomatique de Li, Cs et K qui se manifeste jusqu'à 90 m du contact d'une pegmatite différenciée. Ce type d'étude ne peut toutefois être réalisé que si nous disposons d'un échantillonnage serré ou lorsque nous avons accès aux carottes de forage. Dans le cadre de notre étude sur le batholite de Preissac-La Corne, nous avons échantillonné les roches métavolcaniques et les monzonites-granodiorites (unité 4 de la carte géologique n° 2168, hors texte) qui forment les épontes des peg-

matites à spodumène dans la région de la mine Québec Lithium. La faible quantité d'affleurements ne nous permet pas de préciser l'étendue des halos métasomatiques. Cependant, à la mine Québec Lithium, nous avons récupéré les carottes provenant de deux trous de sondage, ce qui nous procure un échantillonnage continu de la roche encaissante et des pegmatites. Nous analysons actuellement plusieurs spécimens de carotte afin de déterminer l'étendue de ces anomalies géochimiques.

Pour reconnaître des teneurs géochimiques anomalies, il faut déterminer le niveau de bruit de fond géochimique qui caractérise les roches encaissantes. Ceci a été réalisé pour les phases monzonitiques à granodioritiques du batholite de Preissac-La Corne. Plusieurs échantillons de granitoïde ont été prélevés dans les régions où les pegmatites étaient absentes, tandis que d'autres granitoïdes de même composition minéralogique ont été échantillonnés là où les pegmatites minéralisées en Li, Be (exemple : région du lac Baillaigé) abondaient (tableau 4).

Le cas des monzogranites (unités 9 à 11) est plus complexe, puisqu'ils sont presque toujours recoupés par des pegmatites et que les variations du contenu en éléments traces sont extrêmes. Par exemple, le pluton de Preissac montre de faibles concentrations en Li (< 100 ppm) et est recoupé par peu de pegmatites, tandis que le pluton de La Corne présente au contraire des valeurs élevées en



Li (> 200 ppm, cette étude et Danis, 1985) tout en étant injecté par de nombreuses pegmatites. De plus, la difficulté d'établir ce bruit de fond est accentuée du fait que ces deux plutons exposent par endroits certains faciès intrusifs qui leur sont propres ou nettement dominants, soit les monzogranites à biotite du pluton de La Corne et les monzogranites à muscovite et à grenat du pluton de Preissac. Une étude comparative doit donc déterminer les bruits de fond géochimiques propres à chaque faciès intrusif. Ceci s'avère difficile pour le pluton de La Corne étant donné la possibilité qu'il soit fortement métasomatique par les fluides provenant des pegmatites. Dans le secteur du lac Baillaigé par exemple, les anomalies en Li, Be et Cs sont très évidentes dans le cas des monzonites et des granodiorites rencontrées. Les concentrations atteignent en effet de 6 à 30 fois le niveau du bruit de fond (tableau 4). Ces teneurs proviennent d'échantillons

prélevés dans un rayon de 5 à 50 m autour des pegmatites minéralisées.

Nous concluons donc que les teneurs en alcalis et en terres alcalines présentes dans les roches encaissantes peuvent donner une indication de l'ampleur du métasomatisme, du type de minéralisation qui les caractérise et de la densité relative des pegmatites. Par contre, les MHT, tels que le Ta, Nb et les terres rares, tout comme certains éléments majeurs (exemples : CaO, MgO, Al₂O₃, TiO₂), ne présentent généralement en soi aucune anomalie puisque : 1) ils sont difficilement mobilisés par les fluides aqueux provenant des pegmatites granitiques; ou bien encore 2) les teneurs en MHT des pegmatites sont si faibles par rapport à celles des roches encaissantes qu'il est impossible de déceler toute modification de la composition chimique des éponges (Shearer *et al.*, 1986; Wood, 1990).

TABLEAU 4 - Tableau comparant le métasomatisme des roches encaissantes (suite précoce gabbroïque à granodioritique) recoupées ou non par des pegmatites riches en Li, Be et Cs. Les échantillons ont été prélevés dans le secteur du lac Baillaigé de 5 à 25 m du contact avec la pegmatite. Le niveau d'enrichissement en Be, Li et Cs varie de 6 à 30 fois le niveau du bruit de fond déterminé dans les intrusions précoces ne contenant pas de pegmatite.

Suite précoce gabbroïque à granodioritique		
	Échantillons métasomatisés (n=10)	Échantillons non métasomatisés (n=7)
Éléments majeurs (% du poids)		
SiO₂	66,13	63,17
Al₂O₃	16,02	16,87
TiO₂	0,39	0,39
Fe₂O_{3t}	3,23	3,76
MnO	0,06	0,06
MgO	1,96	1,95
CaO	3,72	4,29
K₂O	4,15	5,00
Na₂O	2,36	2,52
P₂O₅	0,15	0,15
Total	98,17	98,16
Éléments traces (ppm)		
Ga	21	23
Li	627	27
Be	6	1
Cs	43	4
Ba	1028	1112
Sr	933	1053
Zr	156	146
Nb	15	16
Y	15	16
Ni	35	21
Ta	3	3
Hf	4	3
Th	7	4
U	2	1

Autres méthodes d'exploration

Méthodes géophysiques

À l'exception de certaines propriétés radioactives attribuées aux pegmatites riches en U et Th (exemple : pegmatite contenant de l'apatite, de la monazite et de la bétafite), la plupart des pegmatites riches en MHT peuvent être considérées comme étant inertes face aux méthodes géophysiques d'investigation. Si toutefois le contraste de densité entre une masse pegmatitique enfouie et la roche encaissante est suffisamment grand, les méthodes gravimétriques peuvent alors devenir utiles. Trueman et Cerny (1982) citent l'exemple d'un levé gravimétrique réalisé au-dessus de la pegmatite de Tanco qui montre un creux gravimétrique au contact de la pegmatite et de la roche encaissante, mais un haut gravimétrique au-dessus de la zone riche en Li. Il appert, selon eux, qu'une pegmatite à quartz-feldspath-muscovite peut donner lieu à un creux gravimétrique, tandis qu'une pegmatite à spodumène présente plutôt un haut gravimétrique.

Les méthodes géophysiques n'ont été utilisées que sporadiquement durant les périodes actives d'exploration pour les MHT dans la région de Preissac-La Corne (1950 à 1960). Des levés magnétométriques, électromagnétiques et de résistivité ont été effectués au début des années cinquante avec des succès très mitigés. En fait, la plupart de ces levés ont permis de découvrir des anomalies situées dans les éponges mafiques à ultramafiques des plutons granitiques; ces anomalies sont généralement attribuables à la présence de sulfures. À l'exception de la pseudo-ixiolite et de la molybdénite, les pegmatites granitiques ne contiennent pas de minéraux conducteurs ou possédant une bonne susceptibilité magnétique, ce qui explique en grande partie le peu de réponse que ce type de levés géophysiques a connu. En Abitibi-Témiscamingue, les compagnies SOQUEM et Noranda ont exécuté des levés radiométriques aéroportés dans la partie nord du lac Simard (Boily *et al.*, 1989). La géologie de cette région présente plusieurs similitudes avec celle du batholite de Preissac-La Corne et le lac Simard a constitué une cible d'exploration de choix au cours des années 1970 et au début des années 1980. D'ailleurs, le contenu en magnétite et en columbotantalite de certaines pegmatites exposées sur la rive nord du lac Simard a permis à la compagnie Tanco de les retracer sur plusieurs centaines de mètres grâce à des levés magnétiques au sol (Huxhold, 1972). Toutefois, l'accès difficile de cette région la rend moins attrayante que la région de Preissac-La Corne.

Dans la région du batholite de Preissac-La Corne, une exploration éventuelle par méthodes géophysiques

devrait porter en priorité sur la zone située à l'ouest de la mine Québec Lithium et comprise entre la faille Manneville et la bordure nord du batholite. Le contraste de densité entre les pegmatites granitiques et les roches métavolcaniques pourrait être suffisant pour permettre la découverte de corps pegmatitiques tabulaires (type Tanco) qui n'affleurent pas.

Géochimie des sédiments de ruisseaux

Cette méthode a déjà été utilisée par Leduc (1980) dans la région de Preissac. Quelques anomalies en U, Pb et Mo ont été détectées dans les sédiments de ruisseaux qui drainent le pluton de Preissac, mais aucune anomalie en MHT n'est apparue. Ces résultats sont peu surprenants, puisque la région couverte par Leduc (1980) ne recèle aucune pegmatite minéralisée en MHT, mais est plutôt le site d'une importante minéralisation en Mo. D'autre part, les plutons de La Motte et de La Corne, montrent un potentiel très élevé en MHT qui n'a jusqu'à présent pas fait l'objet d'une campagne de prospection géochimique détaillée.

Il faudra cependant adopter une attitude très critique lors de cette étude si celle-ci révèle des anomalies en alcalis et en terres alcalines. En effet, les plutons de La Motte et de La Corne sont entourés de villages et de pâturages. Les échantillons des sédiments de ruisseaux prélevés le long de ceux qui traversent ces sites risquent donc fort d'être contaminés par les déchets et les fertilisants déversés dans les lacs et cours d'eau des alentours, ce qui peut fausser les résultats attendus. Une étude géochimique des sédiments de ruisseaux au nord-est du batholite de La Corne devra aussi tenir compte de la contamination possible de ce type de sédiments par du matériel d'érosion (apporté par ruissellement et transport éolien) en provenance des résidus miniers de la mine Québec Lithium qui remplissent maintenant un ancien lac. De plus, avant de procéder aux analyses chimiques des sédiments (ruisseaux et lacs), il serait préférable d'examiner la fraction contenant des minéraux lourds, puisque les pegmatites et les granites parents ont comme particularité de contenir des minéraux tels la columbotantalite, la cassiterite, la molybdénite, la bétafite, etc. Il serait également approprié de traiter les sédiments de ruisseaux pour en extraire les béryls et les spodumènes. Cette méthode pourrait être appliquée, avec beaucoup de précautions, aux régions ceinturant le pluton de La Corne et, avec plus de confiance, aux terrains entourant le pluton de La Motte.

Conclusions

Une stratégie efficace d'exploration pour les MHT doit comporter plusieurs étapes dont les plus importantes sont énumérées ci-dessous. Ces énoncés sont établis à partir de nos travaux effectués dans la région du batholite de Preissac-La Corne. Ils peuvent cependant s'appliquer à la majorité des complexes granitiques peralumineux présents dans la sous-province de l'Abitibi.

- 1) Une connaissance préalable du cadre géologique régional dans lequel les granites parents et les pegmatites se sont mis en place est nécessaire. Ceux-ci se localisent principalement dans les ceintures de roches vertes archéennes où les lithologies volcaniques et sédimentaires ont été métamorphisées aux faciès schiste vert à amphibolite inférieur. Les monzogranites peralumineux parents se localisent surtout en bordure des grandes failles majeures qui délimitent des blocs structuraux.
- 2) Les granites parents des pegmatites minéralisées sont généralement peralumineux, tardif- à post-tectoniques et peu déformés. Leur minéralogie est caractérisée par la présence de la biotite et surtout de la muscovite et du grenat, rarement par la hornblende. Les granites parents présentent une variété de faciès allant du monzogranite à grains fins jusqu'au granite pegmatitique, ce dernier étant un faciès très caractéristique des granites fertiles entourés d'une auréole pegmatitique minéralisée. La plupart des granites fertiles sont recoupés par des dykes de pegmatites granitiques stériles ou contenant du beryl et de la columbotantalite. Une forte densité de dykes pegmatitiques à l'intérieur des granites et la présence de minéraux porteurs de MHT, même disséminés, sont des indicateurs suffisants pour diriger l'exploration vers les roches encaissantes de ces plutons granitiques. Les pegmatites à haut potentiel économique se localisent à l'intérieur d'une enveloppe qui épouse la masse du granite à une distance de 1 à 2 km de sa bordure.
- 3) Une attention particulière doit être apportée à la minéralogie des pegmatites. Les variations subtiles de la couleur de certains minéraux peuvent indiquer un type particulier de minéralisation. Par exemple, la muscovite brunâtre est communément associée aux pegmatites stériles, tandis que la muscovite verdâtre, jaunâtre ou argentée accompagne les aluminosilicates de Li (tels le spodumène). La présence de minéraux montrant des textures de remplacement ou suggérant la circulation de fluides tardifs (tels la lépidolite) constitue un critère d'évaluation simple, mais utile pour guider l'exploration. Par leur seule présence, ces minéraux témoignent en effet de l'ampleur du métasomatisme qui s'est manifesté autour de ces pegmatites, lesquelles représentent sans doute un des types de gisement les plus propices pour la découverte de Cs, Rb, Ta et de Li.
- 4) Les pegmatites minéralisées sont souvent entourées d'une auréole métasomatique soulignée par l'apparition de minéraux indicateurs. À proximité de la mine Québec Lithium, la holmquistite et la biotite forment un halo qui s'étend sur un mètre d'épaisseur autour du contact des pegmatites à spodumène avec leurs épontes de composition mafique à intermédiaire. En général, les halos de holmquistite sont associés à des corps pegmatitiques exploités non seulement pour le Li, mais aussi pour le Ta, Cs et Rb (exemples : les pegmatites de Bikita, Zaïre; de Tanco, Manitoba; des Black Hills, Dakota du Sud et de Kings Mountain, Caroline du Nord; London, 1986). Nous n'avons cependant pas observé de minéral indicateur de métasomatisme à l'intérieur des monzogranites parents.
- 5) La géochimie est un outil d'exploration efficace. Une simple détermination des concentrations de certains éléments en analyses de roches totales (tels Rb, Sr, Zr, Ba et K) permet de reconnaître les granites infertiles des granites fertiles. Ces derniers montrent un indice de peraluminosité [$c.-à-d.$ $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ (moléculaire) > 1], des concentrations en K_2O , Na_2O , Rb, Ta, Nb, U, et des rapports Rb/Sr élevés, tandis que les teneurs en CaO, MgO, TiO₂, Ba, Zr, Sr et les rapports K/Rb, Zr/Nb, Ba/Rb sont faibles, ce qui souligne le haut degré de différenciation magmatique atteint par ces granites. La géochimie de leurs épontes permet d'identifier des anomalies en alcalins et halogènes (K, Rb, Li, Cs, F et Cl) reliées à la circulation des fluides provenant des pegmatites minéralisées. Cette technique est avantageuse dans le cas où aucun minéral indicateur du métasomatisme n'est présent. Les analyses chimiques des minéraux usuels des pegmatites (muscovite, feldspath potassique et albite) pour certains éléments en traces (exemples : K, Rb, Cs, Li et Ta) peuvent nous aider à déterminer le degré de différenciation magmatique atteint par la pegmatite, et donc le type de minéralisation que l'on est susceptible d'y retrouver (exemples : Ta-Be, Li-Cs-Be). À une échelle

plus régionale, cette dernière technique sert à définir une tendance de différenciation à l'intérieur de l'auréole pegmatitique.

- 6) Des techniques d'exploration peu utilisées dans la recherche des pegmatites riches en MHT, telles les méthodes géophysiques (exemples : les levés gravimétriques et magnétiques) et l'échantillonnage des minéraux lourds dans les sédiments de ruisseaux, devraient être considérées pour l'ébauche d'une stratégie d'exploration globale.
- 7) Enfin, il ne faut pas sous-estimer l'importance de mener des études de terrain. Celles-ci constituent une étape cruciale et relativement peu coûteuse dans l'élaboration d'une stratégie d'exploration efficace. Dans la région du batholite de Preissac-La Corne, la prospection a conduit à la découverte de la mine Québec Lithium et à celle des gisements de Preissac Moly et de Cadillac Moly, ces deux der-

niers étant situés en bordure du pluton de Preissac. La cartographie régionale des plutons granitiques permet d'identifier en mégascopie les différents faciès intrusifs et la composition minéralogique des pegmatites intraplutoniques. La cartographie détaillée de certains indices clés peut servir à différencier les pegmatites d'après leur paragenèse et à établir, à plus grande échelle, une zonalité à l'intérieur de l'auréole pegmatitique.

Finalement, il est important de comprendre les structures régionales et locales, puisque les dykes de pegmatites se mettent en place dans des réseaux de fractures et de failles. L'intensité de la fracturation des roches encaissantes et le rôle joué par les grandes failles régionales dans la mise en place des plutons granitiques fertiles sont des considérations qu'il est important d'étudier au moment d'entreprendre une campagne d'exploration visant la découverte de gisements riches en MHT.

Références

- ANDERSON, A.J., 1984 - Geochemistry, mineralogy and petrology of the Cross Lake pegmatite field, Manitoba. Thèse de maîtrise non publiée, Université du Manitoba; 110 pages.
- AYRES, L.D. - CERNY, P., 1982 - Metallogeny of granitoid rocks in the Canadian Shield. Canadian Mineralogist; volume 20, pages 439-536.
- BEUS, A.A., 1966 - Distribution of tantalum and niobium in muscovites from granitic pegmatites. Geokhimiya; volume 10, pages 1216-1220 (en russe).
- BEUS, A.A. - BERENGILOVA, V.V. - GRABOS-BAYA, L.J., 1968 - Geochemical exploration for endogenic deposits of rare elements. Nedra, Moscow, 264 pages. Traduction anglaise par la Commission géologique du Canada; 263 pages.
- BLOCKLEY, J.G., 1980 - The tin deposits of Western Australia, with special reference to the associated granites. Geological Survey of Western Australia; mineral research bulletin n° 12, 184 pages.
- BOILY, M., en préparation - La pétrogenèse du batholite de Preissac-La Corne : implications pour la métallogénie des gisements de MHT. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec.
- BOILY, M. - GAUDARD, F., en préparation - Géologie et géochimie des indices et prospects de Li, Be, Ta et Mo associés au batholite de Preissac-La Corne. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec.
- BOILY, M. - PILOTE, P. - RALLON, H., 1989 - La métallogénie des métaux de haute technologie en Abitibi-Témiscamingue. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 89-29, 118 pages.
- BOILY, M. - WILLIAMS-JONES, A.E. - MULJA, T. - PILOTE, P., 1990 - Rare-element granitic pegmatites in the Abitibi greenstone belt : a case study of the Preissac-La Corne batholith. In : The Northwestern Quebec polymetallic belt (Rive, M.- Verpaelst, P.-Gagnon, Y.- Lulin, J.M.- Riverin, G.- Simard, A., éditeurs). Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie; volume spécial n° 43, pages 299-311.
- BOURNE, J. - DANIS, D., 1987 - A proposed model for the formation of the reversely zoned pluton based on a study of the La Corne Complex, Superior Province, Québec. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 24, pages 2506-2520.
- CERNY, P., 1982 - Anatomy and classification of granitic pegmatites. In : Granitic pegmatites in science and industry (Cerny, P., éditeur). Mineralogical Association of Canada; short course 8, pages 405-461.
- CERNY, P. - BRISBIN, W.C., 1982 - The Osis Lake pegmatitic granite, Winnipeg River district, southeastern Manitoba. In : Granitic pegmatites in science and industry (Cerny, P., éditeur). Mineralogical Association of Canada; short course 8, pages 545-555.
- CERNY, P. - MEINTZER, P.E., 1988 - Fertile granites in the Archean and Proterozoic fields of rare-element pegmatites : crustal environment, geochemistry, and petrogenetic relationships. In : Recent advances in the geology of granite related mineral deposits (Taylor, R.P. - Strong, D.F., éditeurs). Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie; volume spécial n° 39, pages 170-207.
- CERNY, P. - MEINTZER, P.E. - ANDERSON, R.J., 1985 - Extreme fractionation in rare-element granitic pegmatites : selected examples of data and mechanisms. Canadian Mineralogist; volume 23, pages 381-421.
- CERNY, P. - TRUEMAN, D.L. - ZIELKHE, D.V. - GOAD, B.E. - PAUL, B.J., 1981 - The Cat Lake-Winnipeg River and the Wekusko Lake pegmatite fields, Manitoba. Manitoba Mineral Research Division; Geoscience report ER 80-1, 216 pages.
- CROUSE, R.A. - CERNY, P., 1972 - The Tanco pegmatite at Bernic Lake, Manitoba : geology and paragenesis. Canadian Mineralogist; volume 11, pages 591-608.
- DANIS, D., 1985 - Pétrologie et géochimie du batholite de La Corne, Québec. Mémoire de maîtrise non publié, Université du Québec à Montréal, 81 pages.
- DAWSON, R.K., 1966 - A comprehensive study of the Preissac-La Corne batholith, Abitibi County, Québec. Geological Survey of Canada; bulletin 142, 76 pages.
- GARIÉPY, C. - ALLÈGRE, C.J., 1985 - The lead isotope geochemistry and geochronology of late kinematic intrusives from the Abitibi greenstone belt and the implications for late archean crustal evolution. Geochimica and Cosmochimica Acta; volume 49, pages 2371-2383.
- GOAD, B.E. - CERNY, P., 1981 - Peraluminous pegmatitic granites and their pegmatite aureoles in the Winnipeg River district, southeastern Manitoba. Canadian Mineralogist; volume 19, pages 177-194.
- GORDIYENKO, V.V., 1971 - Concentration of Li, Rb and Cs in potash feldspar and muscovite as criteria for assessing the rare mineralization in granite pegmatites. International Geology Review; volume 13, pages 134-142.

- HUXHOLD, P., 1972 - Report on the geology and radiometric surveys; Tantalum Mining Corporation of Canada Ltd. Ministère des Richesses Naturelles du Québec; GM-27976, 19 pages et 2 plans.
- IMREH, L., 1984 - Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional : synthèse volcanologique, lithostratigraphique et gîtologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 82-04, 72 pages.
- JAHNS, R.H., 1982 - Internal evolution of granitic pegmatites. In : Granitic pegmatites in science and industry (Cerny, P., éditeur). Mineralogical Association of Canada; short course 8, pages 293-346.
- KARPOFF, B.S., 1957 - Pegmatitic lithium deposit of the Quebec Lithium Corporation, Barraute, La Corne Township, Abitibi County, Province of Quebec. Rapport interne de la Corporation Québec Lithium, 12 pages.
- LEDUC, M., 1980 - Géologie et lithogéochimie des masses batholithiques de la région de Preissac. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DPV-779, 155 pages.
- LONDON, D., 1986 - Holmquistite as a guide to pegmatitic rare metal deposits. Economic Geology; volume 81, pages 704-712.
- MÖLLER, P. - MORTEANI, G., 1987 - Geochemical exploration guide for tantalum pegmatites. Economic Geology; volume 83, pages 1888-1897.
- NICKEL, E.H. - KARPOFF, B.S. - MAXWELL, J.A. - ROWLAND, J.F., 1960 - Holmquistite from Barraute, Québec. Canadian Mineralogist; volume 6, pages 504-512.
- NORMAN, N., 1945 - Molybdenite deposits and pegmatites in the Preissac-La Corne area, Abitibi County, Québec. Economic Geology; volume 15, pages 1-17.
- NORTON, J.J., 1983 - Sequence of mineral assemblages in differentiated granitic pegmatites. Economic Geology; volume 78, pages 854-874.
- PARTINGTON, C.A., 1990 - Environment and structural controls on the intrusion of the giant rare metals Greenbushes pegmatite, Western Australia. Economic Geology; volume 85, pages 437-456.
- REDDEN, J.A., 1963 - Geology and pegmatites of the Fourmile quadrangle, Black Hills, South Dakota. United States Geological Survey; professional paper 297-D, pages 199-278.
- REDDEN, J.A. - NORTON, J.J. - McGLAUGHLIN, R.J., 1982 - Geology of the Harney Peak, Black Hills, South Dakota. United States Geological Survey; open file report 82-481, 18 pages.
- SHEARER, C.K. - PAPIKE, J.J. - SIMON, S.B. - LAUL, J.C., 1986 - Pegmatite-wallrock interactions, Black Hills, South Dakota : interaction between pegmatite-derived fluids and quartz-mica schist wallrock. American Mineralogist; volume 71, pages 518-538.
- SIROONIAN, H.A. - SHAW, D.M. - JONES, R.E., 1959 - Lithium geochemistry and the source of the spodumene pegmatites of the Preissac-La Corne region of western Quebec. Canadian Mineralogist; volume 6, pages 320-338.
- SODOLOV, N.D., 1971 - Scientific principles of prospective evaluation of rare-element pegmatites. House Nauka Publication, Moscou; 591 pages.
- TREMBLAY, L.P., 1950 - Fiedmont map area, Abitibi County, Québec. Geological Survey of Canada; memoir 253, 133 pages.
- TRUEMAN, D.L. - CERNY, P., 1982 - Exploration for rare-element granitic pegmatites. In : Granitic pegmatites in science and industry (Cerny, P., éditeur). Mineralogical Association of Canada; short course 8, pages 463-493.
- VERPAELST, P. - RACICOT, D., 1990 - Géologie de la partie sud de la ceinture volcanosédimentaire de l'Abitibi. In : La ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois (Sullivan, J.R. - Coté, R. - Bertrand, P. - Chénard, L. - Gaulin, R. - Lacroix, S. - Racicot, D. éditeurs). Institut Canadien des Mines et de la Métallurgie, livret-guide, pages XVI-XViii.
- WOOD, S.A., 1990 - The aqueous geochemistry of the rare-earth elements and yttrium. Part 1 : Review of available low-temperature data for inorganic complexes and the inorganic REE speciation of natural waters. Chemical Geology; volume 82, pages 159-186.



Gouvernement du Québec
Ministère de l'Énergie et des Ressources
Direction générale de l'exploration géologique et minérale