

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR  
NATHALIE LÉGARÉ  
B. ING

LES MINÉRALISATIONS DE ZINC-CUIVRE DU SECTEUR  
FROTET-TROILUS, CHIBOUGAMAU, QUÉBEC.

25 AVRIL 2002



### **Mise en garde/Advice**

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

## RÉSUMÉ

La région de Frotet, appartenant à la partie orientale de la ceinture volcano-sédimentaire de Frotet-Evans, se localise à environ 100 km au nord de la ville de Chibougamau. La région renferme des minéralisations de cuivre et de zinc d'origine énigmatique. Le but de ce projet était donc d'identifier la nature et le mode de mise en place de ces minéralisations. Pour réaliser ce projet, deux hypothèses ont été émises: la minéralisation origine d'un processus volcanogène ou épithermal. L'étude a donc porté sur 7 dépôts de cuivre et de zinc situés dans la partie sud du secteur Frotet.

Les dépôts étudiés étaient : le gîte Lessard (1 200 000 t à 3,35 % Zn, 1,96 % Cu et 0,72 g/t Au) et le gîte Moléon (184 000 t à 3,4 % Zn et 1,56 % Cu) dont la minéralisation se retrouve dans une séquence de tufs bordée par des intrusions mafiques, ultramafiques et des basaltes, le gîte Tortigny (490 000 t à 6,21 % Zn, 2,2 % Cu, 61 g/t Ag et 0,3 g/t Au) et l'indice P.K. (2,5 % Zn, 0,8% Cu sur 14,9 m) qui présentent une minéralisation incluse dans des unités sédimentaires, telles des argilites et des siltstones qui sont en contact avec des basaltes, la minéralisation du gîte De Maurès (350 000 t à 7,84 % Zn, 1,35% Cu et 22,31 g/t Ag) qui se retrouve quant à elle dans un horizon de tuf localisé au contact d'une unité basaltique, le gîte Domergue (30 000 t à 5,51 % Zn et 1,8 % Cu) avec une minéralisation comprise dans un tuf et délimitée de part et d'autre par des intrusions stratiformes gabbroïque et pyroxénitique et finalement, l'indice Roméo Boisvert (6,73 % Zn, 4,20% Cu et 27,8 g/t Ag sur 1,0 m) qui a une minéralisation localisée au contact net entre un gabbro et un basalte.

Afin de définir l'origine de la minéralisation, certains traitements de données, tels les profils de cuivre et de zinc, les iso-contours de cuivre et de zinc, et le ratio

((Cu/Cu+Zn)X100), ont été effectués afin de localiser les zones d'enrichissement et d'établir la géométrie des corps minéralisés. Par la suite, l'indice d'altération d'Ishikawa a été calculé pour permettre la localisation des zones de forte altération, induite par la circulation des fluides hydrothermaux. Ces zones de circulation des fluides pourraient alors correspondre aux cheminées des gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV). À la lueur des résultats obtenus, aucun conduit n'a pu être identifié. À partir de ces résultats, aucune zone concordante riche en zinc ou discordante riche en cuivre, similaires à celles d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes, n'a pu être déterminée.

Après une analyse des facteurs discriminants entre les types volcanogène et épithermal, l'hypothèse du type épithermal est écartée car aucun élément de la suite épithermale caractéristique (Ag-As-Au-Sb-Tl-Hg) ni l'altération caractéristique zonée, similaire au porphyre cuprifère riche en minéraux alumineux, n'ont pu être identifiés. L'absence d'une zonation dans l'altération et dans la minéralisation ainsi que le volcanisme bimodal écartent la similitude avec les SMV de type Noranda. Cependant, la présence en grande majorité de basaltes et d'unités pyroclastiques et sédimentaires s'apparente aux gisements de type Besshi. Étant donné que les dépôts possèdent certaines caractéristiques des gisements de type Besshi, la classification des gîtes du secteur Frotet pourrait être une variante du gisement de type Besshi.

Donc, pour l'exploration future de nouveaux gîtes de sulfures massifs en environnement volcanique, il devient important de vérifier, en plus des contacts rhyolite-basalte très favorables, les contacts basalte-tuf également très prometteurs et très peu explorés dans les régions archéennes.

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet qui consistait à déterminer la typologie des minéralisations et d'en établir leur processus de formation au sein de la ceinture volcanosédimentaire de Frotet-Troilus a d'abord été possible grâce à l'intérêt manifesté par plusieurs personnes pour la compréhension de ce phénomène et également à la confiance qu'ils m'ont accordée en me donnant l'opportunité de réaliser ce projet.

Je tiens d'abord à remercier mon directeur, M. Jayanta Guha, qui m'a permis de travailler sur un projet très intéressant et je le remercie également pour sa patience et son dévouement. J'apprécie également la collaboration des membres de mon comité formé de M. Jacques Carignan, M. Réal Daigneault et M. Francis Chartrand pour leur aide et leurs judicieux commentaires.

J'exprime également ma gratitude envers Messieurs Yvon Bellavance et Gaétan Lavallière pour leur support et le partage de leurs connaissances géologiques. Également j'apprécie le travail effectué par la dessinatrice du bureau de SOQUEM à Chibougamau Mme Nathalie Bruyère et les discussions animées avec tout le personnel du bureau.

J'exprime également ma reconnaissance envers M. Claude Dion de Géologie Québec pour son support technique et son intérêt pour la compréhension de la minéralisation du secteur au cours de mon été de terrain et durant toute la durée de ce projet.

Je remercie aussi les compagnies minières, Noranda inc. (M. Gilles Bouchard et M. Sylvain Trépanier), Ressources Coleraine (M. Gratien Gélinas), Ressources Landore (M.

Claude Larouche), INCO (M. Pierre Guay), Exploration minière du Nord et SOQUEM INC. pour m'avoir donné accès à toute l'information disponible sur les gîtes qui leur appartenaient.

Je tiens également à remercier M. Damien Gaboury pour ses explications sur certains points qui me semblaient nébuleux dans mon travail ainsi que M. Denis Côté pour son assistance à la photographie.

Finalement, j'exprime ma gratitude envers **TOUTES** les personnes, parents et amis (es), qui de près ou de loin m'ont apporté leur support moral et/ou technique ainsi que leurs encouragements tout au long de mes années d'étude. Un gros merci également à mon conseiller informatique personnel!

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ.....</b>	ii
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	iv
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	vi
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	ix
<b>LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.....</b>	xii
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	xiii
<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	xiv
<b>LISTE DES ABRÉVIATIONS.....</b>	xv
<b>CHAPITRE I - INTRODUCTION.....</b>	1
1.1 Cadre de l'étude.....	1
1.2 Problématique.....	3
1.2.1 Introduction.....	3
1.2.2 Caractéristiques des gisements de sulfures massifs volcanogènes.....	9
1.2.3 Classification des gisements de sulfures massifs volcanogènes.....	15
1.2.4 Caractéristiques des gisements de sulfures massifs épithermaux.....	22
1.2.5 Gîtes transitionnels et gîtes atypiques.....	26
1.2.5.1 Gîtes transitionnels.....	26
1.2.5.2 Gîtes volcanogènes atypiques.....	28
1.3 Objectifs de l'étude.....	29
1.4 Méthodologie.....	31
1.5 Travaux antérieurs.....	34
1.6 Contexte régional.....	36
1.6.1 Structure.....	39
1.6.2 Métamorphisme.....	40
<b>CHAPITRE II - CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET CARACTÉRISTIQUES DES DÉPÔTS.....</b>	43
2.1 Introduction.....	43

2.1.1 Localisation, historique et contexte géologique des gîtes.....	46
Lessard.....	46
Tortigny.....	51
De Maurès.....	56
Moléon.....	63
Domergue.....	71
Indice P.K.....	79
Indice Roméo Boisvert.....	85
2.1.2 Caractéristiques communes de ces gîtes.....	91
2.2 Étude de la distribution des éléments métalliques.....	92
Lessard.....	93
Profils des métaux.....	93
Ratio de cuivre.....	95
Iso-contours métalliques.....	97
De Maurès.....	99
Profils des métaux.....	99
Ratio de cuivre.....	99
Iso-contours métalliques.....	102
Moléon.....	104
Profils des métaux.....	104
Ratio de cuivre.....	106
Iso-contours métalliques.....	106
Domergue.....	109
Profils des métaux.....	109
Ratio de cuivre.....	112
Iso-contours métalliques.....	112
Indice P.K.....	115
Profils des métaux.....	115
Ratio de cuivre.....	115
2.2.1 Conclusion sur l'étude métallique.....	118
<b>CHAPITRE III – ALTÉRATION.....</b>	<b>121</b>
3.1 Introduction.....	121

3.2 Altérations.....	123
3.3 Indice d'altération d'Ishikawa.....	125
3.3.1 Lessard.....	132
3.3.2 De Maurès.....	134
3.3.3 Moléon.....	137
3.3.4 Domergue.....	140
3.3.5 Indice P.K.....	140
3.3.6 Indice Roméo Boisvert.....	143
3.3.7 Conclusions préliminaires sur les processus d'altération.....	143
3.4 Corrélation des éléments métalliques.....	145
3.5 Conclusion sur l'altération.....	148
<b>CHAPITRE IV - SYNTHESE DES OBSERVATIONS ET DISCUSSION.</b>	150
4.1 Synthèse des observations.....	150
4.1.1 Contexte local.....	150
4.1.2 Altération.....	153
4.1.3 Minéralisation.....	156
4.2 Caractéristiques communes.....	162
4.3 Mise en contexte.....	164
4.4 Discussion.....	165
4.4.1 Type volcanogène.....	167
4.4.2 Comparaison avec d'autres sulfures massifs.....	168
4.4.3 Formation de la minéralisation.....	171
4.5 Implication pour l'exploration .....	174
<b>CHAPITRE V – CONCLUSION</b> .....	176
<b>RÉFÉRENCES</b> .....	179
<b>ANNEXES</b> .....	186

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b>	Géologie de la bande de Frotet-Troilus avec la localisation des gîtes et indices à l'étude.....	4
<b>Figure 2</b>	Sections schématiques d'un dépôt de type Bonanza montrant les assemblages minéralogiques et les zones minéralisées.....	8
<b>Figure 3</b>	Caractéristiques d'un dépôt idéalisé d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes.....	10
<b>Figure 4</b>	Représentation composite des diverses altérations qui ont été rapportées dans les cheminées d'altération des dépôts de SMV.....	13
<b>Figure 5</b>	Localisation de la bande de Frotet-Troilus par rapport au district minier de Chibougamau.....	30
<b>Figure 6</b>	Schéma des relations lithostratigraphiques pour le Groupe de Troilus.....	38
<b>Figure 7</b>	Localisation des gîtes du secteur Frotet.....	44
<b>Figure 8</b>	Vue en plan du gîte Lessard.....	48
<b>Figure 9</b>	Section 3+00 S du gîte Lessard avec vue vers le nord.....	49
<b>Figure 10</b>	Géologie en plan du gîte Tortigny.....	52
<b>Figure 11</b>	Section 0+50 E du gîte Tortigny.....	54
<b>Figure 12</b>	Section 82+00 mE du gîte De Maurès.....	58
<b>Figure 13</b>	Plan montrant la géologie environnante du gîte Moléon avec une projection de la zone minéralisée en surface.....	65
<b>Figure 14</b>	Section 182 mE du gîte Moléon.....	66
<b>Figure 15</b>	Section 1+00 mS du gîte Domergue.....	75
<b>Figure 16</b>	Géologie en plan de l'indice P.K.....	83
<b>Figure 17</b>	Section 10 000 N de l'indice P.K.....	84
<b>Figure 18</b>	Géologie en plan de l'indice Roméo Boisvert.....	87
<b>Figure 19</b>	Profil des métaux sur la section 3+00 S du gîte Lessard.....	94
<b>Figure 20</b>	Ratio de ((Cu/Cu+Zn) X 100) de la section 3+00 S du gîte Lessard.....	96
<b>Figure 21</b>	Iso-contours des métaux sur la section longitudinale du gîte Lessard.....	98
<b>Figure 22</b>	Profil des métaux sur la section 82+00 E du gîte De Maurès.....	100
<b>Figure 23</b>	Ratio de ((Cu/Cu+Zn) X 100) de la section 82+00 E du gîte De Maurès.....	101

<b>Figure 24</b>	Iso-contours des métaux sur la section longitudinale du gîte De Maurès.....	103
<b>Figure 25</b>	Profil des métaux sur la section 182 mE du gîte Moléon.....	105
<b>Figure 26</b>	Ratio de ((Cu/Cu+Zn) X 100) de la section 182 mE du gîte Moléon.....	107
<b>Figure 27</b>	Iso-contours des métaux sur la section longitudinale de la zone nord du gîte Moléon.....	108
<b>Figure 28</b>	Iso-contours des métaux sur la section longitudinale de la zone sud du gîte Moléon.....	110
<b>Figure 29</b>	Profil des métaux sur la section 1+00 S du gîte Domergue.....	111
<b>Figure 30</b>	Ratio de ((Cu/Cu+Zn) X 100) de la section 1+00 S du gîte Domergue.....	113
<b>Figure 31</b>	Iso-contours des métaux sur le plan longitudinale du gîte Domergue.....	114
<b>Figure 32</b>	Profil des métaux sur la section 10 000 N de l'indice P.K.....	116
<b>Figure 33</b>	Ratio de ((Cu/Cu+Zn) X 100) de la section 10 000 N de l'indice P.K.....	117
<b>Figure 34</b>	Emplacement des zones d'altération sur les sections de forage des différents gîtes.....	124
<b>Figure 35</b>	Histogrammes de classes de l'indice d'altération d'Ishikawa pour les laves basaltiques et les volcanoclastites du secteur Frotet-Troilus.....	127
<b>Figure 36</b>	Graphiques montrant les changements de masse encourus par les volcanoclastites de Frotet-Troilus.....	131
<b>Figure 37</b>	Graphiques montrant les changements de masse encourus par les basaltes de Frotet-Troilus.....	132
<b>Figure 38</b>	Indice d'altération d'Ishikawa sur la section 3+00 S du gîte Lessard.....	133
<b>Figure 39</b>	Indice d'altération d'Ishikawa sur diverses sections du gîte De Maurès.....	135
<b>Figure 40</b>	Indice d'altération d'Ishikawa sur diverses sections du gîte De Maurès.....	136
<b>Figure 41</b>	Indice d'altération d'Ishikawa sur diverses sections du gîte Moléon.....	138
<b>Figure 42</b>	Indice d'altération d'Ishikawa sur la section 182 mE du gîte Moléon.....	139

<b>Figure 43</b>	Indice d'altération d'Ishikawa de la section 1+00 S du gîte Domergue.....	141
<b>Figure 44</b>	Indice d'altération d'Ishikawa de la section 10 000 N de l'indice P.K.....	142
<b>Figure 45</b>	Indice d'altération d'Ishikawa sur l'indice minéralisé Roméo Boisvert.....	144
<b>Figure 46</b>	Principales phases sulfurées de l'amas minéralisé de chacun des gîtes étudiés.....	157
<b>Figure 47</b>	Schéma des profils de cuivre et de zinc de chacun des gîtes étudiés.....	159
<b>Figure 48</b>	Corrélation des diverses caractéristiques communes rattachées à chacun des gîtes.....	163

## LISTE DES PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

<b>Planche 1</b>	Tuf de composition intermédiaire hôte de la minéralisation du gîte De Maurès.....	61
<b>Planche 2</b>	Minéralisation massive du gîte De Maurès en lumière réfléchie.....	62
<b>Planche 3</b>	Roche hôte de la minéralisation du gîte Moléon.....	69
<b>Planche 4</b>	Roche environnante du gîte Moléon.....	70
<b>Planche 5</b>	Minéralisation massive du gîte Moléon en lumière réfléchie.....	72
<b>Planche 6</b>	Roche hôte du gîte Domergue.....	77
<b>Planche 7</b>	Tuf de composition plus felsique hôte de la minéralisation.....	78
<b>Planche 8</b>	Différents aspects de la minéralisation du gîte Domergue.....	80
<b>Planche 9</b>	Roche environnante de l'indice Roméo Boisvert.....	89
<b>Planche 10</b>	Sulfures massifs de l'indice Roméo Boisvert.....	90

**LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 1</b>	Assemblages minéralogiques et changements chimiques associés à la zone semi-concordant d'un SMV.....	12
<b>Tableau 2</b>	Principaux gîtes et indices du secteur Frotet.....	45
<b>Tableau 3</b>	Matrice des coefficients de corrélation des éléments.....	147
<b>Tableau 4</b>	Comparaison des caractéristiques des gîtes et indices du secteur Frotet avec les dépôts de type SMV.....	166
<b>Tableau 5</b>	Comparaison des caractéristiques principales des gîtes et indices du secteur Frotet avec le gisement Besshi.....	173

## LISTE DES ANNEXES

<b>Annexe 1</b>	Liste des échantillons.....	186
<b>Annexe 2</b>	Observations pétrographiques.....	188
<b>Annexe 3</b>	Analyses lithogéochimiques.....	194
<b>Annexe 4</b>	Sections longitudinales des gîtes.....	205

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

Ag: argent	Na: sodium	g/t: gramme par tonne
Al: aluminium	Ni: nickel	Ma: millions d'années
As: arsenic	P: phosphore	t: tonne
Au: or	Pb: plomb	
B: bore	Pt: platine	E: est
Ba: barium ou barite	Rb: rubidium	N: nord
Bi: bismuth	Sc: scandium	S: sud
Ca: calcium	Sb: antimoine	W: ouest
Cb: carbonate	Si: silice	
Cd: cadmium	Ti: titane	
Cl: chlorite	Tl: thallium	
Co: cobalt	V: vanadium	
Cr: chrome	Zn: zinc	
Cu: cuivre	Cpy: chalcopyrite	
F $\pi$ : feldspath	Gn: galène	
F $\pi$ -K: feldspath potassique	Hm: hématite	
Fe: fer	Po: pyrrhotite	
Hg: mercure	Py: pyrite	
In: indium	Sp: sphalérite	
K: potassium	SMV: sulfures massifs	
Mg: magnésium	volcanogènes	
Mo: molybdène		

## CHAPITRE I

### INTRODUCTION

#### 1.1 CADRE DE L'ÉTUDE

La ceinture de Frotet-Troilus abrite plusieurs gîtes et gisements de métaux usuels. Ces gisements, dans leur ensemble, comportent des caractéristiques différentes au niveau de leur morphologie, de leurs roches hôtes et ainsi que dans leur milieu de formation. Des différences sont aussi notées en comparaison avec divers camps miniers au point de vue de l'âge de mise en place du système volcanique et de la diversité des types de minéralisation retrouvés. Certaines caractéristiques observées des gisements rappellent celles des gisements de sulfures massifs volcanogènes. À partir de ces caractéristiques géologiques, une question se pose. Est-ce que ces gisements ont des liens en communs et appartiennent-ils à la même famille de gisements ?

Afin de réaliser cette étude métallogénique, la collaboration de plusieurs compagnies minières fut suscitée. Ces compagnies ont permis l'accès aux données d'exploration recueillies lors de campagnes de forage dans les différents secteurs de la ceinture de Frotet-Troilus. Cependant, une telle étude se réalise par la prise exhaustive de données (terrain, exploration, littérature, etc.). Ces données servent ainsi à mieux comprendre l'environnement volcanique à partir de l'étude des faciès volcaniques et de la stratigraphie. De plus, la description de la minéralisation, la prise de données structurales, la description de la morphologie du corps minéralisé, des altérations et de la paragenèse métallique est essentielle pour la compréhension du mode de mise en place de la minéralisation. Cependant, le défi dans la présente étude est de présenter une image cohérente sur l'interrelation entre les gîtes et une idée sur leur mode de mise en place à partir de données souvent partielles provenant de plusieurs sources et d'une quantité limitée de données nouvelles, étant donné la rareté des affleurements sur le terrain et l'accès limité aux carottes de forage de certains gîtes.

## 1.2 PROBLÉMATIQUE

### 1.2.1 Introduction

La région de Frotet (Figure 1) est située dans la partie orientale de la ceinture volcano-sédimentaire de Frotet-Evans, à 100 km au nord de la ville de Chibougamau. Étant donné que la ceinture comporte déjà un gisement d'or porphyrique, soit la mine Troilus (Fraser, 1993), et divers gîtes de métaux usuels tout porte à croire que ce secteur possède un fort potentiel minéral. Depuis le début des travaux d'exploration effectués dans le secteur en 1957, de nombreux indices de Cu-Zn ont été découverts suite à une campagne d'exploration intensive basée sur la découverte de blocs erratiques riches en Cu-Ni (Gosselin, 1996). L'environnement volcanique, déterminé entre autres par la présence de basaltes, de tufs, d'intrusions et de failles, suggère un contexte volcanique pouvant avoir des similitudes avec les environnements retrouvés en Abitibi.

Étant donné que les minéralisations du secteur Frotet, à première vue, ne présentent pas la morphologie typique des SMV des divers camps miniers de la Province du

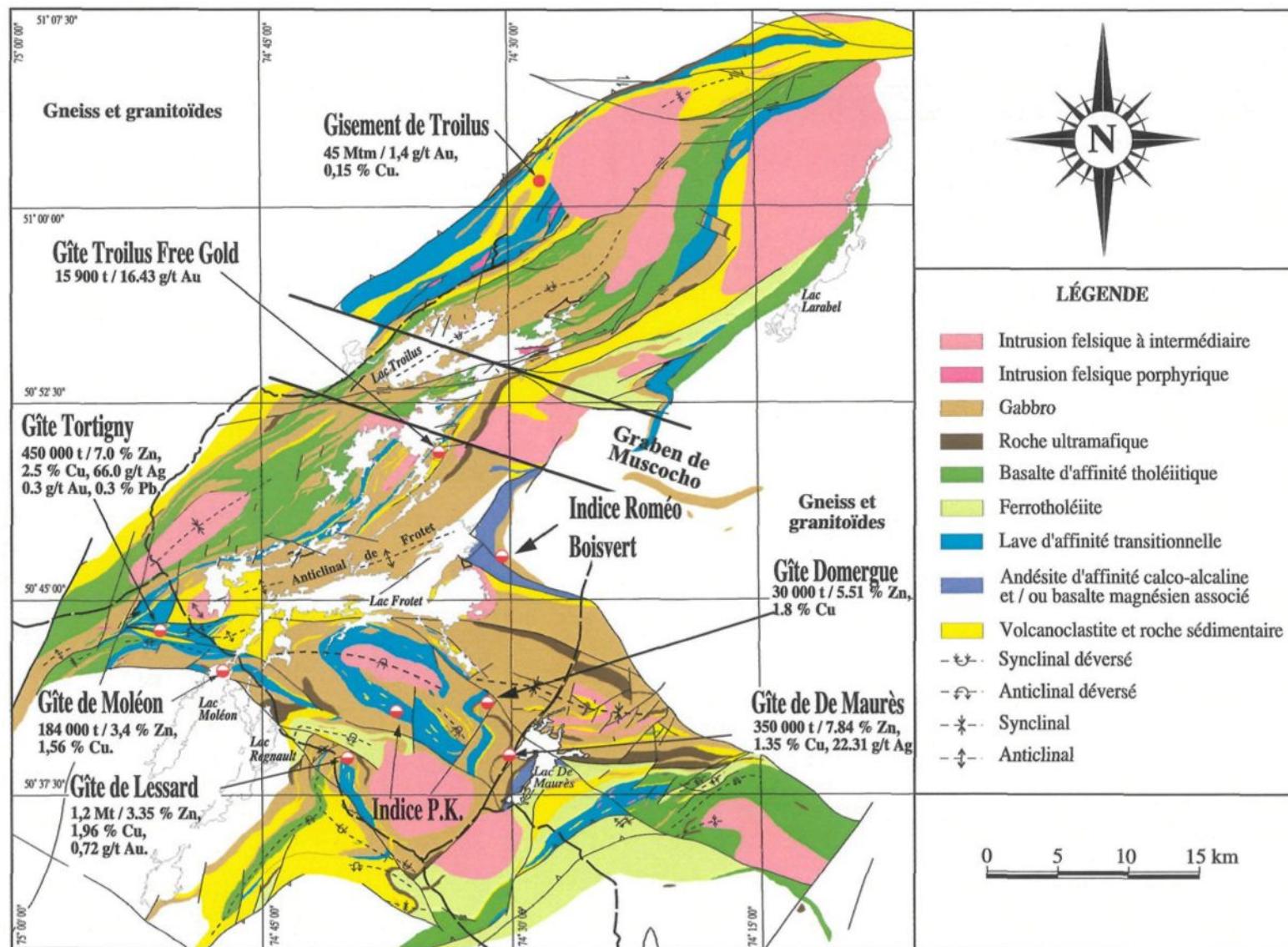


Figure 1: Géologie de la bande de Frotet-Troilus avec la localisation des gîtes et indices à l'étude  
(Modifié de Gosselin, 1996)

Supérieur, mais qu'elles ont plutôt une morphologie en filon, diverses hypothèses quant à la mise en place de la minéralisation doivent être examinées.

Tout d'abord, il serait possible de croire à des minéralisations filoniennes semblables à celles présentes dans le Complexe du Lac Doré en association avec des zones de cisaillement. Cependant, ces minéralisations surviennent en milieu sub-aérien, ce qui n'est pas le cas des gîtes du secteur Frotet. Toutefois, le soulèvement de la séquence volcanique par l'emplacement des plutons syn-volcaniques (Archer, 1983) permet d'obtenir des conditions sub-aériennes favorables à une minéralisation ayant des caractéristiques semblables à une minéralisation de type porphyre ou épithermal. L'exemple rattaché à une minéralisation épithermale est l'indice du Lac Berrigan (Chibougamau) où l'on retrouve des veines de sphalérite, pyrrhotite, galène, arsénopyrite, chalcopyrite, pyrite avec des valeurs significatives en or et en argent (Guha *et al.* 1988).

La minéralisation du secteur Frotet pourrait en partie correspondre à des filons associés à un système porphyrique. Cependant, pour être plausible, un environnement de type porphyre requiert une intrusion felsique à texture porphyrique (Brown, 1976) et surtout des zones d'altération très étendues dans les roches encaissantes ainsi qu'une

zonation des métaux (Gustafson et Quiroga 1995). Il serait aussi possible de croire que l'intrusion porphyrique de la mine Troilus serait à l'origine de la formation des minéralisations, mais Boily (1999) a établi la possibilité que la séquence volcanique de ce secteur soit allochtone à la séquence volcanique retrouvée dans le secteur Frotet. Donc, il est à ce point possible de croire que divers types de minéralisation (aurifère et polymétalliques) non-associé au même événement minéralisateur peuvent coexister au sein de la ceinture de Frotet-Troilus.

L'évolution de l'édifice volcanique vers des conditions sub-aériennes, comme dans le camp minier de Chibougamau (Guha *et al.* 1988), n'étant que très peu connu dans la région de Frotet, une association avec des gisements reliés à un système de type porphyre est incertaine. Toutefois, un gisement transitionnel entre le type SMV et épithermal, tel que reconnu à la mine Selbaie au Québec (Faure *et al.*, 1996 et Hannington, 1999) puis à Eskay Creek en Colombie-Britannique (Macdonald *et al.*, 1996), pourrait exister. D'autre part, Sillitoe (1993) mentionne qu'il existe des liens spatiaux et temporels entre les gisements de type épithermal et les gisements liés aux intrusions subvolcaniques dans un environnement de type porphyre.

Les dépôts épithermaux peuvent aussi représenter une continuité allant de stockwerk et brèches de quartz-pyrite d'environnement peu profond de sources thermales (hot springs) jusqu'aux veines et filons de relativement grande profondeur (Silberman et Berger, 1985). Comme la figure 2 le démontre, les veines ou filons de sulfures de métaux de base de type Bonanza se localisent à un niveau plus profond que les veines de quartz-pyrite. Les dépôts reliés à ce type de gisement possèdent des textures caractéristiques de remplissage et des assemblages minéralogiques qui leur sont propres. Leur caractéristique principale étant l'association avec des éléments, tels l'arsenic, l'antimoine, le thallium, le mercure, etc, il devient essentiel d'examiner les minéralisations du secteur Frotet dans le but de déterminer la présence ou l'absence de ces éléments caractéristiques afin d'établir un lien avec les processus épithermaux. Faute d'avoir une connaissance approfondie sur l'évolution de l'environnement volcano-plutonique, l'utilisation de ces éléments métalliques pourra pallier à ce manque d'information.

Afin de mieux comprendre et visualiser les caractéristiques principales des deux types de processus classiques ayant pu agir dans le secteur Frotet, une brève description des gisements de sulfures massifs volcanogènes, des gisements épithermaux et des gisements transitionnels, sera faite dans la partie qui suit.

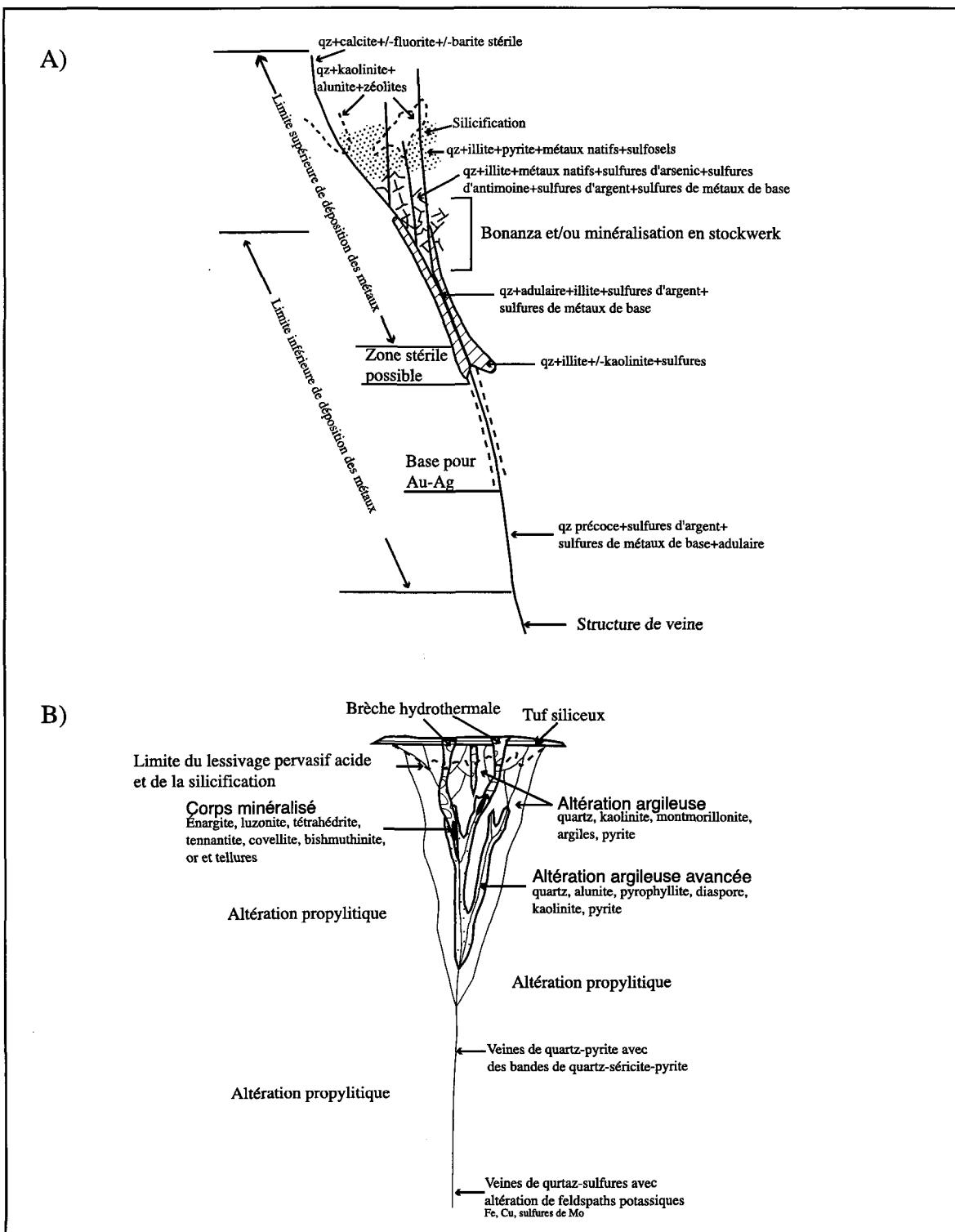


Figure 2: Sections schématiques d'un dépôt de type Bonanza montrant les assemblages minéralogiques et les zones minéralisées A) "low sulfidation" B) "high sulfidation" (Modifié de Silberman et Berger, 1985)

### **1.2.2 Caractéristiques des gisements de sulfures massifs volcanogènes**

L'architecture idéalisée, selon Lydon (1984), d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes consiste en une lentille concordante, par rapport aux couches lithologiques, composée de plus de 60 % de sulfures massifs et une zone discordante (cheminée) à filonnets de sulfures sous-jacente stratigraphiquement à la lentille (Figure 3). La partie stratiforme des gîtes est généralement constituée de sulfures massifs riches en zinc, alors que la zone discordante est formée de filonnets riches en cuivre (Large, 1992). La partie minéralisée est comprise dans une séquence volcanique dont la composition varie de basaltique à rhyolitique (Hutchinson, 1973). Une zone d'altération semi-concordante est également présente dans la plupart des gîtes jusqu'à une profondeur d'environ 100 m sous le gîte (Franklin, 1999). Cependant, dans certains gîtes d'Abitibi, cette zone s'étend jusqu'à 2 km en profondeur. Cette altération, localisée dans le mur de la minéralisation, est une zone de lessivage caractérisée entre autres par des réactions de chloritisation, d'épidotisation, de silicification et plusieurs autres (Galley, 1993). Les dimensions probables de cette zone semi-concordante sont environ de 10 km en largeur par une centaine de mètres d'épaisseur (Galley, 1993). Les assemblages minéralogiques et les changements chimiques associés

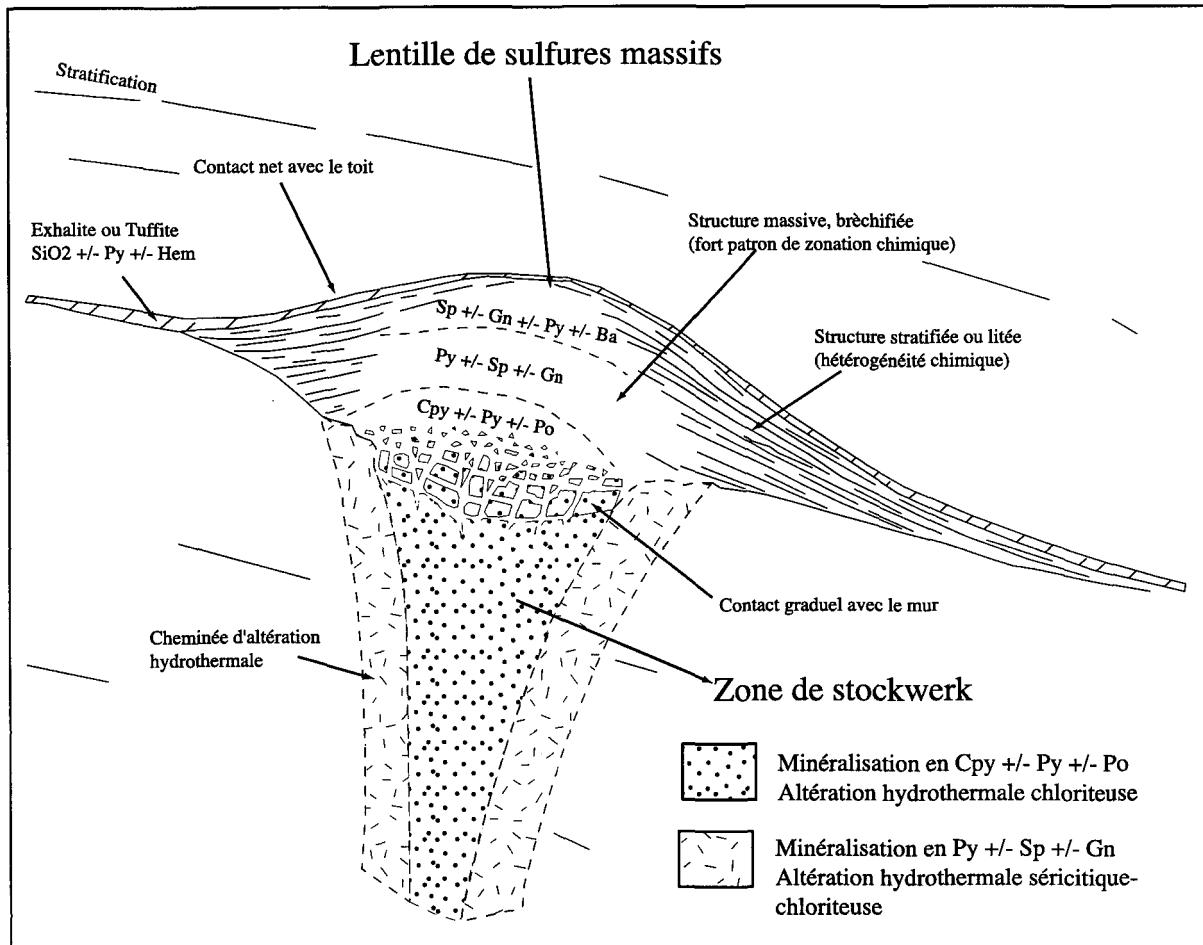


Figure 3 : Caractéristiques d'un dépôt idéalisé d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes. (Modifié de Lydon 1984)

à la zone semi-concordante et à la zone à filonnets sont décrits au tableau 1. La zone à filonnets est associée à une cheminée d'altération (Figure 4) discordante qui représente le conduit dans lequel les fluides ont circulé. Cette zone d'altération présente une partie centrale chloriteuse avec une auréole périphérique séricitique (Franklin, 1996 et Lydon, 1988). Pour les gîtes localisés dans un environnement de faible profondeur d'eau, la quantité de chlorite présente sera moindre que pour les gîtes localisés à une plus grande profondeur d'eau (Franklin, 1996). Une zonation des métaux est également observable à l'intérieur des gîtes. La zonation comprend une abondance de chalcopyrite dans la partie discordante, correspondant à la cheminée d'altération, et de sphalérite dans la partie concordante, soit la lentille. Une zonation à l'intérieur du monticule est aussi présente et se compose de sphalérite à l'extérieur du monticule et un cœur enrichi en chalcopyrite. Ce phénomène s'explique par les différences de solubilité, associées à la température, entre les deux minéraux (Lydon, 1988). Ainsi, la chalcopyrite est moins soluble que la sphalérite. Les fluides à l'origine de la formation des gîtes de sulfures massifs volcanogènes sont généralement une eau de mer modifiée par l'interaction de cette dernière avec la croûte océanique (Andrews et Fyfe, 1976), une salinité variable (Hutchison, 1973) et une température entre 300°C et 400°C (Franklin, 1999). Le transport des métaux dans les fluides hydrothermaux s'effectue alors sous forme de complexes chlorurés

<b>Classification</b>	<b>Assemblage minéralogique</b>	<b>Changements chimique</b>
<b>Bimodale mafique</b>	Zone supérieure: Fπ détruits, mica-K ± paragonite	Zone supérieure: -Na, +K, +Mg (près de la minéralisation)
	Zone inférieure: albite-actinote-quartz-épidote	Zone inférieure: +Na, +Si (local), -Cu, -Zn
<b>Bimodale felsique</b>	Zone supérieure: Fπ-K et Cb ajoutés (Cb-Fe ↑ vers minéralisation). Albite détruite, aluminosilicates abondants (andalousite)	Zone supérieure: +CO2, -Na, +K
	Zone inférieure: albite et épidote ajoutées	Zone inférieure: +Na?
<b>Associée à des basaltes et sédiments</b>	Zone supérieure: Cb, Fπ-K ajouté, barite répandue ↑ vers minéralisation	Zone supérieure: +K, +Ba, +CO2
	Zone inférieure: Perte complète de Fπ-K, Cb, mica-K	Zone inférieure: -K, -Rb, -Ba, -Cu, -Zn, +Ca, -CO2
<b>Dominée par des roches felsiques et sédiments</b>	Zone supérieure: Fπ-K, zones mixtes (smectite-Cl), zéolites, Cb	Zone supérieure: +K, +Mg
	Zone inférieure: albite-chlorite-actinote-épidote	Zone inférieure: +Na, +Ca

Tableau 1 : Assemblages minéralogiques et changements chimiques associés à la zone semi-concordante d'un SMV (Modifié de Galley, 1993)

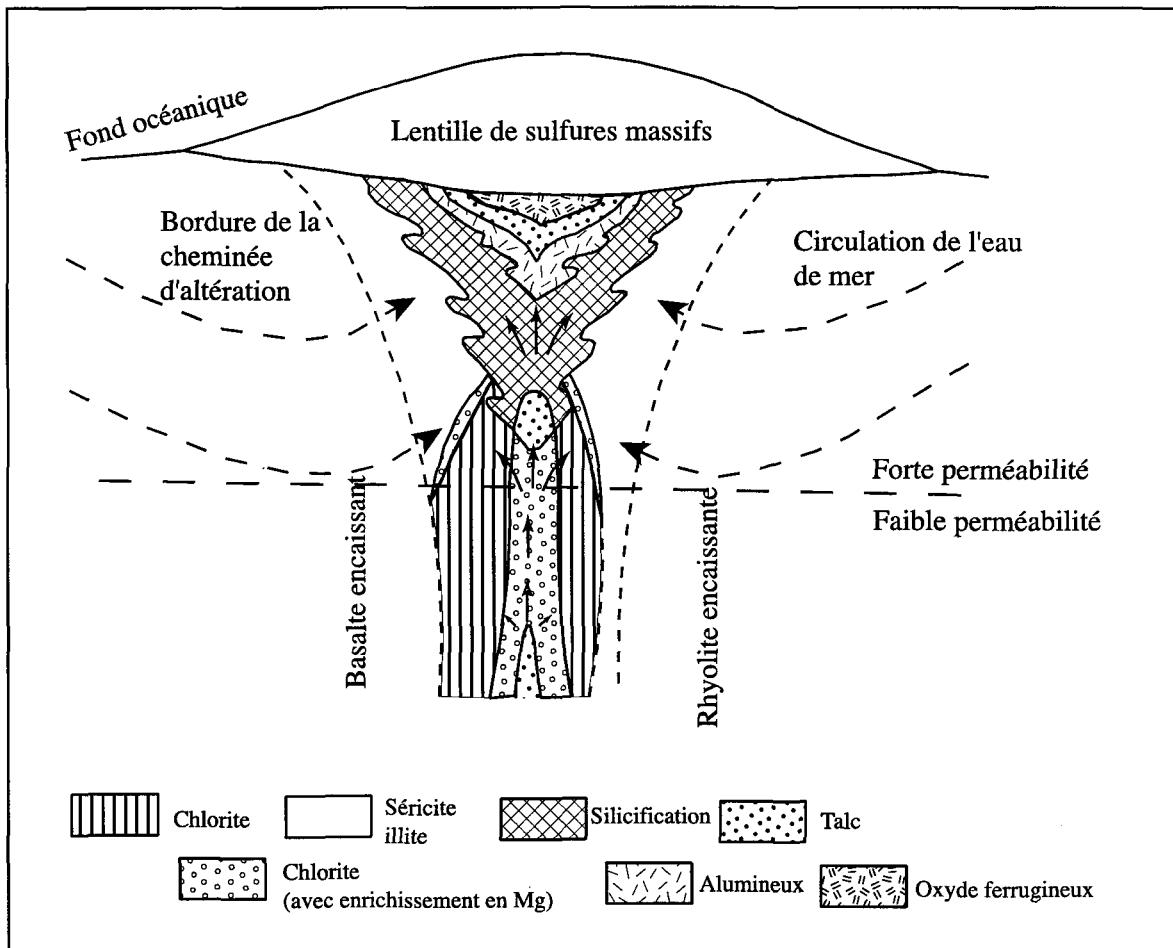


Figure 4 : Représentation composite des divers assemblages d'altération qui ont été rapportées dans les cheminées d'altération des dépôts de SMV  
 (Modifié de Lydon, 1988)

(Huston et Large, 1987). Les environnements susceptibles d'être les hôtes de tels types de gisements sont, au Précambrien, les complexes d'arc reliés aux zones de subduction et les environnements d'arrière-arc. Au Phanérozoïque, ces gîtes sont liés au magmatisme associé aux zones de subduction (Sawkins, 1990). De façon générale, les ridges médioc océaniques, les bassins d'arrière-arc en extension, les marges de plaques convergentes correspondant à des milieux d'îles-en-arc ainsi que les îles océaniques intra-plaques (Lydon, 1988) sont tous des endroits susceptibles d'abriter des gisements de sulfures massifs volcanogènes.

L'architecture idéale d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes, définie par Lydon (1984), n'est pas observée dans tous les gîtes. Dans le cas des dépôts australiens, Large (1992) a reconnu jusqu'à dix morphologies différentes de sulfures massifs volcanogènes. Des facteurs comme la température du fluide, la présence de failles, des effets de pente ou la présence de couches lithologiques plus imperméables et compétentes influencent grandement la mise en place et la disposition de la minéralisation. De plus, les processus liés au métamorphisme et à la déformation induisent des changements dans la morphologie et la minéralogie de l'amas sulfuré une fois que celui-ci s'est formé.

### 1.2.3 Classification des gisements de sulfures massifs volcanogènes

Il est fréquent de rattacher un gîte à une classification déjà établie. Une comparaison entre les gîtes devient alors plus facile à réaliser. La classification de Franklin (1996) se base sur la concentration en métaux des sulfures massifs et permet de diviser les gîtes en deux groupes, soit le groupe à cuivre-zinc et le groupe à zinc-plomb-cuivre.

#### *Classification de Morton et Franklin (1987)*

D'autres classifications se basant sur les caractéristiques générales du gisement ont été créées par plusieurs auteurs au cours des années. Mentionnons, notamment pour les SMV archéens à Cu-Zn, la classification des gîtes en type Noranda et Mattabi, définie entre autres par Morton et Franklin (1987). La distinction entre ces deux groupes est basée sur les différences du point de vue de l'altération, de la profondeur d'eau et de la nature de la zone semi-concordante. Les caractéristiques de l'altération et de la zone semi-concordante sont directement liées à la nature du faciès volcanique car la porosité de la roche favorise l'ébullition des fluides hydrothermaux qui devient déterminante dans la nature des zones d'altération. On estime que les gisements de type Noranda se forment à une profondeur d'eau supérieure à 500 mètres (Morton et Franklin, 1987) et les principaux minéraux

d'altération sont la chlorite magnésienne, la séricite et le quartz qui présentent une zonation minéralogique (Morton et Franklin, 1987). Quant aux gisements de type Mattabi, nommés d'après le gîte du même nom dans la région de Sturgeon Lake en Ontario (Franklin et al., 1975), leur profondeur de formation est inférieure à 500 mètres d'eau et les principaux minéraux associés à la cheminée d'altération sont la chlorite riche en fer ainsi que les carbonates riches en fer, telle la sidérite (Morton et Franklin, 1987). Une zone semi-concordante étendue est également observée et constituée majoritairement d'ankérite et de dolomite ferrugineuse, de chlorite riche en fer, de chloritoïde, de séricite, de quartz, d'andalousite et de kyanite (Morton et Franklin, 1987). Une différence du côté des roches encaissantes du gîte est aussi remarquée. En effet, les gîtes de type Noranda sont surtout associés à des séquences bimodales mafiques/felsiques, tandis que les roches pyroclastiques felsiques dominent dans le cas des gîtes de type Mattabi. Dans ce cas, le mur de la minéralisation est dominé par les roches de composition felsique (Morton et Franklin, 1987).

*Classification selon un gisement connu*

En plus des divisions selon les types Noranda ou Mattabi pour les gîtes de SMV à Cu-Zn, divers auteurs ont identifié et catégorisé d'autres types, notamment les types Chypre, Besshi et Kuroko.

Le type Kuroko possède les mêmes caractéristiques générales d'altération et de composition de l'amas sulfuré que les gîtes de type Noranda (Colley, 1975 ; Guilbert et Park, 1997). Quant au type Besshi, ce genre de gisement est encaissé dans des sédiments clastiques provenant d'une séquence marine, telle des argilites, des siltstones, des slates et des grauwackes (Slack, 1993). Une quantité mineure de basalte de composition tholéitique vient s'intercaler dans la séquence sédimentaire. Parfois, des intrusions ultramafiques sont présentes à l'extérieur de la séquence minéralisée. La minéralisation des gîtes de type Besshi est composée de pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite, sphalérite avec des quantités minimales de galène, arsénopyrite, or et électrum (Slack, 1993). La minéralisation se retrouve principalement sous forme d'une lentille stratiforme ou d'un amas massif à semi-massif. Des mécanismes d'exhalaison et de remplacement syn-sédimentaire sont à l'origine de la formation des gîtes de type Besshi. Les environnements tectoniques susceptibles d'abriter les gîtes de ce genre sont les rifts de marges continentales, les bassins d'arrière-arc et les

riffs intracontinentaux (Slack, 1993). Selon Slack (1993), les gîtes de type Besshi représenteraient une continuité des gisements de type Chypre.

Les gisements de type Chypre se localisent essentiellement dans des complexes ophiolitiques, où des basaltes coussinés recouvrent des complexes de dykes en feuillets, qui recouvrent un complexe intrusif gabbroïque dont la composition devient de plus en plus ultramafique à la base pour devenir des périclases. Les gisements originent d'exhalaisons volcanogènes sur un plancher océanique de composition basaltique (Guilbert et Park, 1997). Le mur de la minéralisation est constitué de coussins basaltiques albitisés recouvert par un mince horizon composé de silice, d'oxydes de fer et de sédiments riches en oxydes de manganèse (Guilbert et Park, 1997). Quant au toit, on y retrouve des hyaloclastites, des argilites, des graywackes, des calcaires ainsi que des sédiments riches en silice. Les dépôts sont de petite taille ( $\leq$  20 millions de tonnes) et arborent une forme variant de lenticulaire à podiforme (Guilbert et Park, 1997). Les phases minérales principales sont par ordre d'importance la pyrite et la chalcopyrite, suivies par la sphalerite et la marcassite; des traces de pyrrhotite et bornite sont également présentes (Guilbert et Park, 1997). Finalement, les corps minéralisés sont en concordance avec les séquences volcaniques et sédimentaires environnantes (Guilbert et Park, 1997).

*Classification de Barrie et Hannington (1997)*

Barrie et Hannington (1997) ont établi une classification basée sur la composition de la séquence encaissante de la minéralisation. Cinq catégories ont alors pu être identifiées et caractérisées. Le type mafique est encaissé dans une séquence comprenant plus de 75 % de roches mafiques, moins de 1 % de roches volcaniques felsiques et environ 10 % de roches ultramafiques et siliciclastiques. La minéralisation est riche en cuivre, appauvrie en plomb et se serait formée dans un environnement ophiolitique près de rides océaniques, dans des milieux d'arrière-arcs matures, des zones de supra-subduction ou des environnements d'arc naissant. Le type bimodal-mafique est associé à des environnements constitués de plus de 50 % de roches mafiques et de moins de 3 % de roches felsiques et siliciclastiques. Un environnement d'arcs volcaniques primitifs serait l'endroit propice à la formation de ce type de gisement. Dans le cas du type mafique-siliciclastique, des proportions égales de roches volcaniques ou intrusives mafiques et de roches siliciclastiques turbiditiques sont présentes. Les roches volcaniques felsiques sont rares ou absentes. Des carbonates sont également observés et associés aux roches siliciclastiques. Les gisements montrent également une déformation complexe. Les rifts de marges continentales ainsi que les rifts océaniques sont les environnements que l'on associe à ce type de gisement. Les gîtes regroupés dans le type bimodal-felsique sont encaissés dans un

empilement comprenant plus de 50 % de roches volcaniques felsiques et moins de 15 % de roches siliciclastiques. Le reste est représenté par des roches volcaniques et intrusives mafiques. Ce type de minéralisation contient une quantité plus importante de zinc et d'argent que les minéralisations des autres types et les gisements archéens sont également beaucoup plus riches en zinc que les gisements mis en place à des époques plus récentes. L'environnement susceptible d'abriter ce type de gisement en est un d'arc volcanique mature. Finalement, les gîtes de type bimodal-siliciclastique sont associés à des proportions égales de roches volcaniques et siliciclastiques. Cependant, les roches felsiques sont plus abondantes que les roches mafiques. Ce type de gisement présente les plus grands tonnages avec un faible contenu en cuivre et un fort contenu en plomb par rapport aux autres métaux. Ces gisements se localisent dans des environnements de rift d'arc continental.

#### *Classification de Franklin et al. (1999)*

La dernière classification établie est celle effectuée par Franklin *et al.* (1999). Cette classification utilise comme critère de différenciation la composition de la roche-hôte de la minéralisation. Les caractéristiques de chacun des types sont sensiblement les mêmes que pour la classification de Barrie et Hannington (1997). Cinq catégories sont distinguées, mais portent une appellation différente. Le type bimodal mafique comprend des gisements

de Cu-Zn formés dans des environnements d'arcs volcaniques construits sur un plancher océanique dominé par la subduction. Ces dépôts sont alors associés à des séquences dominées par les basaltes avec moins de 25 % de roches volcaniques felsiques. Une intrusion subvolcanique est présente et pourrait être le moteur thermique à l'origine de la circulation des fluides hydrothermaux. Le type bimodal felsique comprend des dépôts de zinc-plomb-cuivre dont le contenu en plomb représente environ 17 % du contenu en métal total. Ces gisements sont liés à des environnements d'arc associés à des zones de subduction océan-continent. Les roches encaissantes de la minéralisation sont composées de 30 % à 75 % de roches volcaniques felsiques et le reste est constitué de roches basaltiques et de sédiments, lesquels sont abondants mais non dominants. Les roches mafiques peuvent être très vésiculaires et des hyaloclastites sont présentes. On remarque parfois des niveaux de roches pyroclastiques subaériennes. Les intrusions présentes sont chronologiquement contemporaines des dépôts. Le type associé aux ophiolites est encaissé dans des roches volcaniques mafiques, et les séquences sont dominées par des basaltes d'arrière-arc ou de ridges mid-océaniques. Parfois, les séquences ont des éléments se rattachant aux séquences d'ophiolites classiques comme les complexes de dykes en feuillets et les intrusions litées à la base. Les ophiolites se retrouvent généralement dans des environnements de ridges mid-océaniques mais, plusieurs peuvent se localiser dans un environnement tectonique

d'arrière-arc. Quant au type associé à des basaltes et des sédiments pélagiques, les gisements sont encaissés dans une séquence de basaltes et de sédiments d'arrière-arc. Les sédiments comprennent des pélites de grande profondeur, des wackes et des quartzites. Tout comme le type bimodal felsique, des intrusions contemporaines aux dépôts sont présentes. Finalement, les gîtes du type dominé par les roches felsiques et les sédiments siliciclastiques sont inclus dans des séquences comprenant environ 80 % de roches sédimentaires et le reste est constitué de roches felsiques. Une quantité mineure de basalte peut être présente dans le toit de la minéralisation. Le plomb compte pour environ 24 % du contenu total en métaux et la quantité d'argent retrouvée est supérieure à celle de l'or. Une intrusion contemporaine est également présente. Les gisements appartenant à cette catégorie se retrouvent généralement dans des arcs ou des arrières-arcs matures.

#### **1.2.4 Caractéristiques des gisements de sulfures massifs épithermaux**

Étant donné que les gisements de sulfures massifs de type épithermal sont des gîtes montrant une morphologie en veines (Sillitoe et Bonham, 1984) que l'on retrouve également dans les gîtes du secteur Frotet, il devient intéressant de décrire ce type de gîte afin de pouvoir comparer les minéralisations présentes dans le secteur à l'étude. Cependant,

le type épithermal classique se retrouve principalement en milieu subaérien. Étant donné qu'il a été clairement établi auparavant par Simard (1987) que l'environnement volcanique était sous-marin, le raccordement avec le type épithermal classique se fait difficilement. Toutefois, les gîtes épithermaux-transitionnels possèdent un intérêt marqué grâce à leur environnement et à leur processus de formation. Afin de mieux comprendre le type transitionnel, voici une brève description des gîtes épithermaux classiques.

Le terme épithermal a été défini en 1933 par Lingren pour inclure un large éventail de dépôts de métaux précieux (tellures, ou séléniums), de métaux usuels, de mercure et d'antimoine. Les minéralisations de type épithermal sont associées à des zones de subduction aux marges de plaques dans lesquelles circulent des fluides dominés par les eaux météoriques, mais avec parfois une composante magmatique (5-10%), dont la température avoisine les 200°C (Heald *et al.*, 1987). La majorité des dépôts se localisent à une profondeur inférieure à 1,5 km (Heald *et al.*, 1987) et présentent diverses morphologies telles : des veines massives, des essaims de veines, des stockwerk, des brèches hydrothermales ainsi que des minéralisations disséminées et de remplacement (Heald *et al.*, 1987). Ces minéralisations sont caractérisées par des textures de remplissage, crustiformes, de rubanement colloforme, de crêtes-de-coq et de bréchification (Lingren, 1933). À partir

des diverses caractéristiques de ces gîtes, deux types de dépôts ont alors été définis par Hedenquist (1987), soit les types épithermal acide et épithermal neutre. Ces deux types de dépôts possèdent des particularités qui leur sont propres et qui permettent de bien les différencier l'un de l'autre. Les minéralisations du type épithermal acide (acide-sulfate) sont généralement encaissées dans des roches de composition rhyodacitique souvent porphyriques (Heald *et al.*, 1987). Ces gîtes se localisent principalement dans des environnements hydrothermaux peu profonds généralement au sein d'un dôme volcanique (Heald *et al.*, 1987). Une similitude avec la zonation de l'altération retrouvée au pourtour d'un porphyre cuprifère est observée près de l'amas sulfuré. En effet, autour de la minéralisation, l'altération argileuse avancée prédomine et est associée près de la veine minéralisée à une silicification. Plus loin de la minéralisation, l'altération argileuse se combine avec une altération sérichtique (Heald *et al.*, 1987). Les minéraux d'altération et métalliques sont très différents de ceux associés à un gisement de sulfures massifs volcanogènes. En effet, on retrouve de l'alunite et de la kaolinite hypogène, quelques rares minéraux de manganèse, des traces de chlorite et parfois de la bismuthinite (Heald *et al.*, 1987). Quant aux sulfures présents, il s'agit essentiellement de sulfosels de cuivre comme l'énargite et la luzonite, des sulfures de cuivre et de fer comme la chalcocite, la covellite et la bornite, qui se sont mis en place après la pyrite (Sillitoe, 1993). Des enrichissements en

métaux comme l'or, l'arsenic, le bismuth, l'antimoine, le molybdène, l'étain, le zinc, les tellures et, en quantités moindres, l'argent, le plomb et le mercure (Sillitoe, 1993) sont de bons indicateurs d'un gisement épithermal acide. Le type épithermal neutre, quant à lui, se forme généralement dans un système géothermal où les eaux de surface se mélangent aux saumures chlorurées chaudes et d'origine profonde avec un pH neutre. Le mélange de ces eaux se fait dans un régime d'écoulement latéral (Heald *et al.*, 1987). Une zonation dans l'altération est également visible. À la bordure de la veine, une silicification est présente. En s'éloignant de la veine minéralisée, on observe une succession d'altération séricitique, argileuse et propylitique. L'éponte de la minéralisation présente aussi un assemblage d'altération comprenant des feldspaths potassiques et de la chlorite (Heald *et al.*, 1987). Les sulfures présents dans le corps minéralisé sont la sphalérite, la galène, la tétrahédrite et, en quantités moindres, la chalcopyrite. Les métaux comme l'or ou l'argent sont abondants par rapport au zinc, au plomb et au cuivre. Localement, des métaux comme le molybdène, l'antimoine, l'arsenic, le tellure, le sélénum et le mercure sont présents (Heald *et al.*, 1987). Les minéraux d'altération les plus courants sont la séricite, parfois la kaolinite, l'adulaire, la chlorite et des minéraux de manganèse (Heald *et al.*, 1987). On observe aussi l'omniprésence d'une gangue riche en carbonates (Sillitoe, 1993).

## 1.2.5 Gîtes transitionnels ou atypiques

### 1.2.5.1 Gîtes transitionnels

Les gîtes transitionnels sont perçus comme étant une continuité entre le type sulfures massifs volcanogènes et le type épithermal. De plus, certains gîtes transitionnels sont maintenant reconnus dans divers terrains, notamment Eskay Creek en Colombie-Britannique et Boliden en Suède (Hannington, 1999). Aux pourtours de ces dépôts, l'altération potassique est présente et marquée par une abondance de carbonates, de feldspaths-potassiques ainsi que par des minéraux alumineux. Les principales morphologies retrouvées dans les gisements transitionnels sont des filons, des stockwerk et des gîtes stratiformes. La minéralisation des dépôts de SMV transitionnels montre un enrichissement en éléments métalliques, comme le cuivre et le zinc qui sont généralement absents ou présents en quantité mineure dans le type épithermal classique, en plus des éléments de la suite épithermale : Au, Ag, As, Sb, Hg et Tl. Lors du volcanisme subaérien, les éléments de la suite épithermale sont transportés à basse température sous forme de complexes sulfurés aqueux dans une solution géothermale diluée par les eaux météoriques (Hannington, 1999). Donc, la concentration en cuivre et en zinc diminue là où les éléments de la suite

épithermale seront déposés en raison de la basse température et de la diminution du contenu en chlorures. Des exemples de ces minéralisations transitionnelles sont la mine Selbaie (Faure *et al.*, 1996) et le secteur Bousquet (Hannington, 1999). Le secteur Bousquet comporte 4 dépôts majeurs riches en or dont: Bousquet 1, un dépôt d'or avec pyrite, Bousquet 2, un dépôt or-cuivre, le système Dumagami-Laronde, un dépôt polymétallique aurifère, et la mine Doyon consistant en une intrusion enrichie en or (Hannington, 1999). Les altérations retrouvées à la mine Bousquet contiennent une forte proportion d'andalousite avec des quantités mineures de pyrophyllite, diaspose, kyanite, chloritoïdes et grenats riches en manganèse (Hannington, 1999). Quant au dépôt de Cu-Zn-Ag-Au de Selbaie, il s'agit d'un système de veines de métaux de base de style épithermal archéen (Hannington, 1999). La minéralisation se retrouve dans un tuf silicifié avec une altération proximale en chlorite-carbonate et une altération distale en séricite±carbonate±feldspath-potassique. La minéralisation aborde diverses formes dont des veines de Cb-Sp±Gn contenant également de grandes quantités d'argentite et de sulfosel d'argent. Des veines similaires à des stockwerk de Qz-Cp enrichies en Au et Bi sont aussi présentes (Hannington, 1999)

### **1.2.5.2 Gîtes volcanogènes atypiques**

Lors de la formation d'un gisement de sulfures massifs volcanogènes, divers facteurs peuvent créer des variations dans le mode de mise en place et la morphologie de la minéralisation malgré que le processus global de formation soit syn-volcanique. Ce sont essentiellement ces genres de gisements que l'on qualifie d'atypiques.

Les travaux relativement récents de Lavallière (1995) dans le camp minier de Matagami et de Gaboury et Daigneault (1999) sur la mine Géant Dormant sont des exemples marquants des gîtes atypiques associés aux minéralisations de type volcanogène. Les travaux de Trépanier (2000), sur le gîte de Tortigny dans le secteur Frotet, ont également permis de mettre au jour une nouvelle cible d'exploration en démontrant que les séquences basaltiques pouvaient montrer un certain potentiel. La reconnaissance de la nature atypique des gîtes a donc un impact certain sur l'exploration ouvrant ainsi la voie à de nouvelles cibles d'exploration. Dans le district d'Iskut River en Colombie -Britannique, plusieurs styles de minéralisations (porphyriques et exhalaisons volcanogènes) sont observés. Ces différents styles sont le résultat d'événements magmatiques qui se sont succédés durant l'évolution de l'arc. Ces événements ont engendré des changements

tectoniques qui ont pu alors contrôler la mise en place de minéralisation (MacDonald *et al.* 1996).

### **1.3 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE**

Le secteur Frotet (Figure 5) est depuis longtemps l'objet de diverses campagnes d'exploration et de cartographie ayant mis au jour le contexte volcanique et divers indices de Zn-Cu. Des travaux exhaustifs sur quelques indices ont visé la compréhension du processus minéralisateur. Cependant, aucune étude comparative des indices présents n'a été réalisée. La présente étude permettra donc de mettre en relief leurs caractéristiques communes et leurs différences, telles la composition de l'amas sulfuré, la morphologie et l'emplacement de la minéralisation, dans le but de vérifier si un processus commun ou divers processus minéralisateurs ont agi dans le secteur Frotet. Cette comparaison permettra également de rattacher la minéralisation des divers gîtes à une ou des classifications existantes. Par la suite, il pourra être possible de contraindre les paramètres de mise en place de la minéralisation et des processus métallogéniques.

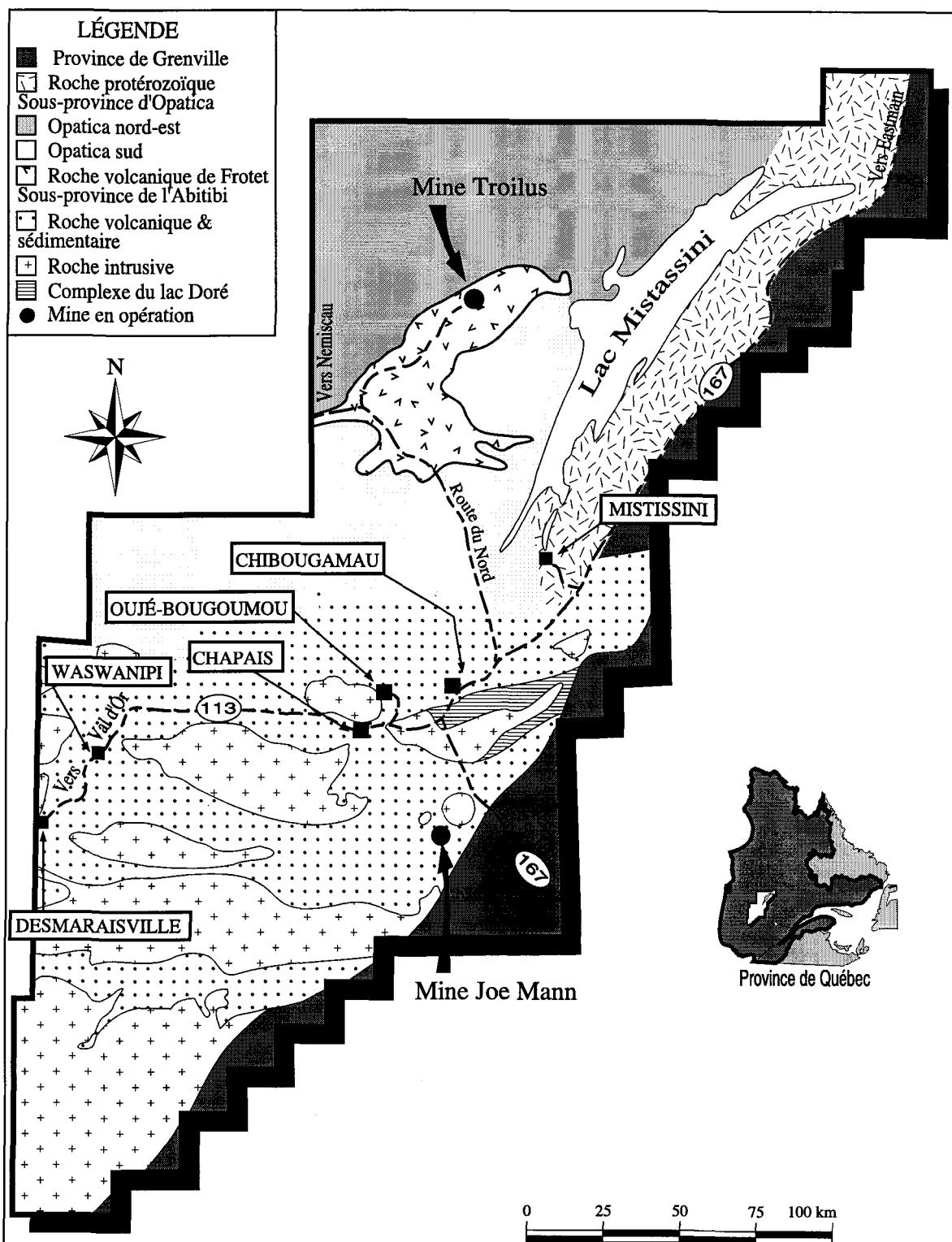


Figure 5: Localisation de la bande de Frotet-Troilus par rapport au distict minier de Chibougamau (Modifié de SOQUEM INC.)

La connaissance de la mise en place de la minéralisation dans son environnement permettra aussi de proposer des guides d'exploration propres au secteur Frotet.

Les objectifs à réaliser afin de mettre à jour la typologie de la minéralisation sont donc :

- caractériser l'environnement géologique et la nature des roches encaissantes de chacun des gîtes au niveau de:
  - la morphologie de la minéralogie de l'amas minéralisé et de l'altération
- intégrer et comparer les caractéristiques dans le but de dégager le ou les processus de formation.

#### **1.4 MÉTHODOLOGIE**

La réalisation de l'ensemble des objectifs de ce projet nécessite plusieurs étapes de cueillette et de traitement de données. Tout d'abord, une description des trous de forages interceptant et avoisinant les gîtes a été effectuée afin de définir le (ou les) type (s) de roche encaissante, les structures présentes et l'altération dominante. Une compilation de toutes les

données disponibles (descriptions de carottes de forage, rapports d'exploration, etc.) sur chacun des gîtes a également été entreprise pour ainsi recueillir le maximum d'informations possible. Dans le cas où les carottes de forages n'étaient plus disponibles, seulement les rapports de forage ont été pris en considération. Par la suite, une série de lames minces polies ont été taillées dans les échantillons de forage recueillis. Les lames minces ont ainsi permis d'identifier les phases minérales en plus de préciser les textures et les relations spatiales entre les minéraux métalliques et les autres minéraux. Les lames minces ont également permis de mieux définir le type d'altération ayant affecté les roches encaissantes de la minéralisation. Quelques lames minces de roches non altérées ont été examinées pour les assemblages minéralogiques découlant du métamorphisme régional. Des échantillons choisis et en forage ont également été recueillis pour effectuer des analyses géochimiques. Les éléments majeurs ont été analysés au laboratoire de Techni-Lab par fluorescence-X tandis que les éléments en traces ont été analysés par ICP-MS et pyroanalyse pour l'or. Les analyses d'éléments majeurs ont servi à calculer les indices d'altération (indice d'Ishikawa), ce qui a permis de localiser les zones les plus altérées ayant pu servir de conduits pour le transport des fluides minéralisateurs ou stériles.

Ces analyses ont également permis d'effectuer les calculs de changements de masse selon la méthode élaborés par Barrett et MacLean (1994). À partir de ces résultats, il sera alors possible d'identifier les altérations subies par la roche grâce aux gains ou aux pertes de masse. Pour mesurer le bilan de matière, la méthode à précurseur unique de MacLean et Barrett (1993) a été employée. Les échantillons de Simard (1985) ont servi à établir la composition du précurseur pour les basaltes et les échantillons de Simard (1987) pour les volcanoclastites. Étant donné que seulement les résultats d'analyses de Simard étaient disponibles, afin d'avoir un certain contrôle quant au degré d'altération présent dans ces roches, l'indice d'altération d'Ishikawa a été appliqué et tous les échantillons supérieurs à un indice de 60 % ont été rejettés. Pour obtenir la valeur du précurseur des basaltes et des volcanoclastites, la moyenne a été utilisée. Il aurait été préférable d'utiliser le mode car l'altération est un processus inhomogène qui étale la courbe de fréquence des données. Cependant en raison du nombre trop restreint d'échantillons, le mode n'était pas applicable.

Les analyses des éléments en traces ont été effectuées afin de caractériser le processus hydrothermal dans le but d'établir un lien avec les divers types de gîtes. Quant aux analyses des métaux de base, comme le cuivre, l'or et le zinc, elles ont servi à établir des corrélations entre les métaux. Les analyses de cuivre, zinc, or et argent déjà effectuées

par les compagnies minières ont servi à établir le rapport  $(\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn}) \times 100)$  qui a permis de mieux cerner les zones d'enrichissement en cuivre ou en zinc et de mieux préciser la géométrie des gîtes. Ces analyses de métaux de base ont également servi à dresser un profil de cuivre et de zinc de la lentille minéralisée ainsi que les iso-contours de cuivre et de zinc de l'amas minéralisé sur la section longitudinale. Les iso-contours ont été tracés à la main en inscrivant à l'endroit du point de percé de la minéralisation sur la longitudinale la valeur de cuivre ou de zinc correspondant à ce point. Finalement, la compilation de tous les résultats d'analyse recueillis aura servi à mettre en lumière les caractéristiques de chacun des gîtes étudiés et aura permis de déterminer la typologie de la minéralisation pour chacun des gîtes.

## 1.5 TRAVAUX ANTÉRIEURS

La ceinture volcano-sédimentaire de Frotet est depuis longtemps l'objet de travaux d'exploration minière. Les activités d'exploration dans le secteur ont débuté en 1957 à la suite de la découverte de blocs erratiques minéralisés en Cu-Ni (Gosselin, 1996). Cet événement a alors entraîné une période intense de relevés géophysiques. De 1958 à 1959, la découverte des premières minéralisations de type filonien du secteur Frotet soulignèrent le

potentiel intéressant pour l'or et le cuivre dans le secteur (Gosselin, 1998). En 1961, la découverte du gîte Moléon (184 000 t à 3.4 % Zn et 1.56 % Cu) relance l'exploration dans le secteur. Le potentiel minéral de la région sera consacré en 1971 avec la découverte du gîte Lessard (1,2Mt à 3.35 % Zn, 1.96%Cu, 42 g/t Ag et 0.72 g/t Au) (Gosselin, 1998). Par la suite, d'autres travaux effectués par des compagnies minières entraîneront la découverte de la mine Troilus en 1987 et de divers autres gîtes de Cu-Zn répartis plus au sud, dans l'anticlinal de Frotet. Des travaux de cartographie menés par le Ministère des Ressources Naturelles, notamment par Simard (1987) et Gosselin (1996), ont permis de mieux définir la nature de l'empilement stratigraphique de la ceinture volcano-sédimentaire et des minéralisations associées. À ce jour, l'information disponible concernant les indices du secteur est limitée aux rapports de campagnes d'exploration (géophysiques et forages), aux synthèses géologiques du Ministère et à certains travaux académiques dont les maîtrises de Bogle (1977) et de Trépanier (2000). Ces documents ont pour but de définir les caractéristiques générales de la ceinture. Chacun des indices ou des gîtes est bien décrit. Cependant, aucun ouvrage regroupant l'ensemble des gîtes n'a été élaboré dans le but d'en faire ressortir un ou des processus de minéralisation communs ou d'établir la mise en contexte de la minéralisation.

## 1.6 CONTEXTE RÉGIONAL

La ceinture volcano-sédimentaire de Frotet-Evans a d'abord été cartographiée par Bell (1909) de la Commission géologique du Canada, puis le Ministère des Richesses Naturelles a entrepris des travaux similaires décrits par Rondot (1972), Gunter (1977), Simard (1987) et Gosselin (1996).

La ceinture de Frotet-Evans est délimitée par des gneiss et des granitoïdes bordiers de la Sous-province d'Opatica. Elle est également recoupée par des plutons et des stocks tardif à post-tectoniques de composition granodioritique et tonalitique (Simard, 1987). La région est dominée par des coulées basaltiques coussinées ou massives. Entre ces unités, des dépôts pyroclastiques et des dépôts épiclastiques sont observés (Simard, 1987). L'ensemble de la séquence stratigraphique semble s'être formée en milieu aquatique relativement profond (Simard, 1987). L'extrémité orientale de la ceinture est formée par le segment lithotectonique de Frotet. Le segment Frotet est constitué de roches à prédominance volcanique comprenant le Groupe de Troilus et la Formation de Parker (Gosselin, 1996). Le Groupe de Troilus, localisé au sud de la région, comprend 12 formations (Gosselin, 1996) identifiées à l'aide de leurs faciès volcaniques et de leurs

caractéristiques géochimiques (Figure 6). Quant à la Formation de Parker, elle se localise dans la partie nord de la région et se compose de gabbros comagmatiques avec des laves basaltiques et andésitiques. Selon Boily (1999), la Formation de Parker serait allochtone à l'ensemble des autres formations constituant le segment Frotet. Le cycle volcanique I, selon Gosselin (1998), correspond à un volcanisme tholéïtique représenté par les formations<sup>1</sup> de De Maurès, de La Fourche et de Dompierre. Les basaltes à la base sont plus ou moins magnésiens. Le cycle volcanique II quant à lui est représenté par des unités pyroclastiques calco-alcalines de la Formation de Frotet et les basaltes magnésiens et andésitiques de la formation d'Odon. Le cycle III représente une période de volcanisme complexe où s'accumulent, en alternance, des dépôts volcaniques d'origines diverses. On retrouve entre autres les laves d'affinité transitionnelle des formations de Châtillon, de Parker, de Domergue sud et de Domergue nord. Finalement, le cycle IV correspond à une période de volcanisme tholéïtique représentée par la formation de Mézière dans le secteur nord et la formation d'Oudiette au sud. Ces formations se composent essentiellement de basaltes avec une composition chimique relativement homogène (Gosselin, 1998). À partir des quatre phases volcaniques établies par Gosselin (1996 et 1998), Boily (1999) ajoute une dimension tectonique au modèle stratigraphique

---

<sup>1</sup> Nomenclature informelle selon Gosselin (1996).

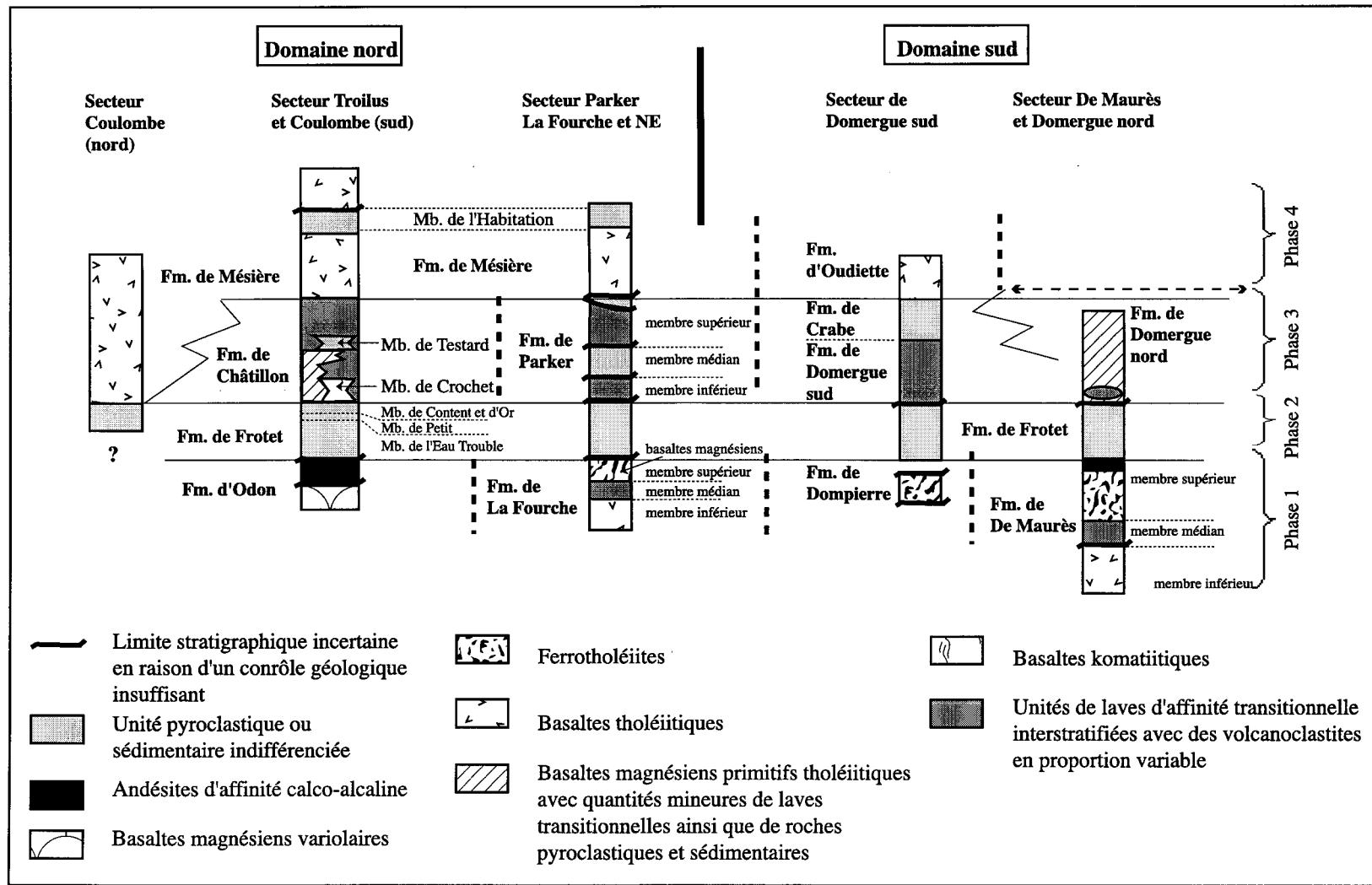


Figure 6 : Schéma des relations lithostratigraphique pour le Groupe de Troilus. (Modifié de Gosselin, 1996)

élaboré. La phase 1 correspond à une séquence de basaltes de plateaux océaniques provenant de dorsales. La phase 2 est plutôt le développement d'un arc océanique avec des séquences basaltiques et andésitiques intermédiaires à calco-alcalines. La phase 3 débute par un volcanisme d'affinité bonitique accompagné de tholéïites magnésiennes. Ce volcanisme est ensuite suivi par l'ouverture d'un bassin marginal et de son expansion. Les intercalations pyroclastiques de la phase 3 sont interprétées comme les dernières manifestations adakitiques distales tandis que les roches détritiques représentent une sédimentation de type flysch. Finalement, la phase 4 correspondrait à l'expansion du bassin avec des tholéïites magnésiennes.

Les datations effectuées sur des tufs de la région ont donné des âges de  $2750 \pm 28$  Ma et  $2780 \pm 28$  Ma (Thibault, 1985). D'autre part, la datation d'un dyke felsique de la mine Troilus a donné un âge de  $2782 \pm 6$  Ma (Pilote *et al.* 1997).

### 1.6.1 Structure

Les travaux de Gosselin (1996) et Simard (1987) ont permis d'établir l'histoire structurale du segment de Frotet. Tout d'abord, l'anticlinal de Frotet scinde en deux

domaines Nord et Sud le segment de Frotet. De façon générale, la bande de Frotet est empreinte d'une foliation régionale S1. Cette foliation est une schistosité de plan axial. Au nord du lac Frotet, S1 est orientée NE-SW avec une direction d'environ 45° et un pendage entre 60-75° vers le NW qui s'accentue près des intrusions et des failles importantes (Simard, 1987). Par contre au sud du lac, l'attitude de S1 varie plus car elle est affectée par une ou des déformations subséquentes. La direction de la foliation est d'environ de 100° avec un pendage variable (Simard, 1987). Un clivage de crénulation S2 est également présent mais particulièrement bien développé près des granitoïdes syn- à tardi-tectoniques. De nombreux plis et des failles majeures, avec des directions variables allant de ENE à E-W puis SE à E-W (Gosselin, 1996), sont également présents dans cette ceinture volcano-sédimentaire.

### **1.6.2 Métamorphisme**

Les conditions de métamorphisme de la région de Frotet peuvent être estimées à partir des assemblages minéralogiques observés dans les roches mafiques. Selon Simard (1987), trois paragénèses métamorphiques sont retrouvées. Ces paragénèses sont les suivantes :

**1- Actinote-hornblende + plagioclase calco-sodique primaire +/- chlorite +/- quartz**

**2- Actinote + albite + clinozoïsite + chlorite +/- quartz**

**3- Hornblende + plagioclase sodi-calcique + quartz +/- epidote**

Les deux premiers assemblages sont généralement retrouvés à l'intérieur des roches peu ou pas déformées tandis que le troisième assemblage provient des roches foliées ou rubanées.

L'assemblage 1 n'est pas caractéristique du faciès des schistes verts de type barrovien (Simard, 1987). Cet assemblage est plutôt observé dans les auréoles de métamorphisme de contact qui implique des conditions de basse pression et haute température (Simard, 1987). Quant à l'assemblage 2, celui-ci est typique du faciès des schistes verts des roches de l'Abitibi. Cependant, dans les roches de la bande de Frotet, l'albite n'est pas présente. Finalement, l'assemblage 3 est typique des roches mafiques au faciès des amphibolites (Simard, 1987).

Le métamorphisme est surtout causé par un enfouissement des couches lithologiques et par l'intrusion des batholites. La venue des intrusions a alors causé une

surimposition du métamorphisme de contact sur celui déjà existant en bordure de la ceinture. Le métamorphisme régional recoupe la séquence stratigraphique et le grain structural. Une évolution des conditions de métamorphisme est notée plus on s'approche des batholites. De façon générale, les roches du cœur de la ceinture sont imprégnées par le faciès des schistes verts et celles de la bordure par le faciès des amphibolites.

## CHAPITRE II

### CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET CARACTÉRISTIQUES DES DÉPÔTS

#### 2.1 INTRODUCTION

La plupart des gîtes et indices, à l'exception de l'indice Roméo Boisvert, se localisent dans la portion sud du secteur de Frotet, le long d'un axe orienté NW-SE (Figure 7). Cet axe s'étend sur une distance de 28 km par 9 km. Les gîtes et indices les plus importants du secteur Frotet sont indiqués au tableau 2.

Les informations concernant les divers dépôts à l'étude proviennent, essentiellement, d'une compilation effectuée à partir de rapports d'exploration des différentes compagnies minières. Cependant, tout ce qui relève d'une étude pétrographique (texture en lame mince) sur les gîtes de De Maurès, Domergue, Moléon et l'indice Roméo Boisvert a été effectué lors de cette étude.

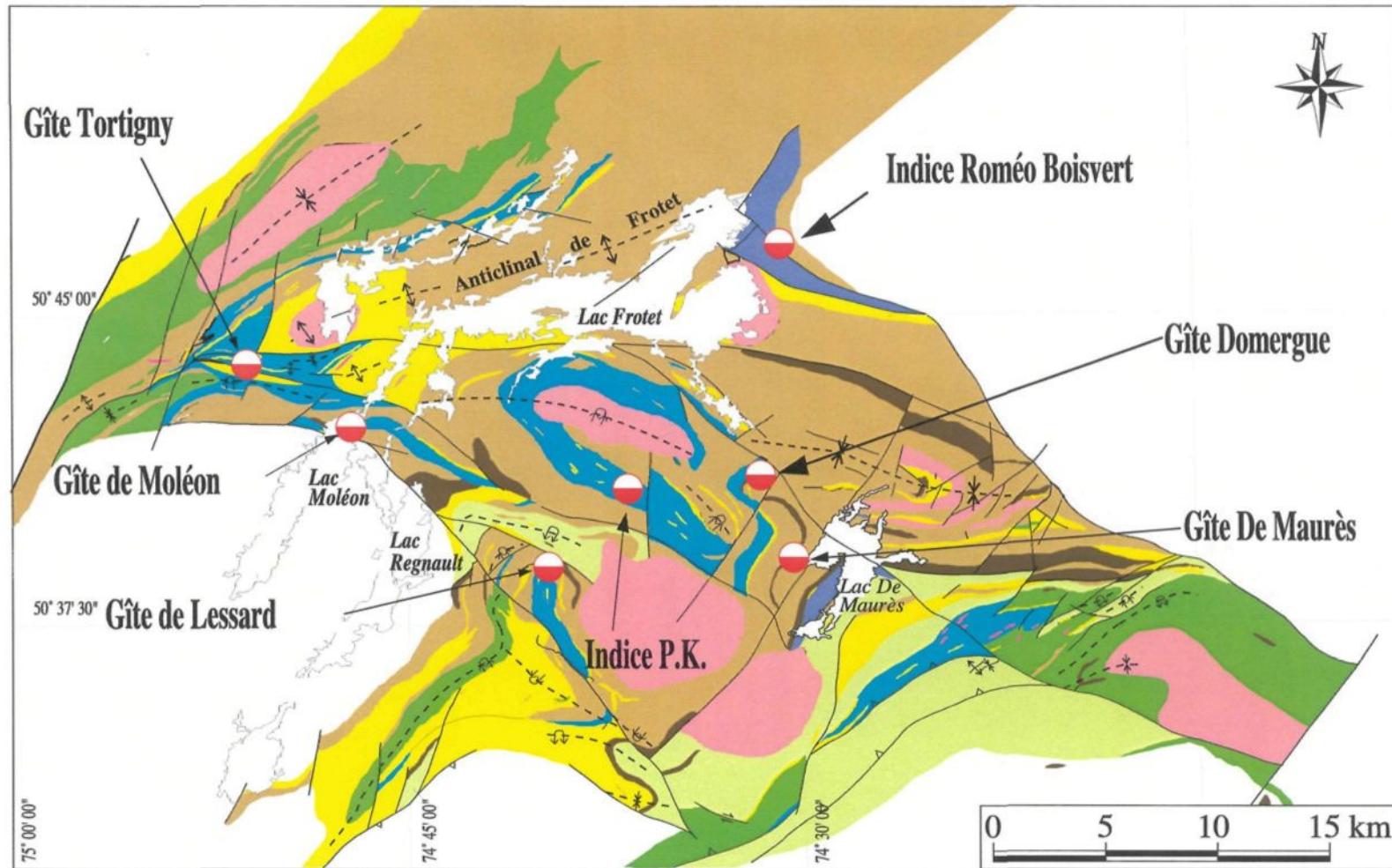


Figure 7 : Localisation des gîtes du secteur Frotet (Modifié de Gosselin, 1996). Pour la légende se rapporter à la figure 1.

Tableau 2: Principaux gîtes et indices du secteur Frotet.

DÉPÔTS	COMPAGNIES	TONNAGE	RÉFÉRENCES
Lessard	Ressources Landore inc.	1 200 000 t à 3,35 % Zn, 1,96 % Cu et 0,72 g/t Au	Gosselin 1996
Tortigny	Mines et Exploration Noranda inc.	490 000 t à 6,21 % Zn, 2,2 % Cu, 61 g/t Ag et 0,3 g/t Au	Dessureault et Trépanier, 1998
De Maurès	SOQUEM INC.	350 000 t à 7,84 % Zn, 1,35% Cu et 22,31 g/t Ag	SOQUEM INC., communication personnelle
Moléon	Ressources Coleraine	184 000 t à 3,4 % Zn et 1,56 % Cu	Gosselin, 1996
Domergue	SOQUEM INC.	30 000 t à 5,51 % Zn et 1,8 % Cu	Bellavance, 1998
P.K.	Ressources Sirios	2,5 % Zn, 0,8 % Cu sur 14,9 m	Fraser et Samson, 1994
Roméo Boisvert	SOQUEM INC.	6,73 % Zn, 4,20% Cu et 27,8 g/t Ag sur 1,0 m	Bellavance et Paré, 1999

Pour bien caractériser la géométrie de chacun des gîtes, une compilation des données disponibles a été effectuée afin d'en dégager l'environnement géologique et les constituants de la minéralisation. Également, avec les diverses informations recueillies lors de la compilation, il a été possible d'effectuer des profils de métaux et des iso-contours de cuivre et zinc des lentilles minéralisées afin de mettre en relief leur géométrie. Finalement, pour les gîtes dont les carottes de forage étaient accessibles, la minéragraphie des amas sulfurés a été étudiée.

### **2.1.1 Localisation, historique et contexte géologique des gîtes**

#### **A) Lessard**

L'information recueillie du gîte Lessard provient essentiellement des rapports d'exploration et des journaux de sondages de la compagnie Selco Mining Corporation et Mines et exploration Noranda. Ainsi, certains résultats d'analyses ont été relevés afin de calculer les divers ratios et indices nécessaires à cette étude, puis une interprétation de la géologie a pu être dégagée.

#### *Structure*

Sur le terrain, deux schistosités principales sont observées, une schistosité N-S et une de direction E-W beaucoup mieux développée (Simard, 1980). Par contre, la séquence stratigraphique environnante du gîte de Lessard est principalement de direction nord-sud avec un pendage vers l'est ayant un angle supérieur à 80° (Parent et Vermette, 1997). Également, la séquence volcanique a été retournée (Reed, 1979), car les roches felsiques de la base stratigraphique se retrouvent au-dessus des roches mafiques.

### *Localisation et historique*

Le gîte Lessard, aussi connu sous le nom de Domergue, se localise dans la partie sud-ouest du secteur Frotet. Découvert en 1971 par M. Antoine Lessard, le gîte fut maintes fois exploré par le biais de campagnes de forage et de levés géophysiques de la part de diverses compagnies minières.

### *Environnement géologique*

La séquence volcanique du gîte Lessard est bordée par des intrusions gabbroïques à l'est et au nord-est puis par des intrusions péridotitiques au nord et au nord-ouest (Figure 8). Les lithologies retrouvées, appartenant aux formations de Crabe et de Domergue-sud (Parent et Vermette, 1997), sont des roches de composition felsique à intermédiaire et des coulées basaltiques (Figure 9). Des horizons d'argilites s'intercalent également entre les niveaux de tuf ou sont présents soit à la bordure et/ou dans la partie inférieure de la zone minéralisée (Parent et Vermette, 1997). La minéralisation est essentiellement contenue dans les volcanoclastites coincées entre les unités felsiques et mafiques (Touborg, 1972). L'altération des roches comprend une sérichtisation, une chloritisation et une légère carbonatation. La présence d'une roche à porphyroblastes de cordiérite dans le mur de la

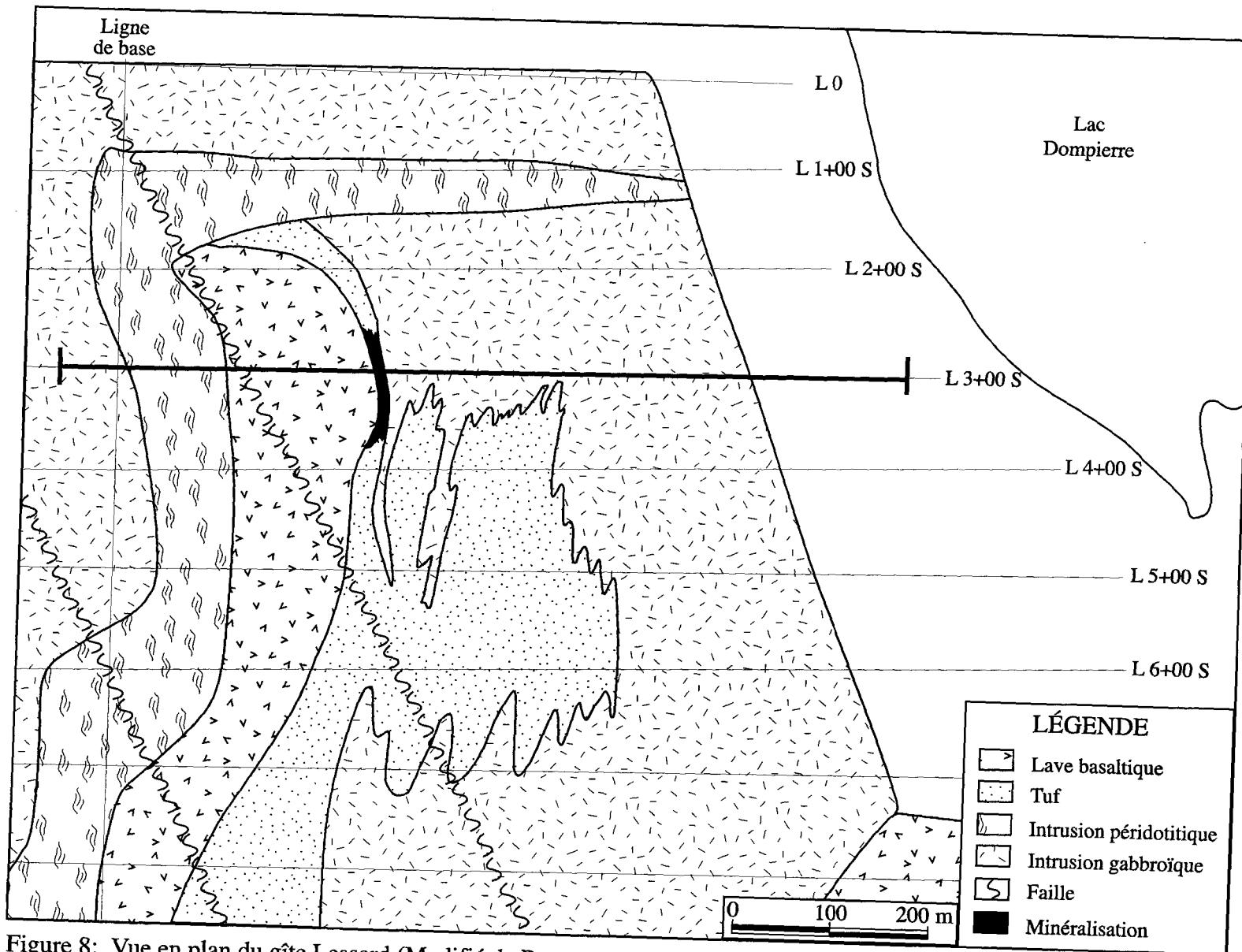


Figure 8: Vue en plan du gîte Lessard (Modifié de Parent et Vermette, 1997).

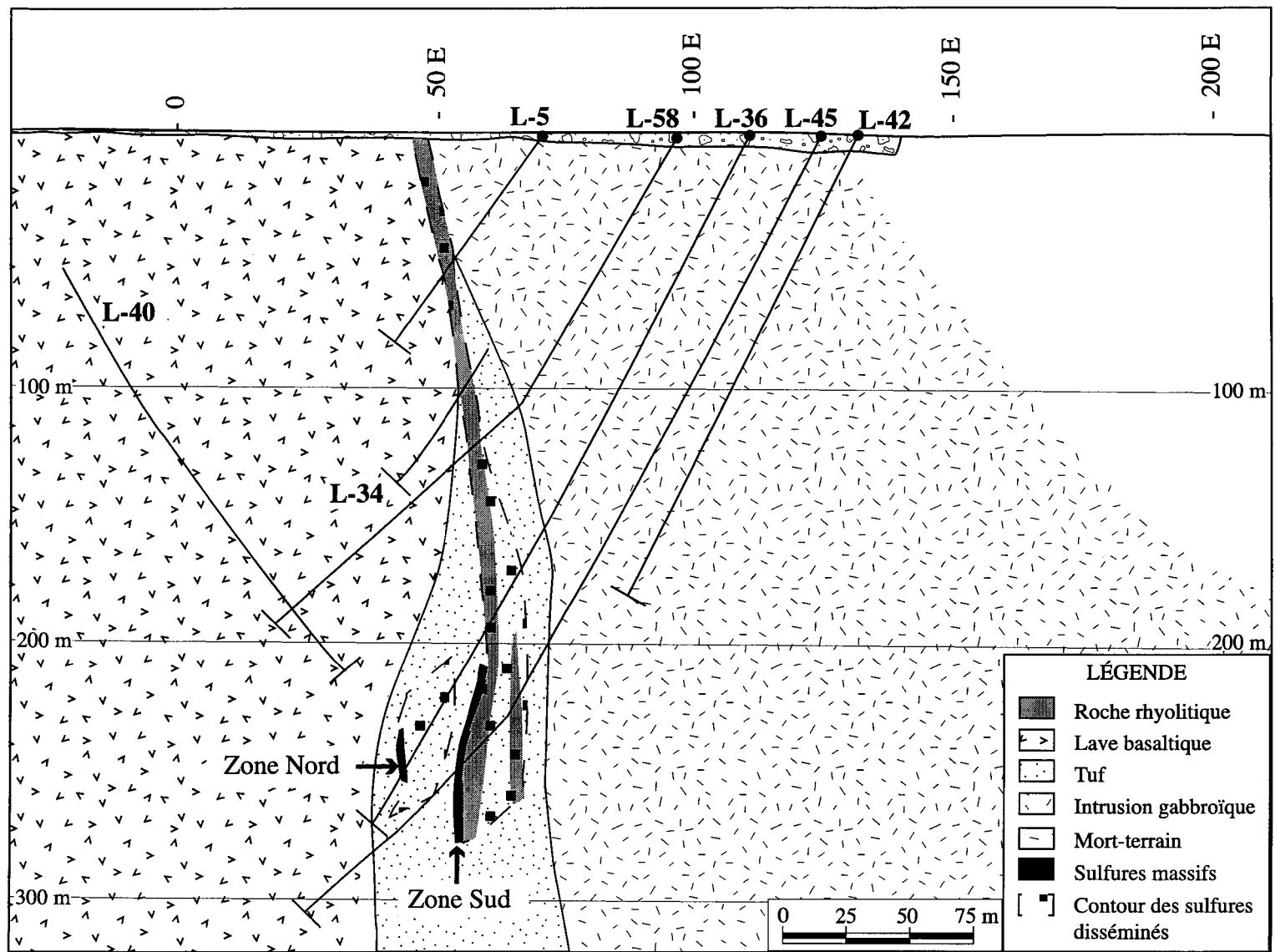


Figure 9 : Section 3+00 S du gîte Lessard avec vue vers le nord (Modifié de Selco Mining, 1972).

minéralisation montre une similitude avec la dalmationite du gisement Millenbach près de Rouyn-Noranda (Bogle, 1977).

#### *Minéralogie de la minéralisation*

Les principaux sulfures retrouvés dans la partie massive et à filonnets sont, par ordre d'importance, la pyrrhotite (22 %), la pyrite (19 %), la chalcopyrite (11 %), la sphalérite (9 %) et des traces de galène. Les sulfures montrent une texture de recristallisation (Touborg, 1972), témoin d'un épisode de métamorphisme ayant agi sur l'amas sulfuré.

#### *Morphologie et géométrie de la lentille*

La minéralisation présente est stratiforme et se localise dans la formation de Domergue sud qui est associée au troisième cycle volcanique. Le gîte Lessard comprend deux lentilles de sulfures massifs, soit la zone sud, la zone principale, de direction nord-sud et la zone nord de direction est-ouest. La minéralisation est continue en direction et en pendage sur une longueur de 250 mètres, une largeur de 17 mètres et une épaisseur ne dépassant pas les 15 mètres. La lentille est constituée d'une partie massive riche en zinc et en cuivre. Sous-jacents stratigraphiquement à cette partie, des filonnets de sulfures

parallèles et/ou discordants avec le litage ainsi que de la minéralisation disséminée sont observés. Les filonnets sont principalement constitués de pyrrhotite.

### B) Tortigny

La description du gîte Tortigny provient en partie des travaux réalisés par Trépanier (2000) et d'un livret guide élaboré par Mines et exploration Noranda.

#### *Structure*

La déformation la plus importante (D1) est une déformation ductile associée à des plis isocliniaux et semblables faiblement déversés vers le nord, d'orientation ENE-WSW à E-W. La déformation D2 est également ductile et se traduit par des plis fermés et isocliniaux orientés E-W avec un clivage de crénulation sur les plans S1 (Dessureault et Trépanier, 1997). Ces deux déformations sont coplanaires et colinéaires. Un fait important est à noter: la séquence stratigraphique du gîte Tortigny tout comme celle du gîte Lessard est renversée. Les roches appartenant au mur se retrouvent donc au sommet de la séquence stratigraphique. Les lithologies, en plus d'avoir été renversées stratigraphiquement, sont fortement plissées (Figure 10). Le gîte est localisé dans la charnière d'un pli anticinal synforme de deuxième phase.

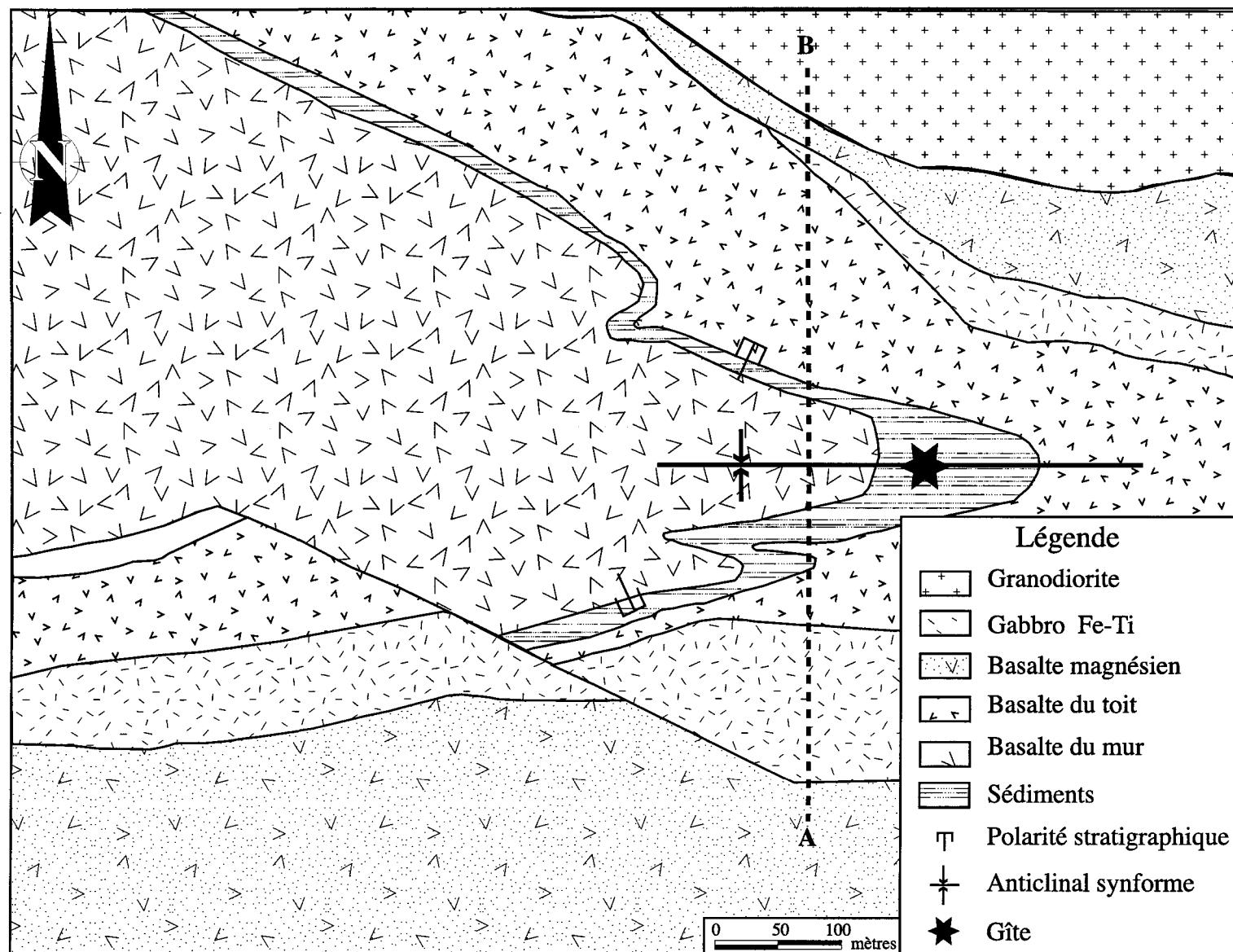


Figure 10 : Géologie en plan du gîte Tortigny (Modifié de Trépanier, 2000).

### *Localisation et historique*

Le gîte Tortigny se localise à environ 100 km au nord-ouest de la ville de Chibougamau dans l'extrême est de la ceinture volcanique. Le gîte fut découvert en 1994 par Noranda inc. à la suite de travaux effectués sur de nombreuses anomalies géophysiques dans le secteur.

### *Environnement géologique*

La séquence hôte du gîte (Figure 11) est un mince horizon de grès volcanique et de pélites grises et noires riches en graphite. Des horizons de tufs andésitiques à cristaux sont aussi présents dans la séquence hôte de la minéralisation. Selon Trépanier (2000), le mur de la minéralisation comprend des roches volcaniques de composition tholéïtique à transitionnelle. Le toit est, quant à lui, constitué de basaltes tholéïtiques, d'un gabbro riche en fer et titane puis de basaltes riches en magnésium. Les basaltes appartiennent tous à la formation de Châtillon.

L'altération présente est concordante et limitée à la séquence des sédiments hôtes incluant le mur et le toit de la minéralisation. Deux assemblages minéralogiques constituent l'altération. L'assemblage séricite-quartz-sulfures-clinozoisite est retrouvé

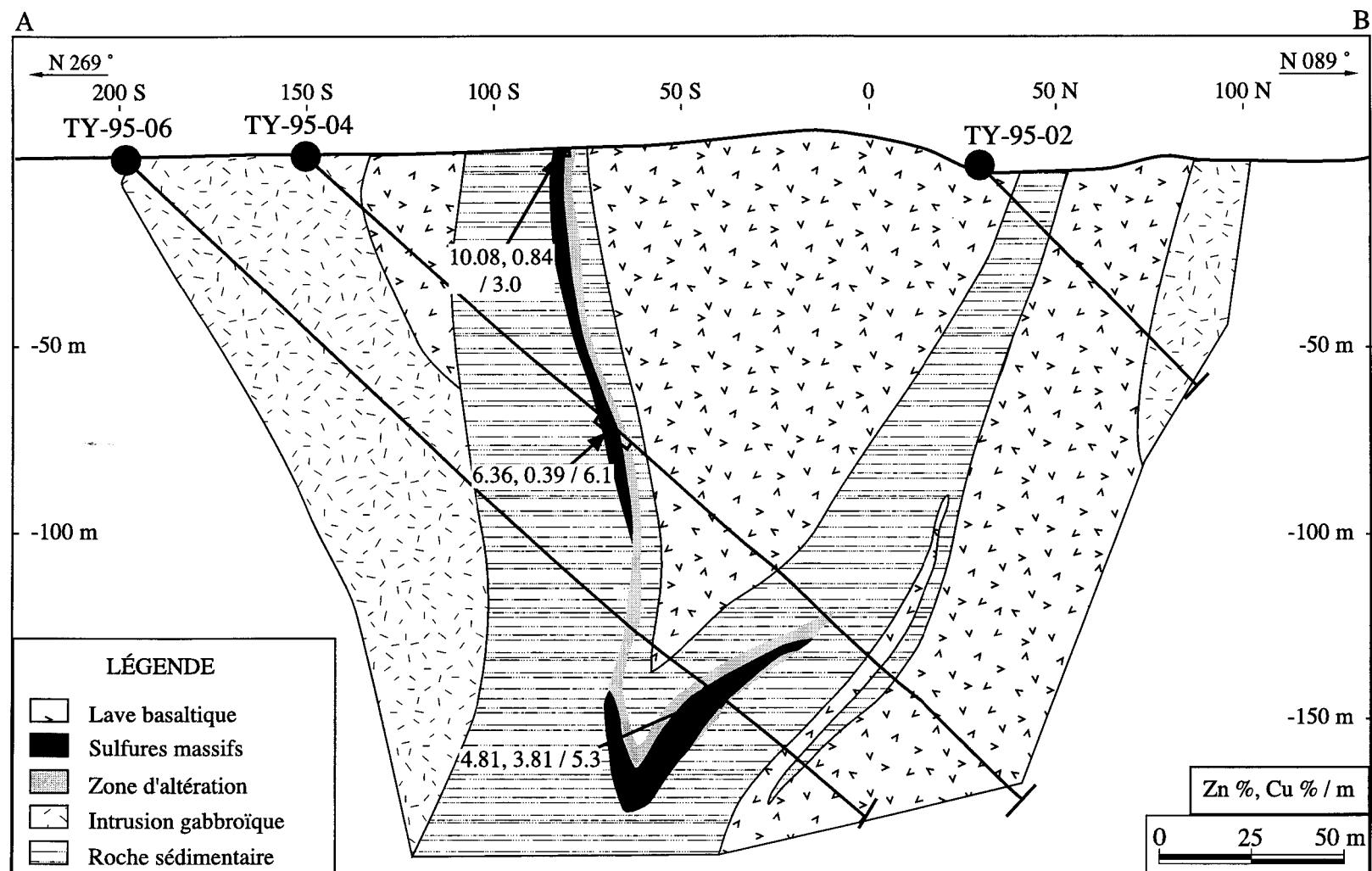


Figure 11 : Section 0+50 E du gîte Tortigny (Modifié de Dessureault et Trépanier, 1998).

principalement dans les grès volcaniques et les tufs andésitiques. Des amas d'altération sont présents dans le mur et les pélites. L'altération devient plus intense à l'approche des sulfures massifs de cuivre et de zinc et diminue vers les sulfures massifs riches en zinc. L'altération a été formée avant la première déformation car elle est reprise par D1 (Trépanier, 2000). Le deuxième assemblage, composé de séricite-quartz-sulfures-chlorite, se retrouve dans les sédiments et les tufs près de la minéralisation.

#### *Minéralogie de la minéralisation*

La minéralisation est principalement composée de pyrrhotite, de sphalérite et de chalcopyrite avec des quantités mineures de pyrite, de galène, de cobaltite et de tétrahédrite.

#### *Morphologie et géométrie de la lentille*

L'amas minéralisé Tortigny présente une forme tabulaire et plissée. Il s'agit en fait d'un synforme plongeant à 50° vers l'ouest. Le corps minéralisé est en forme de "V" avec un épaississement près de la charnière du pli. Le gîte atteint une profondeur de 250 mètres (Dessureault et Trépanier, 1997).

### C) De Maurès

L'information recueillie pour effectuer les travaux de ce gîte provient des rapports d'exploration et des journaux de sondage de SOQUEM INC. L'accès aux carottes de forage étant possible, une vérification des descriptions lithologiques, des sondages ainsi qu'une prise d'échantillons pour lames minces et analyses lithogéochimiques ont été effectuées.

#### *Structure*

L'absence d'affleurement en surface, dans ce secteur, ne permet pas de visualiser une schistosité principale. Par contre, à l'intérieur des lames minces, le développement d'une bonne schistosité permet de croire que des événements de déformation sont survenus dans ce secteur, car Le gîte De Maurès est localisé au cœur du synclinal de Cuvette qui représente un pli isoclinal et déversé vers le nord

#### *Localisation et historique*

Le gîte localisé en bordure du lac De Maurès dans la portion sud-ouest de la ceinture de Frotet, a été découvert par SOQUEM INC. en 1996.

### *Environnement géologique*

La séquence (Figure 12) formant le gîte comprend des coulées basaltiques intercalées avec des tufs de composition felsique à intermédiaire. Cette séquence siège au sein de la formation de Châtillon. À certains endroits, dans la séquence de tuf, des horizons d'argilites-siltstones sont présents. Des intrusions de composition felsique à intermédiaire sont localisées au sud du synclinal de Cuvette (Bellavance, 1997). Des intrusions mafiques et ultramafiques sont également présentes sur la propriété et viennent recouper les diverses unités. Cependant, cette diversité n'est pas visible près de l'horizon minéralisé qui est représenté sur la section de la figure 12. Les intrusions servent d'ailleurs d'horizon repère pour définir les séquences stratigraphiques. Des dykes nourriciers et des failles sont présents un peu partout sur l'ensemble de la propriété (Bellavance, 1997). La minéralisation est incluse dans un horizon faiblement à moyennement silicifié localisé au contact entre des coulées basaltiques et des tufs. L'altération, de façon générale, consiste en une chloritisation près de la lentille en plus d'une sérichtisation et d'une carbonatation. Une biotitisation est observée par endroits et est causée par le métamorphisme (Bogle, 1977).

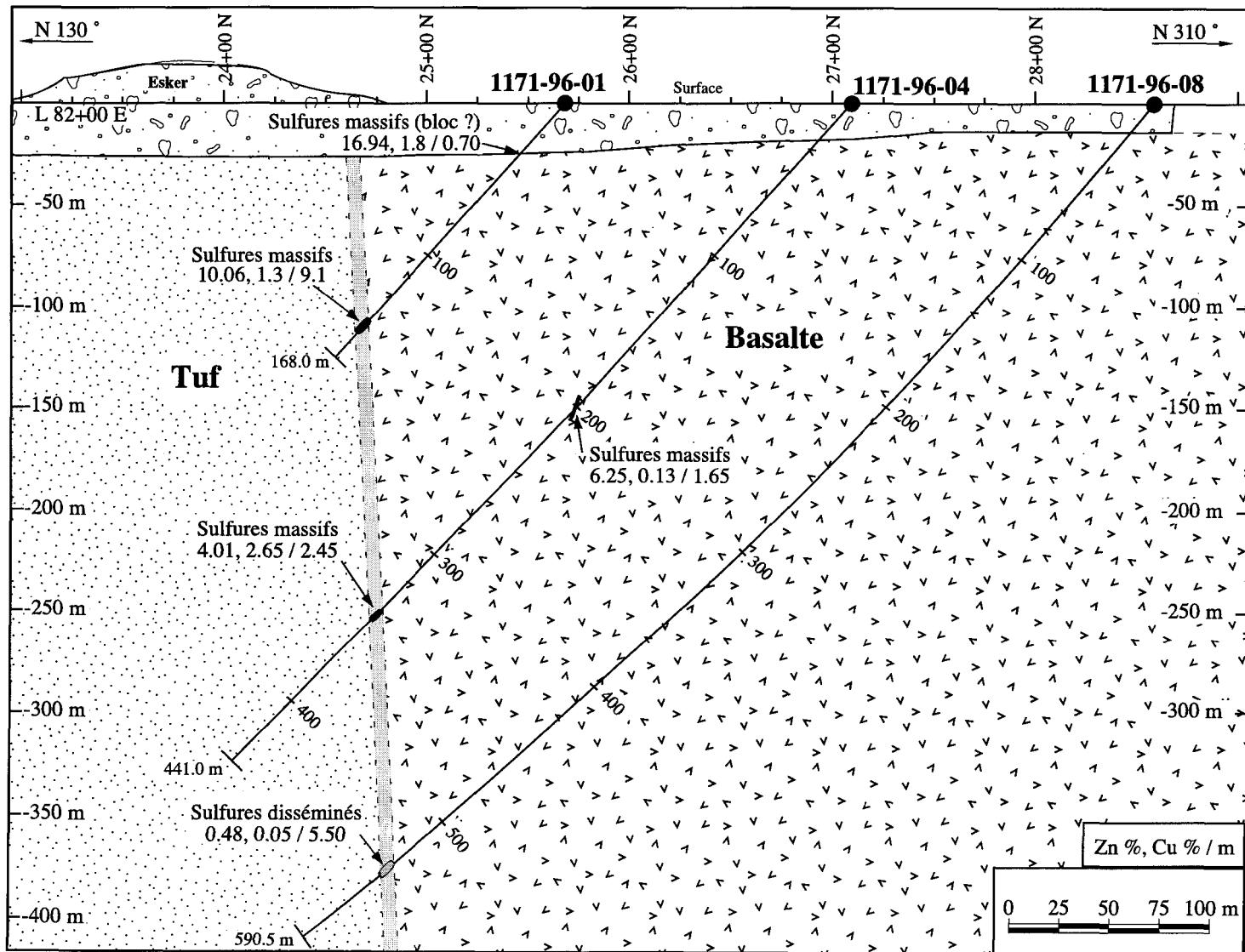


Figure 12 : Section 82+00 mE du gîte De Maurès. (Modifié de Bellavance, 1997)

### *Minéralogie de la minéralisation*

Les sulfures présents sont, par ordre d'importance, la sphalérite (30 %), la pyrite (14 %), la pyrrhotite (11 %), la chalcopyrite (9 %) et des traces de galène. En lames minces, les sulfures démontrent une texture de recristallisation, car de nombreux points triples à 120° sont observés dans la pyrrhotite.

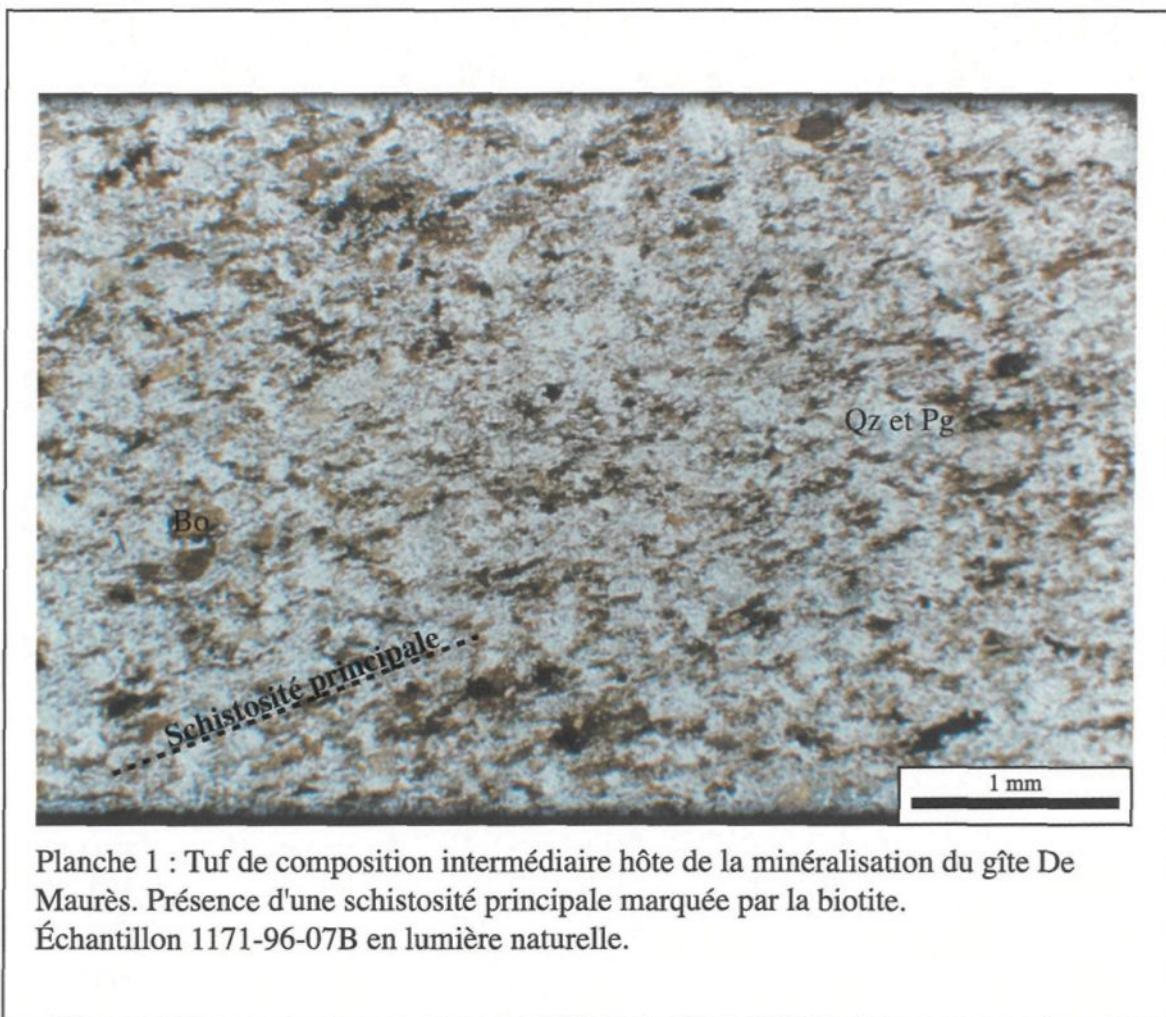
### *Morphologie et géométrie de la lentille*

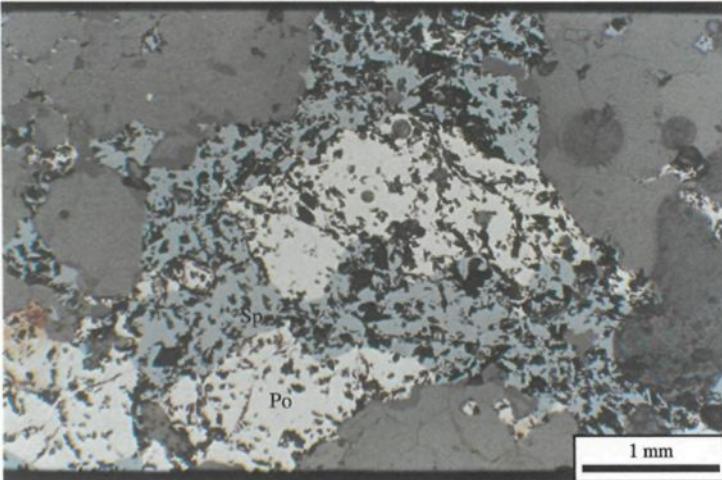
La zone minéralisée s'étend, en section, jusqu'à une profondeur de 390 mètres avec une largeur moyenne de 8 mètres. En longitudinale, l'enveloppe minéralisée des sulfures massifs s'étend sur 1400 mètres et environ 130 mètres de largeur. La géométrie du gîte De Maurès se divise en deux parties, soit une partie massive et une partie à filonnets. La partie massive est formée par des veines de sulfures massifs décimétriques et la zone à filonnets, périphérique à la zone massive, comprend des filonnets concordants à la lithologie à l'est de la lentille, tandis que la partie ouest de la lentille renferme des filonnets mis en place dans la fracturation. La plupart des filonnets ont une orientation variant entre 15° et 40° par rapport à l'axe de la carotte.

### *Pétrographie*

Deux unités différentes ont fait l'objet de l'étude pétrographique sur le gîte De Maurès, soit les sulfures massifs et les volcanoclastites. De façon générale, les tufs sont composés de plagioclases, quartz, biotite, chlorite et parfois d'amphiboles comme la trémolite puis des carbonates (Planche 1). La proportion, minéraux felsiques, minéraux mafiques, est d'environ 50% -50 %. La texture principale observée dans les tufs est une orientation préférentielle indiquant l'effet de la déformation. La granulométrie est fine et les grains ont une forme polygonale. En plus des minéraux silicatés présents, on retrouve aussi des sulfures (Planche 2). En effet, des traces de pyrrhotite, pyrite et parfois chalcopyrite, sphalérite et galène sont présentes dans les volcanoclastites.

Quant aux sulfures, ils se présentent sous deux formes, soit des veines ou filonnets de sulfures et des amas ou des lentilles de sulfures massifs. Les principales phases sulfurées sont la sphalérite et la pyrrhotite et l'on retrouve également de la pyrite et de la chalcopyrite. Les grains sont tous poecilitiques et xénomorphes et chacune des phases sulfurées montre des textures de croissance mutuelle.

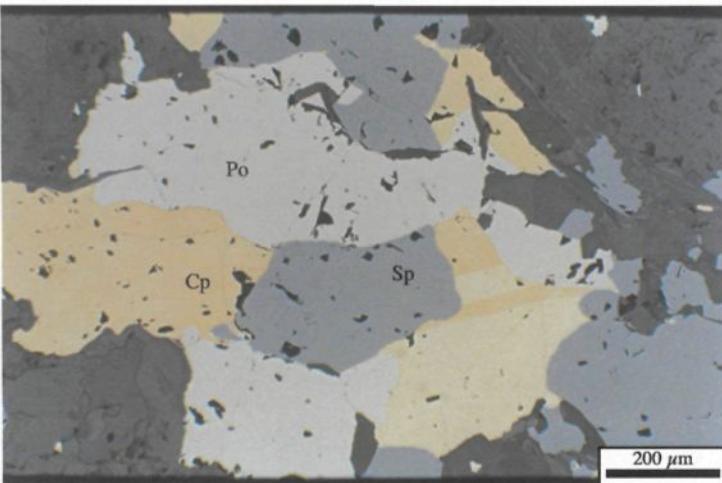




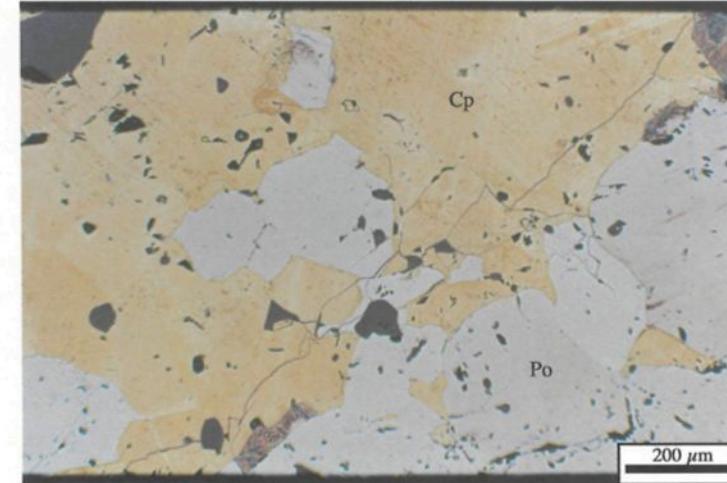
A. Sphalérite et pyrrhotite poecilitiques et interstitielles à la gangue. (Échantillon 1171-96-04A).



B. Pyrrhotite, chalcopyrite et sphalérite interstitielles dans la gangue. (Échantillon 1171-96-08).



C. Association des phases sulfurées (pyrrhotite, sphalérite et chalcopyrite). (Échantillon 1171-96-04B).



D. Pyrrhotite et chalcopyrite en croissance mutuelle. (Échantillon 1171-96-08).

Planche 2 : Minéralisation massive du gîte De Maurès en lumière réfléchie.

## D) Moléon

Les informations recueillies sur le gîte de Moléon proviennent essentiellement du rapport interne effectué par Chabot (1997). Quant aux résultats d'analyses, certains proviennent des diverses campagnes de sondage réalisées par Falconbridge Ltd, de la maîtrise de Bogle (1977) et du projet de fin d'étude de Chalifour (1997). Trois trous de forage étaient accessibles, soit les forages Mo-96-01, MO-96-02 et MO-96-03. Ces forages ont donc permis une vérification de la cartographie et une prise d'échantillons pour des analyses lithogéochimiques et des lames minces.

### *Structure*

D'après la cartographie régionale effectuée par Rondot (1972), la schistosité principale semblent être de direction E-N-E avec des pendages variant autour de 80°. Cependant, près du gîte, les couches lithologiques ainsi que les lentilles minéralisées ont une orientation est-ouest avec une direction variant de 78° à 90° généralement avec un pendage vers le sud. La déformation dans ce gîte, selon l'étude pétrographique, semble être beaucoup plus élevée aux abords des lentilles minéralisées que dans les roches avoisinantes.

### *Localisation et historique*

Le gîte Moléon , localisé dans la bande de Frotet, est visible sur la rive ouest de la baie Moléon du lac Frotet (Figure 13). L'indice minéralisé fut découvert en 1961 par un prospecteur œuvrant pour Falconbridge Ltée. Avec le temps, les nombreux forages effectués sur la propriété ont pu mener à la définition du gîte tel que connu actuellement.

### *Environnement géologique*

Les roches volcano-sédimentaires présentes appartiennent toutes à la formation de Châtillon. La zone minéralisée se situe à l'intérieur d'une séquence de tufs de composition felsique à intermédiaire et de basaltes (Figure 14). Quant à la minéralisation, elle est comprise dans un schiste à trémolite-actinote. De la minéralisation est également visible à l'intérieur d'une pyroxénite. Cependant, l'absence d'altération au sein de la pyroxénite laisse supposer une mise en place tardive par rapport aux sulfures massifs. La pyroxénite aurait donc arraché des fragments de sulfures lors de sa mise en place. D'autres intrusions péridotitiques viennent également recouper les lithologies en place à l'ouest de la propriété. Les altérations dominantes sont un assemblage de trémolite-actinote, une biotitisation, une sérichtisation et une carbonatation. Une légère silicification est présente dans le bas de la lentille de sulfures massifs.

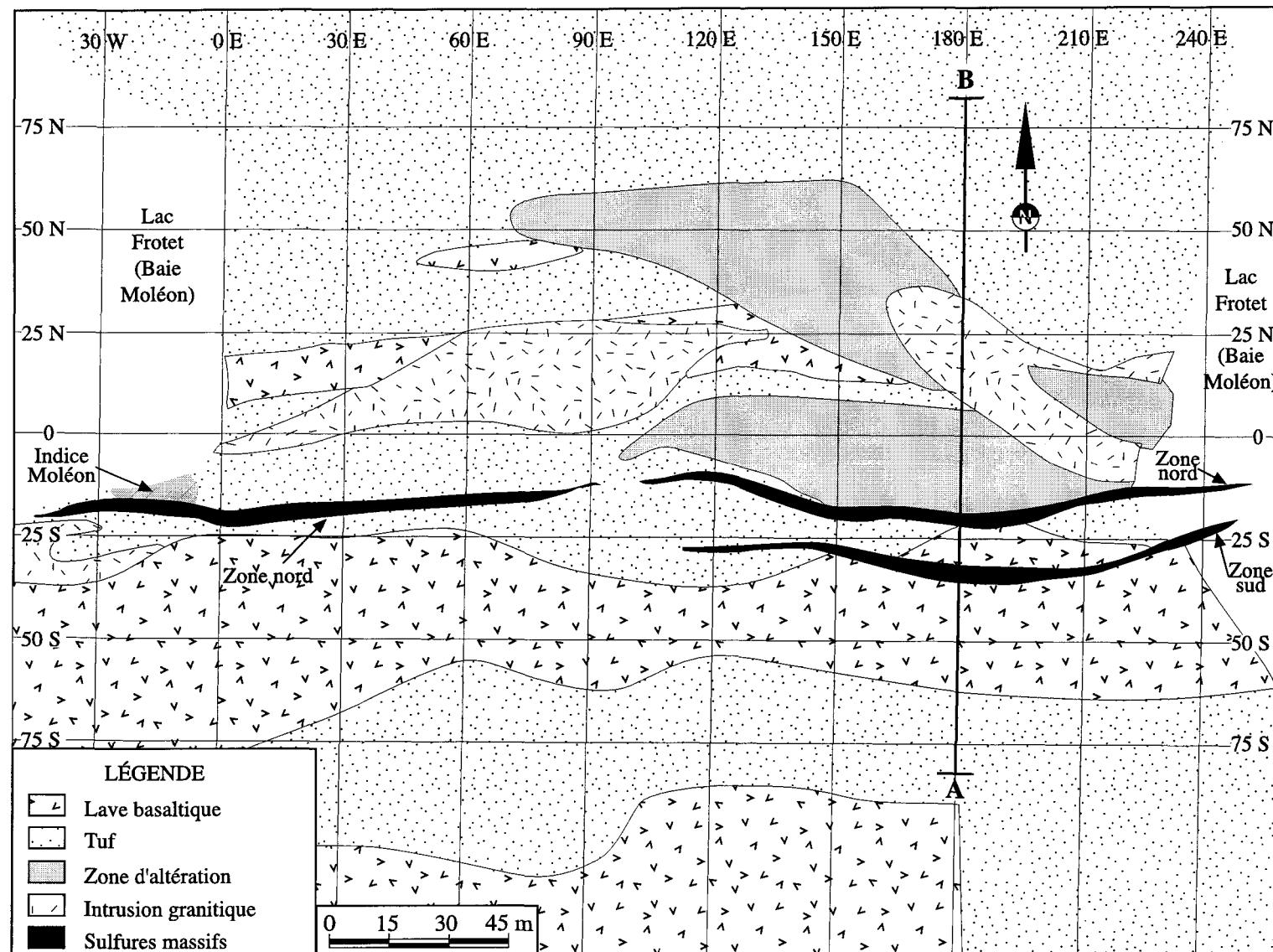


Figure 13 : Plan montrant la géologie environnante du gîte Moléon avec une projection de la zone minéralisée en surface. (Modifié de Chabot, 1997)

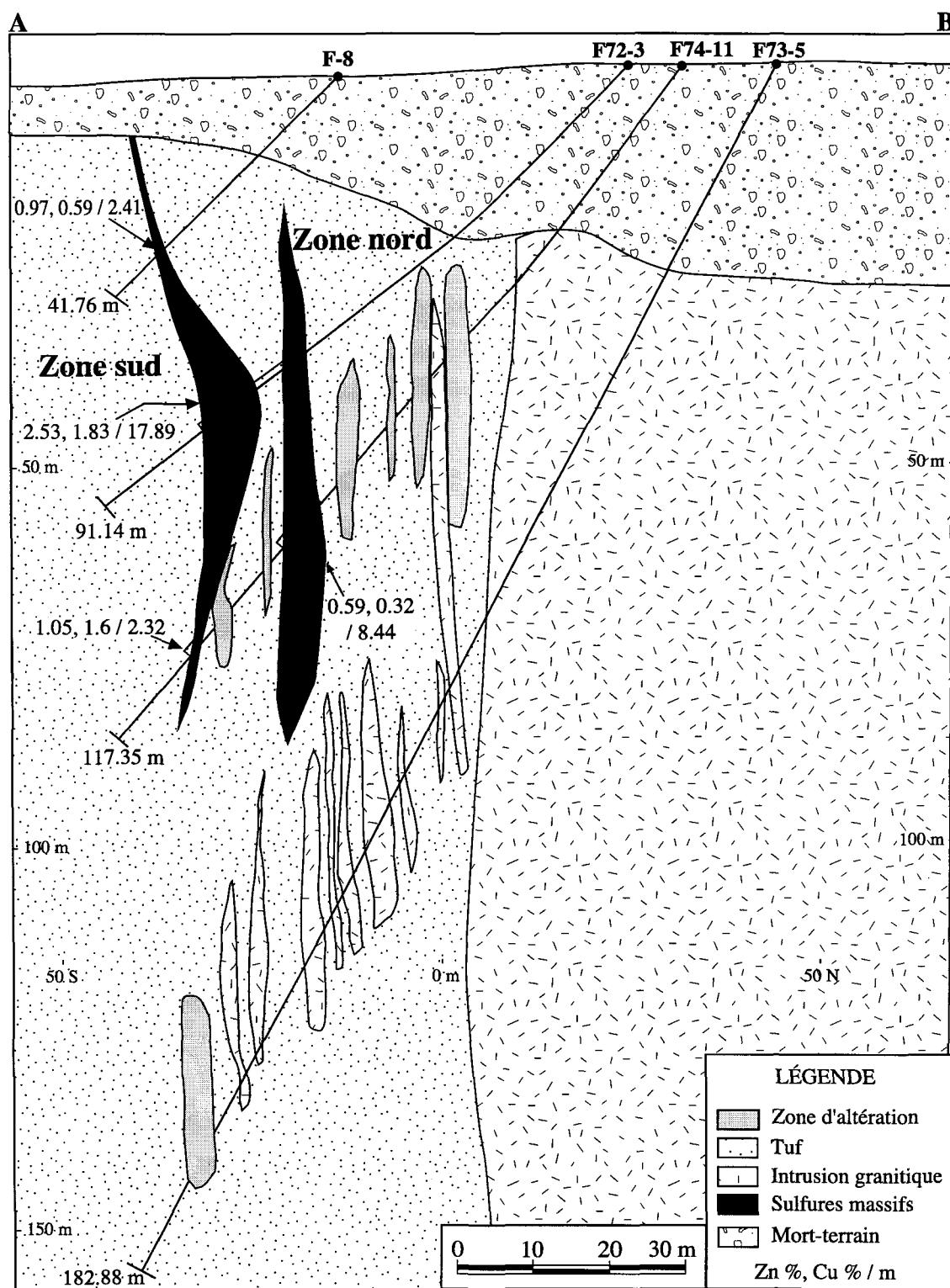


Figure 14 : Section 182 mE du gîte Moléon (Modifié de Chabot, 1997).

### *Minéralogie de la minéralisation*

La zone nord est composée de pyrite (20 %), de pyrrhotite (13 %), de sphalérite (6 %) et de chalcopyrite (8 %). La zone sud, quant à elle, est constituée de pyrrhotite (28 %), de pyrite (28 %), de sphalérite (6 %) et de chalcopyrite (3 %). Des traces de galène et de magnétite composent également l'assemblage de sulfures rencontré dans les deux lentilles.

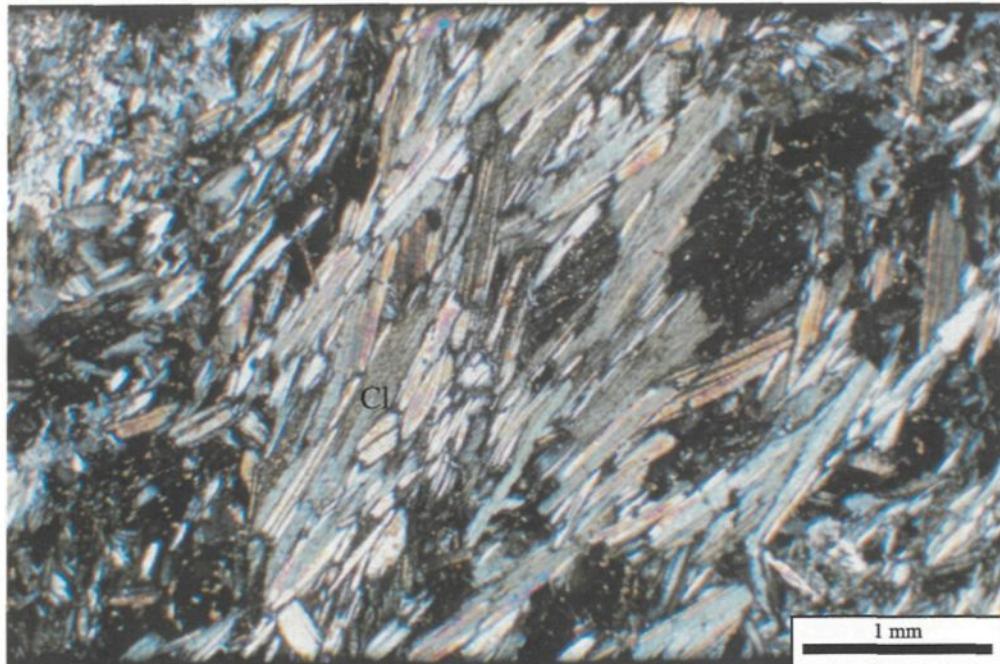
### *Morphologie et géométrie de la lentille*

Le gîte Moléon se compose de deux lentilles de sulfures massifs, distantes d'environ 4 mètres, prénommées la zone nord et la zone sud. Selon Bogle (1977), une faille serait à l'origine de la formation de ces deux lentilles. Les sulfures sont présents sous deux formes, soit massive ou disséminée. En lame mince, aucune texture primaire des sulfures massifs n'est visible. Cependant, une intercroissance des sulfures et des silicates est présente. Une légère zonation, marquée par un enrichissement en cuivre et en argent, est visible dans les deux premiers mètres de la lentille. Les derniers sept mètres sont, quant à eux, enrichis en zinc et en or. Les dimensions de la zone nord sont de 285 mètres de long avec une largeur variant de 2 à 6 mètres et celles de la zone sud, de 135 mètres de longueur par 4 mètres de largeur. Les deux zones se pincent à environ 80 mètres de profondeur verticale. La

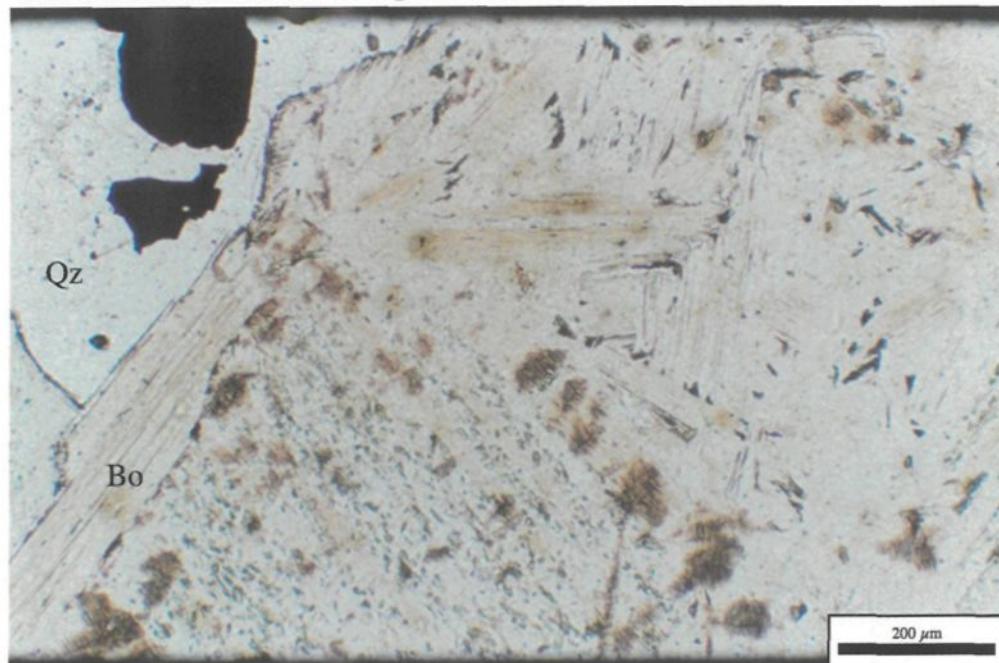
géométrie du gîte se divise en deux partie, une partie massive et une partie à filonnets qui englobe aussi la dissémination. La partie massive est composée de veines de sulfures massifs d'épaisseur variable. L'arrangement des zones à filonnets par rapport aux veines de sulfures massifs est aléatoire. En effet, les zones à filonnets sont présentes à la fois dans la lentille minéralisée et réparties à travers les différentes lithologies. La plupart des filonnets sont parallèles au rubanement de la roche encaissante.

### *Pétrographie*

Dans le gîte Moléon, trois lames minces ont été étudiées. La première est dans le schiste à chlorite qui est porteur de la minéralisation. Ce schiste, également nommé tuf altéré, est majoritairement (60 %) constitué de bâtonnets de chlorite et de biotite en voie de chloritisation (Planche 3). Du quartz et des plagioclases composent 25 % de la roche. Les plagioclases sont séricités. La texture présente rappelle une texture ophitique dans le sens où le quartz et le plagioclase forment des amas entre les bâtonnets de chlorite et de biotite. Les autres phases minérales présentes sont la pyrrhotite (14 %) et la chalcopyrite (1 %). Leurs grains sont xénomorphes et leur bordure est morcelée. L'autre lithologie observée est le basalte (Planche 4). Celui-ci se compose de hornblende verte (49 %), plagioclases (35 %) et quartz (15 %). Les grains de hornblende verte sont xénomorphes mais quelques



A. Présence d'une forte altération en chlorite à l'intérieur d'un schiste.  
Échantillon 34401 en lumière polarisée.

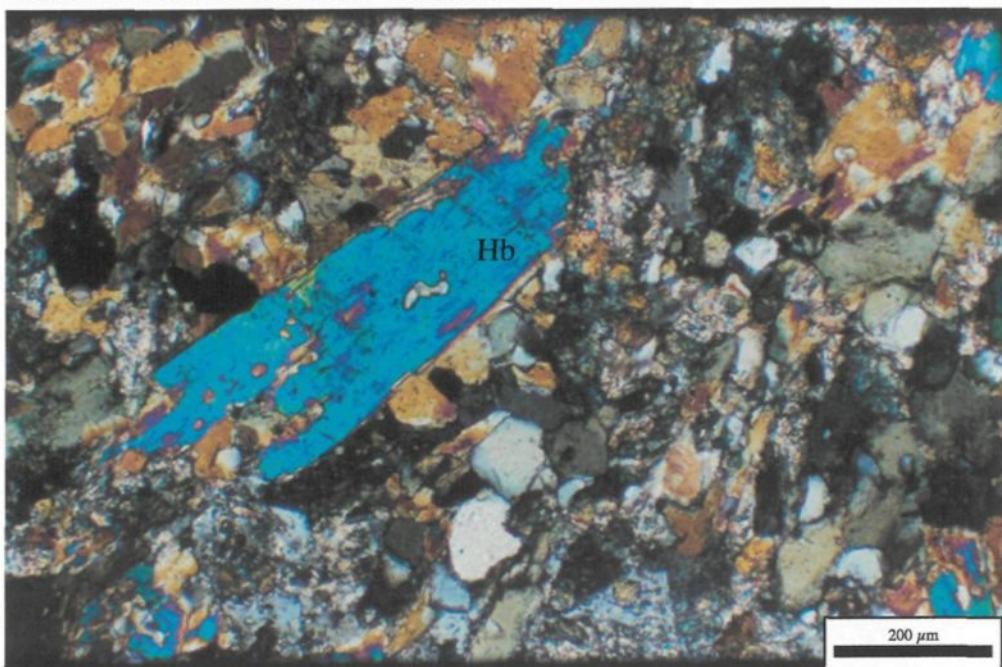


B. Biotite en voie de chloritisation au sein d'un schiste à chlorite. Échantillon 34401 en lumière naturelle.

Planche 3 : Roche hôte de la minéralisation du gîte Moléon.



A. Basalte à texture massive composé de hornblende, quartz et plagioclases.  
Échantillon 34406 en lumière naturelle.



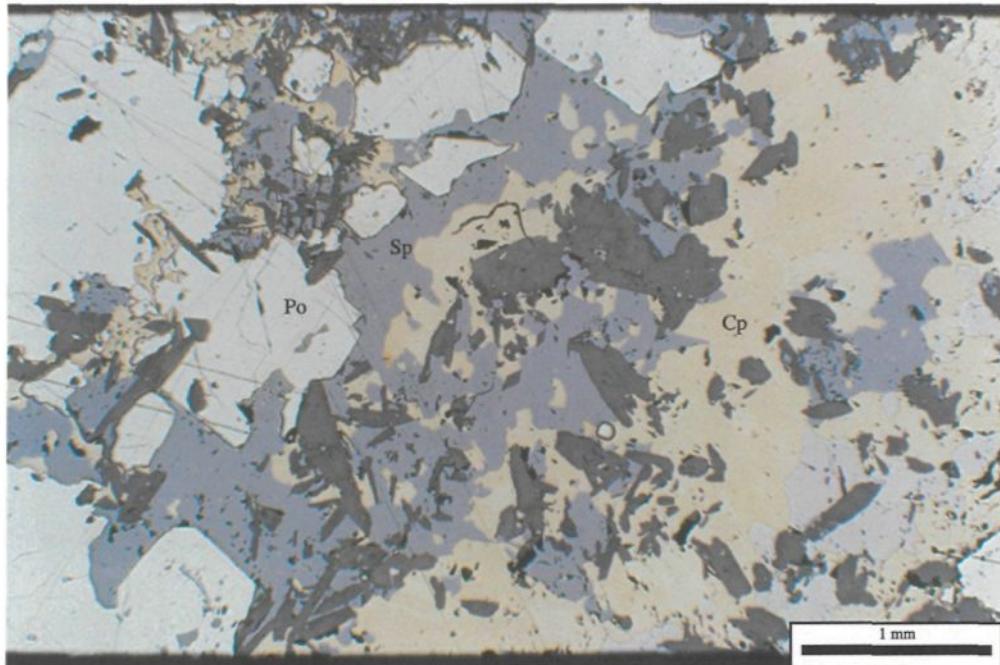
B. Basalte à texture massive en lumière polarisée. (Échantillon 34406).

grains aux bordures morcelées arborent encore la forme hexagonale idiomorphe. Quant aux plagioclases et au quartz, leurs grains sont plutôt sub-arondis avec une tendance à être polygonaux. On reconnaît parfois la forme originale de certains plagioclases mais la séricitisation est prononcée. Également, des traces de chalcopyrite et pyrite disséminées sont présentes dans le basalte.

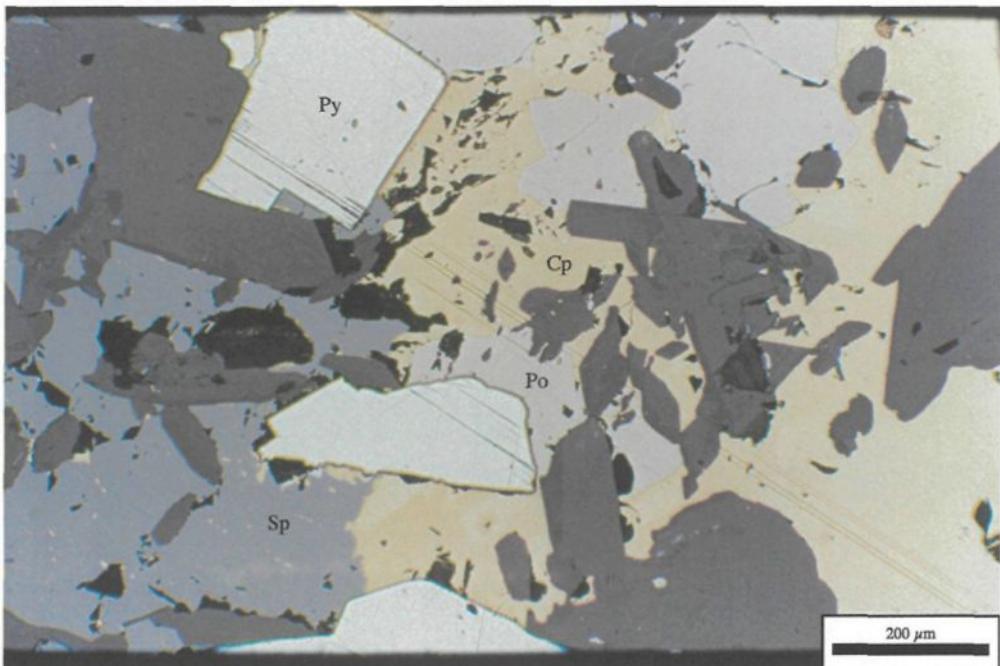
Sur la lame mince effectuée dans la minéralisation massive (Planche 5), les phases présentes sont la chalcopyrite, la pyrrhotite, la sphalérite, la pyrite et peut-être de la molybdénite. Tous les grains sont xénomorphes et plus ou moins poecilitiques puis, la principale texture est une intercroissance des sulfures et des silicates. La gangue se compose de quelques grains de quartz, plagioclases et trémolite.

#### E) Domergue

L'étude du gîte Domergue a pu être réalisé par l'accès aux rapports d'exploration et aux journaux de sondages effectués par SOQUEM INC. Une vérifications des descriptions lithologiques ainsi que des analyses lithogéochimiques et des lames minces a pu être faite grâce à l'accès aux carottes de forage.



A. Association des phases sulfurées dans les sulfures massifs.  
(Échantillon 34405).



B. Sulfures massifs composés de pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite et sphalérite.  
(Échantillon 34405).

Planche 5 : Minéralisation massive du gîte Moléon en lumière réfléchie.

*Structure*

La schistosité principale sur le terrain a une orientation N-W avec des pendages variant de 45° à 80° (Roy, 1986). D'après l'étude pétrographique, au moins deux événements de déformation seraient survenus dans ce secteur, étant donné la présence de deux schistosités bien développées. Le faible pendage des couches présentes sur la section du gîte peut être le reflet de failles de chevauchement car de nombreuses failles d'orientation N-W et E-N-E sont présentes dans ce secteur (Roy, 1986).

*Localisation et historique*

Le gîte Domergue a été découvert par forage en 1988 par SOQUEM INC. L'accès difficile du terrain a contraint la compagnie à abandonner les travaux jusqu'en 1994. Lorsque SOQUEM INC. acquiert de nouveaux droits miniers en 1994, divers travaux en partenariat ont été effectués et ont permis de définir le gîte sous sa forme actuelle (Bellavance, communication personnelle).

*Environnement géologique*

La propriété regroupe trois ensembles principaux de roches soit : les火山岩 (volcanites mafiques), les filons-couches et les dykes de diabase (Bellavance et Pouliot, 1997). Cet

ensemble de roches, selon Gosselin (1998), appartiendrait à la formation de Domergue nord. Les volcanites mafiques se composent de laves de composition basaltique à andésitique. À l'intérieur de ces unités, des horizons pyroclastiques sont localement présents (Bellavance et Pouliot, 1997). Les filons-couches, de composition mafique à ultramafique, comprennent des intrusions de gabbro et de pyroxénite stratiformes et comagmatiques avec les unités de laves encaissantes (Simard, 1987). La minéralisation du gîte Domergue est comprise dans un tuf fin de composition intermédiaire. Cet horizon de tuf, d'une largeur de 40 mètres, est également coincé en concordance entre une pyroxénite et un leucogabbro (Figure 15). Les altérations présentes sont une chloritisation et une séricitisation.

#### *Minéralogie de la minéralisation*

L'amas supérieur comprend, par ordre d'importance, de la pyrrhotite (55 %), de la sphalérite (19 %), de la chalcopyrite (2 %) et des traces de pyrite. En ce qui concerne l'amas inférieur, il se compose des mêmes minéraux de sulfures mais en quantité moindre. L'étude en lame mince de certains échantillons de sulfures massifs a révélé un alignement préférentiel des grains de pyrrhotite témoignant d'un épisode de métamorphisme dynamique. Également, des points triples à 120° dans la pyrrhotite et la présence de grains

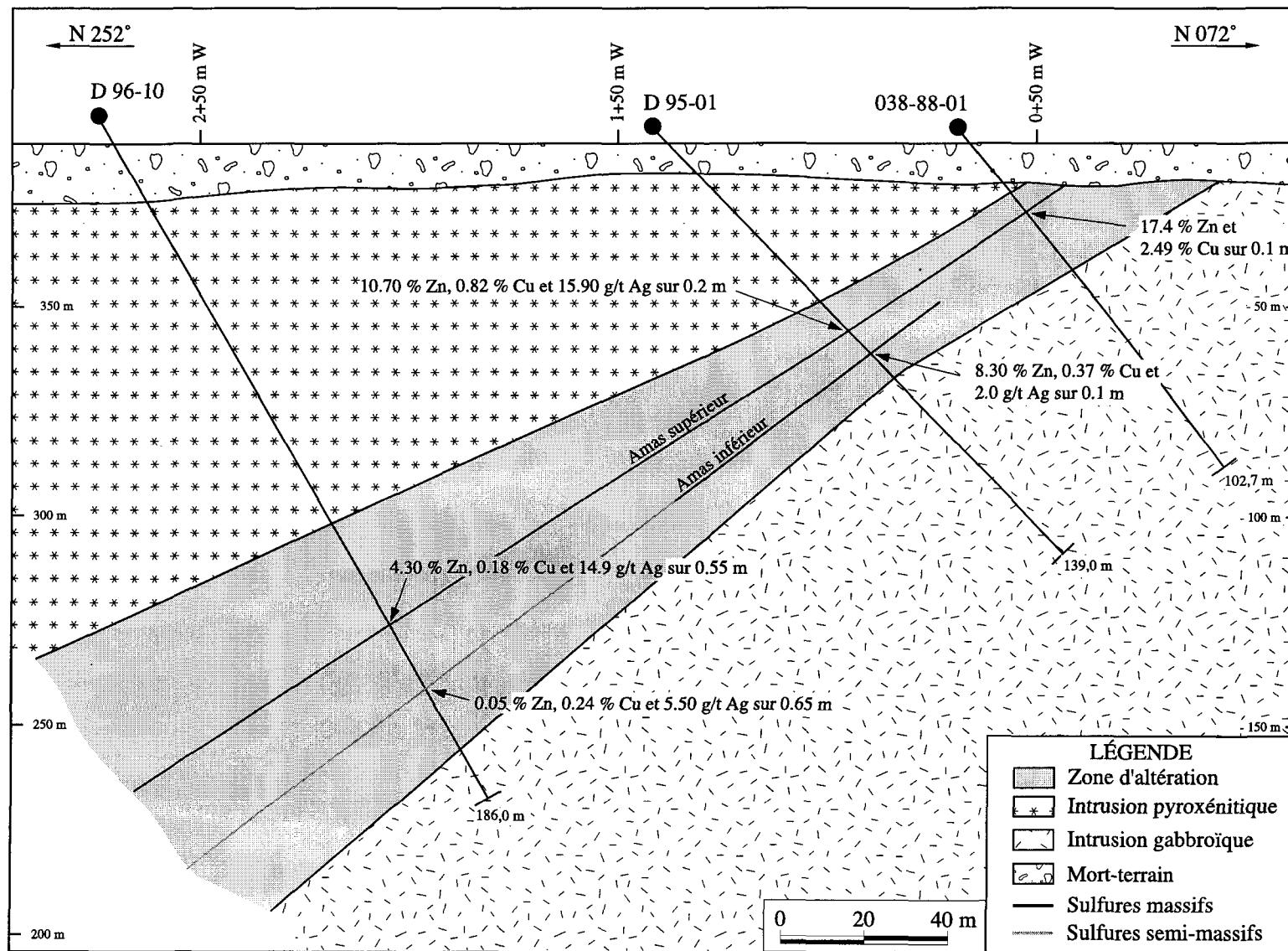


Figure 15 : Section 1+00 mS du gîte Domergue (Modifié de Bellavance et Pouliot, 1997).

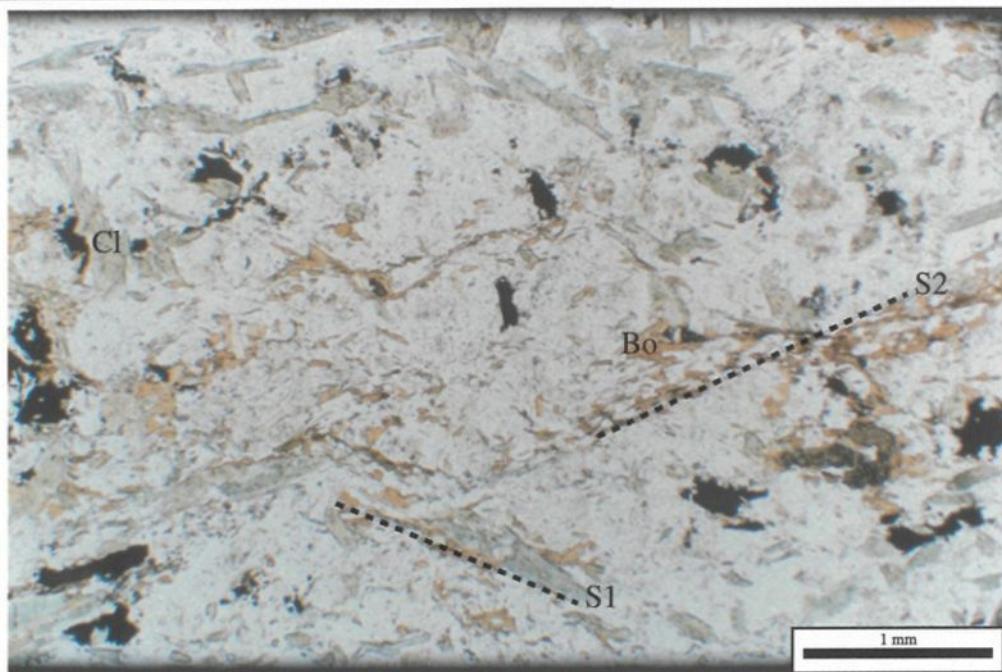
de sulfures entre les silicates en feuillets révèlent aussi que les sulfures ont subi une recristallisation due au métamorphisme.

#### *Morphologie et géométrie de la lentille*

Le corps minéralisé se divise en deux amas sulfurés, soit l'amas supérieur et l'amas inférieur. L'amas supérieur est majoritairement constitué de sulfures massifs tandis que l'amas inférieur se compose de sulfures massifs et semi-massifs. La dimension des amas sulfurés est plutôt restreinte. En effet, leur largeur varie entre 0,55 mètres et 0,65 mètres. Leur étendue en profondeur est encore inconnue. De façon générale, la géométrie du gîte de Domergue se compose d'une zone de minéralisation massive formant la lentille et d'une zone à filonnets. La zone à filonnets, localisée majoritairement à l'ouest du corps minéralisé, est beaucoup moins importante si on la compare aux autres gîtes du secteur Frotet. Seulement quelques forages avoisinant le corps minéralisé possèdent des filonnets parallèles au rubanement de la roche ou dans la fracturation.

#### *Pétrographie*

Deux lames minces ont été faites dans les volcanoclastites adjacentes à la minéralisation (Planches 6 et 7). Ces lithologies sont composées à plus de 70 % de quartz



A. Présence de deux orientations préférentielles dans le tuf. Échantillon 106066 en lumière naturelle.



B. Fabrique S et C dans le tuf. Présence d'une légère altération en carbonates et d'une recristallisation des grains de quartz. Échantillon 106066 en lumière polarisée.

Planche 6 : Roche hôte du gîte Domergue.

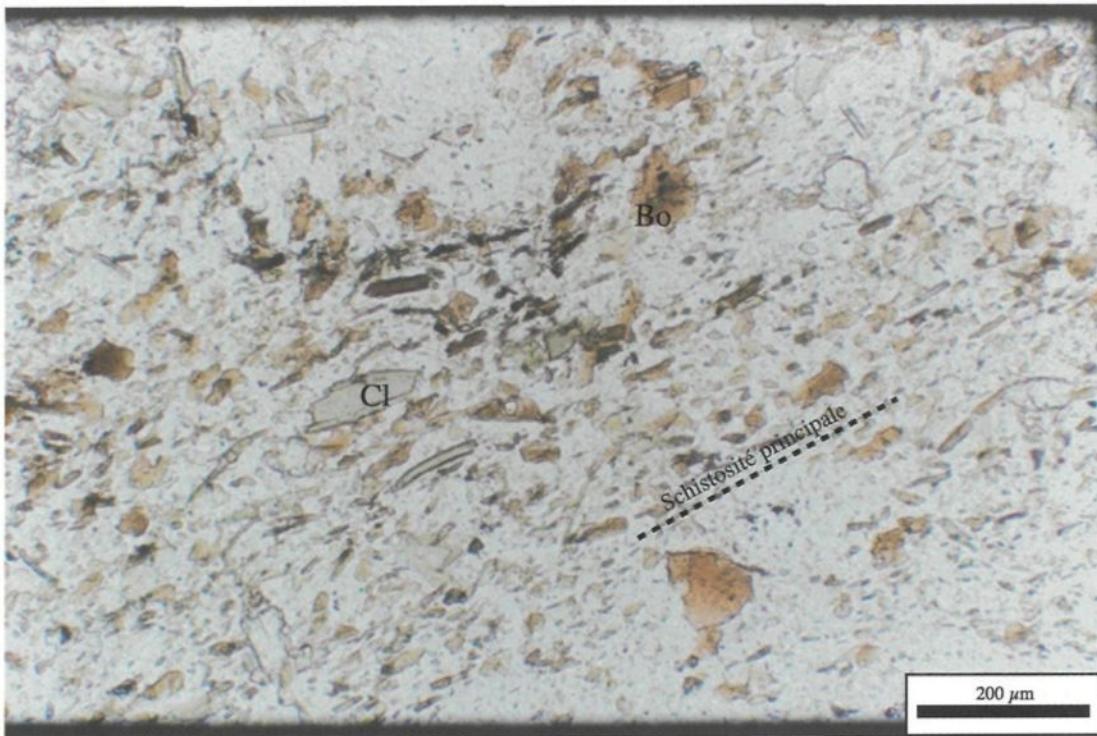


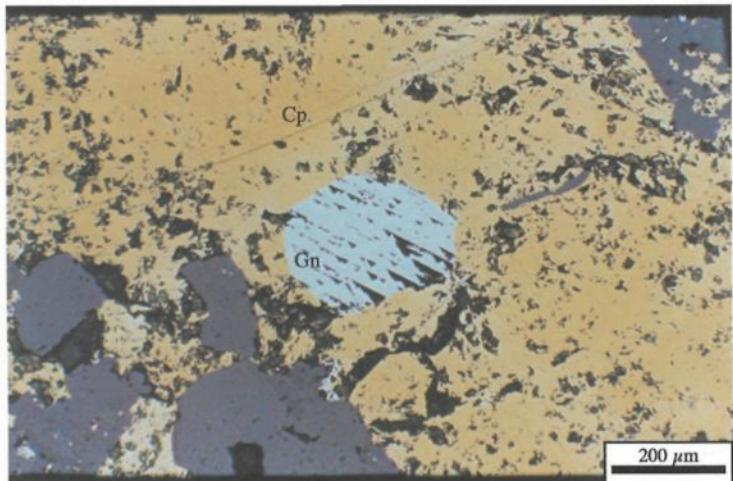
Planche 7: Tuf de composition plus felsique hôte de la minéralisation, composé de chlorite, biotite, quartz et plagioclases montrant la schistosité principale. Échantillon 106072 en lumière naturelle.

et plagioclase. On retrouve également de la chlorite et de la biotite ainsi que quelques amas de carbonates dans l'échantillon le plus profond. Deux populations de grains sont présentes soit les grains grossiers et les grains beaucoup plus petits et plus ou moins polygonaux. Des sulfures disséminés comme la pyrrhotite et la chalcopyrite sont présents en traces et atteignent jusqu'à 5 %.

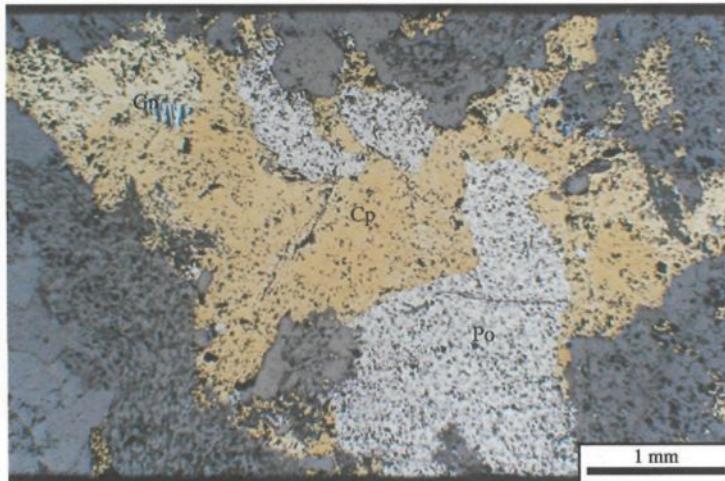
Les sulfures massifs et semi-massifs du gîte Domergue sont composés de pyrrhotite, chalcopyrite, sphalérite pyrite et galène (Planche 8). Les grains sont poecilitiques et sont tous en croissance mutuelle. La texture principale en est une de recristallisation où les sulfures se localisent entre les feuillets de gangue.

#### F) Indice P.K.

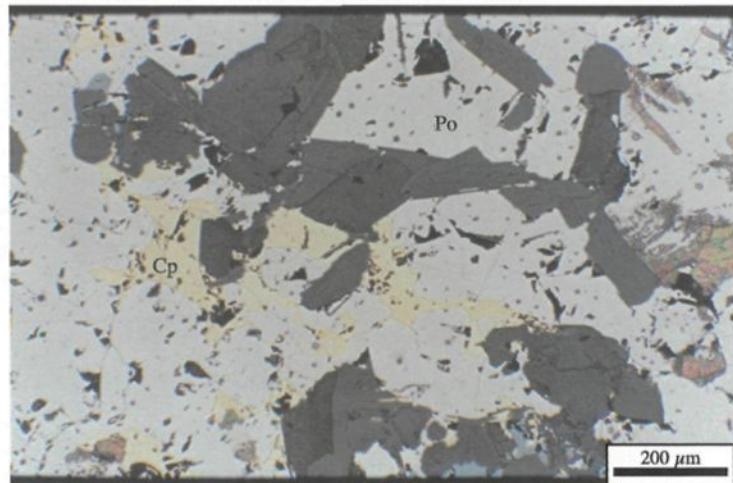
Les informations recueillies (géologie et analyses lithogéochimiques) de l'indice P.K. proviennent toutes du rapport d'activité de la compagnie Inco réalisé par Fraser et Samson (1994).



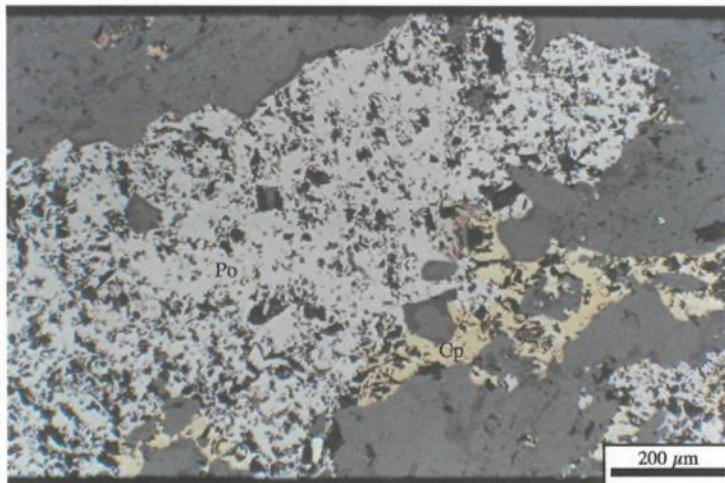
A. Galène avec triangles d'arrachement en inclusion dans un grain de chalcopyrite poecilitique. (Échantillon 7956).



B. Grains de pyrrhotite et chalcopyrite . Inclusions de galène dans la chalcopyrite. (Échantillon 7956).



C. Grains de chalcopyrite intersticiels aux grains de pyrrhotite. (Échantillon D96-10).



D. Veine de sulfures avec pyrrhotite et chalcopyrite. (Échantillon 106067).

Planche 8 : Différents aspects de la minéralisation du gîte Domergue.

### *Structure*

Dans le secteur de l'indice, peu d'affleurements sont présents. Cependant, il est possible de distinguer deux schistosités de direction E-W et N-E à pendages variables (Simard, 1979). Finalement les couches lithologiques, composantes de l'indice, sont orientées est-ouest avec un pendage sub-vertical.

### *Localisation et historique*

L'indice P.K., faisant partie de la propriété Monique, se localise dans la partie centrale sud de la ceinture de Frotet. L'indice P.K. fut découvert en 1993 par la compagnie INCO.

### *Environnement géologique*

La séquence volcano-sédimentaire (Figure 16), couvrant la propriété, se situe dans la formation de Domergue nord (Fraser et Samson, 1994). La séquence stratigraphique consiste en des basaltes interdigités avec des sédiments comme des mudstones graphiteux, des greywackes et des siltstones chloriteux (Figure 17). Environ six cycles d'alternance basaltes-sédiments à grains fins d'épaisseur variant de 300 à 600 mètres sont présents (Fraser et Samson, 1994). Seulement deux ou trois de ces cycles sont porteurs de la

minéralisation (Fraser et Samson, 1994). Une intrusion recoupe la séquence dans les parties centrale et nord-est de la propriété (Fraser et Samson, 1994). Les altérations, ayant affecté les roches encaissantes, sont une chloritisation, une biotitisation, une albitisation et la présence de fuschite.

#### *Minéralogie de la minéralisation*

La minéralisation généralement associée aux horizons sédimentaires comprend de la pyrrhotite (70 %), de la sphalérite (15 %) de la pyrite (5 %) et de la chalcopyrite (3 %).

#### *Morphologie et géométrie de la lentille*

Les sulfures se présentent sous forme massive à semi-massive, disséminée et en filonnets. La zone minéralisée est parallèle avec les lithologies encaissantes. L'indice P.K. possède d'avantage de zones à filonnets que de partie massive. En effet, la partie massive est restreinte à un seul forage. Par contre, les zones à filonnets sont beaucoup plus étendues. Les zones se retrouvent de chaque côté de la partie massive ainsi que sous celle-ci. Les filonnets sont majoritairement parallèles à la foliation et en remplissage de fractures près de la partie massive.

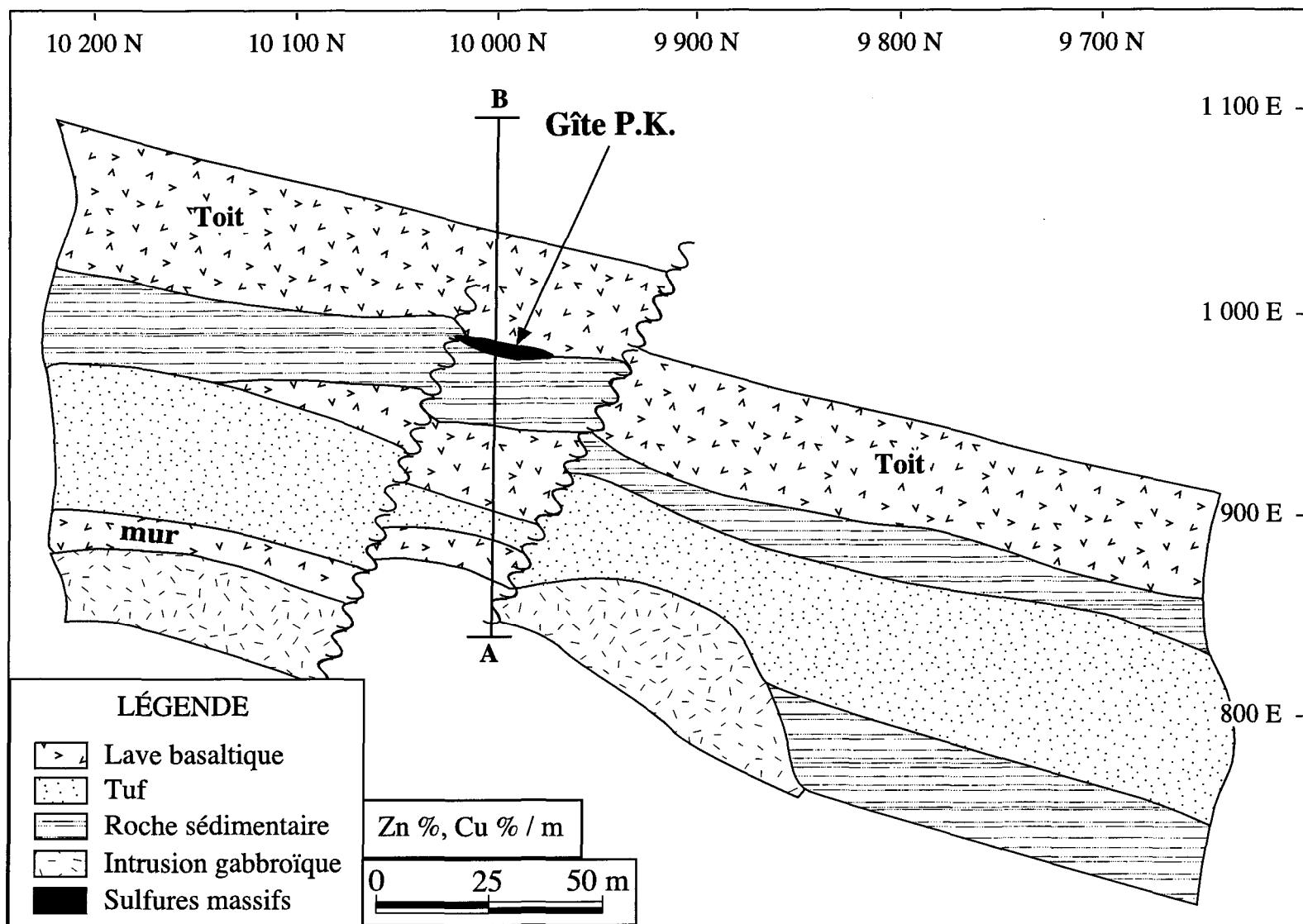


Figure 16 : Géologie en plan de l'indice P.K. (Modifié de Fraser et Samson, 1994).

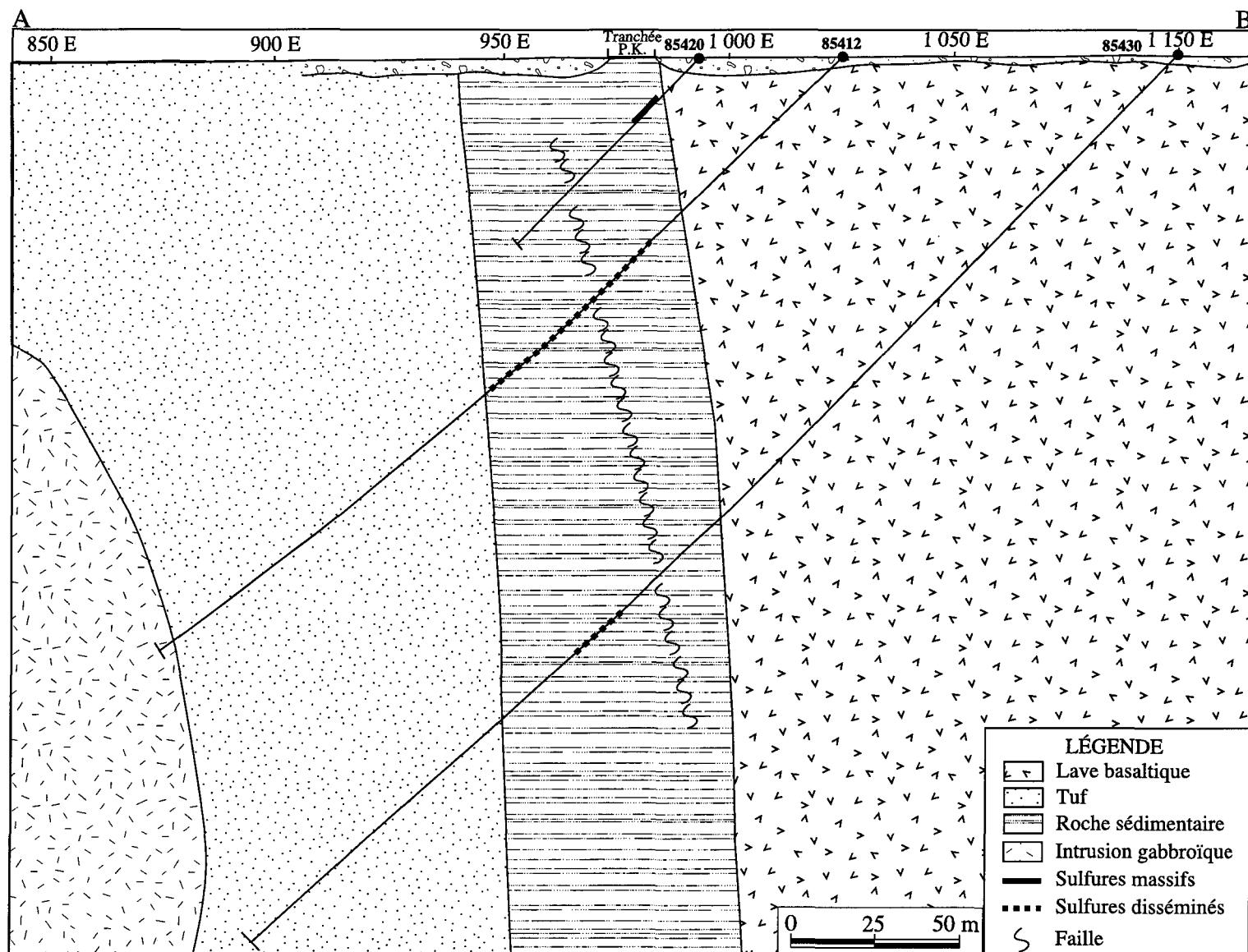


Figure 17 : Section 10 000N de l'indice P.K. (Modifié de Fraser et Samson, 1994).

## G) Indice Roméo Boisvert

Les informations disponibles sur l'indice Roméo Boisvert ont été recueillies lors de la cartographie et de l'échantillonnage de la tranchée par Légaré (1999).

### *Structure*

D'après la cartographie réalisée par Roy (1986), peu d'affleurements sont présents dans le secteur et la schistosité n'y est pas bien développée. Par contre, sur certains affleurements de basalte, la schistosité est quasi E-W avec des pendages variant de 60° à 80° puis, sur les affleurements de gabbro, la schistosité est N-W avec des pendages variant de 65° à 75°. Au niveau de la tranchée, il est possible de distinguer deux systèmes de fracturation orientés à 142°-322° et 120°-300° qui pénètre la roche basaltique. Également, le contact minéralisé entre le basalte et l'intrusion gabbroïque est ondulant et cisaillé et son orientation est de 145° avec un pendage sub-vertical.

### *Localisation et historique*

L'indice Roméo Boisvert se localise à l'est du lac Frotet soit dans le cœur de l'anticlinal de Frotet, et fut découvert par un prospecteur ayant légué son nom à l'indice.

### *Environnement géologique*

Les lithologies présentes sur cet indice sont un basalte et un gabbro (Figure 18). Le basalte est aphanitique et massif. L'altération du basalte est une chloritisation moyenne. Le gabbro est quant à lui porphyrique par endroits et peu altéré.

### *Minéralogie de la minéralisation*

La lentille de sulfures massifs est principalement composée de sphalérite (70 %) avec de la chalcopyrite (10 %). On y retrouve la pyrrhotite sous forme d'amas, puis de la chalcopyrite en amas, en filonnets et en remplissage de fractures (Légaré, 1999). Des traces de pyrite cubique sont également visibles. En lame mince, une très forte altération des sulfures est présente. Les grains sont partiellement à totalement déchiquetés et oxydés. Une texture primaire de litage dans la sphalérite est visible. La minéralisation est essentiellement encaissée dans le basalte et suit le contact entre le gabbro et le basalte. Un chapeau de fer est également présent le long du contact sur une largeur d'environ 1 mètre. Le chapeau de fer témoigne d'un lessivage intense en surface de la roche en place.

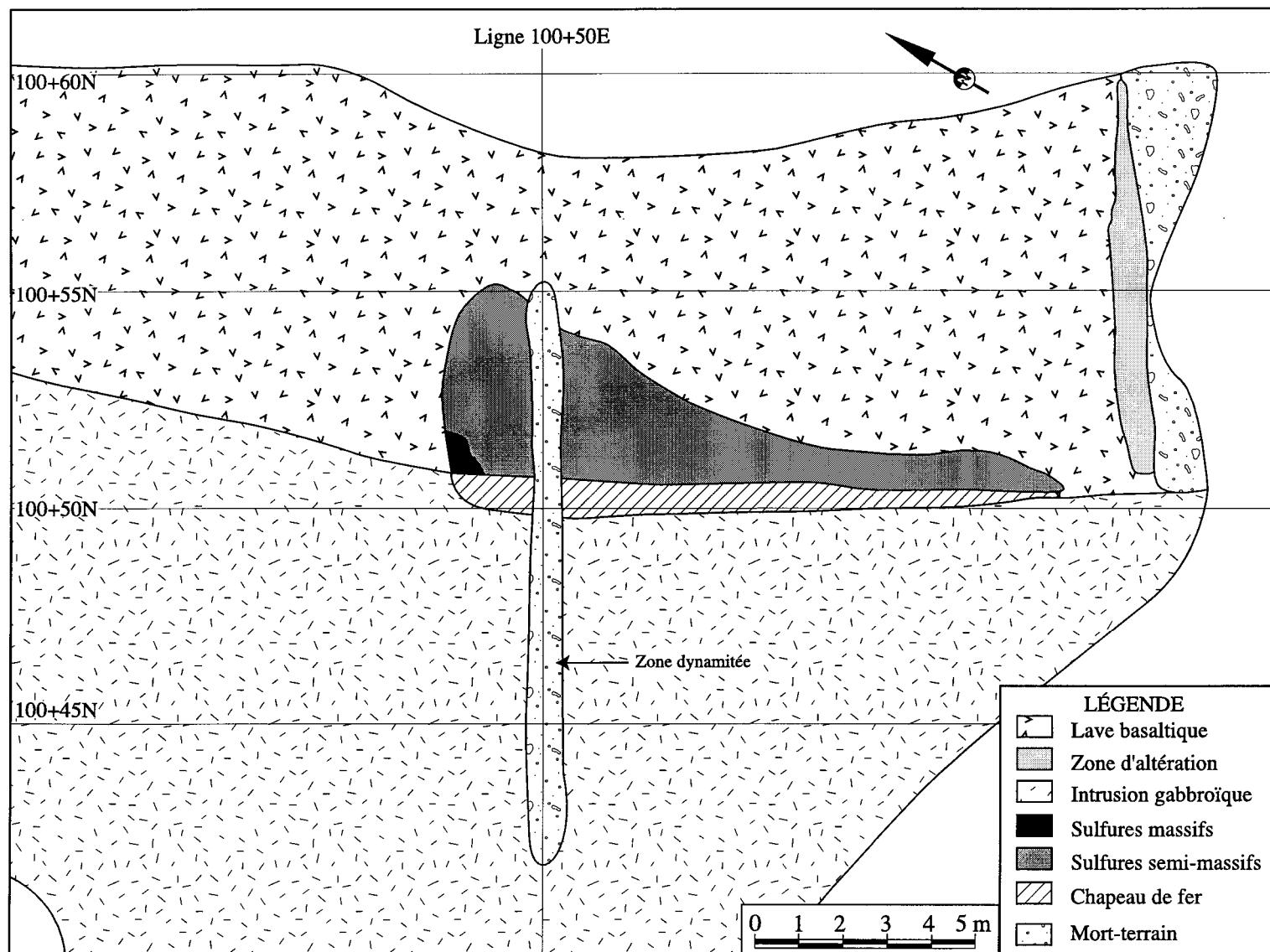


Figure 18 : Géologie en plan de l'indice Roméo Boisvert . (Modifié de Légaré, 1999)

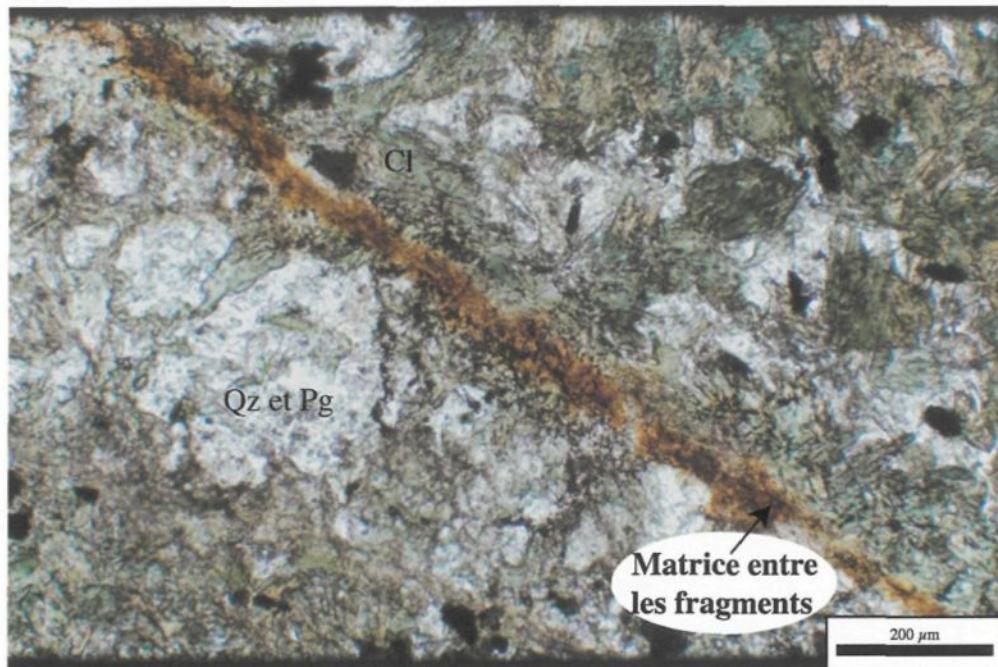
### *Morphologie et géométrie de la lentille*

La partie massive de l'indice a une dimension de 40 par 30 centimètres et une orientation de 60°-240° avec un pendage vers l'ouest (Légaré, 1999). Sous la lentille de sulfures massifs se situe la zone de sulfures semi-massifs.

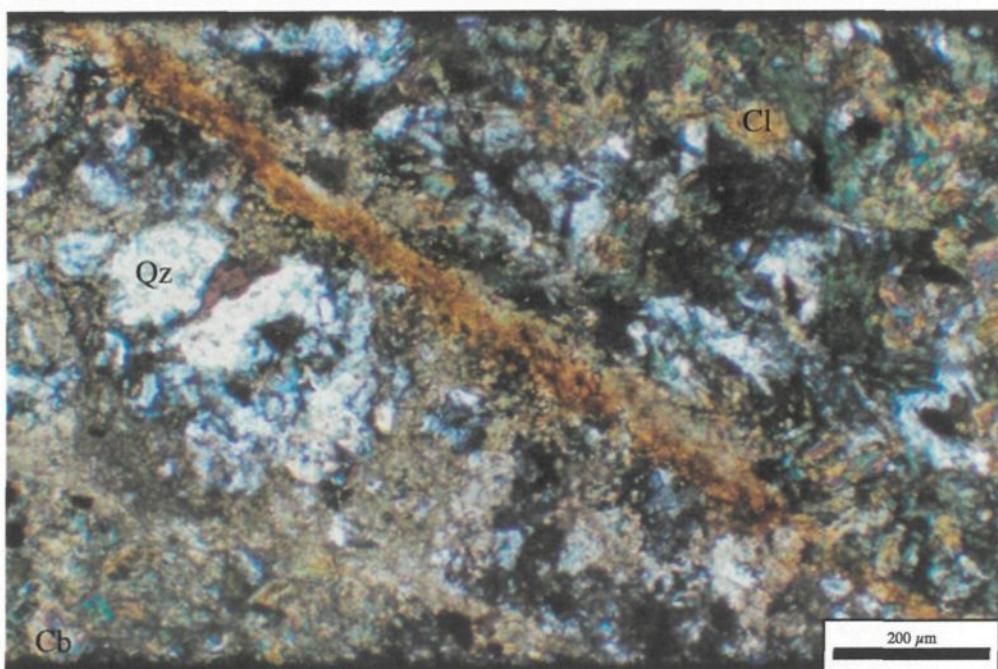
### *Pétrographie*

Un échantillon de brèche, localisé au nord-est de la lentille minéralisée, a été étudié en lame mince. Cette unité lithologique est composée de plagioclase, quartz, actinote, chlorite et des veines et amas de carbonates (Planche 9). Les grains anguleux formant les fragments bréchifiés sont composés d'actinote et de quelques plagioclases séricités. La matrice entre les fragments est majoritairement composée de plagioclase, quartz et chlorite.

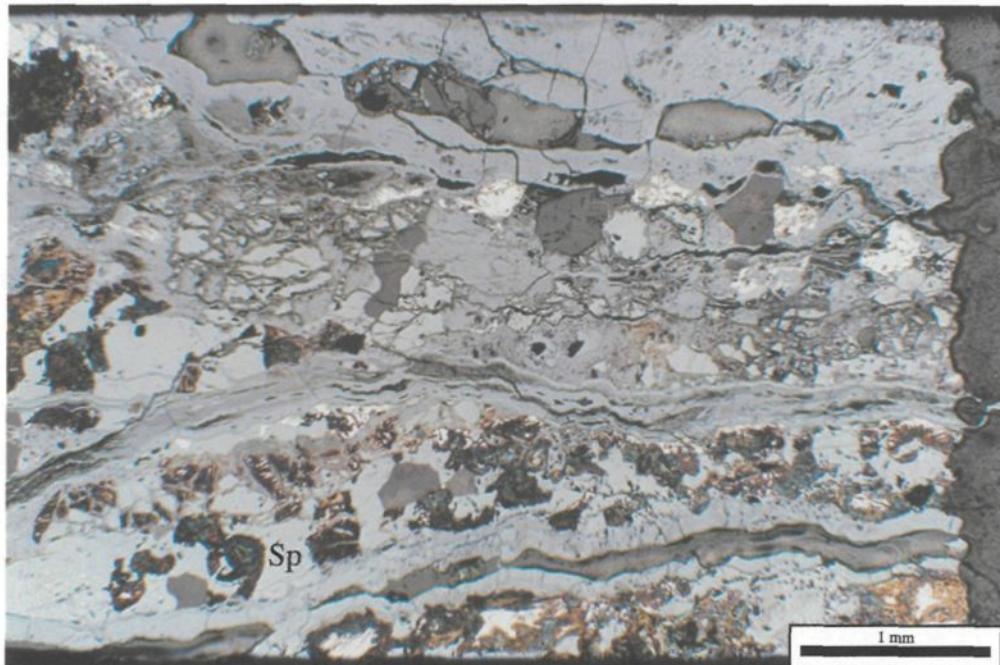
Pour ce qui est de l'amas minéralisé, il est essentiellement composé de sphalérite et pyrrhotite avec la présence d'un peu de pyrite et chalcopyrite. On observe une surcroissance de la sphalérite et la bordure de ces grains est altérée. La texture présente témoigne d'un phénomène d'altération de surface sur les sulfures (Planche 10).



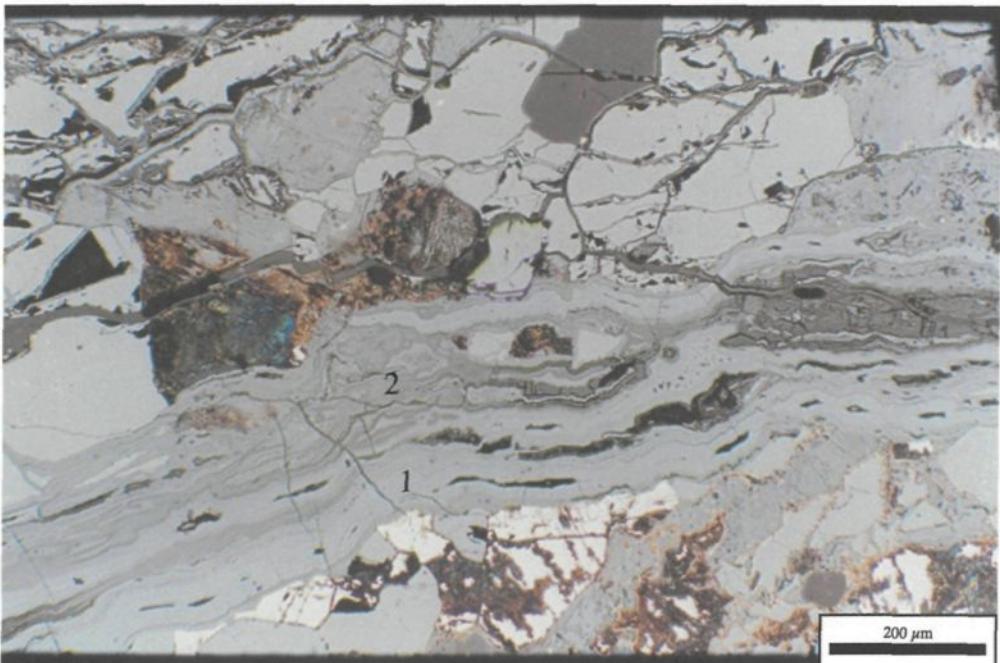
A. Brèche dans un basalte. Les fragments sont sub-anguleux et la matrice est à grains très fins. Échantillon 106081 en lumière naturelle.



B. Basalte bréchifié en lumière polarisée. (Échantillon 1060810).



A. Effet de la déformation et de l'altération de surface dans la sphalérite massive. Échantillon 106082 en lumière réfléchie.



B. Phénomène d'altération de surface. 1. Sphalérite massive. 2. Phase secondaire comme la goethite affectant la sphalérite. (Échantillon 106082)

Planche 10 : Sulfures massifs de l'indice Roméo Boisvert.

### **2.1.2 Caractéristiques communes de ces gîtes**

À partir des observations faites et des informations recueillies, certaines caractéristiques communes entre les gîtes se dégagent. De façon générale, la minéralisation se compose de pyrrhotite massive et de sphalérite. Les gîtes Tortigny et De Maurès ainsi que les indices P.K. et Roméo Boisvert ne contiennent qu'une seule lentille de sulfures massifs. Cependant, les gîtes Lessard, Moléon et Domergue en possèdent deux qui sont localisées à proximité l'une de l'autre. Les lentilles de sulfures massifs sont encaissées dans diverses lithologies hôtes. Ainsi, le gîte Tortigny et l'indice P.K. sont associés à des niveaux d'argilites-siltstones, tandis que les gîtes Moléon et Lessard se situent à l'intérieur d'une séquence de tufs bordée par des basaltes et des intrusions mafiques ou ultramafiques. Dans le cas des gîtes De Maurès et Domergue ainsi que pour l'indice Roméo Boisvert, la minéralisation se situe le long de contacts lithologiques. Les unités hôtes du gîte De Maurès sont des tufs et des basaltes, tandis que le gîte Domergue est délimité par une pyroxénite et un gabbro. L'indice Roméo Boisvert, quant à lui, se situe au contact d'un basalte et d'un gabbro. Finalement, les gîtes de sulfures massifs du secteur Frotet semblent déformés.

Ainsi, les principales caractéristiques communes observées sont :

- La plupart des gîtes se localisent dans des séquences volcano-sédimentaires dominées par des roches mafiques.
- Les dépôts ont une lentille concordante à S0/S1.
- La majorité des veinules sont orientées parallèlement à la schistosité principale.
- Plusieurs des dépôts se retrouvent au sein de la même formation.

## **2.2 ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES**

Dans cette section, il sera question des études menées afin de mieux comprendre la distribution des métaux dans les amas minéralisés de chacun des gîtes et indices.

Tout d'abord, le profil des métaux est utilisé pour mettre en évidence les enrichissements de cuivre et de zinc à l'intérieur de la lentille minéralisée. De façon générale, le profil créé dans la lentille par le cuivre ou le zinc est assez bien connu dans les systèmes volcanogènes minéralisés enrichis en cuivre et/ou en zinc. Ainsi, à partir de ces profils connus et de ceux obtenus, il sera possible d'effectuer un certain rapprochement avec les minéralisations de systèmes connus.

Ensuite, le profil du ratio de cuivre obtenu avec la formule ((Cu/Cu+Zn) X100), a sensiblement la même fonction que le profil des métaux. Le ratio va en effet permettre de circonscrire les enrichissements du cuivre par rapport au zinc dans la lentille minéralisée. Une idée de la zonalité du gîte pourra alors être plus facile à évaluer. Le positionnement des rectangles s'est fait à partir des échantillons recueillis en forage et l'épaisseur du rectangle représente de façon générale la longueur de carotte de forage échantillonnée.

Finalement, des iso-contours des métaux seront tracés sur les longitudinales des gîtes. Le fait de tracer des iso-contours permet de mieux visualiser les enrichissements en métaux, comme le cuivre et le zinc, sur l'ensemble de la lentille minéralisée. Les enrichissements, représentés par la partie la plus riche sur les figures, ont été définis par la courbe d'iso-teneur de la plus forte teneur qui passait sur la longitudinale. Une fois de plus, il sera possible d'avoir une idée de la géométrie du gîte.

#### A) Lessard

##### **Profil des métaux**

Le profil des métaux montre un profil en dent-de-scie pour le cuivre (Figure 19) et le zinc (Figure 19). L'aspect en dent-de-scie des profils est probablement dû à une

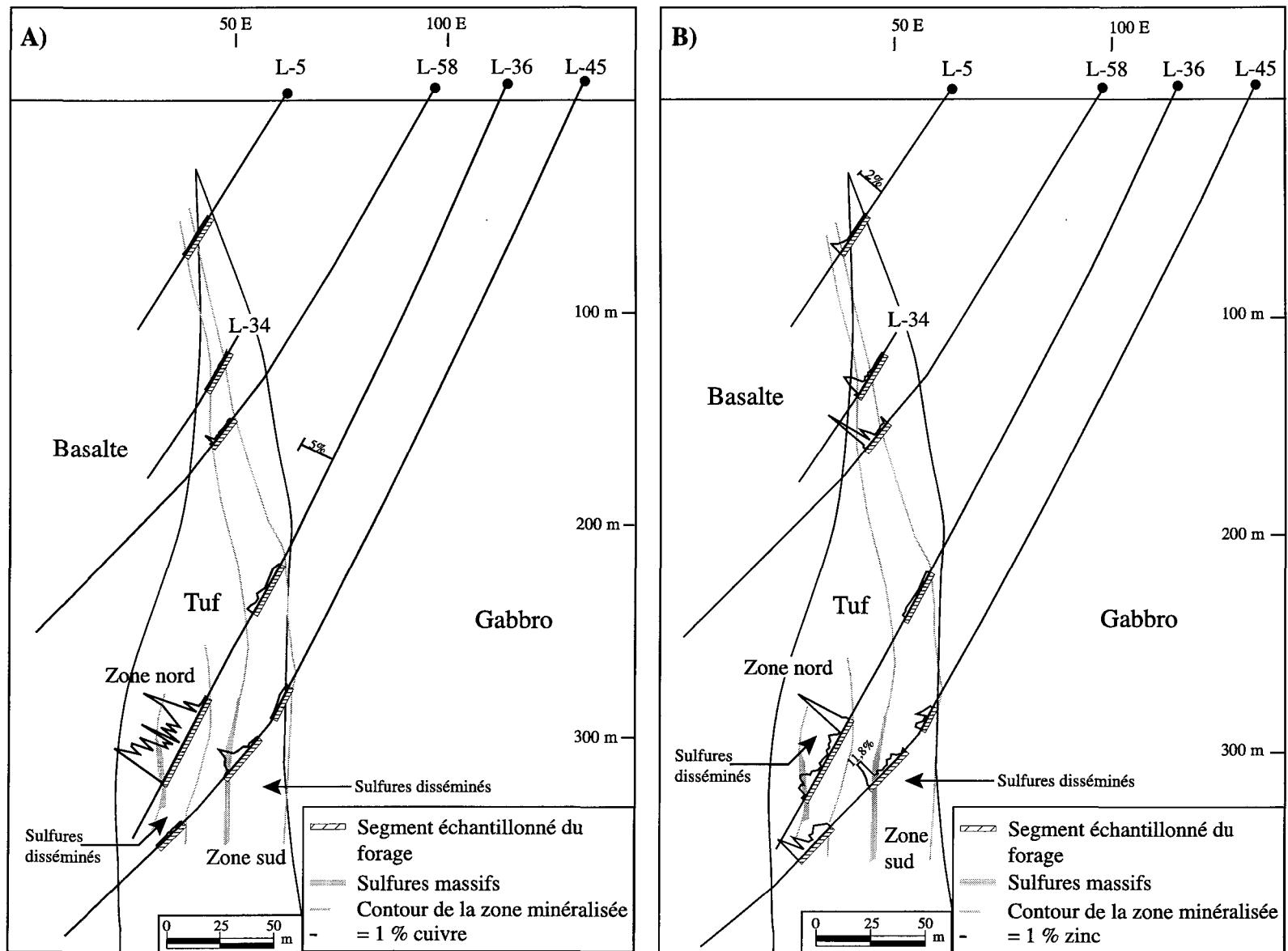


Figure 19 : Profil des métaux sur la section 3+00S du gîte Lessard. A) Profil de cuivre. B) Profil de zinc.

variation de l'abondance des métaux dans l'amas minéralisé. Sur le forage L-36, une augmentation du cuivre pour la zone nord se fait vers le bas de la lentille tandis que l'enrichissement en zinc se fait plutôt au sommet de la zone nord. Quant au forage L-45, un fort enrichissement en zinc se produit au bas de la zone sud. La valeur maximale atteinte par le zinc est de 11,2% et se localise sur le forage L-45. Pour ce qui est de la valeur la plus élevée en cuivre, soit 8,5%, elle se retrouve sur le forage L-36. Les moyennes des métaux dans les deux lentilles sont d'environ 0,5% zinc et 1% cuivre. Le patron global dessiné par les profils, malgré les interdigitations des enrichissements de cuivre et de zinc, montre que les lentilles sont plus riches en zinc au sommet et deviennent plus riches en cuivre à la base.

### **Ratio de cuivre**

Le ratio de cuivre du gîte Lessard (Figure 20) permet de bien distinguer l'enrichissement en cuivre présent dans la partie inférieure de la lentille de la zone sud par rapport à sa partie supérieure. La lentille secondaire de la zone nord est également beaucoup plus riche en cuivre que la lentille principale et sur presque toute sa largeur. L'isolement des valeurs élevées du ratio de cuivre par des valeurs moindres est

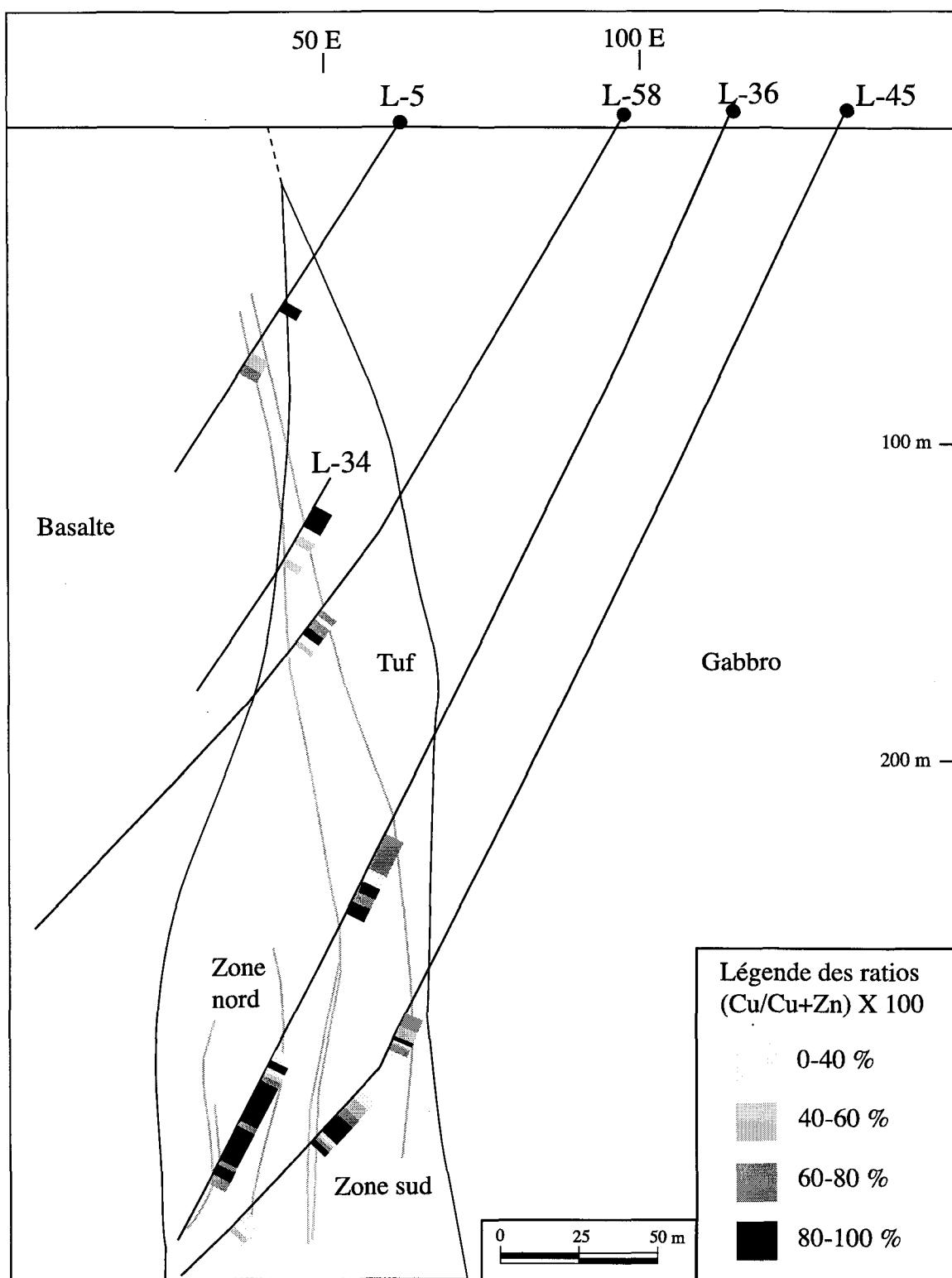


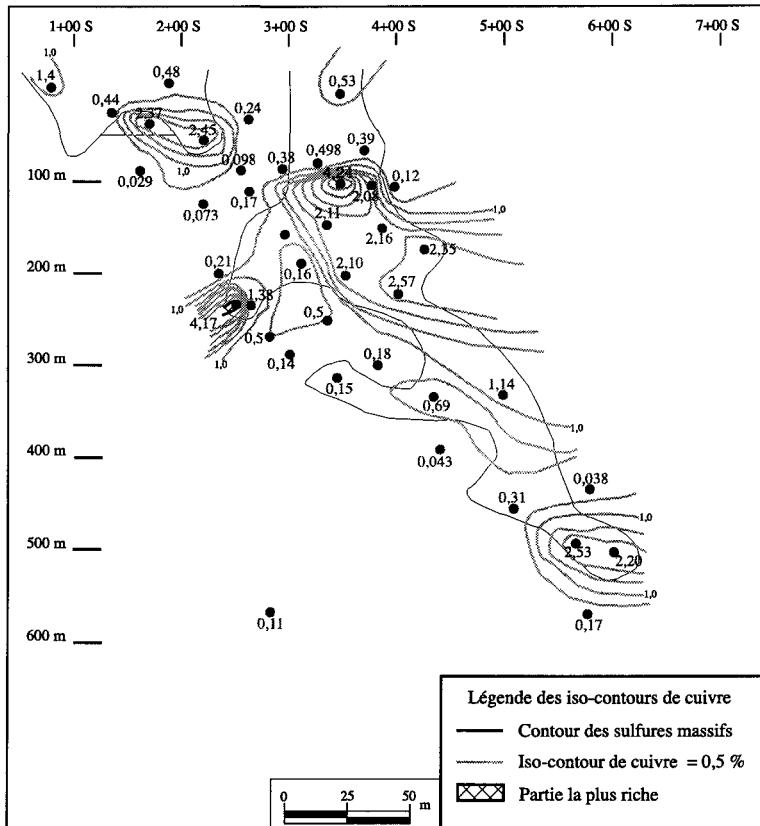
Figure 20 : Ratios de  $(\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn})) \times 100$  de la section 3+00 S du gîte Lessard.

probablement dû à une variation de la quantité des minéraux métalliques dans la lentille minéralisée.

### **Iso-contours métalliques**

Deux petites zones d'environ 4 % cuivre ressortent dans la partie supérieure de la zone sud (Figure 21). La majorité des valeurs varient entre 0,1 % et 2,5 % cuivre. Les valeurs en zinc sont, quant à elles, plus élevées (Figure 21). La zone la plus riche est d'environ 8,5 % zinc et se situe dans la partie supérieure de la zone nord. Les autres valeurs varient entre 0,01 % et 7,4 % zinc. Un agencement des enrichissements d'un métal par rapport à l'autre est difficilement identifiable. En plus des zones d'enrichissement de cuivre et de zinc, la section longitudinale permet aussi de voir que les zones minéralisées possèdent un certain angle de chute. La présence de cet angle de chute peut indiquer que la minéralisation aurait subi un contrôle structural favorisant sa mise en place selon un axe minéralisé.

A)



B)

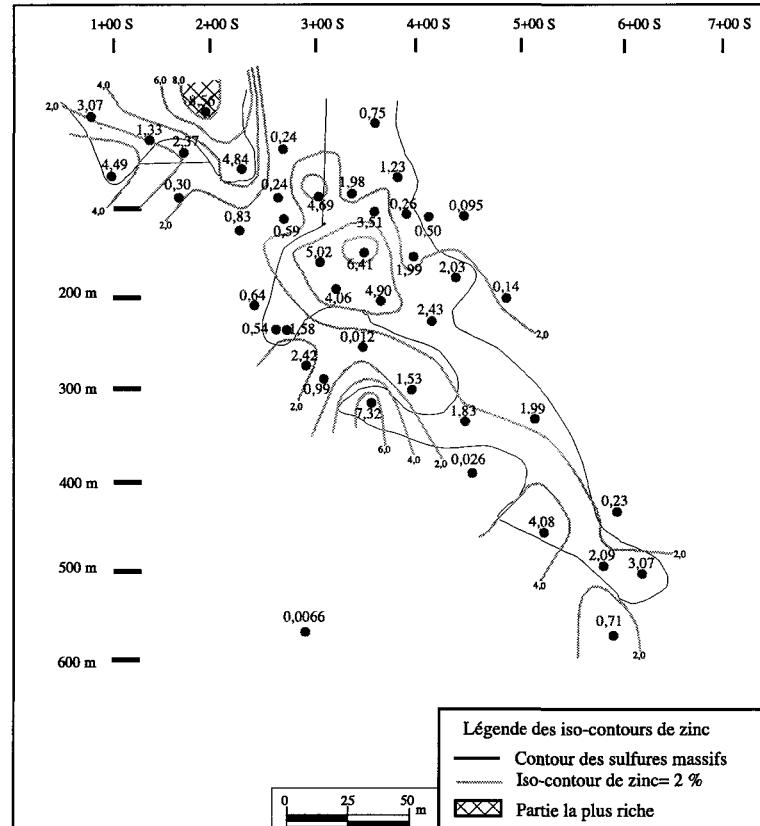


Figure 21 : Iso-contours des métaux sur la section longitudinale du gîte Lessard. A) Iso-contours de cuivre.  
B) Iso-contours de zinc.

## B) De Maurès

### Profil des métaux

Sur la section 82+00E du gîte, le forage 1171-96-01, qui intercepte le sommet de l'horizon minéralisé, est celui qui renferme les valeurs les plus élevées en zinc (33,77%) et en cuivre (2,85%) (Figure 22). La moyenne en métaux pour l'horizon minéralisé est d'environ 6% zinc et 0,9% cuivre. Au centre de l'horizon, l'extrémité nord est enrichie en zinc tandis que l'extrémité sud est plutôt enrichie en cuivre. De façon générale, la lentille comprend une répartition uniforme du cuivre et du zinc. Cependant, les valeurs de zinc peuvent être jusqu'à 10 fois plus élevées que les valeurs de cuivre.

### Ratio de cuivre

L'horizon minéralisé du gîte De Maurès (Figure 23) comporte des valeurs faibles en cuivre, laissant supposer que la lentille est plutôt enrichie en zinc. Quelques valeurs (2) sont très riches en cuivre. Cependant, elles ne sont pas localisées dans l'horizon favorable et sont très distantes l'une de l'autre. Ce phénomène peut s'expliquer par la présence de quelques ppm de cuivre dans une roche très pauvre en zinc et ayant une très fine

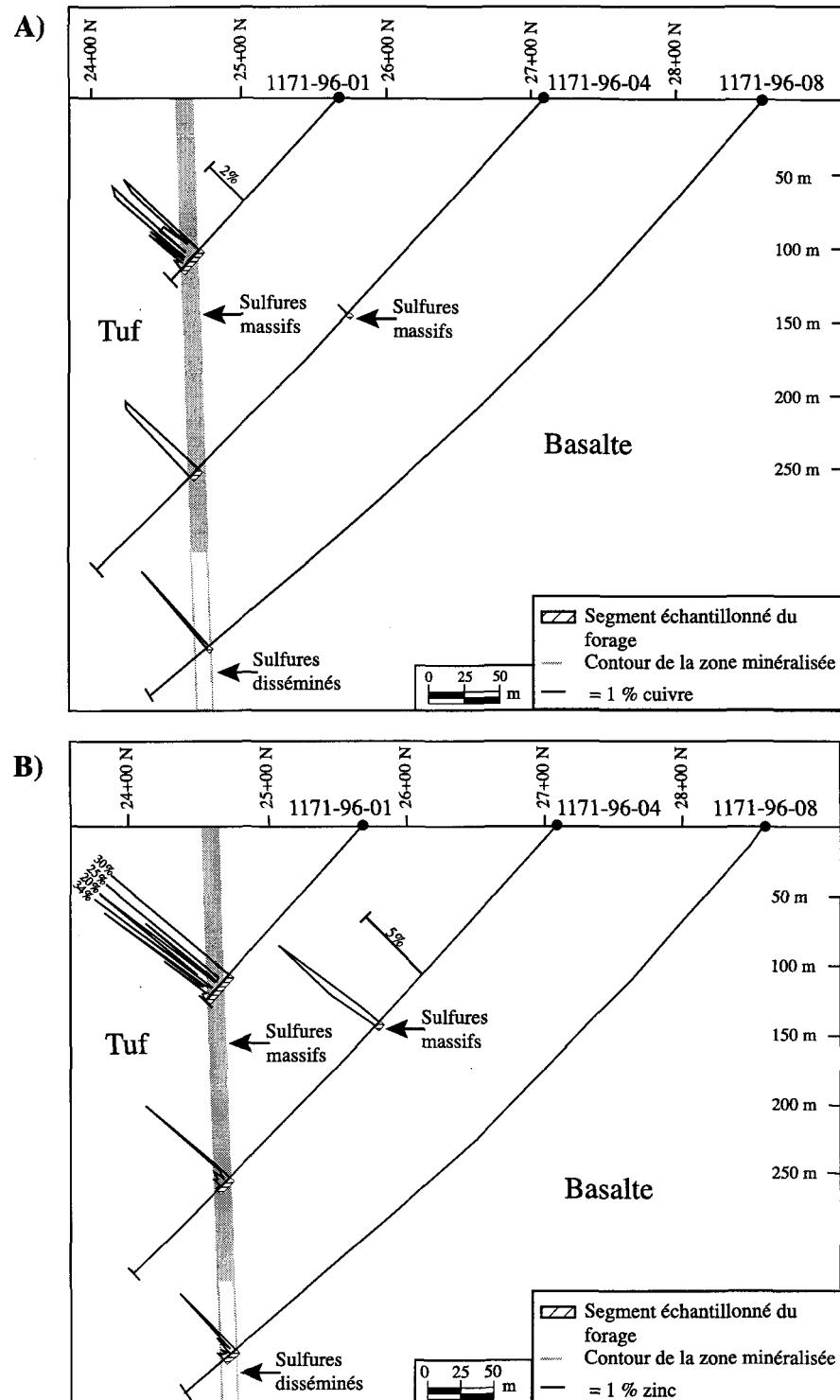


Figure 22 : Profil des métaux sur la section 82+00E du gîte De Maurès. A) Profil de cuivre.  
B) Profil de zinc.

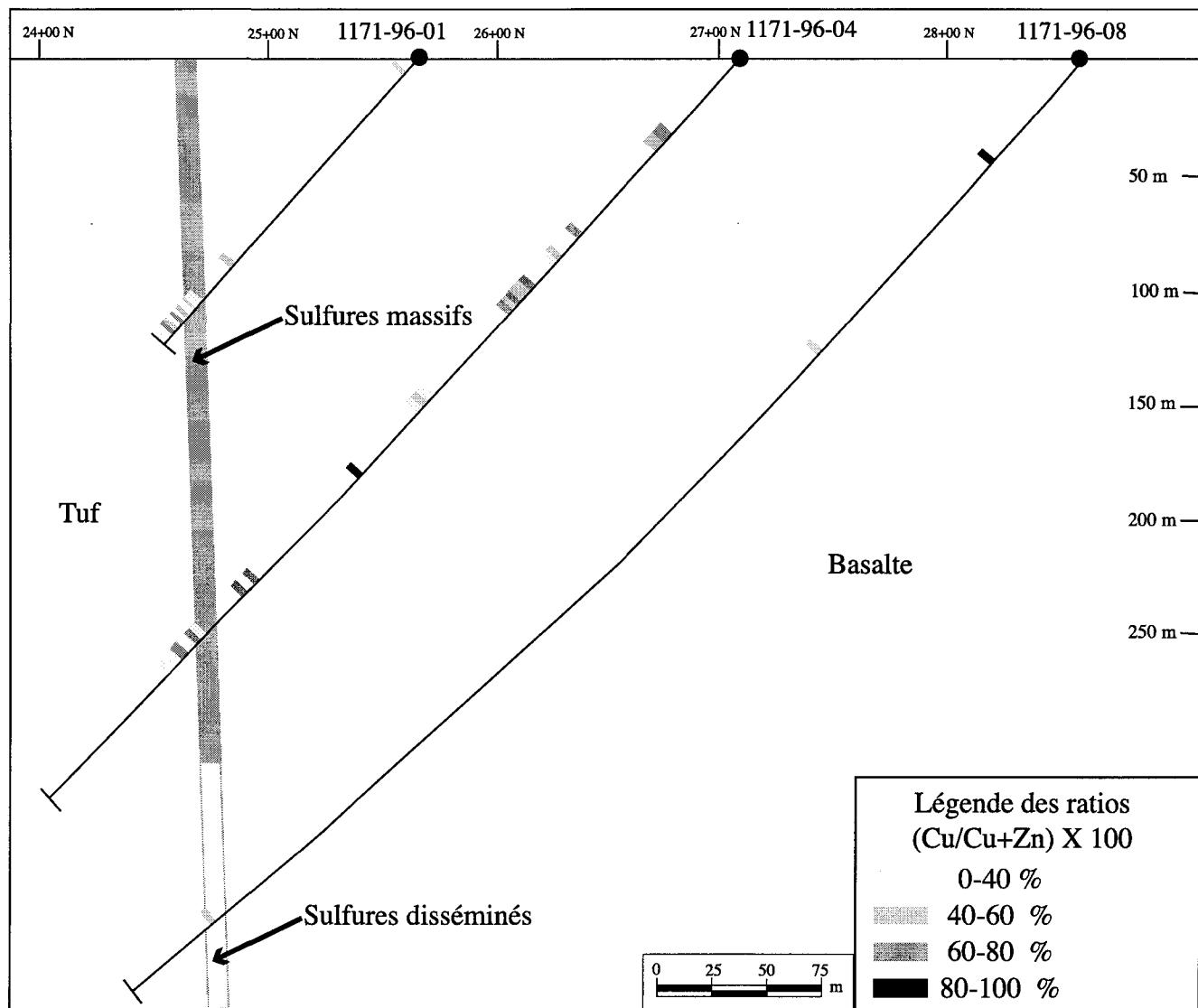


Figure 23 : Ratios de  $(\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn})) \times 100$  de la section 82+00 mE du gîte De Maurès

minéralisation disséminée. La répartition des valeurs est plutôt homogène. La partie supérieure (sulfures massifs) et inférieure (sulfures disséminés) de la lentille renferment les mêmes catégories de valeur.

### Iso-contours métalliques

Pour les iso-contours du gîte De Maurès, peu de points sont disponibles, ceci peut donc influencer la précision du tracé. L'enrichissement en cuivre (2,65 %) se localise au cœur de la lentille minéralisée, soit dans les sulfures massifs (Figure 24). L'enrichissement se fait du haut de la lentille vers le centre de celle-ci. Quant au zinc (Figure 24), une très petite zone d'enrichissement (10,07 %) est présente au centre de la partie supérieure des sulfures massifs. Mises à part les valeurs riches en cuivre et en zinc, les valeurs qui les entourent sont très faibles. La plupart des valeurs sont inférieures à 1 %, cuivre ou zinc confondus. Quelques valeurs y font exception, mais elles sont en petit nombre.

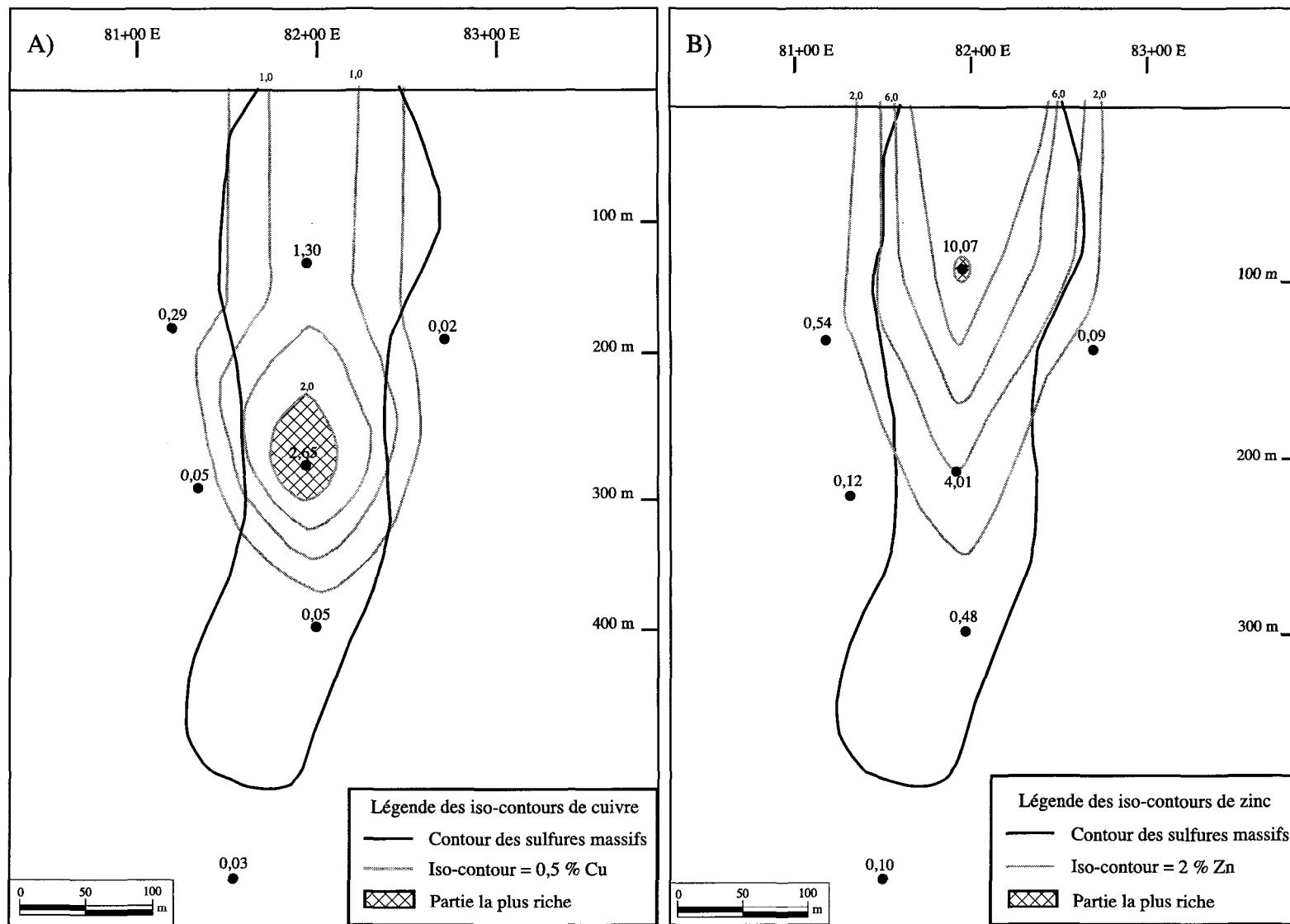


Figure 24 : Iso-contours des métaux sur la section longitudinale du gîte De Maurès. A) Iso-contours de cuivre.  
B) Iso-contours de zinc.

## D) Moléon

### Profil des métaux

La figure 25 permet de visualiser le profil du cuivre du corps minéralisé sur la section 182 mE. Des valeurs correspondant à un certain bruit de fond s'interdigitent avec des valeurs plus élevées créant ainsi un profil en dent-de-scie. Par contre, il est possible de distinguer un certain enrichissement en cuivre sur les bordures de la partie centrale des zones nord et sud. La valeur la plus riche est de 13,3% (forage F72-3) et la moyenne en cuivre est de 1%. Quant au profil du zinc (figure 25), le même profil en dent-de-scie est observable. L'enrichissement en zinc se localise également à la bordure de la partie centrale des zones nord et sud ainsi qu'à l'extrémité supérieure de la zone sud. La valeur de zinc la plus élevée est de 7,72% (forage F72-3) et la moyenne se situe aux environs de 1,5%. De façon générale, les deux sections présentent sensiblement le même profil et les enrichissements se font aux mêmes endroits, quoique la zone nord possède les valeurs les plus riches. Ainsi, aucun enrichissement en métaux constant sur une grande superficie de la lentille minéralisée n'est identifiable. Il devient donc difficile de distinguer la zonalité de ce gîte.

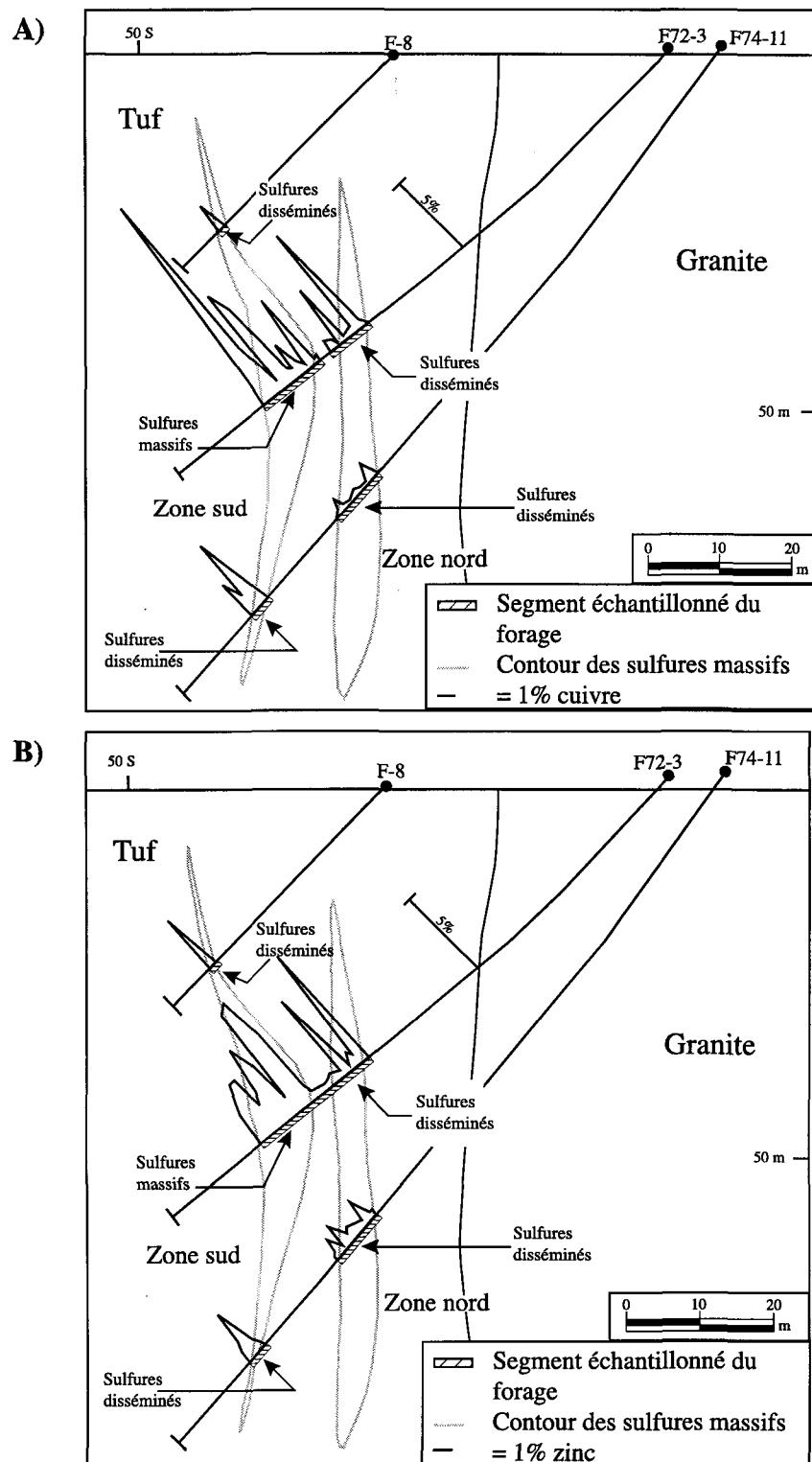


Figure 25 : Profil des métaux sur la section 182 mE du gîte Moléon. A) Profil de cuivre  
B) Profil de zinc

### **Ratio de cuivre**

La zone nord et la zone sud du gîte Moléon ont des valeurs variant en moyenne autour de 0-60 % cuivre (Figure 26). Quelques valeurs supérieures sont présentes, mais leur isolement ne permet pas de conclure à un enrichissement significatif en cuivre ou en zinc. En extrapolant les données, on semble distinguer dans la partie supérieure de la zone nord et dans la partie inférieure de la zone sud un enrichissement légèrement plus marqué en cuivre que dans le centre de chacune des lentilles.

### **Iso-contours métalliques**

La partie la plus enrichie (1,65 %) en zinc de la zone nord du gîte Moléon se localise à la ligne 140 E de la lentille minéralisée (Figure 27). Une autre zone de 2,56% zinc se situe, quant à elle, à la ligne 30 E. Les valeurs intermédiaires sont de l'ordre d'environ 0,6 % zinc. En ce qui concerne la partie enrichie (5,51 %) en cuivre de la zone nord (Figure 27), celle-ci se localise à l'extrême est du corps minéralisé. L'enrichissement de la zone nord, que ce soit en zinc ou en cuivre est très restreint par rapport à la dimension de la lentille. Pour ce qui est de la zone sud, son enrichissement (1,5 % en moyenne) en

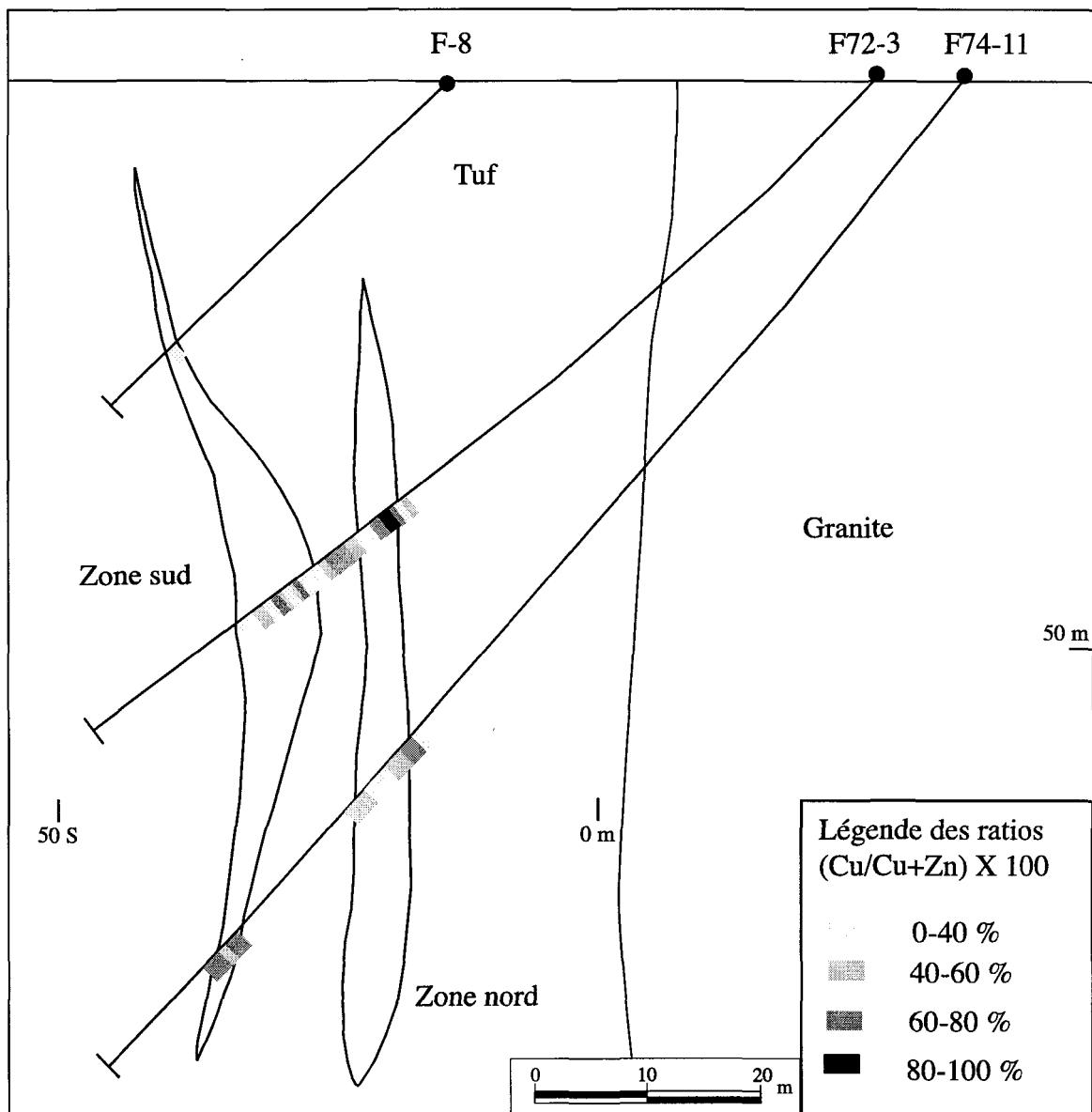


Figure 26 : Ratios de  $(\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn})) \times 100$  de la section 182 mE du gîte Moléon.

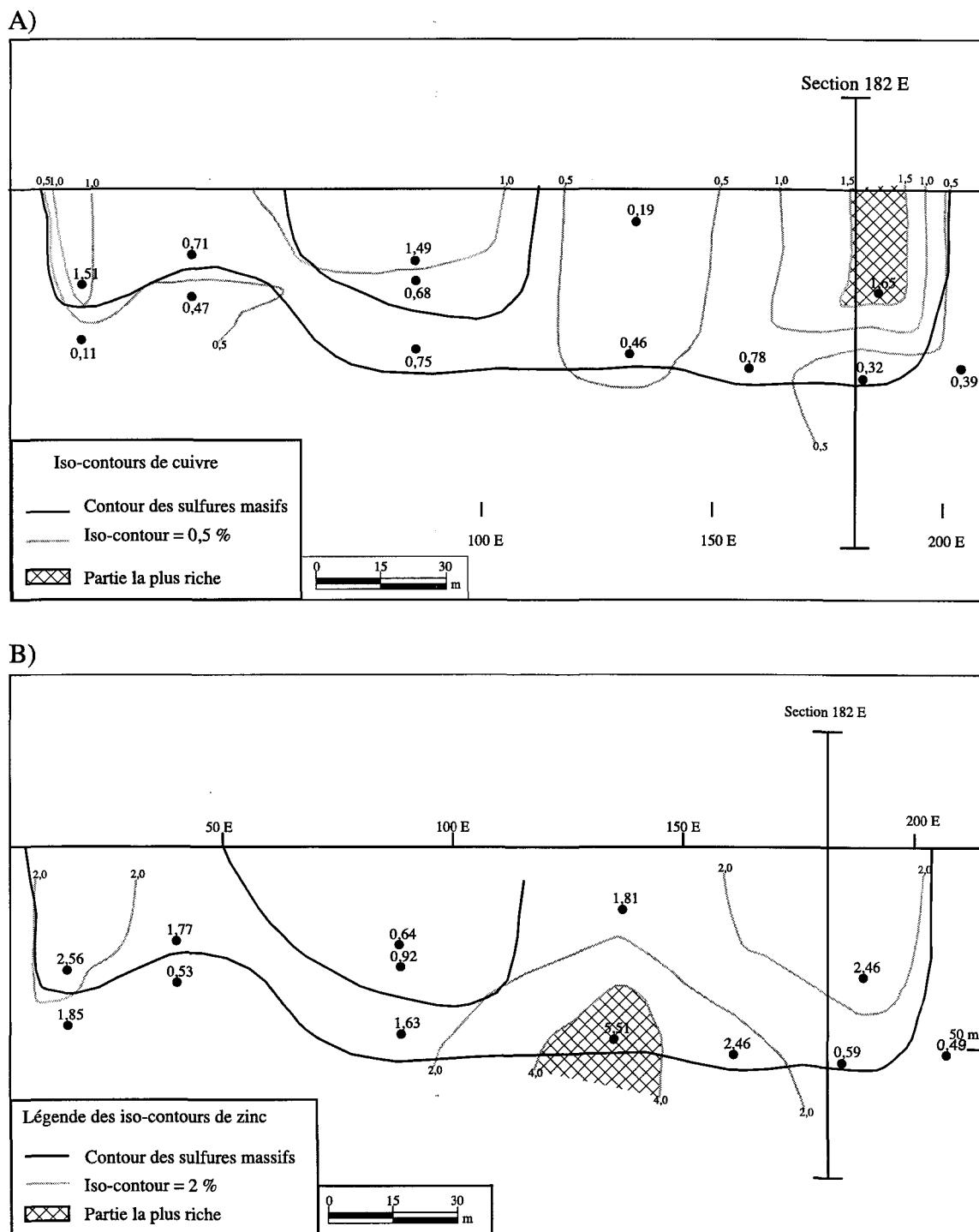


Figure 27 : Iso-contours de métaux sur la section longitudinale de la zone nord du gîte Moléon. A) Iso-contours de cuivre. B) Iso-contours de zinc.

cuivre se localise autour de la ligne 180 E (Figure 28). L'étendue de l'enrichissement correspond au tiers de la superficie de la lentille minéralisée. Un pourcentage de 4,22 % zinc est la valeur la plus riche de la zone sud (Figure 28). Cette valeur se situe dans la partie centrale inférieure du corps minéralisé. La partie la plus riche représente une très petite portion de toute la lentille minéralisée.

#### **E) Domergue**

##### **Profil des métaux**

Le profil, en dent-de-scie, observé dans les autres gîtes est moins visible sur le gîte de Domergue. Les valeurs de zinc (Figure 29) des amas minéralisés supérieur et inférieur sont beaucoup plus élevées que celles de cuivre (Figure 29). Malgré l'écart existant entre les valeurs les plus fortes en zinc, 10,7% dans le forage D95-01 et en cuivre, 0,82% dans le même forage, les amas sulfurés ne contiennent pas de zones distinctes possédant un enrichissement marqué en cuivre ou en zinc. La moyenne en zinc des deux amas minéralisés est de 4,8% et celui du cuivre est de 0,17%.

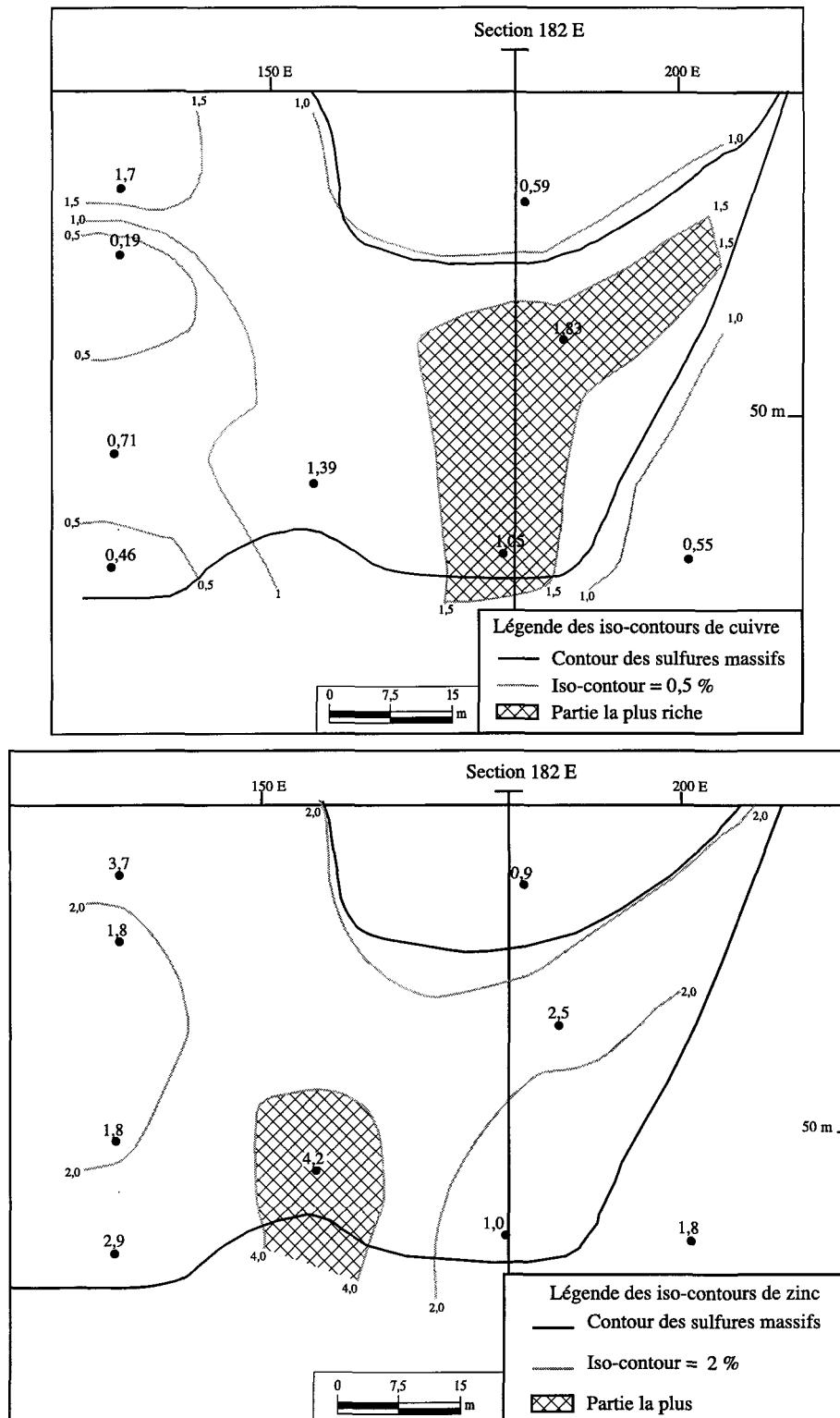


Figure 28 : Iso-contours de métaux sur la section longitudinale de la zone sud du gîte Moléon. A) Iso-contours de cuivre. B) Iso-contours de zinc.

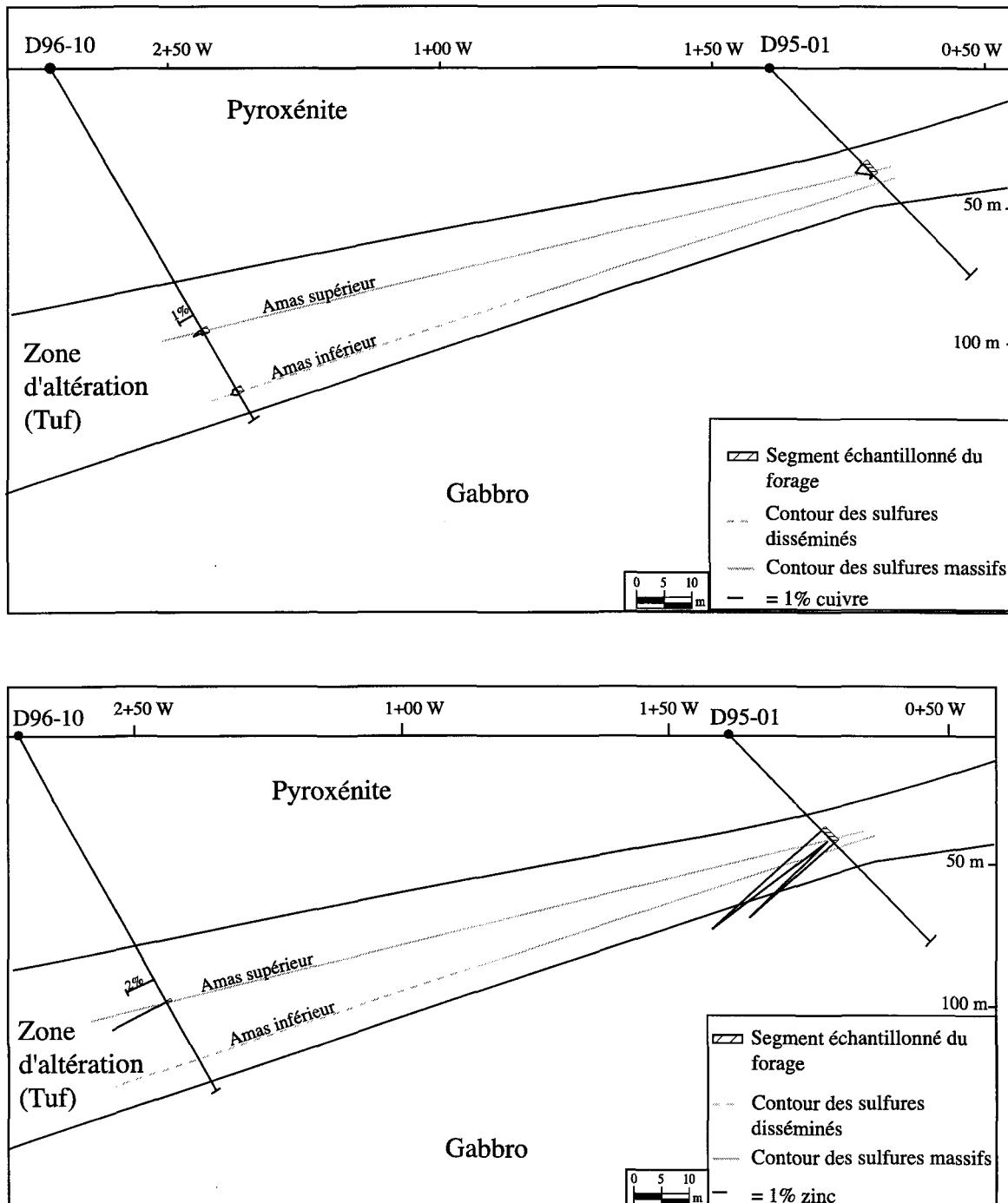


Figure 29 : Profil des métaux sur la section 1+00 S du gîte Domergue. A) Profil de cuivre.  
B) Profil de zinc.

### **Ratio de cuivre**

Le profil du ratio permet de constater que l'amas inférieur du gîte Domergue possède les valeurs les plus élevées (Figure 30). En effet, plus on se dirige vers l'amas supérieur, plus les valeurs du ratio sont faibles. Ceci indique donc qu'un enrichissement en cuivre est présent au bas de l'amas et un autre en zinc se localise au sommet de la zone minéralisée.

### **Iso-contours métalliques**

La partie la plus riche (6,48 %) en cuivre de l'amas supérieur du gîte de Domergue se localise à la bordure supérieure est de la lentille minéralisée (Figure 31). Un enrichissement plus ou moins graduel est remarqué. Un enrichissement graduel variant de 0,01 % à 17,4 % de zinc se dessine sur l'amas supérieur (Figure 31). La zone la plus riche se situe dans l'extrémité supérieure est de l'amas minéralisé. La superficie d'enrichissement en cuivre et en zinc représente une infime partie de la totalité du corps minéralisé.

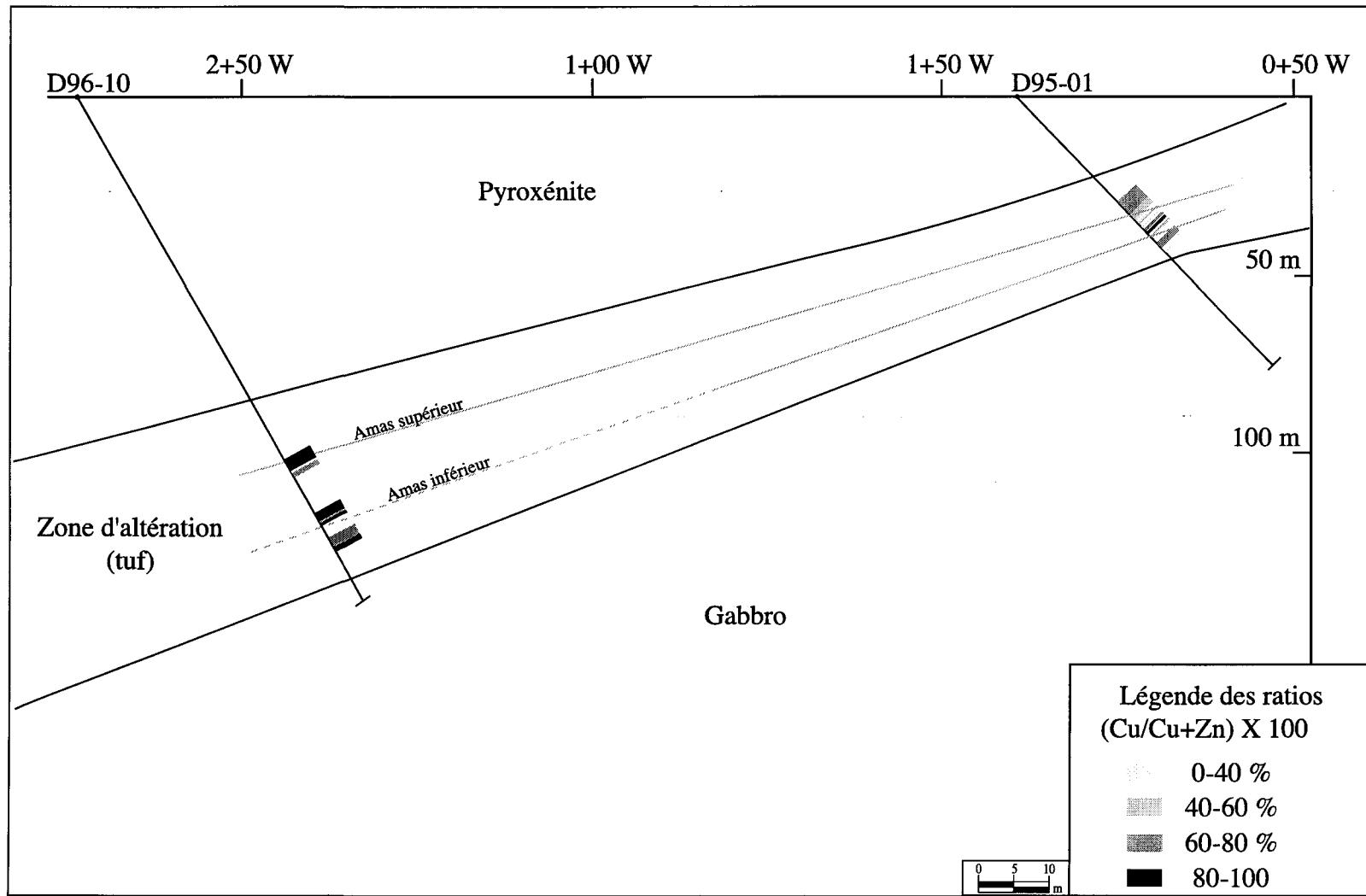


Figure 30 : Ratios de  $(\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn})) \times 100$  de la section 1+00 mS du gîte Domergue.

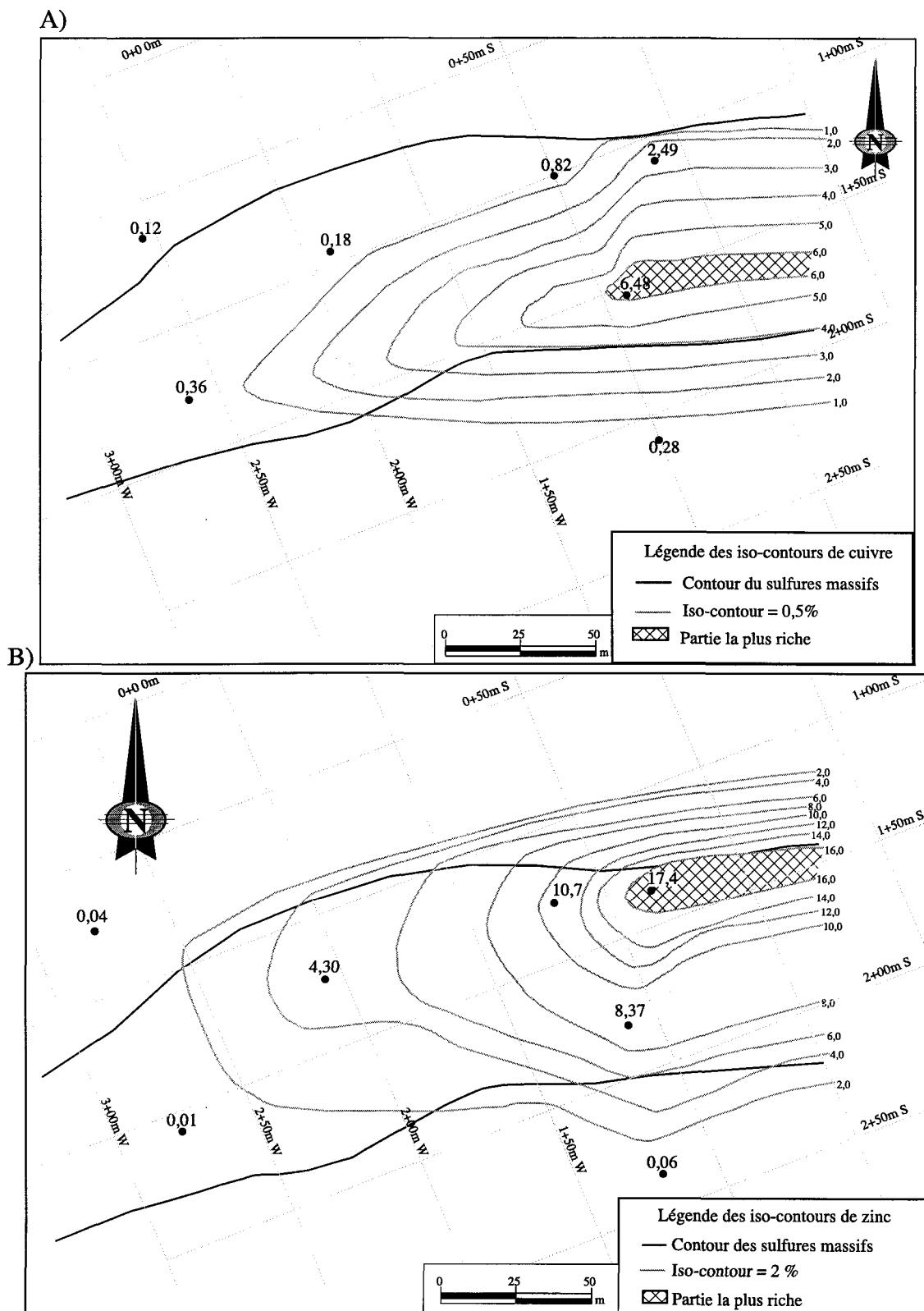


Figure 31 : Iso-contours de métaux sur le plan longitudinal du gîte Domergue  
A) Iso-contours de cuivre. B) Iso-contours de zinc.

## F) Indice P.K.

### Profil des métaux

La lentille de sulfures massifs de l'indice P.K. montre un profil en dent-de-scie. Une fois de plus, les valeurs en zinc sont supérieures à celles de cuivre (Figure 32). Cependant, les valeurs élevées de zinc (Figure 32) sont concentrées uniquement dans la partie massive de la minéralisation. La valeur la plus riche retrouvée est de 14% avec une moyenne dans la lentille de 2% zinc. Quant à la valeur la plus riche en cuivre, elle est de 1,8% et la moyenne de la lentille est de 0,5% cuivre. Les sulfures massifs montrent donc un enrichissement en zinc au sommet de l'amas et un enrichissement en cuivre au bas de l'amas massif. Dans les parties sous-jacentes aux sulfures massifs, où l'on retrouve des filonnets, le cuivre est dominant.

### Ratio de cuivre

Les valeurs du ratio de l'indice P.K. (Figure 33) n'indiquent rien de particulier car les valeurs élevées s'interdigitent avec les valeurs basses. Aucune zone d'enrichissement ne se distingue, soit dans la partie massive ou celle à filonnets. Un enrichissement en cuivre

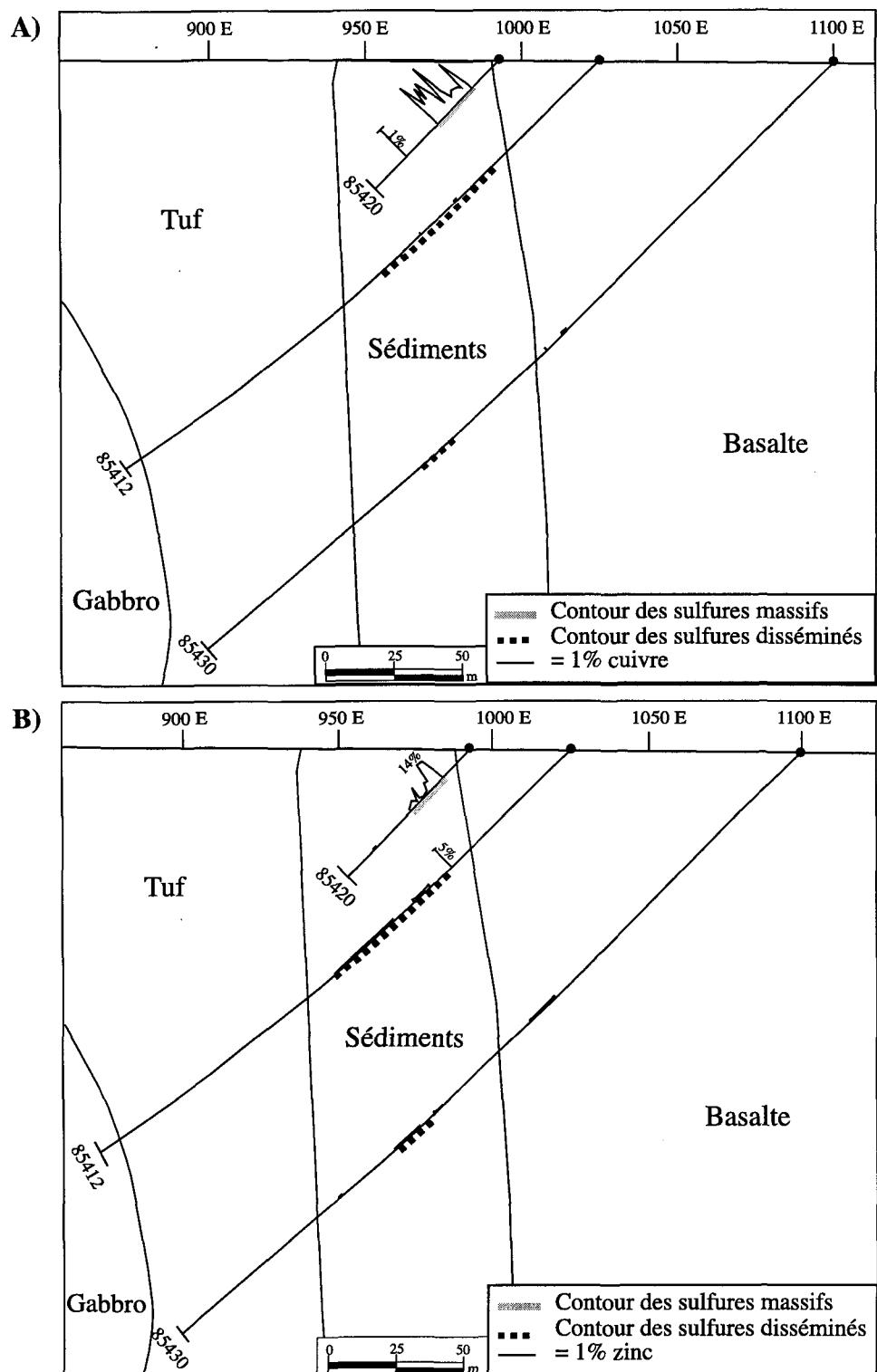


Figure 32 : Profil des métaux sur la section 10 000N de l'indice P.K.  
A) Profil de cuivre. B) Profil de zinc.

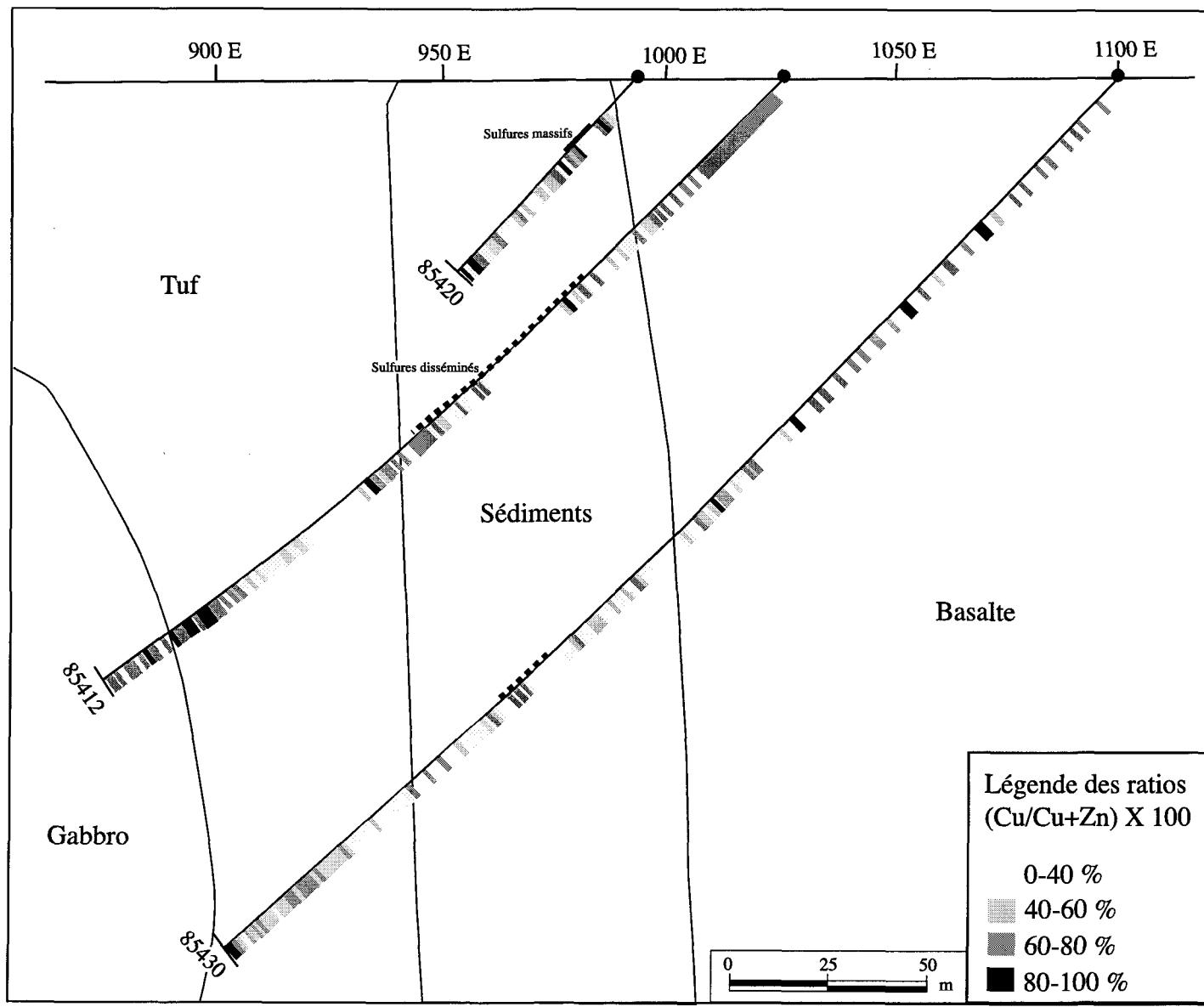


Figure 33 : Ratios de  $(\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn})) \times 100$  de la section 10 000 N de l'indice P.K.

est visible à la fin du forage 85421 mais aucune minéralisation significative n'y a été reportée. Il peut donc s'agir d'un contenu en cuivre anomal pour le gabbro.

### **2.2.1 Conclusions sur l'étude de la distribution des éléments métalliques**

De façon générale, les profils démontrent une tendance où les enrichissements en zinc et les enrichissements en cuivre sont décalés. En effet, lorsque l'enrichissement d'un des métaux se fait au sommet de la lentille, le bas de la lentille est enrichi en l'autre. Ainsi, le profil des métaux montre un arrangement asymétrique du cuivre vis-à-vis du zinc.

Il est possible de faire le lien entre d'une part l'allure du profil métallique idéal des gisements de SMV et épithermaux et d'autre part leur style de minéralisation. Ainsi, le profil métallique à proximité d'un corps minéralisé de type SMV présente un profil asymétrique, où il est alors possible de distinguer la partie concordante riche en zinc et la partie discordante riche en cuivre. Par contre, le profil idéal des métaux pour un gisement de sulfures épithermaux possèderait un enrichissement unique, soit en cuivre ou en zinc, avec des concentrations plus faibles que les gisements de SMV car les phases métalliques

principales sont l'or et l'argent. Pour les gisements transitionnels, le profil est encore mal défini mais sans doute un amalgame des deux types de profil serait observé.

Avec le ratio  $((\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn}))*100)$ , il est difficile de pouvoir cerner une tendance, similaire à celle du profil des métaux, car la répartition des valeurs est disparate au pourtour et à l'intérieur du corps minéralisé pour l'ensemble des gîtes étudiés. Même si on pouvait s'attendre à obtenir des résultats semblables à ceux du profil métallique, aucune conclusion générale n'a pu en être tirée.

L'élaboration des tracés d'iso-contours n'a pas permis de bien définir la morphologie des gîtes. En effet, comme dans le cas des ratios du cuivre, aucun enrichissement du cuivre par rapport au zinc se démarque au sein des corps minéralisés. Également, les superficies d'enrichissement ne sont guère étendues. Toutes les zones d'enrichissement ne représentent qu'une petite portion de l'ensemble du corps minéralisé.

En général, l'élaboration des profils de cuivre et de zinc, des ratios  $((\text{Cu}/(\text{Cu}+\text{Zn}))*100)$  sur chacune des sections des gîtes combinés avec les iso-contours de cuivre et de zinc sur les longitudinales n'a pu permettre l'établissement de l'existence d'une

forte zonation des métaux au sein des lentilles de sulfures massifs. Cependant, les lentilles comportent tout de même, un arrangement asymétrique du cuivre et du zinc, sur leur totalité, ainsi qu'un contenu plus élevé en zinc par rapport au cuivre.

## CHAPITRE III

### ALTÉRATION

#### 3.1 INTRODUCTION

La mise en place d'un gisement de sulfures massifs implique la présence d'une circulation de fluides hydrothermaux. Lors de leur passage, ces fluides peuvent laisser des traces dans leur environnement, que l'on peut reconnaître par une altération de la roche. Cette altération est donc le produit des divers changements chimiques au sein de la composition même de la roche. L'interprétation de ces changements chimiques peut s'effectuer à l'aide des résultats d'analyses géochimiques et une observation pétrographique permet la visualisation des minéraux d'altération. L'étude en lames minces permet de mieux valider et corréler les altérations perçues lors de l'interprétation des données géochimiques par rapport aux minéraux observés en pétrographie.

Ce chapitre traitera donc essentiellement de tous les résultats obtenus à partir d'analyses géochimiques qui ont été effectuées sur les échantillons des amas sulfurés et de leurs roches hôtes. Tout d'abord, la méthode de MacLean et Barrett (1993), utilisant les éléments immobiles, permet de déterminer, si par rapport à une roche volcanique de référence (précurseur), la roche altérée a subi un changement de masse se traduisant par une perte ou un gain de masse. Elle permet également de quantifier le degré d'altération. Le degré d'altération de la roche encaissante et avoisinante de la minéralisation pourra être également obtenu grâce à l'indice d'altération d'Ishikawa (Ishikawa et al., 1976). Malgré le fait que cet indice fonctionne surtout pour les roches felsiques, il permettra tout de même d'établir des hypothèses sur le niveau d'altération présent dans la roche de composition mafique. Finalement, à partir des analyses effectuées sur les minéralisations, une matrice de corrélation des éléments métalliques sera établie.

Les analyses utilisées pour l'étude proviennent de différentes sources. Pour le gîte Lessard, les analyses de Bogle (1977) furent utilisées. Tandis que pour le gîte Moléon, certaines analyses de Bogle (1977), de Chalifour (1997) et de Légaré (1999) furent employées. Les résultats d'analyses de l'indice P.K. proviennent de Fraser et Samson (1994). Finalement, les analyses de De Maurès et de Domergue proviennent en partie de

SOQUEM (Bellavance et Pouliot (1997), Bellavance (1997) et Bellavance (1998)) et de Légaré (1999). Quant à l'indice Roméo Boisvert, les analyses proviennent toutes de Légaré (1999).

### **3.2 ALTÉRATIONS**

Les principales altérations retrouvées dans les gîtes et indices du secteur Frotet-Troilus sont une chloritisation, une séricitisation et une carbonatation. Les données disponibles de cinq gîtes ont été utilisées pour représenter la distribution des minéraux d'altération (Figure 34). Ainsi, pour le gîte De Maurès, les principales altérations du basalte sont une chloritisation et une carbonatation. Quant au gîte Lessard, les mêmes altérations que celle du gîte De Maurès dominent et se retrouvent dans les trois unités lithologiques en place (gabbro, basalte et tuf). Pour le gîte Moléon, une chloritisation ainsi qu'une séricitisation sont essentiellement localisées dans le tuf près des lentilles minéralisées. Une silicification dans les tufs est présente dans le bas des lentilles minéralisées. L'indice P.K. a une altération en chlorite qui est dominante et présente dans les basaltes, les sédiments et les tufs. Cependant, on retrouve une certaine interdigitation de séricitisation et silicification localisée surtout en profondeur et sous les sulfures massifs.

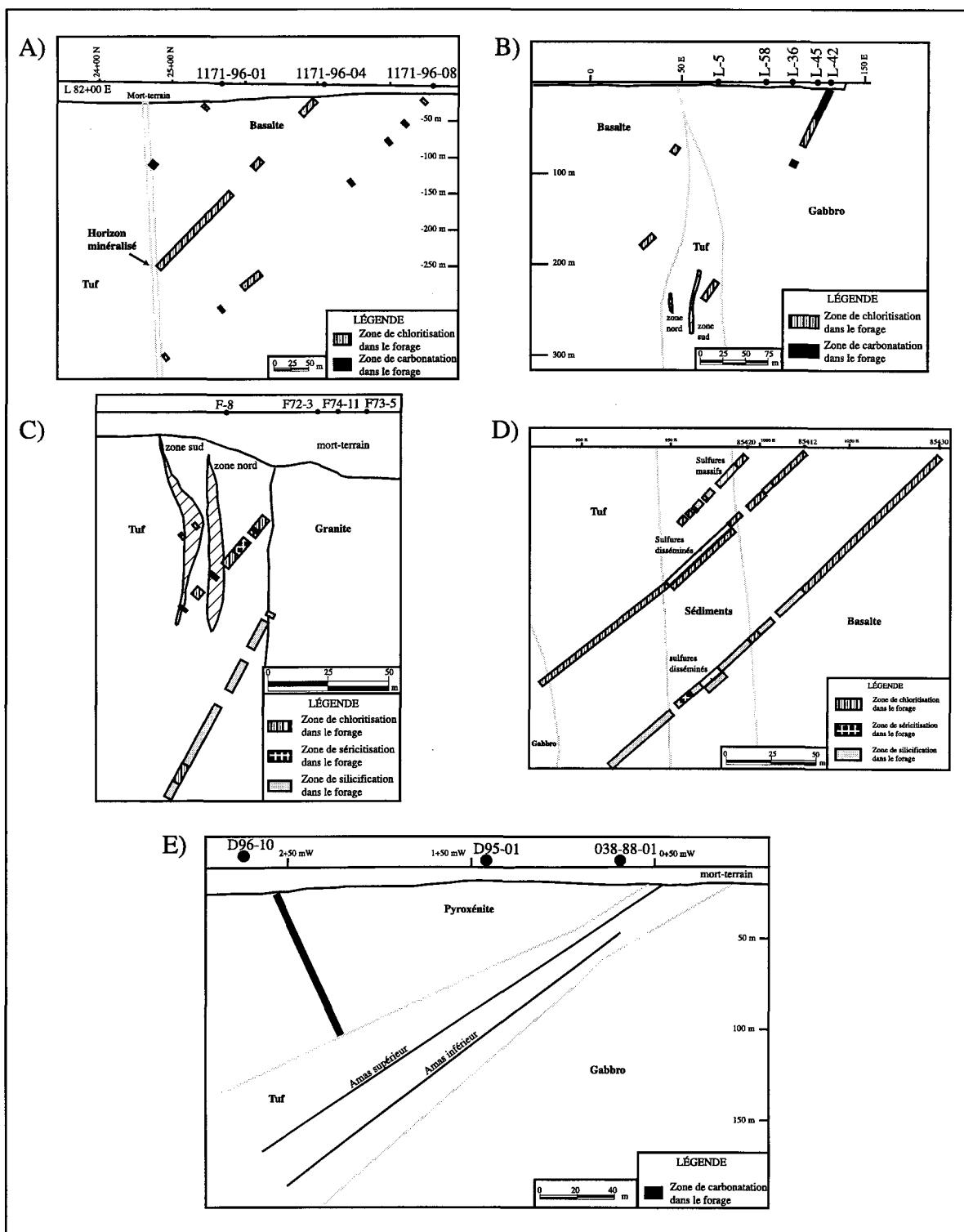


Figure 34 : Emplacement des zones d'altération sur les sections de forage des différents gîtes. A) De Maurès (82+00E) B) Lessard (3+00S) C) Moléon (182 E) D) P.K. (10000N) E) Domergue (1+00S)

Finalement, la principale altération observée dans le gîte Domergue est une carbonatation de l'intrusion pyroxénitique. L'identification des minéraux composant ces altérations a été effectuée par l'observation pétrographique de lames minces ainsi que par les notes inscrites dans les journaux de sondages des différents gîtes. Les principaux points qui ressortent sont que la chloritisation est généralement localisée près de l'amas minéralisé et que la séricitisation et la carbonatation s'interdigitent avec la chloritisation. Seulement deux gîtes ont une silicification et elle se situe en profondeur et sous les amas minéralisés.

### **3.3 INDICE D'ALTÉRATION D'ISHIKAWA**

L'indice d'altération d'Ishikawa permet de localiser les zones de forte altération présentes dans la roche, comme les conduits de circulation des fluides hydrothermaux. L'indice s'obtient par l'équation  $(\text{MgO} + \text{K}_2\text{O}) / (\text{MgO} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O}) \times 100$  (Ishikawa et al., 1976) et permet de mesurer toute l'activité hydrothermale ayant agi dans la roche et qui peut se manifester par l'addition de potassium et magnésium sous forme de chlorite et séricite versus la destruction des feldspaths. C'est donc la mobilité des éléments comme le magnésium, le potassium, le calcium et le sodium qui permet de marquer l'altération. Plus l'indice se rapproche de 100, plus le niveau d'altération de la roche est élevé. Dans un

gisement de sulfures massifs volcanogènes, l'indice d'altération d'Ishikawa varie entre 39 et 91 à l'approche de la lentille minéralisée (Large, 1992). La composition de la roche influence aussi grandement l'indice d'altération. Une roche ultramafique presque dépourvue en sodium, calcium et potassium en comparaison avec une roche felsique aura un indice d'Ishikawa faible, mais pourra être fortement altérée.

Afin de valider les indices d'Ishikawa utilisés, un histogramme de classes a été réalisé pour les basaltes et les volcanoclastites (Figure 35). L'histogramme des basaltes, localisés loin des lentilles minéralisées, montre une distribution normale de la population avec un maximum atteint dans la classe 40-50. Généralement, les roches se localisant dans cette fourchette d'indice possèdent une altération moyenne. Ainsi, les basaltes des gîtes ont été peu affectés par les phénomènes d'altération reliés à la mise en place de la minéralisation. Pour l'histogramme des basaltes à proximité de la lentille minéralisée, la distribution semble légèrement bimodale avec une deuxième population dans la classe 70-80. Ceci peut signifier que les basaltes en bordure des amas minéralisés ont été affectés par les processus d'altération. Par contre, l'histogramme des volcanoclastites loin des lentilles minéralisées montre une tendance bimodale à lognormale où le maximum de la population se regroupe dans la classe 80-90. Le déplacement du

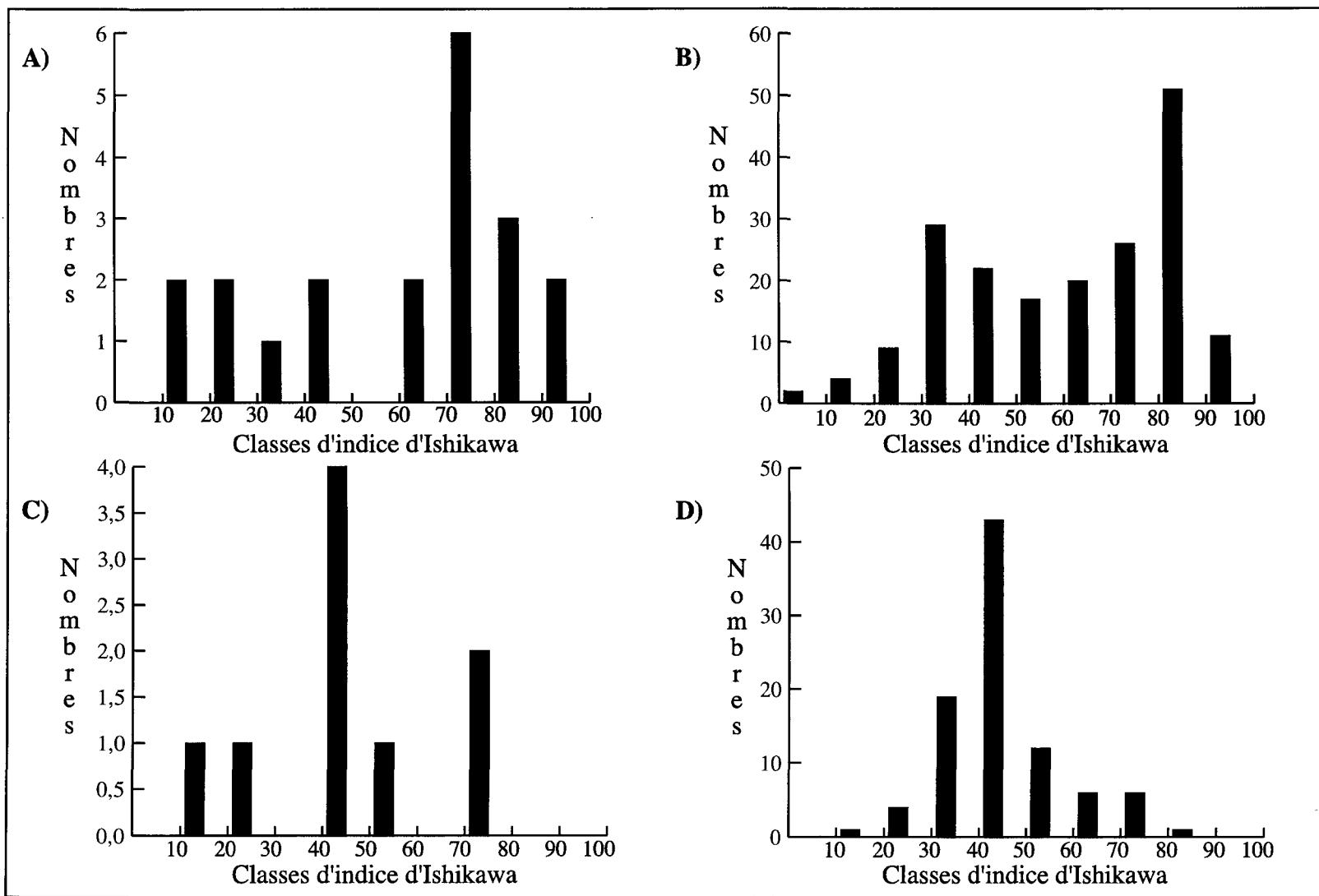


Figure 35 : Histogramme de classes de l'indice d'altération d'Ishikawa pour les laves basaltiques et les volcanoclastites du secteur Frotet-Troilus. A) Volcanoclastites à proximité de la lentille minéralisée B) Volcanoclastites loin de la lentille minéralisée C) Basaltes à proximité de la lentille minéralisée D) Basaltes loin de la lentille minéralisée

maximum de population vers cette classe d'indice montre que les volcanoclastites ont été affectées par les processus d'altération. Quant à l'histogramme des volcanoclastites situées à proximité des lentilles minéralisées, la population est lognormale avec un maximum atteint dans la classe 70-80. Tout comme pour l'histogramme précédent, les phénomènes d'altération sont très légèrement décelables dans les volcanoclastites près des amas minéralisés. Il est en effet possible de corroborer ce phénomène d'altération avec l'échantillon de volcanoclastites 34401 qui se compose essentiellement de chlorite et biotite (>60%) et dont l'indice d'altération d'Ishikawa atteint 95%.

Étant donné que les processus d'altération occasionnent des pertes et des gains de masse dans la roche, la méthode à précurseur unique ou multiples de MacLean et Barrett (1993) a été mise à l'essai afin de valider et corrélérer les indices d'altération d'Ishikawa et de comparer les pertes et les gains des éléments majeurs avec les patrons d'altération régionaux associés aux dépôts de sulfures massifs. La méthode à précurseur unique a été employée pour les volcanoclastites en raison du nombre restreint de données et de la faible dispersion des valeurs. Le champ de composition du précurseur a été déterminé à partir des analyses de volcanoclastites de Simard (1987). Par contre, pour les basaltes, la méthode à précurseur unique n'a pu être employée en raison de la grande dispersion des données. Là

où les données le permettaient, une courbe a pu être tracée afin de déterminer la composition du précurseur des basaltes sur les graphiques du SiO<sub>2</sub>, du MgO et de Na<sub>2</sub>O. Cependant, les pertes et les gains de masse des basaltes n'ont pas été calculés parce que le choix du précurseur demeurait une hypothèse et la distribution des valeurs était peu satisfaisante.

En ce qui concerne les volcanoclastites (Figure 36), de façon générale pour l'ensemble des gîtes, les indices d'altération élevés sont associés à une perte de masse en calcium et sodium ainsi qu'un gain de masse en SiO<sub>2</sub>. Étant donné que les basaltes (Figure 37) sont peu affectés par l'altération, la corrélation du changement de masse et de l'indice d'altération est plus difficile, mais il est possible de déceler, pour tous les gîtes, un gain de masse en magnésium (MgO) et une perte de masse en sodium (Na<sub>2</sub>O) et silice (SiO<sub>2</sub>).

Une corrélation entre l'indice d'altération d'Ishikawa et le changement de masse a permis d'émettre une hypothèse sur les changements chimiques occasionnés par les processus d'altération qui ont affecté la roche en place. De par leur porosité et leur composition chimique, les volcanoclastites ont d'avantage subi le processus d'altération que les basaltes. Cependant, l'altération a entraîné une perte en sodium et calcium dans les deux lithologies,

quoiqu'elle est plus visible dans les volcanoclastites. Finalement, après toutes les validations effectuées, l'indice d'altération d'Ishikawa peut-être employé avec modération afin de cerner les zones d'altération dans les sections minéralisées des différents gîtes et indices.

### **3.3.1 Lessard**

La maille d'échantillonnage, plutôt serrée pour le gîte Lessard, permet d'avoir une bonne idée de ce qui se passe aux environs de la minéralisation (Figure 38). On remarque une interdigitation entre des valeurs élevées (indice d'altération d'environ 80) et des valeurs dont l'indice d'altération est intermédiaire (45). La présence de valeurs élevées, un peu éparpillées, ne permet pas de bien cibler une zone de forte altération. Cependant, on remarque plusieurs petites zones d'altération réparties de part et d'autre des lentilles minéralisées. Par contre, la principale zone d'altération se localise au contact du tuf et de la roche felsique, soit à l'est de la zone minéralisée sud. Cet horizon de roche plus poreuse, coincé entre un basalte et un gabbro, est sans doute le chemin le plus plausible que les fluides minéralisateurs aient pu emprunter.

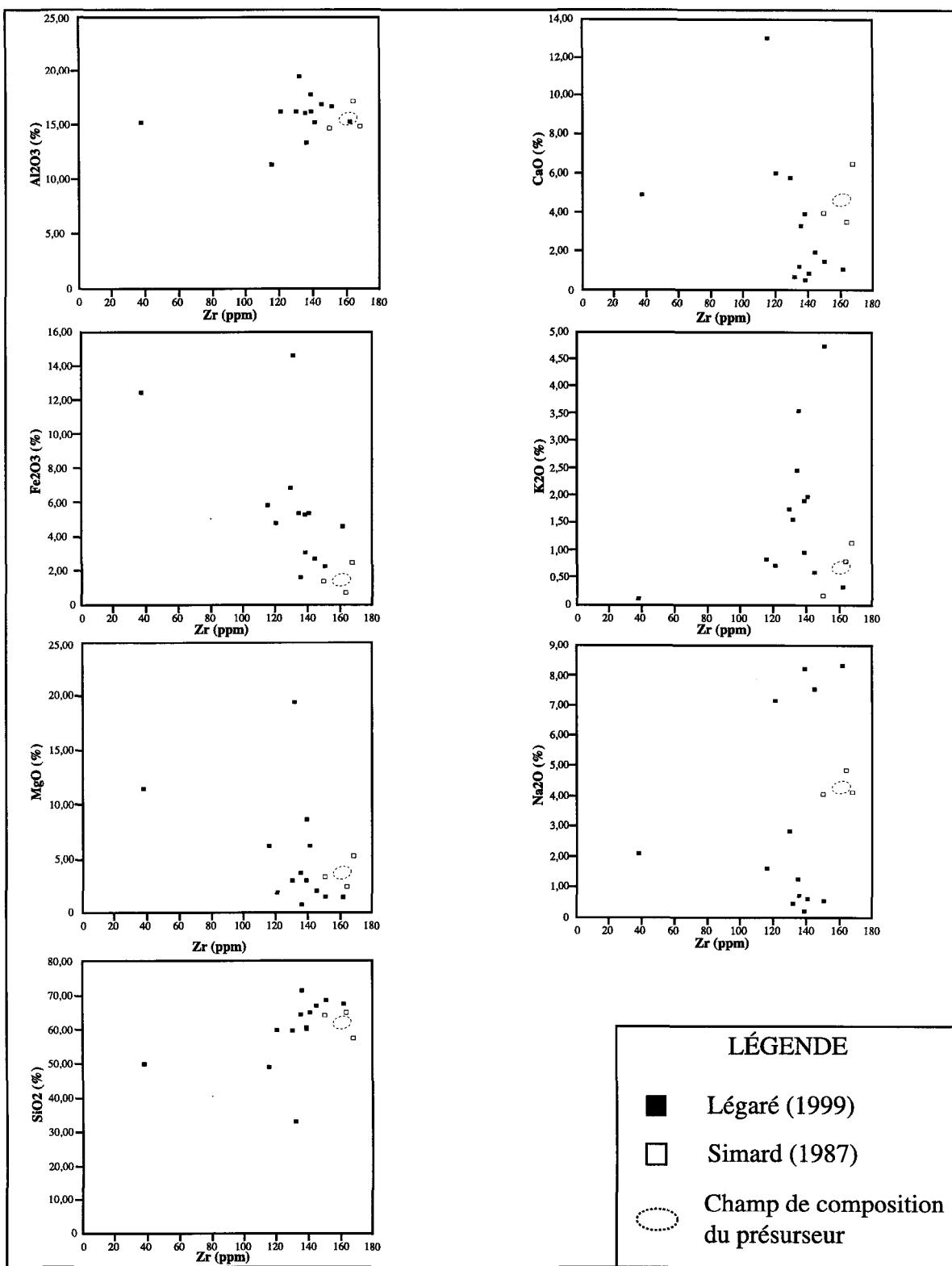


Figure 36 : Graphiques montrant les changements de masse encourus par les volcanoclastites de Frotet-Troilus.

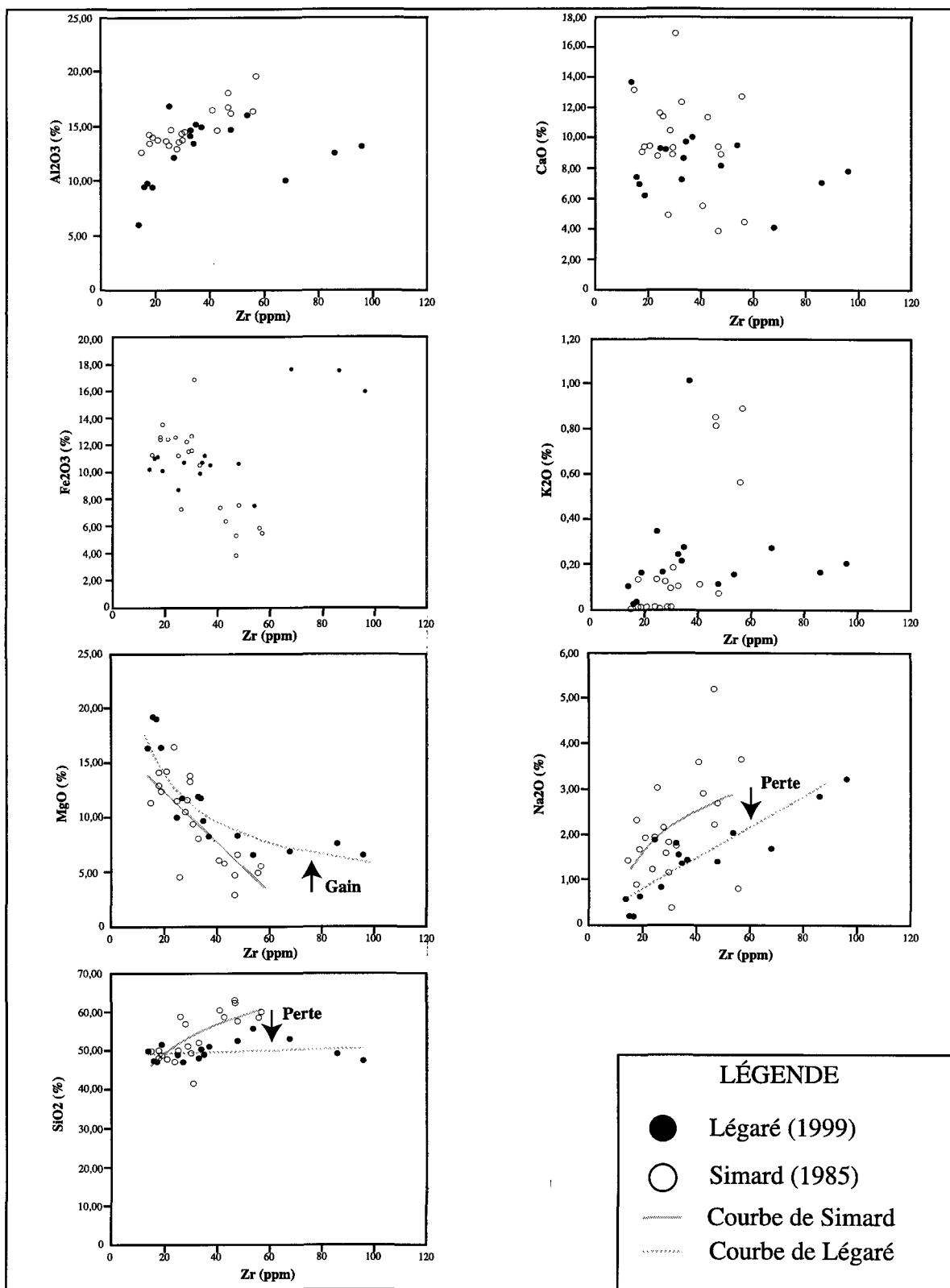


Figure 37 : Graphiques montrant les changements de masse encourus par les basaltes de Frotet-Troilus.

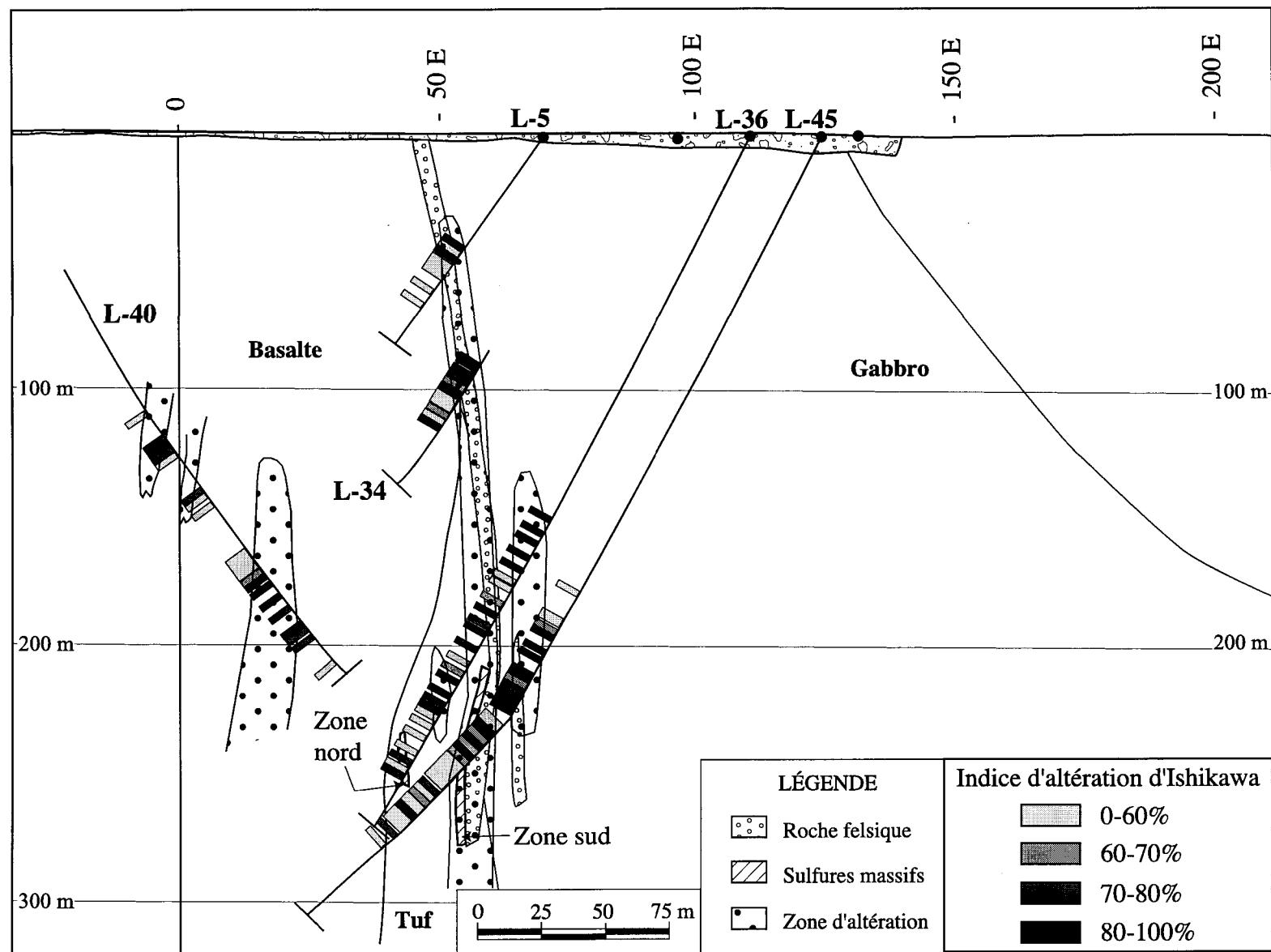


Figure 38 : Indice d'altération d'Ishikawa de la section 3+00 S du gîte Lessard.

### 3.3.2 De Maurès

Diverses sections du gîte De Maurès ont été soumises à un échantillonnage plus ou moins systématique afin de repérer les zones de forte altération. Tout d'abord, sur la section 81+00 E du gîte, aucune zone continue d'altération n'est identifiable (Figure 39). Cependant, de fortes valeurs se présentent dans les volcanoclastites localisées à l'ouest de l'horizon minéralisé. Sur la section 81+50 E, qui représente la partie la plus profonde de l'horizon minéralisé, le peu de données disponibles ne permet pas d'établir de zones continues d'altération (Figure 40). Tout comme pour la section 81+00 E, les valeurs les plus élevées de l'indice d'Ishikawa, entre 70% et 100%, se situent dans les volcanoclastites à l'ouest de l'horizon minéralisé. La section 82+00 E est celle où il est possible d'observer une zone d'altération continue (Figure 39). Cette zone d'altération se localise de part et d'autre de l'horizon minéralisé, soit dans le basalte et les volcanoclastites. Ensuite, sur la section 83+00 E, une seule valeur au-dessus de 70% est présente dans les volcanoclastites à l'ouest de l'horizon minéralisé (Figure 39). Finalement, la section longitudinale du gîte De Maurès (Figure 40) montre que la majorité des valeurs élevées d'altération se localisent dans l'enveloppe de sulfures massifs et qu'au pourtour de celle-ci se retrouvent les valeurs moyennes. Somme toute, la majeure partie de l'altération se situe dans la roche la plus

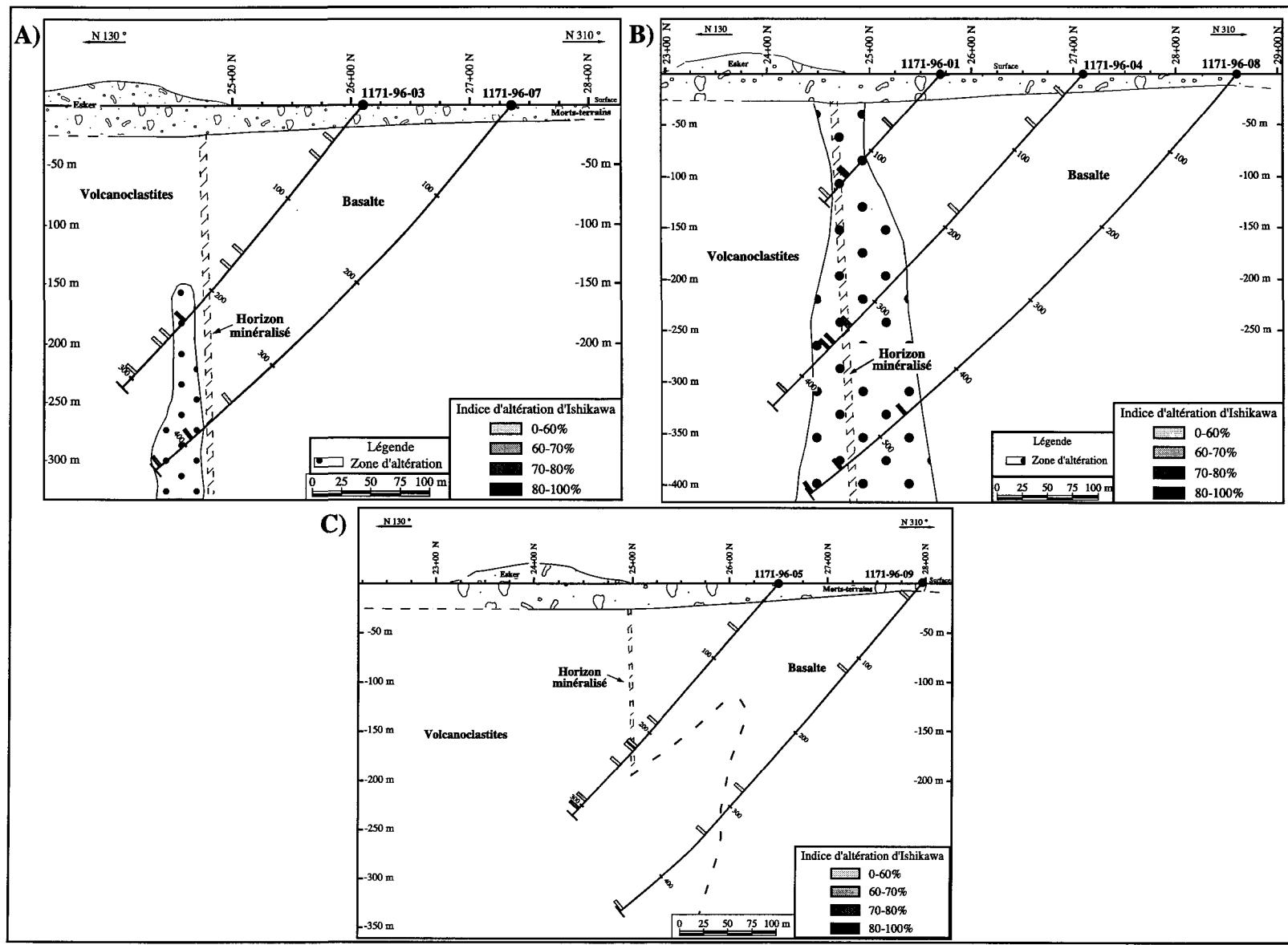


Figure 39 : Indice d'altération d'Ishikawa sur diverses section du gîte De Maures. A) Section 81+00 E B) Section 82+00 E C) Section 83+00 E.

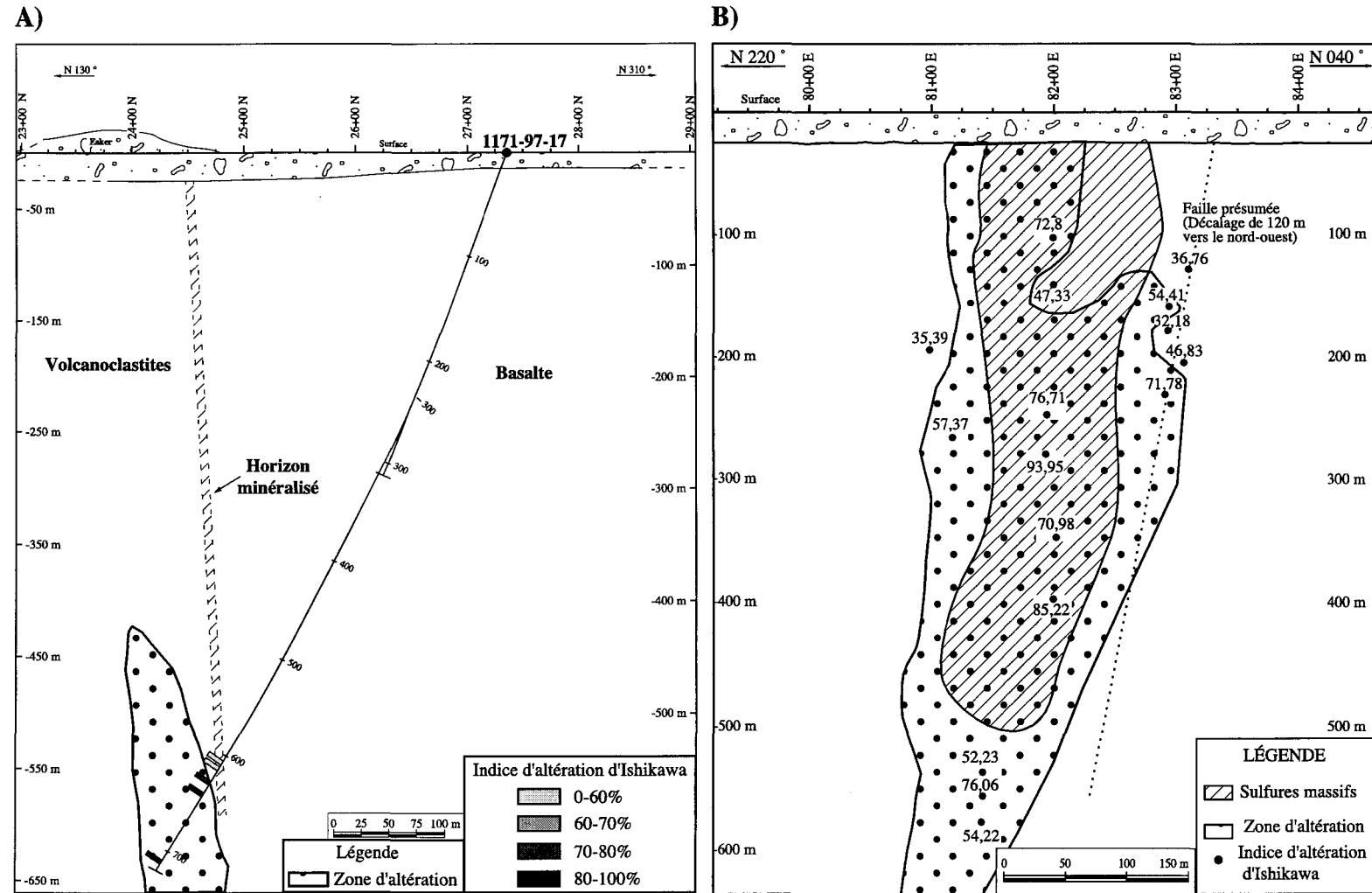


Figure 40 : Indice d'altération sur diverses sections du gîtes De Maurès. A) Section 81+50 E. B) Section longitudinale.

poreuse, soit les volcanoclastites, sauf dans la section 82+00 E, où le basalte est également affecté par celle-ci.

### **3.3.3 Moléon**

La section 122 mE du gîte Moléon permet d'observer une zone d'altération comprenant des valeurs entre 70% et 100% au nord de la lentille minéralisée (Figure 41). Cette zone d'altération se retrouve dans le tuf altéré, aussi nommé schiste à chlorite par Chabot (1997), et s'étend de la base de la lentille jusque dans les sédiments situés dans la partie supérieure des sulfures massifs. Ensuite, la section 152 mE montre un phénomène semblable dans le sens où la zone d'altération se localise dans le tuf au nord des lentilles minéralisées près du contact entre le tuf et le basalte (Figure 41). Quelques valeurs d'indice élevées sont aussi présentes dans le basalte, mais leur éparpillement ne permet pas de cibler une zone continue d'altération. Finalement, la section 182 mE est celle qui montre la zone d'altération la plus étendue (Figure 42). Elle se localise entièrement dans le tuf quoique la présence de l'intrusion granitique tardive peut recouper certains contacts. La zone d'altération enveloppe aussi entièrement la lentille de la zone nord et s'amincit en profondeur jusqu'à environ 150 mètres. En conclusion, il est possible de déduire que les

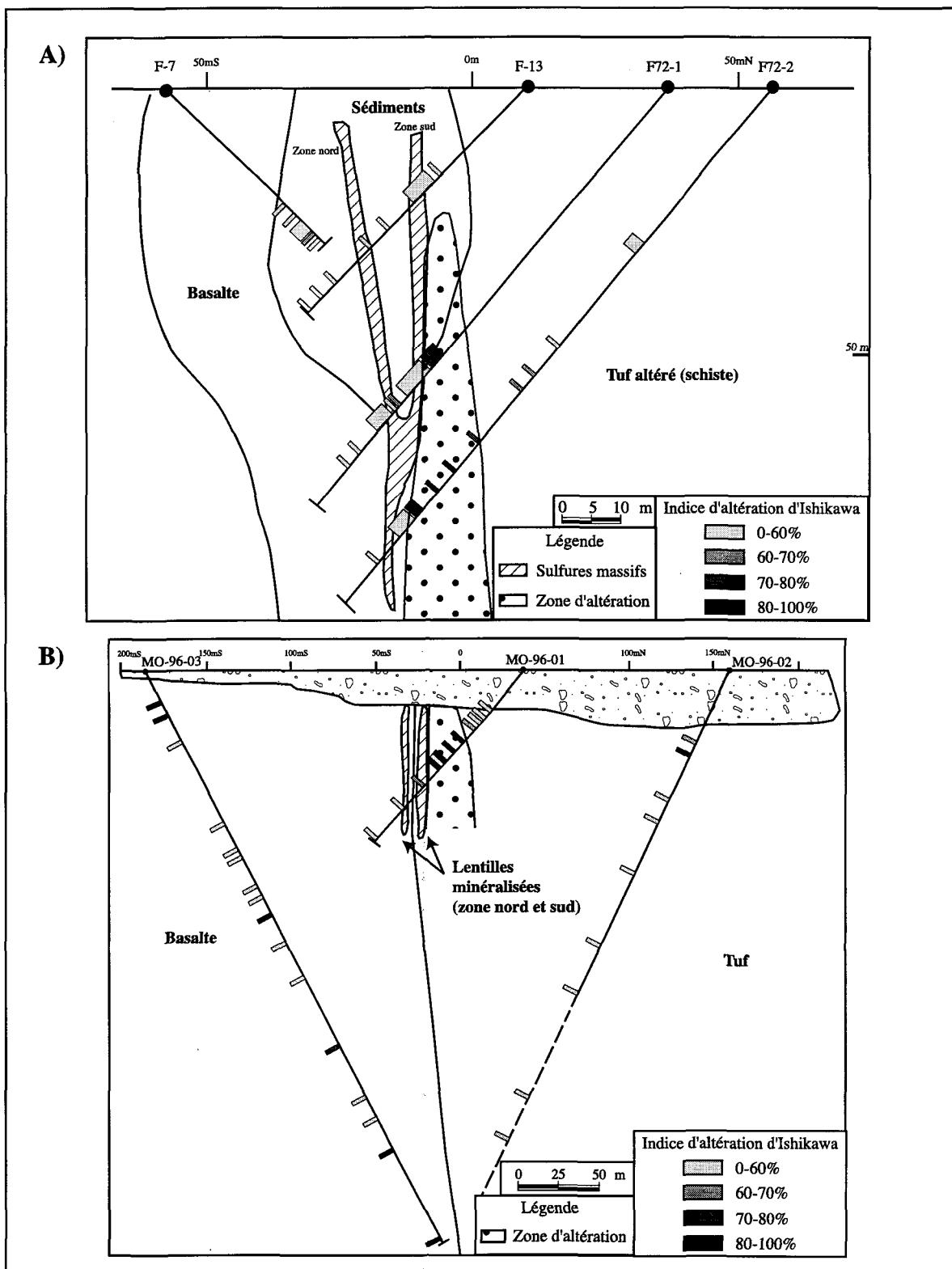


Figure 41 : Indice d'altération d'Ishikawa sur deverses sections du gîte Moléon.  
A) Section 122 mE. B) Section 152 mE.

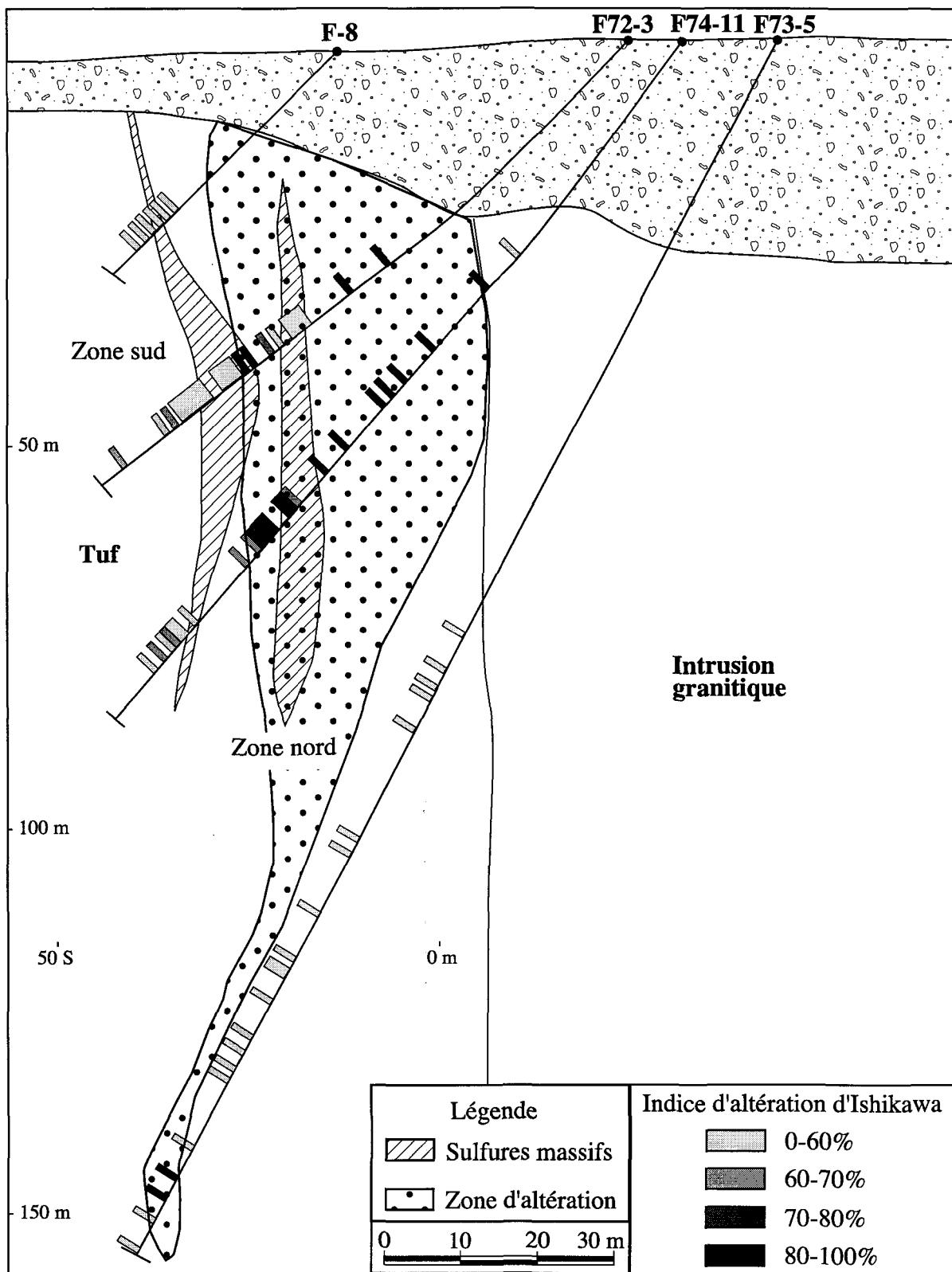


Figure 42 : Indice d'altération d'Ishikawa sur la section 182mE du gîte Moléon.

tufs sont l'unité lithologique ayant fortement subi le processus d'altération et qu'il existe une asymétrie dans la distribution de l'altération, car elle se localise essentiellement dans les tufs.

### **3.3.4 Domergue**

Le peu de données disponibles sur le gîte de Domergue ne permet pas d'arriver à de grandes conclusions, mais la présence de deux valeurs extrêmement basses, appartenant à la classe 0-60%, localisées entre les deux amas minéralisés, dans les zones d'altération, n'indique en rien une circulation de fluides intense à cet endroit (Figure 43).

### **3.3.5 Indice P.K.**

La maille d'échantillonnage utilisée sur l'indice P.K. permet d'avoir une idée globale de la variation de l'indice d'altération dans les environs de la minéralisation. La valeur de l'indice d'altération est de façon générale constante dans chacune des lithologies présentes, soit le basalte, le sédiment et le tuf (Figure 44). Que ce soit aux abords des sulfures massifs, dans la zone à filonnets ou en dehors de toute minéralisation, l'indice d'altération

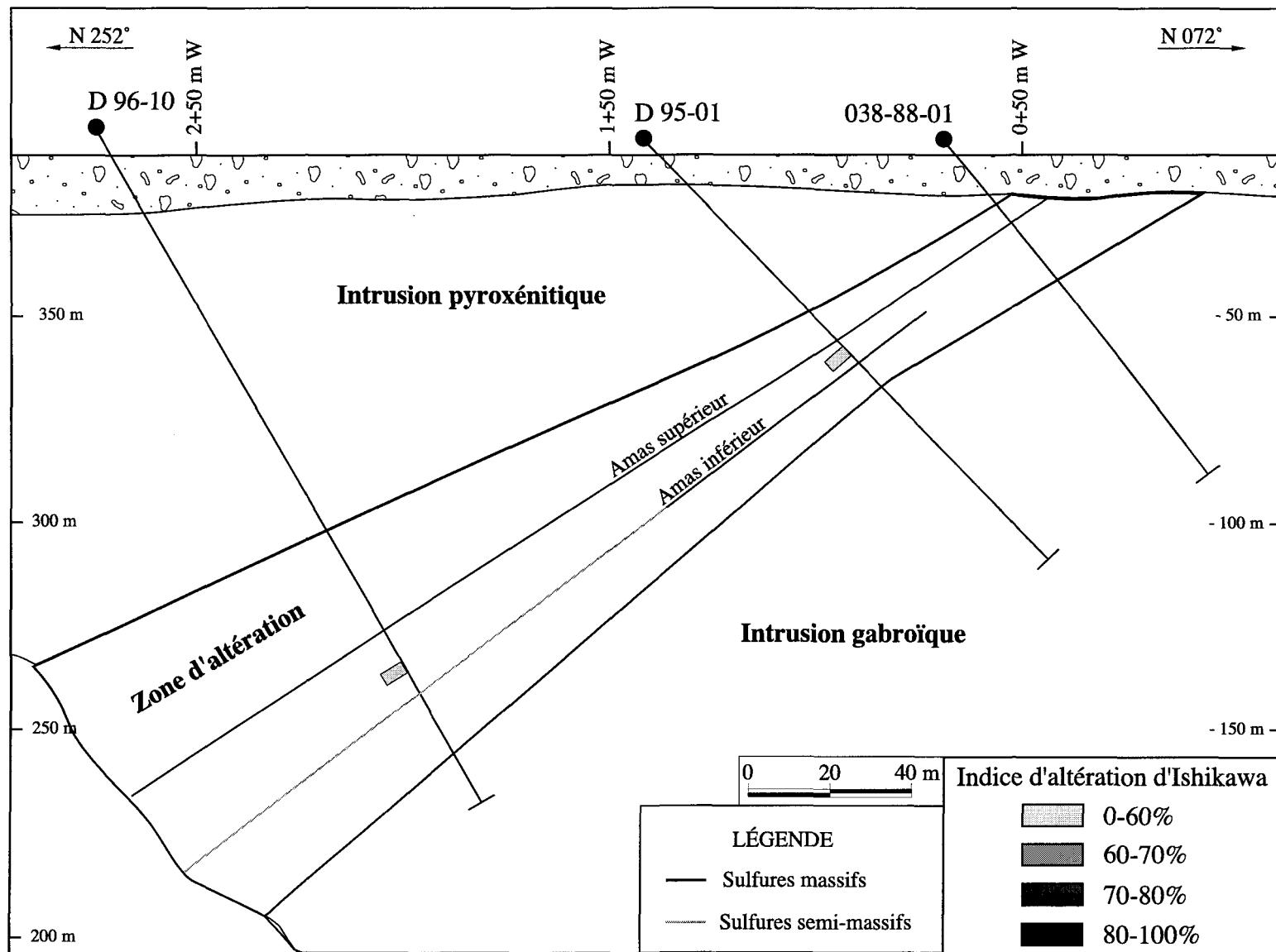


Figure 43 : Indice d'altération de la section 1+00 S du gîte Domergue.

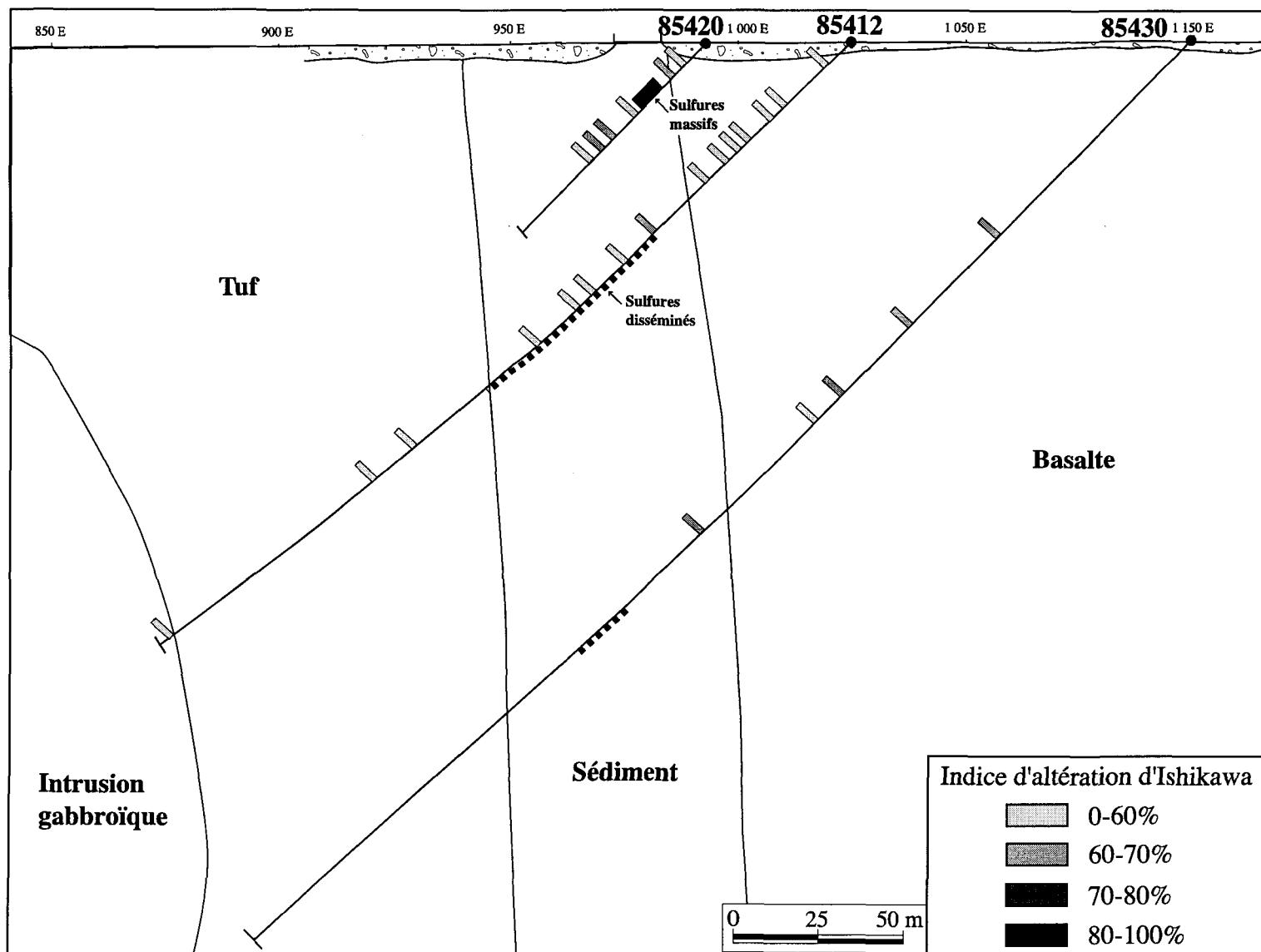


Figure 44 : Indice d'altération de la section 10 000N de l'indice P.K.

d'Ishikawa ne dépasse pas la classe de 60-70%. Ainsi, aucune zone d'altération pouvant correspondre au passage des fluides minéralisateurs n'a pu être clairement identifiée.

### **3.3.6 Indice Roméo Boisvert**

La répartition de l'échantillonnage effectué sur l'indice Roméo Boisvert ne permet pas de circonscrire le chemin emprunté par les fluides minéralisateurs, mais permet d'avoir une bonne idée du degré d'altération des roches environnantes de la minéralisation (Figure 45). Avec des valeurs d'indice d'altération inférieures à 55 dans le basalte hôte de la minéralisation, tout porte à croire que l'activité hydrothermale n'a pas été intense à cet endroit.

### **3.3.7 Conclusions préliminaires sur les processus d'altération**

L'étude des altérations présentes dans chacun des gîtes et indices étudiés a permis de révéler que la chloritisation, la sérichtisation et la carbonatation sont les principales altérations observées à proximité des lentilles minéralisées. Également, les volcanoclastites sont les unités lithologiques les plus sensibles à l'altération d'après Ishikawa et les

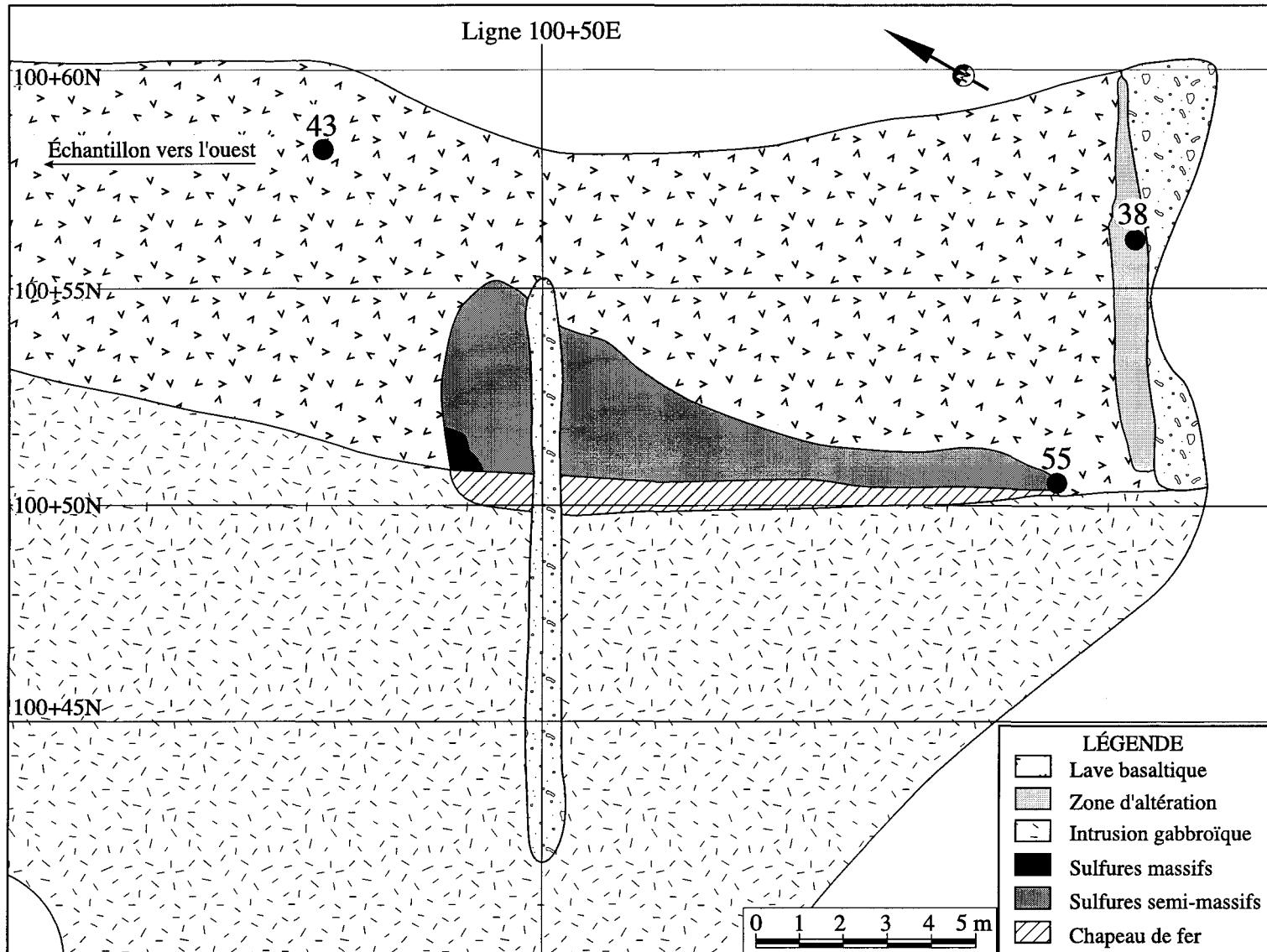


Figure 45 : Indice d'altération sur l'indice Roméo Boisvert.

changements de masse. Finalement, une certaine asymétrie dans l'altération est visible dans la majorité des gîtes.

### **3.4 CORRÉLATION DES ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES**

L'étude de la matrice de corrélation effectuée sur des échantillons (13) provenant des amas sulfurés pourra peut-être permettre la mise en évidence d'un comportement associé à une altération ou à un autre processus affectant la composition originale de la roche. Donc, l'existence d'une corrélation entre deux éléments pourra permettre d'établir des associations avec les éléments métalliques ayant pris part au même processus minéralisateur. L'obtention de la matrice de corrélation s'effectue par un traitement statistique des valeurs obtenues lors de l'analyse des éléments métalliques des corps minéralisés. Plus un coefficient de corrélation entre deux éléments se rapproche de +1 ou -1, plus cet élément possède une relation commune (+1) ou opposée (-1) avec l'autre élément dans un processus donné, en l'occurrence dans cette étude, le processus de minéralisation. Pour effectuer l'étude de corrélation de l'or, du cuivre et du zinc avec les divers éléments, toutes les analyses prises dans les minéralisations de chacun des gîtes ont été utilisées afin d'avoir une idée d'ensemble. Également, pour être significatif, un nombre minimal

d'échantillons doit être traités et le nombre d'échantillons n'étaient pas suffisants si les gîtes étaient pris séparément.

Ainsi, la corrélation des éléments avec l'or (Tableau 3) permet de voir que l'argent et le cuivre possèdent un coefficient de corrélation très près de 1 et qu'il existe une forte corrélation entre l'or et l'arsenic. Étant donné que très peu d'or est présent dans la majorité des gîtes, l'or peut se retrouver au sein de la chalcopyrite tout comme l'argent. En effet, dans la chalcopyrite, il est possible d'observer des minéraux d'intercroissance composés de : Ag, Au, Pt, Pb, V, Cr, In, Al, Sb et Bi (Deer et al., 1998).

Pour la corrélation avec le cuivre (Tableau 3), la meilleure corrélation se fait avec l'argent suivi de très près par le bore et l'arsenic. La présence d'argent au sein de la chalcopyrite s'explique comme pour l'or. En ce qui concerne l'arsenic, il arrive parfois que le soufre de la chalcopyrite soit remplacé par des éléments, tels le fer, l'arsenic et le sélénium (Deer et al. 1998). La corrélation avec le bore s'explique par le fait que ce dernier, tout comme le chlore et le fluor, est un important composant des solutions hydrothermales.

	<b>Au</b>	<b>Ag</b>	<b>As</b>	<b>B</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>	<b>Sc</b>	<b>Ti</b>	<b>Zn</b>
<b>Au</b>	X	0,98	0,88	0,36	-0,11	0,02	0,99	-0,04	-0,52	0,59	-0,05
<b>Ag</b>	0,98	X	0,91	0,37	-0,07	0,15	0,97	-0,07	-0,61	0,65	-0,01
<b>As</b>	0,88	0,91	X	0	0,34	0,89	0,86	1	-0,57	0,70	0,99
<b>B</b>	0,36	0,3	0	X	-0,47	0,26	0,87	-0,19	1	-0,19	-0,18
<b>Cd</b>	-0,11	-0,07	0,34	-0,47	X	0,54	-0,12	0,84	0,21	0,54	0,86
<b>Co</b>	0,02	0,15	0,89	0,26	0,54	X	0,02	0,23	-0,56	0,65	0,58
<b>Cu</b>	0,99	0,97	0,86	0,87	-0,12	0,02	X	-0,08	-0,27	0,60	-0,07
<b>Mo</b>	-0,04	-0,07	1	-0,19	0,84	0,23	-0,08	X	0	0,61	0,96
<b>Sc</b>	-0,52	-0,52	-0,57	1	0,21	-0,56	-0,27	0	X	0,25	-0,47
<b>Ti</b>	0,59	0,65	0,70	-0,19	0,54	0,65	0,60	0,61	0,25	X	0,63
<b>Zn</b>	-0,05	-0,01	0,99	-0,18	0,86	0,58	-0,07	0,96	-0,47	0,63	X

Tableau 3 : Matrice des coefficients de corrélation des éléments.

Finalement, le coefficient de corrélation des éléments avec le zinc (Tableau 3) est le plus élevé pour l'arsenic et le molybdène, suivi de près par le cadmium. La présence de cadmium s'expliquerait par le fait qu'il existe une solution solide au sein de la sphalérite entre ZnS et ZnSe puis CdS et HgS (Deer et al. 1998). Par contre pour l'arsenic, il pourrait s'agir d'une association de la chalcopyrite avec la sphalérite. Finalement, la forte corrélation du zinc avec le molybdène est inhabituel. Il se pourrait que le molybdène provienne d'une contamination des échantillons lors du broyage de ceux-ci avec un disque métallique au lieu de l'emploi d'un disque en céramique.

### **3.5 CONCLUSION SUR L'ALTÉRATION**

À la lumière des observations présentées, les altérations principales sont une chloritisation, une sérichtisation et une carbonatation. Les fluides hydrothermaux causant ces altérations, sont également à l'origine des pertes de masse en sodium et en calcium ainsi que des gains de masse en SiO<sub>2</sub> dans les volcanoclastites et les basaltes. Cependant, les volcanoclastites ont beaucoup plus gardé l'empreinte laissée par le passage des fluides hydrothermaux lors de la mise en place de la minéralisation. La porosité et la composition des volcanoclastites ont aussi créé une asymétrie de l'altération au pourtour des lentilles

minéralisées. Cette asymétrie se traduit donc par une chloritisation, une séricitisation, une carbonatation ou une combinaison de ces altérations dans les volcanoclastites.

## **CHAPITRE IV**

### **SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS ET DISCUSSION**

#### **4.1 SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS**

Cette section va permettre de mettre en lumière les principales observations décrites dans les chapitres précédents afin de mieux définir la typologie des minéralisations du secteur Frotet et de déterminer les caractéristiques communes de chacun des gîtes afin de les rattacher à un système de classification connu.

##### **4.1.1 Contexte local**

Les divers gîtes présents au sein de la bande volcano-sédimentaire de Frotet-Evans sont associés à différentes lithologies hôtes mais certaines caractéristiques communes, comme l'emplacement de la minéralisation, la morphologie de l'amas minéralisé, la

composition du corps minéralisé et les altérations présentes se dégagent. En effet, chacune des minéralisations se retrouve au contact entre une unité volcanique effusive et une unité volcanoclastique (tuf). Parfois, un horizon sédimentaire d'origine marine profonde (argilites) vient s'intercaler entre les deux unités lithologiques précédentes. La minéralisation du gîte Lessard siège au sein de volcanoclastites en contact avec un gabbro et une péridotite. Ces unités intrusives sont co-magmatiques avec les basaltes présents dans la séquence volcanique, en raison de leur texture similaire et leur contact graduel (Bogle, 1977). Le gîte Tortigny se localise dans des grauwackes et des pélites graphiteuses également délimités par une coulée basaltique et une intrusion gabbroïque. Quant au gîte De Maurès, la minéralisation se situe dans un horizon de tuf plus ou moins silicifié au contact entre un basalte et un tuf légèrement altéré. La minéralisation du gîte Moléon est un peu plus complexe; elle se localise dans une unité de tuf complètement altéré en trémolite et actinote. Par endroits, la minéralisation se retrouve dans la pyroxénite qui recoupe les tufs et basaltes présents sur la propriété. Le gîte Domergue a une minéralisation comprise dans un tuf plus ou moins altéré qui est délimité par une intrusion pyroxénitique et gabbroïque. Pour l'indice P.K., la minéralisation est incluse tout comme le gîte Tortigny dans des mudstones graphitiques coincés entre un tuf et un basalte. Finalement, l'indice Roméo Boisvert a une minéralisation localisée au contact inférieur entre un basalte et une

intrusion gabbroïque. Le contact supérieur du basalte se fait aussi avec un gabbro qui est lui-même en contact avec une intrusion pyroxénitique. Pour les gîtes possédant une association avec des intrusions stratiformes, une relation avec la zone 8-5 de la mine Cooke (Bélanger, 1979) peut se faire. En effet, la minéralisation présente se localisait à l'interface entre les tufs et les basaltes. Cependant, la mise en place du filon-couche qui n'a pas de relation génétique avec la minéralisation est venu contrôler son apparence (Bélanger, 1979). Le filon-couche a pu alors se mettre en place dans des zones de faiblesses comme le contact lithologique entre les volcanoclastites et les basaltes. Le fait à retenir est que même si l'emplacement de la minéralisation semble différent pour chacun des gîtes, de façon générale la minéralisation se met en place au contact entre des unités basaltiques et volcanoclastiques parfois interdigitée avec des horizons d'argilite ou recoupée par des intrusions stratiformes. De plus, toutes les lithologies appartiennent aux formations de Châtillon et Domergue sud (Groupe de Troilus) qui constituent une partie du cycle volcanique III de la région de Frotet.

Les faits importants à retenir pour chacun des gîtes sont donc :

- une minéralisation concordante,
- une minéralisation au contact entre des unités lithologiques précises,

- la présence d'unités volcanoclastiques,
- des sulfures disséminés enveloppant les sulfures massifs.

#### **4.1.2 Altération**

Les altérations retrouvées dans tous les gîtes et indices confondus du secteur Frotet sont principalement une chloritisation et une séricitisation. Une carbonatation et une silicification sont également observables dans certains gîtes comme Tortigny, Moléon, Lessard et De Maurès. La présence de carbonate dans les roches indiquent la présence de CO<sub>2</sub> dans le fluide hydrothermal (Barrett et MacLean, 1994). Également, dans les premières étapes de l'altération, le calcium a tendance à former l'épidote et/ou la calcite (Barrett et MacLean, 1994). Quant à la séricite, selon Barrett et MacLean (1994), sa formation origine de l'addition de potassium présent dans l'eau de mer à celui déjà présent dans les roches. Cette altération se fait sous un ratio minimum eau-roche. Finalement, en ce qui concerne la chlorite, qui se localise à proximité des lentilles minéralisées, trois possibilités sont plausibles quant à son origine. Tout d'abord, elle peut résulter d'une hydratation du plancher océanique avec un faible ratio eau-roche durant un métamorphisme d'enfouissement ou d'une hydratation des roches mafiques durant le métamorphisme

régional (Barrett et MacLean, 1994). La troisième hypothèse est que la chlorite peut résulter de l'interaction chimique entre le fluide et la roche lors du passage des fluides hydrothermaux au moment de la mise en place de la minéralisation.

L'utilisation de l'indice d'altération d'Ishikawa, employé afin de mieux cerner les zones de forte altération dues au passage des fluides, a permis de déceler une asymétrie. En effet, les zones de fortes altérations en chlorite et séricite se localisent dans les volcanoclastites qui appartiennent au mur ou au toit des lentilles minéralisées. Cette asymétrie dans l'altération permet d'exclure la possibilité de retrouver des gîtes filoniens et pourrait être un indicateur de sommet. La majorité des indices d'altération supérieurs à 50 % se localisent de part et d'autre du corps minéralisé à une distance très rapprochée de la lentille et s'étendent sur une petite superficie. Étant donné que la plupart des zones d'altération se localisent près ou dans le corridor minéralisé, tout porte à croire que le système a eu un écoulement focalisé. La présence des fluides, exclusivement dans le conduit de mise en place de la minéralisation, explique peut-être le fait que la roche du toit ou du mur de la minéralisation ne soit pas empreinte d'une altération pénétrative à grande échelle. L'absence d'une altération pénétrative peut résulter de divers facteurs comme : une faible puissance du système hydrothermal, une faible porosité et perméabilité de la roche en

place ainsi qu'un faible volume de fluide disponible, comme en témoigne le faible ratio eau-roche nécessaire pour la formation de la séricite. Elle peut aussi résulter d'une température du fluide non-adéquate à la précipitation de certains minéraux (Lydon, 1988).

La température du fluide est importante, car tout comme pour les métaux, les minéraux comme l'anhydrite et la chlorite précipitent seulement dans certains intervalles de température (Lydon, 1988). Également, le fait de ne pas retrouver une altération intense sur la plupart des échantillons mégascopiques pourrait laisser croire que les roches sont simplement empreintes d'assemblages métamorphiques du faciès des schistes verts. Cependant, à partir des données recueillies en lames minces et dans les journaux de sondage, il a été possible d'établir que l'altération associée aux sulfures massifs est la chloritisation et que les autres altérations notamment la séricite et la carbonatation enveloppent et s'interdigitent avec la chloritisation.

Le rapprochement avec les bilans de matière obtenus avec la méthode de MacLean et Barrett (1993) et les schémas de Franklin (1999) sur la localisation des pertes et des gains des éléments majeurs au sein d'un système volcanogène a été fait. Étant donné que la plupart des échantillons ont été recueillis près de la lentille, il est difficile de cerner les zonations probables. Pour les basaltes de tous les gîtes et indices analysés, on observe une

perte en  $\text{SiO}_2$ , en calcium et sodium puis un gain en fer. Comme il a été établi avec l'indice d'altération d'Ishikawa que l'altération a peu affecté cette lithologie, il devient également ardu de la relier avec un emplacement dans le système hydrothermal. Cependant, les volcanoclastites, de tous les gîtes, accusent des pertes en sodium et calcium ainsi qu'un gain en  $\text{SiO}_2$ . Ce genre de patron de changement de masse est similaire à ceux observé dans les systèmes volcanogènes et selon Franklin (1999), les volcanoclastites correspondraient au conduit des fluides hydrothermaux, soit la cheminée d'altération.

Donc, les volcanoclastites seraient l'unité lithologique empruntée par les fluides hydrothermaux lors de la mise en place de la minéralisation.

#### **4.1.3 Minéralisation**

La minéralisation du secteur à l'étude comprend uniquement des gîtes et indices de cuivre et de zinc. Des enrichissements en or et en argent sont présents dans certains gîtes, notamment les gîtes Tortigny et Moléon. Les principales phases sulfurées sont la pyrrhotite et la sphalérite, suivies par la chalcopyrite et la pyrite (Figure 46). Dans les gîtes Lessard, De Maurès et Moléon des traces de galène sont observables.

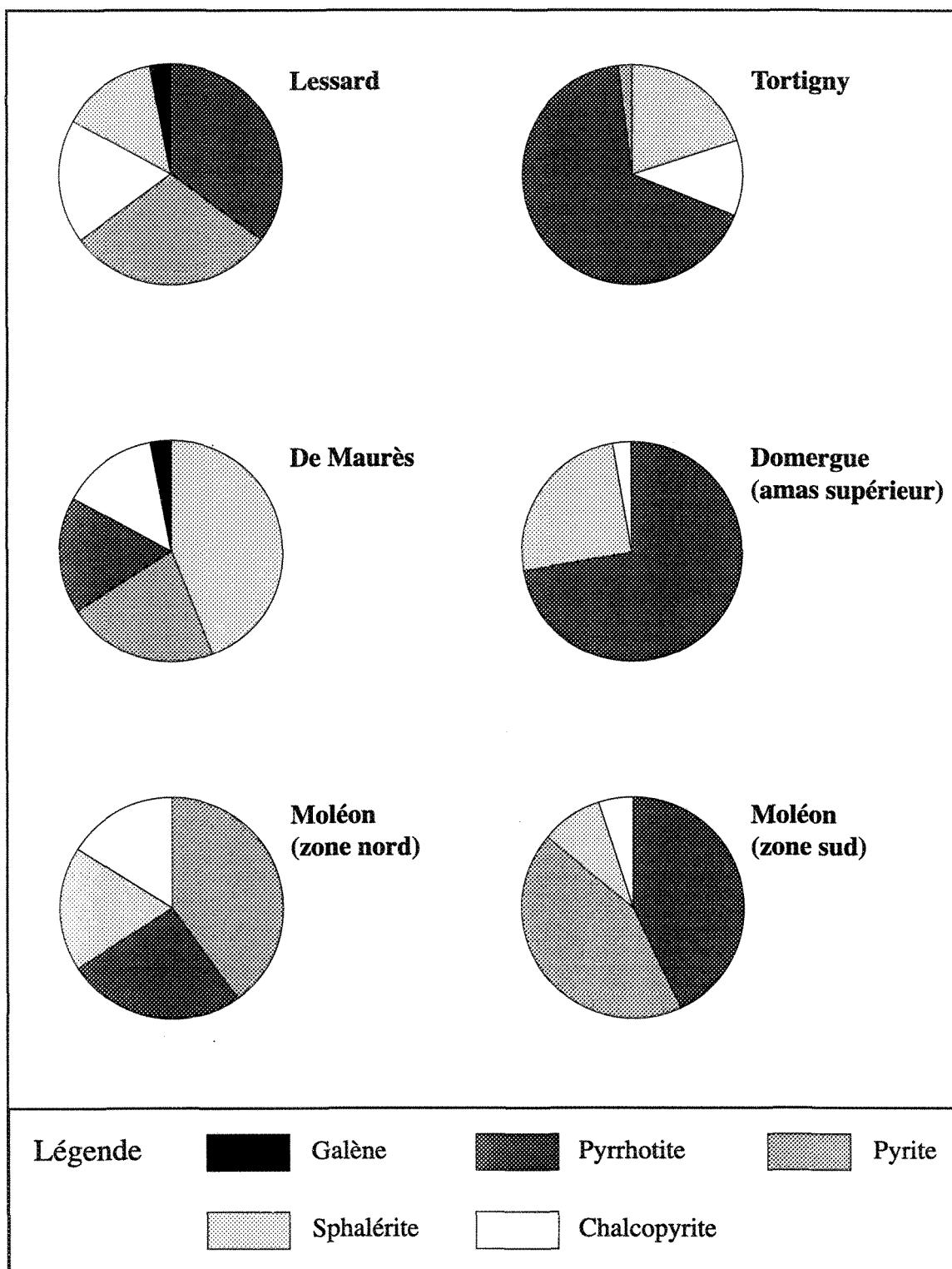


Figure 46 : Principales phases sulfurées de l'amas minéralisé de chacun des gîtes étudiés.

De façon générale, la minéralisation se retrouve sous forme de lentille ou de veine massive concordante avec l'encaissant. Associée à cette partie massive, une zone à filonnets est présente. La zone à filonnets ne recoupe pas les lithologies. Elle est plutôt parallèle au rubanement ou présente dans la fracturation. Une hypothèse de transposition de la zone à filonnets par déformation peut être évoquée pour expliquer le parallélisme de la zone à filonnets avec la roche encaissante et la partie massive. Un couloir étroit minéralisé serait alors formé suite à la déformation. Cette déformation aurait donc pour conséquence de donner une texture de recristallisation aux sulfures et de paralléliser les veines à la schistosité (Piché et al, 1993). Étant donné que dans les lames minces étudiées une texture de recristallisation dans les sulfures et les silicates a été observée et que les profils de cuivre et de zinc (Figure 47) montrent un léger déphasage des enrichissements par rapport aux zones massives, il est possible de croire qu'un événement de déformation ait agi sur les amas minéralisés en place.

L'observation en lames minces des sulfures massifs n'a pas permis l'identification de structures ou textures primaires. Cependant, pour l'indice Roméo Boisvert, une texture d'altération de surface est visible dans les sulfures. La texture générale remarquée est une

Figure 47 : Schéma des profils

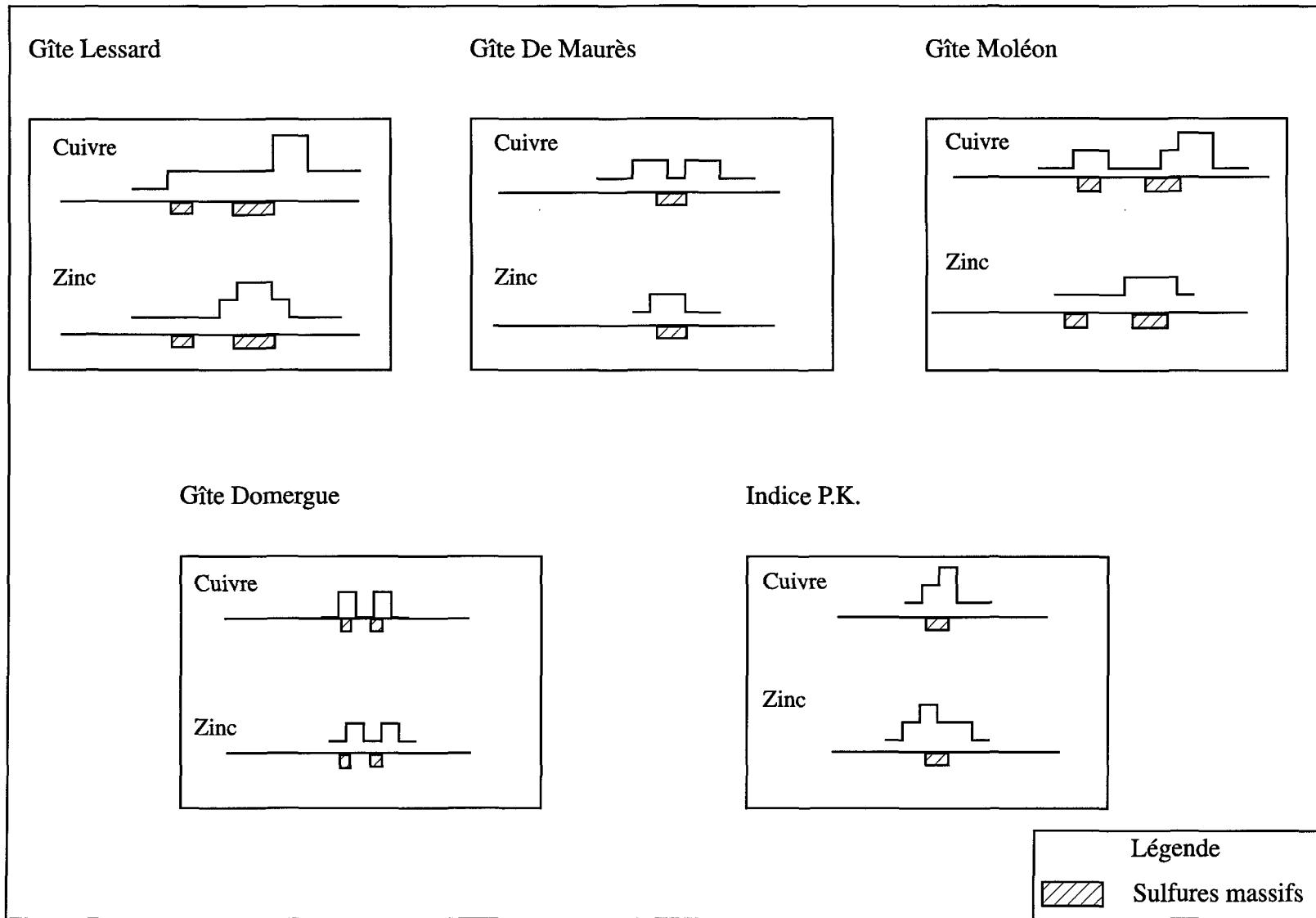


Figure 47 : Schéma des profils de cuivre et de zinc de chacun des gîtes étudiés.

texture de recristallisation « wedge » où les sulfures se localisent dans les interstices entre les bâtonnets de silicates. Un alignement des grains de pyrrhotite est aussi observé témoignant d'un métamorphisme dynamique subi par la roche. Les grains de pyrrhotite possèdent également des points triples à 120°, suggérant que la déformation a occasionné la recristallisation. La présence de toutes ces textures ne permet pas de déterminer avec précision le moment de la mise en place des sulfures. L'hypothèse à formuler pour leur chronologie est que les sulfures se sont mis en place avant (pré-) ou pendant (syn-) le métamorphisme, étant donné qu'ils portent son empreinte.

Afin de visualiser la zonation dans les amas minéralisés, des outils comme le ratio Cu/Cu+Zn, les iso-contours de cuivre et de zinc ainsi que les profils de cuivre et zinc des lentilles minéralisées en section, ont été utilisés. L'emploi de ces outils a permis d'observer que tous les amas minéralisés confondus possèdent une répartition légèrement asymétrique du cuivre par rapport au zinc. Cette asymétrie a pu être causée par un événement de déformation. Cependant, les lentilles minéralisées de chacun des gîtes n'ont pas la géométrie des dépôts de sulfures massifs volcanogènes de type Noranda ou Kuroko, où il est possible de distinguer une partie concordante riche en zinc et une partie discordante enrichie en cuivre. Ce phénomène est peut-être dû à la déformation régionale ou aux

sulfures qui ne possédaient pas de zonation lors de leur mise en place. Également, aucun horizon exhalatif, généralement retrouvé au-dessus de la minéralisation, servant d'horizon marqueur, n'est présent dans les gîtes et indices du secteur Frotet.

De plus, les analyses géochimiques des amas sulfurés ont été utilisées afin de déterminer la présence anormale des métaux formant la suite épithermale (Au, Ag, As, Hg, Sb, Tl). Étant donné qu'aucun enrichissement en ces éléments n'a été observé, les amas minéralisés ne peuvent appartenir à un système hydrothermal de type épithermal classique ou même transitionnel. Cependant, des valeurs anormales en or sont présentes dans le gîte Moléon. Cet enrichissement peut possiblement s'expliquer par la proximité de l'intrusion granitique.

L'emploi d'une matrice de corrélation avec les éléments comme l'or, le cuivre, le zinc et l'argent au sein des fluides minéralisateurs a permis de voir une corrélation nette entre l'or, le cuivre et l'argent. Quant au zinc, seulement une corrélation majeure avec l'arsenic est visible. À partir de ces corrélations, il est difficile d'établir la chronologie de mise en place des sulfures massifs.

## 4.2 CARACTÉRISTIQUES COMMUNES

Cette section va permettre d'établir les caractéristiques communes de l'ensemble des gîtes et indices afin de déterminer si un ou des processus minéralisateurs ont concouru dans le secteur. Tout d'abord, les phases métalliques principales sont la pyrrhotite, la sphalérite, la pyrite, la chalcopyrite puis dans certains gîtes des traces de galène. Tous les gîtes étudiés en lames minces présentent une texture de recristallisation où les sulfures se localisent dans les vides causés par la juxtaposition des bâtonnets de silicates. Également, peu importe la taille des gîtes, la minéralisation se présente sous forme de lentille de sulfures massifs à laquelle est associée une zone à filonnets parallèle au rubanement de la roche encaissante. Finalement, la minéralisation se retrouve au contact entre une unité volcanoclastique et une unité basaltique au sein du troisième cycle volcanique.

Étant donné que tous les gîtes et indices du secteur Frotet possèdent des caractéristiques similaires au point de vue de l'emplacement, de la composition et de la morphologie de la minéralisation (Figure 48), il est donc possible de croire que la mise en place de la minéralisation résulte d'un seul processus minéralisateur.

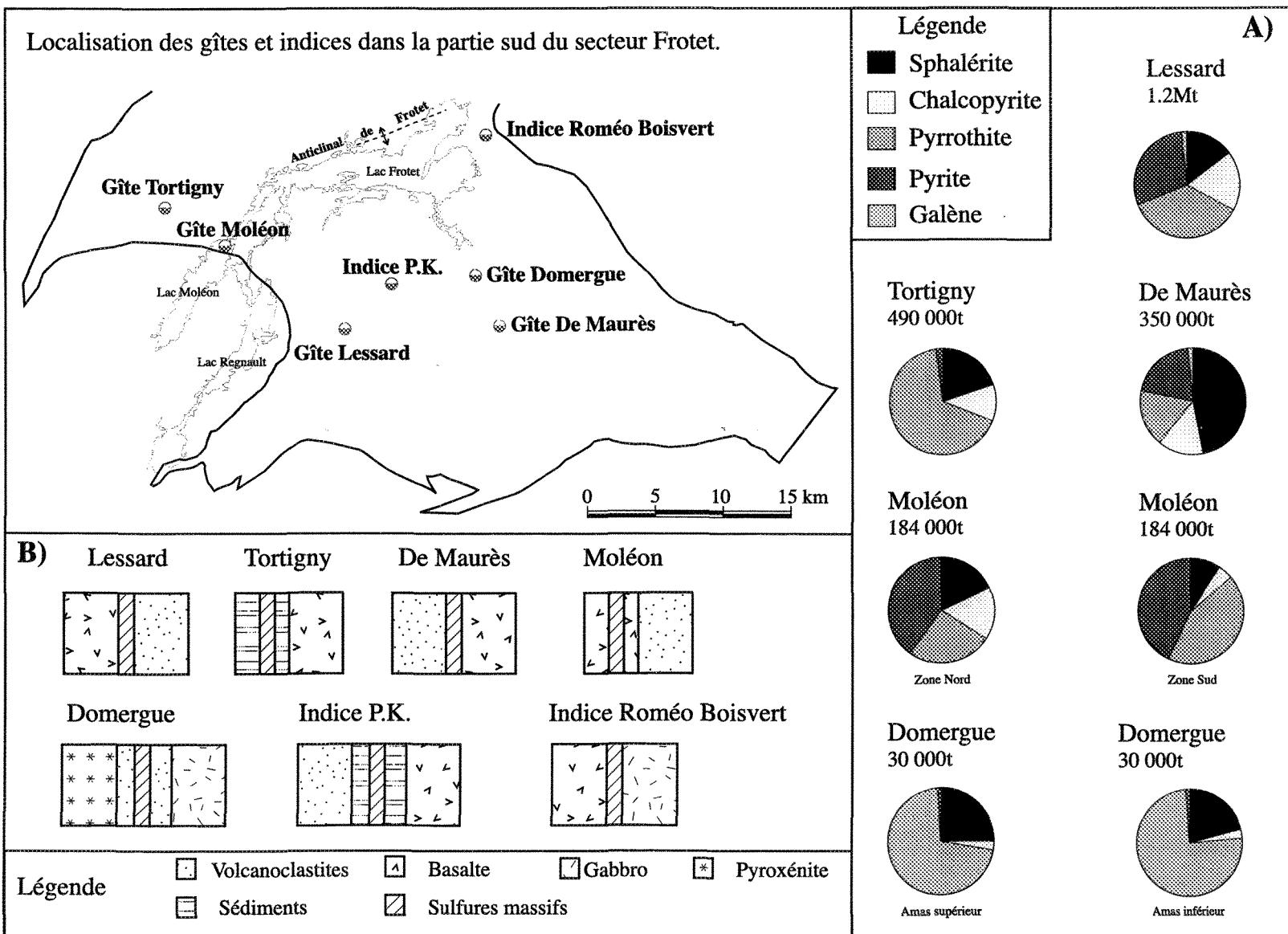


Figure 48 : Corrélation des diverses caractéristiques communes rattachées à chacun des gîtes.  
A) Composition de l'amas sulfuré    B) Schéma de l'emplacement de la minéralisation

### 4.3 MISE EN CONTEXTE

Ainsi, les gîtes et indices présents dans le secteur de Frotet, malgré les diverses lithologies qui les composent, sont constitués d'une minéralisation quasi uniforme en composition et en concentration. L'enrichissement en or des dépôts comme Lessard, Tortigny et Moléon est sans doute dû à une concentration plus élevée en cet élément dans la ou les lithologies lessivées par le fluide hydrothermal ou à l'association d'une intrusion à proximité. De façon générale, la séquence volcanique porteuse de la minéralisation s'est mise en place lors du volcanisme du cycle III. Ainsi, le système hydrothermal a pu se mettre en place à la fin du cycle volcanique III étant donné que les sulfures précipitent pendant la période de quiétude qui précède le début d'un nouveau cycle volcanique (Simard, 1987). À ce même moment s'est mis en branle la période de formation des dépôts pyroclastiques provenant d'une source distale et distincte (Simard, 1987) de celle ayant permis la formation de la séquence volcanique s'est également mise en place. Ceci peut expliquer en partie pourquoi, dans chacun des gîtes, la minéralisation se retrouve associée à un contact entre un horizon de tuf ou de sédiments marins. La localisation de la minéralisation peut également résulter d'un remplacement et le contact entre les deux unités lithologiques et la faible compétence des volcanoclastites ont pu privilégier cet

emplacement de la minéralisation. D'autre part, dans certains gîtes comme Lessard, Moléon et Domergue, des intrusions stratiformes de composition mafique et ultramafique sont présentes. Ces intrusions co-magmatiques avec la séquence volcanique viennent parfois limiter ou border l'horizon minéralisateur et obliterer les relations entre les volcanoclastites et les basaltes, comme ce fut le cas pour le filon-couche de la mine Cooke à Chapais (Bélanger, 1979).

#### **4.4 DISCUSSION**

À la suite de l'élaboration des caractéristiques métallogéniques, morphologiques et minéralogiques de chacun des gîtes, beaucoup de points communs ont ressorti. Ces caractéristiques ont permis d'établir un lien avec les minéralisations de type volcanogène (Tableau 4).

	<b>Volcanogène</b>	<b>Lessard</b>	<b>Tortigny</b>	<b>De Maurès</b>	<b>Moléon</b>	<b>Domergue</b>	<b>P.K.</b>	<b>Roméo Boisvert</b>
<b>Roches hôtes</b>	Composition basaltique à rhyolitique	Sédiments pyroclastiques d'une séquence volcanique bordée par un gabbro et une péridotite	Métagrauwackes et métapélites noires graphiteuses	Horizon silicifié au contact de basalte et de tuf	Schiste à trémolite-actinote avec pyroxénite et tuf	Tuf coincé entre pyroxénite et leucogabbro	Mudstones graphitiques interdigités avec des basaltes	Contact entre basaltes et gabbro
<b>Sulfures et métaux</b>	Zn-Pb-Cu-Ag-Au-Mo-Te-Bi-As-Sb	Zn-Cu-Au (Po,Py,Cpy,Sp-Ga)	Zn-Cu-Ag-Au (Py,Po,Cpy,Sp)	Zn-Cu-Ag (Sp,Py,Po,Cpy-Ga)	Cu-Zn-Ag-Au (Py,Po,Sp,Cpy-Ga-Mg)	Zn-Cu (Po,Sp,Cpy,Py)	Zn-Cu (Py,Po,Cpy,Sp)	Zn-Cu-Ag (Sp,Cpy,Po)
<b>Altération</b>	Chloritisation, carbonatation, séricitisation, silicification	Séricitisation, Chloritisation, Carbonatation Roche à phénocristaux de cordiérite	Silicification des sédiments, Séricitisation	Chloritisation Séricitisation Carbonatation Biotitisation	Trémolite-actinote, Biotitisation Séricitisation, Carbonatation	Chloritisation Séricitisation	Chloritisation Biotitisation, Albitisation et fuschite	Chloritisation
<b>Géométrie</b>	Lentille ou feillet, monticule, cheminée ou filonnets	Amas de sulfures massifs avec zone à filonnets sous-jacentes	Forme tabulaire et plissée en V	Veines massives avec filonnets concordants et dans la fracturation	Partie massive avec zone à filonnets	Zone massive avec quelques filonnets	Zone massive restreinte et zone à filonnets étendue	Sulfures semi-massifs sous-jacents à une lentille massive
<b>Environnement</b>	Arrière-arc, subduction reliée aux complexes d'arcs	Bassin d'arrière-arc	Bassin d'arrière-arc	Bassin d'arrière-arc	Bassin d'arrière-arc	Bassin d'arrière-arc	Bassin d'arrière-arc	Bassin d'arrière-arc

Tableau 4 : Comparaison des caractéristiques des gîtes et indices du secteur Frotet avec les dépôts de type SMV.

#### 4.4.1 Type volcanogène

Étant donné qu'il a été établi que les minéralisations appartiennent au type volcanogène, il est nécessaire d'examiner les caractéristiques des gîtes et indices du secteur Frotet par rapport aux classifications des gîtes de sulfures massifs volcanogènes. Tout d'abord, au niveau de l'altération, les gîtes de sulfures massifs volcanogènes typiques (SMV) possèdent une certaine zonation qui consiste en une chloritisation enveloppée d'une sérichtisation et pourrait correspondre à la cheminée d'altération. De même, une zone d'altération semi-concordante, localisée en profondeur sous le gîte, correspond à une zone de lessivage des métaux. L'ensemble de ces caractéristiques d'altération permet alors de croire que le gisement étudié peut être de type volcanogène. Dans les gîtes et indices du secteur Frotet, on retrouve associée aux lentilles minéralisées, une chloritisation suivie par une sérichtisation et une carbonatation qui interdigitent avec la chloritisation et l'enveloppent . Ces assemblages d'altération, malgré le fait qu'ils soient peu ou pas zonés, peuvent tout de même correspondre aux altérations des dépôts de type volcanogène. La composition des amas sulfurés est quant à elle très similaire par la présence de cuivre et de zinc avec parfois de l'or et de l'argent. La différence majeure qui existe entre les gîtes du secteur Frotet et ceux localisés dans les camps miniers du Canada et du Japon, en faisant

référence à l'environnement volcanique, est la géométrie des corps minéralisés. Dans tous les gisements de SMV (type Noranda ou Kuroko), une partie concordante riche en zinc et une partie discordante riche en cuivre sont présentes en plus d'unités de composition felsique. Comme les dépôts de Frotet ne montrent pas cette morphologie, il serait possible de croire qu'étant donné que les roches du secteur Frotet sont plus anciennes que celles des ceintures de roches vertes de l'Abitibi et du Japon, le métamorphisme et la déformation ont pu agir plus intensément. Également, le milieu volcanique n'est peut-être pas comparable à celui de Noranda ou de Kuroko. Divers facteurs peuvent aussi être mis en cause comme la puissance et la durée de vie du système hydrothermal. Cependant, l'étude en cours ne permet pas d'avancer d'hypothèses à ce sujet.

#### **4.4.2 Comparaison avec d'autres sulfures massifs**

Lorsqu'on regarde l'ensemble des gisements de SMV dans la Province du Supérieur, la plupart d'entre eux se situent au sein d'un volcanisme bimodal et se trouvent au contact des roches volcaniques felsiques et mafiques ou encaissés dans des unités felsiques. Le contact entre une unité felsique et mafique est considéré comme favorable en raison de la période d'accalmie qui est associée au changement dans le volcanisme. Étant donné que les

gîtes et indices du secteur Frotet ne possèdent pas d'unité felsiques, ils ne peuvent être rattachés à ce groupe de SMV, nommé bimodal-felsique , qui est essentiellement composé de roches felsiques (Franklin *et al.* 1999 et Barrie et Hannington, 1997). Par contre, les gîtes peuvent appartenir au groupe mafique ou au groupe mafique-siliciclastique (Barrie et Hannington, 1997). Ces deux groupes peuvent être considérés, vu la présence en abondance des roches mafiques et de roches siliciclastiques pouvant être représentées par les horizons de tufs ou d'argilites présents dans les dépôts étudiés. Le gisement le plus connu du groupe mafique-siliciclastique est sans aucun doute le gisement Besshi ou sa variante canadienne le gisement de Windy Craggy (Barrie et Hannington, 1997). Les gisements de type Besshi contiennent en général au moins 30% de roches sédimentaires clastiques et possèdent une minéralisation concordante bien développée en comparaison avec la zone épigénétique discordante qui est moins importante ou non développée (Slack, 1993). Le contenu en cobalt est aussi anomal. Le gîte Tortigny et l'indice P.K. peuvent s'apparenter à ce type de gisement. Cependant, selon Trépanier (2000), le gîte Tortigny et par le fait même celui de l'indice P.K. ne peuvent être classifiés comme des gîtes de type Besshi en raison de leur faible contenu en roches sédimentaires (<30 %) mais pourraient correspondre à une variante de ce type de gisement. Par son contenu élevé en cobalt (Larouche, communication personnelle), le gîte de Lessard pourrait s'apparenter également au type Besshi, mais

l'absence de roches sédimentaires dans les forages observés, laisse supposer une variante au cas type pour ce gîte.

Pour les autres dépôts du secteur (Lessard, De Maurès, Moléon, Domergue et Roméo Boisvert) qui ne contiennent que très peu ou aucune roche sédimentaire, un rattachement avec le groupe mafique-siliciclastique (Besshi) pourrait tout de même se faire. En effet, la formation de sédiments implique une période de quiétude dans le cycle volcanique tandis que la présence des tufs se veut le témoignage d'une période de volcanisme explosif intense. Étant donné que la source des tufs est différente de celle des basaltes (Simard, 1987), l'absence d'une interdigitation entre les deux unités (contact plus ou moins net) laisse supposer l'arrêt du volcanisme basaltique effusif lors du volcanisme explosif.

Poursuivons la comparaison, au niveau de la minéralisation. Les gisements de type Besshi sont composés en majorité de cuivre et d'un peu de zinc (Slack, 1993). Étant donné que la plupart des dépôts de Frotet-Troilus sont légèrement enrichis en zinc par rapport au cuivre, nous pouvons penser à une température du fluide non adéquate pour la précipitation du cuivre en quantité ou le réservoir de « stock-métal » est possiblement plus riche en zinc.

Cependant, le peu d'écart qui existe entre la quantité de cuivre et de zinc dans les lentilles minéralisées des gîtes du secteur Frotet ne permet pas d'exclure un rattachement au gisement de type Besshi dont le contenu en cuivre est supérieur à celui en zinc.

La présence de basaltes et de volcanoclastites, d'une minéralisation concordante bien développée par rapport à une zone épigénétique quasi absente, puis la présence de nombreuses intrusions stratiformes mafiques à ultramafiques co-magmatiques, laissent supposer que les gîtes et indices du secteur Frotet-Troilus pourraient correspondre à une transition des gisements de type Besshi (Tableau 5). Les gisements de type Besshi, comme celui de Windy Craggy (Peter et Scott, 1997) en Colombie-Britannique, comprennent dans leur environnement des basaltes, des roches sédimentaires mais rarement d'épais horizons de volcanoclastites ainsi que des intrusions stratiformes de compositions diverses.

#### **4.4.3 Formation de la minéralisation**

La formation d'un système hydrothermal se produit généralement dans les périodes de calme lors d'un changement dans l'évolution de la composition chimique des roches volcaniques. Ainsi, dans les gisements de type Noranda, la minéralisation se met en place

au contact entre les roches mafiques et felsiques puis, lors de la précipitation de la minéralisation, un horizon de sédiments chimiques nommé exhalite est souvent associé à la séquence volcanique minéralisée (Guilbert et Park, 1997). Lors de la transition entre les deux compositions de magma, une période d'accalmie se produit et est favorable à la mise

	<b>Lessard</b>	<b>Tortigny</b>	<b>De Maurès</b>	<b>Moléon</b>	<b>Domergue</b>	<b>Besshi</b>
<b>Morphologie de l'amas</b>	Lentille concordante	Lentille concordante	Lentille concordante	2 Lentilles concordantes	Lentille concordante	Minéralisation concordante
<b>Roche encaissante</b>	Tuf intermédiaire à felsique	Argilite et siltstone	Tuf intermédiaire à felsique	Schiste à trémolite-actinote	Tuf intermédiaire à felsique	Schiste pélitique Métaugrauwacke Quartzite, Schiste à Cl Schiste à Mv
<b>Métaux présents</b>	Zn-Cu-Au	Zn-Cu-Au-Ag-Co	Zn-Cu-Ag	Zn-Cu	Zn-Cu	Cu-S-Fe-Zn-Ag-Au±Co±Mo±Sn
<b>Texture des sulfures</b>	—	Recristallisation et bréchification	Recristallisation	Recristallisation	Recristallisation	Lamination Rubanement Forte déformation (brèche) Parfois zones à filonnets
<b>Sulfures principaux</b>	Po-Py-Cp-Sp±Gn	Po-Sp-Cp-Py±Gn±Ce±Th	Sp-Py-Po-Cp±Gn	Py-Po-Sp-Cp	Po-Sp-Cp±Py	Py-Po-Cp± Sp±Mg±Gn±As±Ce±Th±Cf±Mo

	<b>Indice P.K.</b>	<b>Indice Roméo Boisvert</b>	<b>Besshi</b>
<b>Morphologie de l'amas</b>	Lentille concordante	Petite lentille	Minéralisation concordante
<b>Roche encaissante</b>	Argilite et siltstone	Basalte en contact avec un gabbro	Schiste pélitique Métaugrauwacke Quartzite, Schiste à Cl, Schiste à Mv
<b>Métaux présents</b>	Zn-Cu	Zn-Cu-Ag	Cu-S-Fe-Zn-Ag-Au±Co±Mo±Sn
<b>Texture des sulfures</b>	—	Recristallisation	Lamination Rubanement Forte déformation (brèche) Parfois zones à filonnets
<b>Sulfures principaux</b>	Po-Sp-Py-Cp	Sp-Cp	Py-Po-Cp± Sp±Mg±Gn±As±Ce±Th±Cf±Mo (Slack, 1993)

Tableau 5 : Comparaison des caractéristiques principales des gîtes et indices du secteur Frotet avec le gisement Besshi.

en place de la minéralisation (Guilbert et Park, 1997). Également, les gisements de type Besshi se forment par des processus hydrothermaux sous-marins antérieurs à la déformation et au métamorphisme (Slack, 1993), durant une période de faible volcanisme. Dans le secteur Frotet, la période de quiétude a pu se produire lors de l'évolution du volcanisme mafique qui va de tholéïitique à transitionnel (Trépanier, 2000). Pour le gîte Tortigny ou même l'indice P.K., la présence de sédiments graphiteux témoigne d'une période d'accalmie plus longue que pour les autres SMV archéens ou du secteur Frotet dans son ensemble (Trépanier, 2000). Cependant, si le mécanisme de mise en place de la minéralisation origine d'un remplacement, la sédimentation peut être simultanée au processus minéralisateur.

#### **4.5 IMPLICATION POUR L'EXPLORATION**

La majorité des SMV archéens ou récents sont associés à un horizon marqueur tel la Tuffite Clé de Matagami, le contact "C" à Noranda, les shales graphiteux à Kidd Creek ou les tufs dans les mines Corbet, Ansil et Amulet. Pour les dépôts du secteur Frotet-Troilus, cet horizon marqueur correspond aux unités constituant les formations de Châtillon et Domergue, composées de roches d'affinités transitionnelles à tholéïitiques. Donc,

l'exploration du secteur doit se poursuivre dans ces formations aux endroits où, en plus d'un contact entre des basaltes et des volcanoclastites ou des sédiments sont présents, on retrouve diverses caractéristiques associées aux gisements de type SMV comme l'altération, les failles synvolcaniques, etc. Étant donné qu'il existe un même processus de formation de la minéralisation dans le secteur Frotet ayant permis la mise en place de la minéralisation, les futurs indices ou gîtes à découvrir devraient présenter les mêmes caractéristiques que les gîtes et indices étudiés dans ce projet. D'autre part, le contexte lithologique, c'est-à-dire la présence majoritaire de basaltes et l'absence de roches felsiques dans ces dépôts, pourrait être retrouvé ailleurs dans la Province du Supérieur. En effet, plusieurs territoires constitués en presque exclusivité de basaltes ont été négligés au profit de l'exploration des territoires possédant des centres felsiques, reconnu comme étant un contexte favorable.

## CHAPITRE V

### CONCLUSION

L'objectif poursuivi par ce projet était d'établir des corrélations entre les divers dépôts et de déterminer la typologie des minéralisations présentes dans le sud du secteur Frotet-Troilus appartenant à la ceinture volcano-sédimentaire de Frotet-Evans. L'étude a été réalisée sur cinq gîtes et deux indices et a permis d'arriver aux conclusions suivantes :

Le contexte lithologique de chacun des dépôts du secteur Frotet est semblable dans la mesure où on retrouve la minéralisation au sein d'une séquence de volcanoclastites de composition intermédiaire à felsique au contact avec une unité basaltique. Le gîte Tortigny et l'indice P.K. font quelque peu exception, car leur minéralisation se retrouve au sein d'un niveau d'argilites et siltstone coincé entre des basaltes et des volcanoclastites. Toutes les

minéralisations se localisent à l'intérieur d'unités lithologiques des formations de Châtillon et Domergue qui composent le cycle volcanique III.

Les caractéristiques communes, établies pour l'ensemble des dépôts, sont une morphologie de lentille avec une zone à filonnets concordante à la roche encaissante, une concentration plus marquée en zinc qu'en cuivre avec comme phases métalliques principales, la pyrrhotite et la sphalérite suivies par la pyrite, la chalcopyrite et dans certains gîtes des traces de galène. Toutes ces caractéristiques semblables servent donc à établir qu'il y a un même processus minéralisateur qui est à l'origine de la mise en place de toutes les minéralisations de la portion sud du secteur de Frotet.

La minéralisation des gîtes et indices du secteur Frotet origine de processus volcanogènes en raison des assemblages minéralogiques d'altération présents, comme une chloritisation, une sérichtisation et une carbonatation qui est observable dans certains gîtes comme Lessard, De Maurès et Moléon. D'autre part, la composition des lentilles minéralisées est essentiellement constituée de zinc, de cuivre et de quantités mineures d'or et d'argent.

Étant donné que l'emplacement de la minéralisation se fait au contact entre une unité basaltique et une unité volcanoclastique, les gîtes du secteur Frotet se regroupent dans une même classification, soit la classe mafique-siliciclastique (Barrie et Hannington, 1997) à laquelle s'associent les gisements de type Besshi. Étant donné que les gîtes du secteur ne présentent pas l'ensemble des caractéristiques de ce type de gisement, ils en sont donc une variante ou une transition évoluant à partir du cas type.

Finalement, les gîtes du secteur Frotet sont des dépôts volcanogènes différents des SMV classiques car ils ne sont pas en association avec des centres felsiques. Les assemblages d'altération caractéristiques des SMV classiques ainsi que leur zonation associée ne sont pas observés dans les gîtes du secteur Frotet.

## RÉFÉRENCES

- Andrews, A.J., et Fyfe, W.S., 1976. Metamorphism and massive sulphide generation in oceanic crust. *Geoscience Canada*, 3 : p.84-94.
- Archer, P., 1983. Interprétation de l'environnement volcano-sédimentaire de la Formation de Blondeau dans la section stratigraphique du Lac Barlow, Chibougamau. Maîtrise, UQAC, Chicoutimi, 160 p.
- Barret, T.J. et MacLean, W.H., 1994. Chemostratigraphy and hydrothermal alteration in exploration for VHMS deposits in greenstones and younger volcanic rocks, *In* Lentz, D.R., ed., Alteration and alteration processes associated with Ore-forming systems : Geological Assosiation of Canada, short course notes, v.11, p. 433-467.
- Barrie, T., et Hannington, M., 1997. Classification of VMS deposits based on host rock compositions. *In* Volcanic-Associated massive sulfide deposits: Processes and examples in modern and ancient settings, Geological Association of Canada, Mineral Deposit Subdivision of the GAC, Society of Economic Geologists, Ottawa, p. 1-12.
- Bélanger, J., 1979. Caractérisation pétrographique et géochimique de la zone cupro-zincifère "8-5" et de ses roches encaissantes, secteur Cooke, Mines Opémiska Chapais, Mémoire, UQAC, Chicoutimi, 145 p
- Bell, R., 1909. Rapport sur la géologie du bassin de la rivière Nottaway. Commision géologique du Canada, rapport séparé 1070 et carte 702.
- Bellavance, Y., 1998. Rapport annuel d'exploration 1997-1998, projet Domergue (1149). SOQUEM INC., Chibougamau, 20 p.
- Bellavance, Y., 1997. Rapport annuel d'exploration 1996-1997, projet Clairy (1171). SOQUEM INC., Chibougamau, 32 p.
- Bellavance, Y., et Paré, P., 1999. Levé électromagnétique (EMH) Propriété Roméo Boisvert (1275). SOQUEM INC., Chibougamau, 12 p.

- Bellavance, Y., et Pouliot, 1997. Rapport annuel d'exploration 1995-1996, projet Domergue (1149). SOQUEM INC., Chibougamau, 30 p.
- Bogle, E. W., 1977. The primary geochemical dispersion associated with the Lac Frotet volcanic cycle, Quebec. Doctorat, Queen's University, Kingston, 349 p.
- Boily, M., 1999. Géochimie et tectonique des volcanites du segment de Frotet-Troilus et de la bande de la rivière Eastmain. vol. MB 99-11, Géologie Québec, Québec, 71 p.
- Brown, A.S., 1976. Morphology and classification: In porphyry deposits of the Canadian Cordillera (ed. A.S.), Special volume 15, the Canadian Institute of Mining and Metallurgy, p.42-51.
- Chabot, N., 1997. Programme d'exploration 1996-1997, propriété Moléon moyen nord québécois. Groupe conseil Gesplaur, Rouyn-Noranda, 96 p.
- Chalifour, S., 1997. Caractérisation pétrographique et géochimiques de l'indice Moléon, région Frotet-Troilus. PFE, UQAC, Chicoutimi, 55 p.
- Colley, H., 1975. Classification and exploration guide for Kuroko-type deposits based on occurrences in Fiji. Institution of Mining and Metallurgy, section B, **85**: p.190-199.
- Deer, W.A., Howie, R.A. et Zussman, J., 1998. An introduction to the rock-forming minerals., Longman, 2<sup>e</sup> édition, Hong Kong, 696 p.
- Dessureault, M., et Sylvain, T., 1997. Rapport des travaux d'exploration menés sur la propriété Tortigny entre 1994 et 1997. Mines et Exploration Noranda inc., Rouyn-Noranda, 41 p.
- Dessureault, M., et Trépanier, S., 1998. Visite du projet Tortigny dans le cadre du symposium Chapais-Chibougamau de l'ICM. Noranda inc., Montréal, 5 p.
- Faure, S., Jébrak, M. et Angelier, J., 1996. Structural evolution of les mines Selbaie, northern Abitibi Belt, Québec, Canada. Exploration and Mining Geology, **5**: p. 215-230.

Franklin, J. M., 1999. Systematic analysis of lithogeochemical data. In VMS deposits, Genetic concepts and exploration guides, Professional Development Seminar, Queen's University, Kingston

Franklin, J. M., 1996. Gîtes de sulfures massifs à métaux communs associés à des roches volcaniques. In Géologie des types de minéraux du Canada, Commission géologique du Canada, Ottawa, p. 174-234.

Franklin, J. M., Hannington, M. D., Jonasson , I. R., et Barrie, T. C., 1999. Volcanogenic massive sulfide deposits. In VMS deposits, Genetic concepts and exploration guides, Professional Development Seminar, Queen's University, Kingston

Franklin, J.M., Kasarda, J., et Poulsen, K.H., 1975. Petrology and chemistry of alteration zone of the Mattabi massive sulfide deposit. Economic Geology, **70**: p. 63-79.

Fraser, R.J., 1993. The Lac Troilus gold-copper deposit, northwestern Quebec: a possible archean porphyry system. Economic Geology, **88**: p. 1685-1699.

Fraser, R., et Samson, P., 1994. Activity report june to october 1994, Monique project 32J/10. Inco exploration and technical services inc., Val d'Or, 31 p.

Gaboury, D., et Daigneault, R., 1999. Evolution from sea floor-related to sulfide-rich quartz vein-type gold mineralization during deep submarine volcanic construction : The Géant Dormant gold mine, Archean Abitibi Belt, Canada. Economic Geology, **94**: p. 3-22.

Galley, A. G., 1993. Characteristics of semi-conformable alteration zone associated with volcanogenic massive sulphide districts. Journal of Geochemical Exploration, **48**: p. 175-200.

Gosselin, C., 1998. Synthèse géologique de la région de Frotet-Troilus. In Géologie et métallogénie du district minier de Chapais-Chibougamau : nouvelle vision du potentiel de découverte, MRN, Québec, DV-98-03, p. 63-70.

Gosselin, C., 1996. Synthèse géologique de la région de Frotet-Troilus. Ministères des Ressources Naturelles Québec, Québec, ET 96-02, 21 p.

- Guha, J., Dubé, B., Pilote, P., Chown, E.H., Archambeault, G. et Bouchard, G., 1988. Gold mineralization patterns in relation to the lithologic and tectonic evolution of the Chibougamau mining district, Quebec, Canada. *Mineralium Deposita*, **23**: p. 293-298.
- Guilbert, J.M. et Park, C.F., 1997. The geology of ore deposits. W.H. Freeman and Compagny, 2<sup>e</sup> édition, New York, 985 p.
- Gunter, W.L. 1977. Région du lac Bueil. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. RG-189. 113 p.
- Gustafson, L.B. et Quiroga, G.J., 1995. Patterns of mineralization and alteration below the porphyry copper orebody at El Salvador, Chile. *Economic Geology*, **90**: p. 2-16.
- Hannington, M. D., 1999. Auriferous polymetallic massive sulfides and the VMS-epithermal transition : a new exploration target. In *New developments in the geological understanding of some major ore types and environments, with implications for exploration*, Prospectors and Developpers Association of Canada, Toronto, 101-123 p.
- Heald, P., Foley, N. K., et Hayba, D. O., 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits : acid-sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology*, **82**: p. 1-26.
- Hedenquist, J. W., 1987. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the circum-Pacific basin. In *Circum-Pacific Energy and Mineral Ressources Conference*, American Association of Petroleum Geologists, Singapour, p. 513-524.
- Huston, D. L., et Large, R. R., 1987. Genetic and exploration significance of the zinc ratio ( $100\text{Zn}/(\text{Zn}+\text{Pb})$ ) in massive sulfide systems. *Economic geology*, **82**: p. 1521-1539.
- Hutchinson, R. W., 1973. Volcanogenic sulfide deposits and their metallogenic significance. *Economic geology*, **68**: p. 1223-1246.
- Ishikawa, I., Sawagishi, T., Iwaya, S.-I. et Horiuchi, M., 1976. Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration haloes. *Mining geology*, **26**: p. 105-117.

Large, R. R., 1992. Australian volcanic-hosted massive sulfide deposits : features, styles, and genetic models. *Economic geology*, **87**: p. 471-510.

Lavallière, G., 1995. Processus de formation et implications pour l'exploration des cheminées atypiques des gisements volcanogènes de Matagami. Doctorat, UQAC, Chicoutimi, 490 p.

Légaré, N., 1999. Rapport préliminaire sur l'étude des gîtes localisés dans la bande de Frotet-Troilus. Rapport interne, 80 p.

Légaré, N., Lavallière, G., Chartrand, F., Bellavance, Y., Dion, C., Daigneault, R., et Guha, J., 1999. Les gîtes de sulfures massifs du secteur Troilus; Chibougamau: y a-t-il un lien avec le processus de mise en place des sulfures massifs volcanogènes ?. In Explorer au Québec, le défi de la connaissance. Programme et résumé, DV-99-03., 51 p.

Lingren, W., 1933. Mineral deposits. McGraw-Hill, New York, 930 p.

Lydon, J. W., 1988. Volcanogenic massive sulphide deposits part 2: Genetic model. Ore deposit models, p. 155-181.

Lydon, J. W., 1984. Volcanogenic massive sulphide deposits Part 1: A descriptive model. Ore deposit models, p. 145-152.

MacDonald, J. A., Lewis, P. D., Thompson, J. F. H., Nadaraju, G., Bartsch, R. D., Bridge, D. J., Rhys, D. A., Roth, T., Kaip, A., Godwin, C. I., et Sinclair, A. J., 1996. Metallogeny of an Early to middle Jurassic arc, Iskut River Area, Northwestern British Columbia. *Economic Geology*, **91**: p. 1098-1114.

MacLean, W.H., et Barrett, T.J., 1993. Lithogeochemical techniques using immobile elements. *Journal of Geochemical Exploration*, **48**: p. 109-133.

Morton, R. L., et Franklin, J. M., 1987. Two-fold classification of archean volcanic-associated massive sulfide deposits. *Economic Geology*, **82**: p. 1057-1063.

Parent, R. et Vermette, D., 1997. Option Conwest (projet 269), secteur Frotet-Troilus, Rapport sur les travaux d'exploration 1995-1996. Mines et Exploration Noranda., 14 p.

- Peter, J., et Scott, S., 1997. Windy Craggy, NW British Columbia: The world's largest Besshi Deposit. In *Volcanic-Associated massive sulfide deposits: Processes and examples in modern and ancient settings*, Geological Association of Canada, Mineral Deposit Subdivision of the GAC, Society of Economic Geologists, Ottawa, 295-329 p.
- Piché, M., Guha, J. et Daigneault, R., 1993. Stratigraphic and structural aspects of the volcanic rocks of the Matagami mining camp, Quebec: Implications for the Norita ore deposit. *Economic Geology*, **88**: p. 1542-1558.
- Pilote, P., Dion, C., Joanisse, A., David, J., Machado, N., Kirkham, R., et Robert, F., 1997. Géochronologie des minéralisations d'affiliation magmatique de l'Abitibi, secteurs Chibougamau et de Troilus-Frotet : Implications géotectoniques. In *Vers de nouvelles découvertes*, Ministère des Ressources Naturelles, Québec, 47 p.
- Reed, L. E., 1979. The discovery and definition of the Lessard base metal deposit, Quebec. In *Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores*, Geological Survey of Canada, , 631-639 p.
- Rondot, J. 1972. Région du lac Régneault, territoire d'Abitibi. Ministère des Richesses Naturelles. RG-149. 54 p.
- Roy, Charles, 1986. Géologie de la partie orientale de la région des lacs Frotet et Domergue. Ministère des Ressources Naturelles, Québec, ET-84-08, 31 p.
- Sawkins, F. J., 1990. Integrated tectonic-genetic model for volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Geology*, **18**: p. 1061-1064.
- Silberman, M.L. et Berger, B.R., 1985. Relationship of trace-element patterns to alteration and morphology epithermal precious-metal deposits. In *Geology and geochemistry of epithermal systems, Reviews in Economic Geology* **2**: p. 203-232.
- Sillitoe, R. H., 1993. Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features. In *Mineral deposit modeling*, Geological Association of Canada, p. 403-417.
- Sillitoe, R. H., et Bonham, H. F., 1984. Volcanic landforms and ore deposits. *Economic Geology*, **79**: p. 1286-1298.

Simard, A., 1987. Stratigraphie et volcanisme dans la partie orientale de la bande volcano-sédimentaire archéenne Frotet-Evans. vol. MB 87-17, Ministère de l'Énergie et des Ressources, service de la géologie, Québec, 299 p.

Simard, A., 1985. Évolution du volcanisme archéen dans la région du lac Troilus. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, ET 83-18, 43 p.

Simard, A., 1980. Clairy (NE) et 1222 (NE). Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, DPV-756, 17 p.

Simard, A., 1979. Quart sud-ouest du canton de Clairy. Ministère de Richesses Naturelles, Québec, DPV-686, 17 p.

Slack, J. F., 1993. Descriptive and grade-tonnage models for Besshi-type massive sulfide deposits. In Mineral deposit modeling, special paper 40, Geological association of Canada, p. 343-371.

Thibault, P., 1985. Applications à la méthode U-Pb (zircon) à des roches ignées des ensembles volcanosédimentaires de l'Abitibi et de Frotet-Evans. Mémoire, Université de Montréal, Montréal, 165 p.

Touborg, J. F., 1972. Textural and mineralogical studies in the Lessard and Lac Moleon sulphide prospects. 17 p.

Trépanier, S., 2000. Le gîte à Zn-Cu-Co-Ag Tortigny, Province du lac Supérieur, Bouclier Canadien: un amas sulfuré métamorphisé et déformé de l'archéen tardif encaissé dans des basaltes, Mémoire, UQAM, Montréal, 100 p.

**ANNEXE 1****LISTE DES ÉCHANTILLONS**

<b>Échantillons</b>	<b>Forage</b>	<b>Propriété</b>	<b>Position</b>
106051	1171-96-01	De Maurès	135.2-135.58
106052	1171-96-03	De Maurès	57.0-57.4
106053	1171-96-03	De Maurès	206.1-206.7
106054	1171-96-03	De Maurès	254.47-255
106055	1171-96-04	De Maurès	183.0-183.42
106056	1171-96-04	De Maurès	335.02-335.5
106057	1171-96-04	De Maurès	365.42-366.0
106058	1171-96-05	De Maurès	221.17-221.64
106059	1171-96-05	De Maurès	224.1-224.7
106060	1171-96-05	De Maurès	255.84-256.75
106073	1171-96-05	De Maurès	306.00-306.36
106074	1171-96-07	De Maurès	346.08-346.48
106075	1171-96-08	De Maurès	465.00-465.39
106076	1171-96-08	De Maurès	546.84-547.20
106077	1171-96-09	De Maurès	20.00-20.04
106078	1171-96-09	De Maurès	119.20-119.56
106084	1171-97-17A	De Maurès	603.00-603.24
106085	1171-97-17A	De Maurès	609.00-609.30
106086	1171-97-17A	De Maurès	624.00-624.38
106061	D96-10	Domergue	141.5-141.8
106062	D96-10	Domergue	155.8-156.96
106063	D96-16	Domergue	71.07-71.4
106064	D96-16	Domergue	150.150.4
106065	D96-16	Domergue	225-225.34
106066	D96-16	Domergue	274.22-274.56
106067	D96-16	Domergue	276.9-277.4
106068	D96-16	Domergue	287.2-287.67
106069	D96-16	Domergue	322.16-322.65

<b>Échantillons</b>	<b>Forage</b>	<b>Propriété</b>	<b>Position</b>
106070	D95-01	Domergue	67.52-67.84
106071	D95-01	Domergue	74.16-74.52
106072	D95-02	Domergue	80.0
34401	MO-96-01	Moléon	75.20-75.77
34402	MO-96-01	Moléon	78.33-79.25
34403	MO-96-01	Moléon	84.60-85.10
34404	MO-96-01	Moléon	112.15-112.65
34405	MO-96-01	Moléon	91.67-92.70
34406	MO-96-03	Moléon	32.30-32.48
34407	MO-96-03	Moléon	177.58-178.40
34408	MO-96-03	Moléon	245.38-245.86
34409	MO-96-03	Moléon	247.40-247.95
34410	MO-96-03	Moléon	255.33-255.75
106079		Roméo B.	100+37E/100+55N
106080		Roméo B.	100+48E/100+51N
106082		Roméo B.	100+51E/100+52N
106081		Roméo B.	100+63E/100+56N
106083		Roméo B.	100+62,5E/100+50,5N

**ANNEXE 2**

**OBSERVATIONS PÉTROGRAPHIQUES**

Lame mince	Propriété	Forage	Mètrage	Lithologie	Minéralogie et particularités
106082	Roméo Boisvert	Choisi	100+51E/ 100+52N	Sulfures massifs	<p>Spahérite 50%, pyrite 5%, pyrrhotite 39%, chalcopyrite 1% et gangue 39%. Le cœur des grains de Sp est frais et les bordures sont altérées.</p> <p>Parfois surcroissance de Sp. Les grains de Py sont totalement déchiquetés dans la matrice. Ceux associés avec Sp sont plus arrondis et mieux préservés.</p> <p>La lame est très très altérée</p> <p>Sp en inclusions dans Cpy</p> <p>Po est toute oxydée</p> <p>Texture de litage</p>
106081	Roméo Boisvert	Choisi	100+63E/10 0+56N	Roche brèchique	<p>Plagioclases, quartz, actinote, chlorite et veines et amas de carbonates. Les grains anguleux sont l'actinote et quelques plagioclases.</p> <p>Entre les grains, il y a plus de plagioclase et de chlorite.</p> <p>L'actinote et la chlorite sont en bâtonnets et en amas.</p> <p>Les fragments sont séricités.</p> <p>Texture brèchique.</p>
106062	Domergue	D96-10	155,8-156,96	Sulfures Massifs	Quartz et plagioclase 35%, chlorite 2%, muscovite en trace, amphibole 8%, chalcopyrite 5%, pyrrhotite 50%. Les bordures ainsi que les grains sont mangés et remplis d'inclusions de minéraux opaques. La minéralisation se situe entre les minéraux de gangue qui sont en feuillets. La pyrrhotite montre des points triples à 120°.
D96-10	Domergue	D96-10	140,0-140,06	Sulfures massifs	<p>Quartz et plagioclase 5%, chlorite 7%, chalcopyrite 5%, pyrrhotite 68%, sphalerite 15%. Chlorite est en bâtonnets. Le quartz et le plagioclase sont sub-arrondis. L'ensemble des silicates à un alignement préférentiel. Les grains de Sp et Cpy sont entre les grains de Po. Les grains sont poecilitiques. Alignement des grains de Po.</p> <p>Grains de Po allongés.</p> <p>Texture de recristallisation.</p>

Lame mince	Propriété	Forage	Mètrage	Lithologie	Minéralogie et particularités
106067	Domergue	D96-16	276,9-277,4	Sulfures semi-massifs	<p>Hornblende verte 15%, quartz et plagioclase 50%, biotite 10%, pyrite 5%, pyrrhotite 15% et chalcopyrite 10%. Bo possède quelques inclusions de Zr et elle est très déchiquetée et en train de se détruire probablement au profit de la chlorite.</p> <p>Hb et Bo ont une orientation préférentielle assez bien développée dans certains secteurs de la lame.</p> <p>Qz et Pg ont une forme ± polygonale de taille variant de 1 à 0,01mm. On reconnaît quelques grains primaires poecilitiques. Po et Cpy sont poecilitiques. Les trois phases sont en association.</p> <p>Orientation préférentielle.</p>
106072	Domergue	D95-02	80	Tuf	<p>Biotite 25%, chlorite 5%, quartz et plagioclase 70%, pyrite et chalcopyrite en traces. Cl provient de l'altération de la Bo qui est en petits bâtonnets plus ou moins idiomorphes. Il y a quelques inclusions de Zr dans la Bo. Qz et Pg ont des grains de granulométrie diverses.</p> <p>Les grains sont poecilitiques avec des bordures déchiquetées et ils sont isolés les uns des autres par les grains plus petits. Ceux-ci ne sont pas polygonaux. Veines de Qz-Pg avec des grains non poecilitiques plus ou moins polygonaux et sub-arrondis.</p> <p>Dissémination entre les grains de gangue avec une forme arrondie.</p>
1171-96-01	De Maurès	1171-96-01	149,4-149,8	Sulfures massifs	<p>Chlorite 5%, quartz 10%, carbonates 20%, sphalérite 30%, chalcopyrite 10%, pyrrhotite 15% et pyrite 10%. Cl en baguettes. Qz et Cb sont polygonaux à l'extérieur du sulfure massif et à l'intérieur, ils sont xénomorphes.</p> <p>Où il y a moins de Sp, il y a plus de Py.</p> <p>Il y a des inclusions de Cpy dans Sp.</p> <p>Cpy, Po, Py sont entre les grains de Sp avec une forme plus ou moins arrondie.</p> <p>Les bordures de Py sont dentelées.</p> <p>Py est poecilitique.</p>

Lame mince	Propriété	Forage	Métrage	Lithologie	Minéralogie et particularités
106054	De Maurès	1171-96-03	254,47-255,00	Tuf intermédiaire	Biotite 40%, quartz et plagioclase 60%, pyrrhotite et pyrite en traces. Granulométrie extra-fine avec quelques grains de 0,5mm. Les grains les plus gros sont poecilitiques et très déchiquetés. Bo a une légère orientation préférentielle, mais elle est très discrète. Qz et Pg sont xénomorphes. Les petits grains sont sub-arondis, mais leur petite taille ne permet pas de bien les observer
1171-96-04A	De Maurès	1171-96-04	200,9-200,96	Veine de sulfures massifs	Quartz et plagioclase 65%, carbonates 5%, pyrrhotite 14%, sphalérite 15%, pyrite 1% et chalcopyrite en traces. Qz et Pg ont une forme plus ou moins polygonale et équigranulaire. Cb sont xénomorphes et les bordures sont dentelées. Cb ne sont pas dispersés uniformément dans la lame mince, ils forment des amas à certains endroits. Sp et Po sont poecilitiques et xénomorphes. Py est plus ou moins cubique. Sp est associée avec Po. La minéralisation est entre les grains de gangue.
1171-96-04B	De Maurès	1171-96-04	346,4-346,46	Sulfures massifs	Chlorite 5%, quartz 20%, carbonates 15%, muscovite en traces, sphalérite 45%, pyrrhotite 15%, chalcopyrite 10%. Grains plus ou moins arrondis et polygonaux. Chlorite en bâtonnets. Sp-Po sont légèrement poecilitiques. Sp-Po-Cpy sont xénomorphes.

Lame mince	Propriété	Forage	Métrage	Lithologie	Minéralogie et particularités
1171-96-07A	De Maurès	1171-96-07	371,1-371,16	Filonnets de sulfures massifs	<p>Chlorite 25%, quartz et plagioclase 35%, carbonates 10%, amphiboles 5%, pyrrhotite 22%, chalcopyrite, 2%, sphalerite 1% et pyrite en traces. Il y a deux grosseur de grains 1mm et 0,1mm.</p> <p>Les grains de 0,1mm sont surtout les carbonates et se localisent près des sulfures. Les grains de Cl-Qz-Pg sont localisés entre les filonnets de sulfures massifs et les grains de Cl ont une orientation préférentielle. Qz et Pg sont sub-arondis et ont un aspect polygonal. Am est en bâtons allongés. Py est plus ou moins cubique et les autres sulfures sont xénomorphes. Po est poecilitique.</p> <p>Orientation préférentielle.</p>
1171-96-07B	De Maurès	1171-96-07	413,08-413,12	Tuf	<p>Biotite et chlorite 50%, quartz et plagioclase 40%, amphiboles 10%, pyrrhotite 1% et traces de pyrite. Granulométrie extra-fine mais un peu plus grossière près des sulfures. Donne une apparence de veines. Am se situe en amas là où il y a le plus de Bo et Cl en concentration. Bo et Cl sont au centre des Am qui sont en bordure.</p> <p>Forme des genres de veinules. Grains xénomorphes.</p> <p>Orientation préférentielle.</p>
1171-96-08	De Maurès	1171-96-08	530,14-530,20	Veine de sulfures massifs	<p>Chlorite et biotite 5%, quartz et plagioclase 40%, chalcopyrite 10%, pyrrhotite 25%, sphalerite 25% et traces de pyrite. Les grains de Cl et Bo sont tabulaires. Les grains de Qz et Pg sont sub-arondis et quasi polygonaux. La granulométrie est fine. Grains xénomorphes et légèrement poecilitiques. Toutes les phases sont en association.</p> <p>Inclusions de Cpy dans Sp.</p>

Lame mince	Propriété	Forage	Métrage	Lithologie	Minéralogie et particularités
106085	De Maurès	1171-96-	609,0-609,30	Tuf felsique 17A	Chlorite 35%, quartz et plagioclase 60%, pyrrhotite 3%, sphalérite 2% et pyrite en traces. Grains très fins. Orientation préférentielle de la chlorite qui est en bâtonnets. Veinules mm de Qz. Déformation plus forte en bordure des veinules et Cl a une orientation. Les grains sont xénomorphes. Généralement, les sulfures se retrouvent dans les veines de Qz ou près de celles-ci puis disséminés dans la gangue.
34401	Moléon	Mo-96-01	72,5-75,77	Schiste à chlorite	Chlorite et biotite 60%, quartz et plagioclase 25%, pyrite 14% et chalcopyrite 1%. Bo est en voie de chloritisation car le brun est très pâle avec un ton verdâtre. Inclusions de Zr dans la Bo. Présence de kink dans la Bo. Qz et Pg sont en amas entre les bâtonnets de Bo rappelant une texture ophitique. Certains Pg sont sérichtisés. Les grains sont xénomorphes et parfois plus ou moins cubiques pour la Py. Minéralisation a tendance à se regrouper dans les amas de Qz et Pg. Les grains ont une bordure dentelée et morcelée.
34405	Moléon	Mo-96-01	91,67-92,70	Sulfures massifs	Quartz et plagioclase 3%, amphiboles 7%, pyrite 15%, chalcopyrite 30%, sphalérite 20%, pyrrhotite 25%. Qz et Pg ont des grains arrondis. Am est en bâtonnets et de couleur translucide. Les grains sont xénomorphes. Py a des bordures un peu plus rectangulaires. Les grains ont des inclusions des encaissants à l'intérieur. Sp a des inclusions de Cpy. Intercroissance de sulfures et silicates. Py est poecilitique.

ANNEXE 3

ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES

**ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES DU GÎTE LESSARD (Bogle, 1977)**

ECH	TROU	PROF	SIO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	K2O	NA2O	TIO2	P	S	CU	ZN	PB	NI	CO	AG	MN	ISHIKAWA
200243	5	190	64,57	15,45	10,26	0,65	4,1	2,18	0,36	0,59	0,11	0,03	24	70	2	54	37	0,6	393	86,15
200244	5	197	68,78	12,97	7,84	2,6	2,97	0,56	1,62	0,47	0,07	2,68	385	142	6	40	175	1,6	315	45,55
200245	5	200	58,12	14,91	13,23	1,64	6,28	0,68	0,52	0,57	0,14	0,23	41	175	2	54	33	0,6	564	76,32
200246	5	207	71,55	12,03	7,95	3,03	1,58	0,84	0,54	0,45	0,08	4,63	2050	100000	640	51	79	5,3	206	40,40
200247	5	210	86,78	13,58	8,42	1,67	1,02	2,44	0,8	0,49	0,08	5	750	4700	35	60	135	2,1	152	58,35
200248	5	215	84	10,02	3,75	1,82	0,9	0,57	0,67	0,38	0,03	3,08	805	15000	3450	24	57	9,2	258	37,12
200249	5	220	66,72	13,09	6,85	8,03	3,73	0,25	1,41	0,49	0,1	0,18	47	85	20	105	36	1,2	478	29,66
200250	5	250	51,64	15,09	9,05	10,79	5,69	0,5	1,25	0,57	0,11	0,06	54	66	8	150	40	1,1	437	33,96
200251	5	275	52,69	15,48	8,06	11,78	6,12	0,1	1,75	0,59	0,09	0,02	69	16	2	31	20	1,1	212	31,49
202074	34	250	32,39	5,82	39,07	9,38	0,06	0,08	0,54	0,18	0,19	29,05	81	48	2	66	53	1,4	800	1,39
202075	34	318	51,46	14,58	9,81	8,11	8,74	0,54	1,23	0,52	0,1	0	7	27	2	69	25	0,8	405	49,84
202076	34	328	53,93	15,46	8,08	11,53	5,59	0,25	0,64	0,59	0,11	0,01	14	21	2	51	22	1,2	375	32,43
202077	34	33	75,96	11,89	3,44	2,31	5,85	0,24	0,2	0,41	0,06	0,11	2	33	2	45	31	0,9	355	70,81
202078	34	340	74,53	11,47	8,8	0,71	4,15	0,15	0	0,37	0,05	0,65	182	16	2	30	94	1	240	85,83
202079	34	348	63,46	15,05	9,03	0,76	3,74	1,98	0,1	0,53	0,08	0	2	79	2	38	67	0,3	435	86,93
202080	34	355	60,78	16,32	6,1	2,46	4,69	2,48	0,17	0,62	0,11	1,29	270	175	5	150	62	0,8	585	73,16
202081	34	361	51,58	15,34	11,8	3,32	8,83	2,04	0,48	0,65	0,13	2,77	890	185	4	40	58	2,4	1020	74,10
202082	34	364	59,11	15,21	8,89	3,6	5,95	2,03	1	0,53	0,12	2,67	470	140	8	33	55	1,7	710	63,43
202083	34	367	61,22	17,2	5,29	1,51	2,72	3,92	0,23	0,61	0,11	1,5	890	74	5	56	37	1,5	370	79,24
202084	34	370	49,48	7,07	14,89	11,04	11,78	0,16	0,61	0,19	0,1	1,91	610	87	2	38	50	1,9	340	50,61
202085	34	376	51,54	5,48	35,1	24,52	1,1	0,06	0,13	0,16	0,19	27,02	1730	5280	31	38	52	3,9	125	4,49
202086	34	380	52,34	13,21	13,6	2,02	3,42	1,82	1,63	0,6	0,13	4,13	750	455	13	27	105	2,4	1320	58,94
202088	34	391	55,79	14,13	12,29	3,79	1,23	1,95	0,13	0,5	0,12	8,61	1850	24000	55	110	160	5,6	305	44,79
202089	34	398	66,53	15,83	4,44	1,92	1,16	3,56	0,16	0,58	0,08	2,58	575	4050	170	74	66	2,8	160	69,41
202090	34	401	60,31	13,04	7,71	9,16	2,22	1,12	0,56	0,48	0,09	4,42	7010	3640	1350	74	65	8,5	795	25,57
202091	34	420	60,33	16,89	6,16	2,39	2,46	4,42	0,08	0,65	0,09	3,2	650	3100	37	125	212	7,5	385	73,58
200124	36	574	62,52	14,71	8,67	0,61	7,02	1,52	0	0,54	0,08	0,03	2	32	2	72	30	0,8	488	93,33
200125	36	594	61,88	14,56	9,49	0,66	8,23	1,05	0	0,56	0,11	0,05	2	54	2	125	30	0,9	638	93,36
200126	36	601	62,79	14,6	12,27	0,75	5,4	1,11	0	0,56	0,11	1,08	560	215	2	200	76	1,3	635	89,67
200127	36	619	63,87	14,28	10,45	0,67	5,21	1,35	0	0,54	0,08	0,25	150	120	2	36	42	1,3	814	90,73
200128	36	645	69,81	14,62	5,27	0,65	3,18	2,6	0,05	0,52	0,06	0,38	125	120	2	19	21	0,7	792	89,20
200129	36	663	77,52	11,74	4,22	2,2	1,93	1,69	1,23	0,46	0,04	0,78	540	310	2	13	36	1,2	480	51,35
200130	36	675	65,41	13,4	8,1	2,79	2,22	2,46	1,45	0,55	0,06	3,13	4000	7600	2	31	63	3,9	839	52,47
200131	36	691	57,52	16,11	13,61	2,15	0,45	4,29	0,36	0,51	0,07	7,03	8800	2200	20	80	160	12,4	532	65,38
200132	36	706	58,77	15,31	3,85	2,28	5,8	4,5	0,16	0,69	0,1	1,31	190	2400	16	42	20	1,2	1289	80,85
200133	36	722	61,84	16,52	4,05	2,47	4,76	4,59	0,13	0,65	0,08	0,61	60	320	2	35	15	0,7	991	78,24
200134	36	731	67,55	15,98	3,05	0,78	3,47	3,95	0	0,6	0,07	0,27	55	250	9	28	16	0,3	711	90,49
200135	36	755	62,02	16,44	3,69	2,41	0,98	5,67	0,18	0,69	0,09	1,64	125	135	34	34	24	1,2	212	71,97
200136	36	783	48,48	19,36	1,95	8,87	3,66	2,05	2,74	0,63	0,13	0	2	75	18	6	6	1	858	32,97
200137	36	792	66,8	15,67	3,11	2,85	1,03	4,51	0,27	0,57	0,06	0,14	31	73	6	17	16	1,2	374	63,97
200138	36	808	55,93	17,97	8,45	0,69	1,14	6,14	0,14	0,68	0,1	3,84	915	2450	335	81	37	2,8	209	89,77
200139	36	826	77,59	13,24	1,48	0,66	0,89	2,43	0,01	0,48	0,05	0,75	190	395	132	35	21	1,2	526	83,21

ECH	TROU	PROF	SIO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	K2O	NA2O	TIO2	P	S	CU	ZN	PB	NI	CO	AG	MN	ISHIKAWA
200140	36	842	73,41	13,3	5,83	0,66	1,43	2,51	0,01	0,5	0,09	0,65	955	165	100	30	25	1,9	488	85,47
200141	36	845	52,26	15,45	10,8	0,65	0,35	5,48	0,12	0,55	0,07	9,51	2500	32000	79	22	67	6,7	168	88,33
200142	36	857	44,82	9,46	19,26	2,63	2,09	0,52	0,5	0,38	0,11	13,13	70000	14000	1150	35	42	16,8	782	45,47
200143	36	876	50,42	10,82	18,45	2,92	1,04	1,39	0,39	0,41	0,09	11,17	42000	1800	135	54	66	75	570	42,33
200144	36	889	32,46	9,65	36,54	3,45	3,06	0,47	0,96	0,33	0,12	22,44	37000	3100	270	245	100	76	4233	44,46
200145	36	916	33,12	7,15	35,41	0,82	0	0,12	0,48	0,24	0,1	29,25	60000	11000	175	84	2100	96	480	8,45
200146	36	932	32,72	7,32	31,46	9,49	1,25	0,11	0,27	0,28	0,12	24,1	89	8000	69	74	990	160	437	12,23
200147	36	928	61,63	15,12	3,09	2,82	1,96	5,69	0,23	0,61	0,09	1,61	87	67	22	27	23	1,3	440	71,50
200148	36	940	69,04	14,98	1,96	1,71	2,07	3,89	0	0,63	0,04	0,65	260	475	7	35	25	1,9	296	77,71
200396	40	137	61,65	15,51	5,29	2,93	2,17	1,23	5,25	0,63	0,08	1,67	620	1400	13	155	57	0,9	176	29,36
200397	40	143	62,31	15,1	7,64	3,29	1,5	1,14	4,9	0,57	0,09	3,14	460	2500	12	150	69	1,2	138	24,38
200398			62,25	15,39	6,5	4,51	4,88	0,26	3,05	0,62	0,06	0,25	71	45	2	72	35	0,5	206	40,47
200399			60,07	15,53	6,75	5,24	5,63	0,25	2,73	0,61	0,08	0,04	8	61	2	72	27	0,5	284	42,45
202355	40	170	51,26	15,46	7,59	10,52	7,15	0,44	3,13	0,56	0,13	0,04	16	16	2	51	25	0,6	225	35,73
202356	40	350	55,09	15,38	6,27	7,05	6,32	0,89	4,6	0,59	0,14	0,34	64	40	2	160	43	0,8	370	38,23
202357	40	400	50,7	14,9	11,32	6,04	8,43	1,3	3,48	0,6	0,08	0,02	34	57	2	190	73	0,9	520	50,55
202358	40	920	51,62	14,47	10,92	10,67	6,79	0,21	1,36	0,54	0,1	0,29	89	52	2	150	51	1,4	680	36,78
202359	40	960	45,29	13,42	12,44	6,63	19,64	0,04	0,14	0,4	0,09	0,05	6	92	2	550	64	1,5	575	74,40
202360	40	968	68,8	15,36	5,88	0,79	4,01	2,31	0,52	0,49	0,09	1,22	220	235	2	20	38	1,1	485	82,83
202361	40	972	58,22	18,22	4,82	1,44	4,23	3,89	1,09	0,7	0,08	2,27	250	4350	88	35	35	3,8	465	76,24
202362	40	976	47,75	15,99	12,13	12,63	7,65	0,35	0,82	0,64	0,14	0,77	207	125	14	125	66	1,9	1080	37,30
202363	40	1040	70,44	15,44	2,03	1,71	1,86	3,92	0,06	0,45	0,04	0,5	86	2320	1550	24	28	7,1	160	76,56
202364	40	1050	49,04	16,01	11,88	10,38	5,65	0,36	2,55	0,59	0,13	2,23	580	205	16	85	125	4,2	720	31,73
202365	40	1065	59,45	14,69	5,68	8,12	1,39	4,3	0,73	0,54	0,13	2,4	154	3080	88	36	33	2,1	720	39,13
202366	40	1140	58,32	10,69	10,35	12,22	7,88	0,25	0,31	0,36	0,1	3,02	140	36	31	255	127	1,5	275	39,35
202367	40	1144	60,47	11,79	9,96	6,82	2,66	0,61	0,4	0,43	0,08	6,74	1050	22000	2250	110	68	7,5	305	31,17
202368	40	1148	49,19	12,53	18,25	4,29	1,39	1,59	0,31	0,41	0,17	14,13	38700	38500	2220	63	15	18,7	250	39,31
202369	40	1152	56,98	10,45	12,48	3,58	1,13	1,04	0,4	0,34	0,1	11,11	1630	43000	27	46	192	9,5	220	35,28
202370	40	1158	63,63	14,17	9,12	4,14	2,7	1,1	1,75	0,48	0,1	3,18	395	220	18	35	51	1,8	445	39,22
202371	40	1165	65,22	15,96	6,61	1,91	1,21	3,41	0,72	0,49	0,12	2,29	350	125	7	29	34	1,4	215	63,72
202372	40	1174	62,41	15,52	6,44	0,81	1,98	3,54	0,39	0,51	0,09	1,81	392	115	2	20	31	1,3	320	82,14
202373	40	1190	57,15	16,7	7,79	0,79	3,79	3,48	0,23	0,58	0,09	2,06	283	538	14	30	2	1,5	595	87,70
202374	40	1210	60,92	16,19	4,73	0,81	3,52	3,18	0,02	0,58	0,1	0,76	50	885	28	43	28	0,7	780	88,98
202375	40	1230	57	14,93	7,16	2,97	7,57	0,98	0,36	0,58	0,1	0,59	92	990	265	40	27	1,5	1550	71,97
202376	40	1240	61,5	15,27	5,96	1,01	2,8	2,95	0,18	0,54	0,07	1,92	1000	2800	35	33	31	1,7	795	82,85
202377	40	1260	57,85	15,26	7,47	1,97	5,98	1,64	0,41	0,59	0,09	0,56	135	425	22	27	19	1,3	1440	76,20
202378	40	1280	54,42	13,9	12,19	2,35	5,7	0,64	0,28	0,54	0,14	1,24	5900	670	2	42	66	6,9	2600	70,68
202379	40	1323	48,84	15,01	11,64	10,17	9	0,45	1,32	0,63	0,13	0,13	11	58	2	105	49	1,5	840	45,13
202115	42	905	49,71	14,95	9,78	10,6	7,56	0,21	1,51	0,49	0,12	0,09	84	1500	2	41	33	1,4	790	39,08
202116	42	912	49,64	14,99	10,1	11,84	8,68	0,34	1,17	0,56	0,14	0,01	2	28	2	79	26	0,7	520	40,94
202117	42	914	54,56	17,17	5,97	3,59	10,55	2,4	0,37	0,66	0,11	0	4	47	2	42	22	1,1	1430	76,58
202118	42	918	63,14	16,13	2,73	2,01	7,43	1,05	1,74	0,54	0,1	0	2	20	2	27	20	0,8	1140	69,34
202119	42	922	59,45	15,7	6,1	3,65	6,19	3,11	2,31	0,71	0,13	0,11	30	37	2	40	26	1,8	1320	60,94

ECH	TROU	PROF	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CAO	MGO	K2O	NA2O	TiO2	P	S	CU	ZN	PB	Ni	CO	AG	MN	ISHIKAWA
202120	42	930	58,5	17,03	6,64	1,1	7,05	2,61	0,44	0,62	0,1	0	2	31	2	34	20	1,1	1740	86,25
202121	42	950	59,38	16,33	7,96	1,66	7,75	1,2	0,54	0,58	0,12	0	2	65	2	37	27	1,5	2300	80,27
202122	42	970	63,21	16,39	5,78	0,81	4,15	2,95	0,2	0,54	0,09	0,01	48	71	2	23	19	1,1	1240	87,55
202123	42	980	60,26	15,73	9,88	1,56	5,55	1,53	0,4	0,58	0,1	0,35	190	145	16	25	33	1,5	1720	78,32
202124	42	985	48,52	9,84	27,27	1,12	1,73	0,4	0,37	0,29	0,21	3,09	1000	320	40	225	420	9,5	330	58,84
202125	42	986	64,68	16,65	6,23	1,06	3,15	3,5	0,22	0,58	0,09	1,82	375	1250	16	24	57	1,3	740	83,86
202126	42	994	63,1	16,86	6,31	0,75	4,28	3,07	0,38	0,57	0,07	1,14	305	1440	26	38	22	1	1470	86,67
202127	42	1000	64,81	16,43	5,99	1,86	2,98	2,46	0,57	0,52	0,09	1,63	370	222	37	25	43	1,3	990	69,12
202128	42	1006	64,2	17,49	4,19	0,82	1,88	4,26	0,32	0,57	0,08	1,39	200	3556	775	60	40	1,7	410	84,34
202129	42	1030	66,59	15,79	3,82	1,18	4,71	2,93	0,3	0,55	0,09	0,11	24	630	16	25	44	1,1	770	83,77
202130	42	1050	62,11	16,68	5,01	1,2	6,11	3,5	0,22	0,63	0,09	0,27	59	283	44	40	27	1,1	1060	87,13
202131	42	1075	66,53	15,71	3,84	1,07	5,46	3,14	0,18	0,53	0,09	0,35	48	190	11	29	25	0,9	965	87,31
202132	42	1100	62,25	16,53	5,17	2,54	5,54	3,49	0,32	0,62	0,09	0,5	34	92	25	33	36	1,3	885	75,95
202133	42	1109	61,7	16,18	6,97	1,48	5,78	3,21	0,28	0,57	0,09	2,47	180	960	69	37	27	1,9	930	83,63
202134	42	1115	66,89	16,43	3,59	0,68	4,07	3,34	0,13	0,45	0,04	0,92	66	528	34	12	22	1,1	865	90,15
202135	42	1125	64,14	16,67	3,79	0,85	3,71	3,91	0,05	0,53	0,07	0,9	108	1350	15	24	24	1	630	89,44
202136	42	1150	60,3	17,01	4,83	2,79	4,05	4,47	0,16	0,62	0,1	0,83	37	125	18	36	24	0,9	920	74,28
202137	42	1170	71,57	14,78	2,42	0,79	2,82	3,32	0,22	0,57	0,04	0,17	35	175	17	14	15	0,7	595	85,87
202138	42	1174	66,93	15,74	4,32	1,23	1,95	3,57	0,11	0,56	0,06	1,84	310	3150	39	18	42	1,5	475	80,47
202139	42	1178	69,75	15,41	4,09	0,71	2,99	3,44	0,19	0,57	0,06	0,53	160	160	21	14	30	1	710	87,72
202140	42	1189	65,75	16,02	6,53	0,88	4,46	3,16	0,3	0,63	0,08	0,7	270	1300	9	27	40	1,5	960	86,59
202141	42	1195	62	15,72	7,67	0,81	3,12	3,1	0,21	0,63	0,08	2,72	2850	13000	2	38	52	3,2	510	85,91
202142	42	1210	47,45	14,33	10,08	7,31	9,74	0,28	0,76	0,5	0,09	0,14	283	195	12	180	30	1,2	310	55,39
202143	42	1240	50,8	15,66	10	9,86	8,97	0,4	1,49	0,51	0,1	0,22	127	215	2	102	45	1,7	405	45,22
202173	45	680	52,59	15,13	10,16	9,35	6,06	0,29	1,5	0,58	0,12	0,04	17	46	2	47	23	1	415	36,92
202174	45	720	54,19	14,76	8,17	10,51	7,53	0,2	1,36	0,5	0,11	0	2	22	2	53	23	1	405	39,44
202175	45	735	52,77	15,13	8,43	11,53	6,84	0,27	0,77	0,5	0,11	0	4	20	2	40	16	0,9	375	36,63
202176	45	740	67,01	13,95	5,23	3,34	7,72	0,72	0,33	0,5	0,1	0	2	27	2	165	31	1,3	645	69,69
202177	45	750	68,41	15,44	4,86	1,75	3,59	2,93	0	0,5	0,09	0	2	23	2	30	20	0,6	335	78,84
202178	45	770	74,32	14,51	3,93	1,24	2,11	2,59	0,08	0,54	0,02	0	6	35	2	33	25	0,5	435	78,07
202179	45	777	76,56	13,91	5,12	0,95	2,2	2,04	0	0,48	0,01	0	7	35	2	22	31	0,6	545	81,70
202180	45	800	60,85	16,58	9,95	0,83	5,89	2,16	0,14	0,57	0,09	0,43	343	280	2	30	21	1,5	1740	89,25
202181	45	805	63,1	16,85	6,33	1,38	4,23	3,36	0,41	0,59	0,11	1,1	800	235	6	20	29	1,3	1220	80,92
202182	45	814	57,74	15,71	11,69	1,72	1,34	3,41	0,78	0,53	0,11	5,9	4500	7100	11	64	130	4,6	1290	65,52
202183	45	819	58,14	15,17	10,78	1,83	5,29	2,6	1	0,55	0,07	3,16	730	1150	35	44	78	1,7	2000	73,60
202184	45	827	63,96	17,27	3,84	0,89	1,69	4,24	0,17	0,62	0,07	1,62	1400	2700	35	34	33	12	555	84,84
202185	45	833	62,43	16,4	5,33	1,6	5,6	2,55	0,13	0,63	0,11	0,92	270	340	32	40	16	0,9	1520	82,49
202186	45	835	60,19	16,7	7	1,72	5,56	3,15	0,27	0,62	0,11	2,02	220	925	30	51	38	1,7	1400	81,40
202187	45	855	82,24	16,34	4,71	1,51	5,49	3,32	0,41	0,6	0,11	0,51	54	325	30	34	16	1,2	1680	82,11
202188	45	876	64,83	16,06	5,81	3,89	3,37	2,59	0,91	0,58	0,12	1,73	780	575	170	30	25	1,9	855	55,39
202189	45	878	64,16	14,33	8,51	2,66	2,25	2,13	1,07	0,46	0,09	4,89	7300	5650	1650	44	101	14,3	1080	54,01
202190	45	885	65,34	17,72	5,33	0,72	2,05	4,83	0,35	0,54	0,1	2	925	1700	48	32	21	2	600	86,54
202191	45	890	55,31	18,66	10,9	1,06	1,31	5,06	0,29	0,58	0,18	5,42	7100	2500	110	64	185	12	245	82,513

ECH	TROU	PROF	SIO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	K2O	NA2O	TIO2	P	S	CU	ZN	PB	NI	CO	AG	MN	ISHIKAWA
202192	45	894	38,52	16,52	30,6	1,51	1,33	3,54	1,24	0,46	0,16	17,54	830	11000	63	270	386	4,9	635	63,911
202193	45	898	63,19	16,34	0	0,56	0	4,7	0,16	0,55	0,04	2,9	3450	205	27	36	92	5,5	30	86,716
202194	45	902	45,92	13,18	26	1,31	0,85	2,36	0,69	0,36	0,17	16,52	12500	5600	83	245	375	21	160	61,612
202195	45	905	62,16	17,36	5,59	0,58	0,05	4,91	0,27	0,57	0,07	4,39	3450	455	58	27	330	7,3	30	85,370
202196	45	907	57,62	16,57	11,5	1,99	0,56	3,52	0,67	0,5	0,14	6,99	15000	1550	140	71	220	23,5	170	60,534
202197	45	911	45,92	13,47	17,54	9,97	2,08	1,51	0,26	0,48	0,16	10,52	23000	2100	84	140	295	5,6	940	25,977
202198	45	916	43,1	9,23	13,17	1,22	0,11	0,95	0,31	0,32	0,17	18,25	6750	99999	105	40	750	14,2	1180	40,927
202199	45	921	40,7	8,5	25,57	10,6	0,86	0,54	0	0,3	0,15	20,12	4800	5100	1500	16	520	14	980	11,667
202200	45	925	48,45	14,76	9,45	15,01	3,06	1,16	0,71	0,58	0,12	3,47	530	985	21	300	85	2,1	2450	21,163
202201	45	935	43,65	14,27	9,23	19,83	3,37	2,05	0,3	0,61	0,16	0,52	130	140	20	320	86	1,9	2400	21,213
202202	45	950	48,24	15,39	8,7	11,84	6,59	0,61	0,54	0,56	0,11	0,11	14	94	7	160	34	1,2	500	36,772
202203	45	980	47,57	18,24	8,99	10,51	2,03	3,02	0,89	0,74	0,1	3,08	96	4600	41	110	57	3,1	980	30,699
202204	45	990	65,39	16,92	4,09	1,68	2,82	4,59	0,35	0,57	0,09	0,95	31	328	5	36	16	0,6	570	78,496
202205	45	998	58,4	13,45	9,37	8,66	1,63	1,66	0,84	0,49	0,08	4,62	870	1850	59	42	45	4,7	1200	25,723
202206	45	1005	61,43	13,1	5,36	5,14	0,76	9	0,28	0,44	0,03	5,35	275	13500	11	22	33	1,8	415	64,295
202207	45	1110	65,58	11,92	6,92	5,22	0,75	1,89	0,91	0,4	0,03	4,23	780	8600	33	39	46	4,8	640	30,103
202208	45	1016	56,82	15,29	14,01	3	0,35	3,16	1,32	0,5	0,07	7,81	2500	1850	49	75	69	14,5	185	44,828
202209	45	1028	65,96	16	4,04	0,81	2,29	4,62	0,58	0,54	0,06	1,42	320	1130	7	17	25	2	515	83,253
202210	45	1035	63,06	12,17	7,23	5,86	0,64	1,31	0,99	0,42	0,1	5,43	600	13500	13	36	69	4,2	420	22,159
202211	45	1045	65,77	13,79	6,1	3,51	4,4	1,38	0,86	0,54	0,09	1,59	91	520	20	23	42	1,5	745	56,946
202212	45	1060	55,27	11,03	6,89	15,62	1,97	1,13	0,38	0,48	0,13	3,01	247	265	9	29	39	5,3	1400	16,230
202213	45	1070	63,63	16,46	4,42	1,88	3,04	4,14	0,4	0,65	0,05	1,51	147	1100	18	14	27	0,2	435	75,899
202214	45	1085	53,4	14,67	8,65	9,72	7,13	0,91	1,42	0,54	0,1	0,41	2	38	5	80	25	1,1	335	41,919

## ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES (Légaré, 1999)

Échantillons	Projet	Fondage	Métrage	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	MnO (%)	Ba (ppm)	P.A.F. (ppm)	Zr (ppm)	Y (ppm)	Rb (ppm)	Nb (ppm)	Sr (ppm)	Cl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Total (%)	Type de roche	Indice Ishikawa (%)
34401	Moléon	Mo-96-01	75,2-75,77	32,8	19,4	14,6	19,4	0,64	0,42	1,55	0,67	0,04	0,26	171	9,91	132	10	57	<5	23	0,01	0,02	99,7	Schiste à chlorite	95,18
34404	Moléon	Mo-96-01	112,15-112,65	49,9	15,2	12,4	11,4	4,86	2,09	0,1	0,5	0,05	0,15	23	4,14	38	9	9	<5	93	0,03	0,04	101	Tuf	62,33
34406	Moléon	Mo-96-03	32,30-32,48	51	14,9	10,5	8,23	10	1,42	1,01	0,46	0,05	0,19	95	2,13	37	11	73	<5	95	0,06	0,04	100	Métabasalte	44,72
34407	Moléon	Mo-96-03	177,58-178,40	51,1	16,4	8,98	7,51	9,48	1,57	2,19	0,38	0,04	0,17	309	1,85	32	7	249	<5	137	0,03	0,03	99,7	Métagabbro	46,75
34410	Moléon	Mo-96-03	255,33-255,75	54	14,9	8,82	7,85	9,5	2,64	0,49	0,43	0,03	0,2	154	1,32	35	11	26	<5	163	0,1	0,04	100	Métasédiment	40,72
106051	Clairy	1171-96-01	135,2-135,58	47	9,75	11,1	19	6,93	0,18	0,03	0,26	0,02	0,2	<10	5,53	17	<5	<5	<5	<5	0,26	0,03	100	Basalte	72,80
106052	Clairy	1171-96-03	57,0-57,4	48,9	16,9	8,64	10	9,27	1,88	0,34	0,33	0,03	0,16	84	3,39	25	6	15	<5	87	0,1	0,04	100	Basalte	48,12
106054	Clairy	1171-96-03	254,47-255	59,6	16,1	6,82	2,95	5,74	2,82	1,74	0,57	0,17	0,04	287	2,71	130	9	24	<5	160	0,02	0,02	99,3	Tuf intermédiaire	35,40
106055	Clairy	1171-96-04	183,0-183,42	48,9	15,2	11,2	9,68	9,72	1,35	0,27	0,46	0,04	0,17	29	2,98	35	11	11	<5	74	0,05	0,04	100	Basalte	47,34
106056	Clairy	1171-96-04	335,02-335,5	47,2	9,44	11	19,2	7,38	0,2	0,02	0,28	0,02	0,2	14	5,14	16	<5	<5	<5	<5	0,28	0,03	100	Basalte	71,72
106057	Clairy	1171-96-04	365,42-366,0	59,9	16,2	5,23	8,53	0,49	0,18	1,89	0,55	0,15	0,06	536	5,31	139	10	21	<5	27	<0,01	0,02	98,5	Tuf intermédiaire	93,96
106058	Clairy	1171-96-05	221,17-221,64	46,9	12,1	10,7	11,8	9,21	0,81	0,16	0,35	0,03	0,17	51	7,13	27	7	6	<5	81	0,13	0,04	99,5	Basalte	54,41
106059	Clairy	1171-96-05	224,1-224,7	48,8	11,3	5,8	6,11	13	1,6	0,82	0,38	0,12	0,12	300	9,52	116	8	15	<5	139	0,01	0,01	97,6	Exhalite	32,19
106073	Clairy	1171-96-05	306,00-306,36	64,2	16	5,33	3,64	1,15	1,24	2,44	0,47	0,14	0,1	843	4,58	135	13	35	<5	89	<0,01	0,01	99,3	Argilite/siltstone	71,78
106074	Clairy	1171-96-07	346,08-346,48	47,9	14,1	9,87	11,9	7,23	1,79	0,24	0,41	0,03	0,17	108	6,12	33	11	9	<5	104	0,1	0,04	99,9	Basalte	57,37
106075	Clairy	1171-96-08	465,00-465,39	51,5	9,42	10,1	16,4	6,15	0,62	0,16	0,28	0,03	0,21	169	4,54	19	<5	<5	<5	56	0,33	0,03	99,8	Basalte	70,98
106076	Clairy	1171-96-08	546,84-547,20	64,8	15,2	5,32	6,17	0,82	0,59	1,96	0,5	0,13	0,08	624	4,08	141	10	25	<5	78	0,01	0,01	99,7	Tuf	85,22
106077	Clairy	1171-96-09	20,00-20,04	55,6	16	7,44	6,57	9,53	2,03	0,15	0,53	0,06	0,14	60	1,86	54	10	<5	<5	89	0,04	0,04	100	Basalte	36,76
106078	Clairy	1171-96-09	119,20-119,56	52,3	14,7	10,6	8,32	8,18	1,39	0,11	0,47	0,05	0,17	32	3,49	48	11	6	<5	61	0,04	0,04	99,9	Basalte	46,83
106085	Clairy	1171-97-17A	609,00-609,30	71,2	13,3	1,58	0,78	3,24	0,71	3,54	0,45	0,13	0,06	1007	3,42	136	9	42	<5	137	0,01	0,02	98,4	Roche grise	52,24
106086	Clairy	171-97-17A	624,00-624,38	68,5	16,6	2,22	1,54	1,45	0,52	4,72	0,56	0,15	0,07	1901	2,57	151	8	54	<5	188	0,01	0,01	98,9	Tuf	76,06
106084	Clairy	1171-97-17A	603,00-603,24	50,2	13,4	10,7	11,8	8,6	1,54	0,21	0,38	0,03	0,18	98	3,07	34	7	7	<5	190	0,11	0,04	100	Basalte	54,22
106061	Domergue	D96-10	141,5-141,8	66,7	16,8	2,66	2,01	1,9	7,52	0,58	0,43	0,12	0,05	213	1,41	145	<5	13	<5	327	0,02	0,01	100	Tuf	21,57
106063	Domergue	D96-10	71,07-71,4	49,7	6,01	10,2	16,3	13,7	0,56	0,1	0,34	0,02	0,21	13	2,64	14	7	<5	<5	17	0,42	0,04	100	Basalte	53,49
106064	Domergue	D96-16	150,150,4	42,7	5	14,3	24,4	6,71	0,14	0,02	0,28	0,02	0,22	<10	6,4	12	<5	<5	<5	10	0,42	0,03	101	Gabbro Mg	78,09
106065	Domergue	D96-16	225,225,34	41,6	5,72	14,5	24,2	5,95	0,2	0,03	0,31	0,02	0,24	11	7,1	18	<5	<5	<5	27	0,38	0,02	100	Pyroxénite	79,76
106066	Domergue	D96-16	274,22-274,56	59,6	16,1	4,75	1,86	5,98	7,14	0,7	0,44	0,24	0,07	155	3,68	121	<5	12	<5	364	0,02	0,02	101	Tuf	16,33
106069	Domergue	D96-16	322,16-322,65	47,8	15,8	8,18	9,74	13,6	1,47	0,1	0,27	0,01	0,16	14	3,18	18	<5	<5	<5	122	0,04	0,02	100	Leucogabbro	39,50
106071	Domergue	D95-01	74,16-74,52	67,4	15,2	4,57	1,44	1,01	8,33	0,32	0,4	11	0,03	82	1,19	162	6	9	<5	222	0,03	0,01	100	Chert	15,86
106072	Domergue	D95-02	80,0-XXX	60,4	17,7	3,02	2,94	3,88	8,2	0,95	0,59	0,18	0,07	266	3,16	139	8	17	<5	261	0,02	0,02	101	Chert	24,36
106079	Roméo Boisvert	100+37E/100+55N	49	12,5	17,5	7,58	7,04	2,82	0,16	1,75	0,14	0,25	15	2,16	86	24	<5	<5	55	0,02	0,07	101	Basalte	43,98	
106081	Roméo Boisvert	100+51E/100+52N	47,3	13,1	15,9	6,5	7,8	3,2	0,2	1,76	0,15	0,23	55	3,67	96	26	<5	<5	77	0,02	0,06	99,9	Basalte silicifié	37,85	
106083	Roméo Boisvert	100+63E/100+56N	52,9	10	17,6	6,88	4,12	1,68	0,27	1,4	0,12	0,15	32	4,07	68	19	9	<5	25	0,01	0,06	99,3	Basalte au contact	55,21	

**ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES DU GÎTE MOLÉON  
(Bogle, 1977)**

ECH	TROU	PROF	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P	S	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	Ag	Mn	ISHIKAWA
202497	7201	256	55,73	13,04	16,6	2,77	4,58	2,33	1,04	0,55	0,15	1,38	165	485	2	42	18	1,5	1340	64,46
202498	7201	258	33,23	6,43	25,84	18,85	6,15	0,08	0,29	0,18	0,14	17,03	99999	42000	4650	108	255	44,5	500	24,56
202499	7201	266	50,83	15	9,13	7,18	8,59	0,97	3,05	0,52	0,09	1,52	980	265	93	160	104	1,9	1360	48,31
202500	7201	268	56,74	14,98	7,21	5,89	5,89	1,58	3,34	0,54	0,09	0,91	385	245	65	110	50	0,7	900	44,73
202501	7201	270	41,57	11,87	8,71	24,71	4,67	0,08	0,46	0,56	0,33	1,09	480	50	20	25	19	1,3	680	15,88
202502	7201	274	57,89	15,51	5,21	4,62	1,76	5,6	2,16	0,59	0,12	2,2	930	1950	55	56	32	2,9	500	52,05
202503	7201	276	55,27	16,39	6,92	6,69	3,06	3,35	2,67	0,63	0,14	1,87	340	200	8	54	35	1,3	500	40,65
202504	7201	300	47,57	15,5	10	15,61	7,09	0,24	1,51	0,59	0,14	0,31	142	36	2	54	48	1	390	29,98
202505	7201	310	52,46	14,53	10,19	9,27	6,58	0,48	3,4	0,55	0,12	0,07	73	30	2	46	31	0,2	85	35,78
202506	7202	128	53,4	15,07	9,32	11,19	6,36	0,57	1,76	0,53	0,11	0,5	117	24	10	160	4	0,6	390	34,86
202507	7202	130	55,93	12,92	12,96	5,69	9,16	0,13	1,56	0,42	0,09	0,68	97	705	2	100	36	0,7	825	56,17
202508	7202	134	51,64	14,67	10,9	8,78	8,35	0,33	2,15	0,5	0,11	0,05	8	115	2	79	26	0,4	565	44,26
202509	7202	212	58,74	15,65	4,34	12,4	2,67	0,79	1,82	0,63	0,16	0,53	43	260	8	48	53	1,1	665	19,57
202510	7202	235	55,73	16,62	8,09	3,23	4,42	3,31	1,35	0,69	0,12	3,14	1300	3300	57	70	50	1,8	620	62,79
202511	7202	248	60,17	15,33	5,47	2,85	5,33	2,65	1,43	0,63	0,14	1,02	255	400	10	54	35	0,8	410	65,09
202512	7202	287	57,23	19,03	6,74	1,56	4,62	4,1	1,03	0,77	0,11	1,27	4700	4000	2	56	48	5,9	270	77,10
202513	7202	309	63,52	17,36	5,88	0,94	4,62	3,97	0,4	0,66	0,09	0,17	97	140	2	38	31	0,8	195	86,51
202514	7202	325	53,14	21,76	5,18	0,59	4,18	2,83	0	0,73	0,03	0,3	82	100	2	71	23	0,8	200	92,24
202515	7202	341	57,18	16,23	8,5	1,13	3,6	3,64	0,73	0,61	0,12	3,85	870	1400	115	79	79	1,6	365	79,56
202516	7202	343	61,38	15,06	6,11	0,99	2,9	3,12	1,19	0,56	0,09	3,6	1100	5000	76	33	90	1,6	265	73,41
202517	7202	347	59,61	15,86	6,51	1,55	4,32	2,63	1,21	0,61	0,11	1,59	382	3500	66	130	36	1,3	850	71,58
202518	7202	349	31,82	6,59	36,29	9,63	8,82	0,12	0,25	0,18	0,21	27,67	8550	34000	1050	73	1750	21,4	425	47,50
202519	7202	351	35,17	5,75	24,33	20,51	20,62	0,07	0,54	0,16	0,25	14,89	480	34500	2500	99	65	30,8	805	49,57
202520	7202	353	32,41	6,38	28,35	21,46	3,91	0,06	0,15	0,2	0,25	18,53	1200	65500	1400	68	67	14,5	2400	15,52
202521	7202	355	51,82	15,02	8,57	8,41	7,4	1,99	2,46	0,5	0,1	0,69	1100	195	82	150	45	1,7	865	46,35
202522	7202	358	48,8	15,32	11,82	7,59	8,14	1,69	2,36	0,58	0,12	1,08	250	1180	14	150	45	2	1140	49,70
202523	7202	360	54,42	14,14	3,25	1,54	1,79	1,72	1,67	0,51	0,22	1,91	114	220	42	44	25	2,1	725	52,23
202524	7202	386	51,2	15,64	9,38	10,14	6,1	0,85	2,97	0,59	0,12	0,05	28	57	2	55	31	0,4	445	34,65
202525	7203	138	62,09	15,35	2,08	1,35	3,21	8,63	0,24	0,38	0,05	0,12	27	82	64	29	23	0,4	445	88,16
202526	7203	183	53,35	15,36	9,14	8,35	6,02	3,02	1,88	0,53	0,1	0,05	62	50	8	130	44	0,4	460	46,91
202527	7203	185	45,78	15,01	14,22	8,02	10,74	2,02	0,56	0,56	0,11	0,1	173	265	24	200	49	1,3	1610	59,79
202528	7203	187	51,1	12,72	12,36	7,69	9,35	1,96	0,43	0,48	0,11	0,55	1800	450	180	80	51	3	1450	58,21
202529	7203	190	55,98	8,21	15,07	5,29	6,91	0,19	0,1	0,26	0,15	11,38	2560	46500	100	58	250	7,1	430	56,85
202530	7203	195	57,21	13,28	5,44	3,07	2,55	3,24	4,5	0,61	0,13	1,75	1050	200	110	51	54	1,7	435	43,34
202532	7203	202	43,34	13,39	19,96	5,69	9,09	1,26	0,19	0,55	0,23	8,69	15500	13000	1300	22	1300	23	1120	63,77
202534	7203	210	46,34	16,22	14,45	1,95	10,6	1,58	2,53	0,66	0,19	4,86	6400	6500	550	31	165	9,5	2017	73,11
202535	7203	215	40,59	14,48	25,99	1,34	7,3	0,87	0,9	0,6	0,23	8,92	680	5700	445	61	180	9,1	1900	78,48
202536	7203	216	31,44	6,45	38,95	13,01	4,45	0,1	0,32	0,19	0,23	27,6	2050	70000	1450	140	2830	24	575	25,45
202537	7203	219	31,44	6,17	43,85	10,72	7,38	0,08	0,12	0,62	0,24	28,42	1270	48000	3240	200	385	24	700	40,77

ECH	TROU	PROF	SIO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	K2O	NA2O	TIO2	P	S	CU	ZN	PB	NI	CO	AG	MN	ISHIKAWA
202538	7203	222	31,44	5,61	45,97	9,73	8,83	0,07	0,75	0,8	0,25	29,59	2900	98000	1300	210	450	19,3	630	45,92
202539	7203	224	40,91	11,47	14,97	20,86	6,66	0,08	0,11	0,74	0,25	2,74	6700	5950	690	205	31	17	1240	24,32
202540	7203	226	31,52	5,82	38,18	14,83	9,74	0,05	0,61	0,18	0,24	23,3	7700	45000	810	165	480	21,7	515	38,80
202543	7203	233	38,46	6,16	20,87	20,32	8,76	0,04	0,26	0,22	0,22	9,86	1850	21500	5200	57	82	51	940	29,95
202544	7203	235	31,5	5,67	42,18	12,06	6,23	0,04	0,8	0,18	0,25	23,71	2400	19000	515	165	90	35,5	295	32,78
202545	7203	237	31,44	5,72	40,76	15,34	5,42	0,05	0,18	0,48	0,26	23,74	22300	32000	250	175	406	34,8	330	26,06
202546	7203	240	32,01	5,96	36,67	8,27	5,95	0,05	0,4	0,19	0,29	23,61	3900	55000	10000	115	374	220	300	40,90
202547	7203	242	33,85	5,77	32,03	12,03	5,35	0,07	0	0,17	0,21	23,43	8100	5500	870	100	40	23,5	460	31,06
202548	7203	244	35,02	6,39	28,49	14,61	3,2	0,08	0,69	0,18	0,22	18,73	11500	30000	1850	31	3050	29,5	355	17,65
202549	7203	246	46,5	13,48	12,62	9,29	2,33	0,8	0,58	0,59	0,12	1,21	565	500	285	125	62	2,4	1600	24,08
202550	7203	249	58,79	16,93	6,76	2,84	7,44	1,9	2,24	0,47	0,06	0,15	52	74	2	180	71	0,5	755	64,77
202551	7203	258	54,13	15,05	7,73	6,68	5,83	1,26	4,08	0,56	0,08	0,05	33	58	2	110	48	0,7	660	39,72
202566	7305	285	59,49	15,67	6,48	3,77	4,8	0,91	3,88	0,69	0,12	0,04	20	110	2	47	33	0,4	615	42,74
202567	7305	304	60,96	15,68	5,65	4,23	2,47	1,74	4,6	0,61	0,14	0,15	16	93	2	36	43	0,5	545	32,29
202568	7305	310	64,16	15,52	3,59	1,58	2,71	2,01	5,22	0,55	0,11	0,1	17	67	2	28	32	2	530	40,97
202569	7305	317	62,49	14,45	3,33	8,64	1,99	2,5	2,8	0,51	0,14	0	8	38	2	22	35	1,8	410	28,19
202570	7305	329	62,43	15,16	7,33	3,65	1,73	1,96	3,76	0,55	0,12	0,16	51	115	2	42	38	0,5	805	33,24
202571	7305	384	64,27	13,24	4,63	8,56	1,78	1,42	2,18	0,46	0,13	0,67	89	60	2	29	39	0,5	225	22,96
202572	7305	390	59,68	14,93	5,62	8,27	1,72	2,99	3,25	0,55	0,13	0,93	175	10	2	32	50	0,6	70	29,02
202573	7305	418	63,3	14,41	3,93	6,49	1,68	2,52	3,44	0,57	0,15	0,3	19	43	9	42	42	0,6	250	29,72
202574	7305	441	60,16	16,54	2,91	2,99	0,48	5,35	4,39	0,48	0,11	0,02	7	36	7	2	26	0,2	330	44,13
202575	7305	445	55,42	15,47	7,24	7,69	2,13	1,47	4,29	0,67	0,18	3,82	393	102	14	43	56	2	150	23,11
202576	7305	448	55,92	15,85	7,08	8,37	2,65	1,26	3,88	0,62	0,18	2,99	395	300	10	38	57	2,3	270	24,20
202577	7305	460	62,81	15,75	3,25	2,73	0,73	5,34	3,13	0,58	0,14	0,25	18	43	7	2	31	0,2	300	50,88
202578	7305	478	59,33	16,01	5,59	6,02	2,8	1,66	3,74	0,73	0,21	0,11	73	97	7	44	35	0,8	530	31,36
202579	7305	484	80,16	15,39	6,73	5,9	2,28	1,2	4,76	0,57	0,13	0,18	30	50	2	42	41	1,4	560	24,61
202580	7305	494	58,09	15,78	6	6,78	2,97	1,07	4,64	0,71	0,19	0,19	41	60	2	56	43	1,4	520	26,13
202581	7305	498	57,74	17,05	3,72	6,08	1,04	4,83	2,59	0,71	0,13	0,07	10	150	18	68	37	0,5	680	40,37
202582	7305	530	58,04	15,45	7,65	7,51	3,57	2,3	0,82	0,66	0,17	1,73	282	225	2	73	46	1	800	41,34
202583	7305	545	57,89	16,15	7,31	1,17	8,72	2,32	0,16	0,68	0,14	0,05	2	67	2	50	28	1,7	1860	89,25
202584	7305	555	58,17	16,74	6,86	1,04	7,95	2,76	0,37	0,63	0,12	0,02	22	155	2	49	24	0,9	1780	88,37
202585	7305	565	57,66	16,36	5,73	6,35	1,98	2,87	1,09	0,75	0,15	1,43	67	215	22	46	29	1,1	365	39,46
202586	7305	586	61,59	16,25	3,5	4,09	1,84	2,81	3,78	0,65	0,13	0,82	51	115	8	45	29	0,9	410	37,14
202628	7411	118	63,61	14,86	4,46	7,42	2,22	2,62	1,8	0,61	0,13	0,08	47	365	20	35	55	1,3	545	34,42
202629	7411	135	61,52	15,28	6,77	0,93	6,36	2,99	0,11	0,73	0,09	0	95	185	24	45	29	0,9	490	89,99
202630	7411	170	60,09	13,79	5,53	1,01	6,73	3,98	1,01	0,74	0,1	0,07	320	230	18	39	39	0,9	680	84,13
202631	7411	186	51,72	16,53	7,08	1,14	10,51	2,67	0	0,56	0,14	0,2	345	98	2	58	44	1,7	390	92,04
202632	7411	195	61,29	17,53	3,78	0,82	4,75	4,87	0	0,64	0,08	0,16	22	32	2	30	32	0,8	120	92,15
202633	7411	200	55,36	17,02	7,7	0,93	7,87	3,45	0,12	0,6	0,1	0,14	100	200	2	35	20	1,4	300	91,51
202634	7411	225	61,77	16,11	7,69	0,77	4,4	3,01	0,31	0,55	0,03	0,36	132	430	10	33	42	1,7	280	87,28
202635	7411	240	42,44	15,01	9,59	6,05	18,92	0,28	0,13	0,53	0,07	0,66	670	1400	19	30	14	1,8	1980	75,65
202636	7411	256	44,67	17,64	16,43	0,73	4,55	3,08	2,79	0,77	0,17	6,84	1320	2500	200	83	220	4,7	660	68,43
202637	7411	259	54,76	16,22	11,32	1,66	6,3	3,37	1,7	0,59	0,16	5,24	1950	5050	195	36	114	4,5	380	74,21

ECH	TROU	PROF	SIO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	K2O	NA2O	TIO2	P	S	CU	ZN	PB	NI	CO	AG	MN	ISHIKAWA
202638	7411	263	51,42	15,09	14,83	0,8	6,68	2,92	0,53	0,59	0,19	5,13	1860	6200	65	68	155	3,4	540	87,83
202639	7411	270	54,01	15,66	11,39	1,14	5,94	2,55	0,57	0,77	0,17	1,95	2400	2500	335	47	59	3,7	540	83,24
202640	7411	273	51,78	14,72	15,68	1,47	12,79	2,97	0,49	0,49	0,17	9,67	7200	11500	1900	120	217	10,5	330	88,94
202641	7411	274	43,63	14,97	21,37	1,22	5,13	1,36	0,56	0,75	0,19	6,97	2030	1350	235	81	387	4,2	1300	78,48
202642	7411	278	52,29	14,89	13,17	2,57	8,58	1,91	0,01	0,66	0,24	0,43	1800	1350	230	94	26	2,7	2000	80,26
202643	7411	282	55,79	16,21	8,83	2,41	3,94	2,8	1,72	0,94	0,21	2,58	1850	460	42	97	49	2,7	1160	62,01
202644	7411	290	55,54	14,37	8,8	5,72	7,64	3,14	0,41	0,57	0,16	0,65	94	160	34	35	195	1,5	1300	63,75
202645	7411	325	50,65	15,64	8,52	9,85	6,64	2,18	1,94	0,55	0,1	0,54	358	135	66	150	47	1,3	1140	42,79
202646	7411	330	55,95	15,88	8,71	2,98	2,94	3,55	1,37	0,57	0,1	2,2	5700	4860	970	29	43	10,7	1600	59,87
202647	7411	332	36,44	7,11	32,82	7,71	6,83	0,29	0,61	0,19	0,09	18,63	15600	12000	740	135	950	23,8	190	46,11
202648	7411	334	46,7	9,85	20,37	5,69	4,89	0,46	0,07	0,4	0,11	11,5	13200	4350	560	115	333	17,5	635	48,15
202649	7411	336	49	15,16	11,26	4,88	11,87	1,67	1,73	0,57	0,09	0,04	29	230	46	185	50	1	1070	67,20
202650	7411	339	58,02	15,53	6,42	3,62	6,75	1,17	4,03	0,52	0,06	0	40	28	6	175	58	0,4	300	50,87
202651	7411	342	45,3	16,42	13,22	4,53	12,9	0,92	2,32	0,54	0,1	0,05	6	104	2	190	58	1,2	1060	66,86
202652	7411	350	48,32	15,58	10,67	6,73	9,89	0,86	3,25	0,57	0,1	0,04	13	74	2	170	55	1	720	51,86
203111	7	130	59,92	12,97	8,26	5,58	4,1	12,57	2,52	0,62	0,09	2,95	565	685	110	115	52	8,7	440	67,30
203112	7	135	55,46	15,31	7,98	9,21	5,73	0,44	3,01	0,54	0,1	0,34	44	50	0	180	67	1,7	670	33,55
203119	7	103	50,66	14,83	10,84	8,84	9,39	2,6	2,36	0,53	0,13	0,3	90	170	10	205	57	1,9	1140	51,70
203121	7	110	55,19	15,33	10,45	8,5	6,9	0,31	1,95	0,74	0,28	0,6	295	210	82	80	59	1,9	1190	40,83
203122	7	116	49,64	14,1	11,85	8,87	10,13	1,19	2,39	0,35	0,18	0,41	81	86	58	190	60	1,3	1160	50,13
203123	7	118	31,77	6,47	37,18	14,78	4,03	0,05	0,54	0,2	0,22	21,96	7610	26000	1200	150	2000	26,5	610	21,03
203124	7	119	55,74	15,06	7,77	13,04	6,46	0,46	1,49	0,54	0,13	1,14	275	59	96	130	67	1,5	305	32,26
203125	7	125	49,88	15,23	11,09	7,74	8,82	0,39	2,96	0,6	0,12	0,35	61	83	29	180	62	1,3	1100	46,26
203113	8	97	50,93	14,28	9,28	10,91	0,02	1,73	2,12	0,47	0,11	1,94	490	31	27	355	76	2,4	120	11,84
203114	8	100	52,34	13,93	9,45	11,36	9,11	2,7	0,13	0,52	0,13	0,08	33	18	5	175	37	0,6	275	50,69
203115	8	106	50,65	15,17	9,36	10,21	8,51	1,03	3,18	0,53	0,12	1,38	740	88	40	220	93	4,9	390	41,60
203116	8	110	42,9	10,07	14,63	13,15	5,47	0,11	0,01	0,39	0,22	7,14	22300	30000	455	35	180	27,8	220	29,78
203117	8	115	48,89	14,6	12,73	10,02	10,06	0,93	2,69	0,42	0,13	0,15	26	76	2	155	56	1,5	1170	46,37
203118	8	119	54,12	13,97	9,34	7,46	8,04	0,7	2,77	0,67	0,22	0,14	67	65	2	110	56	1,5	880	46,07
203074	13	96	32,19	6,31	39,2	10,37	0,79	0,14	1,01	0,19	0,08	27,77	770	27500	230	160	4000	5,3	200	7,55
203075	13	98	35,32	6,58	36,33	1,32	0,61	0,15	0,1	0,19	0,05	26,72	1100	99999	3550	245	200	20,5	280	34,86
203076	13	99	61,91	14,34	9,49	1,97	1,29	2,65	3,4	0,51	0,1	5,14	2300	1940	370	66	95	4	275	42,32
202671	13	125	48,68	15,5	9,28	8,65	8,17	0,48	2,86	0,51	0,1	0,03	20	79	2	105	39	0,8	575	42,91
202672	13	140	46,55	14,9	9,27	10,91	7,73	0,64	2,21	0,51	0,11	0,08	89	12	2	64	27	0,5	240	38,95
202673	13	79	48,91	16,87	6,22	7,03	2,26	3,31	3,37	0,65	0,15	2,35	150	85	29	53	41	1	445	34,88
202674	13	83	53,55	16,26	5,61	9,62	2,62	3,44	2,85	0,63	0,17	2,55	330	130	11	60	32	1,4	555	32,70
202675	13	88	68,56	13,59	4,11	5,14	2,22	1,37	1,38	0,53	0,1	2,1	255	1100	19	130	80	1,1	390	35,51
202676	13	90	58,25	13,03	11,86	3,86	1,83	2,35	1,57	0,46	0,11	6,45	2400	6700	225	84	140	3,7	490	43,50
202677	13	94	56,51	12,26	12,1	7,76	1,58	1,36	1,21	0,43	0,15	7,21	6550	4450	265	52	145	7,3	300	24,69
202678	13	173	52,57	15,28	5,79	11,06	1,14	0,52	5,23	0,65	0,19	2,98	185	1800	230	61	31	3,3	640	9,25
202679	13	185	48,02	15,28	9,76	11,38	6,99	0,19	1,26	0,42	0,12	0,26	63	29	2	62	34	1,1	325	36,23
202680	13	200	52,71	15,1	10,46	10,38	5,56	0,33	2,4	0,58	0,12	0,08	70	38	2	34	31	0,6	570	31,55

### ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUES DU GÎTE MOLÉON (Chalifour, 1997)

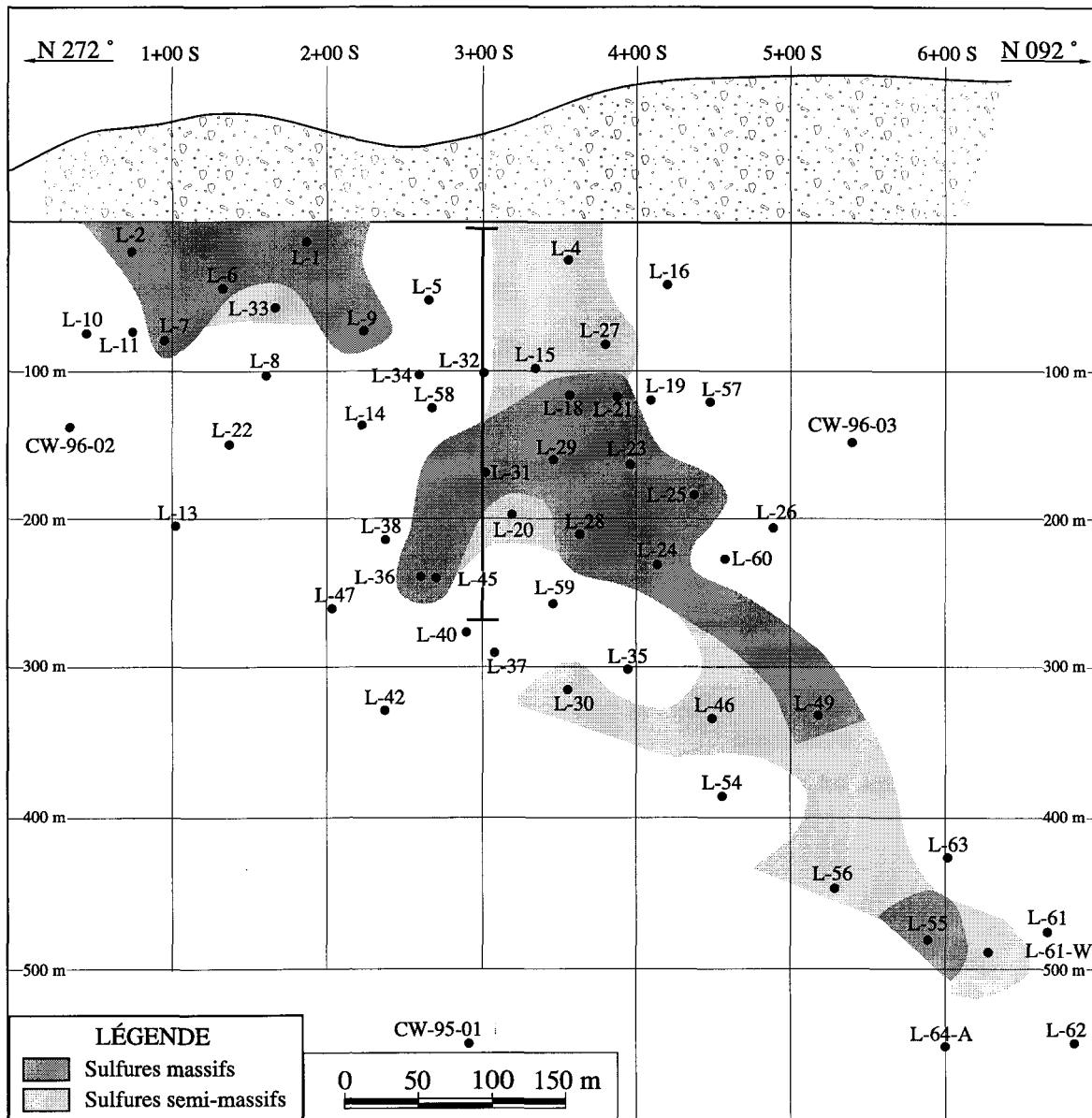
Échantillons	Forage	de (m)	à (m)	CaO%	MgO%	Na2O%	K2O%	Ishikawa
QBO1501	Mo-96-01	29,6	29,8	2,52	4,27	7,48	2,74	41,2
QBO1502	Mo-96-01	35,8	36	5,64	12,02	3,6	0,46	57,5
QBO1503	Mo-96-01	39	39,2	0,29	0,31	6,83	3,28	33,5
QBO1504	Mo-96-01	44,85	45,05	1,59	2,02	3,76	6,88	62,5
QBO1505	Mo-96-01	54	54,2	0,2	4,42	0,36	4,9	94,3
QBO1506	Mo-96-01	62,2	62,4	0,35	8,2	0,11	5,1	96,7
QBO1507	Mo-96-01	70	70,2	0,45	26,3	0,43	1,24	96,9
QBO1508	Mo-96-01	72,7	72,9	4,37	7,31	4,19	4	56,9
QBO1509	Mo-96-01	75,1	75,3	0,68	20,87	0,74	3,06	94,4
QBO1510	Mo-96-01	91	91,2	1,31	7,17	3,47	3,82	69,7
QBO1511	Mo-96-01	107,15	107,35	5,49	8,77	3,94	1,1	51,1
QBO1512	Mo-96-01	133,8	134	5,57	9,91	4,51	2,48	55,1
QBO1513	Mo-96-02	45	45,2	1,17	4,67	4,43	6,3	66,2
QBO1514	Mo-96-02	54,8	55	0,15	0,52	0,22	0,42	71,8
QBO1515	Mo-96-02	83,8	84	3,03	4,05	4,77	0,48	36,7
QBO1516	Mo-96-02	98,8	99	0,29	0,34	10,72	1,92	17,0
QBO1517	Mo-96-02	131,8	132	4,48	3,47	4,95	0,64	30,4
QBO1518	Mo-96-02	179,8	180	6,79	3,86	2,32	0,72	33,5
QBO1519	Mo-96-02	210	210,2	4,27	3,09	3,92	1,3	34,9
QBO1520	Mo-96-02	278,8	279	2,58	2,71	5,67	2,34	38,0
QBO1521	Mo-96-02	305,8	306	0,35	0,28	9,58	2,86	24,0
QBO1522	Mo-96-02	404,8	405	3,51	4,18	4,36	2,42	45,6
QBO1523	Mo-96-02	446,8	447	3,23	4,85	2,62	2,44	55,5
QBO1524	Mo-96-03	18	18,2	5,51	9,49	0,18	3,88	70,1
QBO1525	Mo-96-03	25,3	25,5	2,88	12,13	0,56	2,54	81,0
QBO1526	Mo-96-03	44,8	45	7,39	8,47	2,74	1,06	48,5
QBO1527	Mo-96-03	99	99,2	6,78	9,8	3,55	1,04	51,2
QBO1528	Mo-96-03	116	116,2	8,31	8,98	1,96	0,36	47,6
QBO1529	Mo-96-03	120,2	120,4	2,13	1,63	7,01	2,1	29,0
QBO1530	Mo-96-03	141	141,2	1,75	1,02	7,55	2,4	26,9
QBO1531	Mo-96-03	146,8	147	0,25	0,12	6,23	6,72	51,4
QBO1532	Mo-96-03	158,8	159	5,48	18,88	1,25	0,24	74,0
QBO1533	Mo-96-03	177	177,2	7,27	9,69	2,58	1,48	53,1
QBO1534	Mo-96-03	201	201,2	8,17	7,69	2,9	0,86	43,6
QBO1535	Mo-96-03	246	246,2	1,48	8,42	2,54	2,44	73,0
QBO1536	Mo-96-03	280,1	280,3	4,29	3,09	3,03	2,54	43,5
QBO1537	Mo-96-03	315	315,2	1,94	2,83	5,38	3,4	46,0
QBO1538	Mo-96-03	338,8	339	1,01	6,69	1,53	5,46	82,7
QBO1539	Mo-96-03	375	375,2	0,57	7,85	2,34	4,32	80,7

**ANALYSES LITHOGÉOCHIMIQUE DE L'INDICE P.K.**  
**(Fraser et Samson, 1994)**

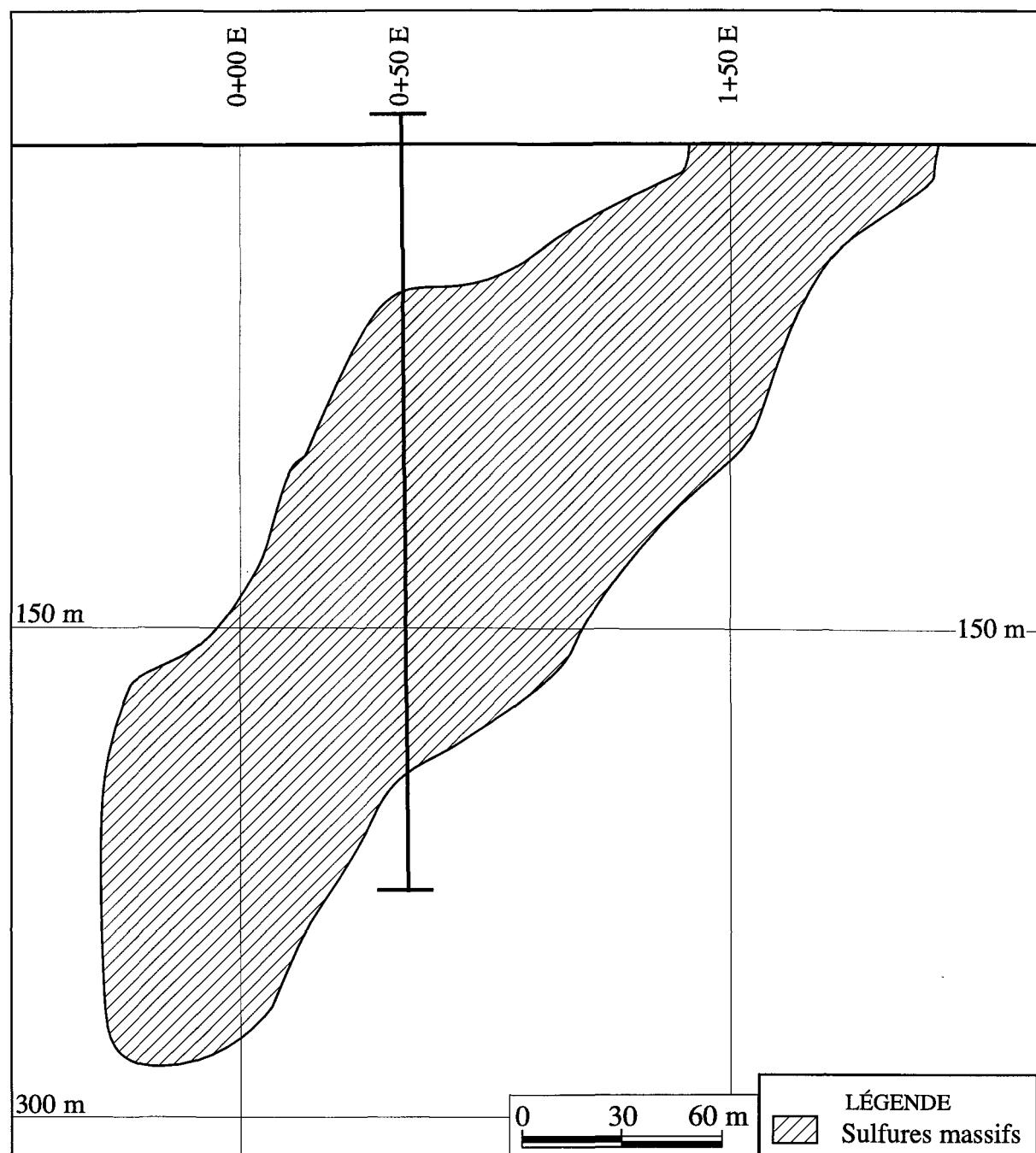
Echantillons	Forage	de (m)	à (m)	MgO (%)	K2O (%)	Na2O (%)	CaO (%)	Ishikawa	Cuivre (ppm)	Zinc (ppm)
1724	85430	7,52	8,24	9,41	0,24	1,45	11,23	43,22	50	30
1725	85430	13,16	13,9	9,34	0,22	1,29	11,77	42,26	80	30
1726	85430	15,99	16,82	8,82	0,2	1,77	9,94	43,51	60	30
1727	85430	19,1	19,8	9	0,22	1,54	9,81	44,82	65	40
1728	85430	24,65	25,33	9,93	0,12	1,64	11,05	44,20	70	35
1729	85430	27,99	28,5	9,79	0,16	1,55	10,25	45,75	120	40
1730	85430	32,32	33	9,36	0,16	1,72	10,41	43,97	80	35
1731	85430	36,3	36,88	9,85	0,19	1,47	11,41	43,80	85	30
1732	85430	41,48	42	10,58	0,36	2,04	9,97	47,67	50	40
1733	85430	45,62	46,22	10,47	0,13	1,36	11,91	44,41	120	25
1734	85430	51	51,7	10,23	0,09	1,06	11,98	44,18	85	30
1735	85430	56,74	57,13	10,65	0,12	1,37	11,58	45,40	95	30
1736	85430	60	60,5	9,25	0,12	1,56	9,16	46,64	60	45
1737	85430	64,44	65,02	11,11	0,09	1,47	11,41	46,51	100	30
1738	85430	69,81	70,62	9,52	0,17	1,48	13,39	39,45	115	25
1739	85430	74,33	75	9,07	0,15	1,69	10,17	43,74	75	25
1740	85430	79,91	80,45	11,2	0,3	1,31	10,49	49,36	70	30
1741	85430	84,27	84,96	9,55	0,16	1,57	11,71	42,24	80	25
1742	85430	87,12	87,77	8,41	0,35	1,79	11,03	40,59	115	30
1743	85430	91,48	92,14	8,61	0,18	1,68	11,12	40,71	85	25
1744	85430	96	96,62	10,7	0,13	2,02	10,42	46,54	60	30
1745	85430	99,39	100	17,22	0,01	0,21	9,07	64,99	105	60
1746	85430	105	105,77	12,02	0,31	1,41	11,16	49,52	110	25
1747	85430	109	109,67	8,43	0,6	0,79	11,1	43,16	45	55
1748	85430	130,06	130,65	4,31	2,73	1,19	1,98	68,95	1205	80
1749	85430	135,53	136,1	11,01	0,24	1,03	19,14	35,81	70	30
1750	85430	138	138,85	5,28	1,75	1,23	6,43	47,86	70	130
1751	85430	142,64	143,67	3,88	2	1,31	3,96	52,74	60	125
1752	85430	146,27	150	10,8	1,09	0,76	12,28	47,69	25	45
1753	85430	156,13	156,96	17,37	0,53	0,61	9,89	63,03	10	35
1754	85430	160,78	161,46	6,42	1,38	2,88	3,94	53,35	100	145
1755	85430	162,78	163,5	13,44	0,58	1,1	8,73	58,78	130	205
1756	85430	190,5	191,22	12,23	0,18	1,53	12,23	47,42	80	30
1757	85430	192,74	193,58	11,5	0,4	1,57	11,5	47,66	80	30
1758	85430	202,05	203,08	2,86	2,9	1,19	1,79	65,90	35	105
1759	85430	213,93	214,76	8,84	0,18	1,58	9,14	45,69	195	120
1760	85430	218,02	218,95	9,21	0,22	1,31	11,16	43,06	170	60
1761	85430	222,66	223,21	8,32	0,17	1,2	12,95	37,50	65	25
1762	85430	228,22	229,32	2,97	1,76	2,18	6,56	35,12	80	125
1763	85430	234	235,14	1,82	1,68	2,79	5,06	30,84	40	100
1764	85430	238,1	239,24	2,23	1,09	2,83	6,89	25,46	82	195
1765	85430	248,29	249,15	5,66	0,2	2,59	7,37	37,04	50	60
1766	85430	254,13	255,16	7,1	0,13	0,98	13,76	32,91	60	25
1767	85430	259,97	261	9,24	0,23	1,35	12,76	40,16	30	40
1768	85430	263,4	264,28	5,25	0,62	2,39	7,22	37,92	95	70
1769	85430	267,21	268,09	5,66	0,2	2,57	5,94	40,78	60	55
1770	85430	272	273	6,08	0,42	0,95	11,17	34,91	90	85
1462	85420	10,39	11,28	12,02	0,59	1,18	11,06	50,74	42	33
1465	85420	38,71	39,19	17,54	0,19	0,31	8,59	66,58	262	125
1466	85420	40,64	41,76	5,67	1,64	2,71	1,61	62,85	399	941
1467	85420	46,79	48,32	9,27	0,65	1,75	9,52	46,81	127	49
1401	85412	5,14	25,13	10,55	0,71	1,57	9,68	50,02	109	51
1402	85412	29,41	33,98	9,85	0,82	1,68	11,09	45,52	69	22
1403	85412	35,44	38,38	13,49	0,68	1,05	9,72	56,82	83	27
1404	85412	46,98	47,3	12,42	1,13	0,96	10,08	55,10	116	41
1405	85412	47,91	50,39	13,35	1	1,09	9,2	58,24	5	37
1406	85412	52,22	55,39	11,22	0,75	1,67	9,97	50,70	30	31
1407	85412	60,04	60,83	4,34	0,67	2,77	8,54	30,70	96	51
1408	85412	80,11	80,87	15,01	0,93	0,6	8,07	64,77	33	60
1409	85412	94,08	96,15	9,93	0,56	2,06	8,76	49,23	85	37
1410	85412	107,14	107,73	9,58	0,56	2,3	9,45	46,32	129	33
1411	85412	110,96	119,52	8,87	0,67	1,4	10,83	43,82	146	45
1412	85412	131,57	137,32	1,64	1,89	3,73	3,11	34,04	36	60
1413	85412	165,54	177,48	9,33	0,75	1,49	10,66	45,34	60	21
1414	85412	184,57	193,02	9,67	0,51	0,51	10,72	47,55	58	17
1415	85412	194,63	202,52	781	0,54	1,95	10,44	98,44	85	23

ANNEXE 4

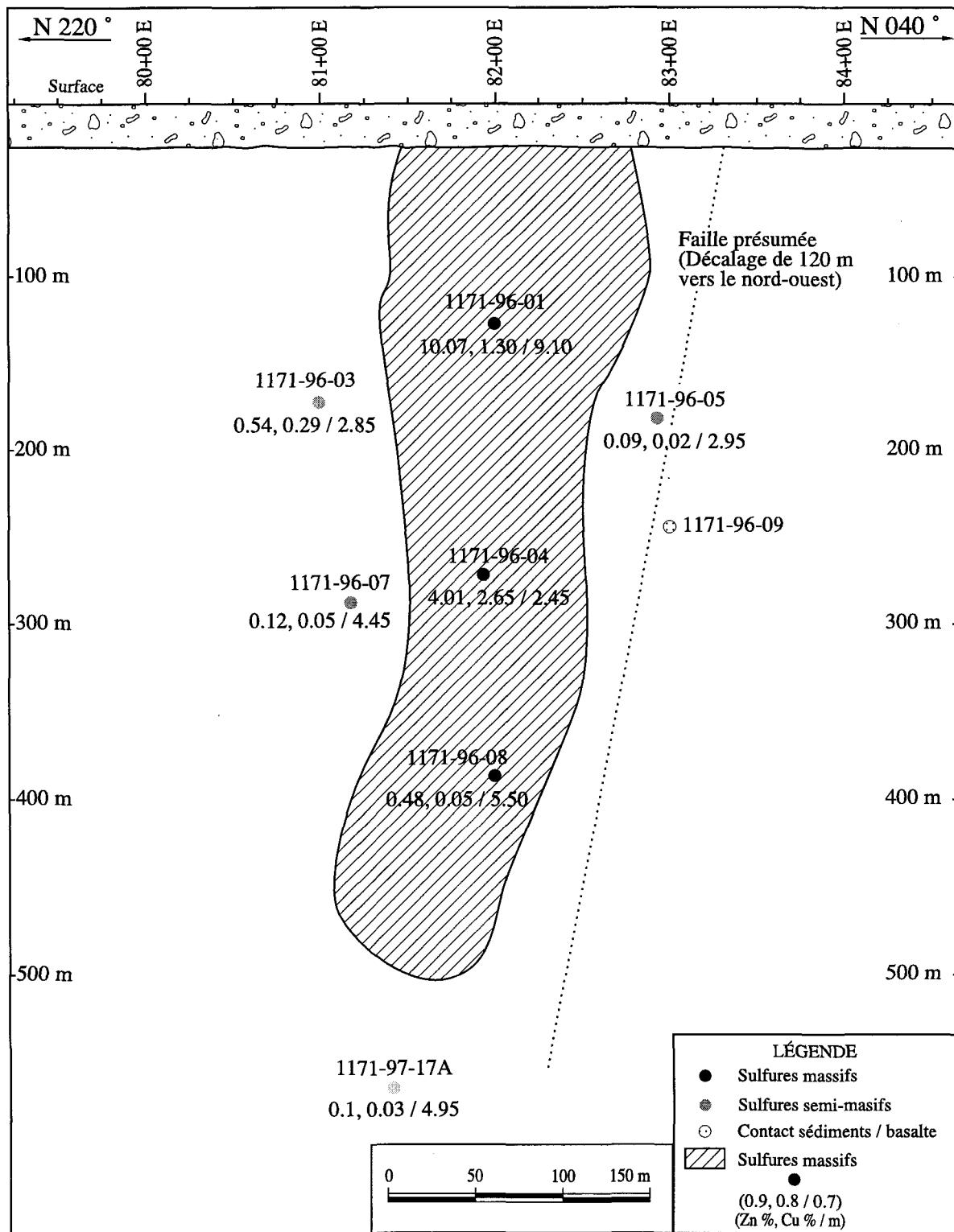
SECTIONS LONGITUDINALES DES GÎTES



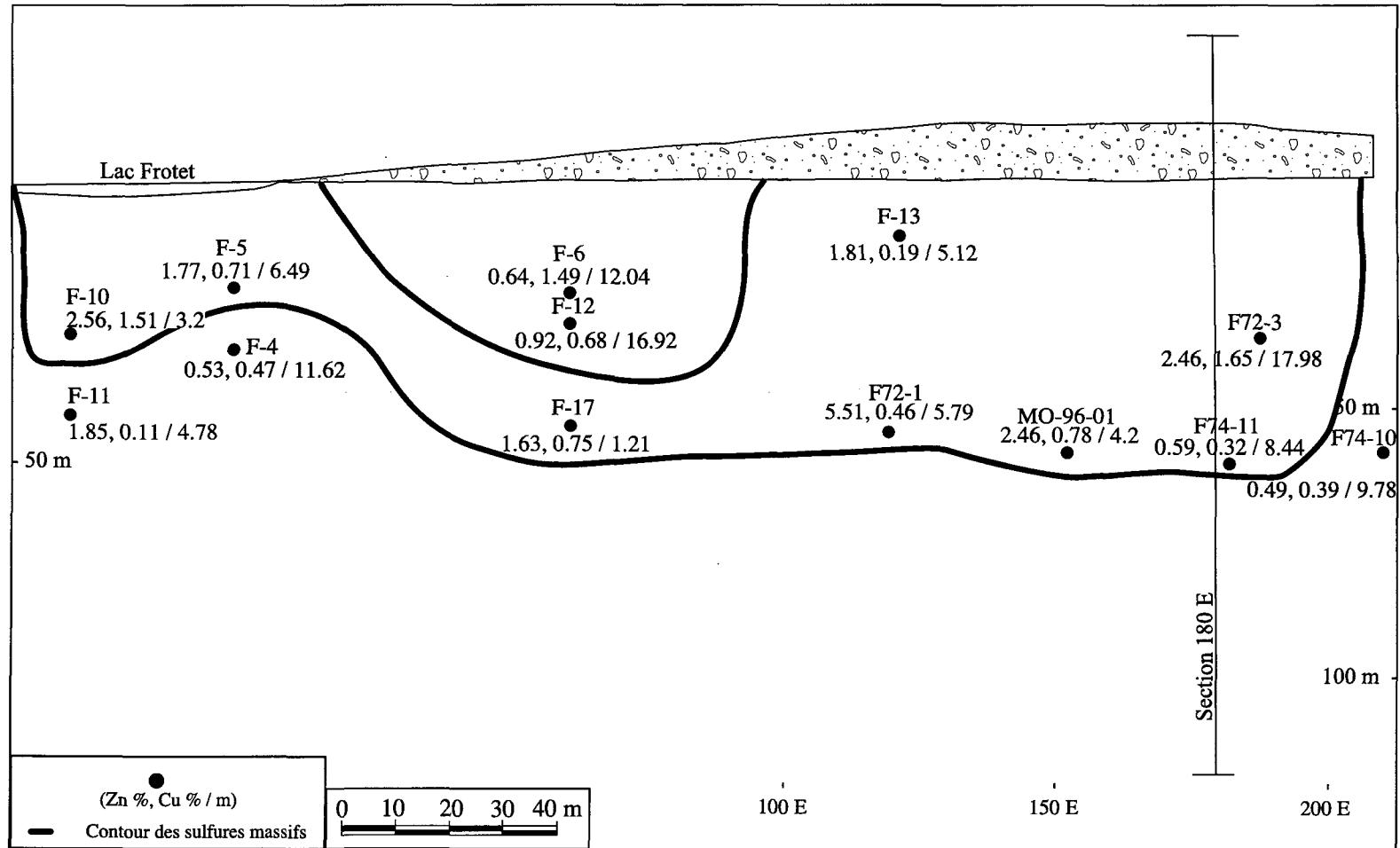
Section longitudinale avec vue vers l'est du gîte Lessard. (Modifié de Parent et Vermette, 1997).

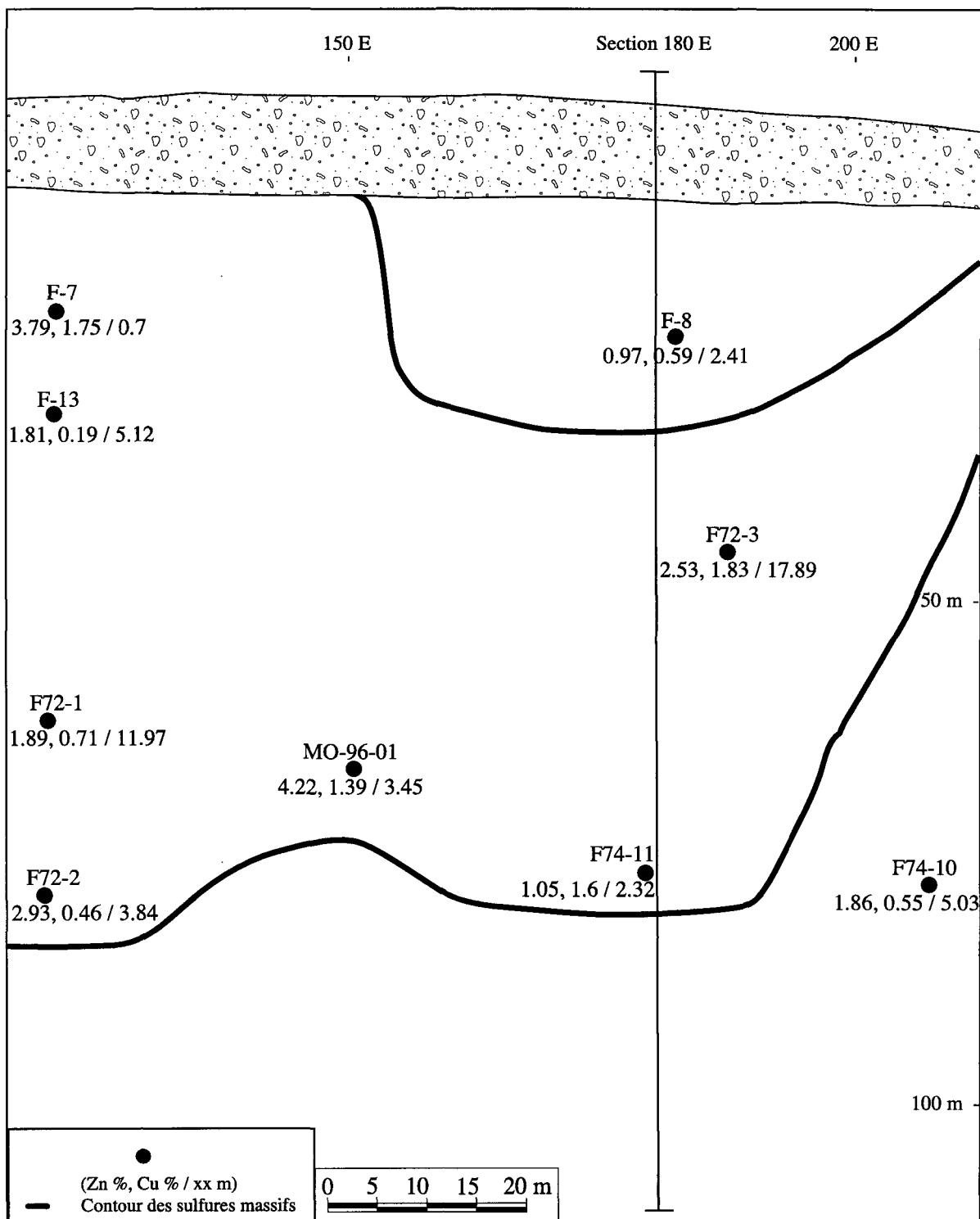


Section longitudinale avec vue vers le nord du gîte Tortigny.  
(Modifié de Dessureault et Trépanier, 1998)

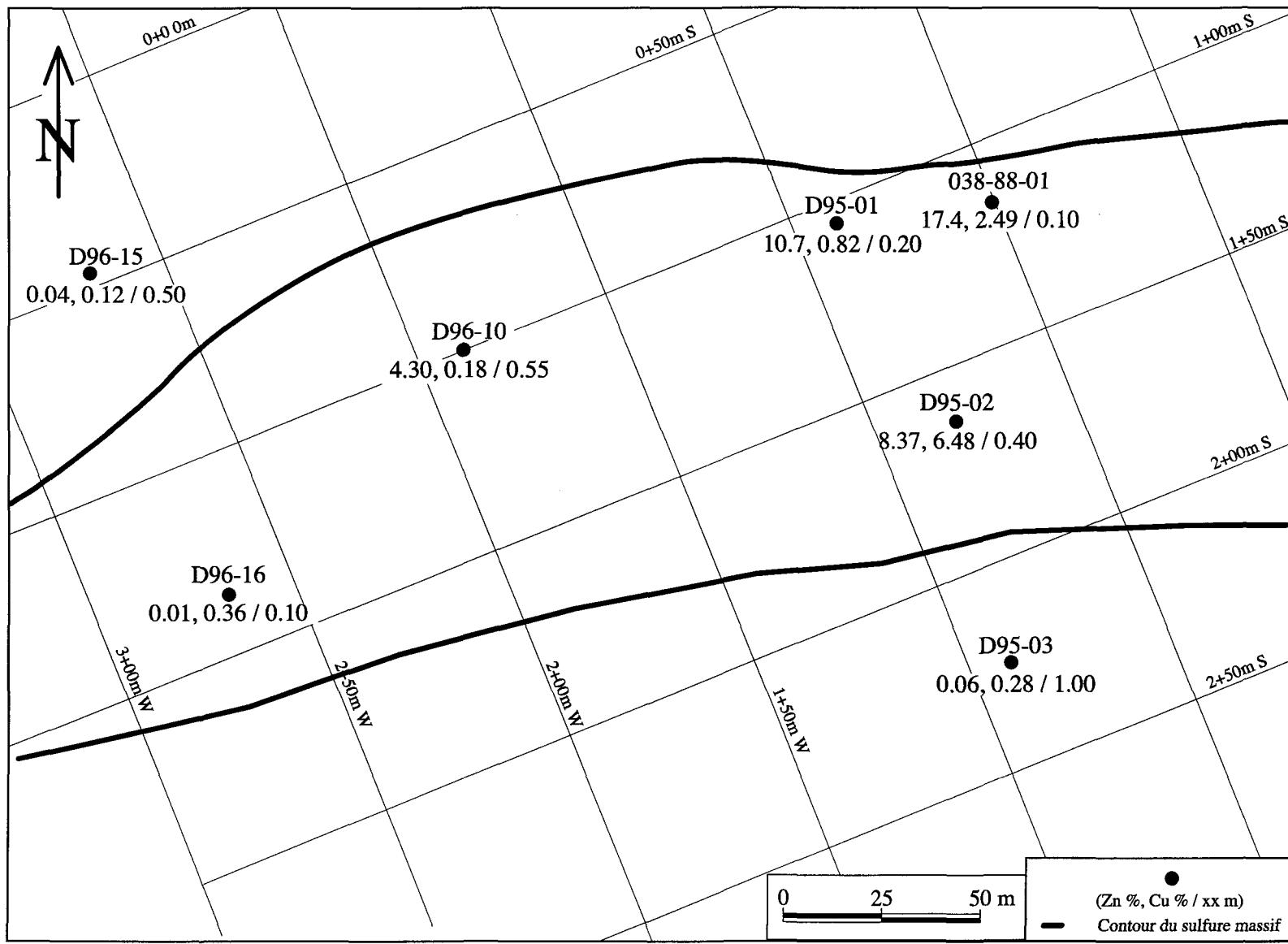


Section longitudinale du gîte De Maurès avec vue vers le nord (Modifié de Bellavance 1997).





Section longitudinale avec vue vers le nord de la zone sud du gîte Moléon.  
(Modifié de Chabot, 1997)



Vue de plan longitudinale de l'amas supérieur du gîte Domergue. (Modifié de Bellavance et Pouliot, 1997).