

UNIVERSITE DE MONTREAL

LE VOLCANISME ARCHEEN ET LA GEOLOGIE  
STRUCTURALE DE LA REGION DE CLERICY,  
ABITIBI, QUEBEC

PAR

PIERRE TRUDEL

PROGRAMME DE GENIE GEOLOGIQUE

DEPARTEMENT DE GENIE MINERAL

ECOLE POLYTECHNIQUE

THESE PRESENTEE EN VUE DE L'OBTENTION  
DU GRADE DE DOCTEUR ES SCIENCES APPLIQUEES (D.Sc.A.)  
(GENIE GEOLOGIQUE)

Octobre 1979



**Cégep** de l'Abitibi-Témiscamingue  
**Université** du Québec en Abitibi-Témiscamingue

### **Mise en garde**

La bibliothèque du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue et de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue a obtenu l'autorisation de l'auteur de ce document afin de diffuser, dans un but non lucratif, une copie de son œuvre dans Depositum, site d'archives numériques, gratuit et accessible à tous.

L'auteur conserve néanmoins ses droits de propriété intellectuelle, dont son droit d'auteur, sur cette œuvre. Il est donc interdit de reproduire ou de publier en totalité ou en partie ce document sans l'autorisation de l'auteur.

## RESUME

La région étudiée fait partie de la ceinture volcanique Abitibi, d'âge Archéen (2,300 à 2,750 M.A.). Elle consiste en une bande de roches volcaniques d'environ 20 km de longueur par 10 km de largeur appartenant au Groupe de Blake River, et couvrant une partie des cantons Destor, Dufresnoy, Cléricy et Joannès, comtés d'Abitibi et de Témiscamingue. Les principales conclusions atteintes au cours de cette étude sont les suivantes:

- Stratigraphie: le Groupe de Blake River (roches volcaniques) semble surmonter le Groupe de Kewagama (roches sédimentaires détritiques) de façon concordante. Le Groupe de Blake River est lui-même subdivisé, à partir des analyses des éléments majeurs, des éléments traces et des éléments des terres rares, en une partie basale d'affinité tholéitique (la série tholéitique Dufresnoy) et une partie supérieure d'affinité calco-alcaline (la série calco-alcaline Renault).
- Structure: les roches de la région ont été affectées par deux phases principales de plissement. Les plis de la première phase sont déversés et orientés nord-ouest-sud-est. Les plis de la deuxième phase sont droits et orientés est-ouest; ils forment avec la première phase de plissement un motif d'interférence de type "croissant", et confèrent à l'ensemble de la région un grain tectonique dominant de direction est-ouest.
- Pétrographie: le Groupe de Blake River est constitué essentiellement de roches volcaniques; les laves mafiques et les rhyolites sont très abondantes, alors que les laves de composition intermédiaire sont rares.

Toutes ces roches ont été mises en place dans un milieu sous-marin dont la profondeur variait entre 700 et 2,500 m, d'après l'étude de la vésicularité des laves mafiques à coussinets.

- Métamorphisme: le degré de métamorphisme régional est assez faible, passant du faciès prehnite-pumpellyite à l'ouest, au faciès des schistes verts, zone de la chlorite, à l'est. L'étude pétrographique, de même que les analyses à la microsonde électronique, suggèrent que les assemblages minéralogiques observés ont atteint un état d'équilibre chimique.
- Pétrogenèse: au point de vue génétique, les roches volcaniques du Groupe de Blake River peuvent avoir leur origine dans un environnement tectonique comparable à celui des îles en arc modernes. La série tholéiitique Dufresnoy proviendrait de la fusion partielle d'une lherzolite à grenat, tandis que la série calco-alkaline Reneault serait formée à plus grande profondeur, par suite de la fusion partielle d'une éclogite. Ces modèles sont compatibles avec les concentrations des éléments des terres rares observées dans les roches de ces deux séries.
- Géologie économique: deux zones d'anomalies géochimiques ont été définies dans la région étudiée, la plus importante étant située dans le cœur du synclinal de Cléricy. Dans ces zones, les roches volcaniques montrent le patron d'altération typique observé en périphérie des gisements volcanogènes: enrichissement en fer et en magnésium, et appauvrissement en calcium et en sodium. Ces deux zones d'anomalies géochimiques représentent des cibles potentielles pour la recherche de gisements de métaux de base dans la région de Cléricy.

## ABSTRACT

The study area represents a part of the Abitibi volcanic belt, of Archean age (2,300 to 2,750 M.Y). It consists of a strip of volcanic rocks about 20 km long and 10 km wide, belonging to the Blake River Group, and covering parts of Destor, Dufresnoy, Cléricy and Joannès Townships (Abitibi and Témiscamingue Counties, Province of Quebec). The principal conclusions reached by this study are the following:

- Stratigraphy: the Blake River Group (volcanic rocks) seems to overlie conformably the Kewagama Group (clastic sedimentary rocks). The Blake River Group itself is subdivided, on the basis of major, trace and rare earth elements, into a basal part of tholeiitic affinity (the Dufresnoy tholeiitic suite) and an upper part of calc-alkaline affinity (the Renault calc-alkaline suite).
- Structure: all the rocks underlying the study area have been affected by two major phases of folding. The first set of fold is overturned and oriented north-west-south-east. The second set is upright and oriented east-west; it is superimposed on the first set, forming an interference pattern having the shape of a crescent, and it is responsible for the overall east-west tectonic grain of the area.
- Petrography: the Blake River Group consists essentially of volcanic rocks; rhyolites and mafic lavas are abundant, while lavas of intermediate composition are rare. Pillow lava vesicularity shows that all these rocks have been emplaced in a sub-marine environment, at a depth of 700 to 2,500 m.
- Metamorphism: the regional metamorphic grade of the area is relatively

low, ranging from prehnite-pumpellyite facies in the western part to greenschist facies (chlorite zone) in the eastern part. Petrographic studies and electron microprobe analysis suggest that the mineral assemblages have reached a state of chemical equilibrium.

- Petrogenesis: genetically, the volcanic rocks of the Blake River Group may have originated in a tectonic environment similar to modern-day island arc systems. The Dufresnoy tholeiitic suite would represent the product of partial melting of a garnet lherzolite source, while the Reneault calc-alkaline suite may be produced by partial melting of an eclogite, at greater depth. These models are compatible with the rare earth element concentrations observed in the rocks of these two suites.
- Economic Geology: two zones of geochemical anomalies have been outlined in the study area, the most important of these being located in the core of the Cléricy syncline. Within these zones, the volcanic rocks exhibit an alteration pattern typical of those observed around volcanogenic sulphide deposits: iron and magnesium are enriched, while calcium and sodium are depleted. These two zones of geochemical anomalies represent potential targets in the exploration for base metal deposits in the Cléricy area.

## REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier mon directeur de thèse, le professeur Léopold Gélinas; ses judicieux conseils et son aide scientifique m'ont été d'une grande utilité dans l'élaboration de ce travail. Les octrois accordés à l'équipe de recherche de M. Gélinas par le Ministère de l'Éducation du Québec (CRP 293-72), le Conseil National de Recherche (CNR A 9153) et le Ministère des Mines, de l'Énergie et des Ressources (CR 350-75) m'ont également permis d'obtenir le support financier nécessaire à la poursuite de mes travaux.

Je tiens également à remercier le Ministère des Richesses Naturelles du Québec, et en particulier M. André F. Laurin, le directeur des services géologiques, pour avoir supporté financièrement pendant trois étés une équipe géologique, en plus de lui fournir toute l'assistance technique nécessaire.

Mes remerciements au professeur Erich Dimroth, de l'Université du Québec à Chicoutimi, qui m'a proposé ce projet de recherche et qui m'a initié à la géologie de la région de Cléricky.

En plus du professeur Gélinas, qui a coordonné les travaux de recherche, mes remerciements s'adressent également à plusieurs professeurs des départements de Géologie de l'Université de Montréal et de Génie minéral de l'École Polytechnique, qui ont apporté leur contribution dans les domaines suivants: M. Claude Hubert pour l'interprétation structurale, M. John Ludden pour la géochimie, MM. Gaston Pouliot et Guy Valiquette pour la pétrographie, et M. Jean Lajoie pour l'étude des roches pyroclastiques.

Cette thèse n'aurait pas été rendue possible sans la contribution de toute une équipe, subventionnée par les fonds de recherche mentionnés plus haut, et dont je tiens à remercier chaleureusement chacun des membres:

- Mme Mona Kerba-Kachaami, et MM. Victor Kubat, Jean-Luc Bastien et Christian Dallaire pour le soin apporté dans l'exécution des analyses chimiques,
- M. Guy Daoust pour la mise au point des programmes pétrologiques permettant de tracer les diagrammes qui apparaissent dans le chapitre sur la géochimie,
- MM. Gaston Gélinas et Louis Evrard pour la préparation des lames minces et des sections polies,
- M. Philippe Albert pour le développement et l'impression des photographies,
- Le professeur Walter Trzcienski et M. Paul Samson pour l'aide apportée dans les analyses à la microsonde électronique,
- Mme Lucette De Gagné pour son assistance dans la réalisation des diffractogrammes sur les poudres de roches,
- M. Marc Gélinas pour la préparation des échantillons pour fins d'analyse chimique,
- M. André Lacombe pour l'exécution des cartes, figures et tableaux accompagnant cet ouvrage,
- Mlle Christiane St-Pierre pour son excellent travail de dactylographie,
- Mlle Kateri Guertin, et MM. André Duquette, Georges Caraghiaur et Georges Verly pour leur contribution, sous forme de projets de fin d'études, à la connaissance de la géologie de la région de Cléricky:

leurs travaux ont été un véritable stimulant dans la poursuite de cette thèse.

- Mes assistants au cours des trois saisons passées sur le terrain: MM. Gaétan Boulanger (1974), Raymond Gaulin (1975) et Yvon Pigeon (1976). Ils ont tous trois été des élèves intéressés et d'excellents travailleurs.
- Finalement, mes compagnons aux grades supérieurs, et en particulier M. Jacques Carignan, pour l'esprit de camaraderie qui a régné entre nous, et pour les nombreuses discussions stimulantes que nous avons eues.

## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
RESUME . . . . .	iii
ABSTRACT . . . . .	v
REMERCIEMENTS . . . . .	vii
LISTE DES FIGURES . . . . .	xvii
LISTE DES TABLEAUX . . . . .	xxii
CHAPITRE I: INTRODUCTION . . . . .	1
I.1 - Contexte géologique général . . . . .	1
I.2 - Contexte géologique régional . . . . .	3
I.3 - Buts proposés . . . . .	6
CHAPITRE II: STRATIGRAPHIE . . . . .	7
II.1 - Principes de stratigraphie . . . . .	7
II.1.1 - Généralités . . . . .	7
II.1.2 - Les laves mafiques . . . . .	7
II.1.3 - Les rhyolites . . . . .	9
II.1.4 - Les roches pyroclastiques . . . . .	11
II.2 - De l'emploi du terme "formation" ou "série" dans l'étude de la stratigraphie des empilements volcaniques . . . . .	11
II.3 - Le problème de la relation Kewagama-Blake River . . . . .	12
CHAPITRE III: GEOLOGIE STRUCTURALE . . . . .	15
III.1 - Introduction . . . . .	15
III.2 - Analyse structurale . . . . .	16
III.2.1 - Subdivision de la région en domaines et en sous-domaines structuraux . . . . .	16
III.2.2 - Les surfaces $S_0$ . . . . .	18

	<u>Page</u>
III.2.3 - Les éléments structuraux associés à la déformation $D_1$ . . . . .	20
III.2.3.1 - Les surfaces $S_1$ . . . . .	20
III.2.3.2 - Les linéations $L_1^0$ . . . . .	21
III.2.4 - Les éléments structuraux associés à la déformation $D_2$ . . . . .	25
III.2.4.1 - Les surfaces $S_2$ . . . . .	25
III.2.4.2 - Les linéations $L_2^0$ . . . . .	27
III.2.4.3 - Les linéations $L_2^1$ . . . . .	30
III.2.5 - Les éléments structuraux associés à la déformation $D_3$ . . . . .	30
III.2.5.1 - Les surfaces $S_3$ . . . . .	30
III.2.5.2 - Les linéations $L_3^0$ . . . . .	33
III.2.5.3 - Les linéations $L_3^1$ . . . . .	35
III.2.5.4 - Les linéations $L_3^2$ . . . . .	35
III.2.6 - Les éléments structuraux associés à la déformation $D_4$ . . . . .	35
III.2.6.1 - Les surfaces $D_4$ . . . . .	39
III.3 - Les plis majeurs . . . . .	39
III.3.1 - Le synclinal de Cléricy . . . . .	39
III.3.2 - L'anticlinal synforme Dufresnoy . . . . .	42
III.3.3 - Le synclinal et l'anticlinal du lac Dalembert . . . . .	42
III.4 - Les failles majeures . . . . .	43
III.5 - Les failles mineures . . . . .	45
III.6 - Les dykes . . . . .	45
III.7 - Les paléodirections . . . . .	45
III.8 - Modèle tectonique global . . . . .	49

	<u>Page</u>
III.9 - Conclusions de l'étude structurale . . . . .	55
CHAPITRE IV: PETROGRAPHIE . . . . .	56
IV.1 - Introduction . . . . .	56
IV.2 - Les rhyolites . . . . .	56
IV.2.1 - Aspect sur le terrain . . . . .	56
IV.2.2 - Aspect en lame mince . . . . .	60
IV.3 - Les laves mafiques . . . . .	64
IV.3.1 - Aspect sur le terrain . . . . .	65
IV.3.2 - Aspect en lame mince . . . . .	68
IV.3.3 - Vésicularité des laves mafiques à coussinets . . . . .	76
IV.4 - Les laves variolaires . . . . .	77
IV.4.1 - Aspect sur le terrain . . . . .	77
IV.4.2 - Aspect en lame mince . . . . .	79
IV.5 - Les roches pyroclastiques de composition intermédiaire . . . . .	80
IV.5.1 - Aspect sur le terrain . . . . .	80
IV.5.2 - Aspect en lame mince . . . . .	85
IV.6 - Les roches sédimentaires . . . . .	85
IV.6.1 - Aspect sur le terrain . . . . .	85
IV.6.2 - Aspect en lame mince . . . . .	86
IV.7 - Les roches intrusives . . . . .	86
IV.7.1 - Les gabbros et diorites . . . . .	86
IV.7.2 - Les porphyres feldspathiques et quartzo- feldspathiques . . . . .	87
IV.7.3 - Le filon-couche de Cléricky . . . . .	88
IV.7.3.1 - Relations de terrain . . . . .	88

	<u>Page</u>
IV.7.3.2 - Aspect en lame mince . . . . .	90
IV.7.4 - La syénite de Clérisy . . . . .	91
IV.7.5 - La diabase récente . . . . .	93
IV.8 - Conclusions de l'étude pétrographique . . . . .	93
CHAPITRE V: METAMORPHISME . . . . .	96
V.1 - Généralités . . . . .	96
V.2 - Les laves mafiques . . . . .	99
V.2.1 - Assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques . . . . .	99
V.2.2 - Analyses à la microsonde électronique des assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques . . . . .	106
V.2.2.1 - Méthode d'analyse . . . . .	107
V.2.2.2 - Résultats . . . . .	108
V.2.2.3 - Discussion . . . . .	108
V.3 - Les gabbros et les diorites . . . . .	124
V.4 - Les rhyolites . . . . .	128
V.5 - Les roches intrusives autres que les gabbros et les diorites . . . . .	129
V.6 - Conclusions de l'étude métamorphique . . . . .	129
CHAPITRE VI: ALTERATION DES LAVES MAFIQUES . . . . .	131
VI.1 - Introduction . . . . .	131
VI.2 - Discussion . . . . .	131
CHAPITRE VII: GEOCHIMIE . . . . .	143
VII.1 - Introduction . . . . .	143
VII.2 - Nomenclature utilisée . . . . .	143
VII.3 - Caractère subalcalin des roches volcaniques de la région de Clérisy . . . . .	146

	<u>Page</u>
VII.4 - Critères permettant de distinguer une série d'affinité tholéïitique et une autre d'affinité calco-alcaline à l'intérieur de la région étudiée .	149
VII.4.1 - Etude des éléments majeurs . . . . .	149
VII.4.1.1 - Le diagramme AFM . . . . .	149
VII.4.1.2 - Les diagrammes SiO <sub>2</sub> vs FeO*/MgO et FeO* vs FeO*/MgO . . . . .	153
VII.4.2 - Etude des éléments traces et des éléments des terres rares . . . . .	156
VII.4.2.1 - Introduction . . . . .	156
VII.4.2.2 - Etude des éléments mineurs et en traces .	160
VII.4.2.3 - Les diagrammes de Pearce et Cann (1973) .	160
VII.4.2.4 - Effet de l'altération sur la mobilité des éléments Ti, Zr, Y et Sr . . . . .	167
VII.4.2.5 - Discussion des diagrammes de Pearce et Cann (1973) . . . . .	169
VII.4.2.6 - Le diagramme de variation Sr-K-Rb-Ba . . .	170
VII.4.2.7 - Etude des éléments des terres rares . . .	171
VII.4.2.8 - Effet de l'altération sur la mobilité des éléments des terres rares . .	175
VII.4.2.9 - Distinction entre la série tholéïitique et la série calco-alcaline basée sur les éléments des terres rares . . . . .	176
VII.4.2.10 - Conclusion et implications chemo-stratigraphiques . . . . .	179
VII.5 - Modèle génétique global pour les roches volcaniques de la ceinture Abitibi dans la région de Rouyn-Noranda . . . . .	182
VII.5.1 - Introduction . . . . .	183
VII.5.2 - Fusion fractionnée (non-modale) . . . . .	184
VII.5.3 - Fusion d'équilibre (non-modale) . . . . .	185

	<u>Page</u>
VII.5.4 - Contexte géologique régional . . . . .	186
VII.5.5 - Origine de la série tholéitique Deguisier . .	187
VII.5.6 - Origine de la série tholéitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Reneault . . . . .	191
VII.5.7 - Modèle génétique global et discussion . . . . .	191
VII.6 - Le filon-couche de Cléricy . . . . .	199
VII.7 - Conclusions de l'étude géochimique . . . . .	201
CHAPITRE VIII: GEOLOGIE ECONOMIQUE . . . . .	203
VIII.1 - Introduction . . . . .	203
VIII.2 - Description des principales occurrences de minéralisation métallifère dans la région de Cléricy . . . . .	204
VIII.3 - Altération reliée à la minéralisation . . . . .	204
VIII.4 - Discussion des diagrammes de Descarreaux (1973) . .	208
VIII.4.1 - Le diagramme ( $Fe_2O_3 + FeO$ ) vs $SiO_2$ . . . . .	208
VIII.4.2 - Le diagramme $MgO$ vs $SiO_2$ . . . . .	208
VIII.4.3 - Le diagramme $CaO$ vs $SiO_2$ . . . . .	208
VIII.4.4 - Le diagramme $Na_2O$ vs $SiO_2$ . . . . .	211
VIII.4.5 - Le diagramme $K_2O$ vs $SiO_2$ . . . . .	211
VIII.4.6 - Discussion . . . . .	215
VIII.4.7 - Définition de zones d'anomalies géochimiques .	217
VIII.5 - Etude des lames minces . . . . .	218
VIII.6 - Etude des sections polies . . . . .	218
VIII.7 - Considérations génétiques . . . . .	220
VIII.8 - Conclusions sur la géologie économique . . . . .	221

	<u>Page</u>
CHAPITRE IX: CONTRIBUTIONS ORIGINALES . . . . .	223
BIBLIOGRAPHIE . . . . .	225
ANNEXE I: LISTE DES ANALYSES CHIMIQUES . . . . .	244
ANNEXE II: METHODES D'ANALYSE CHIMIQUE UTILISEES ET LIMITES DE PRECISION DES MESURES . . . . .	293
ANNEXE III: DESCRIPTION DES PRINCIPALES OCCURRENCES DE MINERALISATION METALLIFERE DANS LA REGION DE CLERICY . . . . .	297

## LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
FIGURE 1 : Localisation du Bouclier Canadien, de la province du Supérieur, de la sous-province de la ceinture Abitibi et de la région étudiée (d'après Stockwell, 1970) . . . . .	2
FIGURE 2 : Limites de la région étudiée . . . . .	4
FIGURE 3 : Stratigraphie du Supergroupe d'Abitibi dans la région de Rouyn-Val d'Or (d'après Dimroth <u>et al.</u> , 1975A) . . . . .	8
FIGURE 4 : Compilation des points maximums des pôles des surfaces $S_0$ obtenus pour chaque sous-domaine . . .	19
FIGURE 5 : Compilation des points maximums des pôles des surfaces $S_1$ obtenus pour chaque sous-domaine . . .	22
FIGURE 6 : Compilation des linéations $L_1^0$ pour les sous-domaines A-1 à A-36 . . . . .	23
FIGURE 7 : Compilation des linéations $L_1^0$ pour les sous-domaines B-1 à B-9 . . . . .	24
FIGURE 8 : Compilation des pôles des surfaces $S_2$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	26
FIGURE 9 : Analyse détaillée d'un pli de type $P_2^0$ ; canton Cléricy, rangs IV et V, lots 1 à 10 . . . . .	28
FIGURE 10: Analyse détaillée d'un pli de type $P_2^0$ ; canton Cléricy, rangs I à III, lots 20 à 32 . . . . .	29
FIGURE 11: Compilation des linéations $L_2^1$ et $L_2^0$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	31
FIGURE 12: Compilation des pôles des surfaces $S_3$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	32
FIGURE 13: Compilation des pôles des surfaces $S_2$ , $S_1$ et $S_0$ pour les sous-domaines A-1 à A-19 . . . . .	34
FIGURE 14: Compilation des linéations $L_3^0$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	36
FIGURE 15: Compilation des linéations $L_3^1$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	37

	<u>Page</u>
FIGURE 16: Compilation des linéations $L_3^2$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	38
FIGURE 17: Compilation des pôles des surfaces $S_4$ pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	40
FIGURE 18: Compilation des pôles des failles de décrochement dextres pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	46
FIGURE 19: Compilation des pôles des failles de décrochement sénestres pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	47
FIGURE 20: Compilation des pôles des dykes pour l'ensemble de la région étudiée . . . . .	48
FIGURE 21: Déformation $D_1$ : pli orienté nord-sud et déversé vers l'ouest, à faible plongée . . . . .	51
FIGURE 22: Déformation $D_2$ : pli droit ouvert d'orientation presque-ouest, plongeant vers l'ouest . . . . .	51
FIGURE 23: Déformation $D_3$ : pli en "Z" très ouvert dans les surfaces $S_0$ , $S_1$ et $S_2$ , plongeant abruptement vers le sud . . . . .	53
FIGURE 24: Coupe structurale A-B . . . . .	54
FIGURE 25A: Lits amalgamés dans la brèche rhyolitique . . . . .	59
FIGURE 25B: Niveau de brèche rhyolitique surmonté de tuf bien stratifié montrant un granoclasement normal . . . . .	59
FIGURE 25C: Orientation préférentielle des fragments dans la brèche rhyolitique . . . . .	59
FIGURE 26A: Matrice de la brèche rhyolitique composée de petits fragments très anguleux . . . . .	61
FIGURE 26B: Ponces dans la matrice d'une brèche rhyolitique . . . . .	61
FIGURE 26C: Brèche à coussins brisés . . . . .	61
FIGURE 27: Section mesurée dans les laves mafiques, canton Dufresnoy, rang IX, lot 21 . . . . .	67
FIGURE 28A: Cristaux squelettiques d'olivine pseudomorphosés par de la chlorite; sections longitudinale et transversale . . . . .	71

	<u>Page</u>
FIGURE 28B: Cristaux squelettiques de plagioclase mâclés . . .	71
FIGURE 28C: Filon-couche de Cléricy: enclaves de gabbro dans le granite leucocrate . . . . .	71
FIGURE 29: Vésicularité des laves mafiques à coussinets en fonction de leur position dans la colonne stratigraphique . . . . .	78
FIGURE 30: Section mesurée dans les roches pyroclastiques, canton Dufresnoy, rang V, lot 42 . . . . .	82
FIGURE 31: Carte des isogrades de métamorphisme dans la région de Rouyn-Noranda . . . . .	98
FIGURE 32: Répartition des constituants parmi les phases présentes dans les assemblages minéralogiques des laves mafiques . . . . .	119
FIGURE 33: Assemblage minéralogique de la lame mince 74-2532 (faciès prehnite-pumpellyite) représenté dans le tétraèdre CAFM . . . . .	121
FIGURE 34: Assemblages minéralogiques des laves mafiques (faciès prehnite-pumpellyite) représentés sur le diagramme CaO-FeO*-MgO . . . . .	123
FIGURE 35: Teneur en silice des roches analysées . . . . .	145
FIGURE 36: Diagramme Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O vs SiO <sub>2</sub> pour l'ensemble des roches de la série tholéïitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Renault . . . . .	150
FIGURE 37: Diagramme AFM pour les andésites de la série tholéïitique Dufresnoy . . . . .	154
FIGURE 38: Diagramme AFM pour les andésites de la série calco-alcaline Renault . . . . .	155
FIGURE 39: Diagramme SiO <sub>2</sub> vs FeO*/MgO pour l'ensemble des roches de la série tholéïitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Renault . . . . .	157
FIGURE 40: Diagramme FeO* vs FeO*/MgO pour l'ensemble des roches de la série tholéïitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Renault . . . . .	158
FIGURE 41: Diagramme Ti/100-Zr-Yx3 pour les laves mafiques de la série tholéïitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Renault . . . . .	164

	<u>Page</u>
FIGURE 42: Diagramme Ti vs Zr pour les laves mafiques de la série tholéiitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Reneault . . . . .	166
FIGURE 43: Diagramme Ti/100 - Zr - Sr/2 pour les laves mafiques de la série tholéiitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Reneault . . . . .	168
FIGURE 44: Diagramme de variation Sr-K-Rb-Ba pour différents types de roches volcaniques . . . . .	172
FIGURE 45: Concentrations moyennes des éléments des terres rares normalisées par rapport aux chondrites pour les cinq sites échantillonnés . . . . .	177
FIGURE 46: Distribution des séries d'affinités tholéiitique et calco-alcaline à l'intérieur du Groupe de Blake River . . . . .	181
FIGURE 47: Variation maximum des concentrations des éléments des terres rares pour la série tholéiitique Deguisier . . . . .	188
FIGURE 48: Variation maximum des concentrations des éléments des terres rares pour la série tholéiitique Dufresnoy et la série calco-alcaline Reneault . . .	192
FIGURE 49: Modèle génétique global pour les roches volcaniques de la ceinture Abitibi dans la région de Rouyn-Noranda . . . . .	193
FIGURE 50: Variation maximum des concentrations des éléments des terres rares pour la série tholéiitique Dufresnoy . . . . .	197
FIGURE 51: Diagramme AFM pour les différents types de roches composant le filon-couche de Cléricy . . . . .	200
FIGURE 52: Diagramme ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ) vs $\text{SiO}_2$ pour toutes les roches analysées . . . . .	209
FIGURE 53: Diagramme MgO vs $\text{SiO}_2$ pour toutes les roches analysées . . . . .	210
FIGURE 54: Diagramme CaO vs $\text{SiO}_2$ pour toutes les roches analysées . . . . .	212
FIGURE 55: Diagramme $\text{Na}_2\text{O}$ vs $\text{SiO}_2$ pour toutes les roches analysées . . . . .	213

	<u>Page</u>
FIGURE 56: Diagramme $K_2O$ vs $SiO_2$ pour toutes les roches analysées . . . . .	214

## LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
TABLEAU 1 : Nomenclature utilisée lors de l'analyse structurale . . . . .	17
TABLEAU 2 : Résumé de la tectonique dans la région de Cléricy . . . . .	50
TABLEAU 3 : Analyses à la microsonde électronique des phénocristaux de feldspath dans les rhyolites . .	62
TABLEAU 4 : Analyses de la séricite dans un basalte et du plagioclase dans la diabase récente . . . . .	74
TABLEAU 5 : Analyses à la microsonde des minéraux de la syénite de Cléricy . . . . .	92
TABLEAU 6 : Assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques . . . . .	101
TABLEAU 7 : Liste des échantillons dont les minéraux ont fait l'objet d'analyses à la microsonde électronique . . . . .	109
TABLEAU 8 : Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 74-2532 . . . . .	111
TABLEAU 9 : Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 74-2558 . . . . .	112
TABLEAU 10: Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 74-2554 . . . . .	113
TABLEAU 11: Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 74-2760 . . . . .	114
TABLEAU 12: Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 74-2825 . . . . .	115
TABLEAU 13: Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 74-2665 . . . . .	116
TABLEAU 14: Analyses à la microsonde électronique des minéraux de la lame mince 75-2675 . . . . .	117
TABLEAU 15: Assemblages minéralogiques observés dans les gabbros et diorites . . . . .	125

	<u>Page</u>
TABLEAU 16: Types d'altération reconnus dans les laves mafiques (faciès prehnite-pumpellyite et schistes verts, zone de la chlorite) . . . . .	132
TABLEAU 17: Caractérisation des types d'altération pour les roches volcaniques mafiques . . . . .	137
TABLEAU 18: Composition chimique moyenne des roches de la série tholéitique Dufresnoy . . . . .	147
TABLEAU 19: Composition chimique moyenne des roches de la série calco-alcaline Renault . . . . .	148
TABLEAU 20: Résultats des analyses des éléments traces et des éléments des terres rares pour les cinq sites échantillonnés . . . . .	161
TABLEAU 21: Coefficients de partage solide/liquide utilisés dans les calculs . . . . .	190
TABLEAU 22: Liste des échantillons prélevés au sein des zones minéralisées . . . . .	207

## CHAPITRE I

### INTRODUCTION

#### I.1. Contexte géologique général

La région étudiée fait partie de la ceinture Abitibi qui est l'une des 13 sous-provinces de la province du Supérieur, elle-même un sous-ensemble du Bouclier Canadien (Stockwell, 1964; figure 1). La ceinture Abitibi consiste en une alternance de bandes de roches volcaniques et sédimentaires métamorphisées d'orientation générale est-ouest. Toutes les roches qui la constituent sont d'âge Archéen (Précambrien Inférieur) sauf les dykes de "diabase récente" (au sens d'Ambrose, 1941) qui recourent toutes les autres roches de la région et qui sont d'âge Protérozoïque (Précambrien Supérieur).

Les datations radiométriques effectuées par la méthode K-Ar sur des micas et des hornblendes de la ceinture Abitibi donnent des âges variant entre 2,300 et 2,600 M.A. avec un âge moyen de 2,490 M.A. (Stockwell, 1961; 1964). Par ailleurs, en utilisant la méthode U-Pb sur des zircons, Krough et Davis (1972) ont obtenu des âges variant entre 2,650 et 2,750 M.A. D'autre part, Campbell (1961) trouve pour les dykes de diabase récente un âge moyen de 1,740 M.A.

L'importance économique de la ceinture Abitibi est considérable et l'on comptait au moins 150 mines productrices (passées et présentes) en 1970 (Goodwin et Ridler, 1970). Les gisements sont de deux types principaux:

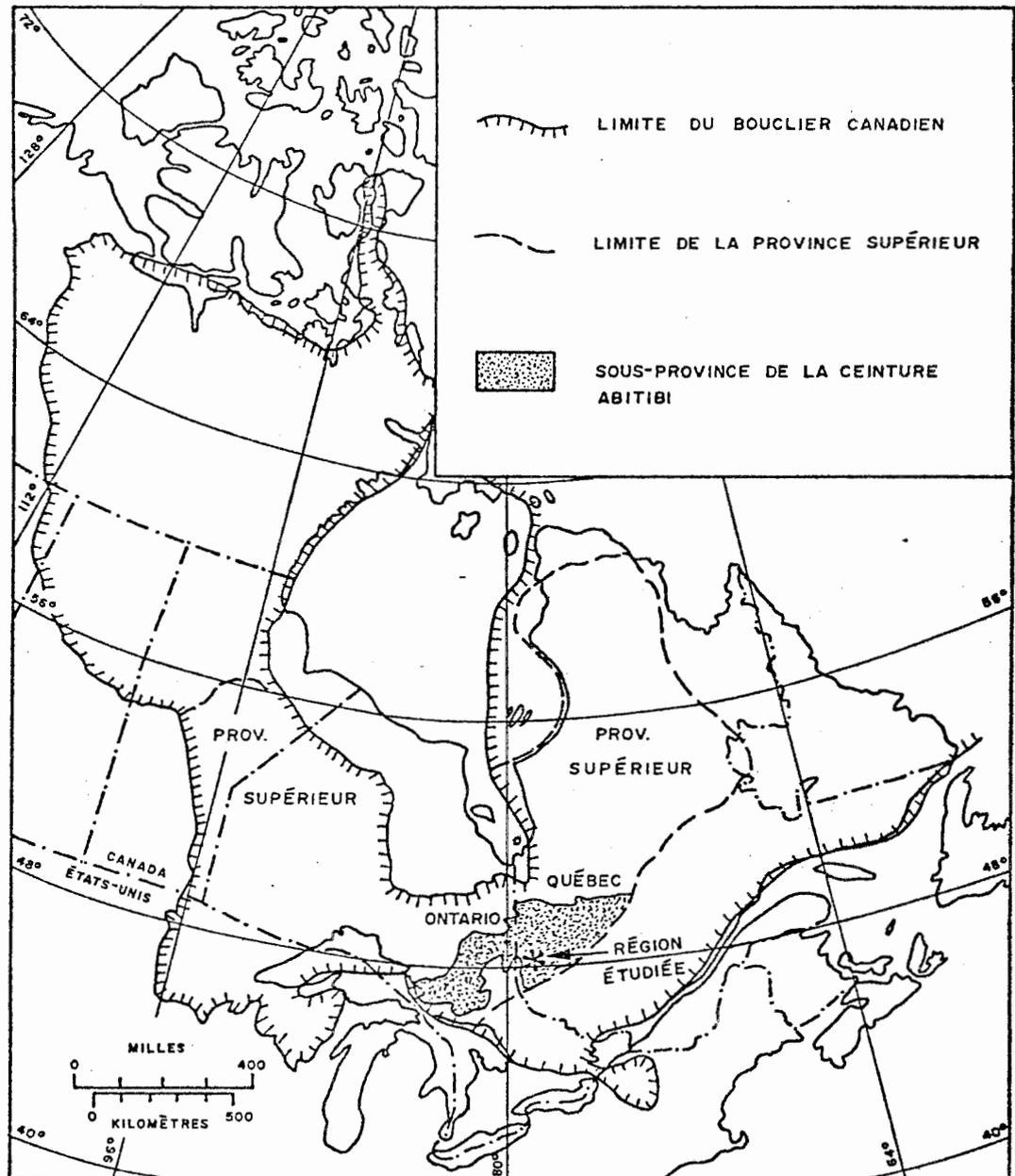


Figure 1 : Localisation du Bouclier Canadien, de la province Supérieure, de la sous-province de la ceinture Abitibi et de la région étudiée (d'après Stockwell, 1970).

- les gisements stratiformes de métaux de base (Cu, Zn) d'origine volcanogène,
- les gisements filonniens d'or, surtout associés à des zones de cisaillement.

## I.2. Contexte géologique régional

La région étudiée a été cartographiée en entier, en visitant chaque affleurement, au cours des étés 1974, 1975 et 1976. Ce travail a été effectué pour le compte du Ministère des Richesses Naturelles du Québec (ci-après: M.R.N.Q.), Service de l'Exploration Géologique. La région considérée couvre une partie des cantons Destor, Dufresnoy, Cléricy et Joannès (figure 2): elle consiste essentiellement en une bande de roches volcaniques de 19 km de longueur par 10 km de largeur orientée NO - SE; à l'intérieur de cette bande, les coulées individuelles de même que les traces des plans axiaux des plis majeurs possèdent également une direction générale NO - SE.

Cette thèse fait suite à une étude détaillée de la ceinture Abitibi entreprise par le M.R.N.Q. en 1972 sous la direction de MM. Erich Dimroth et Léopold Gélinas; de ce fait, les limites de la région tiennent compte des travaux effectués depuis 1972. Les limites exactes sont les suivantes (voir figure 2):

A l'ouest: la route 101, la partie à l'ouest de la route 101 a été étudiée par Boivin (1974).

Au nord: le contact avec le Groupe de Kewagama; la géologie structurale du Groupe de Kewagama et ses relations avec le Groupe de Blake River ont fait l'objet de la thèse de Larouche (1974).

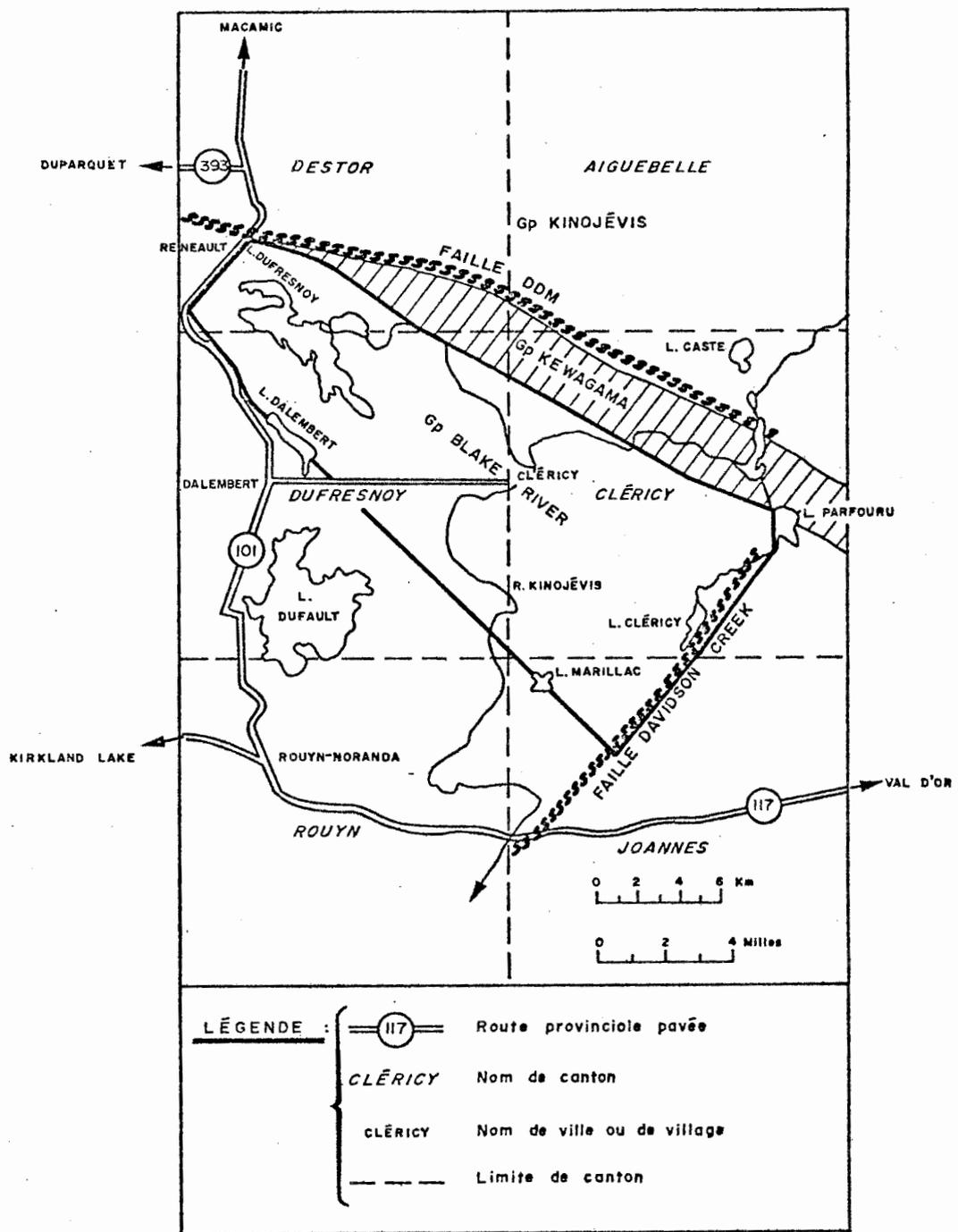


Figure 2 - Limites de la région étudiée.

A l'est: la faille du ruisseau Davidson (Gunning et Ambrose, 1939).

Au sud: une ligne imaginaire qui passe par le lac Dalembert et le lac Marillac, entre la route 101 à l'ouest et la faille du ruisseau Davidson à l'est. La sédimentologie du Groupe de Cadillac, immédiatement au sud de la région, a fait l'objet d'une thèse de doctorat par Rocheleau (1979).

Pour le travail de cartographie, les cartes de compilation au 1:12,000 publiées par le M.R.N.Q. ont servi de documents de base. Ces cartes sont disponibles pour les quarts de canton suivants: Destor SO, Destor SE, Dufresnoy NO, Dufresnoy NE et Dufresnoy SE. Les rapports et les cartes géologiques publiés par les principaux chercheurs qui ont oeuvré précédemment dans la région ont également été utilisés: voir Gunning et Ambrose (1939 et 1940), Bannerman (1940), Ambrose (1941), Gunning (1949), L'Espérance (1951), Hogg (1963), Arbour (1964) et MacIntosh (1972).

La partie de la carte concernant le canton Joannès a été cartographiée au cours de l'été 1973 par Erich Dimroth, Pierre Boivin, Marc Larouche et Michel Rocheleau: la carte de compilation au 1:12,000 du M.R.N.Q. pour le quart du canton Joannès NO étant tout à fait inadéquate, il a fallu procéder à une recartographie complète. La carte de compilation corrigée est présentée dans la thèse de Rocheleau (1979); une partie de cette carte (jusqu'à la faille du ruisseau Davidson et au nord du Groupe de Cadillac) a donc été ajoutée à la nôtre puisqu'elle fait partie d'un même ensemble géologique. Après discussion avec Rocheleau (décembre 1977), la correspondance entre les deux cartes étant parfaite et les mêmes unités lithologiques et structurales se poursuivant de l'une à l'autre, il n'y avait donc aucun inconvénient à prolonger notre carte jusqu'à la faille du

ruisseau Davidson pour des raisons de continuité géologique.

### I.3. Buts proposés

Les principaux objectifs visés par cette étude sont les suivants:

- 1<sup>o</sup>) Etablir la tectonique de la zone volcanique de Clérycy.
- 2<sup>o</sup>) Décrire les roches au point de vue pétrographique et définir le faciès de métamorphisme dans lequel elles se situent.
- 3<sup>o</sup>) Définir la chemo-stratigraphie des empilements volcaniques.
- 4<sup>o</sup>) Caractériser le chimisme des roches minéralisées à partir de l'analyse des éléments majeurs et proposer de nouveaux critères de prospection en vue de découvrir des gisements volcano-gènes de métaux de base dans la région.

## CHAPITRE II

### STRATIGRAPHIE

#### II.1. Principes de stratigraphie

##### II.1.1. Généralités

La stratigraphie de la ceinture Abitibi dans la région de Rouyn-Val-d'Or (Québec) d'après Dimroth et al., (1975A) est présentée à la figure 3. Tel que mentionné par Dimroth (dans Dimroth et al., 1973), les unités lithologiques dans les terrains volcaniques sont le plus souvent discontinues et de forme lenticulaire; pour cette raison, les principes classiques de stratigraphie ne peuvent être appliqués facilement dans l'étude de tels terrains. Cependant, certains critères peuvent être utilisés afin de définir la stratigraphie de ces empilements volcaniques et vont être exposés dans les paragraphes qui suivent.

##### II.1.2. Les laves mafiques

Les coulées de laves mafiques (basaltes et andésites) de la région de Rouyn-Noranda n'ont en général qu'une épaisseur variant entre 1.5 et 40 m (Côté et Dimroth, 1976; Dimroth et al., 1978) et une extension latérale de quelques centaines de mètres au maximum; de ce fait, ces coulées individuelles ne peuvent constituer des horizons-repères dans une cartographie à l'échelle régionale.

LITHOLOGIES :

Gp Temiskaming : conglomérat et greywacke	Gp Lac Caste : greywacke et conglomérat
Gp Pontiac : greywacke	Gp Malartic : unités inférieures :
Gp Duparquet : conglomérat et greywacke	roches volcaniques mafiques et
Gp Blake River : roches volcaniques	ultramafiques ; unités supérieures :
Gp Kewagama : greywacke et conglomérat	roches volcaniques mixtes
Gp Kinojévis : roches volcaniques	Gp Cadillac : conglomérat et greywacke

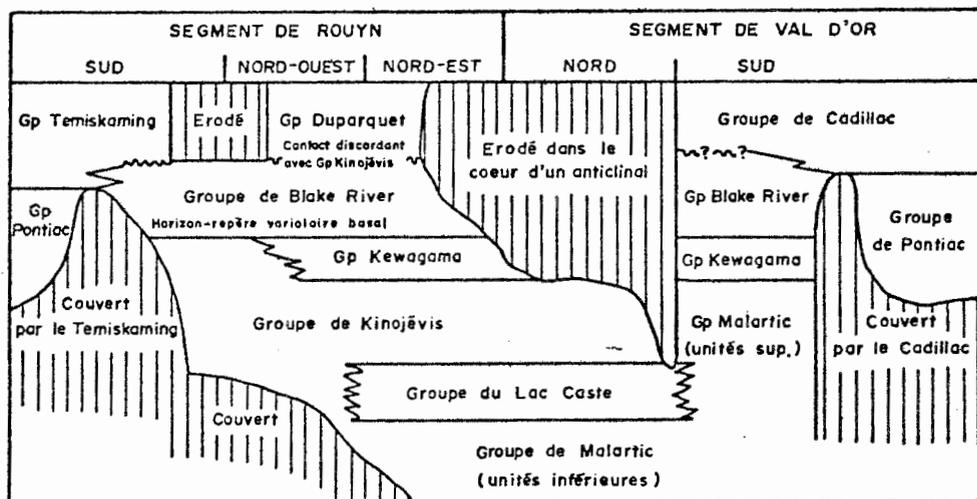


FIGURE 3 - Stratigraphie du Supergroupe Abitibi dans la région de Rouyn-Val D'Or (d'après Dimroth et al., 1975A).

A cause du phénomène de différenciation physique lors de l'écoulement (Bhattacharchi et Smith, 1964), la concentration en amygdules et en phénocristaux à l'intérieur d'une coulée mafique est également très variable et ne peut guère servir à distinguer les différentes coulées entre elles. Cependant, malgré une distribution erratique, la présence ou l'absence de phénocristaux à l'intérieur d'un ensemble de coulées peut être cartographiée sur une échelle régionale, et entre autres, un ensemble de coulées mafiques très grossièrement porphyriques en plagioclase (5 à 8 mm) a pu être tracé dans le canton Dufresnoy entre les lots 34 et 50, rangs VII et VIII, sur une épaisseur moyenne de 800 m (voir la carte 1 en annexe).

Les niveaux d'andésite porteurs de varioles felsiques (Gélinas et al., 1976 et 1977B) constituent également d'excellents horizons-repères et l'un de ces niveaux situé tout près de la base du Groupe de Blake River a pu être tracé à travers toute la région, soit sur une distance de plus de 20 km. Comme l'ont suggéré Gélinas et al., (op. cit.), ces niveaux sont probablement formés par immiscibilité de deux liquides et représentent un épisode particulier dans la construction d'un complexe volcanique; ces niveaux variolaires, pouvant être tracés sur de grandes distances, sont de ce fait très utiles au point de vue stratigraphique.

### II.1.3. Les rhyolites

A cause de leur grande viscosité, Dimroth et al., (1973) émettent l'hypothèse que l'épanchement en surface des magmas de composition rhyolitique ne s'accompagne pas d'une redistribution mécanique des phénocris-

taux. L'homogénéité du magma rhyolitique au stade intratellurique est conservée. Ainsi, selon cette hypothèse, les différentes unités rhyolitiques peuvent être distinguées sur le terrain d'après la nature, la concentration et la taille des phénocristaux qu'elles renferment. Lors du travail de cartographie, on a effectivement distingué sur le terrain les unités rhyolitiques suivantes:

- 1<sup>o</sup>) avec phénocristaux de quartz et de plagioclase,
- 2<sup>o</sup>) avec phénocristaux de quartz seulement,
- 3<sup>o</sup>) avec phénocristaux de plagioclase seulement et
- 4<sup>o</sup>) aphanitiques (sans phénocristaux).

Quant à vouloir distinguer des unités rhyolitiques d'après la concentration et la taille des phénocristaux, on constate que ces critères sont difficiles d'application sur le terrain et ne sont pas toujours valables. En effet, les phénocristaux de quartz et de plagioclase dans les rhyolites sont souvent accolés en symneusis et leur taille apparaît donc exagérée sur la surface d'affleurement (Vance et Gilreath, 1967).

D'autre part, la taille des phénocristaux de quartz et de plagioclase dépend du temps passé sur la surface cotectique et des variations de la pression d'eau dans le réservoir magmatique. En effet, la cristallisation du quartz peut être suivie dans certains cas d'une résorption partielle de celui-ci accompagnée d'une cristallisation des plagioclases idiomorphes. Ce phénomène se produit lorsque la composition du magma se situe initialement dans le volume du quartz; une baisse brutale de la pression d'eau lors de l'ascension du magma contracte le volume du quartz et relocalise la composition du magma dans le domaine des plagioclases. La taille des phénocristaux de plagioclase et le pourcentage volumétrique de quartz

résorbé dépendent donc de la baisse de pression d'eau dans le système (Tuttle et Bowen, 1958).

#### II.1.4. Les roches pyroclastiques

Trois niveaux de roches pyroclastiques (autres que ceux de composition rhyolitique) constituent également d'excellents horizons-repères dans la région (voir la carte 1 en annexe). Ces roches seront décrites de façon détaillée au chapitre IV.

#### II.2. De l'emploi du terme "formation" ou "série" dans l'étude de la stratigraphie des empilements volcaniques

La distinction entre les différentes unités stratigraphiques se faisant essentiellement sur une base géochimique, Gélinas et al., (1977A) ont employé le terme "série" pour caractériser les différents épisodes de l'évolution magmatique du Groupe de Blake River. Cela est contraire à l'usage adopté en stratigraphie qui veut qu'un groupe soit subdivisé en plusieurs formations (en non en plusieurs séries).

Le glossaire de géologie de l'American Geological Institute (deuxième édition, 1973) définit une "formation" comme: "un ensemble de roches relativement homogène et possédant des caractéristiques lithologiques distinctives (structures, textures, fossiles, etc.) lors de la cartographie". Il a donc été décidé de retenir le terme "série" pour caractériser un ensemble comagmatique de roches volcaniques, car, sur le terrain, rien ne distingue à priori une roche volcanique appartenant à une

série tholéiitique d'une autre appartenant à une série calco-alcaline; et de ce fait, le terme "formation" ne peut s'appliquer (la différence de composition chimique n'étant pas évidente lors de la cartographie). Ainsi, la stratigraphie du Groupe de Blake River dans la région étudiée ne pourra être décrite en détail qu'au chapitre VII où l'on discutera de l'évolution magmatique de ce groupe et où l'on proposera des divisions chemo-stratigraphiques à l'intérieur de ce dernier.

### II.3. Le problème de la relation Kewagama - Blake River

Tel qu'on l'a déjà mentionné, la région étudiée est limitée au nord par les roches sédimentaires du Groupe de Kewagama. La nature du contact entre le Groupe de Blake River et le Groupe de Kewagama demeure un problème non entièrement résolu.

Cela est dû principalement au fait que le contact entre les roches de ces deux groupes n'affleure en aucun endroit dans la région. Tout au plus, les graywackes du Groupe de Kewagama et les laves à coussinets appartenant au Groupe de Blake River sont séparés à peine de quelques mètres dans une zone d'affleurement située dans le canton Cléricky, rang VII, lot 24.

Différentes hypothèses demeurent possibles quant à la relation entre le Kewagama et le Blake River:

- 1<sup>o</sup>) Le Groupe de Blake River surmonte le Groupe de Kewagama de façon concordante. C'est l'hypothèse préconisée par Gunning et Ambrose (1939 et 1940) et MacIntosh (1972), ce dernier suggérant toutefois l'idée que le Kewagama puisse être localement interdigité avec le

Blake River. Cette hypothèse s'appuie sur le fait qu'à l'échelle régionale, l'attitude de la stratification (direction NO - SE et pendage vers le SO) dans chacun de ces groupes correspond à celle du contact présumé, les polarités dans chaque cas étant vers le SO. Ceci est vrai à une échelle régionale, mais des inversions de polarité tout près du contact (en particulier: canton Destor, rang III, lots 27 à 29), supposent la présence de plis parasites ayant affecté simultanément ces deux groupes. Par contre, un pli parasite ne peut rendre compte entièrement de la présence d'un grand lobe du Groupe de Blake River à l'intérieur du Groupe de Kewagama dans le canton Cléricky: en effet, à l'intérieur de ce lobe, aucune inversion de polarité n'a été observée, même tout près du contact. Dans ce cas, seules une interdigitation ou la présence d'une faille pourraient expliquer les relations existant à cet endroit.

- 2<sup>o</sup>) Le Groupe de Blake River surmonte le Groupe de Kewagama de façon discordante. En effet, dans un style de tectonique polyphasée comme nous allons le décrire au chapitre suivant, le grain tectonique primaire orienté N - S a été complètement oblitéré par une seconde phase de déformation. De ce fait, un contact discordant peut prendre une allure concordante, la seconde phase de déformation ayant réorienté toutes les structures dans une direction générale E - O.

- 3<sup>o</sup>) Le contact entre les deux groupes peut être faillé. En effet, ce contact n'est observé en aucun endroit et suit localement une vallée

(canton Dufresnoy, rang X, lot 46); la présence d'une zone de faille demeure donc possible.

- 4<sup>o</sup>) Le contact peut être localement interdigité. Cette hypothèse est plus compliquée, mais elle n'est contredite par aucune observation de terrain.

Le problème de la relation Kewagama - Blake River est donc loin d'être simple: la seule hypothèse plausible pour le moment demeure que le Blake River est plus jeune que le Kewagama. Les différentes hypothèses possibles concernant la nature du contact Kewagama - Blake River seront discutées d'une façon plus élaborée une fois que nous aurons établi la tectonique (chapitre III) et la chemo-stratigraphie (chapitre VII) du Groupe de Blake River.

## CHAPITRE III

### GEOLOGIE STRUCTURALE

#### III.1. Introduction

Quatre phases de déformation ont été identifiées dans la région étudiée. Les plis de la première phase sont orientés NO-SE et déversés vers le SO ; une schistosité de plan axial  $S_1$  est présente. Les plis de la deuxième phase sont droits et orientés E - O, donnant lieu à un motif d'interférence de type croissant (type 2 de Ramsay, 1967); une schistosité de plan axial  $S_2$  est également présente. C'est cette deuxième phase de déformation qui donne le grain tectonique de la région en réorientant les surfaces  $S_0$  (stratification) et  $S_1$  dans une direction générale E - O.

La troisième phase de déformation a occasionné une flexure en "Z" à grande échelle dans les surfaces  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$ . Quant à la quatrième phase de déformation, elle n'est responsable d'aucun pli d'importance à l'échelle régionale.

La principale structure cartographiée est un synclinal de première phase (le synclinal de Cléricy; Ambrose, 1941) qu'on peut tracer à travers toute la région, soit sur plus de 20 km (voir la carte tectonique en annexe). Ce synclinal est répété plus au sud à la faveur d'un anticlinal synforme de deuxième phase (l'anticlinal Dufresnoy; Carignan, 1975).

On suggère de nommer synclinal du lac Dalember l'équivalent du synclinal de Cléricy dans la partie sud de la région; de même, on nommera

anticlinal du lac Dalembert l'anticlinal (probablement de deuxième phase) qui suit immédiatement au sud ce synclinal.

Le tableau 1 résume la nomenclature utilisée lors de l'analyse structurale détaillée qui va suivre. Mentionnons également que toutes les mesures qui apparaissent dans ce chapitre de même que sur la carte tectonique en annexe sont représentées en utilisant la règle de la main droite.

### III.2. Analyse structurale

#### III.2.1. Subdivision de la région en domaines et en sous-domaines structuraux

Pour fins d'analyse structurale, la région a été subdivisée en trois grands domaines A, B et C. Tel qu'on l'a déjà mentionné, le synclinal de première phase de Cléricy est répété au sud par un anticlinal synforme de deuxième phase (l'anticlinal Dufresnoy): les éléments tectoniques de part et d'autre de cette structure de deuxième phase et en particulier la linéation  $L_1^0$  sont bien distincts et définissent les deux domaines A (au nord) et B (au sud). Quant à la partie de la carte située dans la moitié sud du canton de Cléricy, elle possède des caractéristiques propres qui justifient qu'on en fasse un troisième domaine.

Voici en résumé les traits majeurs distinguant chacun de ces trois domaines:

Domaine A (au nord de l'anticlinal synforme Dufresnoy): la schistosité

$S_1$  est bien développée,  $S_2$  moyennement et les linéations  $L_1^0$

$S_0$	Surface primaire (stratification)
$S_1, S_2, S_3, S_4$	Surfaces secondaires : l'indice indique l'âge relatif de l'élément structural ( du plus ancien au plus récent )
$D_1, D_2, D_3, D_4$	Déformations ( même remarque que pour les surfaces )
$L_1^0, L_2^0, L_2^1, \text{etc.}$	Linéations : l'exposant indique l'âge relatif de la surface déformée et l'indice celui de la déformation
$P_1^0, P_2^0, P_2^1, \text{etc.}$	Plis ( même remarque que pour les linéations )

TABLEAU I : NOMENCLATURE UTILISÉE LORS DE L'ANALYSE STRUCTURALE.

plongent abruptement vers le sud. Les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  ont des pendages vers le sud.

Domaine B (au sud de l'anticlinal synforme Dufresnoy): la schistosité  $S_1$  est bien développée,  $S_2$  est pratiquement absente et les linéations  $L_1^0$  plongent abruptement vers le nord. Les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  ont des pendages vers le nord.

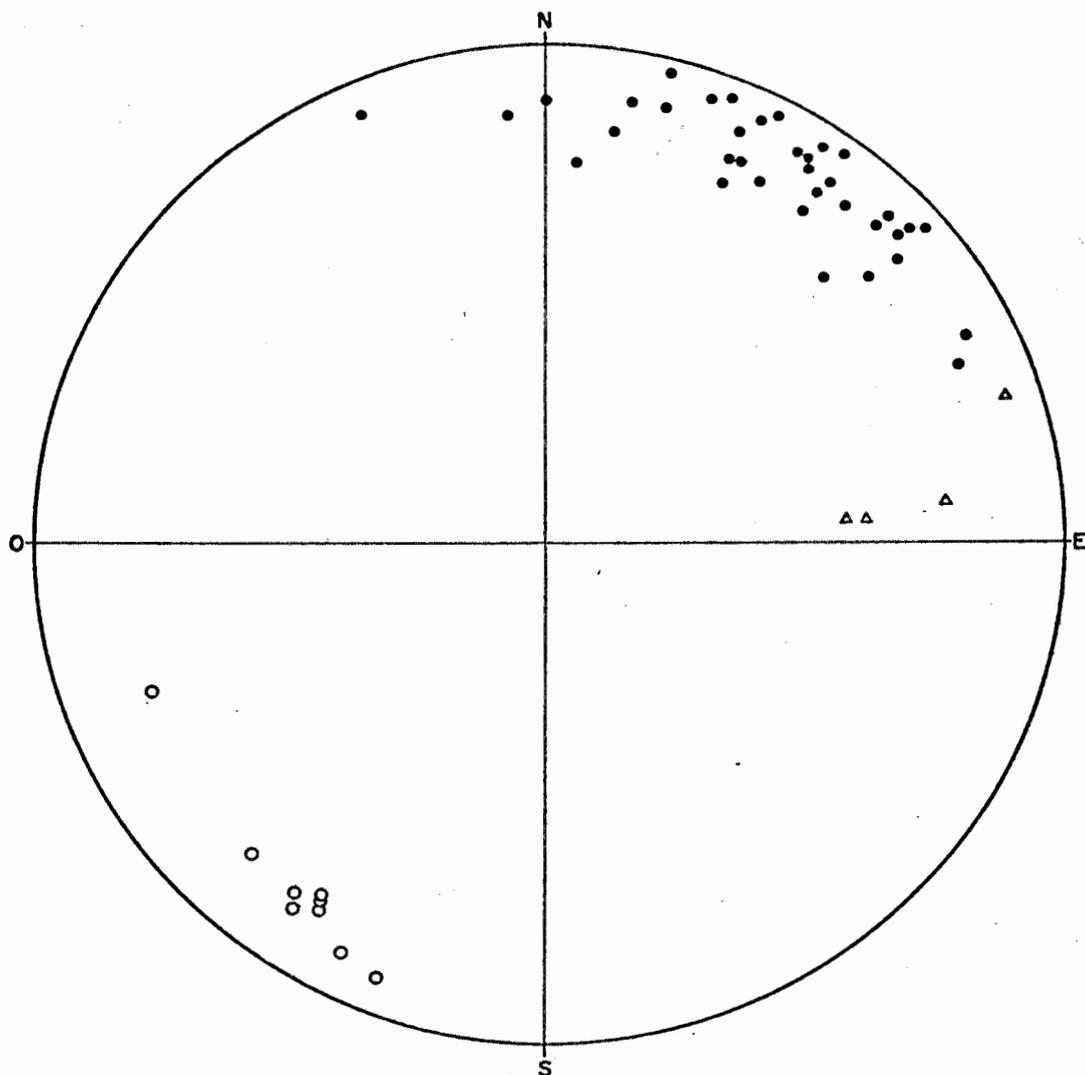
Domaine C (moitié sud du canton de Cléricy): la schistosité  $S_2$  est très fortement développée,  $S_1$  est pratiquement absente et nous pouvons observer des charnières de plis  $P_2^0$ .

Chacun de ces grands domaines a été subdivisé en un certain nombre de sous-domaines à peu près homogènes (c'est-à-dire à l'intérieur desquels l'attitude des surfaces  $S_0$  et  $S_1$  varie le moins possible). La superficie d'un sous-domaine peut donc être assez grande si l'attitude des surfaces  $S_0$  et  $S_1$  varie peu et elle sera restreinte dans les zones de flexure, où l'attitude de  $S_0$  et  $S_1$  change rapidement.

Toutes les mesures n'ont pas été reportées sur la carte tectonique, à cause de leur trop grand nombre. Cependant, pour chaque sous-domaine, en plus de représenter les principales mesures, nous avons indiqué pour les surfaces concernées le nombre total de mesures ainsi que la moyenne de ces mesures.

### III.2.2. Les surfaces $S_0$

Pour chaque sous-domaine, le point maximum des pôles des surfaces  $S_0$  a été déterminé. La figure 4 représente la totalité de ces points, et son examen révèle les caractéristiques suivantes:



**FIGURE 4 :** COMPILATION DES POINTS MAXIMUMS DES PÔLES DES SURFACES  $S_0$  OBTENUS POUR CHAQUE SOUS-DOMAIN

( ● Sous-domaines appartenant au domaine A ; ○ sous-domaines appartenant au domaine B ; △ sous-domaines appartenant au domaine C ).

- 1<sup>o</sup>) la stratification a un pendage vers le sud dans le domaine A (au nord de l'anticlinal synforme Dufresnoy).
- 2<sup>o</sup>) Ce pendage est vers le nord dans le domaine B (au sud de l'anticlinal synforme Dufresnoy). L'ensemble des surfaces  $S_0$  définit donc une structure synclinale dont la surface  $S_2$  représente la schistosité de plan axial. Les polarités de part et d'autre de cette structure étant opposées, il s'agit donc d'un anticlinal synforme de deuxième phase.
- 3<sup>o</sup>) On observe une concentration de points correspondant à une direction NO - SE pour les surfaces  $S_0$ , ce qui représente la direction générale de la stratification dans la région. On remarque également que le pendage des surfaces  $S_0$  est en général très abrupt.
- 4<sup>o</sup>) La stratification ne suit une direction N - S que dans le domaine C, où on observe des charnières de plis  $P_2^0$ .

### III.2.3. Les éléments structuraux associés à la déformation $D_1$

#### III.2.3.1. Les surfaces $S_1$

La schistosité  $S_1$  représente le plan axial des plis de première phase. Elle est toujours sub-parallèle à la stratification, et elle est bien développée à travers toute la région sauf dans la partie sud du canton Cléricy où elle devient très faible alors que la schistosité  $S_2$  de-

vient très intense.

Tout comme pour les surfaces  $S_0$ , le point maximum des pôles des surfaces  $S_1$  a été déterminé pour chaque sous-domaine. Tous ces points sont représentés à la figure 5.

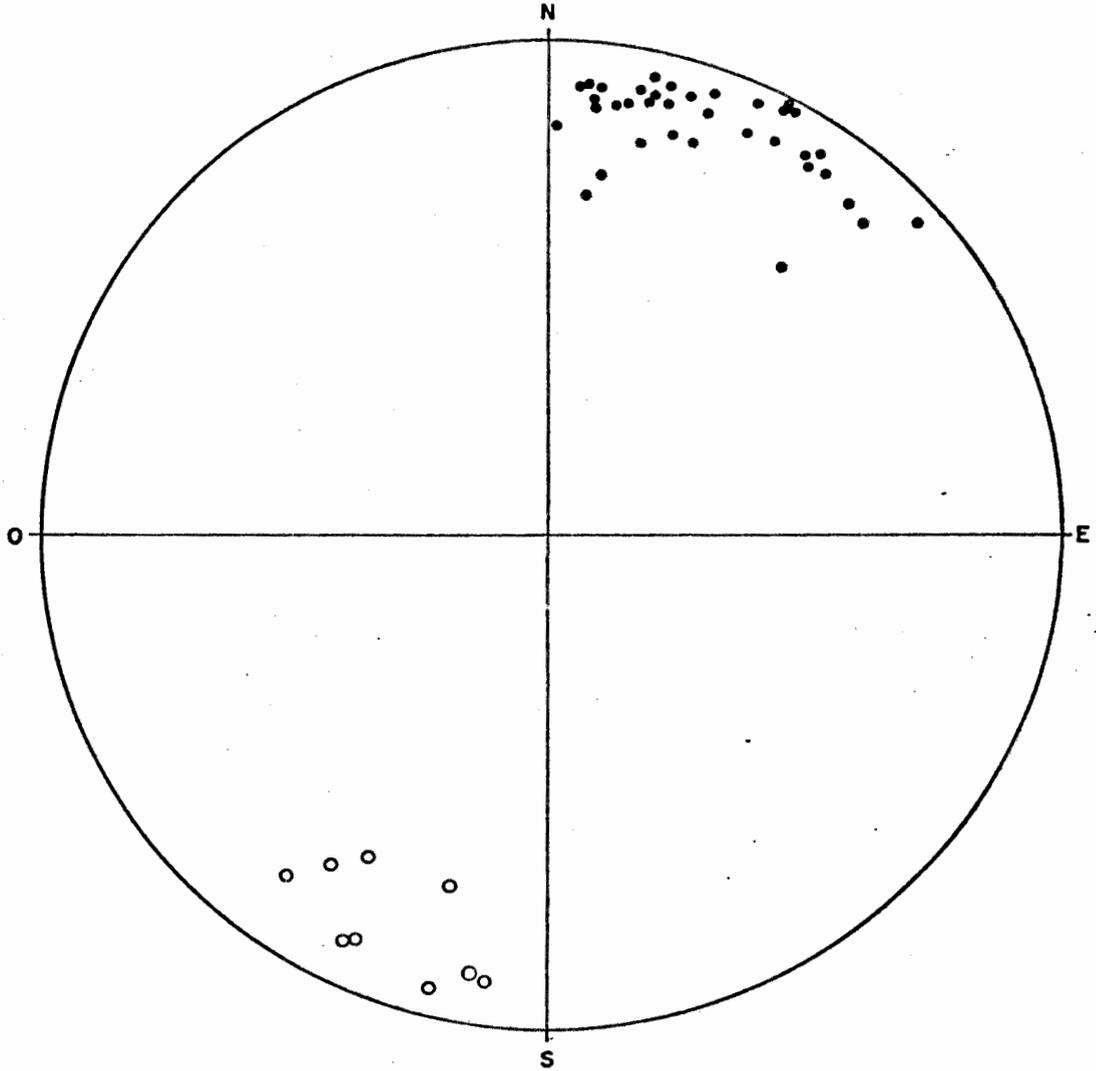
Une comparaison entre les figures 4 et 5 fait ressortir une forte similarité entre l'attitude des surfaces  $S_0$  et  $S_1$ . De plus, toutes deux montrent un pendage vers le sud dans le domaine A et vers le nord dans le domaine B. La schistosité  $S_1$  est pratiquement absente dans le domaine C.

Etant donné que les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  sont sub-parallèles à travers toute la région étudiée et que les flancs opposés des plis de première phase ont des pendages semblables et orientés dans la même direction, ces plis de première phase devaient être déversés (pratiquement isoclinaux).

### III.2.3.2. Les linéations $L_1^0$

Les linéations  $L_1^0$  n'ont pas été mesurées directement sur le terrain; elles ont été construites pour chaque sous-domaine en prenant l'attitude moyenne des surfaces  $S_0$  et  $S_1$  à l'intérieur de ce sous-domaine. La figure 6 montre la compilation des linéations  $L_1^0$  pour les sous-domaines A-1 à A-36 (au nord de l'anticlinal synforme Dufresnoy): malgré qu'elles forment un plan de dispersion, la majorité de ces linéations plongent très abruptement et directement vers le sud.

Pour les sous-domaines B-1 à B-9 (au sud de l'anticlinal synforme Dufresnoy; figure 7), toutes les linéations  $L_1^0$  plongent au nord-nord-ouest, en général de façon assez abrupte. A cause du faible nombre de points, le



**FIGURE 5 : COMPILATION DES POINTS MAXIMUMS DES PÔLES DES SURFACES  $S_i$  OBTENUS POUR CHAQUE SOUS-DOMAIN**

( ● Sous-domaines appartenant au domaine A ; ○ sous-domaines appartenant au domaine B ).

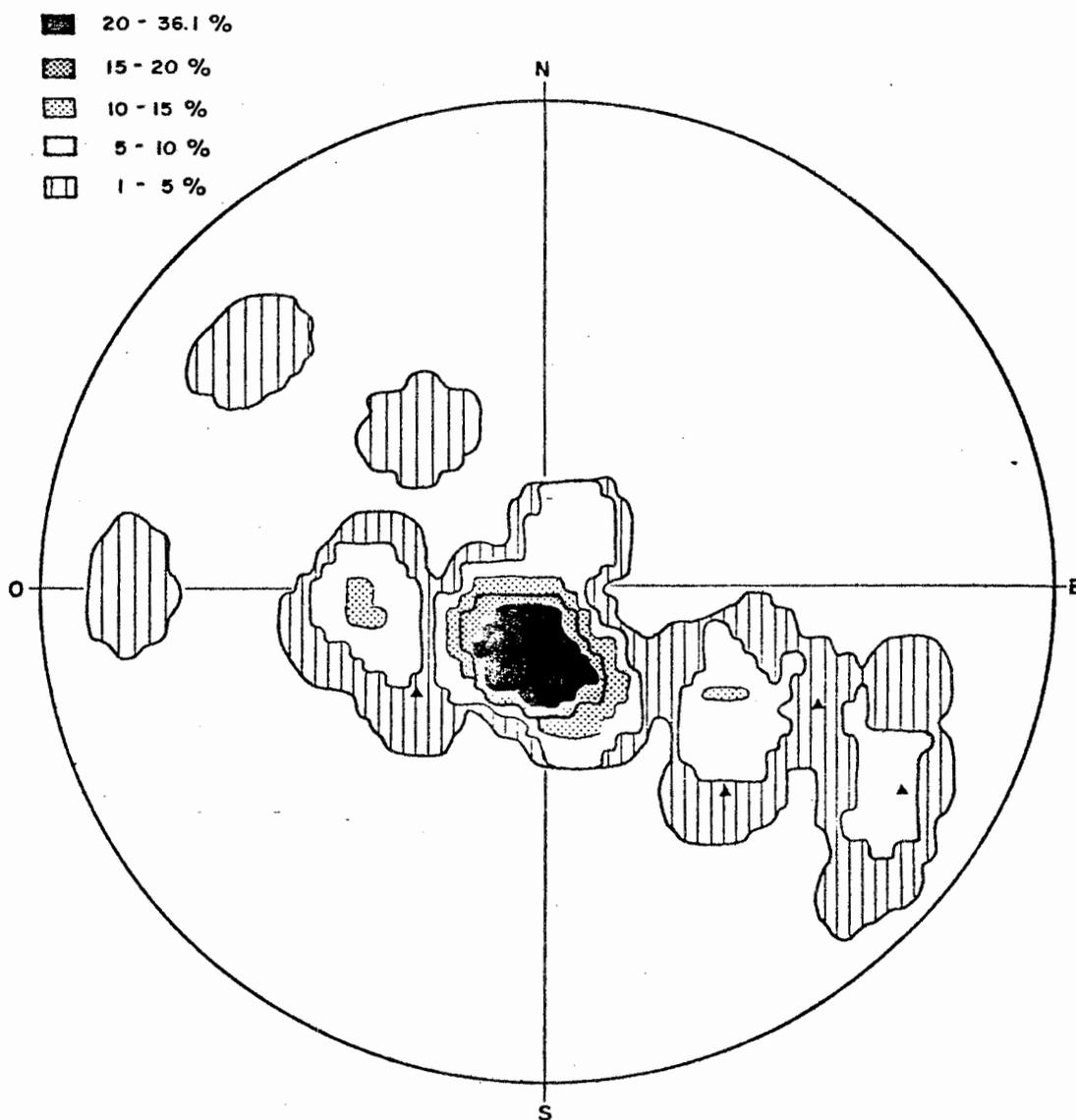


FIGURE 6 : COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_1^0$  POUR LES SOUS-DOMAINES A-1 à A-36 (▲ : sous-domaines couvrant le synclinal et l'anticlinal du lac Imau ; canevas de Schmidt).

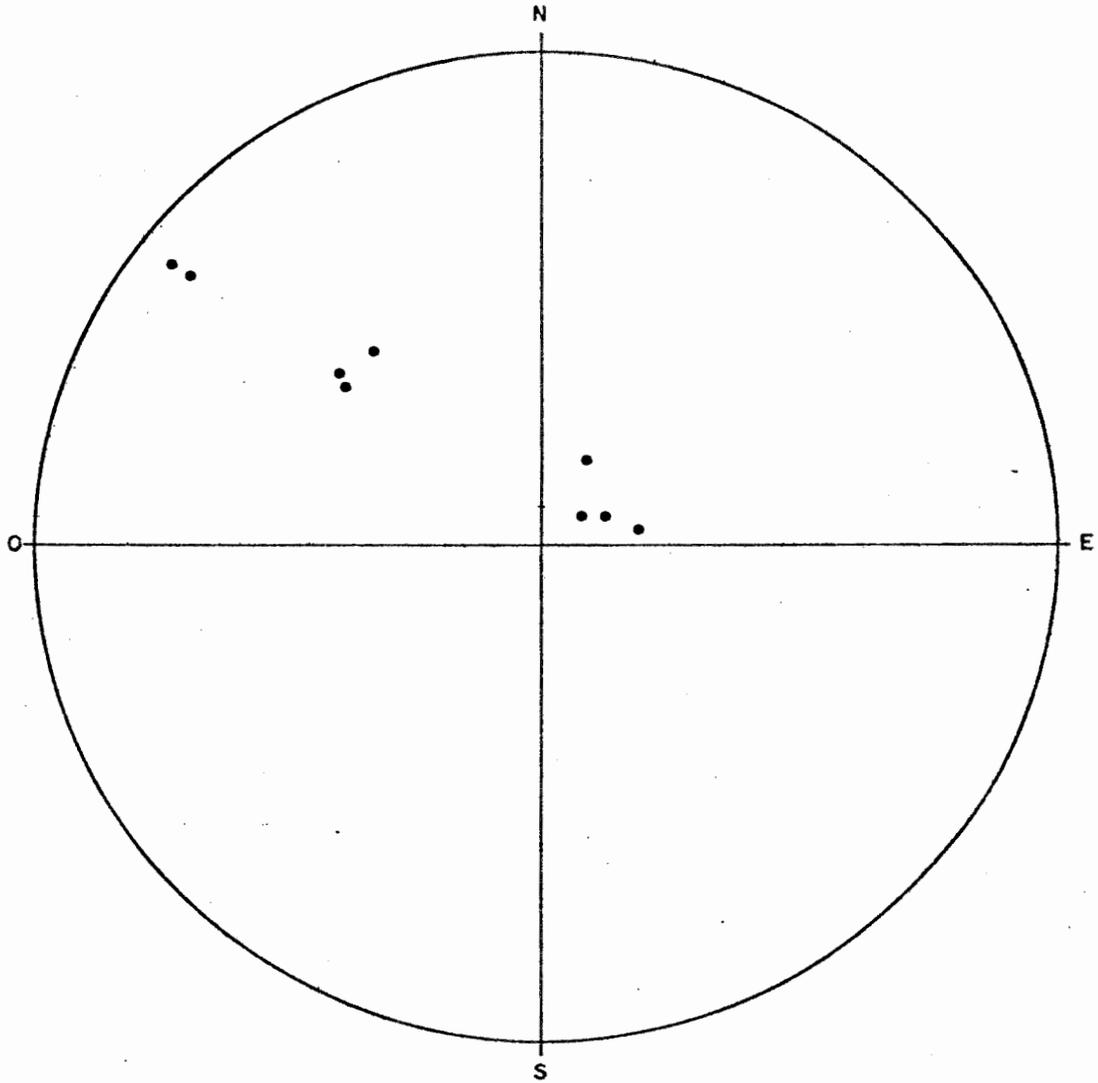


FIGURE 7 : COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_1^0$  POUR LES SOUS-DOMAINES  
B-1  $\tilde{\text{A}}$  B-9 (Conevos de Schmidt).

diagramme de la figure 7 n'a pas été contourné.

Pour les domaines A et B, il apparaît donc que les plis de première phase ( $P_1^0$ ) sont orientés nord-ouest-sud-est.

### III.2.4. Les éléments structuraux associés à la déformation $D_2$

#### III.2.4.1. Les surfaces $S_2$

La schistosité  $S_2$  est une schistosité de crénulation; elle est assez faiblement développée dans la partie ouest de la région, mais devient très forte dans la partie est, en particulier dans la moitié sud du canton Cléricy. Elle déforme nettement la schistosité  $S_1$  et fait invariablement un angle de  $20$  à  $40^\circ$  avec cette dernière, toujours dans le sens contraire au mouvement des aiguilles d'une montre.

La figure 8 montre une compilation des pôles de toutes les surfaces  $S_2$  mesurées sur le terrain: l'attitude de la surface  $S_2$  varie très peu, le point maximum des pôles donnant une attitude moyenne de  $078/84$  pour l'ensemble de la région.

Cette schistosité  $S_2$ , de direction générale est-ouest, est donc le résultat d'une deuxième phase de déformation  $D_2$  qui a repris les plis de première phase et a réorienté les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  pour donner à l'ensemble de la région un grain tectonique dominant est-ouest.

C'est ce grain tectonique secondaire est-ouest nettement marqué qui a amené les premiers chercheurs (Ambrose, 1941; Gunning, 1949) à penser que les plis de première phase plongeaient dans une direction est-ouest, alors qu'ils plongent abruptement vers le sud-est ou le nord-ouest.

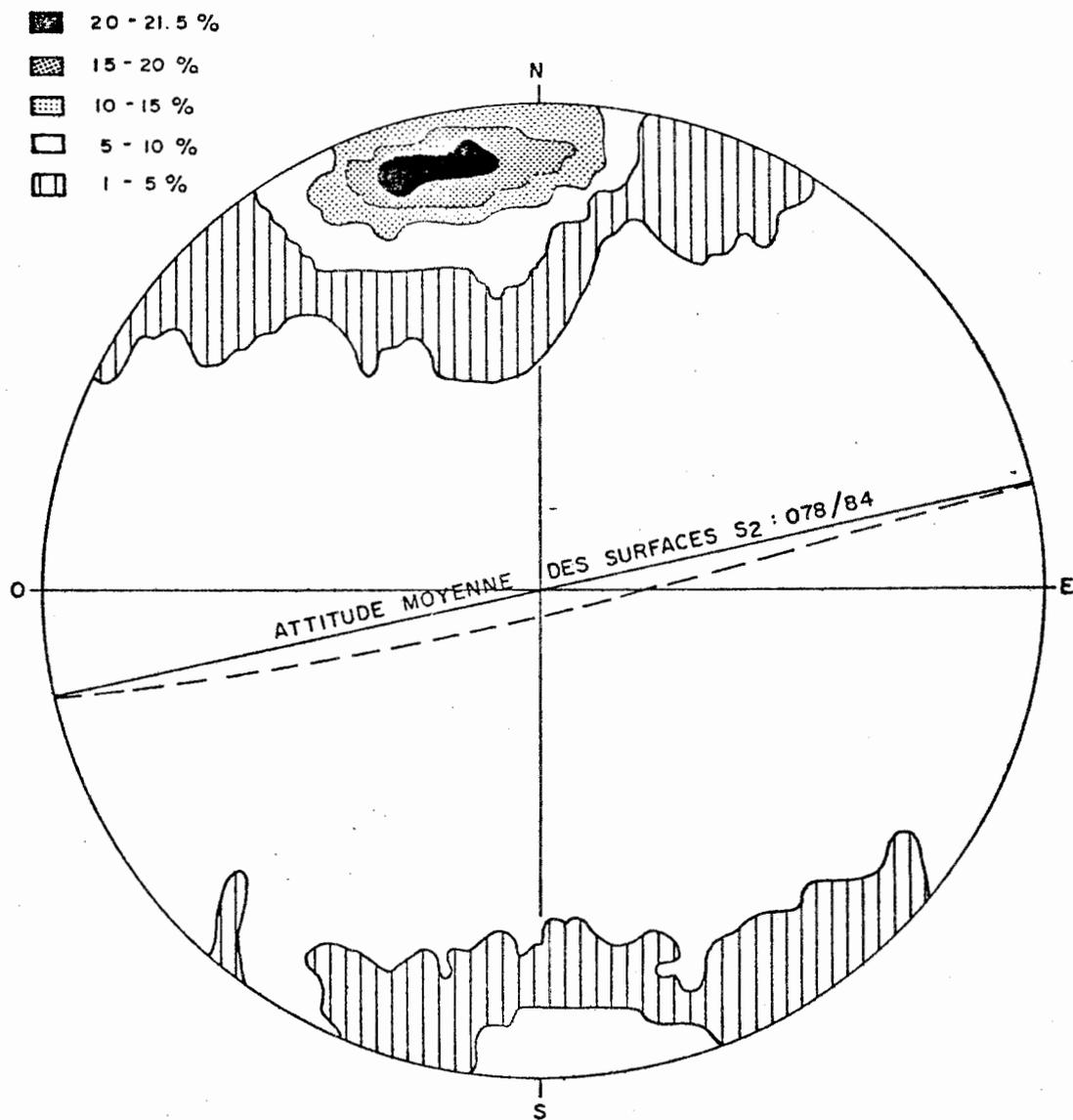


FIGURE 8 : COMPILATION DES PÔLES DES SURFACES S<sub>2</sub> POUR L'ENSEMBLE  
 DE LA RÉGION ÉTUDIÉE (251 mesures, canevas de Schmidt).

De fait, l'anticlinal Dufresnoy correspond à une structure synforme de deuxième phase alors que les synclinaux de Cléricy et du lac Dalember sont des structures de première phase.

#### III.2.4.2. Les linéations $L_2^0$

Comme on l'a déjà mentionné, la schistosité  $S_2$  est assez faiblement développée dans la partie ouest de la région, mais elle devient très intense dans la partie est, occasionnant la formation de plis parasites  $P_2^0$ . Ces plis  $P_2^0$  sont particulièrement bien développés dans le canton Cléricy (rang V, lots 5 et 6, et rangs I et II, lots 26 à 32) où l'on observe que la trace du synclinal de Cléricy est déformée par la schistosité  $S_2$ .

Ces deux plis sont analysés en détail aux figures 9 et 10. Dans les deux cas, les pôles des surfaces  $S_0$  se distribuent sur un grand cercle dont le pôle (qui correspond à l'axe du pli, soit la linéation  $L_2^0$ ) est inclus dans la surface  $S_2$  (en prenant l'attitude moyenne de la surface  $S_2$  pour l'ensemble de la région, telle qu'elle a été déterminée à la figure 8).

De ce fait, la flexure observée dans les surfaces  $S_0$  est géométriquement associée à la déformation  $D_2$  et pour les deux plis  $P_2^0$  analysés, les linéations  $L_2^0$  plongent vers l'ouest.

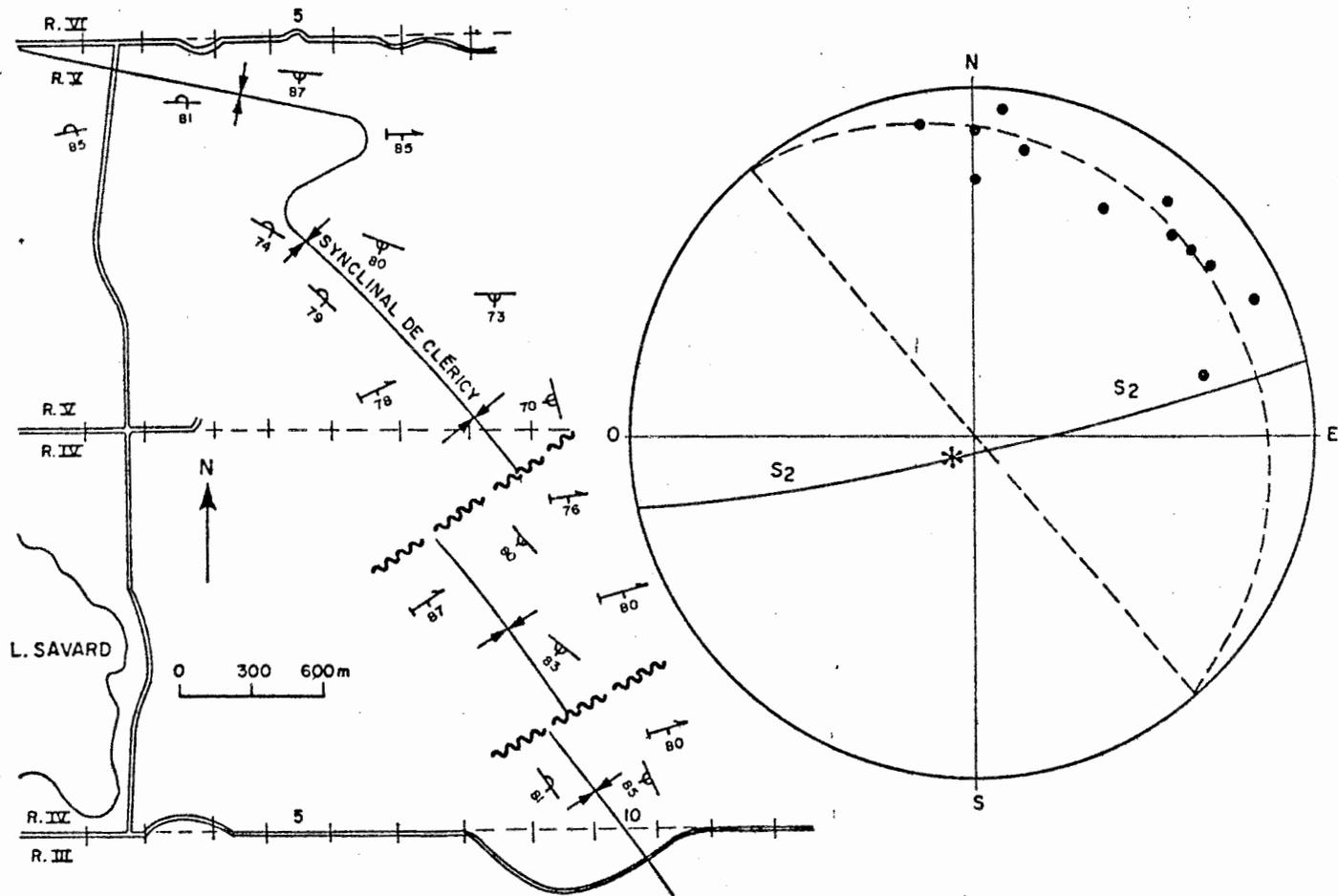


FIGURE 9 : ANALYSE DÉTAILLÉE D'UN PLI PARASITE  $P_2^0$  ; CANTON CLÉRICY , RANGS IV ET V , LOTS 1 À 10 (les symboles utilisés sont les mêmes que pour la carte tectonique ; ● pôle des surfaces  $S_0$  ; \* pôle de la ceinture des pôles).

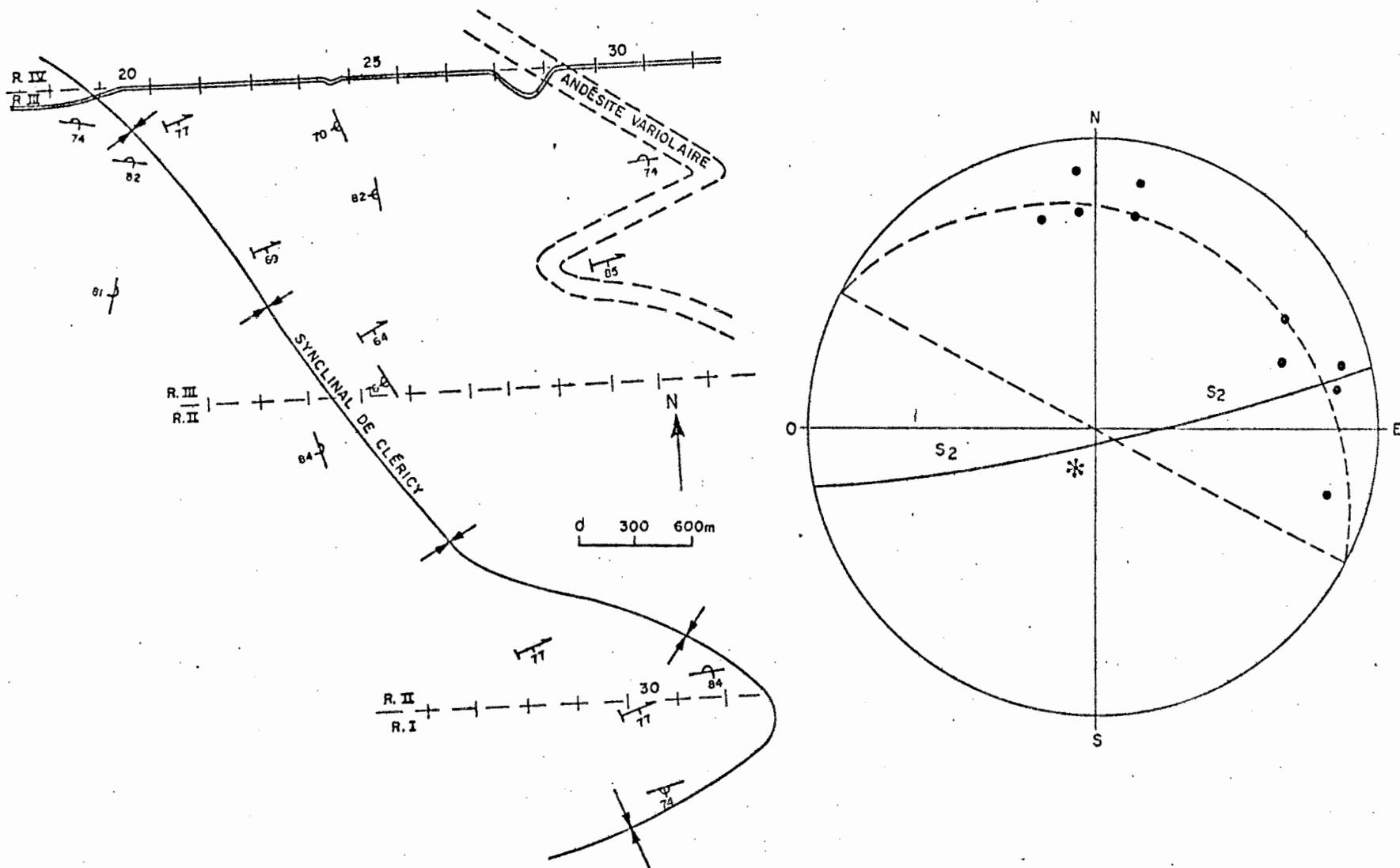


FIGURE 10 : ANALYSE DÉTAILLÉE D'UN PLI PARASITE  $P_2^0$  ; CANTON CLÉRICY, RANGS I À III, LOTS 20 À 32  
 ( les symboles utilisés sont les mêmes que pour la carte tectonique ; ● pôle des surfaces S<sub>0</sub> ; \* pôle de la ceinture des pôles ).

### III.2.4.3. Les linéations $L_2^1$

Dans les cas où la linéation  $L_2^1$  était bien développée, elle a été mesurée directement sur le terrain; dans les autres cas, elle a été construite en trouvant l'intersection des surfaces  $S_1$  et  $S_2$  mesurées sur le même affleurement. La compilation des linéations  $L_2^1$  apparaît à la figure 11: ces linéations plongent toutes vers l'ouest (comme les linéations  $L_2^0$  obtenues en III.2.4.2) avec des angles variables.

Il en ressort que dans la région étudiée, les plis de deuxième phase plongent vers l'ouest.

### III.2.5. Les éléments structuraux associés à la déformation $D_3$

#### III.2.5.1. Les surfaces $S_3$

La schistosité  $S_3$  n'est pas développée uniformément à travers la région étudiée: elle se limite plutôt aux zones de très forte déformation. Lorsqu'elle accompagne les surfaces  $S_1$  et/ou  $S_2$ , elle déforme ces dernières pour donner de petits plis en chevron invariablement en forme de "Z".

La figure 12 représente la compilation des pôles de toutes les surfaces  $S_3$  mesurées dans la région: tous ces plans possèdent une orientation NE - SO qui varie très peu et un pendage très abrupt, généralement vers le SE. Le point maximum des pôles de  $S_3$  donne pour cette surface une attitude moyenne de 020/88.

La surface  $S_3$  représente le plan axial de la grande flexure ob-

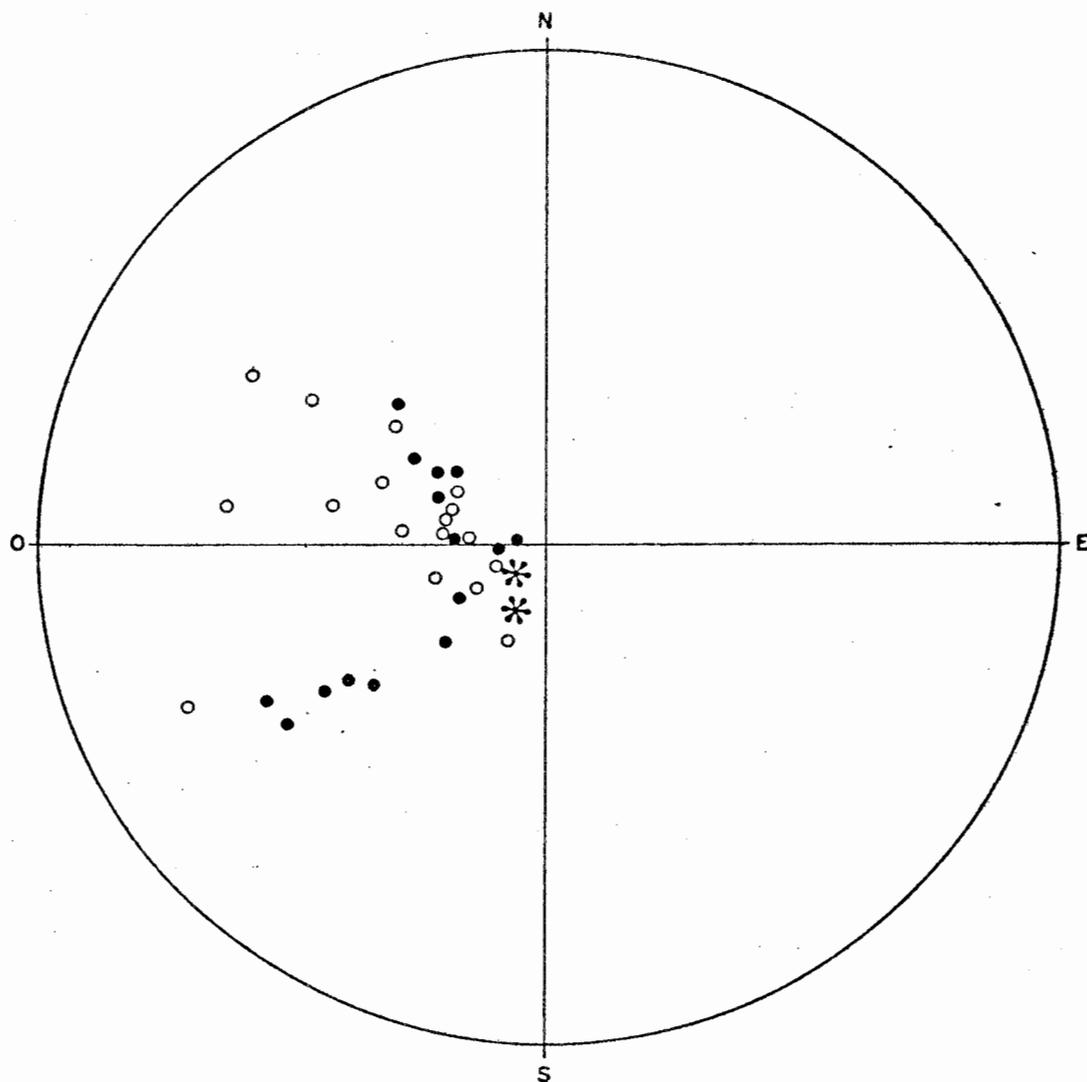


FIGURE 11 : COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_2^1$  ET  $L_2^0$  POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE ( ● linéations  $L_2^1$  mesurées, ○ linéations  $L_2^1$  construites, \* linéations  $L_2^0$  obtenues des figures 9 et 10 ; canevas de Wulff ).

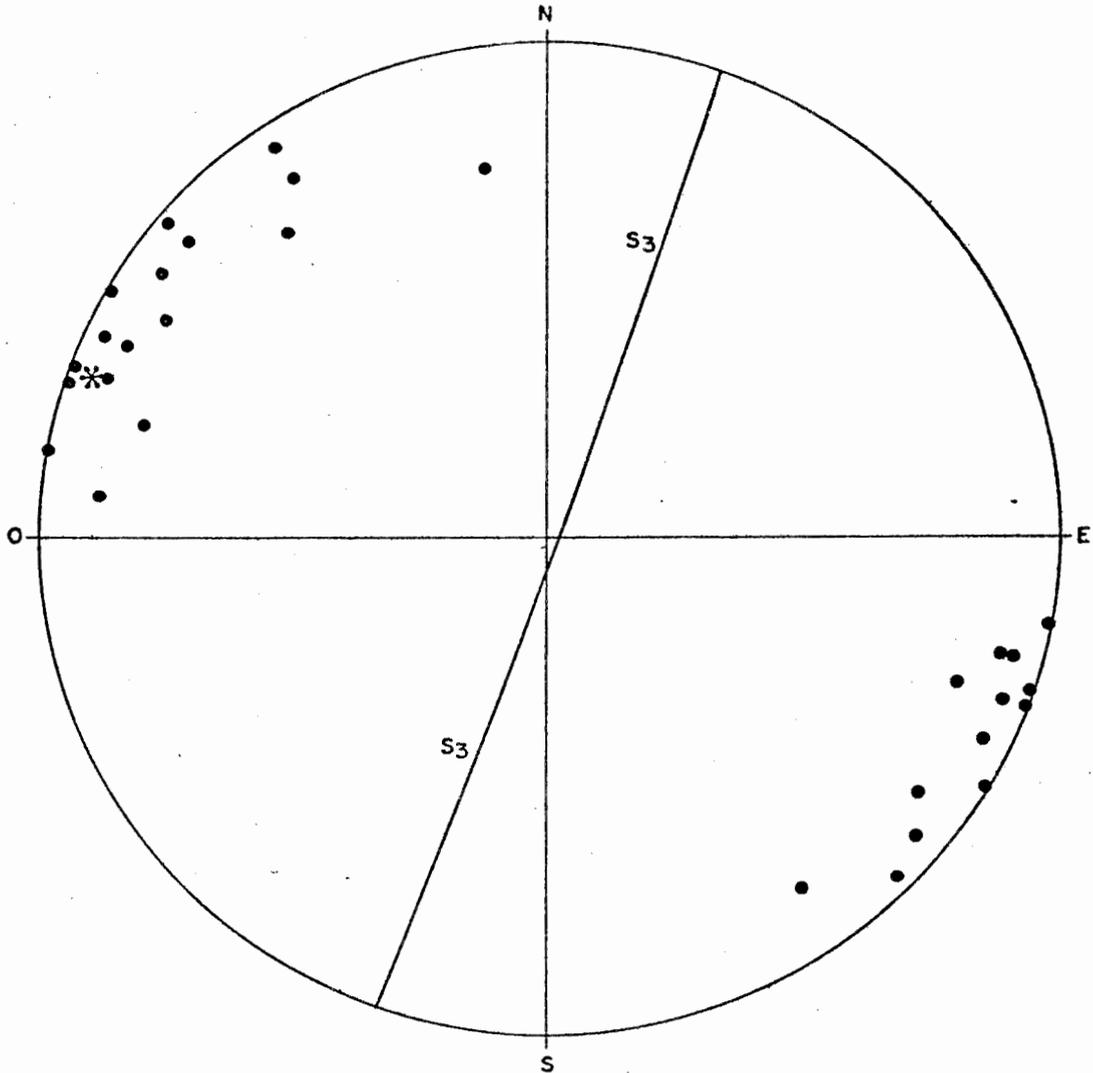


FIGURE 12 : COMPILATION DES PÔLES DES SURFACES  $S_3$  POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE ( 26 mesures , canevas de Schmidt , \* : point maximum ).

servée pour les surfaces  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$  à l'échelle régionale. Cette flexure est très évidente dans les cantons Destor et Dufresnoy situés dans la partie ouest de la carte (voir la carte 2 en annexe). En effet, entre la route 101 et le village de Cléricy, la stratification prend successivement les directions suivantes: O - E, NO - SE, N - S et à nouveau NO - SE. La schistosité  $S_1$  est sub-parallèle au plan  $S_0$  et tourne en même temps que ce dernier. Quant à la schistosité  $S_2$ , elle fait invariablement un angle de 20 à 40° avec  $S_1$  dans le sens anti-horaire: elle tourne avec  $S_1$ , tout en conservant un écart de même mesure angulaire, démontrant ainsi que ces deux surfaces ont été simultanément plissées lors d'une phase de déformation postérieure.

Sur un canevas de Wulff, les pôles des surfaces  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$  correspondant à cette flexure se distribuent sur un grand cercle dont le pôle (qui correspond à l'axe de la flexure) est inclus dans le plan  $S_3$ , démontrant que cette surface est bien le plan axial de la flexure observée (figure 13).

### III.2.5.2. Les linéations $L_3^0$

Les linéations formées par l'intersection du plan  $S_3$  avec les plans  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$  ( $L_3^0$ ,  $L_3^1$  et  $L_3^2$  respectivement) plongent toujours très abruptement et de ce fait leur mesure sur le terrain peut comporter une erreur importante. Ces linéations ont donc été construites en prenant pour chaque sous-domaine l'attitude moyenne de la surface  $S_3$  (dans les sous-domaines où  $S_3$  était développée) et l'attitude moyenne des surfaces  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$ .

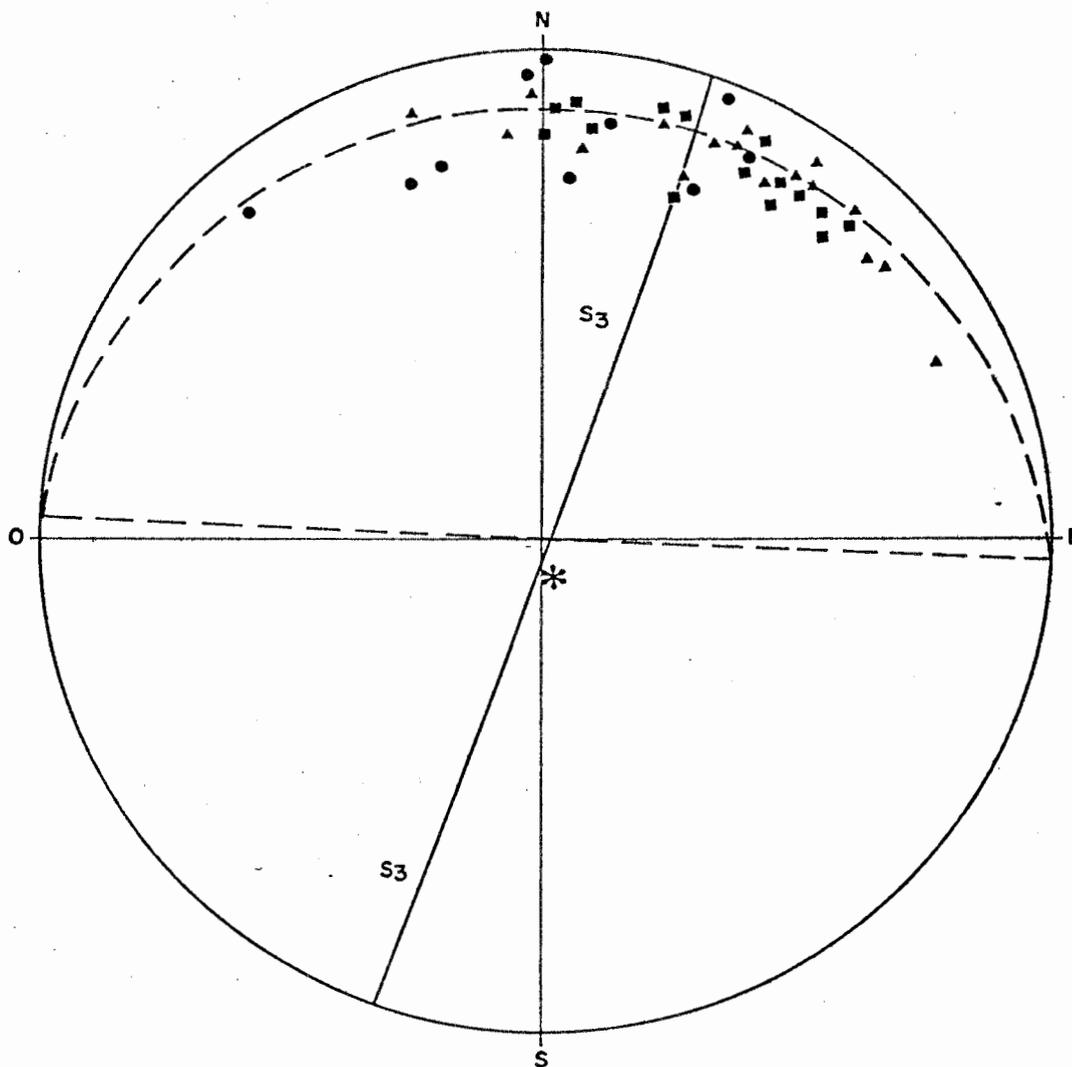


FIGURE 13 : COMPILATION DES PÔLES DES SURFACES  $S_2$  ( $\bullet$ ),  $S_1$  ( $\blacksquare$ ) ET  $S_0$  ( $\blacktriangle$ ) POUR LES SOUS-DOMAINES A-1 À A-19. (\* : pôle de la ceinture des pôles ; canevas de Wulff).

La figure 14 montre une compilation des linéations  $L_3^0$  obtenues de cette façon: ces linéations plongent très abruptement vers le sud.

#### III.2.5.3. Les linéations $L_3^1$

La figure 15 représente une compilation des linéations  $L_3^1$  obtenues par la même méthode. Les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  étant sub-parallèles, la distribution des  $L_3^1$  suit le même patron que celle des  $L_3^0$ : ce sont des linéations très abruptes plongeant directement vers le sud.

#### III.2.5.4. Les linéations $L_3^2$

La surface  $S_3$  représentant le plan axial de la dernière phase de plissement d'importance dans la région, les linéations  $L_3^2$  devraient être très bien groupées, leur attitude correspondant à l'axe de cette dernière phase de plissement. La figure 16 indique que ces linéations plongent abruptement vers le sud, mais montrent cependant une dispersion assez notable. Cette dispersion peut être due à l'effet d'une phase de déformation postérieure ou à la forme non parfaitement cylindrique des plis de troisième phase.

Quoi qu'il en soit, tous les plis associés à la déformation  $D_3$  plongent très abruptement vers le sud.

#### III.2.6. Les éléments structuraux associés à la déformation $D_4$

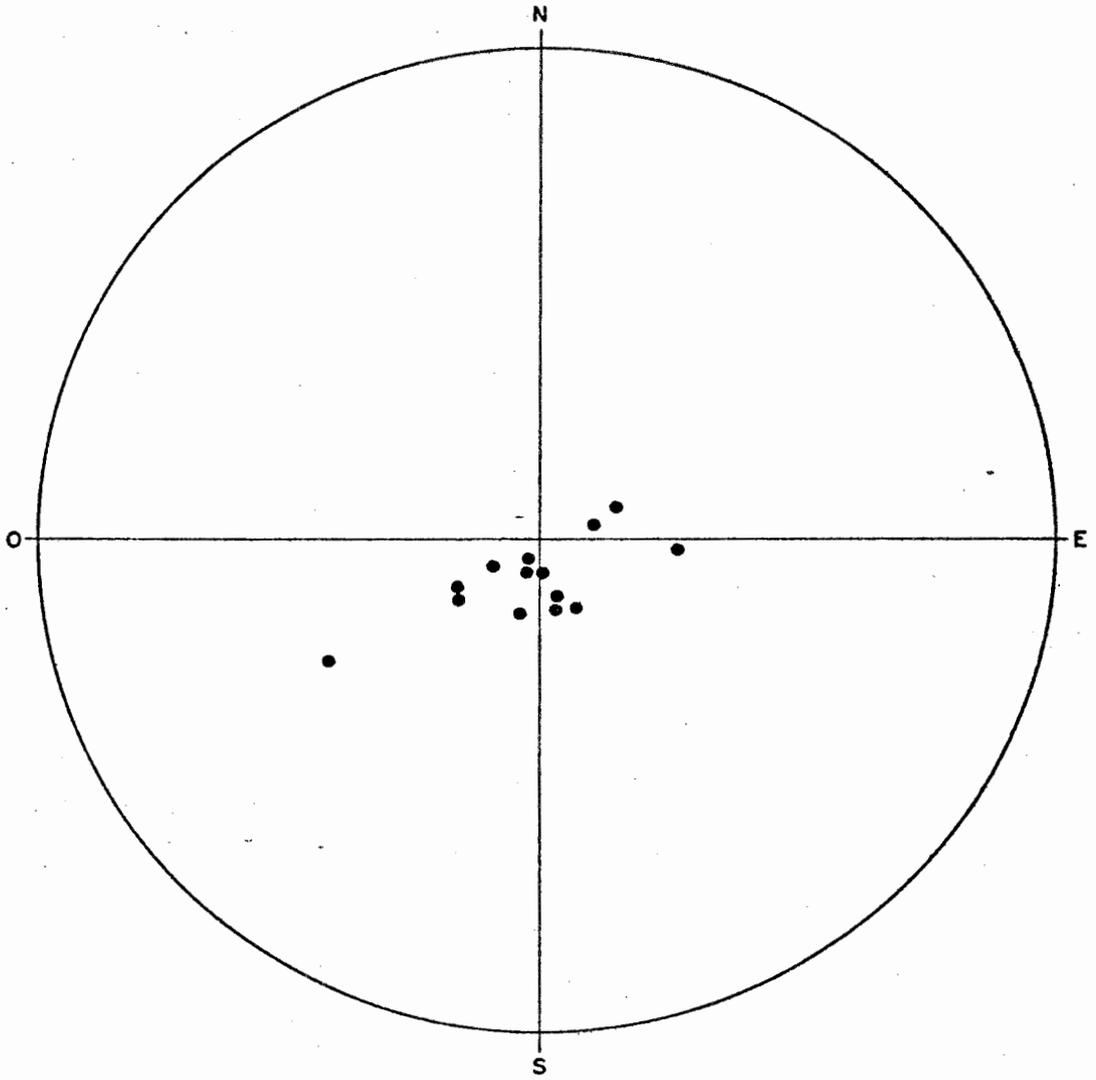


FIGURE 14 : COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_3^0$  POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE. (14 mesures, canevas de Wulff).

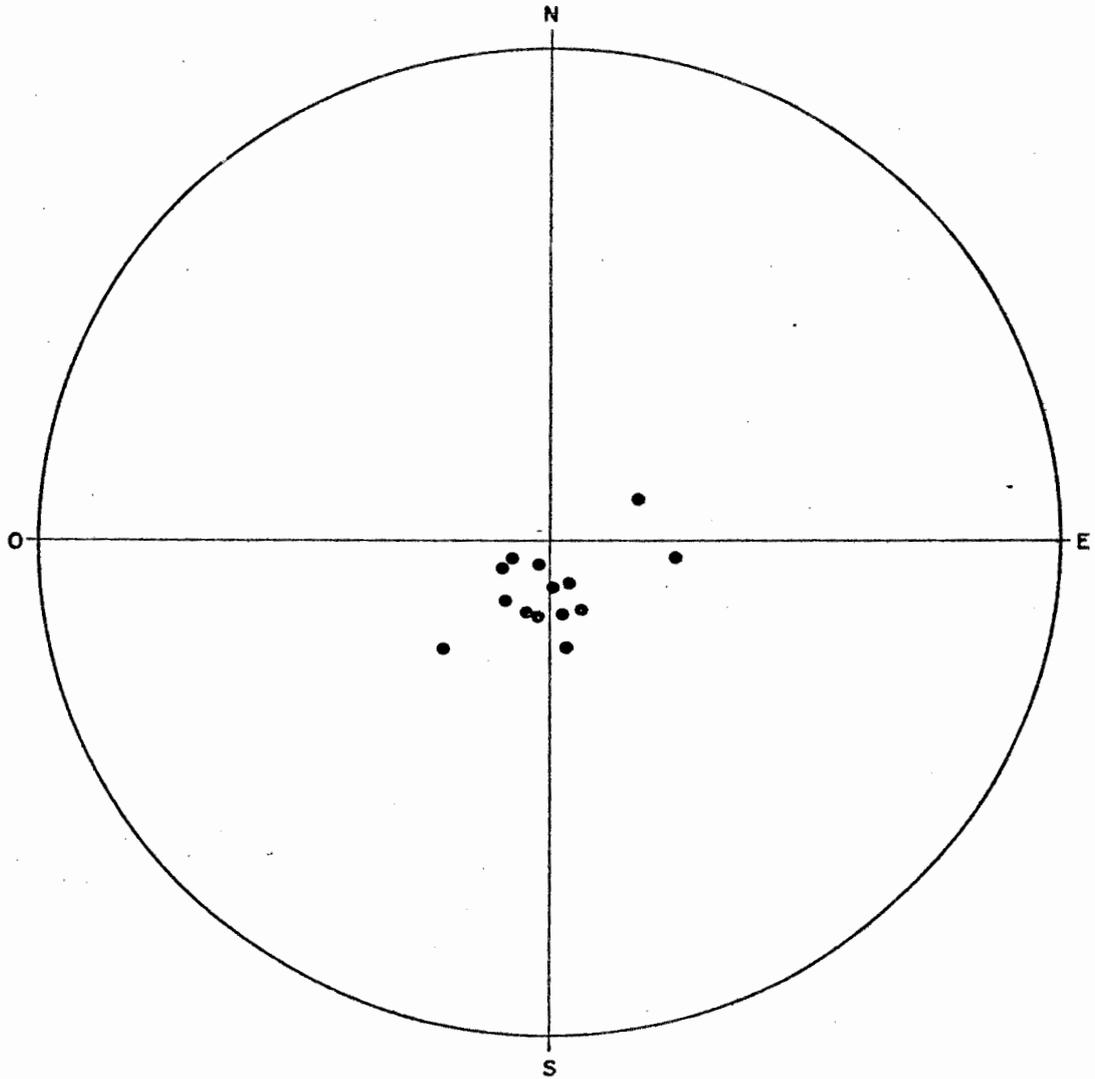


FIGURE 15 : COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_3^1$  POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE. ( 14 mesures, conevas de Wulff ).

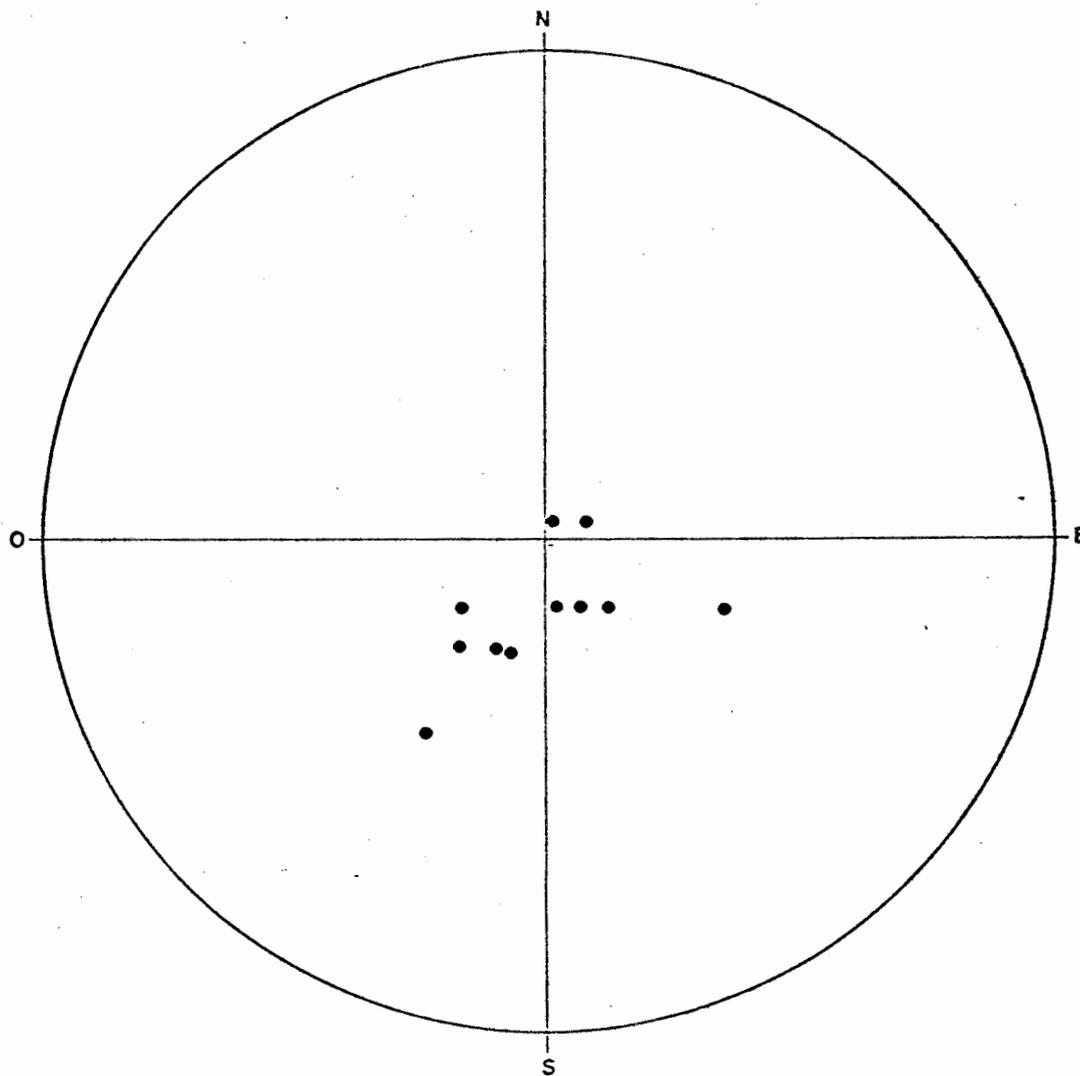


FIGURE 16 : COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_3^2$  POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE. ( 11 mesures, canevas de Wulff ).

### III.2.6.1. Les surfaces $S_4$

Tout comme pour les surfaces  $S_3$ , la schistosité  $S_4$  n'est présente que dans les zones de très forte déformation. De plus, elle est beaucoup moins fréquemment développée que  $S_3$ . Tout comme cette dernière, elle déforme les surfaces  $S_1$  et  $S_2$  pour donner de petits plis en chevron, mais dont la forme, cette fois-ci, est invariablement en "S".

La figure 17 montre une compilation des pôles de toutes les surfaces  $S_4$  mesurées dans la région: la direction NO - SE de ces plans varie très peu, avec un pendage très abrupt, généralement vers le NE. Le point maximum des pôles de  $S_4$  donne pour cette surface une attitude moyenne de 353/87.

La déformation  $D_4$  n'est pas responsable de plis importants à l'échelle régionale. Les linéations formées par l'intersection de  $S_4$  avec les autres surfaces sont toujours très abruptes (sub-verticales) et n'ont pas été mesurées.

### III.3. Les plis majeurs

Dans cette section, les principaux plis cartographiés dans la région seront décrits de façon détaillée.

#### III.3.1. Le synclinal de Cléricky

Le synclinal de Cléricky peut être tracé à travers toute la région étudiée: le long de la trace de son plan axial, de direction NO -

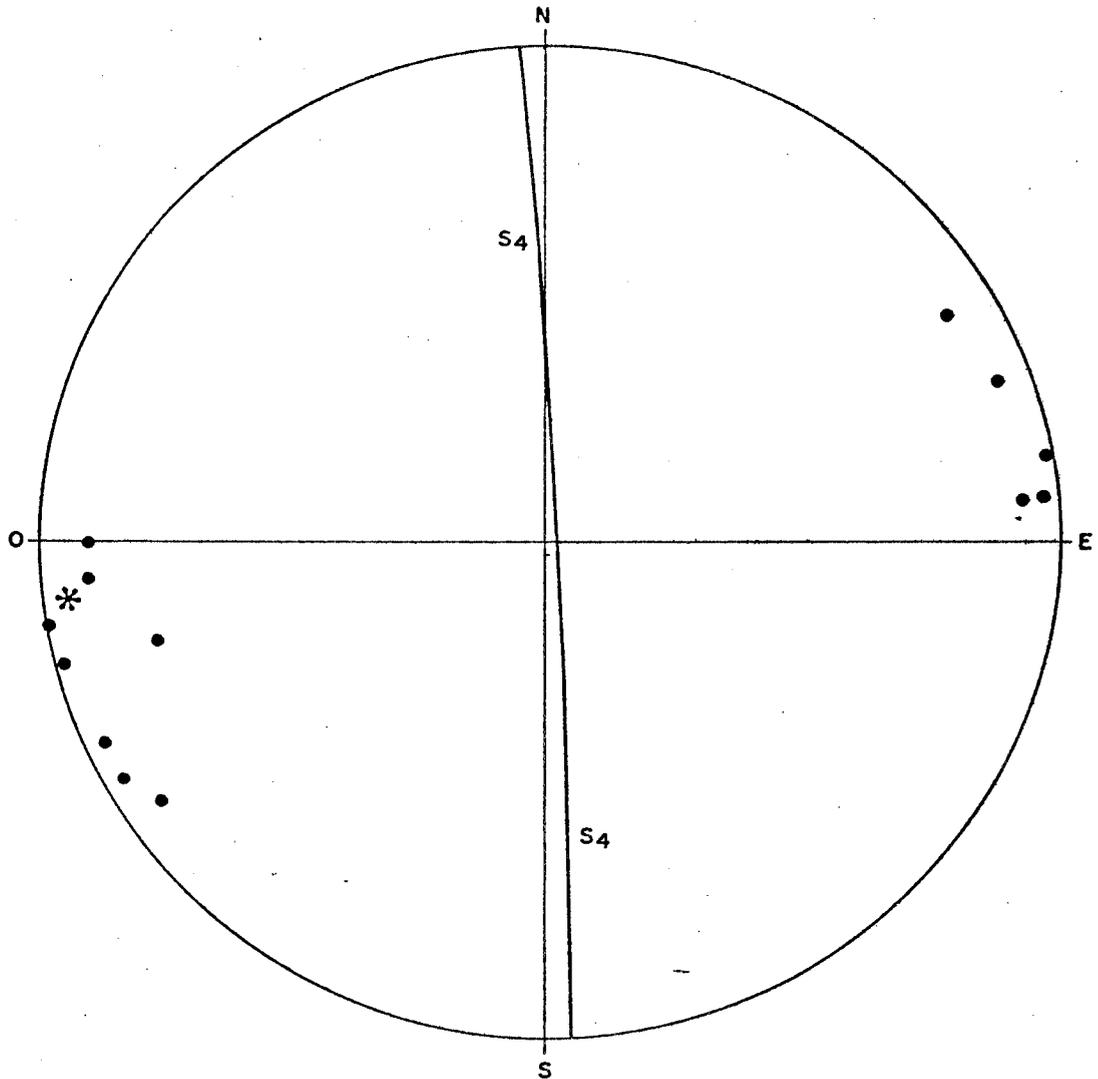


FIGURE 17 : COMPILATION DES PÔLES DES SURFACES  $S_4$  POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE ( 12 mesures , canevas de Schmidt , \* : point maximum ).

SE, les unités lithologiques se referment vers le SE (par exemple: les pyroclastites de Reneault). Etant donné que ce pli plonge abruptement vers le sud-est (voir III.2.3.2), il s'agit donc d'un **synclinal** antiforme.

Les pyroclastites de Reneault occupent le coeur de ce synclinal dans la partie ouest de la région, et après leur disparition dans un faciès très fin, sont remplacées successivement par un ensemble de brèches rhyolitiques, puis d'andésites à coussinets. A cet effet, le "synclinal Harvie" (Hogg, 1963) ne serait que la prolongation du synclinal de Cléricy dont la trace a été déplacée d'environ 2,800 m vers l'ouest par une faille. Comme appui à cette hypothèse, soulignons le fait que la trace du plan axial de l'anticlinal synforme Dufresnoy est également déplacée vers l'ouest, de la même distance, par cette faille.

La trace du plan axial du synclinal de Cléricy disparaît finalement contre le filon-couche de Cléricy (Hogg, 1963). Il est probable que ce synclinal soit localement faillé, ainsi que le suggère l'affleurement de la Plage Destor. A cet endroit, la polarité dans les roches pyroclastiques de Reneault est orientée vers le NE et il n'y a pas suffisamment d'espace pour que soit reproduite l'épaisseur de ces roches sur le flanc nord du synclinal de Cléricy: une faille longitudinale peut donc être présente à cet endroit.

Comme il a déjà été mentionné, la trace du plan axial du synclinal de Cléricy est déformée par la schistosité  $S_2$  qui devient très forte dans la partie sud du canton Cléricy, donnant lieu à la formation de charnières de plis parasites  $P_2^0$ .

L'anticlinal et le synclinal du lac Imau (Hogg, 1963) ne sont que des plis parasites  $P_1^0$  sur le flanc du pli majeur qu'est le synclinal

de Cléricy: ceci est démontré par la compatibilité des linéations  $L_1^0$  (voir figure 6) et par la répétition du niveau d'andésite variolaire de part et d'autre de ces plis.

### III.3.2. L'anticlinal synforme Dufresnoy

L'anticlinal Dufresnoy est un anticlinal synforme de deuxième phase. Sur son flanc nord, les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  montrent un pendage vers le sud et les linéations  $L_1^0$  plongent abruptement vers le sud, tandis que sur son flanc sud, les surfaces  $S_0$  et  $S_1$  ont un pendage vers le nord et les linéations  $L_1^0$  plongent abruptement vers le nord. La trace de son plan axial peut être cartographiée à travers toute la région et se rattache à l'anticlinal tracé par Rocheleau (1979).

La trace de ce plan axial est déplacée par la même faille qui affecte le synclinal de Cléricy, et de la même manière.

### III.3.3. Le synclinal et l'anticlinal du lac Dalember

L'anticlinal synforme Dufresnoy est flanqué au SO par deux autres plis qui ont pu être tracés sur une courte distance et pour lesquels nous suggérons les noms de synclinal et d'anticlinal du lac Dalember. Le synclinal du lac Dalember est l'équivalent, après replissement, du synclinal de Cléricy: il plonge abruptement vers le nord, et de ce fait, c'est un véritable synclinal de première phase. Il ne faut pas s'étonner outre mesure que les lithologies présentes dans le coeur du synclinal de Cléricy ne soient pas répétées dans le synclinal du lac Dalember: en

effet, dans les terrains volcaniques, les unités sont souvent lenticulaires et de faible extension latérale. Une autre explication possible réside dans le fait que la partie sud de la région a pu être érodée à un niveau plus profond que la partie nord, d'où la disparition de certaines unités lithologiques.

Nous avons peu de renseignements sur l'anticlinal du lac Dalem-  
bert; cependant, il est permis de penser qu'il s'agit d'une structure  
antiforme de deuxième phase (voir figure 24).

#### III.4. Les failles majeures

Plusieurs types de failles sont présents; dans cette section, seules les plus importantes d'entre elles seront décrites:

- La faille du ruisseau Davidson (Ambrose, 1941) limite la région étudiée à l'est. Elle consiste en une zone de cisaillement intense et déplace (dans un plan horizontal) le contact entre le Groupe de Blake River et le Groupe de Cadillac d'environ 2 km; le sens de ce déplacement est sénestre (Rocheleau, 1979).
- Une autre faille très importante est celle qui est orientée est-ouest et qui suit de très près le tracé de la route entre les rangs V et VI dans les cantons Dufresnoy et Cléricy. Cette faille déplace horizontalement la trace du plan axial de l'anticlinal synforme Dufresnoy et du synclinal de Cléricy d'environ 2,800 m vers l'ouest et bifurque dans le canton Cléricy pour aller se loger entre le synclinal et l'anticlinal du lac Imau comme le suggère l'absence du niveau d'andésite variolaire entre

ces deux plis. La direction de la faille correspond presque à celle de la route, car en deux endroits, sur des affleurements situés de part et d'autre de cette route, les polarités sont inversées: canton Dufresnoy, lot 42 et canton Cléricy, lot 4.

- Une faille orientée NE - SO déplace horizontalement la trace de l'anticlinal synforme Dufresnoy d'environ 1,700 m (sens de déplacement dextre) dans le rang VIII du canton Dufresnoy. L'épaisseur du flanc nord de l'anticlinal synforme Dufresnoy à l'est de la faille et l'épaisseur de son flanc sud à l'ouest de la faille ayant été augmentées par suite du développement de plis parasites, la faille a permis l'ajustement de ces deux blocs. Un de ces plis parasites a été représenté à l'est de la faille et des strates orientées nord-sud suggèrent également la présence de plis parasites à l'ouest de cette faille (voir la carte tectonique).
- Une autre faille orientée NE - SO est présente dans le canton Cléricy (rangs III et IV, lots 4 à 20). Dans sa partie ouest, elle déplace légèrement les unités lithologiques (le déplacement horizontal est de l'ordre d'une centaine de mètres et le sens de déplacement sénestre), mais son effet le plus sensible se situe au niveau du filon-couche de Cléricy dont on observe qu'un lambeau a été partiellement arraché et a subi une rotation (canton Cléricy, rang III, lot 14). Plus à l'est, cette faille déplace la trace du synclinal de Cléricy: elle est d'ailleurs sub-parallèle à deux autres petites failles qui déplacent également la trace de ce synclinal dans le rang IV, mais cette fois-ci avec un sens de déplacement dextre.
- Tel qu'on l'a déjà mentionné, des failles longitudinales sont également

présentes et le synclinal de Cléricy est probablement affecté par ce type de faille à certains endroits (voir paragraphe III.3.1).

### III.5. Les failles mineures

En plus des failles majeures dont on vient de décrire les principales, il est fréquent d'observer, surtout dans les roches finement stratifiées (roches sédimentaires ou roches pyroclastiques à grain fin), de nombreuses petites failles de décrochement qui déplacent les strates de quelques centimètres. Ces failles mineures montrent des décrochements dextres ou sénestres: leur compilation apparaît aux figures 18 et 19.

La figure 18 indique que les failles à décrochement dextre suivent une direction qui varie de NNO - SSE à NNE - SSO avec un pendage abrupt généralement vers l'est. Quant aux failles à décrochement sénestre (figure 19), elles sont généralement orientées NE - SO avec un pendage abrupt vers le NO.

### III.6. Les dykes

L'attitude des dykes a également été mesurée systématiquement sur le terrain (figure 20). Dans la région, les dykes sont généralement orientées NO - SE avec un pendage sub-vertical.

### III.7. Les paléodirections

Côté et Dimroth (1976) suggèrent une méthode pour déterminer la

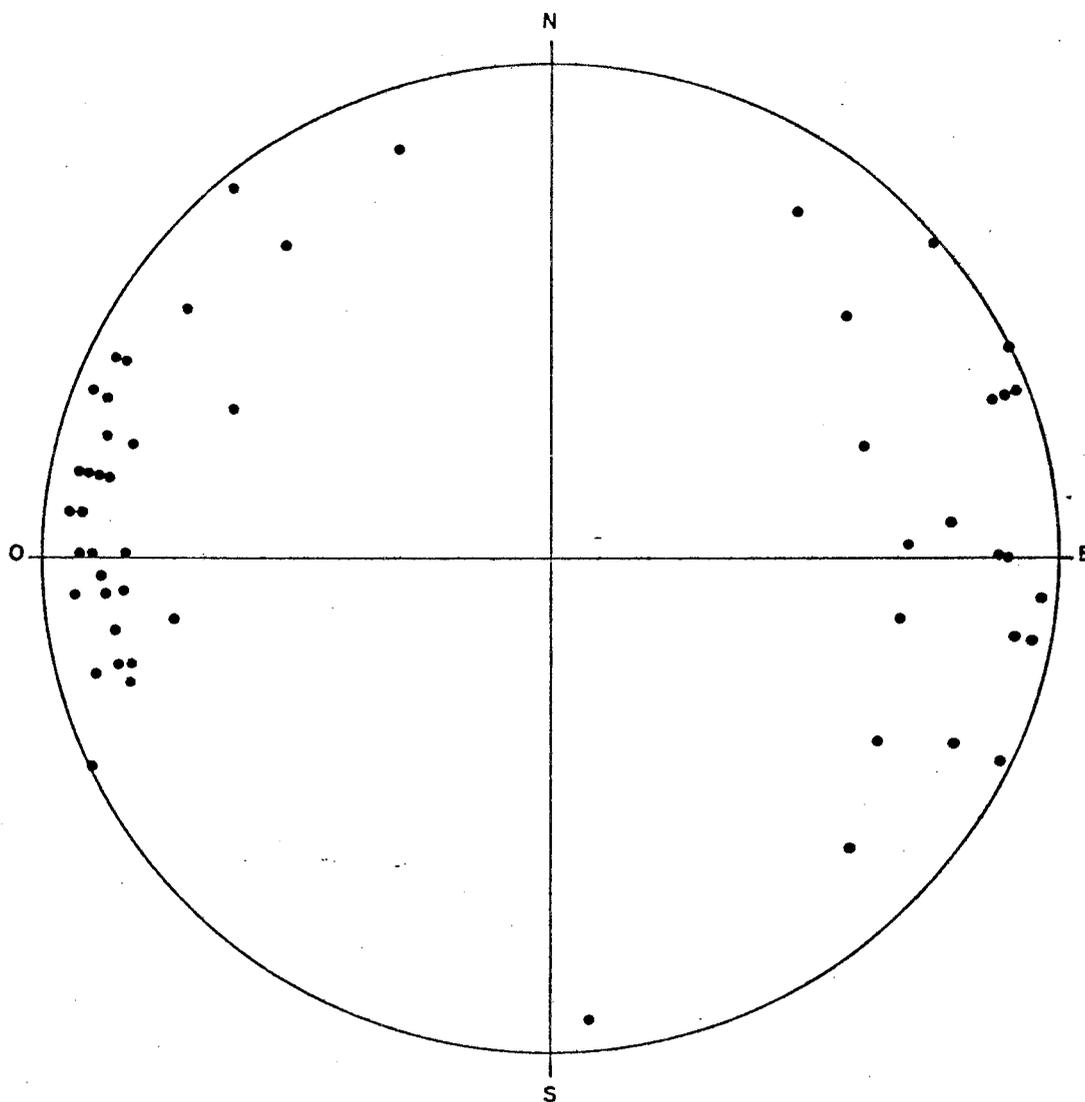


FIGURE 18 : COMPILATION DES PÔLES DES FAILLES DE DÉCROCHEMENT  
DXTRES POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE  
( 51 mesures , canevas de Schmidt ) .

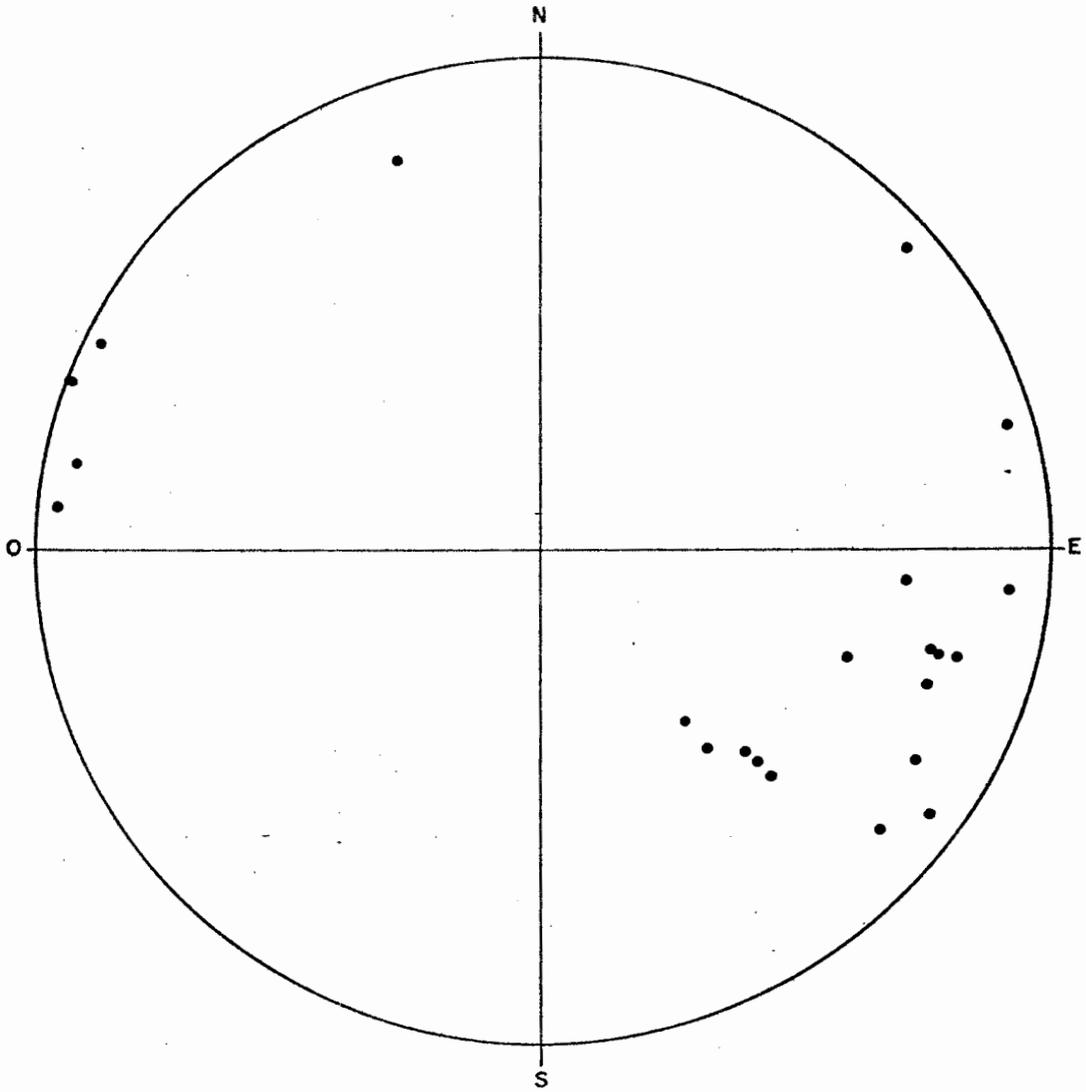


FIGURE 19: COMPILATION DES PÔLES DES FAILLES DE DÉCROCHEMENT  
SÉNESTRES POUR L'ENSEMBLE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE  
(22 mesures, conesvos de Schmidt).

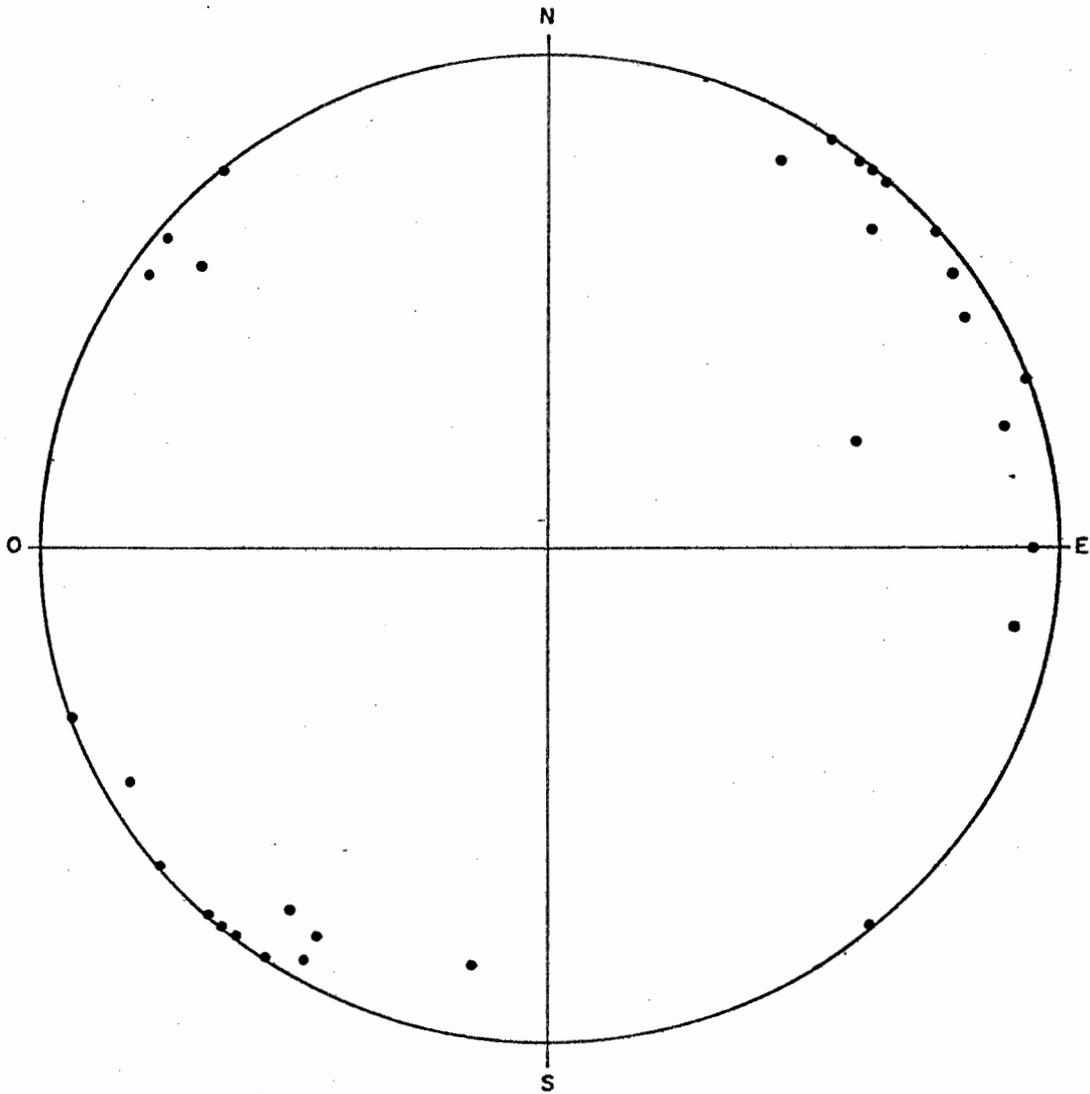


FIGURE 20: COMPILATION DES PÔLES DES DYKES POUR L'ENSEMBLE DE  
LA RÉGION ÉTUDIÉE ( 23 mesures , canevas de Schmidt ).

direction d'écoulement des coulées de lave mafique en utilisant l'orientation préférentielle des fragments dans la brèche de sommet de coulée. Bien que cette méthode soit valable en théorie, il est douteux qu'elle puisse être appliquée dans des terrains à tectonique polyphasée semblables à celui que nous avons étudié. En effet, avant de trouver une direction d'écoulement primaire, il faudrait annuler successivement l'effet de trois phases de plissement (dont les deux premières sont presque orthogonales) et ceci semble pratiquement impossible.

### III.8. Modèle tectonique global

Le tableau 2 résume les principales caractéristiques des quatre phases de déformation identifiées dans la région. Ces quatre phases sont dans l'ordre (les symboles structuraux utilisés pour les figures 21 à 24 sont les mêmes que sur la carte tectonique):

- 1<sup>o</sup>) des plis déversés (pratiquement isoclinaux) de direction nord-ouest-sud-est, probablement à faible plongée. Ces plis étaient de toute évidence déversés vers le SO, puisque les unités lithologiques se referment vers l'est. Dans la région, la structure majeure associée à cette déformation  $D_1$  est le synclinal de Cléricaly (figure 21). Une schistosité de plan axial  $S_1$  est associée à ces plis et est toujours sub-parallèle aux surfaces  $S_0$ .
- 2<sup>o</sup>) Les plis de deuxième phase sont pratiquement orthogonaux à ceux de première phase (la schistosité  $S_2$  montre une orientation légèrement ENE - OSO). Cette déformation  $D_2$  est responsable du grain tectonique dominant dans la région, les surfaces  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$  suivant toutes une

Déformation	Schistosité de plan axial	Développement de la schistosité	Type de plissement	Orientation
D <sub>1</sub>	S <sub>1</sub> , toujours sub-parallèle à S <sub>0</sub> .	Bien développée dans la partie ouest, très faible dans la partie est.	Plis majeurs déversés vers l'ouest avec des axes à très faible plongée.	NO-SE
D <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> , schistosité de crénulation, angle de 20 à 40° avec S <sub>1</sub> dans le sens antihoraire.	Faible dans la partie ouest, très forte dans la partie est.	Plis majeurs droits, ouverts, plongeant vers l'ouest.	ENE-OSO (pratiquement E-O)
D <sub>3</sub>	S <sub>3</sub> , plis en chevron en forme de "Z".	Présente seulement dans les zones de très forte déformation.	Pli majeur en "Z" très ouvert dans les surfaces S <sub>0</sub> , S <sub>1</sub> et S <sub>2</sub> , plongeant abruptement vers le sud; plis mineurs en chevrons plongeant abruptement vers le sud.	NNE-SSO
D <sub>4</sub>	S <sub>4</sub> , plis en chevron en forme de "S".	Présente seulement dans les zones de très forte déformation; moins souvent développée que S <sub>3</sub> .	Plis mineurs en chevrons à plongée sub-verticale.	NNO-SSE

**TABLEAU 2 : RÉSUMÉ DE LA TECTONIQUE DANS LA RÉGION DE CLÉRICY.**

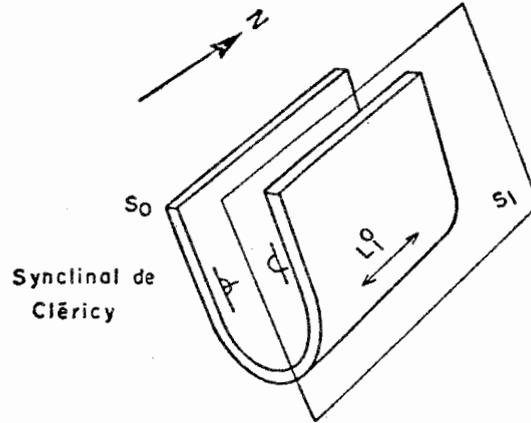


FIGURE 21 : DÉFORMATION  $D_1$  : PLI ORIENTÉ NORD-SUD ET DÉVERSÉ VERS L'OUEST, À FAIBLE PLONGÉE.

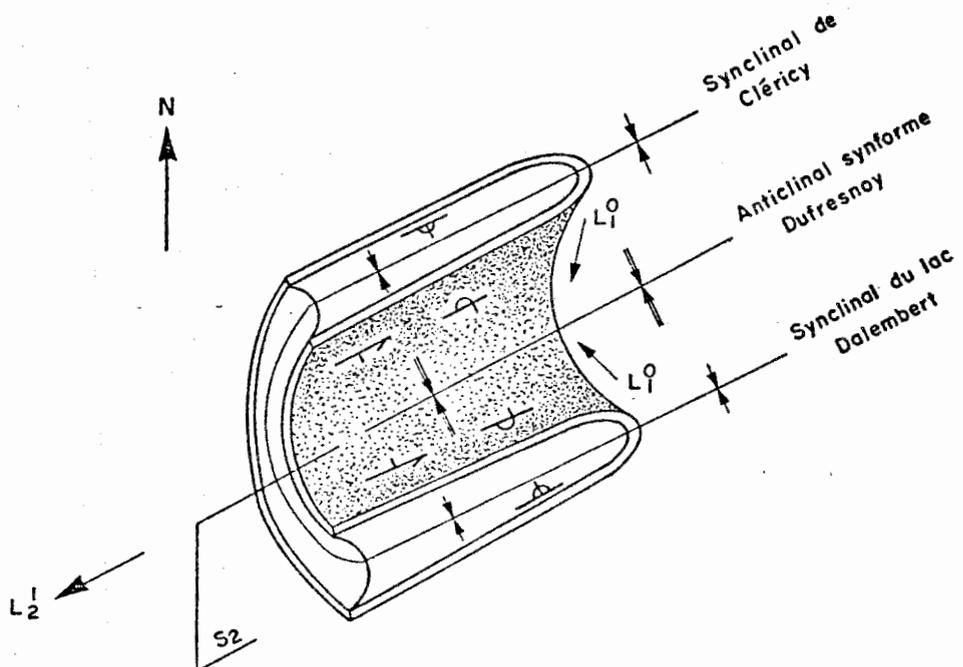


FIGURE 22 : DÉFORMATION  $D_2$  : PLI DROIT OUVERT D'ORIENTATION PRESQU'EST-OUEST, PLONGEANT VERS L'OUEST.

direction générale est-ouest. Les plis de deuxième phase sont droits, ouverts, plongent vers l'ouest et forment avec les plis de première phase un motif d'interférence de type croissant. Du fait de cette déformation  $D_2$ , le synclinal de Cléricy est répété au sud par un anticlinal synforme de deuxième phase (l'anticlinal synforme Dufresnoy; figure 22).

- 3<sup>0</sup>) La schistosité  $S_3$  suit une direction NNE - SSO; à l'échelle de l'affleurement, elle déforme les surfaces  $S_1$  et  $S_2$  pour former des plis en chevron plongeant abruptement vers le sud et dont la forme est toujours en "Z". A l'échelle régionale, elle répète le même genre de déformation, provoquant une grande flexure en "Z" dans les surfaces  $S_0$ ,  $S_1$  et  $S_2$  (figure 23).
- 4<sup>0</sup>) La schistosité  $S_4$  suit une direction NNO - SSE; elle déforme les surfaces  $S_1$  et  $S_2$  pour former de petits plis en chevron à plongée très abrupte et dont la forme est invariablement en "S". Cette déformation  $D_4$  n'est responsable d'aucun pli d'importance à l'échelle régionale.

La coupe A - B localisée sur la carte tectonique est représentée à la figure 24: elle résume la structure de la région de Cléricy. Deux points particuliers sont à considérer:

- 1<sup>0</sup>) si le synclinal du lac Dalember est l'équivalent du synclinal de Cléricy, il faut alors que les plis de deuxième phase soient très asymétriques (voir la figure 24). Le développement de plis parasites observé dans le canton Dufresnoy, rang VII, lots 33 à 35 permet d'expliquer l'augmentation d'épaisseur d'un flanc par rapport à l'autre. Une faille peut également être présente, et une troisième possibilité

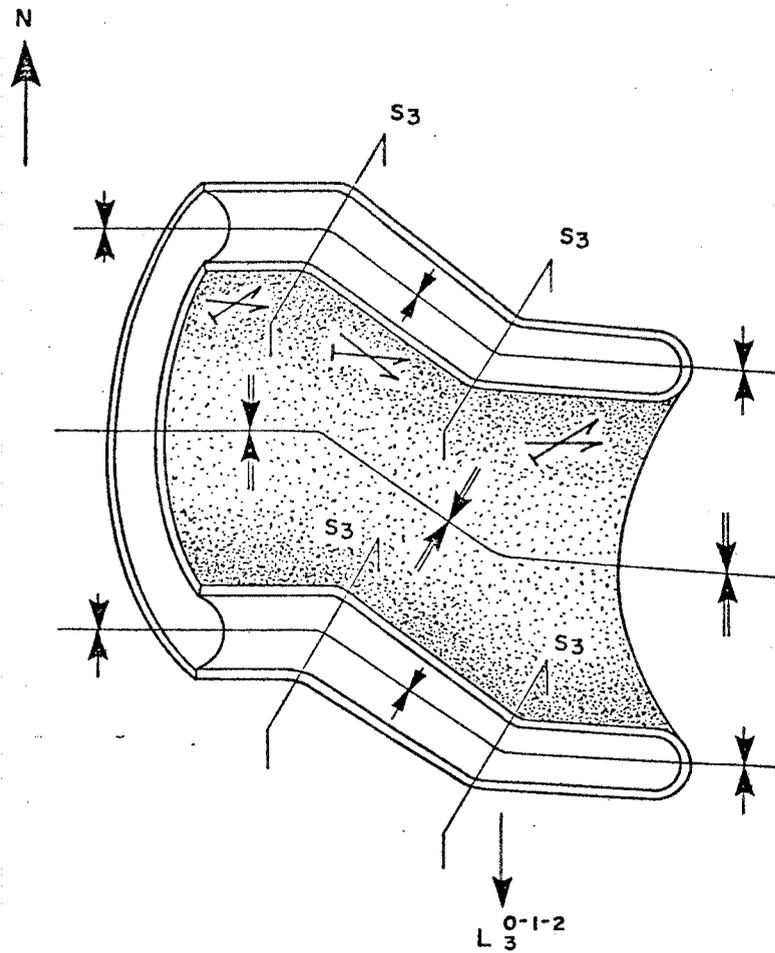


FIGURE 23: DÉFORMATION D<sub>3</sub> : PLI EN "Z" TRÈS OUVERT DANS LES SURFACES S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, ET S<sub>2</sub>, PLONGEANT ABRUPTEMENT VERS LE SUD.

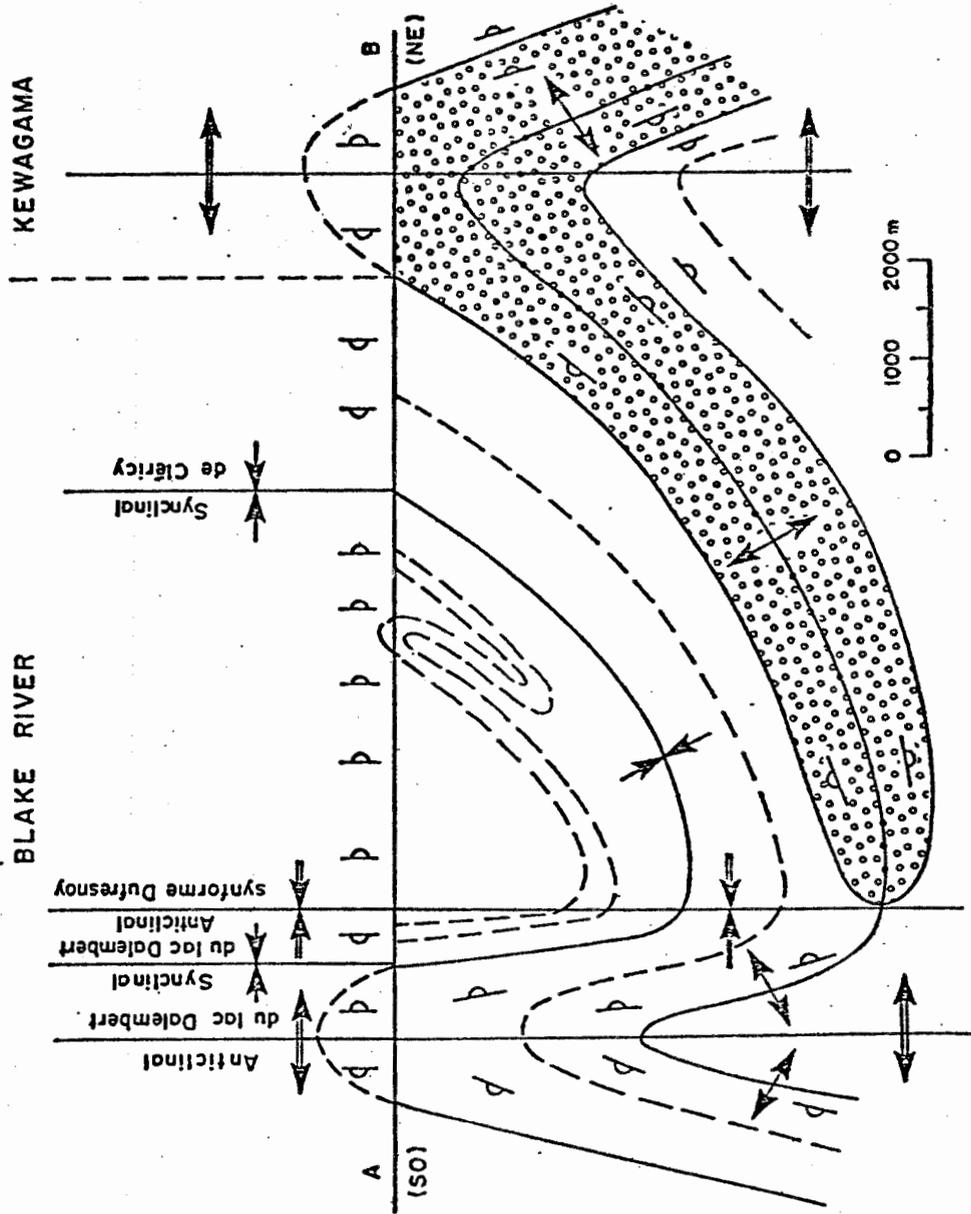


FIGURE 24: COUPE STRUCTURALE A-B (pour localisation, voir la carte tectonique en annexe).

serait que le synclinal du lac Dalembert soit un pli parasite faisant partie d'une structure de plus grande dimension: seule une cartographie détaillée de la région située au SO de la carte permettrait de répondre à cette question.

- 2<sup>o</sup>) En ce qui concerne la relation entre le Kewagama et le Blake River, une seule hypothèse a été retenue et représentée sur cette coupe: soit celle qui voudrait que le Blake River repose en concordance sur le Kewagama. Selon cette hypothèse, les structures présentes dans le Blake River se poursuivraient dans le Kewagama, ce qui n'a pas été vérifié.

### III.9. Conclusions de l'étude structurale

Le fait d'avoir démontré l'orientation nord-ouest-sud-est des plis de première phase dans la région, contrairement à l'opinion généralement reconnue, peut avoir des implications économiques très importantes si la localisation des gisements volcanogènes de métaux de base est contrôlée par la structure. Ce contrôle structural a déjà été reconnu à Bathurst, Nouveau-Brunswick et dans les Appalaches du Québec (mines Weedon, Cupra et Solbec). Dans la région étudiée, il faudrait donc chercher la prolongation de tels gisements dans une direction nord-ouest-sud-est, et non est-ouest.

Mentionnons en terminant que le modèle tectonique proposé pour la région de Cléricy est semblable à celui qui a été décrit par Goulet (1978) dans la région située juste au sud de la ville de Rouyn-Noranda. Davies (1977) obtient également un modèle comparable dans la région de Timmins, Ontario, mais propose plutôt une orientation est-ouest pour les plis de première phase, et NE - SO pour ceux de deuxième phase.

ADDENDUM AU CHAPITRE SUR  
LA GEOLOGIE STRUCTURALE

Le fait que les linéations  $L_1^0$  plongent abruptement vers le sud sur le flanc nord de l'anticlinal synforme Dufresnoy et vers le nord sur son flanc sud, ne constitue pas une preuve rigoureuse de la direction originelle nord-sud des axes de plis de première phase. Ce n'est tout au plus qu'une possibilité, en présumant que le plissement de deuxième phase n'a pas modifié la direction des axes des plis de première phase. Ce fait a été porté à notre attention par le professeur Jacques Béland, du département de Géologie de l'Université de Montréal, et le présent addendum vise à proposer une deuxième possibilité quant à la façon d'établir l'orientation des axes de plis de première phase. Cette deuxième hypothèse ne modifie cependant pas de façon fondamentale le modèle tectonique proposé pour la région de Cléricky.

La figure 6 indique que même si les linéations  $L_1^0$  montrent une forte concentration vers le sud, elles sont également dispersées suivant deux grands cercles: un premier assez bien défini et pendant vers le sud-ouest, et un deuxième plus faiblement développé et pendant vers le nord-est (voir figure 6A). Dans le domaine B, les linéations  $L_1^0$  sont dispersées suivant un grand cercle ayant exactement la même attitude que le deuxième grand cercle de dispersion des linéations  $L_1^0$  dans le domaine A (voir figure 7A).

Selon la méthode proposée par Ramsay (1967), on peut théoriquement retrouver l'orientation des plis de première phase en déterminant l'intersection des plans de dispersion des linéations  $L_1^0$  pour deux

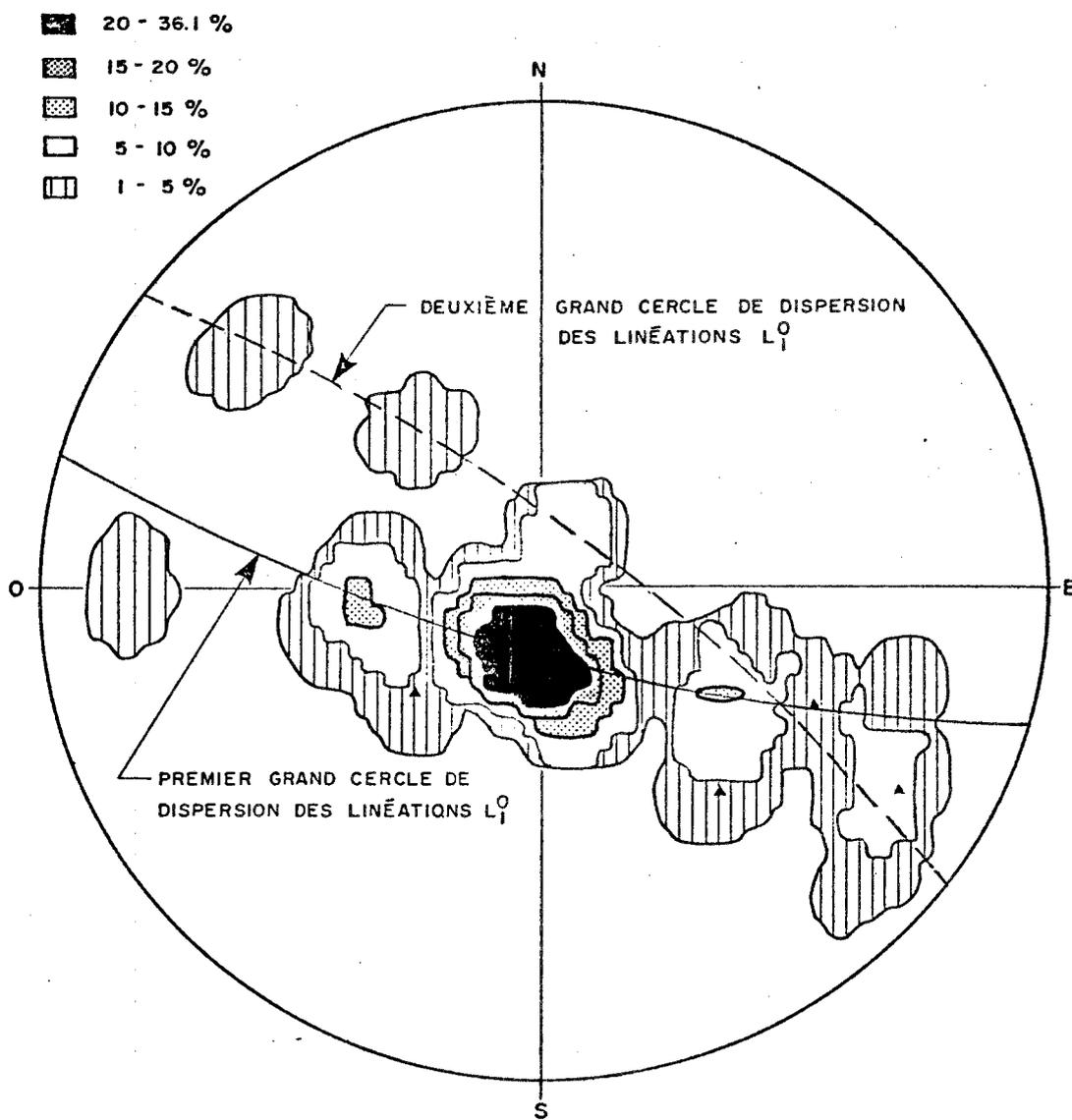


FIGURE 6A: COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_1^0$  POUR LES SOUS-DOMAINES  
 A-1 à A-36 ( $\blacktriangle$ : sous-domaines couvrant le synclinal et l'anticlinal  
 du lac Imau; canevas de Schmidt).

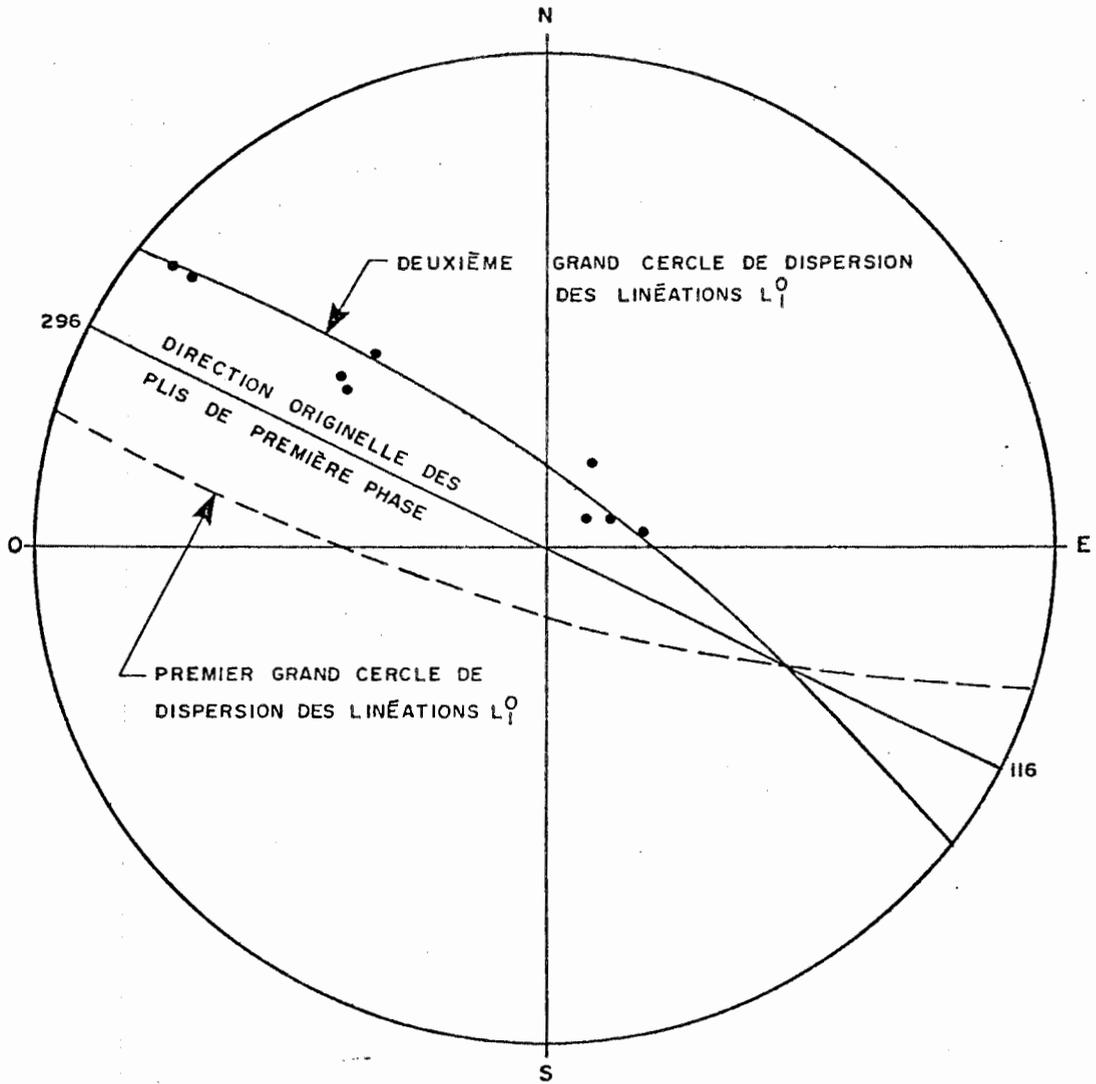


FIGURE 7A: COMPILATION DES LINÉATIONS  $L_1^0$  POUR LES SOUS-DOMAINES B-1 À B-9 (Canevas de Schmidt).

plis consécutifs (dans notre cas: le synforme Dufresnoy et l'antiforme du lac Dalember). L'orientation établie par cette méthode est effectivement NO - SE (figure 7A). Il faut également mentionner que les deux attitudes de la linéation  $L_1^0$  permettant de tracer le deuxième grand cercle dans le domaine A proviennent des sous-domaines A-15 et A-22. Ces deux sous-domaines sont situés près de la trace du plan axial du synforme Dufresnoy, et montrent effectivement une plongée plus faible des linéations  $L_1^0$  dans la zone de charnière de ce pli. En fait, ces deux attitudes peuvent possiblement être reliées à des plis parasites dont l'axe cinématique correspond plutôt au domaine B qu'au domaine A; d'ailleurs, le sous-domaine A-15 est situé dans le voisinage immédiat d'un pli parasite.

Le fait d'obtenir un point maximum assez bien défini pour les linéations  $L_1^0$  (figure 6) démontre que les plis de deuxième phase sont serrés, ce qui tend à rapprocher les linéations  $L_1^0$  de l'axe cinématique des plis de deuxième phase (Ramsay, 1967). D'autre part, le fait d'obtenir une dispersion des linéations  $L_1^0$  selon des grands cercles plutôt que des petits cercles favorise l'hypothèse de plis formés par glissement (shear folds) plutôt que par flexure (flexural folds; voir Ramsay, op. cit.).

Par ailleurs, l'orientation variable du plan de schistosité  $S_2$  à travers la région étudiée (E-O à NO-SE dans le domaine A, et NE-SO dans le domaine B) explique la variation d'attitude des linéations  $L_2^0$  (figure 11),  $L_2^1$  (figure 11) et  $L_2^2$  (figure 16).

Cette deuxième méthode permet donc de confirmer, d'une façon indépendante, l'orientation NO - SE des plis de première phase dans la

région de Cléricy. Nous tenons à remercier le professeur Béland pour sa critique constructive du chapitre traitant de la géologie structurale, et pour nous avoir souligné cette deuxième possibilité d'interprétation concernant la direction des plis de première phase.

## CHAPITRE IV

### PETROGRAPHIE

#### IV.1. Introduction

Toutes les roches de la région, sauf la diabase récente (d'âge Protérozoïque), ont subi un métamorphisme régional de faible intensité, dont l'ambiance se situe au faciès prehnite-pumpellyite ou au faciès des schistes verts, zone de la chlorite. De ce fait, les noms de roches utilisés devraient toujours être précédés du préfixe méta (métabasaltes, méta-andésites, métagabbros, etc.); cependant, afin de ne pas alourdir le texte, ce préfixe sera omis, tout en gardant en mémoire le fait qu'il s'agit toujours de roches métamorphisées.

Un changement profond de la minéralogie primaire des roches de la région a résulté de ce métamorphisme régional. Les assemblages minéralogiques observés dans ces roches seront décrits en détail dans le chapitre suivant qui traite plus spécifiquement du métamorphisme.

Le présent chapitre a pour but de faire ressortir les principales caractéristiques pétrographiques des roches de la région.

#### IV.2. Les rhyolites

##### IV.2.1. Aspect sur le terrain

Les rhyolites montrent une couleur de grise à blanchâtre en

surface altérée, en cassure fraîche, elles ont une couleur qui varie de gris clair à noir, et sont translucides aux endroits où la bordure est mince. Elles sont très dures et montrent une cassure conchoïdale. Elles sont parfois aphanitiques, mais contiennent généralement des phénocristaux de quartz et/ou de plagioclase. Ces phénocristaux s'observent aussi bien sur le terrain qu'en lame mince et servent à distinguer les différentes unités rhyolitiques (voir la carte géologique). C'est ainsi que lors de la cartographie, nous avons distingué quatre types de rhyolites: porphyriques à quartz et plagioclase, porphyriques à quartz seulement, porphyriques à plagioclase seulement, et aphanitiques.

Les rhyolites de la région de Rouyn-Noranda montrent des faciès très particuliers sur le terrain et leur interprétation fait encore l'objet de controverses. Les rhyolites fragmentaires sont très abondantes et une école de pensée en fait des brèches de coulée (Wilson, 1962; Dimroth et al., 1973; De Rosen-Spence, 1976 et 1979; Dimroth, 1977 et 1979) tandis qu'une autre les considère comme des roches pyroclastiques (Gorman, 1975; Bouchard, 1978; Simard, 1978; Gélinas et al., 1978 et 1979).

Dans le cadre d'un projet de cartographie régionale comme celui-ci, ce problème n'a pu être étudié en détail, mais il semble d'après les observations de terrain que les rhyolites fragmentaires sont surtout d'origine pyroclastique. Elles se seraient mises en place à la façon d'écoulements de masse comme en témoignent les structures sédimentaires qu'on y observe: stratification, granoclasement inverse et normal, laminations obliques et parallèles, lits amalgamés, orientation préférentielle des fragments et chenaux d'érosion (Gélinas et al., 1978).

La classification de Dimroth et al., (1973) a été simplifiée

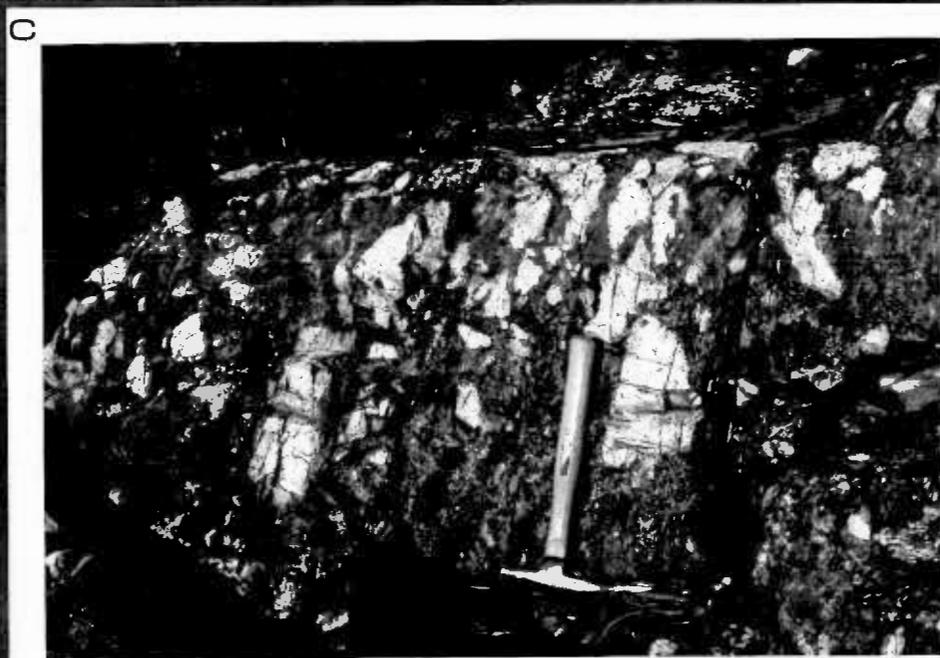


FIGURE 25

- a) Lits amalgamés dans la brèche rhyolitique ; le crayon indique la direction du contact entre les deux strates. Canton Dufresnoy, rang IV, lot 58.
- b) Niveau de brèche rhyolitique surmonté de tuff bien stratifié montrant un granoclasement normal ; la tête du marteau indique le sommet des strates. Canton Dufresnoy, rang VI, lot 46.
- c) Orientation préférentielle des fragments (parallèle à la direction du manche du marteau) dans la brèche rhyolitique. Canton Dufresnoy, rang VI, lot 46.

pour ne retenir que quatre faciès principaux dans la cartographie des rhyolites:

- 1<sup>o</sup>) la rhyolite homogène, dont la texture témoigne du refroidissement d'un liquide de composition felsique, occupe la partie centrale de dykes. Elle forme également des dômes ou intrusions de faible profondeur qui s'injectent dans les pyroclastites rhyolitiques (Gélinas et al., 1978).
- 2<sup>o</sup>) La rhyolite rubannée montre de fines laminations contorsionnées de façon très complexe; ces laminations sont dues à une variation de la teneur en chlorite et/ou en séricite d'une bande à l'autre. Ce faciès n'est développé que très localement: en bordure des dykes et en bordure des masses siliceuses dans la rhyolite à structure linguïde.
- 3<sup>o</sup>) La "rhyolite" à structure linguïde se distingue par la présence de deux fractions nettement différentes: une rhyolite de couleur blanche, très siliceuse, qui forme des masses sub-sphériques serties dans une dacite ou une rhyodacite fragmentaire de couleur grise. La partie fragmentaire est généralement un lapillistone à fragments monolithologiques et plus rarement une brèche à lapillis, dans lequel cas les fragments peuvent être polyolithologiques.
- 4<sup>o</sup>) La rhyolite fragmentaire comprend les brèches, lapillistones et tufs rhyolitiques, ces roches étant pour la plupart d'origine pyroclastique. Plusieurs structures primaires ont été observées dans ces pyroclastites rhyolitiques, la plus commune étant la stratification.

Dans les niveaux à grains grossiers (brèches et lappili-brèches), la stratification n'est souvent marquée que par une brusque variation de la taille des fragments (figure 25A). Ceci est probablement dû à la pré-

sence de lits amalgamés, l'énergie de la coulée nouvellement mise en place étant telle qu'elle érode la partie fine au sommet de la coulée précédente.

Dans les niveaux à grains fins (lapillistones et tufs), la stratification est très bien développée et dans plusieurs cas, on peut observer une alternance de niveaux de brèches et de tufs (figure 25B). Le granoclassement, lorsqu'il se produit, est habituellement normal dans les tufs (2 à 64 mm) et peut être normal ou inverse dans les brèches (> 64 mm).

Les fragments dans les brèches montrent souvent une orientation préférentielle qui correspond à une structure primaire (figure 25C). Cette orientation n'est pas le résultat d'une déformation, étant donné que ces roches ne montrent qu'une très faible schistosité. La matrice de ces brèches consiste en un tuf composé d'une multitude de petits fragments très anguleux (figure 26A).

#### IV.2.2. Aspect en lame mince

Les rhyolites porphyriques constituent 74% des lames minces étudiées, les autres étant aphanitiques. De ce nombre, 65% sont porphyriques en quartz et en plagioclase, 28% en plagioclase seulement et 7% en quartz seulement.

Les phénocristaux de quartz montrent parfois une section sub-hexagonale, mais sont généralement corrodés et certains possèdent une enveloppe d'albite limpide.

Les phénocristaux idiomorphes de plagioclase sont invariablement de l'albite pure (An 0-2, tableau 3) dont les mâcles de plusieurs types

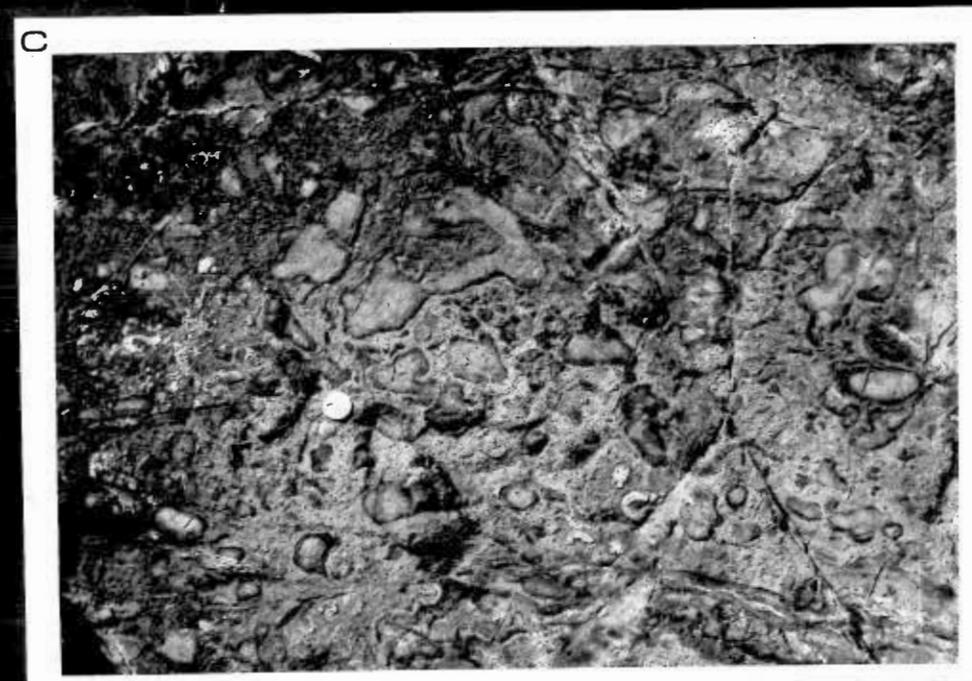
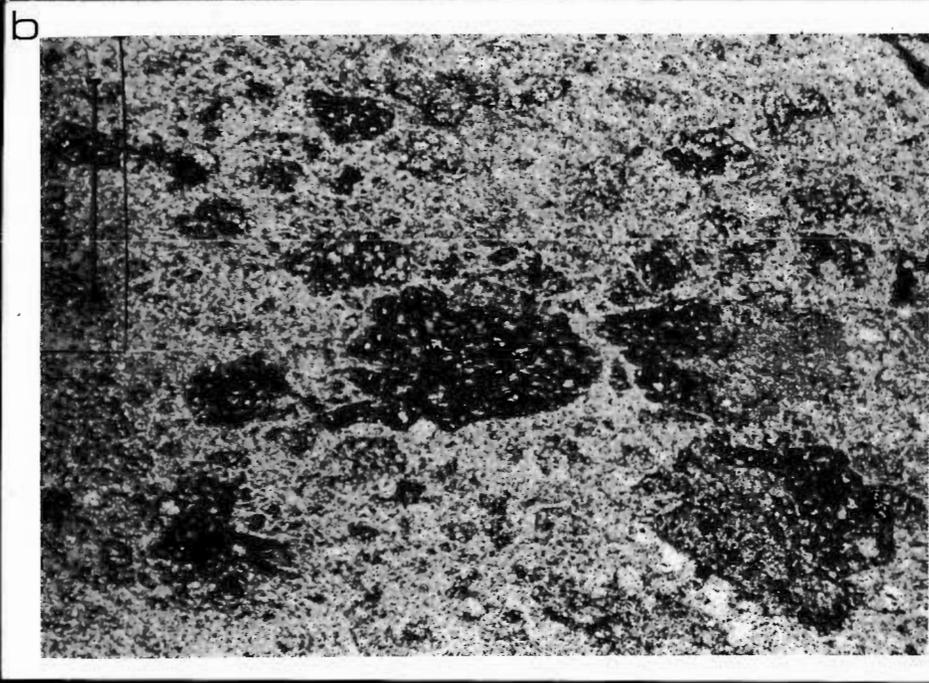
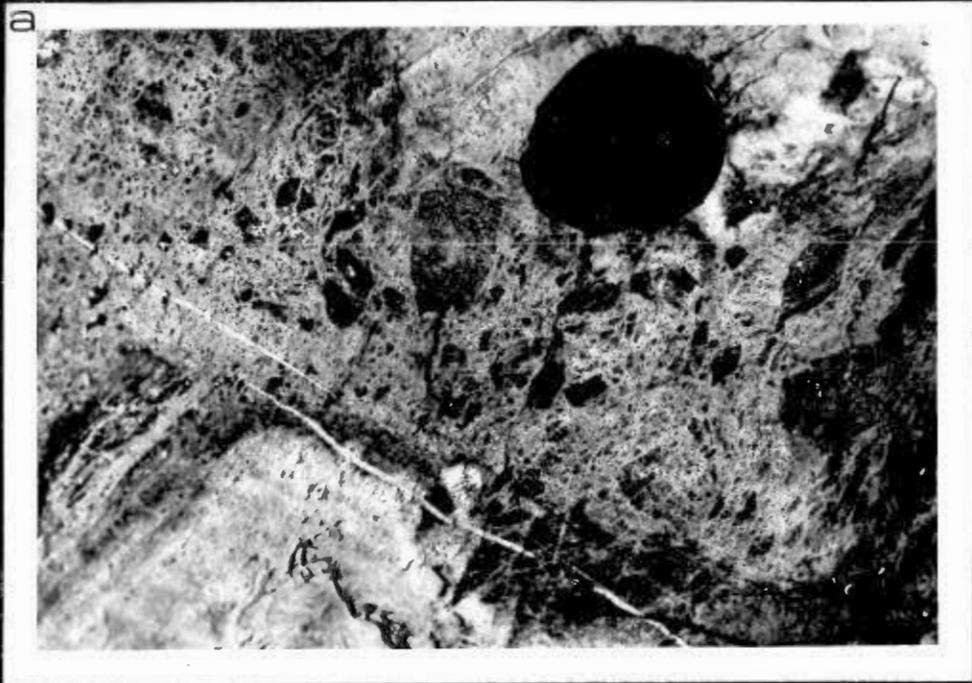


FIGURE 26

- a) Matrice de la brèche rhyolitique composée de petits fragments très anguleux. Canton Dufresnoy, rang VI, lot 47.
- b) Ponces dans la matrice d'une brèche rhyolitique. Échantillon 74-2774 (Canton Dufresnoy, rang VIII, lot 47). Lumière naturelle.
- c) Brèche à coussins brisés. Canton Dufresnoy, rang IX, lot 61.

**TABLEAU 3 : ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE  
DES PHÉNOCRISTAUX DE FELDSPATH DANS  
LES RHYOLITES.**

No. éch.	%Poids						Total	Composition Ab : An : Or
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	CaO	K <sub>2</sub> O			
74 - 2684	67.90	20.08	11.24	0.40	0.21	99.83	97 : 2 : 1	
74 - 2684	67.99	20.15	11.20	0.30	0.20	99.84	98 : 1 : 1	
74 - 2684	68.10	20.06	11.23	0.33	0.23	99.95	97 : 2 : 1	
75 - 2509	67.91	19.97	11.48	0.16	0.28	99.80	98 : 1 : 1	
75 - 2509	68.64	19.99	11.72	0.00	0.13	100.48	99 : 0 : 1	
75 - 2509	68.02	20.06	11.76	0.04	0.23	100.11	99 : 0 : 1	
75 - 2514	68.30	19.65	11.45	0.21	0.14	99.75	98 : 1 : 1	
75 - 2514	67.94	20.38	11.57	0.21	0.46	100.56	97 : 1 : 2	
75 - 2514	68.70	19.73	11.51	0.00	0.25	100.19	99 : 0 : 1	
75 - 2687	68.00	20.08	11.47	0.25	0.14	99.94	98 : 1 : 1	
75 - 2687	67.62	20.25	11.36	0.46	0.16	99.85	97 : 2 : 1	
75 - 2687	67.90	20.27	11.24	0.46	0.13	100.00	97 : 2 : 1	
76 - 2569	67.57	20.33	11.27	0.23	0.20	99.60	98 : 1 : 1	
76 - 2569	68.14	19.65	11.76	0.25	0.16	99.96	98 : 1 : 1	
76 - 2569	68.27	20.10	11.60	0.04	0.15	100.16	99 : 0 : 1	

(polysynthétique de l'albite, combinée albite-péricline, Baveno, Carlsbad, etc.) sont parfaitement conservées.

La teneur en molécule orthose des albites (tableau 3) est très faible et reflète la composition chimique primaire des rhyolites. En effet, les rhyolites de la région de Rouyn-Noranda sont typiquement très pauvres en potassium (Descarreux, 1973; Gélinas et al., 1977A) et les seules exceptions à cette règle surviennent lorsque ces roches ont subi une altération hydrothermale (parfois reliée à la minéralisation), dans lequel cas l'apport de potassium stabilise la séricite (Riddell, 1952; Lickus, 1965; Sakrison, 1966; Carignan, 1972 et 1979; Spitz et Darling, 1973 et Descarreux, 1973).

Il est donc possible que l'albite des rhyolites eût dès l'origine la composition chimique requise pour être stable au faciès prehnite-pumpellyite. L'état structural de haute température du plagioclase peut cependant avoir été modifié lors du métamorphisme.

Le feldspath potassique n'a été observé dans aucune lame mince. De nombreux diffractogrammes sur des poudres et tests de coloration au cobaltinitrite de potassium n'ont pas non plus révélé sa présence.

A part le quartz et l'albite, le carbonate et la séricite sont les minéraux les plus abondants. Le carbonate est en général riche en fer, de type ankérite ou sidérose. La séricite est un produit d'altération commun et se retrouve fréquemment dans les plans de schistosité.

Les minéraux accessoires sont la chlorite, l'épidote et les minéraux opaques (oxydes et sulfures).

La texture la plus commune dans les rhyolites est la texture porphyrique, où des phénocristaux de quartz et/ou d'albite baignent dans

une matrice finement grenue de quartz et d'albite. La texture sphérolitique est également commune: elle consiste en un arrangement radial fibreux de quartz et d'albite. Elle semble résulter, en général, de la dévitrification d'un verre interstitiel de composition felsique (Lofgren, 1971B).

Plusieurs rhyolites montrent également des agrégats à texture granophyrique de quartz et d'albite. Ces agrégats peuvent être des inclusions de produits de fin de cristallisation à faible profondeur (cristallisation cotectique de quartz et d'albite). Ils peuvent également se former par recristallisation plus poussée de sphérolites (Lofgren, 1971A); cette hypothèse est renforcée par la présence dans plusieurs lames minces de textures intermédiaires entre sphérolitique et granophyrique, où l'on observe le quartz et l'albite en intercroissance micrographique disposés selon un arrangement radial.

Les rhyolites aphanitiques montrent généralement une texture engrenée par suite du métamorphisme et plus rarement, une texture pilotaxitique.

L'étude en lame mince des rhyolites fragmentaires nous a révélé la présence de ponces (figure 26B) et de fragments de phénocristaux éclatés, en plus de la nature polygénétique des fragments de roches, autant d'évidences supplémentaires favorisant l'hypothèse d'une origine pyroclastique pour ces roches.

#### IV.3. Les laves mafiques

#### IV.3.1. Aspect sur le terrain

Sur la surface d'affleurement, les laves mafiques (basaltes et andésites) montrent une teinte de brunâtre à orangée; en cassure fraîche, leur couleur varie de verdâtre à noirâtre, et elles sont beaucoup plus tendres que les rhyolites à cause de l'altération des minéraux ferromagnésiens en chlorite.

Les faciès représentés dans les coulées mafiques de la région sont les suivants: lave massive, lave à coussinets, brèche à coussins brisés et tuff aquagène.

La lave massive forme en général la partie basale des coulées mafiques, bien que certaines coulées soient entièrement massives. Ce niveau débute habituellement par une zone de trempe à la base et devient à grain grossier vers le centre, jusqu'à montrer des textures subophitique et ophitique comparables à celles d'un gabbro.

Les laves à coussinets sont très abondantes dans la région; les coussins sont habituellement bien moulés les uns sur les autres, donnant la polarité de l'empilement. On remarque souvent dans la partie supérieure des coussinets une concentration des amygdules et, dans certains cas, des cavités (parfois remplies par du quartz d'origine secondaire) causées par l'évidement partiel d'un conduit autrefois rempli de lave. Les laves à coussinets peuvent représenter un faciès distal dans la coulée mafique par rapport à la partie massive (Dimroth et al., 1978A et 1979B).

Les coussinets sont en général hétérogènes: ils montrent des auréoles d'épidote, des ségrégations feldspathiques et chloriteuses, ou encore des poches d'épidote et de quartz remplaçant le matériel entre les

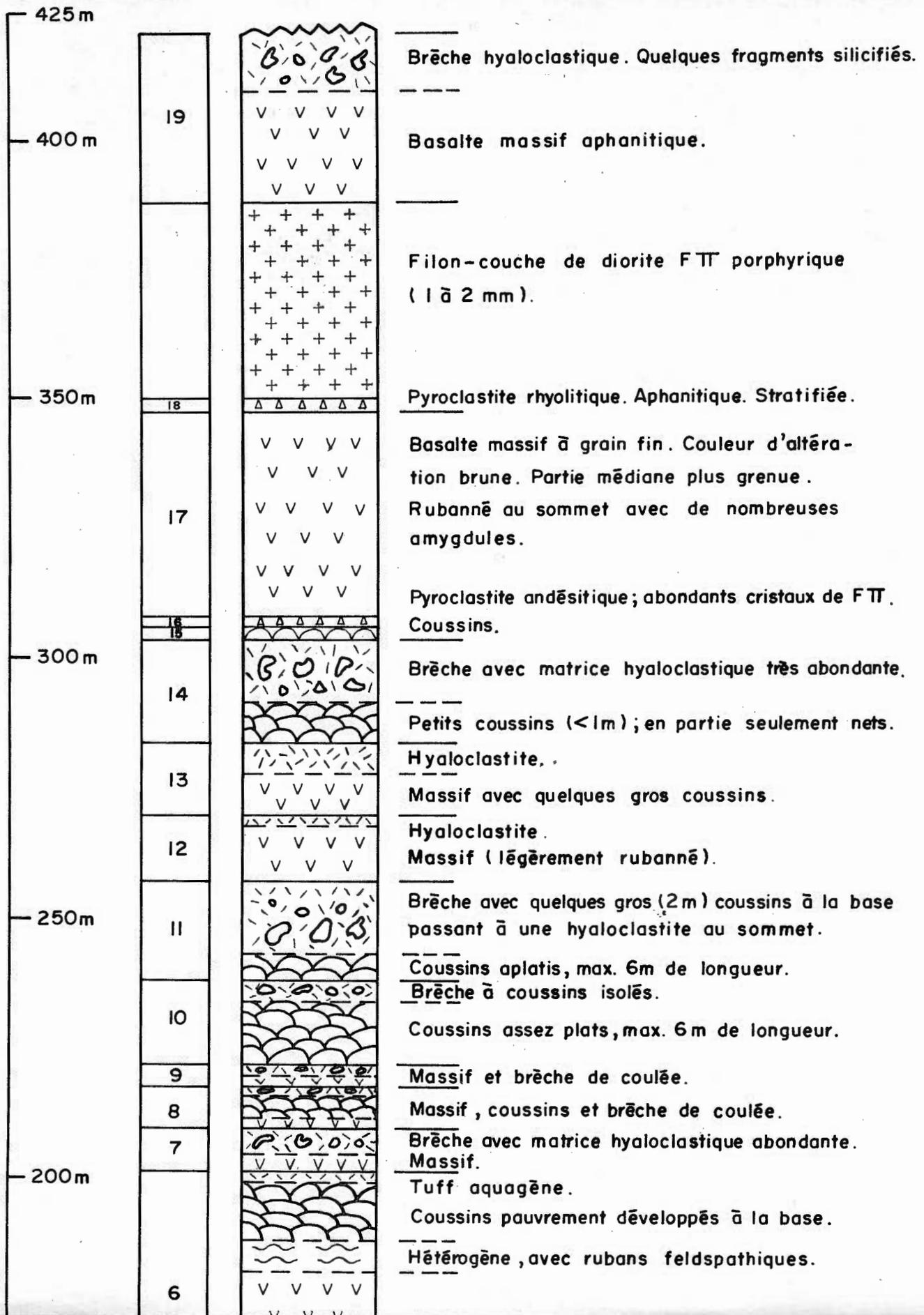
coussins. Plus rarement, les coussinets sont homogènes et n'offrent sur le terrain aucune évidence de migration des éléments majeurs.

La brèche à coussins brisés se forme lors de l'éclatement des coussins. Elle est composée de lambeaux de lave de formes irrégulières montrant communément une bordure de trempe (figure 26C). La matrice entre ces lambeaux de lave est composée de matériel hyaloclastique qui provient de l'éclatement de la croûte vitreuse des coussins. Carlisle (1963) reconnaît un type intermédiaire entre la brèche à coussins brisés et la lave à coussinets, soit la brèche à coussins isolés, où les coussins, au lieu de reposer les uns sur les autres, sont complètement entourés de matériel hyaloclastique.

Le tuf aquagène est formé par l'accumulation du matériel hyaloclastique. Ce matériel est probablement transporté par écoulement de densité et montre souvent un granoclassement. Un tuf aquagène de quelques mètres d'épaisseur, partiellement silicifié et montrant un très beau granoclassement normal est exposé dans le canton Dufresnoy, rang V, lot 51.

Une section détaillée a été mesurée dans les laves mafiques avec l'aide de M. Erich Dimroth. Cette section est située dans les collines Camac (canton Dufresnoy, rang IX, lot 21) et apparaît à la figure 27. Les principaux points d'intérêt sont les suivants:

- 1<sup>o</sup>) les coulées individuelles de lave mafique dont on peut observer les contacts inférieur et supérieur ont une épaisseur qui varie entre 1.5 et 47.6 m avec une épaisseur moyenne de 19.9 m.
- 2<sup>o</sup>) Carlisle (1963) en Colombie-Britannique et Dimroth et al., (1972 et 1978B) dans la région de Rouyn-Noranda, proposent comme séquence ty-



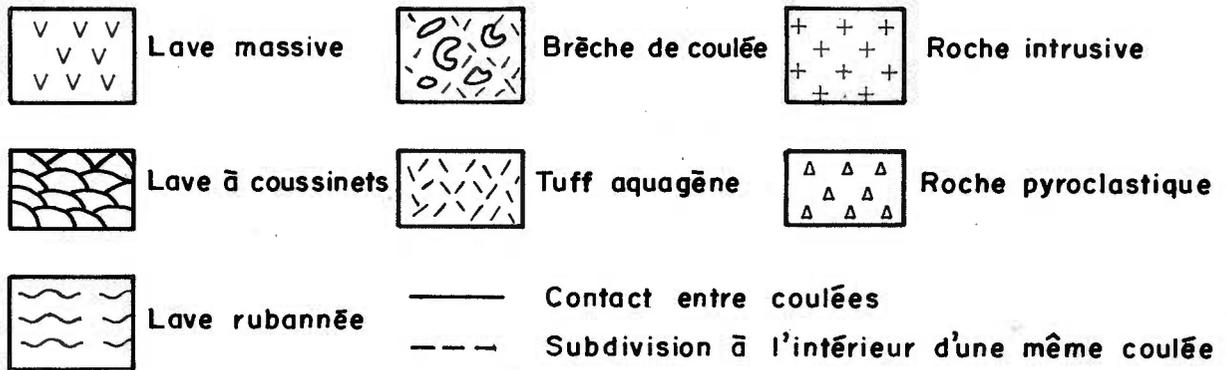
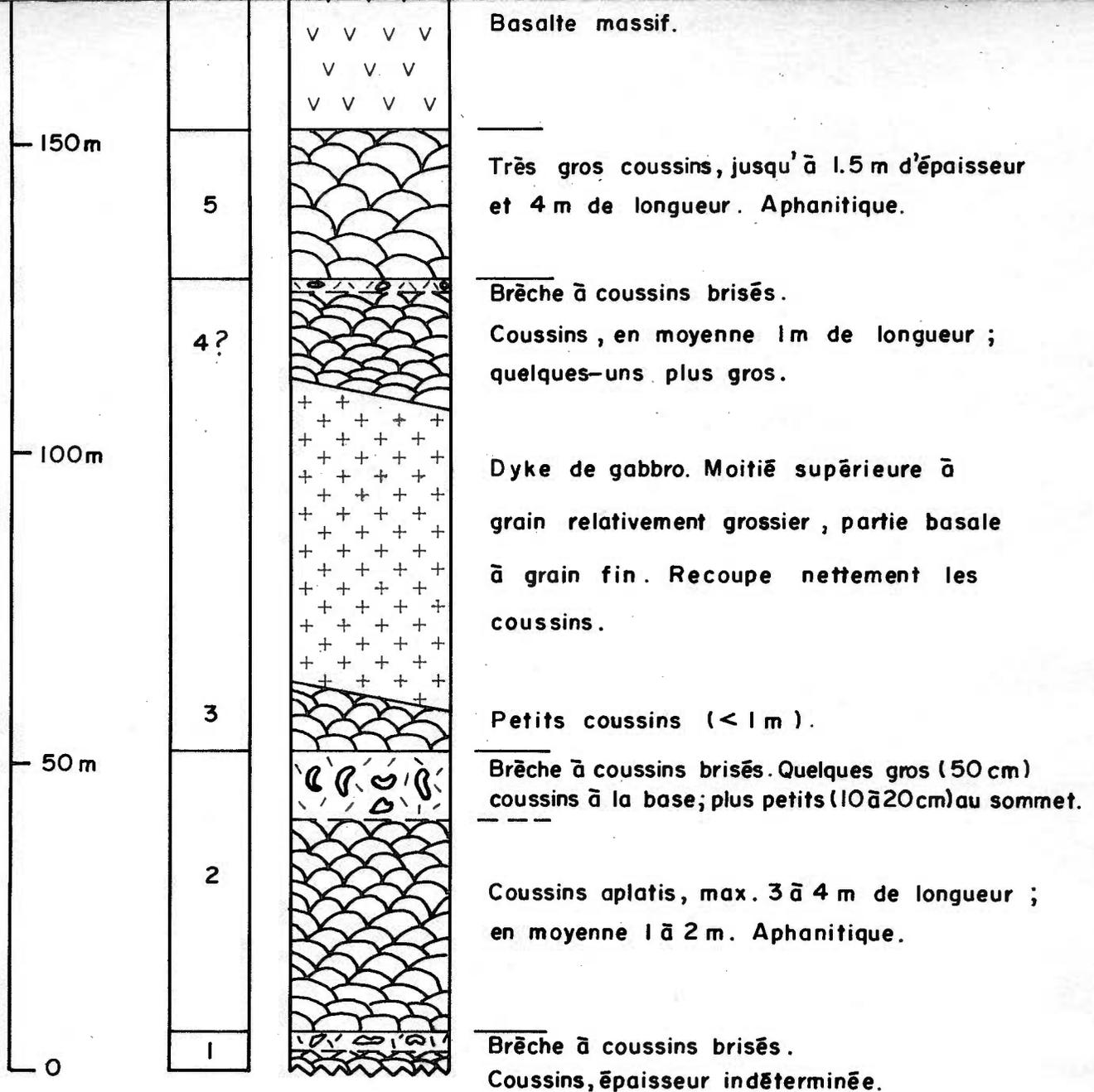


Figure 27: SECTION MESURÉE DANS LES LAVES MAFIQUES, CANTON DUFRESNOY, RANG IX, LOT 21.

pique pour une coulée de lave mafique la succession suivante de faciès, de la base vers le sommet: lave massive, lave à coussinets, brèche à coussins brisés et tuf aquagène. Dans la section mesurée, cette séquence n'est observée en entier que dans les unités 6 et 8, la plupart des coulées ne montrant qu'une séquence incomplète.

- 3<sup>o</sup>) Dans la section mesurée, si l'on ne considère que les coulées dont on observe la base et le sommet, la proportion relative des différents faciès est pratiquement la même, soit en moyenne: 35.4% de lave massive, 34.8% de lave à coussinets et 29.8% de brèche de coulée.
- 4<sup>o</sup>) Le mesurage détaillé de cette section a permis de reconnaître de minces niveaux de pyroclastites de composition intermédiaire à felsique (unités 16 et 18) intercalés entre les coulées mafiques; ces niveaux pourraient éventuellement constituer des horizons-repères, mais à cause de leur faible épaisseur et du manque d'affleurement, ils n'ont pu être suivis sur de grandes distances.

Les laves mafiques sont en général aphanitiques et les seules unités qu'on peut tracer à l'échelle régionale sont quelques rares niveaux à gros cristaux de plagioclase (voir la carte géologique).

Des pseudomorphes de cristaux squelettiques d'olivine et/ou de clinopyroxène s'observent localement. Il n'a cependant pas été possible de suivre les coulées qui les renferment sur une distance significative.

#### IV.3.2. Aspect en lame mince

La composition minéralogique des pseudomorphes des minéraux primaires, la présence de vestiges de ces minéraux (dans le cas de l'augite)

et la conservation des textures nous ont permis de reconnaître, comme phases primaires dans les laves mafiques: le plagioclase calcique, le clinopyroxène, l'olivine et les oxydes de fer et de titane dans une matrice holocristalline ou hyaline. L'ordre de cristallisation des minéraux au stade intratellurique donne en lame mince les fréquences suivantes:

Plagioclase seul	: 65%
Plagioclase → clinopyroxène → ± oxydes Fe-Ti	: 21%
Plagioclase → olivine	: 1%
Plagioclase → oxydes Fe-Ti	: 1%
Clinopyroxène → plagioclase	: 7%
Olivine → plagioclase	: 1%
Oxydes Fe-Ti → plagioclase → ± clinopyroxène	: 4%

Le plagioclase calcique a donc été, dans la très grande majorité des cas, le premier minéral à cristalliser; il est rare d'observer le clinopyroxène, les oxydes de Fe et de Ti ou l'olivine sur la surface du liquidus.

La minéralogie primaire des laves mafiques a été profondément modifiée lors du métamorphisme:

l'olivine fraîche n'a été observée dans aucune lame mince. Les cristaux squelettiques d'olivine remplacée par des agrégats de chlorite, chlorite et quartz, quartz ou albite se distinguent par leur morphologie (Gélinas et Brooks, 1974; Lofgren et al., 1974; Donaldson, 1976). Les agrégats pseudomorphes de l'olivine montrent une section longitudinale très mince et très allongée avec des cavités remplies par du verre dévitrifié; la section transversale montre une forme à peu près losangique

contenant également des inclusions de verre dévitrifié (figure 28A).

Dans un basalte, la composition du verre résiduel peut être andésitique, dacitique ou même rhyolitique selon le degré de différenciation intervenu (Vincent, 1950; Wilkinson, 1966 et Upton et Wadsworth, 1971). La chloritisation de ce verre implique donc une libération plus ou moins grande de  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Na}_2\text{O}$ , constituants qui sont captés par les cristaux squelettiques de plagioclase calcique et d'olivine lors du métamorphisme. Ce phénomène explique le remplacement fréquent de l'olivine par le quartz et/ou l'albite.

Le pyroxène pauvre en calcium est toujours absent, de même que des pseudomorphes de ce minéral.

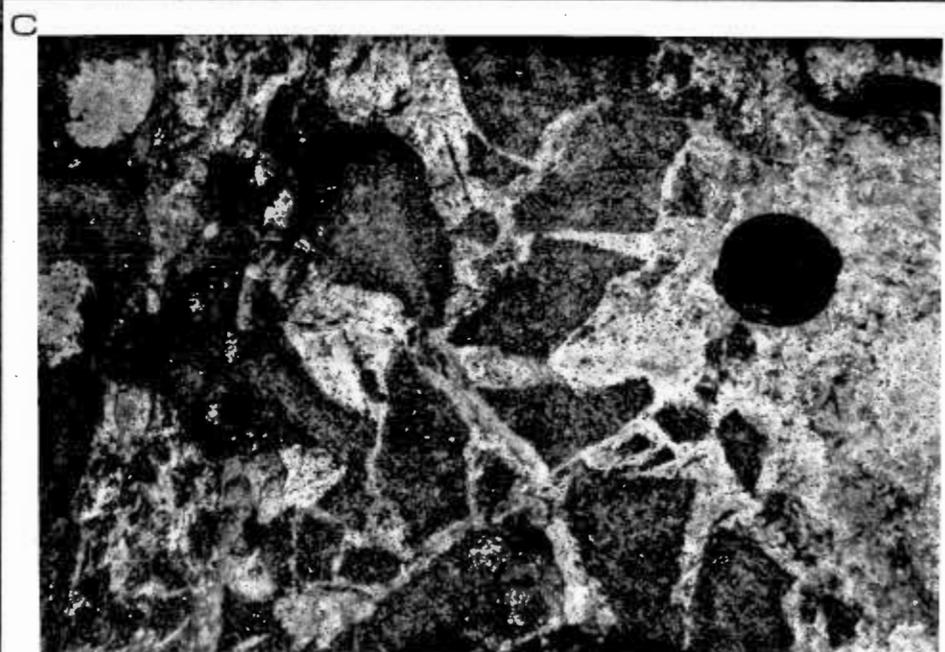
Le clinopyroxène augite est le seul minéral primaire conservé sous forme de vestiges dans les laves mafiques. Il est toujours plus ou moins altéré en actinote, le remplacement variant de très faible à complet.

Le plagioclase calcique est invariablement remplacé par de l'albite (An 0-6) qui peut se présenter sous deux formes bien distinctes:

- 1<sup>o</sup>) un agrégat très intime d'albite et de clinozoisite,
- 2<sup>o</sup>) de l'albite limpide avec ou sans de petites taches d'épidote, de carbonate, de prehnite, de pumpellyite ou de séricite.

Ces deux formes d'altération du plagioclase calcique sont intimement liées à la disponibilité du sodium et à la migration du calcium lors de l'altération. Cette migration du calcium qui se manifeste par des auréoles d'épidote en bordure des coussins ou par des agrégats d'épidote et de quartz entre les coussins a déjà été mentionnée (voir IV.3.1).

La quantité de calcium maintenue dans l'agrégat pseudomorphe du



### FIGURE 28

- a) Cristaux squelettiques d'olivine pseudomorphosés par de la chlorite; sections longitudinale et transversale (en haut à gauche). Échantillon 74-2641 (Canton Destor, rang I, lot 41). Lumière naturelle.
- b) Cristaux squelettiques de plagioclase mâclés. Échantillon 74-2523 (Canton Destor, rang II, lot 14). Nicols croisés.
- c) Filon-couche de Cléricy; enclaves de gabbro dans le granite leucocrate. Canton Cléricy, rang III, lot 5.

plagioclase calcique varie d'entière (1<sup>0</sup>) à nulle (2<sup>0</sup>). Elle dépend de la disponibilité du sodium qui déloge le calcium dans le réseau cristallin du plagioclase au tout début de l'altération. L'absence d'un fluide riche en sodium lors de l'altération qui suit l'épanchement conserve intacte la calcicité du plagioclase. Cette calcicité peut être évaluée par la proportion de clinozoisite dans l'agrégat d'albite et de clinozoisite pseudomorphe du plagioclase calcique primaire.

La morphologie des cristaux squelettiques de plagioclases calciques remplacés par de l'albite est parfaitement conservée. En section longitudinale, ces cristaux sont minces et très allongés, et montrent parfois des mâcles (figure 28B; voir Bryan, 1972; Gélinas et Brooks, 1974; Lofgren et al., 1974).

L'ilménite est invariablement remplacée par le leucoxène (sphène) montrant dans certains cas des lamelles d'exsolution de magnétite.

L'épidote est présente dans toutes les lames minces, sauf en ce qui concerne les roches ayant subi une très forte carbonatation. Elle s'observe comme produit d'altération sur les cristaux de plagioclase ou dans la matrice sous forme de grains isolés. Les deux variétés: clinozoisite (riche en Al) et pistachite (riche en Fe<sup>+3</sup>) peuvent coexister dans la même lame mince.

La chlorite est de loin le minéral ferro-magnésien le plus abondant. Elle remplace l'olivine, l'augite, l'actinote et le verre interstitiel. La chlorite occupe également les amygdules et elle tapisse les fractures.

L'actinote est un produit d'altération habituel de l'augite. Elle se présente aussi dans la matrice sous forme de fines aiguilles. Une

activité de  $\text{CO}_2$  élevée entraîne la disparition de ce minéral en faveur de la chlorite et du carbonate (Miyashiro, 1973).

La prehnite est souvent présente dans les fractures et comme produit d'altération sur le plagioclase.

La pumpellyite se présente sous plusieurs formes dans les laves mafiques: comme produit d'altération sur le plagioclase, dans la matrice sous forme de petits grains et comme matériel de remplissage dans les amygdules et les fractures où elle se déploie sous forme de rosettes.

Le quartz est présent comme phase interstitielle entre les grains des autres minéraux, dans les fractures et comme produit de remplacement des cristaux squelettiques d'olivine. Il est probablement stabilisé en grande partie par la libération de silice qui survient lors de la chloritisation du verre résiduel.

Le carbonate dans les laves mafiques est généralement de la calcite. On le retrouve dans les amygdules et les fractures, comme produit d'altération sur le plagioclase et sous forme de porphyroblastes dans la matrice.

La séricite est un produit d'altération habituel du plagioclase. Le terme "séricite" est employé ici d'une façon générale pour désigner un mica blanc à grain fin. Ce minéral se présentant sous forme de très fines paillettes, il est difficile à analyser à la microsonde électronique. L'analyse de la séricite représentée dans le tableau 4 correspond à une phengite (muscovite possédant un rapport  $\text{Si}/\text{Al} > 3$  dans le site tétraédrique et montrant une substitution de Fe et Mg à la place de Al).

La sphène est le résultat de l'altération de l'ilménite primaire. La forme des cristaux squelettiques d'ilménite est parfois préservée et

TABLEAU 4 : ANALYSES DE LA SÉRICITE DANS UN BASALTE (77-2530) ET DU PLAGIOCLASE DANS LA DIABASE RÉCENTE (75-2664).

	Séricite	Plagioclase	Plagioclase	Plagioclase
SiO <sub>2</sub>	47.86	51.04	53.20	56.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30.08	30.54	28.59	26.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.01	0.63	0.60	0.53
MgO	1.29	—	—	—
CaO	—	13.80	12.17	9.95
Na <sub>2</sub> O	—	3.41	4.45	5.54
K <sub>2</sub> O	10.75	0.27	0.38	0.60
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.01	—	—	—
Total	100.00	99.69	99.39	99.89
Nb d'O	22	8	8	8
Nb de cations	Si 6.00	Si 2.33	Si 2.43	Si 2.54
		Al 1.65	Al 1.54	Al 1.44
	Si 0.40	Fe 0.02	Fe 0.02	Fe 0.02
	Al 4.74	4.00	3.99	4.00
	Fe 0.61	Ca 0.67	Ca 0.60	Ca 0.48
	Mg 0.26	Na 0.30	Na 0.40	Na 0.48
	6.01	K 0.02	K 0.02	K 0.03
	K 1.83	0.99	1.02	0.99
	Ab : An : Or	Ab : An : Or	Ab : An : Or	
	30 : 68 : 2	39 : 59 : 2	49 : 48 : 3	

l'on peut alors observer du sphène en forme "d'arbre de Noël" ou des grains de sphène évidés contenant des inclusions d'agrégats chloriteux pseudo-morphes du verre dévitrifié.

La stilpnomélane n'est présente que dans les roches très riches en fer. Elle est stable dans les roches métamorphiques de haute pression (Miyashiro, 1973), aussi bien au faciès prehnite-pumpellyite qu'au faciès des schistes verts.

La magnétite est un minéral accessoire commun dans les laves mafiques. On l'observe sous forme de lamelles d'exsolution dans les grains de sphène et en tant que grains individualisés. Elle peut être très abondante localement, par exemple dans le canton Dufresnoy, rang VII, lot 42, où les coussinets de basalte montrent une bordure de magnétite en association avec de la stilpnomélane.

Les textures primaires observées dans les laves mafiques varient en fonction du taux de refroidissement subi:

- 1°) la lave massive possède en général une zone de trempe à texture microlitique; cette texture devient ophitique vers l'intérieur de la partie massive.
- 2°) La bordure des coussins montre fréquemment une texture sphérolitique. Elle consiste en billes fibroradiales de cristaux de plagioclase ayant à leur centre un cristal squelettique de plagioclase. Ces sphérolites résultent de la recristallisation ponctuelle du verre ou d'une cristallisation très immature par suite du refroidissement rapide de la zone de trempe.
- 3°) La partie médiane et le centre des coussins montrent une abondance de cristaux squelettiques de plagioclase et plus rarement d'augite,

d'olivine ou d'oxydes de Fe et de Ti. La texture pilotaxitique est la plus commune, avec les microlites de plagioclase disposés dans une matrice de verre chloritisé et épidotisé. Les textures fluidale et trachytique sont rarement développées.

Les laves à coussinets possèdent fréquemment une texture microporphyrique, le terme porphyrique étant réservé aux seuls cas où les cristaux sont assez gros (2 à 3 mm) pour permettre leur identification sur le terrain.

- 4<sup>o</sup>) Le tuf aquagène est caractérisé par une texture hyaloclastique: on y observe des tessons de verre chloritisé et épidotisé montrant des faces concaves et des arêtes aigles. Les bordures de ces tessons sont soulignées par une concentration plus élevée en oxydes de fer.

#### IV.3.3. Vésicularité des laves mafiques à coussinets

Moore (1965) et Jones (1969) ont observé que le pourcentage volumétrique de même que le diamètre des vésicules dans les laves mafiques à coussinets varient en fonction de la profondeur d'eau sous laquelle ces roches se sont mises en place.

Dans le but d'estimer la profondeur d'eau lors de la mise en place des laves à coussinets de la région, le pourcentage de vésicules dans une lame mince a été établi pour une série d'échantillons (cent vingt-cinq en tout) situés à différents niveaux stratigraphiques à l'intérieur de l'empilement volcanique. Cette détermination fut effectuée en utilisant le quantimètre du département de Génie civil de l'École Polytechnique, cet appareil indiquant le pourcentage de vésicules et leur diamètre moyen

dans chaque lame mince.

La vésicularité moyenne des laves à coussinets en fonction de leur position dans la colonne stratigraphique (par tranches de 5%) apparaît à la figure 29. On n'observe aucune variation systématique de la vésicularité en fonction du niveau stratigraphique. La vésicularité moyenne des laves à coussinets de la région est d'environ 7%, ce qui correspond à une profondeur de mise en place d'à peu près 1,300 m selon Moore (1965). Ce résultat est en accord avec les travaux de Dimroth et al., (1973) qui estiment cette profondeur à environ 2,000 m.

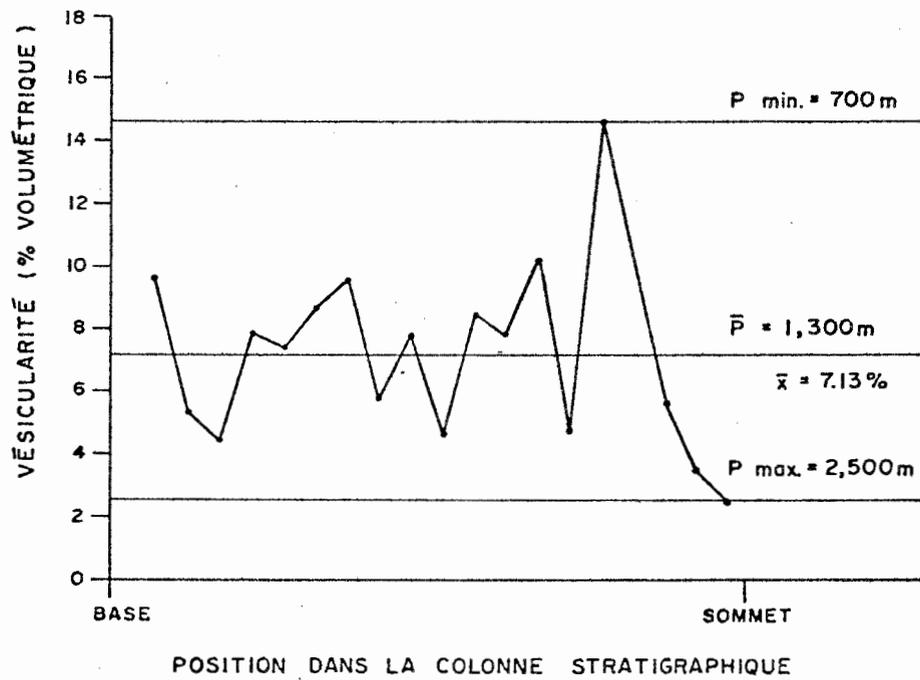
Les laves à coussinets étant présentes à tous les niveaux stratigraphiques et leur vésicularité ne variant pas de façon systématique, il est permis de penser que l'ensemble des roches volcaniques du Groupe de Blake River dans la région étudiée se sont mises en place en milieu marin relativement profond (entre 700 et 2,500 mètres; voir figure 29).

Quant au diamètre moyen des vésicules, il est probablement un indicateur moins fiable de la profondeur de mise en place, étant donné que les grosses vésicules peuvent résulter de la coalescence des plus petites, tel que l'a mentionné Jones (1969).

#### IV.4. Les laves variolaires

##### IV.4.1. Aspect sur le terrain

Les laves variolaires s'identifient aisément sur le terrain par la présence de "billes" (varioles) de composition felsique serties dans une matrice de composition mafique. Ces varioles s'observent aussi bien



**FIGURE 29:** Vésicularité des laves mafiques à coussinets en fonction de leur position dans la colonne stratigraphique ( $P$  = profondeur de mise en place sous le niveau de la mer d'après Moore, 1965).

à l'intérieur de coussins que dans des coulées massives. Parfois, elles coalescent pour former de véritables lentilles de composition rhyolitique.

Dans la ceinture volcanique Abitibi, ces niveaux de lave vario-  
laire constituent d'excellents horizons-repères au point de vue strati-  
graphique, et l'un de ces niveaux a pu être tracé à travers toute la ré-  
gion cartographiée, soit sur une distance d'une vingtaine de kilomètres  
(voir la carte géologique).

#### IV.4.2. Aspect en lame mince

Les laves variolaires ont été interprétées par Gélinas et al.,  
(1976 et 1977B) comme étant le résultat de l'immiscibilité d'un liquide  
de composition rhyolitique pauvre en potassium dans un liquide de compo-  
sition mafique riche en fer. Ces roches ont été décrites en détail dans  
les articles mentionnés ci-haut et nous allons nous contenter de résumer  
leurs principales caractéristiques en lame mince.

Les varioles sont composées d'une mosaïque de grains isomé-  
triques de quartz et d'albite superposée à une texture sphérolitique ou  
dendritique. La zonation de textures de la bordure vers l'intérieur des  
varioles atteste qu'elles ont cristallisé comme des corps individuels lors  
du refroidissement: en effet, ces textures démontrent un refroidissement  
rapide en bordure (texture sphérolitique à dendritique fine) et de plus  
en plus lent vers l'intérieur (texture dendritique plus grossière).

La matrice mafique avec ou sans cristaux squelettiques d'olivine  
et de clinopyroxène témoigne également en faveur d'un refroidissement ra-  
pide. Les fractures concentriques dans la matrice chloritisée suggèrent

qu'elle était initialement à l'état vitreux. Le contact avec les varioles felsiques est net et représente une discontinuité physique et chimique. L'équilibre chimique semble atteint comme en témoigne le partage des cristaux squelettiques entre les varioles et la matrice.

#### IV.5. Les roches pyroclastiques de composition intermédiaire

##### IV.5.1. Aspect sur le terrain

Outre les roches pyroclastiques de composition rhyolitique, on a pu délimiter et tracer sur la carte de la région étudiée trois autres niveaux de roches pyroclastiques de composition andésitique à dacitique (voir la carte 1).

Le premier niveau, les "pyroclastites de Renault" (Tassé et al., 1978; Dimroth et Demarcke, 1978) a été tracé sur une distance de 12 km. Près de la route 101, il consiste en des lits de brèche dont les fragments atteignent la taille maximale de 15 cm. La taille des fragments de même que l'épaisseur des lits diminuent progressivement d'ouest en est jusqu'après le lac Dufresnoy où l'on observe ce niveau pour la dernière fois: il consiste à cet endroit en une tuffite interstratifiée avec des schistes argileux. Un deuxième niveau, la "fiskite de Cléricy" (dont un affleurement est décrit dans Goodwin et al., 1972) a été tracé dans la partie sud du canton Dufresnoy sur une distance de 6 km sans que son épaisseur ne varie de façon significative. Un troisième niveau situé tout près de la base du Groupe de Blake River a également été cartographié dans les cantons Dufresnoy et Cléricy; il consiste en des lits de brèche

et de tuf interstratifiés avec des roches sédimentaires à grain fin (siltstones et schistes argileux).

Ces roches pyroclastiques montrent plusieurs structures sédimentaires: stratification, granoclassement normal et inverse, lits amalgamés, laminations obliques et parallèles. Elles contiennent occasionnellement des fragments de schiste argileux arrachés lors de l'écoulement.

Elles sont constituées d'une grande quantité de fragments de roches diverses serties dans une matrice scoriacée. Dans tous les cas, les fragments les plus abondants sont faiblement vésiculés et de composition andésitique avec phénocristaux de feldspath. Les cristaux et les fragments de cristaux de feldspath sont également très abondants; les fragments ponceux s'observent localement.

Une section stratigraphique, à l'intérieur de la "fiskite de Cléricy", a été mesurée en détail avec l'assistance de M. Erich Dimroth. Cette section est située dans le canton Dufresnoy, rang V, lot 41.

A l'intérieur de la section, on a mesuré l'épaisseur de chaque strate, on a relevé les structures sédimentaires et quantifié la granulométrie de la fraction grossière. Cette dernière mesure a été obtenue en prenant la moyenne des grands axes des cinq plus gros fragments mesurés en différents endroits à l'intérieur d'un lit, le long d'un niveau parallèle au plan de stratification.

La section apparaît à la figure 30 et son examen montre les caractéristiques suivantes:

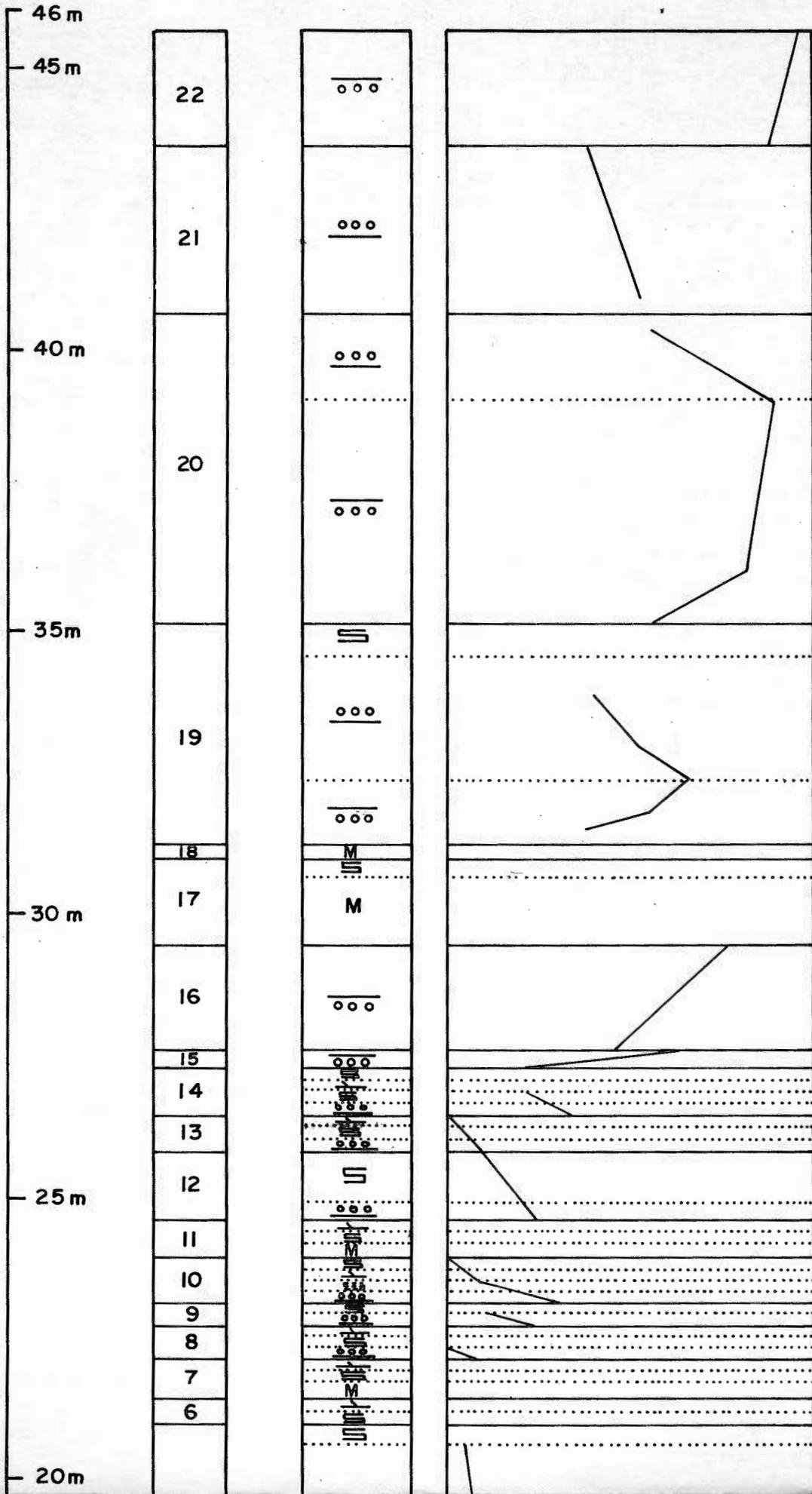
- 1<sup>o</sup>) les lits sont de deux types: les lits de type A commencent par un granoclassement inverse à la base; les lits de type B montrent un granoclassement normal et des laminations parallèles et/ou obliques.

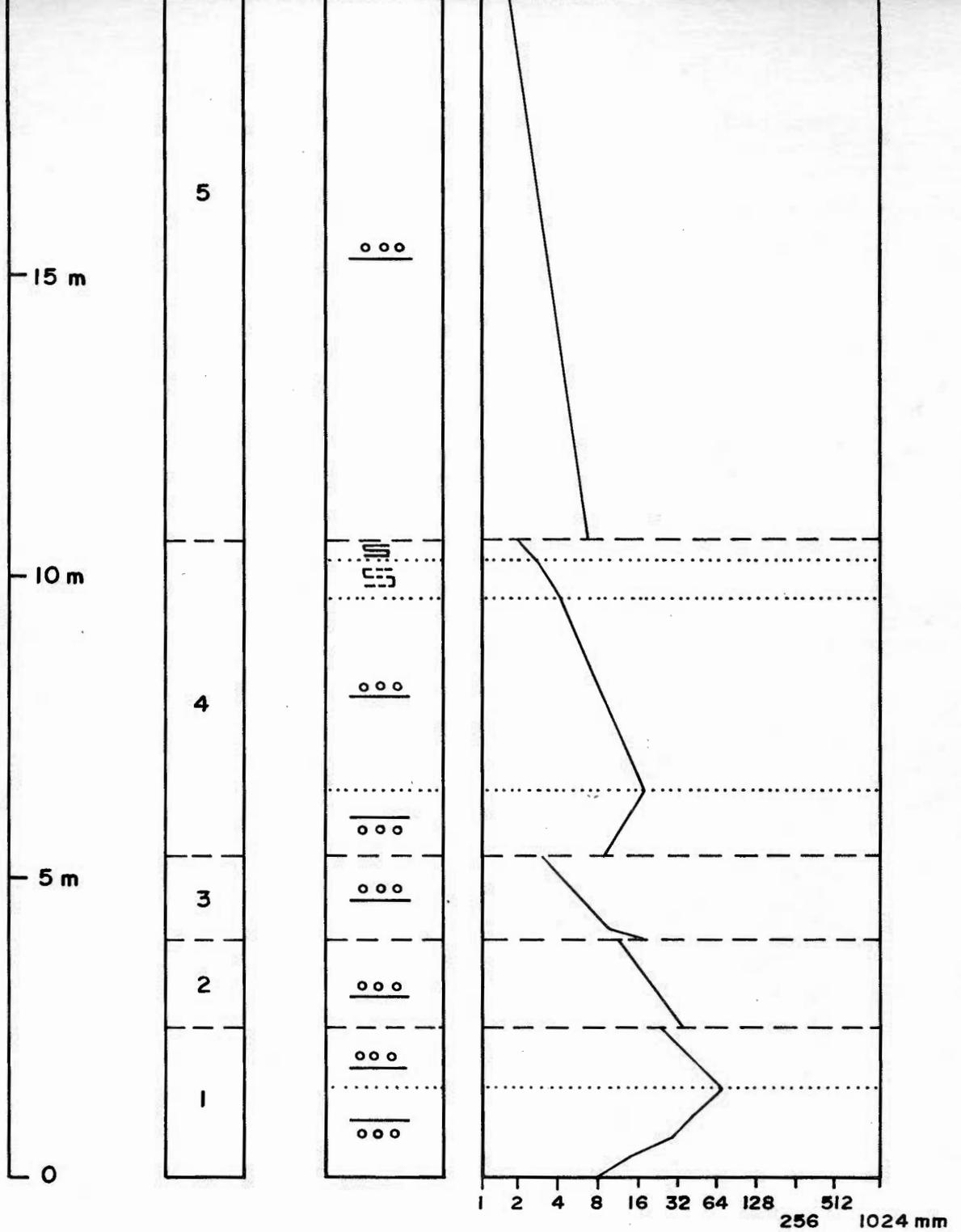
ÉPAISSEUR  
TOTALE

NO DE LA  
STRATE

STRUCTURES  
SÉDIMENTAIRES

GRANULOMÉTRIE





- |  |                        |  |                          |  |   |
|--|------------------------|--|--------------------------|--|---|
|  | Granoclasement inverse |  | Lam. parallèles diffuses |  | Contact diffus                              |
|  | Granoclasement normal  |  | Laminations obliques     |  | Contact net                                 |
|  | Laminations parallèles |  | M massif                 |  | Subdivision à l'intérieur d'une même strate |

Figure 30: SECTION MESURÉE DANS LES ROCHES PYROCLASTIQUES, CANTON DUFRESNOY, RANG V, LOT 42.

Les lits de type A sont en général plus épais et de granulométrie plus grossière que ceux de type B. Ces deux différents types de lits ont déjà été décrits dans la région de Rouyn-Noranda par Tassé et al., (1978) en ce qui concerne les roches pyroclastiques de Re-neault et de Dalember.

- 2<sup>o</sup>) Les lits de type A, qui montrent un granoclassement inverse à la base devenant normal vers le sommet (1, 4, 19 et 20), peuvent être le résultat d'épanchements turbulents de forte densité, les fragments de grande taille ayant été empêchés par la densité de l'écoulement de s'accumuler à la base du lit.
- 3<sup>o</sup>) Certains lits de type A (15, 16 et 22) montrent un granoclassement inverse sur toute leur épaisseur. Une première explication consiste dans le fait que la partie supérieure de ces strates aurait été érodée par l'énergie de la coulée suivante. Cette hypothèse semble cependant peu valable, si l'on considère que la strate 20, qui est épaisse et de forte granulométrie, n'a pas érodé la division de laminations parallèles au sommet de la strate 19: le pouvoir érosif de ces coulées ne semble donc pas très considérable.

Une deuxième hypothèse serait que ces strates représentent le résultat du dépôt d'un écoulement laminaire de forte densité. En effet, lorsque la densité de l'écoulement devient plus élevée que la densité des particules solides, la force qui attire ces dernières vers le bas devient négative: plus grosse est la particule, plus grande est la force, causant une accumulation des plus grosses particules au sommet de la coulée (Sparks, 1976; Tassé et al., 1978). Cette deuxième hypothèse semble la plus plausible dans le cas présent.

- 4<sup>o</sup>) Les lits de type B (par exemple, les lits 5 à 14) montrent une séquence de structures sédimentaires semblable à celle qui a été décrite par Bouma (1964), c'est-à-dire, procédant de la base vers le sommet: granoclassement normal, laminations parallèles, laminations obliques et de nouveau laminations parallèles, mais cette fois dans des matériaux plus fins; cette séquence est parfois incomplète. Cette observation suggère l'hypothèse que ces strates se seraient mises en place par suite d'un épanchement turbulent de faible densité analogue aux courants de turbidité.
- 5<sup>o</sup>) Si l'on considère l'ensemble de la section, on observe d'abord une diminution systématique de la taille des plus grosses particules (lits 1 à 5), puis on constate une nette diminution d'épaisseur des strates (lits 6 à 14). Enfin, on remarque une augmentation de l'épaisseur des lits et de la taille des plus grosses particules (lits 15 à 22). Parallèlement à ces différences, on constate d'abord une augmentation de la proportion des lits de type B vers le sommet (lits 1 à 14), tandis que la proportion des lits de type A augmente ensuite (lits 15 à 22).

Ces faits peuvent s'expliquer de deux façons: régression, puis progradation de la région source; ou: diminution, puis augmentation d'énergie de l'activité volcanique. La première hypothèse implique une diminution d'épaisseur des strates pour les unités 1 à 14, ce qui n'est pas le cas pour les strates 4 et 5. Les variations d'épaisseur et de granulométrie des strates s'expliquent donc plus facilement en fonction d'une variation d'intensité de l'activité volcanique.

- 6<sup>o</sup>) Des contacts diffus marqués seulement par une brusque variation de

granulométrie, comme pour les strates 1 à 5, indiquent probablement la présence de lits amalgamés.

#### IV.5.2. Aspect en lame mince

Les ponces, difficiles à observer sur le terrain, deviennent très évidentes en lame mince: elles sont souvent soudées et constituent la matrice de ces roches pyroclastiques. Les fragments de roche sont de composition andésitique, avec très peu de fragments de rhyolite, et présentent des textures variées (porphyrique, pilotaxitique, vitreuse, trachytique).

Les cristaux de feldspath consistent en un plagioclase très altéré (épidotisé et/ou séricitisé).

#### IV.6. Les roches sédimentaires

##### IV.6.1. Aspect sur le terrain

Quelques lames minces des roches sédimentaires du Kewagama près de son contact avec le Blake River ont été examinées. Ces roches sont des grès montrant fréquemment un granoclassement composé d'une partie gréseuse à la base et pélitique au sommet. Ce sont des turbidites et on y observe souvent la séquence des structures sédimentaires propre à ces roches. Le Groupe de Blake River ne semble pas contenir de roches sédimentaires; deux petits affleurements de roches sédimentaires situés entre le synclinal et l'anticlinal du lac Imau (canton Cléricy, rang V, lot 28 et rang III, lot

43) peuvent appartenir au Kewagama, si ce dernier suit le pli d'entraînement qui affecte à cet endroit le Blake River. Au point de vue pétrographique en effet, rien ne distingue ces roches de celles du Kewagama. L'existence d'une faille entre le synclinal et l'anticlinal du lac Imau peut également expliquer la présence de ces roches à cet endroit.

#### IV.6.2. Aspect en lame mince

Les grès du Kewagama sont des wackes lithiques (Williams, Turner et Gilbert, 1954); la matrice argileuse est recristallisée en séricite et en chlorite. Le quartz, le feldspath et les fragments de roches (siltstone, volcaniques mafiques, etc.) constituent la fraction principale. Pour une description plus détaillée des roches de ce groupe, voir Rocheleau (1979).

#### IV.7. Les roches intrusives

##### IV.7.1. Les gabbros et diorites

Les dykes et filons-couches de gabbro et de diorite sont très communs dans la région; leur épaisseur est variable et seuls les plus importants ont été indiqués sur la carte géologique. Tout comme leurs équivalents effusifs, ces roches ont subi le métamorphisme et montrent une minéralogie secondaire. Le plagioclase calcique primaire est remplacé par un agrégat d'albite et de clinozoisite; l'augite est remplacée par l'actinote et/ou la chlorite, bien que des vestiges d'augite soient

préservées dans certains cas. Les minéraux accessoires sont le quartz, la calcite, le sphène, la séricite, la prehnite, la pumpellyite et les minéraux opaques.

Ni l'olivine, ni l'orthopyroxène, ni des pseudomorphes de ces minéraux n'ont été observés. Les gabbros et les diorites montrent la même minéralogie et ne diffèrent qu'en ce que les diorites contiennent plus de feldspath et moins de minéraux ferromagnésiens que les gabbros. Les textures subophitique et ophitique sont les plus communément observées dans ces roches.

#### IV.7.2. Les porphyres feldspathiques et quartzo-feldspathiques

Les porphyres feldspathiques forment de petits amas intrusifs dans les roches volcaniques et les principaux sont représentés sur la carte géologique. Sur le terrain, on les identifie à la présence de phénocristaux de feldspath (3 à 7 mm) dans une matrice à grain fin, et à leur aspect massif et homogène. En lame mince, le feldspath est un plagioclase très altéré (en épidote et en séricite) et la matrice est chloriteuse.

On a observé un peu de porphyre quartzo-feldspathique dans le canton Destor, rang est chemin Macamic, lot 20, en association avec le porphyre feldspathique. Il se distingue de ce dernier par la présence additionnelle de phénocristaux de quartz.

### IV.7.3. Le filon-couche de Cléricy

#### IV.7.3.1. Relations de terrain

Le filon-couche de Cléricy (Hogg, 1963) est une masse intrusive orientée NO - SE, d'environ 9 km de longueur par 1,200 m d'épaisseur, qui couvre une partie des cantons Joannès, Cléricy et Dufresnoy. De façon simplifiée, il est composé d'une partie granitique au sommet et gabbroïque à la base, la partie granitique étant bien plus abondante (elle forme au moins 80% de l'intrusion).

Dans le détail cependant, ce filon-couche se révèle très complexe: il ne résulte pas d'une simple différenciation magmatique, mais plutôt de la superposition de plusieurs phases d'intrusion. Une cartographie détaillée a permis de distinguer les faciès suivants: granite leucocrate (constitué essentiellement de quartz et de plagioclase), gabbro, gabbro pegmatitique quartzifère, diorite, pegmatite, granite mélancrate (contenant une quantité appréciable de biotite maintenant rétrogradée en chlorite), pyroxénite, et petits dykes de composition intermédiaire. Les observations suivantes ont été faites sur le terrain:

- Le gabbro de couleur foncée et à texture ophitique renferme des rubans (schlierens) de gabbro pegmatitique quartzifère (taille des grains > 5 mm) et se transforme imperceptiblement en une diorite plus feldspathique et à texture granulaire.
- Le granite leucocrate recoupe le gabbro à plusieurs endroits et contient de nombreuses inclusions de ce dernier (figure 28C). En un en-

droit, le granite leucocrate contient une inclusion de gabbro elle-même recoupée par un dyke pegmatitique composé de quartz et de plagioclase, et à grain beaucoup plus grossier que celui du granite leucocrate.

- Le gabbro recoupe le granite mélanocrate et montre une bordure de trempe très nette au contact avec ce dernier.
- De petits dykes de composition intermédiaire (de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur) recoupent le granite leucocrate. La séquence d'intrusions suivante est donc suggérée pour le filon-couche de Cléricy:

- 1<sup>o</sup>) granite mélanocrate,
- 2<sup>o</sup>) gabbro,
- 3<sup>o</sup>) pegmatite,
- 4<sup>o</sup>) granite leucocrate,
- 5<sup>o</sup>) minces dykes de composition intermédiaire.

On n'a observé la pyroxénite qu'en un seul endroit (canton Cléricy, rang IV, lot 2) et ses relations avec les autres phases de l'intrusion n'ont pu être déterminées.

Le filon-couche de Cléricy est concordant dans son ensemble avec les roches volcaniques encaissantes et il est pré-tectonique, puisque la schistosité  $S_2$  y est imprimée en plusieurs endroits (voir la carte tectonique). Près de son contact avec les roches volcaniques, il contient de nombreuses enclaves de celles-ci.

#### IV.7.3.2. Aspect en lame mince

Les principales caractéristiques des roches intrusives composant le filon-couche de Cléricy sont les suivantes:

1<sup>o</sup>) la partie granitique est composée principalement de quartz et d'albite avec un peu de carbonate, de séricite, de minéraux opaques, de chlorite et d'épidote. La texture est hypidiomorphe.

Plusieurs diffractogrammes obtenus sur des poudres et plusieurs tests de coloration au cobaltinitrite de potassium effectués sur des lames minces nous ont confirmé l'absence totale de feldspath potassique dans ces roches. L'albite est bien mâclée, très fraîche et la composition déterminée par immersion dans l'huile (mesure de l'indice  $n'_\alpha$  sur la face 001) est celle d'une albite pratiquement pure (An 2).

Le granite mélanocrate se distingue du granite leucocrate par une plus grande abondance de biotite (maintenant altérée en chlorite). La phase pegmatitique est semblable au granite leucocrate, mais à grain plus grossier.

- 2<sup>o</sup>) La partie gabbroïque et dioritique est tout à fait comparable aux autres gabbros et diorites de la région (voir IV.7.1).
- 3<sup>o</sup>) La pyroxénite est formée d'un cumulat de cristaux d'augite en grande partie remplacés par de la hornblende brune et de l'actinote. Les minéraux accessoires sont le sphène, la chlorite et les minéraux opaques; le plagioclase est absent.
- 4<sup>o</sup>) Les dykes intermédiaires recoupant le granite sont composés d'un agrégat à grain fin de quartz, d'albite, d'épidote et de chlorite

avec des quantités accessoires de séricite, de carbonate, de sphène, d'actinote et de minéraux opaques. Leur composition correspond à celle d'une diorite quartzique.

#### IV.7.4. La syénite de Cléricy

La syénite de Cléricy (MacIntosh, 1972) forme un stock d'environ 3 km de diamètre dans la partie nord des cantons Dufresnoy et Cléricy. Elle recoupe aussi bien le Kewagama que le Blake River et elle est bordée au sud-est par une masse de pyroxénite qui lui serait génétiquement reliée d'après MacIntosh (op. cit.). Au contact de sa partie sud, les basaltes à coussins du Blake River sont recristallisés en amphibolite recoupée par une multitude de petits filons de syénite. Sur le terrain, la syénite de Cléricy est une roche de couleur rose à texture porphyrique (les phénocristaux de feldspath mesurent de 4 à 8 mm).

En lame mince, elle est composée à 80% de cristaux idiomorphes de feldspath alcalin, avec quelques cristaux plus petits de pyroxène et d'amphibole. Un peu de quartz et d'albite individualisée remplissent les interstices entre ces minéraux. Le feldspath alcalin montre de très fines lamelles d'exsolution d'albite et de feldspath potassique.

Les minéraux de la syénite de Cléricy ont été analysés à la microsonde électronique (tableau 5). Le feldspath alcalin montre une teneur en calcium extrêmement faible; sa composition globale ne peut être obtenue à la microsonde parce que les lamelles d'exsolution sont trop fines. Certains de ces cristaux ont donc été isolés et leur composition a été déterminée en procédant selon la méthode décrite par Kuellmer (1959),

TABLEAU 5 : ANALYSES À LA MICROSONDE DES  
MINÉRAUX DE LA SYÉNITE DE  
CLÉRICY.

	F. Alcalin	F. Alcalin	Pyroxène	Amphibole
SiO <sub>2</sub>	66.64	68.53	54.43	51.91
TiO <sub>2</sub>	—	—	0.07	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.16	19.64	0.58	2.86
FeO*	—	—	13.98	16.76
MgO	—	—	8.40	11.25
MnO	—	—	0.40	0.48
CaO	0.01	0.01	20.59	9.16
Na <sub>2</sub> O	3.62	8.17	1.34	1.89
K <sub>2</sub> O	10.86	4.27	—	0.98
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	—	—	4.61
Total	100.29	100.62	99.79	100.00
Nb d'O	8	8	6	23
Nb de cations	Si 3.00	Si 3.00	Si 2.07	Si 7.84
	Al 1.02	Al 1.02		Al 0.16
	<u>4.02</u>	<u>4.02</u>	Al 0.03	<u>8.00</u>
	Na 0.32	Na 0.69	Fe 0.44	Al 0.34
	K 0.62	K 0.24	Mg 0.48	Ti 0.01
	<u>0.94</u>	<u>0.93</u>	Mn 0.01	Fe 2.11
	Ab : An : Or	Ab : An : Or	Ca 0.84	Mg 2.53
	34 : 0 : 66	74 : 0 : 26	Na 0.10	Mn 0.06
			<u>1.90</u>	<u>5.05</u>
				Ca 1.48
			Na 0.54	
			K 0.18	
			<u>2.20</u>	

qui consiste à mesurer l'intensité intégrée des pics  $20\bar{1}$  de l'albite et de l'orthose provenant d'un feldspath alcalin démixé. Les valeurs obtenues rapportées sur la courbe calibrée de Pouliot (1962, p. 77) situent la composition globale à Ab 54 Or 46. Il s'agit donc d'une mésoperthite.

La composition chimique du pyroxène primaire, qui est une augite-aégyrinique, confirme le caractère alcalin de la syénite. L'amphibole associée est de type actinote et montre une importante substitution de  $\text{Na}_2\text{O}$  à la place de  $\text{CaO}$ ; il est possible que cette amphibole soit d'origine métamorphique.

#### IV.7.5. La diabase récente

La diabase récente est représentée dans la région par un dyke d'environ 100 m d'épaisseur orienté NE - SO. Ce dyke traverse une partie des cantons Joannès et Cléricy. C'est la seule roche post-métamorphique de la région et par conséquent la seule à préserver une minéralogie primaire constituée d'olivine, d'augite, de plagioclase calcique et de minéraux opaques.

Le plagioclase calcique est zôné et remarquablement frais: une analyse d'un cristal du centre vers la bordure (tableau 4) a donné une composition qui varie entre An68 et An48.

#### IV.8. Conclusions de l'étude pétrographique

1<sup>o</sup>) Le Groupe de Blake River est constitué essentiellement de roches volcaniques avec une faible proportion de roches intrusives asso-

ciées.

2<sup>o</sup>) Toutes les roches de la région, sauf la diabase récente, ont subi un métamorphisme régional de faible intensité qui a profondément modifié leur minéralogie primaire.

3<sup>o</sup>) La mise en place des roches volcaniques du Groupe de Blake River s'est effectuée en milieu sub-aquatique comme le démontre la présence de laves à coussinets à tous les niveaux dans la colonne stratigraphique. Une étude de la vésicularité des laves à coussinets nous a permis de situer la profondeur d'eau entre 700 et 2,500 m, avec une moyenne de 1,300 m.

4<sup>o</sup>) Les rhyolites et les laves mafiques sont les roches les plus abondantes dans la région, les roches de composition intermédiaire étant très rares (voir Gélinas et al., 1977A et le chapitre VII).

5<sup>o</sup>) Les rhyolites montrent plusieurs faciès sur le terrain, les roches fragmentaires étant les plus abondantes. L'étude pétrographique de ces roches démontre qu'elles sont en grande partie d'origine pyroclastique. Les textures porphyrique, sphérolitique et engrenée sont les plus courantes.

6<sup>o</sup>) Les laves mafiques se présentent sur le terrain sous les formes suivantes: lave massive, lave à coussinets, brèche de coulée et tuf aquagène. Malgré l'altération, les laves mafiques possèdent une morphologie cristalline primaire permettant de reconstituer leur minéralogie initiale, qui se résume à quelques minéraux seulement: le plagioclase calcique, l'augite, l'olivine et les oxydes de fer et de titane. Tous ces minéraux, sauf l'augite, dont il subsiste parfois des vestiges, ont été remplacés par des minéraux secondaires. Les textures présentes varient

en fonction du taux de refroidissement subi par la lave; mentionnons les textures sphérolitique, squelettique, porphyrique, pilotaxitique, subophitique et ophitique.

## CHAPITRE V

### METAMORPHISME

#### V.1. Généralités

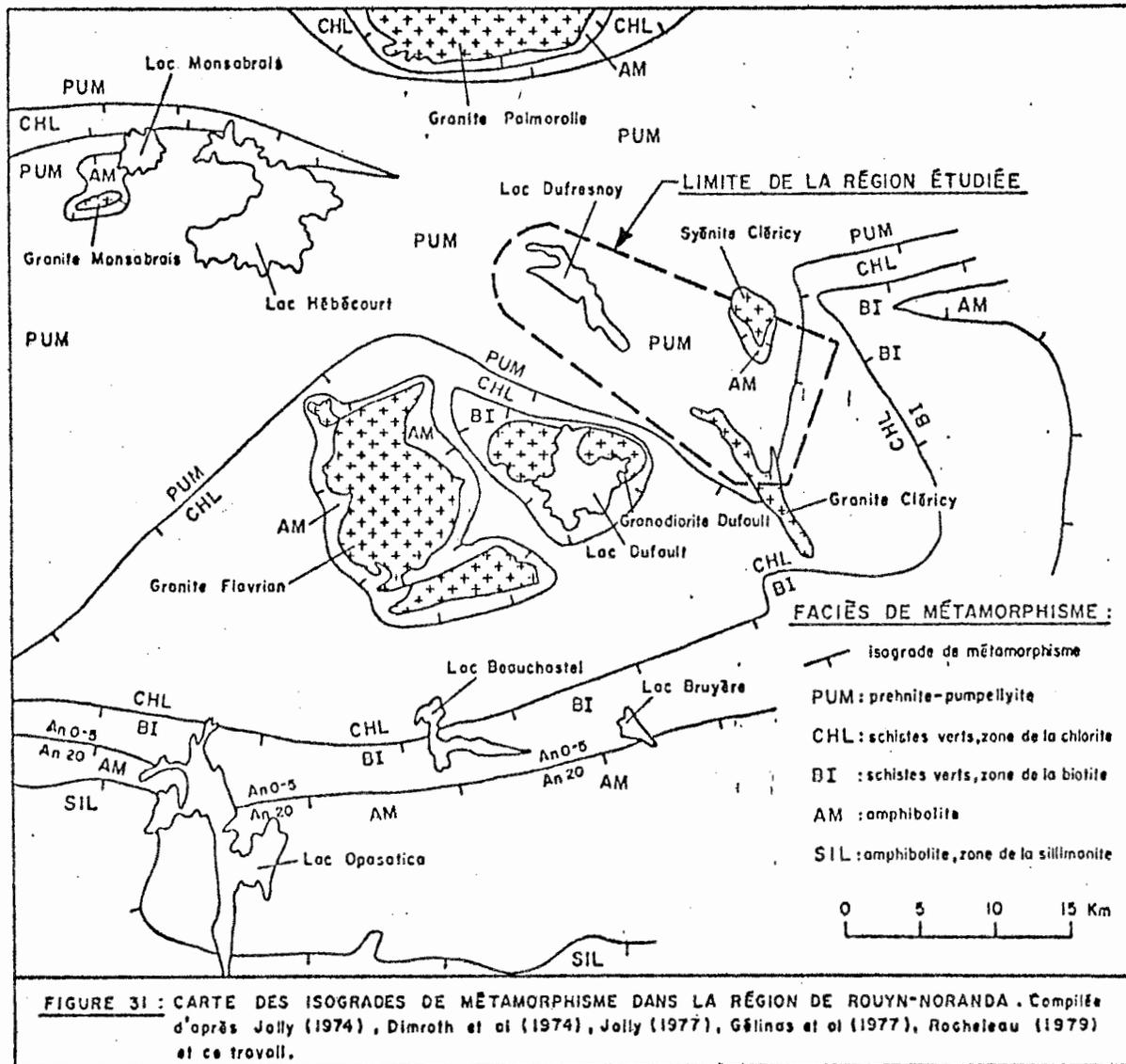
Il faut distinguer plusieurs étapes dans le métamorphisme (ou le métagénèse) qui ont pu affecter les roches de la région selon la séquence suivante:

- 1<sup>o</sup>) Très tôt après leur épanchement sur le fond marin, les laves mafiques peuvent subir une altération de type "spilitisation" ("sea-floor metamorphism" des auteurs américains). La première phase de cette altération selon Vallance (1969) est la palagonitisation qui stabilise les minéraux des argiles, les zéolites et la calcite. En effet, après seulement quelques jours sur le fond marin, le verre basaltique commence déjà à s'altérer en smectite puis en chlorite (B. Gunn, communication orale); l'olivine et le pyroxène pauvre en calcium s'altèrent également très tôt et le plagioclase calcique est remplacé par de l'albite limpide (c'est le phénomène de "spilitisation"; voir Amstutz, 1974).
- 2<sup>o</sup>) Lors de la formation des gisements volcanogènes de métaux de base, les roches encaissantes subissent une altération hydrothermale intense (propylitisation) qui se traduit par une grande abondance de chlorite et de séricite. Les roches sont enrichies en Mg, Fe (chloritisation) et K (séricitisation), alors qu'elles sont appauvries en Na et Ca (voir Riddell, 1952; Lickus, 1965; Sakrison, 1966; Cari-

gnan, 1972 et 1979; Spitz et Darling, 1973, et Descarreaux, 1973). Ce type d'altération est limité à la périphérie des gisements métallifères.

- 3<sup>o</sup>) Métamorphisme régional (Jolly, 1974 et 1977; Gélinas et al., 1977A) dont l'intensité dans la région de Rouyn-Noranda augmente du nord (faciès prehnite-pumpellyite) au sud (faciès des schistes verts et faciès amphibolite): voir la figure 31. La relation entre le métamorphisme régional et la déformation n'est pas simple: en effet, des vésicules remplies de prehnite et/ou de pumpellyite et subséquentement déformées indiquent que la cristallisation de ces minéraux s'est faite en partie au cours d'un stade pré-cinématique; cependant, ces minéraux remplissent aussi des fractures, ce qui démontre que leur cristallisation est également en partie syn-cinématique.
- 4<sup>o</sup>) Métamorphisme de contact que l'on retrouve autour des grandes intrusions ignées: granite du lac Flavrian (Goldie, 1978), granite du lac Monsabrais (Boivin, 1974) et granodiorite du lac Dufault (Spence, 1969 et Riverin, 1977). Les auréoles de métamorphisme de contact autour de certaines intrusions sont déformées et donc pré-cinématiques (granite du lac Monsabrais; Boivin, op. cit.), alors que d'autres sont nettement post-cinématiques (granodiorite du lac Dufault; Spence, op. cit.). Le cas de la granodiorite du lac Dufault est particulièrement intéressant en ce que cette intrusion a affecté des roches fortement appauvries en Ca et enrichies en Mg (voir 2<sup>o</sup>) donnant ainsi naissance à des cornéennes à cordiérite et anthophyllite (Spence, op. cit.).

La figure 31 donne un aperçu général du métamorphisme dans la



région de Rouyn-Noranda. Les principaux isogrades de métamorphisme qui apparaissent sur cette figure ont été compilés d'après nos travaux et ceux de Jolly (1974 et 1977), Dimroth et al., (1974), Gélinas et al., (1977A) et Rocheleau (1979). L'examen de la figure 31 indique que la partie nord de la ceinture volcanique Abitibi dans la région de Rouyn-Noranda (celle qui nous concerne) se range au faciès prehnite-pumpellyite avec seulement des auréoles de métamorphisme de contact autour des grandes intrusions ignées.

## V.2. Les laves mafiques

Les assemblages minéralogiques de haute température ( $\approx 1,200^{\circ}\text{C}$ ) des laves mafiques sont plus sujets à l'altération de basse température que les assemblages minéralogiques des roches felsiques. Pour cette raison, ils ont été étudiés d'une façon plus détaillée.

### V.2.1. Assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques

Tel qu'on l'a décrit en IV.3.2, les constituants primaires des laves mafiques: olivine, plagioclase calcique, clinopyroxène, oxydes de Fe et de Ti, et un verre résiduel ont été transformés lors du métamorphisme régional en un agrégat d'un certain nombre des minéraux suivants: albite, épidote, chlorite, actinote, prehnite, pumpellyite, quartz, calcite, séricite, sphène, stilpnomélane et magnétite, avec parfois des vestiges d'augite primaire.

La figure 31 montre que l'intensité du métamorphisme dans la ré-

gion étudiée se situe presque entièrement au faciès prehnite-pumpellyite, sauf l'extrémité est de la carte où la prehnite et la pumpellyite disparaissent au faciès des schistes verts, zone de la chlorite (voir également la carte 3 en annexe). L'origine pré-cinématique de la prehnite et de la pumpellyite (voir V.1, 3<sup>o</sup>) alliée à la conservation occasionnelle de l'augite primaire confirment le fait que le très faible degré de métamorphisme régional n'est pas le résultat d'un métamorphisme rétrograde.

Le tableau 6 reproduit la totalité des assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques, ainsi que leur fréquence. En résumé, les assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques au faciès prehnite-pumpellyite sont les suivants:

| albite limpide ou plus rarement (albite + clinozoisite) | + épidote  
+ chlorite + quartz + carbonate ± actinote ± prehnite ± pumpellyite  
± séricite ± stilpnomélane.

Des vestiges d'augite primaire sont préservés dans certains cas. Les minéraux accessoires comme le sphène, le zircon, l'apatite et les minéraux opaques (oxydes et sulfures) peuvent également être présents.

Au faciès des schistes verts, zone de la chlorite, les assemblages minéralogiques sont les mêmes, sauf qu'il manque la prehnite et la pumpellyite. On n'a pas observé de biotite dans la région.

Pour fins de comparaison avec les gabbros et diorites, le tableau 6 donne également la fréquence de conservation des vestiges d'augite primaire et de l'agrégat très intime d'albite et de clinozoisite pseudomorphe du plagioclase calcique par opposition à l'albite limpide. Il en ressort que l'agrégat d'albite et de clinozoisite ne s'observe que dans 24% des lames minces de laves mafiques étudiées; quant aux vestiges d'au-



X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ab + Clinozoïsite
																	Albite limpide
													X	X	X	X	Epidote
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	Chlorite
									X	X	X						Augite
				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				Actinote -hornblende
X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X		X	Quartz
X	X	X	X	X				X	X			X			X		Carbonate
			X														Prehnite
							X										Pumpellyite
		X				X					X			X			Mica blanc
	X			X					X								Stilpnomélane
4	1	2	1	1	4	1	2	10	1	1	1	1	1	1	1	4	Nombre d'observations

TABLEAU 6 (SUITE 1) :

TABLEAU 6 ( SUITE 2 ) :

Ab + Clinozoïsite	Albite limpide	Epidote	Chlorite	Augite	Actinote - hornblende	Quartz	Carbonate	Prehnite	Pumpellyite	Mica blanc	Stipnomélane	Nombre d'observations
X			X			X				X		1
X			X				X					1
	X	X	X	X	X	X	X	X	X			2
	X	X	X	X	X	X	X	X				1
	X	X	X	X	X	X	X		X			1
	X	X	X	X	X	X	X			X		2
	X	X	X	X	X	X	X					5
	X	X	X	X	X	X		X				1
	X	X	X	X	X	X			X			1
	X	X	X	X	X	X				X		1
	X	X	X	X	X	X						4
	X	X	X	X	X							1
	X	X	X		X	X	X	X				7
	X	X	X		X	X	X		X			4
	X	X	X		X	X	X			X		5
	X	X	X		X	X	X				X	1
	X	X	X		X	X	X					43

TABLEAU 6 (SUITE 3) :

Ab + Clinozoïsite	Albite limpide	Epidote	Chlorite	Augite	Actinote - hornblende	Quartz	Carbonate	Prehnite	Pumpellyite	Mica blanc	Stilpnomélane	Nombre d'observations
	X	X	X		X	X		X	X	X		1
	X	X	X		X	X		X	X			2
	X	X	X		X	X		X		X		3
	X	X	X		X	X		X				4
	X	X	X		X	X			X			2
	X	X	X		X	X				X		4
	X	X	X		X	X					X	1
	X	X	X		X	X						27
	X	X	X		X		X	X		X		1
	X	X	X		X		X					6
	X	X	X		X				X			1
	X	X	X		X						X	1
	X	X	X		X							3
	X	X	X			X	X	X	X			2
	X	X	X			X	X	X				1
	X	X	X			X	X		X	X		4
	X	X	X			X	X		X			6



gite, ils ne sont préservés que dans 7% des cas. Par contre, dans les gabbros et les diorites, l'agrégat d'albite et de clinozoisite est préservé dans 69% des lames minces et les vestiges d'augite s'observent dans 34% des cas (voir V.3).

Dans la région, le faciès amphibolite n'est représenté qu'en bordure de la syénite de Cléricy où les basaltes à coussins (très bien conservés) sont recristallisés en amphibolites. En lame mince, cette roche montre une texture poeciloblastique, les cristaux de hornblende contenant de nombreuses inclusions de quartz et de plagioclase. Les minéraux accessoires sont l'épidote et les minéraux opaques. La calcicité du plagioclase a été déterminée par immersion dans l'huile (mesure de l'indice  $n'_\alpha$  sur la face 001), ce qui a donné une composition An 42 (andésine).

De toutes les roches de la région, seule la diabase récente (au sens d'Ambrose, 1941) est post-métamorphique et montre une minéralogie primaire parfaitement préservée et constituée d'olivine, d'augite, de plagioclase calcique et de minéraux opaques.

#### V.2.2. Analyses à la microsonde électronique des assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques

Les analyses à la microsonde électronique des minéraux métamorphiques ont été effectuées dans les buts suivants:

- 1<sup>o</sup>) établir si ces assemblages minéralogiques ont atteint un état d'équilibre chimique.
- 2<sup>o</sup>) Préciser les conditions du métamorphisme régional.

### V.2.2.1. Méthode d'analyse

La microsonde électronique utilisée est celle du département de Génie minéral de l'École Polytechnique; elle est de marque ETEC et utilise comme étalons des silicates et des oxydes.

Dans une même lame mince, tous les minéraux significatifs au point de vue du métamorphisme ont été analysés pour les neuf oxydes des éléments majeurs ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ ).

La microsonde donne la quantité totale de fer présente dans le minéral, exprimée sous forme de  $\text{FeO}$  ( $\text{FeO}^*$ ), et non les quantités de  $\text{FeO}$  et de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Pour les minéraux comme l'épidote, la prehnite et la séricite où le fer est pratiquement toujours sous forme de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Deer, Howie et Zussman, 1966), la quantité de  $\text{FeO}^*$  a été transformée intégralement en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Pour les minéraux tels que la chlorite, l'augite, l'actinote, la pumpellyite, la stilpnomélane et la hornblende, où le fer peut être présent sous forme de  $\text{FeO}$  et de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , on a conservé la valeur  $\text{FeO}^*$  intacte, dans l'ignorance de la proportion relative de  $\text{FeO}$  et de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dans ces minéraux. Dans le plagioclase, le fer peut être sous forme de  $\text{FeO}$ : la quantité moléculaire de  $\text{FeO}$  est alors ajoutée à la molécule anorthite du plagioclase; il peut également être sous forme de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : il se substitue alors au  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dans le site tétraédrique du plagioclase (Deer, Howie et Zussman, op. cit.). Les deux solutions ont été choisies alternativement afin d'obtenir la meilleure stoechiométrie pour l'analyse du plagioclase.

La composition chimique des minéraux hydratés a été portée à 100% en ajoutant la quantité de  $\text{H}_2\text{O}^+$  manquante: cette méthode ne compor-

te aucun inconvénient et les teneurs en  $H_2O^+$  ainsi obtenues pour les minéraux analysés se comparent très bien à celles données dans Deer, Howie et Zussman (op. cit.), soient: chlorite=11 à 13%; épidote=1 à 2%; prehnite=4%; pumpellyite=7 à 9%; actinote=1 à 3%; stilpnomélane=9% et séricite=4% (voir les tableaux 3 à 5, et 8 à 14).

#### V.2.2.2. Résultats

La liste des échantillons dont les minéraux ont fait l'objet d'analyses à la microsonde électronique apparaît au tableau 7, ainsi que les détails pertinents.

#### V.2.2.3. Discussion

Les assemblages minéralogiques observés dans les laves mafiques peuvent être représentés sur différents diagrammes, mais une difficulté se présente dans chaque cas: aucune représentation ne peut tenir compte de tous les constituants nécessaires à la stabilité des minéraux observés dans un assemblage donné. Ainsi, dans un diagramme ternaire, on ne peut avoir que des assemblages de trois phases en équilibre et dans un diagramme quaternaire, des assemblages de quatre phases.

Or, pour les laves mafiques, l'assemblage maximum de phases est représenté par les minéraux:

épidote + prehnite + pumpellyite + chlorite + actinote + quartz  
+ albite + calcite + stilpnomélane + sphène + magnétite.

La séricite est présente dans plusieurs lames minces comme pro-

TABLEAU 7: Liste des échantillons dont les minéraux ont fait l'objet d'analyses à la microsonde électronique.				
Echantillon	Localisation	Assemblage minéralogique observé	Résultat des analyses	Remarques
74-2532	Canton Dufresnoy, rang est chemin Macamic, lot 3	Ab-Chl-Ep-Pre-Pum-Act-Qz-Cc-Aug (reliques)	Tableau 8	L'albite contient une faible quantité de fer.
74-2558	Canton Dufresnoy, rang X, lot 14	Ab-Chl-Ep-Pre-Pum-Act-Qz-Cc-Sph-Aug (reliques)	Tableau 9	La substitution d'Al dans le site tétraédrique est très faible pour l'augite et l'actinote.
74-2554	Canton Dufresnoy, rang X lot 14	Ab-Chl-Ep-Pre-Pum-Act-Qz-Cc	Tableau 10	La chlorite contient un peu de manganèse.
74-2760	Canton Dufresnoy, rang X, lot 21	Ab-Chl-Ep-Pum-Act-Sph	Tableau 11	La chlorite et l'actinote sont très magnésiennes.
74-2825	Canton Dufresnoy, rang VIII, lot 36	Ab-Chl-Ep-Pum-Act-Qz	Tableau 12	L'albite contient un peu de potassium.
74-2665	Canton Destor, rang II, lot 21	Ab-Chl-Ep-Pre-Pum-Qz-Se	Tableau 13	L'actinote est absente de cet échantillon.

TABLEAU 7: Liste des échantillons dont les minéraux ont fait l'objet d'analyses à la microsonde électronique. (Suite et fin)

Echantillon	Localisation	Assemblage minéralogique observé	Résultat des analyses	Remarques
75-2675	Canton Clérisy, rang IV, lot 17	Ab-Chl-Ep-Stp-Hb-Qz	Tableau 14	Faciès des schistes verts, zone de la chlorite. L'épidote, la chlorite et la hornblende associées à la stilpnomélane sont très ferrugineuses.
<p><u>Abréviations utilisées:</u> albite (Ab), chlorite (Chl), épidote (Ep), prehnite (Pre), pumpellyite (Pum), actinote (Act), quartz (Qz), calcite (Cc), augite (Aug), sphène (Sph), séricite (Se), hornblende (Hb) et stilpnomélane (Stp).</p>				

**TABLEAU 8 : ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE DES MINÉRAUX DE  
LA LAME MINCE 74-2532.**

	Albite	Chlorite	Epidote	Prehnite	Pumpellyite	Augite	Actinote
SiO <sub>2</sub>	67.89	26.06	38.01	43.25	36.88	47.91	54.55
TiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	—	1.92	0.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.67	20.46	22.14	24.48	23.49	4.48	3.27
FeO*	0.43	27.08	—	—	7.06	15.27	15.44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	15.51	—	—	—	—
MgO	—	13.19	—	—	1.71	9.21	11.87
CaO	0.89	—	22.69	28.03	22.26	20.80	12.30
Na <sub>2</sub> O	10.77	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	13.21	1.65	4.24	8.60	—	2.14
Total	99.65	100.00	100.00	100.00	100.00	99.59	100.00
Nb d'O	8	28	25	11	24.5	6	23
Nb de cations	Si 2.98	Si 5.59	Si 6.06	Si 2.98	Si 6.13	Si 1.85	Si 7.88
	Al 1.02	Al 2.41		Al 0.02		Al 0.15	Al 0.12
	4.00	8.00	Al 4.15	3.00	Al 4.59	2.00	8.00
	Fe 0.02	Al 2.76	Fe 1.86	Al 1.96	Fe 0.98	Al 0.05	Al 0.44
	Ca 0.04	Fe 4.86	6.01	Ca 2.07	Mg 0.42	Ti 0.06	Ti 0.04
	Na 0.92	Mg 4.21	Ca 3.88		5.99	Fe 0.49	Fe 1.87
	0.98	11.83			Ca 3.96	Mg 0.53	Mg 2.55
	Ab: An: Or					Ca 0.86	4.90
	94: 6: 0					1.99	Ca 1.90

TABLEAU 9 : ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE DES MINÉRAUX DE  
LA LAME MINCE 74-2558.

	Albite	Chlorite	Epidote	Prehnite	Pumpellyite	Augite	Actinote
SiO <sub>2</sub>	67.70	27.68	38.24	43.03	37.82	52.92	54.13
TiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	0.84	0.84	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.08	17.94	24.45	24.31	22.39	2.62	3.91
FeO*	0.29	30.68	—	—	7.58	12.37	16.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	12.33	0.41	—	—	—
MgO	—	12.12	—	—	1.04	12.44	9.96
MnO	—	0.40	—	—	—	—	—
CaO	0.61	—	23.64	27.78	23.12	18.87	12.17
Na <sub>2</sub> O	11.15	—	—	—	—	—	1.02
K <sub>2</sub> O	0.16	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>†</sup>	—	11.18	1.34	4.47	7.21	—	2.31
Total	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.06	100.00
Nb d'O	8	28	25	11	24.5	6	23
Nb de cations	Si 2.96	Si 5.91	Si 6.01	Si 2.97	Si 6.21	Si 1.97	Si 7.89
	Al 1.04	Al 2.09		Al 0.03		Al 0.03	Al 0.11
	4.00	8.00	Al 4.54	3.00	Al 4.34	2.00	8.00
	Na 0.95	Al 2.43	Fe 1.46	Al 1.95	Ti 0.11	Al 0.11	Al 0.56
	Ca 0.03	Fe 5.48	6.00	Fe 0.02	Fe 1.04	Ti 0.02	Fe 2.01
	Fe 0.01	Mg 3.86	Ca 3.99	1.97	Mg 0.26	Fe 0.39	Mg 2.16
	K 0.01	Mn 0.07		Ca 2.05	5.75	Mg 0.69	4.73
	1.00	11.84			Ca 4.07	Ca 0.75	Ca 1.90
	Ab: An: Or					1.96	Na 0.28
	95: 4: 1						2.18

TABLEAU 10: ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE DES  
MINÉRAUX DE LA LAME MINCE 74-2554.

	Albite	Chlorite	Epidote	Prehnite	Pumpellyite	Actinote
SiO <sub>2</sub>	69.89	27.72	39.56	43.22	36.04	56.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.83	19.88	27.44	24.28	21.44	3.26
FeO*	—	25.60	—	—	9.94	14.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	7.00	—	—	—
MgO	—	14.32	—	—	1.98	11.52
MnO	—	0.45	—	—	—	—
CaO	0.54	—	24.51	28.00	22.12	12.50
Na <sub>2</sub> O	10.85	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	12.03	1.49	4.50	8.48	1.25
Total	99.11	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Nb d'O	8	28	25	11	24.5	23
Nb de cations	Si 3.07	Si 5.80	Si 6.13	Si 2.98	Si 6.10	Si 8.07
	Al 0.92	Al 2.20		Al 0.02		
	3.99	8.00	Al 5.01	3.00	Al 4.27	Al 0.54
	Na 0.92	Al 2.71	Fe 0.82	Al 1.95	Fe 1.40	Fe 1.72
	Co 0.03	Fe 4.48	5.83	Ca 2.07	Mg 0.50	Mg 2.43
	0.95	Mg 4.47	Ca 4.07		6.17	4.69
	Ab : An : Or	Mn 0.08			Ca 4.00	Ca 1.90
	97 : 3 : 0	11.74				

TABLEAU II : ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE  
DES MINÉRAUX DE LA LAME MINCE 74-2760.

	Albite	Chlorite	Epidote	Pumpellyite	Actinote
SiO <sub>2</sub>	67.60	27.30	37.46	37.06	55.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.44	20.74	21.26	22.88	1.23
FeO*	—	22.76	—	7.18	11.67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	16.26	—	—
MgO	—	17.32	—	1.42	15.01
CaO	1.33	—	22.94	22.78	13.23
Na <sub>2</sub> O	10.71	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	11.88	2.08	8.68	3.67
Total	100.08	100.00	100.00	100.00	100.00
Nb d'O	8	28	25	24.5	23
Nb de cations	Si 2.95	Si 5.62	Si 6.03	Si 6.18	Si 7.99
	Al 1.05	Al 2.38			Al 0.01
	4.00	8.00	Al 4.02	Al 4.49	8.00
	Na 0.91	Al 2.65	Fe 1.97	Fe 1.00	Al 0.20
	Co 0.06	Fe 3.92	5.99	Mg 0.35	Fe 1.41
	0.97	Mg 5.31	Ca 3.95	5.84	Mg 3.24
	Ab : An : Or	11.88		Ca 4.06	4.85
	94 : 6 : 0				Ca 2.05

TABLEAU 12 : ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE  
DES MINÉRAUX DE LA LAME MINCE 74-2825.

	Albite	Chlorite	Epidote	Pumpellyite	Actinote
SiO <sub>2</sub>	66.58	27.57	38.61	36.82	54.94
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.72	18.99	24.02	22.91	4.70
FeO*	—	24.70	—	7.32	13.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	12.31	—	—
MgO	—	15.41	—	1.10	12.00
MnO	—	—	—	—	0.25
CaO	1.37	—	23.44	22.69	12.67
Na <sub>2</sub> O	10.85	—	—	—	—
K <sub>2</sub> O	0.45	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	13.33	1.62	9.16	2.43
Total	99.97	100.00	100.00	100.00	100.00
Nb d'O	8	28	25	24.5	23
Nb de cations	Si 2.93	Si 5.83	Si 6.08	Si 6.17	Si 7.86
	Al 1.07	Al 2.17			Al 0.14
	<u>4.00</u>	<u>8.00</u>	Al 4.46	Al 4.53	<u>8.00</u>
	Na 0.92	Al 2.57	Fe 1.46	Fe 1.03	Al 0.65
	Ca 0.06	Fe 4.37	<u>5.92</u>	Mg 0.27	Fe 1.56
	K 0.02	Mg 4.86	Ca 3.95	<u>5.83</u>	Mg 2.56
	<u>1.00</u>	<u>11.80</u>		Ca 4.08	Mn 0.03
	Ab : An : Or				<u>4.80</u>
	92 : 6 : 2				Ca 1.94

TABLEAU 13: ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE  
DES MINÉRAUX DE LA LAME MINCE 74-2665.

	Albite	Chlorite	Epidote	Prehnite	Pumpellyite
SiO <sub>2</sub>	68.10	26.83	38.99	43.28	37.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.13	20.26	26.48	24.49	24.17
FeO*	—	24.17	—	—	4.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	9.14	0.42	—
MgO	—	15.06	—	—	2.43
MnO	—	0.25	—	—	—
CaO	0.64	—	23.12	27.70	22.84
Na <sub>2</sub> O	11.21	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	13.43	2.27	4.11	8.09
Total	100.08	100.00	100.00	100.00	100.00
Nb d'O	8	28	25	11	24.5
Nb de cations	Si 2.97	Si 5.68	Si 6.10	Si 2.97	Si 6.14
	Al 1.04	Al 2.32		Al 0.03	
	4.01	8.00	Al 4.89	3.00	Al 4.65
	Na 0.95	Al 2.73	Fe 1.07	Al 1.95	Fe 0.67
	Ca 0.03	Fe 4.28	5.96	Ca 2.04	Mg 0.59
	0.98	Mg 4.75	Ca 3.87		5.91
	Ab: An: Or 97: 3: 0	Mn 0.04 11.80			Ca 3.99

TABLEAU 14: ANALYSES À LA MICROSONDE ÉLECTRONIQUE  
DES MINÉRAUX DE LA LAME MINCE 75-2675.

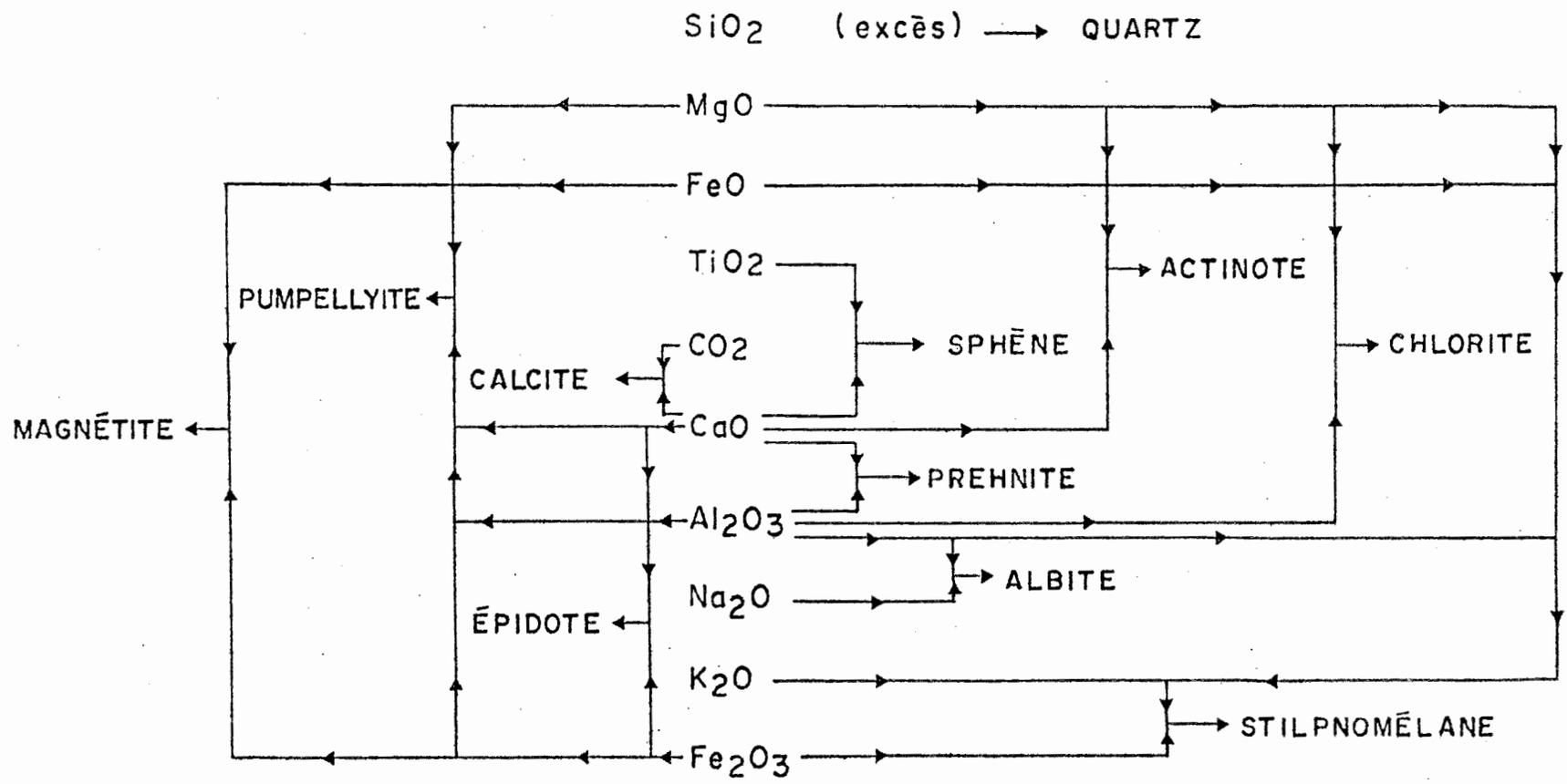
	Albite	Chlorite	Epidote	Stilpnomélane	Hornblende
SiO <sub>2</sub>	67.70	25.45	38.53	49.06	44.97
TiO <sub>2</sub>	—	—	—	—	4.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.82	18.46	21.28	6.30	14.47
FeO*	0.60	31.21	—	27.83	15.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	—	15.94	—	—
MgO	—	10.59	—	4.86	3.38
MnO	—	0.29	—	0.88	—
CaO	0.50	0.53	23.03	0.94	12.43
Na <sub>2</sub> O	11.42	—	—	—	1.92
K <sub>2</sub> O	—	—	—	1.03	0.97
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	—	13.46	1.22	9.10	2.19
Total	100.04	100.00	100.00	100.00	100.00
Nb d'O	8	28	25	variable	24
Nb de cations	Si 2.97	Si 5.64	Si 6.12	Si 8.00	Si 6.93
	Al 1.02	Al 2.36			Al 1.07
	3.99	8.00	Al 3.99	Al 1.21	8.00
	No 0.97	Al 2.47	Fe 1.91	Fe 3.79	Al 1.56
	Ca 0.02	Fe 5.79	5.90	Mg 1.18	Fe 1.97
	Fe 0.02	Mg 3.50	Ca 3.92	Mn 0.12	Mg 0.78
	1.01	Mn 0.06		Ca 0.17	Ti 0.51
	Ab : An : Or	Ca 0.13		K 0.22	4.82
	96 : 4 : 0	11.95		6.69	Ca 2.05
					Na 0.57
				K 0.18	
				2.80	

duit d'altération du plagioclase. Elle remplace le contenu en orthose du plagioclase et ne s'observe qu'en petite quantité, la teneur en potassium des plagioclases étant très faible (voir les tableaux 8 à 14). Comme elle est restreinte aux cristaux de plagioclase et ne s'observe pas en contact d'équilibre avec les autres phases, on considère qu'elle ne fait pas partie intégrante des assemblages minéralogiques.

Si on considère la règle des phases, l'assemblage de onze minéraux en équilibre chimique qu'on a précédemment décrit est théoriquement possible. Les minéraux épidote, prehnite, pumpellyite, magnétite, chlorite et actinote peuvent être représentés par les constituants  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et  $\text{MgO}$ ; l'excès de  $\text{SiO}_2$  est représenté par le quartz et l'addition de  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{TiO}_2$  stabilise respectivement l'albite, la calcite, la stilpnomélane et le sphène. Le système contient onze phases et dix constituants, même en ne tenant pas compte de  $\text{H}_2\text{O}$  (une hypothèse qui n'est pas toujours valable selon Zen, 1974).

La situation n'est cependant pas aussi simple en pratique, étant donné que certains constituants se répartissent dans plusieurs minéraux (voir figure 32). La pression partielle de l'oxygène joue également un rôle important sur la stabilité des assemblages minéralogiques: elle influence directement la stabilité de la pumpellyite, de l'épidote, de la stilpnomélane et de la magnétite.

Dans une lame mince, on ne peut observer, en un endroit donné, plus de trois minéraux en contact deux à deux et le fait de définir un assemblage minéralogique uniquement à partir de minéraux observés en contact limite l'interprétation à des assemblages de trois phases (Zen, 1963). Cet auteur trouve trop restrictive cette façon de procéder et suggère plu-



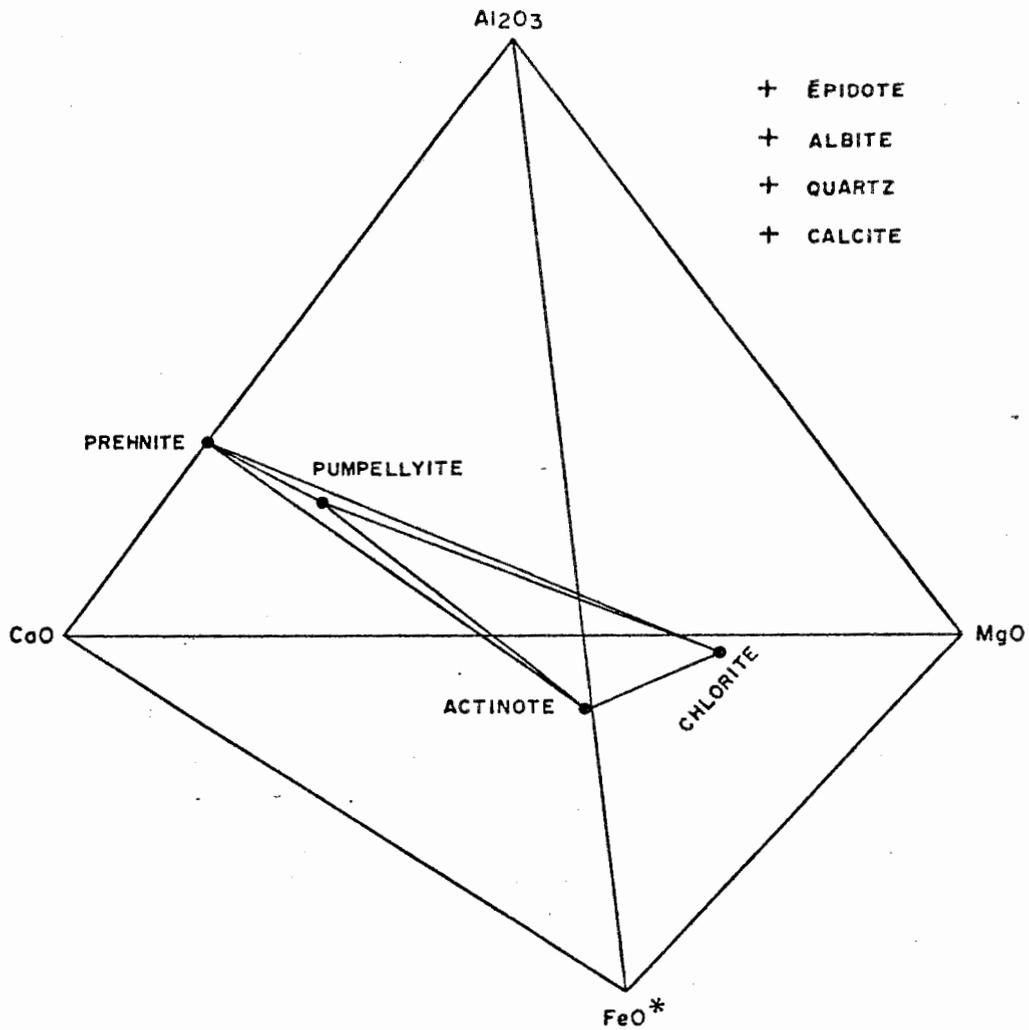
**FIGURE 32:** Répartition des constituants parmi les phases présentes dans les assemblages minéralogiques des laves mafiques.

tôt que si un minéral A est en contact d'équilibre avec un minéral B, et B avec C, on peut considérer que A est en équilibre avec C dans les conditions suivantes: 1<sup>o</sup>) que les phases A, B et C soient homogènes, du moins à leurs contacts; 2<sup>o</sup>) que le minéral B ne soit pas le produit de la réaction des phases A et C.

En procédant de cette façon, on peut considérer que tous les minéraux observés en contact dans une portion restreinte d'une lame mince sont en équilibre chimique, à condition qu'aucun d'eux ne soit présent sous forme de vestiges métastables (comme l'augite dans les laves mafiques), ni ne soit un produit de réaction d'autres phases.

Dans les lames minces qui contiennent les minéraux précédemment mentionnés, chacun de ces minéraux a été observé en contact d'équilibre avec les autres et aucun n'apparaît comme étant un produit de réaction d'autres minéraux présents. De ce fait, l'assemblage: (épidote + prehnite + pumpellyite + chlorite + actinote + quartz + magnétite + albite + calcite + stilpnomélane + sphène) semble stable au faciès prehnite-pumpellyite. Des assemblages très semblables, de toute évidence en équilibre chimique, ont été décrits par Zen (1974) dans les Appalaches, par Coombs et al., (1975) en Suisse et par Gélinas et al., (1977A) dans la ceinture volcanique Abitibi.

L'assemblage minéralogique comprenant les phases prehnite, pumpellyite, actinote et chlorite peut être représenté au moyen du tétraèdre CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO-MgO (tel que l'ont défini Harte et Graham, 1975). C'est le cas pour l'échantillon 74-2532 dont la paragenèse est représentée dans ce système à la figure 33: les quatre phases prehnite, pumpellyite, actinote et chlorite définissent un tétraèdre dont la base est représentée



**FIGURE 33:** ASSEMBLAGE MINÉRALOGIQUE DE LA LAME MINCE 74-2532 (FACIÈS PREHNITE-PUMPELLYITE) REPRÉSENTÉ DANS LE TÉTRAÈDRE CAFM (% MOLÉCULAIRES).

par le triangle prehnite-actinote-chlorite, et le sommet par la pumpellyite. Les phases qui s'ajoutent pour compléter cet assemblage minéralogique sont le quartz, l'épidote, l'albite et la calcite. Chacune de ces phases doit respectivement sa stabilité aux constituants chimiques additionnels  $\text{SiO}_2$  (en excès),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{CO}_2$ .

Afin de faciliter la visualisation des assemblages minéralogiques, on les a projetés sur la base de ce tétraèdre (figure 33). Dans le but d'éviter un trop grand nombre de recouvrements des lignes d'attache, les lignes prehnite-chlorite, pumpellyite-chlorite et prehnite-actinote ont été omises.

Cette projection offre une vue très simplifiée des équilibres minéralogiques observés; elle permet cependant de dégager les observations suivantes:

1<sup>o</sup>) les lignes d'attache chlorite-actinote ne se croisent jamais. Dans tous les cas où la chlorite et l'actinote qui sont en contact dans une même lame mince ont été analysées, le chimisme de ces deux minéraux témoigne en faveur de l'équilibre chimique des assemblages observés.

De plus, dans un contexte de métamorphisme régional de faible intensité, comme c'est le cas pour la région étudiée, la chlorite possède toujours un rapport  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  plus élevé que celui de l'actinote associée; cela est en accord avec les travaux de Harte et Graham (1975) qui démontrent qu'au faciès amphibolite cette relation peut être inversée.

2<sup>o</sup>) Pour les cinq assemblages minéralogiques contenant de l'actinote et de la pumpellyite, trois des lignes d'attache entre ces minéraux

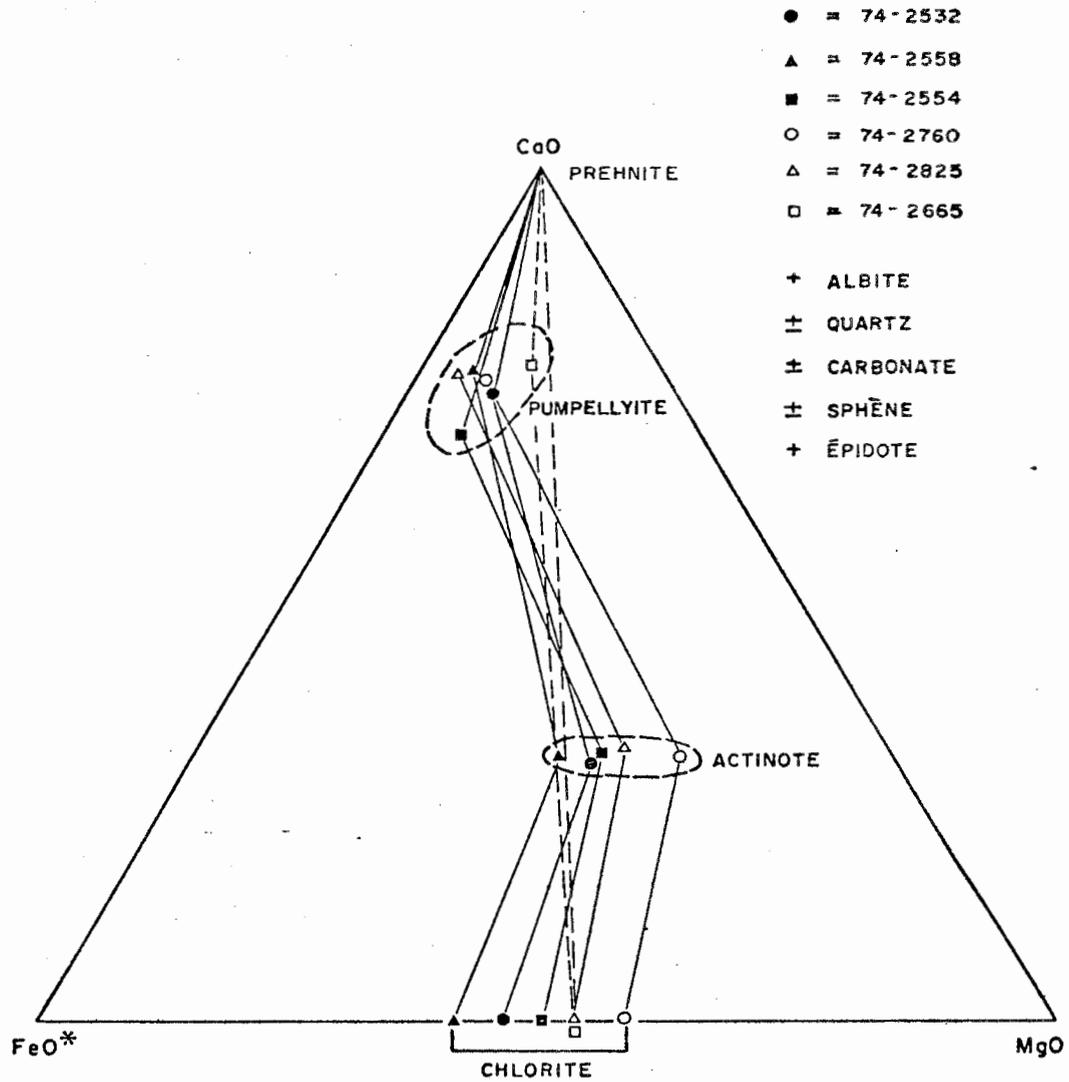


FIGURE 34: ASSEMBLAGES MINÉRALOGIQUES DES LAVES MAFIQUES (FACIÈS PREHNITE-PUMPELLYITE) REPRÉSENTÉS SUR LE DIAGRAMME  $\text{CaO}-\text{FeO}^*-\text{MgO}$  (% MOLÉCULAIRES).

sont parallèles alors que deux se recourent. D'une part, toute projection implique la possibilité de croisement des lignes d'attache; d'autre part, la pression partielle de l'oxygène influence la stabilité de la pumpellyite, ce minéral pouvant contenir une quantité importante de fer sous forme de  $Fe_2O_3$  (Deer, Howie et Zussman, 1962). Ces deux faits pouvant intervenir dans l'observation, il s'ensuit que le croisement des lignes d'attache peut n'être qu'apparent.

### V.3. Les gabbros et les diorites

Les équivalents métamorphiques des gabbros et des diorites possèdent les mêmes assemblages minéralogiques que ceux des laves mafiques. Ces assemblages sont représentés dans le tableau 15. Seul un échantillon contient dans une fracture du grenat grossulaire en association avec de la chlorite.

En utilisant comme critères d'altération: 1<sup>o</sup>) la présence d'albite limpide par opposition à l'agrégat d'albite et de clinozoisite pseudomorphe du plagioclase calcique et: 2<sup>o</sup>) l'absence de vestiges d'augite, (voir IV.3.2), il faut conclure que les gabbros et diorites sont moins altérés que leurs équivalents effusifs.

En effet, l'agrégat d'albite et de clinozoisite est préservé dans 69% des cas dans les gabbros et diorites, contre seulement 24% dans les laves mafiques. Quant aux vestiges d'augite, ils sont présents dans 34% des échantillons de gabbros et diorites contre seulement 7% pour les laves mafiques (voir V.2.1).

Cela s'explique en partie du fait que les laves mafiques, par

TABLEAU 15. ASSEMBLAGES MINÉRALOGIQUES OBSERVÉS DANS  
LES GABBROS ET DIORITES (58 lames minces étudiées) :

X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ab + Clinozoïsite
															Albite limpide
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Epidote
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Chlorite
								X	X	X	X	X	X	X	Augite
				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Actinote - hornblende
	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	Quartz
X		X	X	X			X	X						X	Carbonate
													X		Prehnite
												X			Pumpellyite
X	X		X	X		X		X			X	X			Mica blanc
															Stilpnomélane
															Grenat grossulaire
															Nombre d'observations
1	1	1	1	2	3	5	3	1	2	1	1	1	1	1	

									x	x	x	x	x	x	x	x	Ab + Clinozoïsite
x	x	x	x	x	x	x	x										Albite limpide
x	x	x	x	x	x	x	x										Epidote
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	Chlorite
			x	x	x	x	x							x	x		Augite
	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		Actinote-hornblende
x		x				x	x	x		x	x	x	x	x	x		Quartz
x	x							x					x		x		Carbonate
																	Prehnite
																	Pumpellyite
		x		x	x		x				x						Mica blanc
					x												Stilpnomélane
																	Grenot grossulaire
3	3	1	1	1	1	1	2	1	1	4	1	2	4	2			Nombre d'observations

TABEAU 15. (SUITE 1) :



suite d'un refroidissement rapide, possèdent au départ une abondance de verre et de cristaux squelettiques, des constituants très instables lors du métamorphisme. De plus, les laves mafiques contiennent des vésicules et sont souvent affectées par un grand nombre de fractures formées par la contraction lors du refroidissement (surtout les laves mafiques en coussinets). Ces vésicules et ces fractures servent de chenaux aux solutions au cours du métamorphisme et rendent ces roches plus facilement altérables.

Un autre facteur qui contribue à l'altération plus poussée des laves mafiques en milieu marin consiste en la formation de cellules de convection de courants d'eau dans les empilements volcaniques. Ces cellules de convection sont générées par des sources de chaleur ponctuelles telles que les chambres magmatiques (Lister, 1972; Fyfe et al., 1978). Il est donc possible que l'injection des dykes de gabbro intervienne vers la fin de l'activité magmatique, la circulation d'eau dans l'empilement volcanique étant alors restreinte par suite d'une activité volcanique à son déclin.

#### V.4. Les rhyolites

Les rhyolites de la région sont composées principalement de quartz et d'albite; la séricite et le carbonate sont des produits d'altération courants, tandis que les minéraux accessoires incluent la chlorite, l'épidote et les minéraux opaques (oxydes et sulfures). Ces roches sont dépourvues de minéraux indicateurs de métamorphisme (prehnite, pumpellyite et actinote). Elles sont donc peu utiles pour définir le degré de méta-

morphisme régional.

#### V.5. Les roches intrusives autres que les gabbros et les diorites

Plusieurs roches intrusives autres que les gabbros et les diorites sont présentes dans la région: roches granitiques, syénites, pyroxénites, porphyres feldspathiques et quartzo-feldspathiques. Aucune de ces roches ne nous apporte de renseignements supplémentaires sur le degré de métamorphisme régional par rapport aux roches déjà décrites.

#### V.6. Conclusions de l'étude métamorphique

1<sup>o</sup>) Dans la région étudiée, les assemblages minéralogiques des laves mafiques sont les plus significatifs dans l'étude du métamorphisme, par rapport à ceux des autres types de roches.

2<sup>o</sup>) L'ambiance du métamorphisme dans l'ensemble de la région (sauf l'extrémité est) se situe au faciès prehnite-pumpellyite, ce qui implique que la température lors de la période de métamorphisme régional était de l'ordre de 250 à 325<sup>o</sup>C et la pression inférieure à 3 kilobars (Winkler, 1974).

3<sup>o</sup>) Les phases primaires présentes dans les laves mafiques ont été dégradées lors du métamorphisme régional en un agrégat d'un certain nombre des minéraux suivants: albite, épidote, chlorite, actinote, prehnite, pumpellyite, quartz, calcite, sphène, stilpnomélane et magnétite. L'emploi de la règle des phases permet de supposer que les assemblages minéralogiques observés présentent un état d'équilibre chimique.

L'étude pétrographique démontre de plus que tous ces minéraux peuvent coexister dans une même lame mince sans aucune évidence de déséquilibre chimique.

4<sup>o</sup>) Les analyses de minéraux à la microsonde électronique suggèrent que les assemblages minéralogiques ont atteint un état d'équilibre.

## CHAPITRE VI

### ALTERATION DES LAVES MAFIQUES

#### VI.1. Introduction

Dans le but de caractériser la géochimie des empilements volcaniques, deux cent vingt-cinq échantillons furent recueillis pour analyse chimique. Les échantillons faisant l'objet d'une analyse chimique ont été soigneusement choisis sur le terrain en ne prélevant que des roches homogènes. Les roches cisailées et visiblement altérées (silicifiées, carbonatisées, chloritisées, épidotisées ou séricitisées) de même que les roches contenant des veinules remplies par des minéraux secondaires n'ont pas été retenues pour analyse chimique.

Malgré ces précautions préliminaires, plusieurs roches ne présentant aucun indice mégascopique d'altération se sont révélées être altérées. C'est pourquoi une discussion des types d'altération devient nécessaire avant d'entreprendre l'étude géochimique de ces roches.

L'étude pétrographique permet de définir quatre types principaux d'altération pour les laves mafiques de la région de Rouyn-Noranda: 1<sup>o</sup>) le type actinote-chlorite-épidote; 2<sup>o</sup>) le type chlorite-épidote; 3<sup>o</sup>) le type carbonate-chlorite et: 4<sup>o</sup>) le type carbonate-chlorite-épidote (voir tableau 16). Chacun de ces types d'altération possède des assemblages minéralogiques et des paramètres géochimiques qui lui sont propres:

1<sup>o</sup>) le type actinote-chlorite-épidote représente le type normal d'alté-

**TABLEAU 16 : TYPES D'ALTÉRATION RECONNUS DANS LES LAVES MAFIQUES  
( FACIÈS PREHNITE-PUMPELLYITE ET SCHISTES VERTS , ZONE  
DE LA CHLORITE ) :**

Minéraux	Type actinote- chlorite-épidote	Type chlorite-épidote	Type carbonate-chlorite	Type carbonate- chlorite-épidote
Quartz	X	X	X	X
Albite limpide	X	X	X	X
ou Ab + clinozoïsite	X	NON	NON	X
Actinote	X	NON	NON	NON
Chlorite	X	X	X	X
Epidote (pistachite)	X	X	NON	X
Carbonate	traces	NON	X	X

ration au faciès prehnite-pumpellyite. Il est caractérisé par des assemblages minéralogiques constitués d'un maximum de phases: (albite limpide ou agrégat d'albite + clinozoïsite) + quartz + chlorite + actinote + pistachite + carbonate (en traces). Des vestiges d'augite plus un certain nombre des minéraux suivants peuvent également être présents: prehnite, pumpellyite, sphène, magnétite et stilpnomélane.

Le calcium étant l'élément le plus mobile lors du métamorphisme (Vogt, 1927; Turner, 1935; Grasso, 1974; Trudel, 1975; Mellinger, 1976; Gélinas et al., 1977A), il convient de distinguer deux cas:

- a. La migration du calcium a été mineure. Dans ces roches, l'actinote remplace le clinopyroxène et la chlorite se substitue à l'olivine et au verre interstitiel. Le plagioclase calcique primaire est remplacé soit par un agrégat très intime d'albite et de clinozoïsite ou soit par de l'albite limpide avec une bordure d'épidote. Ces roches, d'aspect homogène en affleurement, ne possèdent pas de corindon parmi les minéraux virtuels du calcul de la norme C.I.P.W.; elles sont considérées comme les laves mafiques les moins altérées dans la région.
- b. La migration du calcium a été importante. Dans ce cas, le plagioclase calcique primaire est invariablement remplacé par de l'albite limpide. Le calcium est lessivé de la roche à la faveur d'un fluide oxydant chargé d'ions  $\text{Na}^+$  qui délogent le calcium dans la structure des plagioclases calciques. C'est l'altération de type "épidotisation" (Turner, 1935; Mellinger, 1976). Le calcium libéré migre dans les fractures ou en bordure des

coussins; c'est ainsi que dans ce type d'altération, il est fréquent d'observer un agrégat de quartz et d'épidote sous forme d'auréole autour des coussins ou remplaçant le matériel hyaloclastique interstitiel entre les coussins (voir IV.3.1).

Ce lessivage du calcium confère aux roches un caractère hyperalumineux qui se traduit par l'apparition du corindon et l'absence du diopside dans le calcul normatif.

2<sup>o</sup>) Le type chlorite-épidote résulte également d'un apport d'eau riche en ions  $\text{Na}^+$  qui délogent le calcium des plagioclases calciques. La circulation d'eau est sans aucun doute plus intense que dans le cas précédent, puisque tous les minéraux ferro-magnésiens primaires et secondaires (olivine, augite et actinote) sont remplacés par la chlorite (voir Wiseman, 1934 et Sauvé, 1957). Cette chloritisation s'effectue en présence d'un fluide oxydant riche en  $\text{H}_2\text{O}$ . L' tat d'oxydation élevé favorise la stabilité de l'épidote variété pistachite par rapport à la clinozoïsite. Cette migration excessive du calcium entraîne le remplacement des plagioclases par de l'albite limpide et des clinopyroxènes par la chlorite.

L'assemblage minéralogique quartz-albite-chlorite-épidote qui caractérise ce type d'altération possède un minimum de phases; il représente un stade ultime de dégradation des basaltes et andésites.

Tout comme pour le type 1b, la migration du calcium se manifeste sur le terrain par la présence de couronnes d'épidote et de quartz autour des coussins et d'agrégats de ces deux minéraux entre les coussins.

Cette migration du calcium se traduit également dans le résultat du calcul de la norme C.I.P.W. par la présence de corindon virtuel,

mettant en évidence le caractère hyperalumineux de ces roches.

Ce type d'altération étant incompatible avec un fluide réducteur (riche en  $\text{CO}_2$ ), le carbonate est absent ou à l'état de traces.

- 3<sup>o</sup>) Le type carbonate-chlorite se forme sous l'action d'un fluide réducteur riche en  $\text{CO}_2$ . Il représente un type d'altération extrême dans lequel, sous l'effet d'une pression partielle de  $\text{CO}_2$  élevée, les alumino-silicates de calcium sont déstabilisés. Ainsi, avec l'augmentation de l'activité de  $\text{CO}_2$ , l'actinote d'abord et ensuite l'épidote se décomposent pour former des carbonates associés à des minéraux ferro-magnésiens non-calciques comme la chlorite et la stilpnomélane (Miyashiro, 1973).

Contrairement à l'épidotisation, la carbonatation ne s'accompagne pas d'une migration excessive du calcium. On n'observe jamais d'aurole de carbonate en bordure des coussins, pas plus que des agrégats de carbonate entre ces coussins. De plus, Brooks et al. (1969) ont démontré que le calcium présent dans les carbonates formés lors de l'altération des roches métavolcaniques provient de la roche initiale. Le calcium délogé des plagioclases et des clinopyroxènes est fixé dans le minéral altéré ou en bordure de celui-ci.

De ce fait, la reconstitution de la minéralogie primaire de ces roches au moyen du calcul de la norme C.I.P.W. doit s'effectuer sans la formation de la calcite virtuelle, afin que la quantité de calcium accaparée par le  $\text{CO}_2$  pour former de la calcite soit restituée intégralement aux silicates primaires.

- 4<sup>o</sup>) Le type carbonate-chlorite-épidote se forme sous l'action d'une fugacité de  $\text{CO}_2$  moins élevée que dans le cas précédent. Dans ces condi-

tions, l'actinote est déstabilisée au profit de la calcite, mais la fugacité de  $\text{CO}_2$  n'est pas suffisamment élevée pour entraîner la disparition de l'épidote.

## VI.2. Discussion

Le tableau 17 résume les différents types d'altération reconnus pour chacune des cent vingt-neuf analyses chimiques de laves mafiques effectuées. Suivant Gélinas et al. (1977A), les laves mafiques (basaltes et andésites) sont définies par une teneur en  $\text{SiO}_2 < 62\%$  (valeur normalisée sans les éléments volatils:  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}^-$ ,  $\text{CO}_2$  et S).

L'examen du tableau 17 indique que 65% des laves mafiques analysées tombent dans la catégorie des roches les moins altérées. Parmi celles qui montrent des évidences d'altération, le type actinote-chlorite-épidote (avec migration du calcium) compte pour 22% des cas, le type chlorite-épidote 33%, le type carbonate-chlorite 16%, et le type carbonate-chlorite-épidote 29%.

Aucun critère d'altération n'a encore été défini pour les rhyolites de la région de Rouyn-Noranda, bien que les rhyolites minéralisées soient typiquement enrichies en  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ , et appauvries en  $\text{CaO}$  et  $\text{Na}_2\text{O}$  (voir V.1, 3<sup>o</sup>). Ce sujet sera traité plus en détail au chapitre VIII où on discutera de l'altération des roches autour des gisements.

**TABEAU 17 : CARACTÉRISATION DES TYPES D'ALTÉRATION  
POUR LES ROCHES VOLCANIQUES MAFIQUES  
(129 analyses chimiques) :**

Numéro de l'échantillon	Type chlorite-épidote	Type actinote-chlorite-épidote		Type carbonate-chlorite-épidote	Type carbonate-chlorite	Verdict	
		Sans migration du Ca (pas de Co norm.)	Avec migration du Ca (Co normatif)			Altéré	Moins altéré
72 - 319					X	X	
72 - 320					X	X	
72 - 321					X	X	
72 - 322					X	X	
72 - 326		X					X
72 - 327		X					X
72 - 329		X					X
72 - 330		X					X
72 - 351		X					X
72 - 352		X					X
72 - 354		X					X
72 - 360		X					X
72 - 361		X					X
72 - 364		X					X
72 - 375		X					X
72 - 376		X					X
72 - 406			X			X	
72 - 408		X					X
72 - 412		X					X
72 - 414		X					X
72 - 415		X					X
73 T 18		X					X

TABLEAU 17 ( Suite I ) :

Numéro de l'échantillon	Type chlorite-épidote	Type actinote-chlorite-épidote		Type carbonate-chlorite-épidote	Type carbonate-chlorite	Verdict	
		Sans migration du Ca(pas de Co norm.)	Avec migration du Ca(Co normatif)			Altéré	Moins altéré
73 T 21		X					X
74 - 2518		X					X
74 - 2519		X					X
74 - 2527	X					X	
74 - 2529					X	X	
74 - 2531		X					X
74 - 2536		X					X
74 - 2543		X					X
74 - 2560		X					X
74 - 2577		X					X
74 - 2622		X					X
74 - 2634			X			X	
74 - 2668	X					X	
74 - 2685	X					X	
74 - 2744		X					X
74 - 2755			X			X	
75 - 2521		X					X
75 - 2528		X					X
75 - 2531				X		X	
75 - 2541		X					X
75 - 2548		X					X
75 - 2558		X					X

TABLEAU 17 ( Suite 2 ) :

Numéro de l'échantillon	Type chlorite-épidote	Type actinote-chlorite-épidote		Type carbonate-chlorite-épidote	Type carbonate-chlorite	Verdict	
		Sans migration du Co(pas de Co norm)	Avec migration du Co(Co normatif)			Altéré	Moins altéré
75 - 2571	X					X	
75 - 2585		X					X
75 - 2606		X					X
75 - 2621		X					X
75 - 2628		X					X
75 - 2632		X					X
75 - 2634				X		X	
75 - 2645	X					X	
75 - 2654		X					X
75 - 2658		X					X
75 - 2663		X					X
75 - 2670		X					X
75 - 2683	X					X	
76 - 2502		X					X
76 - 2507				X		X	
76 - 2510		X					X
76 - 2513		X					X
76 - 2514				X		X	
76 - 2521			X			X	
76 - 2526		X					X
76 - 2527				X		X	
76 - 2529		X					X

TABLEAU 17 (Suite 3):

Numéro de l'échantillon	Type chlorite - épidote	Type actinote - chlorite - épidote		Type carbonate - chlorite - épidote	Type carbonate - chlorite	Verdict	
		Sans migration du Calpas de Conorm.)	Avec migration du Ca (Co normatif)			Altéré	Moins altéré
76 - 2530		X					X
76 - 2531		X					X
76 - 2533		X					X
76 - 2534		X					X
76 - 2537		X					X
76 - 2546		X					X
76 - 2547		X					X
76 - 2548		X					X
76 - 2551		X					X
76 - 2560		X					X
76 - 2561		X					X
76 - 2567		X					X
76 - 2571		X					X
76 - 2573				X		X	
76 - 2574		X					X
76 - 2579				X		X	
76 - 2580		X					X
76 - 2585		X					X
76 - 2596		X					X
76 - 2603		X					X
76 - 2606		X					X
76 - 2608		X					X

TABLEAU 17 ( Suite 4 ):

Numéro de l'échantillon	Type chlorite-épidote	Type actinote - chlorite-épidote		Type carbonate - chlorite-épidote	Type carbonate - chlorite	Verdict	
		Sans migration du Ca(pas de Co norm.)	Avec migration du Ca(Co normalif)			Altéré	Moins altéré
76 - 2613		X					X
76 - 2617				X		X	
76 - 2626		X					X
76 - 2642				X		X	
77 - 2501				X		X	
77 - 2505				X		X	
77 - 2506				X		X	
77 - 2509				X		X	
77 - 2510	X					X	
77 - 2515	X					X	
77 - 2516	X					X	
77 - 2517	X					X	
77 - 2518	X					X	
77 - 2519	X					X	
77 - 2520	X					X	
77 - 2521	X					X	
77 - 2522	X					X	
77 - 2523		X					X
77 - 2524		X					X
77 - 2525					X	X	
77 - 2526			X			X	
77 - 2527					X	X	

TABLEAU 17 (Suite 5 et fin).

Numéro de l'échantillon	Type chlorite-épidote	Type actinote-chlorite-épidote		Type carbonate-chlorite-épidote	Type carbonate-chlorite	Verdict	
		Sans migration du Calpas de Co norm.)	Avec migration du Ca(Co normatif)			Altéré	Moins altéré
77 - 2528		X					X
77 - 2530		X					X
77 - 2531		X					X
77 - 2532		X					X
77 - 2533			X			X	
77 - 2534			X			X	
77 - 2535			X			X	
77 - 2536			X			X	
77 - 2537		X					X
77 - 2538		X					X
77 - 2539		X					X
77 - 2540			X			X	
77 - 2541		X					X
77 - 2544		X					X
77 - 2545		X					X
77 - 2546		X					X
77 - 2547		X					X
77 - 2548		X					X
77 - 2549		X					X

## CHAPITRE VII

### GEOCHIMIE

#### VII.1 - Introduction

Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire de géochimie analytique de l'Ecole Polytechnique pour les constituants suivants:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}^-$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}$  et  $\text{Cr}$ . Les éléments traces:  $\text{Sr}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Y}$  et  $\text{Nb}$  ont été analysés au laboratoire de géochimie de l'Université de Montréal. Quant aux éléments des terres rares ( $\text{La}$ ,  $\text{Ce}$ ,  $\text{Sm}$ ,  $\text{Eu}$ ,  $\text{Tb}$ ,  $\text{Dy}$ ,  $\text{Yb}$  et  $\text{Lu}$ ), leurs concentrations ont été déterminées par le personnel du laboratoire de géochimie analytique, selon la méthode d'activation neutronique, à l'aide du réacteur nucléaire "Slowpoke II" de l'Ecole Polytechnique.

L'analyse chimique complète et le calcul de la norme de tous les échantillons prélevés pour analyse apparaissent à l'annexe I. Tous ces échantillons sont localisés sur la carte géochimique (carte 3, en annexe). Les méthodes d'analyse utilisées de même que la précision des analyses pour chaque constituant sont décrites à l'annexe II.

#### VII.2 - Nomenclature utilisée

Avant d'aborder l'étude de la géochimie des roches volcaniques du Groupe de Blake River dans la région étudiée, il convient de définir

la nomenclature utilisée au cours de ce chapitre. Cette nomenclature est basée sur les travaux de Gélinas et al. (1977A):

basalte: teneur en silice inférieure à 54% (sans volatils),

basalte magnésien: basalte contenant plus de 8% MgO (sans volatils),

tholéiite à olivine: basalte contenant du diopside, de l'hypersthène et de l'olivine virtuels,

tholéiite quartzique: basalte contenant du diopside, de l'hypersthène et du quartz virtuels,

andésite: teneur en silice comprise entre 54 et 62% (sans volatils),

andésite tholéiitique et andésite calco-alcaline: suivant la ligne de division d'Irvine et Baragar (1971) sur le diagramme AFM,

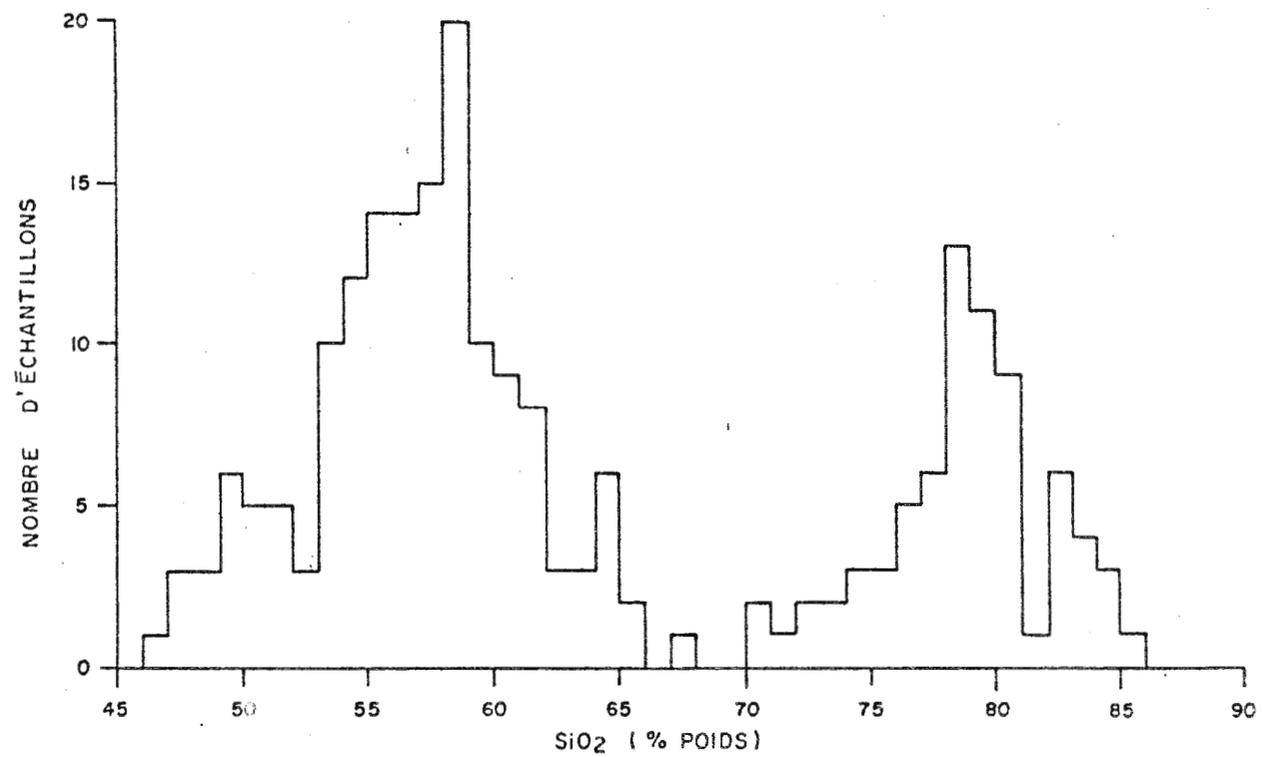
dacite: teneur en silice comprise entre 62 et 67% (sans volatils),

rhyodacite: teneur en silice comprise entre 67 et 71% (sans volatils),

rhyolite: teneur en silice supérieure à 71% (sans volatils).

La figure 35 représente l'histogramme des teneurs en silice (sans volatils) pour les 225 analyses chimiques provenant de la région étudiée. Notons que:

- 1<sup>o</sup>) la distribution des teneurs en SiO<sub>2</sub> est nettement bimodale: les laves mafiques (basaltes et andésites), et les rhyolites forment deux populations distinctes, tandis que les laves de composition intermédiaire (dacites et rhyodacites) ne constituent que 8% des roches analysées.
- 2<sup>o</sup>) Une caractéristique des rhyolites de la région est leur teneur en silice très élevée par rapport à l'ensemble des analyses de rhyoli-



**FIGURE 35 :** TENEUR EN SILICE DES ROCHES ANALYSÉES (normalisée sans les volatils : H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>, CO<sub>2</sub> et S ; 225 analyses ).

tes publiées (voir Nockolds, 1954 et Le Maître, 1976). En effet, le mode de la teneur en  $\text{SiO}_2$  des rhyolites de la région de Cléricky se situe entre 78 et 79% (voir figure 35). Ce caractère très siliceux des rhyolites n'est pas unique à notre région; il est l'un des traits dominants des rhyolites de la région de Rouyn-Noranda. Wilson (1941) le porta d'abord à l'attention, et Gélinas et al. (1977A), qui distinguent les rhyolites associées aux suites tholéitiques de celles associées aux suites calco-alcalines, constatent que les rhyolites les plus siliceuses ont en général une appartenance calco-alcaline. Cette teneur très élevée en silice des rhyolites de la région de Rouyn-Noranda peut refléter un pourcentage de fusion partielle très faible de la source ayant généré ces liquides (voir VII.5.7).

### VII.3 - Caractère subalcalin des roches volcaniques de la région de Cléricky

Sur le diagramme  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  vs  $\text{SiO}_2$ , proposé par MacDonald et Katsura (1964), toutes nos analyses de roches se situent dans le domaine subalcalin. Comme on le verra au paragraphe suivant, les roches volcaniques du Groupe de Blake River dans la région de Cléricky peuvent être subdivisées en une série tholéitique et une série calco-alcaline. Les analyses chimiques moyennes pour chaque type de roche appartenant à chacune de ces séries apparaissent aux tableaux 18 et 19.

Afin d'éviter de représenter un trop grand nombre de points sur le diagramme de MacDonald et Katsura (op. cit.), seules les analyses

Tableau 18 : Composition chimique moyenne des roches de la série tholéiitique Dufresnoy

	Basalte n = 9	Andésite n = 32	Dacite n = 4	Rhyodacite n = 2	Rhyolite n = 19
SiO <sub>2</sub>	49.19	55.65	60.02	66.90	78.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.83	14.04	14.98	14.83	11.36
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.64	3.34	1.55	0.81	0.68
FeO	8.74	7.22	6.07	3.24	1.42
MgO	6.30	4.65	2.94	1.21	0.57
CaO	9.43	7.68	3.57	3.16	0.98
Na <sub>2</sub> O	2.20	2.59	3.64	5.73	3.43
K <sub>2</sub> O	0.19	0.16	0.63	0.20	1.87
TiO <sub>2</sub>	1.41	1.35	1.08	0.48	0.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.11	0.28	0.06	0.04
CO <sub>2</sub>	0.60	0.30	2.22	2.56	0.58
S	0.03	0.09	0.02	0.01	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.85	2.16	2.77	0.91	0.51
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.14	0.20	0.19	0.08	0.12
TOTAL	99.76	99.54	99.96	100.18	99.78
Mn (ppm)	1279	1305	995	595	260
Cu (ppm)	48	61	31	10	12
Zn (ppm)	77	92	134	84	39
Ni (ppm)	124	48	37	47	17
<u>NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques</u>					
Qz	4.13	14.61	21.29	21.59	45.37
Or	1.19	1.00	3.98	1.22	11.45
An	31.80	27.68	16.97	14.60	4.77
Ab	20.92	24.56	34.93	53.07	31.91
Co	---	---	2.90	---	2.27
Di	8.07	5.79	---	0.44	---
He	4.96	3.65	---	0.50	---
En	14.38	10.66	8.67	3.23	1.63
Fe	8.84	6.73	7.29	3.66	1.50
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.15	3.09	1.73	0.87	0.74
Il	2.08	1.99	1.61	0.69	0.29
Ap	0.47	0.24	0.63	0.13	0.09

Tableau 19 : Composition chimique moyenne des roches de la série calco-alkaline Reneault

	Basalte n = 9	Andésite n = 34	Dacite n = 9	Rhyodacite n = 1	Rhyolite n = 42
SiO <sub>2</sub>	48.93	55.51	62.87	68.37	77.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.51	16.14	15.43	14.36	11.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.13	2.10	1.65	1.95	0.78
FeO	7.74	5.79	3.83	1.32	1.36
MgO	6.81	4.54	2.96	1.86	0.50
CaO	8.90	7.09	5.59	2.19	1.31
Na <sub>2</sub> O	2.08	3.47	3.59	2.16	3.53
K <sub>2</sub> O	0.41	0.57	0.61	3.86	1.76
TiO <sub>2</sub>	1.04	1.12	0.92	0.21	0.22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.18	0.17	0.01	0.02
CO <sub>2</sub>	0.38	0.45	0.22	3.39	0.58
S	0.03	0.12	0.01	0.93	0.04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.64	2.33	1.61	0.00	0.37
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.15	0.15	0.15	0.17	0.10
TOTAL	99.90	99.56	99.61	100.78	99.71
Mn (ppm)	1341	1107	718	440	291
Cu (ppm)	82	64	50	15	24
Zn (ppm)	83	80	72	80	55
Ni (ppm)	130	79	47	21	18
NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques					
Qz	3.01	9.68	21.42	32.32	44.52
Or	2.55	3.50	3.72	24.08	10.76
An	36.40	27.87	25.00	11.40	6.59
Ab	19.70	32.42	33.31	20.48	32.81
Co	---	---	---	3.08	1.37
Di	4.82	4.08	1.41	---	---
He	2.50	1.93	0.60	---	---
En	17.42	11.00	7.74	5.42	1.43
Fe	9.01	5.22	3.32	1.07	1.30
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.73	2.28	1.78	1.83	0.84
Il	1.53	1.62	1.32	0.31	0.32
Ap	0.33	0.39	0.37	0.02	0.04

moyennes pour chaque série ont été représentées à la figure 36; l'examen de cette figure confirme le caractère subalcalin des séries volcaniques de la région.

Floyd et Winchester (1975) ont également proposé une série de diagrammes utilisant des éléments mineurs et en traces considérés comme inertes (Ti, Zr, Y, Nb et P) afin de distinguer les laves mafiques alcalines et subalcalines (tholéitiques). Tous ces diagrammes confirment le caractère subalcalin des laves mafiques de la région, qui se distinguent des basaltes alcalins par des teneurs en  $TiO_2$  et en  $P_2O_5$  plus faibles, et des rapports Y/Nb et Zr/ $P_2O_5$  plus élevés. Jahn et al. (1974) rapportent également des teneurs plus élevées en Sr (815 ppm) et en Ba (498 ppm) pour les basaltes alcalins, comparativement aux laves mafiques de la région: Sr = 45 à 259 ppm et Ba = 79 à 378 ppm.

Les concentrations d'éléments majeurs, mineurs et en traces confirment donc le caractère subalcalin des séries volcaniques de la région.

#### VII.4 - Critères permettant de distinguer une série d'affinité tholéitique et une autre d'affinité calco-alcaline à l'intérieur de la région étudiée

##### VII.4.1 - Etude des éléments majeurs

##### VII.4.1.1 - Le diagramme AFM

Le diagramme AFM permet de distinguer, pour un ensemble de roches

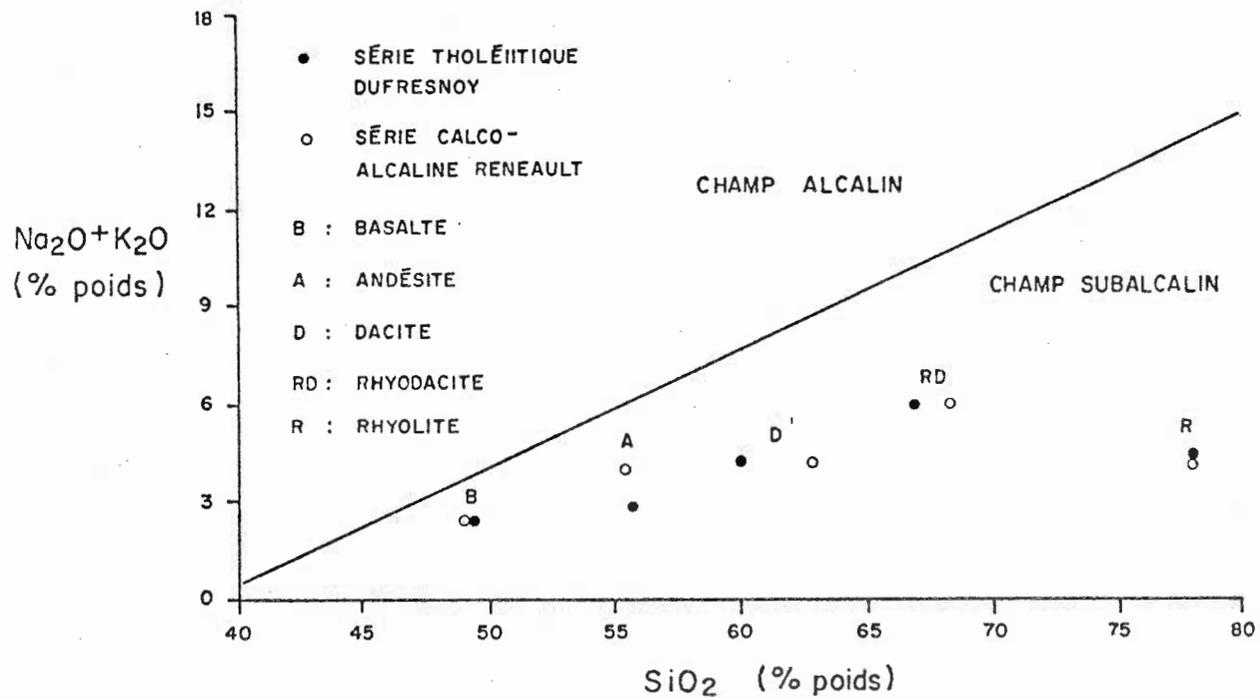


FIGURE 36 : DIAGRAMME  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  VS  $\text{SiO}_2$  ( Mac Donald et Katsura, 1964 ) POUR LES ROCHES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY ET DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT.

volcaniques subalcalines et comagmatiques, leur affinité tholéiitique ou calco-alcaline. Une série tholéiitique est définie par un enrichissement progressif en fer en passant des basaltes aux andésites, tandis que dans une série calco-alcaline, l'enrichissement progressif en alcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) domine par rapport à l'enrichissement en fer. Une fois l'affinité tholéiitique ou calco-alcaline de l'ensemble de roches volcaniques définie, il devient possible de souligner l'affinité tholéiitique ou calco-alcaline des andésites. Par contre, le diagramme AFM ne permet pas, dans la plupart des cas, de distinguer les basaltes, les dacites, les rhyodacites et les rhyolites associés aux suites volcaniques d'affinité tholéiitique ou calco-alcaline.

C'est pourquoi, dans un premier temps, seules les roches volcaniques de composition andésitique ont été considérées. Toutes les analyses d'andésites de la région (99 au total) ont été reportées sur le diagramme AFM, et leur affinité tholéiitique ou calco-alcaline a été déterminée. Pour ce faire, la division proposée par Irvine et Baragar (1971) entre les champs tholéiitique et calco-alcalin a été préférée à celle de Kuno (1968), basée uniquement sur les roches volcaniques des îles en arc du Japon. L'information ainsi obtenue a été reportée sur la carte de la région, afin de définir la distribution géographique des ensembles volcaniques tholéiitiques et calco-alcalin.

Cette distribution définit une alternance de bandes de roches volcaniques d'affinités tholéiitique et calco-alcaline que nous attribuons à une répétition par plissement (voir la carte 3 en annexe). La plage non-identifiée sur cette carte correspond aux roches intrusives du filon-couche de Cléricy. A l'intérieur de la bande d'affinité tholéiitique, quelques andésites montrant un caractère calco-alcalin peuvent être présentes, et vice versa. Ce phénomène peut être dû:

- 1<sup>o</sup>) à une interdigitation locale entre la série tholéitique et la série calco-alcaline.
- 2<sup>o</sup>) A l'effet de l'altération, dans certains cas, qui peut faire passer une analyse d'un champ à l'autre.

Un argument de taille concernant le caractère primaire de ces deux séries réside dans le fait que les bandes ainsi définies constituent des niveaux stratigraphiques qui se poursuivent sur des dizaines de kilomètres, et qui se conforment parfaitement au modèle tectonique proposé au chapitre III. En effet, la série tholéitique décrit un patron en forme de croissant: elle occupe la base du Groupe de Blake River, tourne à l'est dans le coeur du synclinal de Cléricy, et ensuite à l'ouest dans le coeur de l'anticlinal synforme Dufresnoy (voir la figure 46 et la carte 3 en annexe). Une faille orientée NE-SO (canton Dufresnoy, rangs VIII et IX) empêche la série tholéitique de se poursuivre le long de la trace du plan axial de l'anticlinal synforme Dufresnoy. Le bloc faillé situé à l'est de cette faille expose maintenant, après érosion, la série calco-alcaline dans le coeur de cet anticlinal synforme.

La distribution des séries tholéitique et calco-alcaline apparaît sur la carte géochimique (carte 3 en annexe). La composition chimique moyenne des roches de chaque série apparaît aux tableaux 18 et 19. Dans le calcul de ces moyennes, les analyses de laves mafiques altérées (selon les critères définis au chapitre précédent) ont été exclues, de même que quatre analyses de rhyolites situées à proximité de gisements, et qui sont visiblement très altérées (analyses #75-2511, 77-2511, 77-2513 et 77-2514).

Si on considère le diagramme AFM pour les cinquante-trois ana-

lyses d'andésites situées à l'intérieur de la bande définie comme appartenant à la série tholéiitique, 85% de ces analyses se situent dans le champ tholéiitique (figure 37). On a distingué sur ce diagramme les andésites altérées et moins altérées (les critères d'altération utilisés ont été définis et discutés au chapitre précédent). L'effet de l'altération est manifeste: les andésites altérées montrent une importante dispersion sur le diagramme AFM, dispersion qui ne s'observe pas pour les roches moins altérées. Ainsi, l'enrichissement secondaire en sodium peut déplacer les analyses chimiques des andésites tholéiitiques vers le champ calco-alcalin. Nous n'avons pas cependant la preuve formelle d'un tel déplacement, la série tholéiitique possédant quelques andésites peu altérées d'affinité calco-alcaline. Si l'on ne considère que les andésites les moins altérées, 91% de celles-ci se situent dans le champ tholéiitique.

Les quarante-six analyses d'andésites situées à l'intérieur de la bande définie comme appartenant à la série calco-alcaline sont représentées sur le diagramme AFM à la figure 38: 93% de ces roches se situent dans le champ calco-alcalin.

Dans ce cas, l'effet de l'altération semble négligeable. Une analyse d'andésite moins altérée (analyse #72-327) montre une teneur en fer très élevée: cet échantillon est situé tout près de la limite entre la série calco-alcaline et la série tholéiitique, et il est possible qu'une interdigitation entre les deux séries soit présente à cet endroit.

#### VII.4.1.2 - Les diagrammes $\text{SiO}_2$ vs $\text{FeO}^*/\text{MgO}$ et $\text{FeO}^*$ vs $\text{FeO}^*/\text{MgO}$

Miyashiro (1974) a proposé ces deux diagrammes afin de distin-

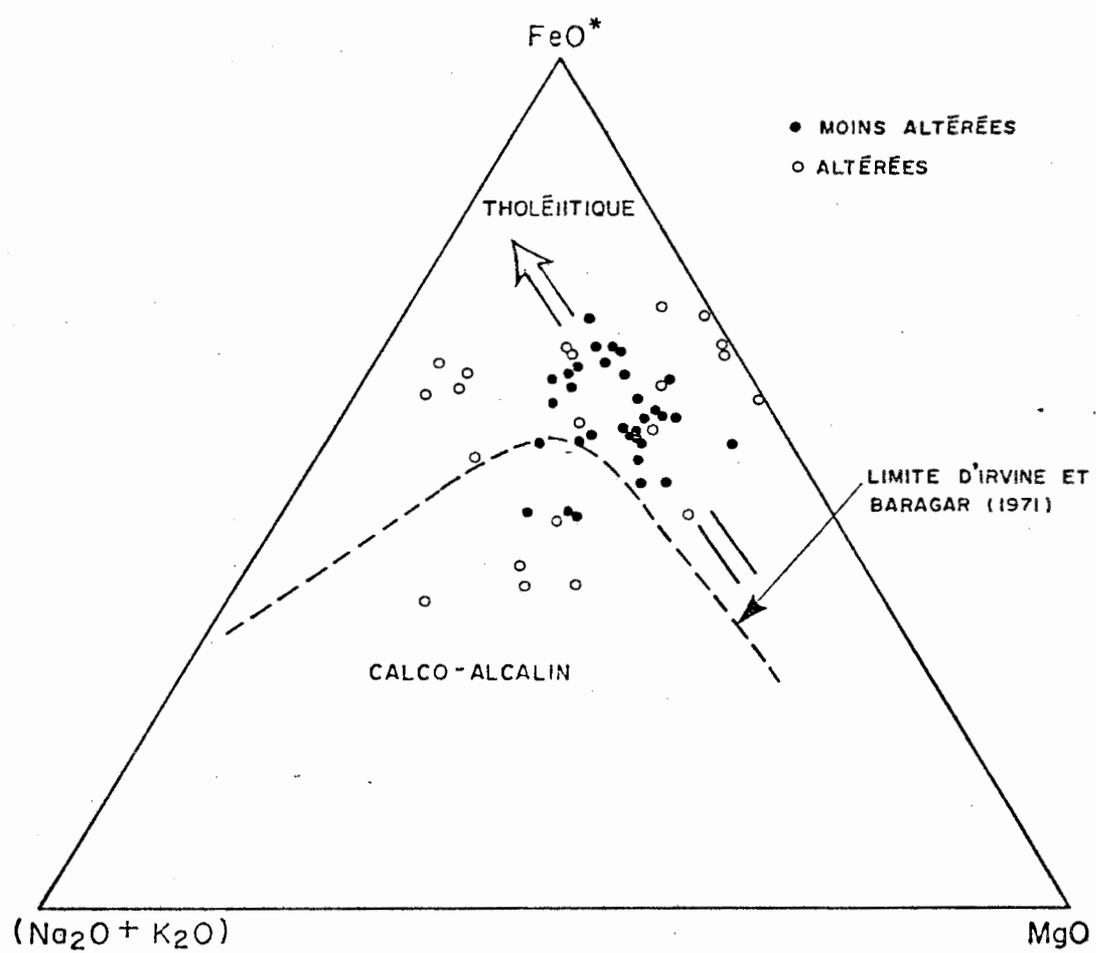


FIGURE 37 : DIAGRAMME AFM POUR LES ANDÉSITES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY (% poids ; FeO\* = fer total exprimé sous forme de FeO).

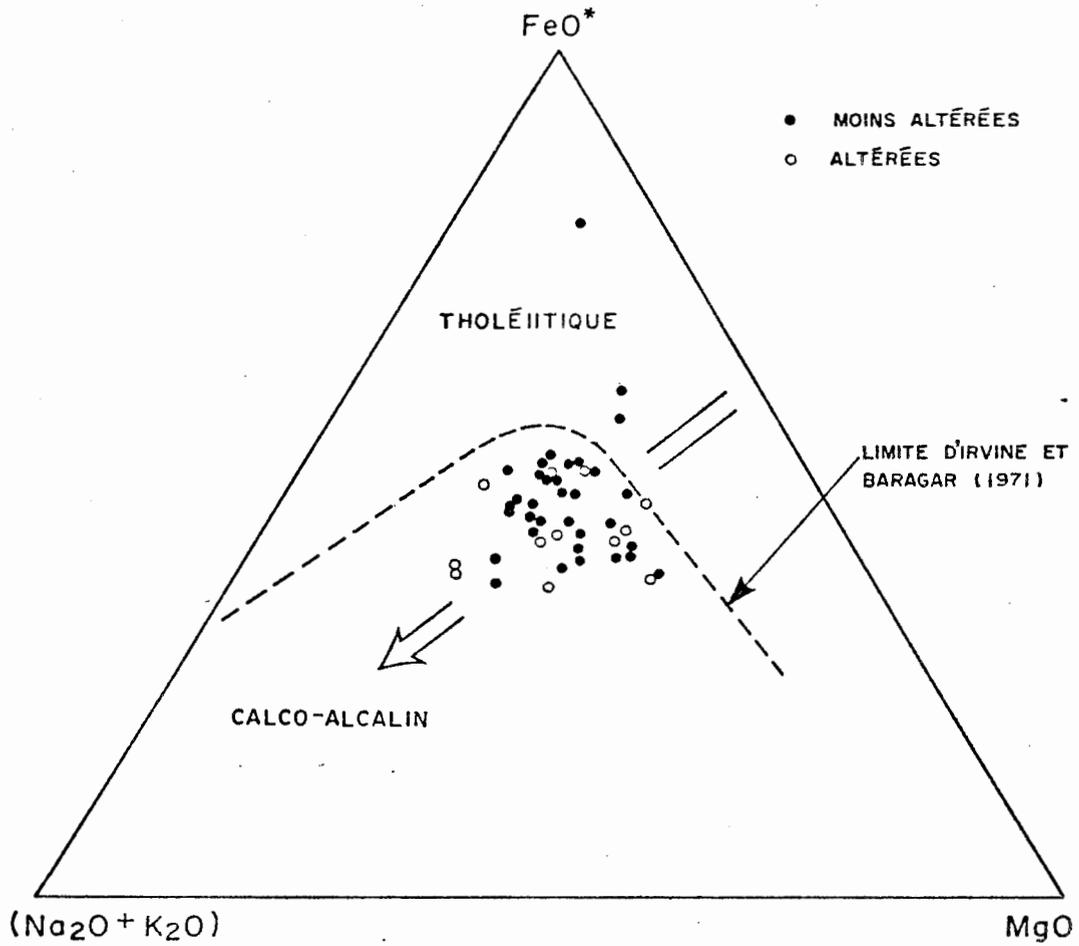


FIGURE 38 : DIAGRAMME AFM POUR LES ANDÉSITES DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (% poids ; FeO\* = fer total exprimé sous forme de FeO)

guer les séries d'affinités tholéitique et calco-alkaline. Ces diagrammes se prêtent bien à une distinction entre la série tholéitique et la série calco-alkaline.

Sur le diagramme  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  (figure 39), on constate d'abord que toutes les roches appartenant à la série tholéitique montrent un rapport  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  plus élevé que celles appartenant à la série calco-alkaline. D'autre part, ce rapport tend à augmenter avec le degré de différenciation pour la série tholéitique, alors qu'il demeure à peu près constant pour la série calco-alkaline.

Le diagramme  $\text{FeO}^*$  vs  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  (figure 40) montre d'une part que les roches appartenant à la série tholéitique sont systématiquement plus riches en fer, pour toutes les compositions, que celles appartenant à la série calco-alkaline. D'autre part, tel qu'on l'a déjà mentionné pour le diagramme précédent, le rapport  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  tend à augmenter avec le degré de différenciation pour la série tholéitique, phénomène qui ne s'observe pas dans le cas de la série calco-alkaline.

#### VII.4.2 - Etude des éléments traces et des éléments des terres rares

##### VII.4.2.1 - Introduction

Certains éléments majeurs (en particulier les métaux alcalins et alcalino-terreux) peuvent montrer une mobilité élevée lors des processus de métamorphisme et d'altération. C'est pourquoi une distinction entre une série d'affinité tholéitique et une autre d'affinité calco-alkaline, basée uniquement sur l'étude des éléments majeurs, pourrait

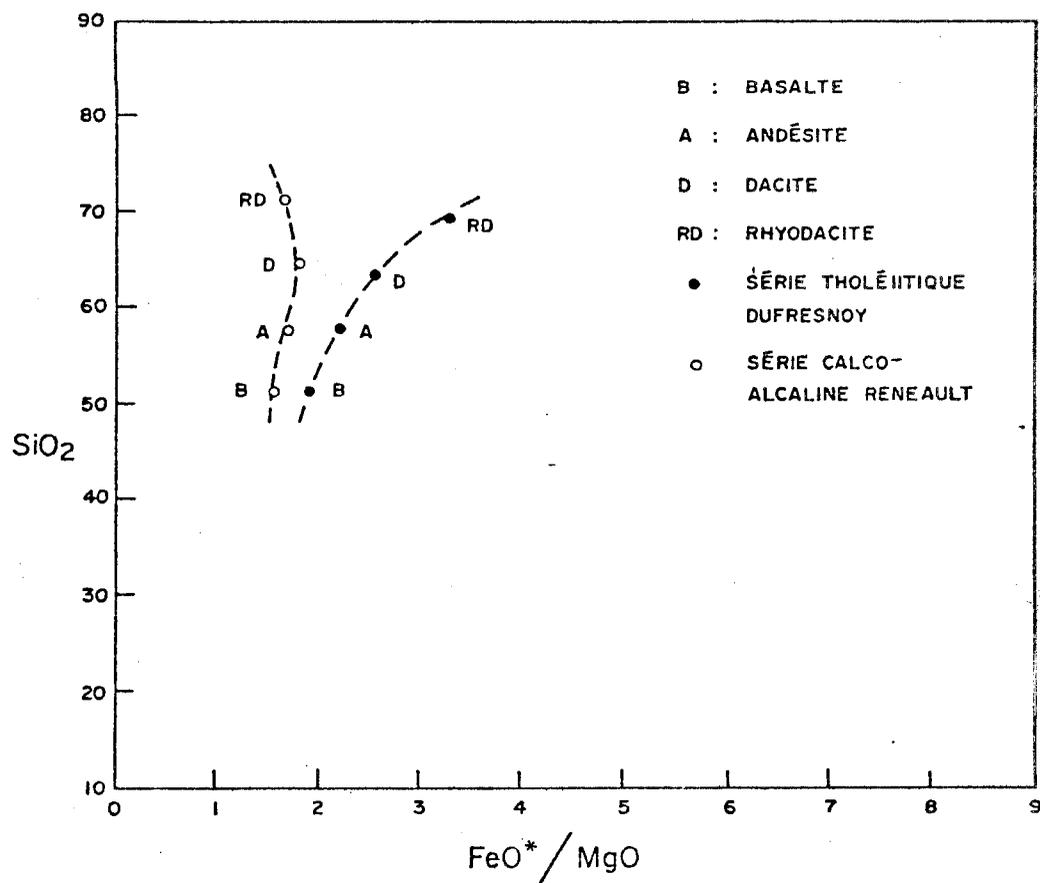


FIGURE 39 : DIAGRAMME  $\text{SiO}_2$  VS  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  POUR L'ENSEMBLE DES ROCHES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY ET DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (% poids ;  $\text{FeO}^*$  = fer total exprimé sous forme de  $\text{FeO}$ ).

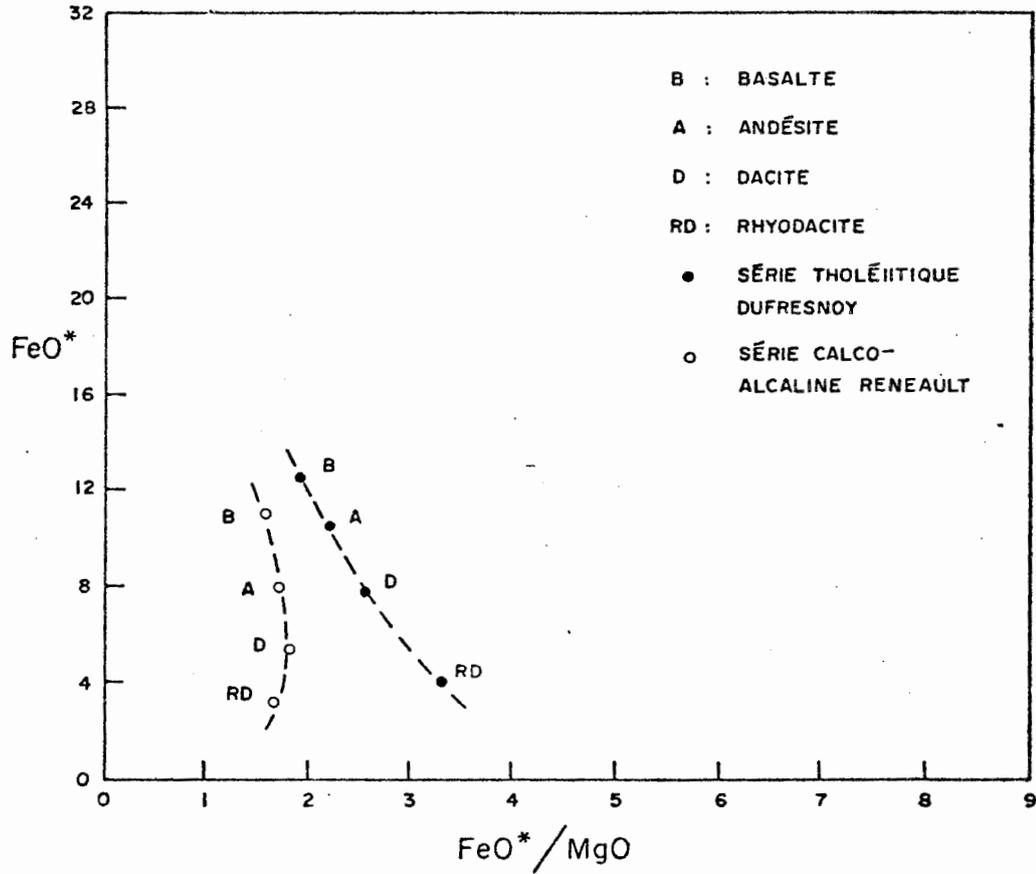


FIGURE 40 : DIAGRAMME  $\text{FeO}^*$  VS  $\text{FeO}^*/\text{MgO}$  POUR L'ENSEMBLE DES ROCHES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY ET DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (% poids ;  $\text{FeO}^*$  = fer total exprimé sous forme de  $\text{FeO}$ ).

être mise en doute.

D'autre part, certains éléments mineurs et en traces, de même que les éléments des terres rares, sont généralement considérés comme inertes lors de l'altération et du métamorphisme, et sont utilisés afin de caractériser l'affinité tholéitique ou calco-alkaline des séries volcaniques modernes. Selon de nombreux auteurs, les suites volcaniques tholéitiques et calco-alkalines de l'Archéen possèdent des caractéristiques géochimiques comparables à celles des suites volcaniques modernes. Ainsi, il nous a semblé intéressant de poursuivre l'étude comparative en utilisant cette fois les oligoéléments et les éléments des terres rares, afin de confirmer la distinction qui avait été faite, sur la base des éléments majeurs, entre la série d'affinité tholéitique et celle d'affinité calco-alkaline.

Pour ce faire, cinq sites ont été choisis dans les laves mafiques à coussinets; sur chacun de ces sites, quatre échantillons ont été prélevés, à l'aide d'une foreuse portative, dans un même coussin: un au centre, un en bordure, et deux autres à des positions intermédiaires. Quatre de ces sites (deux dans la série tholéitique et deux dans la série calco-alkaline) montrent des coussins homogènes et visiblement peu altérés.

Un cinquième site, localisé dans la série calco-alkaline, consiste en des coussins hétérogènes et extrêmement altérés, montrant des parties silicifiées et des parties chloritisées. Deux échantillons furent prélevés dans la partie silicifiée, et deux autres dans la partie chloritisée, afin d'étudier l'effet d'une altération poussée sur la mobilité des éléments traces et des éléments des terres rares.

Chaque échantillon prélevé a été analysé pour les éléments traces: Zr, Sr, Y, Rb, Ba, Nb et Cr, de même que pour les éléments des terres rares: La, Ce, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb et Lu. Le tableau 20 montre les résultats de ces analyses.

#### VII.4.2.2 - Etude des éléments mineurs et en traces

Gast (1968), Pearce et Cann (1973), Jahn et al. (1974), Floyd et Winchester (1975), Smith et Smith (1976) et Morrison (1978) ont utilisé certains éléments mineurs et en traces comme: Ti, Zr, K, P, Sr, Y, Rb, Ba et Nb, afin de définir le caractère magmatique primaire des roches volcaniques mafiques, ou l'environnement tectonique dans lequel elles ont été formées. Ces critères s'appliquent toutefois à des roches volcaniques récentes et parfaitement fraîches; pour des roches Archéennes métamorphisées, nous plaçons de sérieuses réserves quant à la mobilité des constituants: K, Sr, Rb et Ba.

#### VII.4.2.3 - Les diagrammes de Pearce et Cann (1973)

Pearce et Cann (1973) ont proposé une série de diagrammes utilisant des éléments mineurs et en traces considérés comme inertes (Ti, Zr, Y et Sr) dans le but de caractériser le milieu tectonique de mise en place des laves mafiques modernes. Le diagramme  $Ti/100 - Zr - Y \times 3$  apparaît à la figure 41: toutes les analyses de laves mafiques appartenant à la série tholéiitique se situent dans le domaine des basaltes des fonds océaniques. Cependant, dans le prolongement ouest de cette série tholéiitique, les analyses chimiques des laves mafiques

Tableau 20: Résultats des analyses des éléments traces et des éléments des terres rares pour les cinq sites échantillonnés.

A) Premier site: Canton Destor, rang est chemin Macamic, lot 14; dans la série calco-alkaline Rereault. Coussin homogène:

Echantillon	Position	Eléments traces (ppm)							Cr
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba		
77-2530	Bordure	9	173	20	93	5	198	16	
77-2531	Intermédiaire	16	259	20	97	8	172	20	
77-2532	Centre	27	175	22	104	7	218	28	
77-2533	Intermédiaire	24	129	23	117	6	247	31	

Echantillon	Eléments des terres rares (ppm)									
	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Dy	Yb	Lu	La/Yb*	Ce/Yb*
77-2530	12.9	22	3.3	0.65	0.65	3.7	1.8	0.30	4.34	2.78
77-2531	11.9	23	3.2	0.98	0.47	3.5	1.9	0.23	3.80	2.75
77-2532	14.9	24	3.5	0.94	0.81	3.7	2.2	0.29	4.11	2.48
77-2533	14.1	28	3.6	0.87	0.60	3.9	1.9	0.27	4.49	3.35

B) Deuxième site: Canton Dufresnoy, rang est chemin Macamic, lot 4; dans la série tholéitique Dufresnoy. Coussin homogène:

Echantillon	Position	Eléments traces (ppm)							Cr
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba		
77-2534	Centre	5	75	38	113	10	219	23	
77-2535	Intermédiaire	3	110	37	112	9	201	23	
77-2536	Intermédiaire	4	99	30	107	10	172	25	
77-2537	Bordure	2	117	31	97	10	130	18	

Echantillon	Eléments des terres rares (ppm)									
	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Dy	Yb	Lu	La/Yb*	Ce/Yb*
77-2534	13.4	25	5.3	1.44	0.84	6.1	3.5	0.51	2.32	1.62
77-2535	11.6	22	4.9	1.69	0.89	5.2	3.6	0.50	1.96	1.39
77-2536	15.7	23	4.7	1.42	0.83	5.3	3.4	0.42	2.80	1.54
77-2537	12.4	23	4.8	1.48	0.87	5.4	3.3	0.42	2.28	1.58

Tableau 20 (suite 1):

C) Troisième site: Canton Dufresnoy, rang est chemin Macamic, lot 8; dans la série calco-alcaline Reneault. Coussin homogène:

Echantillon	Position	Eléments traces (ppm)							Cr
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba		
77-2538	Bordure	20	127	22	146	8	378	30	
77-2539	Intermédiaire	10	150	22	133	6	280	25	
77-2540	Centre	20	109	22	148	7	338	30	
77-2541	Intermédiaire	8	110	24	135	8	195	25	

Echantillon	Eléments des terres rares (ppm)									
	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Dy	Yb	Lu	La/Yb*	Ce/Yb*
77-2538	14.1	24	3.5	0.98	0.57	3.5	2.1	0.25	4.07	2.60
77-2539	14.0	23	3.2	1.09	0.48	3.1	2.0	0.30	4.24	2.61
77-2540	14.0	23	3.8	0.83	0.62	3.7	2.6	0.39	3.26	2.01
77-2541	13.7	14	3.4	1.01	0.65	3.4	2.0	0.24	4.15	1.59

D) Quatrième site: Canton Dufresnoy, rang VI, lot 46; dans la série calco-alcaline Reneault. Coussin très altéré:

Echantillon	Position	Eléments traces (ppm)							Cr
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba		
77-2542	Partie silicifiée	6	45	22	86	5	81	50	
77-2543	Partie silicifiée	10	48	20	75	5	114	45	
77-2544	Partie chloritisée	8	55	26	110	5	181	55	
77-2545	Partie chloritisée	9	118	37	143	8	198	80	

Echantillon	Eléments des terres rares (ppm)									
	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Dy	Yb	Lu	La/Yb*	Ce/Yb*
77-2542	9.4	18	3.0	0.83	0.38	3.3	2.0	0.21	2.85	2.05
77-2543	9.2	17	2.6	0.97	0.46	3.2	2.0	0.10	2.79	1.93
77-2544	11.0	21	3.9	0.91	0.59	4.3	2.4	0.32	2.78	1.99
77-2545	12.1	24	4.9	1.17	0.74	5.4	3.1	0.41	2.37	1.76

Tableau 20 (suite 2'et fin).

E) Cinquième site: Canton Cléricy, rang V, lot 3; dans la série tholéiitique Dufresnoy. Coussin homogène:

Echantillon	Position	Eléments traces (ppm)							Cr
		Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ba		
77-2546	Bordure	0	102	38	112	8	82	21	
77-2547	Intermédiaire	0	107	41	112	9	79	32	
77-2548	Intermédiaire	1	97	39	113	9	100	18	
77-2549	Centre	0	70	37	120	8	86	25	

Echantillon	Eléments des terres rares (ppm)									
	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Dy	Yb	Lu	La/Yb*	Ce/Yb*
77-2546	9.2	17	4.2	0.95	0.90	5.8	3.8	0.37	1.47	1.02
77-2547	9.9	24	4.2	1.24	0.89	5.7	3.9	0.47	1.54	1.40
77-2548	10.0	18	4.4	1.28	0.88	6.6	3.8	0.47	1.59	1.08
77-2549	10.7	22	4.5	1.04	0.95	5.5	3.4	0.39	1.91	1.47

\* Valeurs normalisées par rapport aux chondrites. Les valeurs des chondrites utilisées pour les calculs ont été fournies par M. John Ludden, professeur de géochimie au département de Géologie de l'Université de Montréal, et sont les suivantes (en p.p.m.):

La	0.330
Ce	0.880
Sm	0.181
Eu	0.069
Tb	0.047
Dy	0.343
Yb	0.200
Lu	0.034

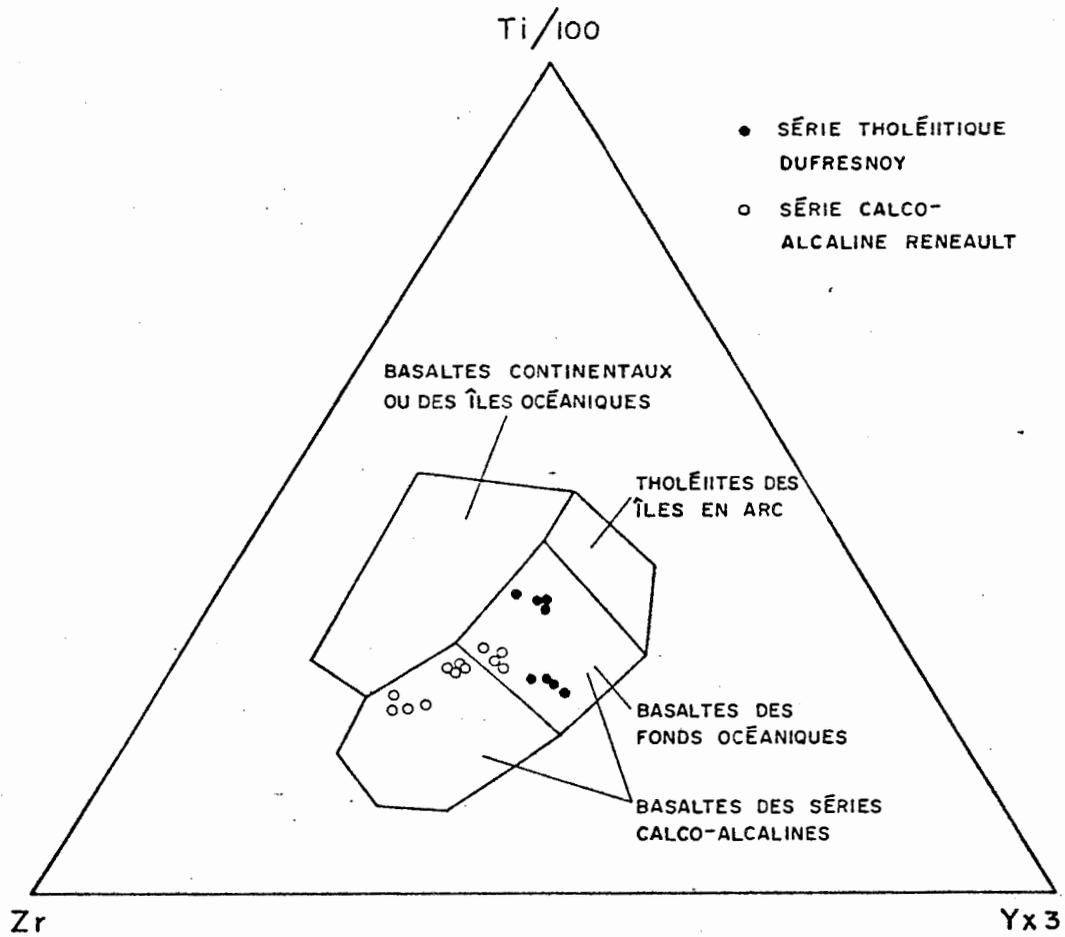


FIGURE 41 : DIAGRAMME  $Ti/100 - Zr - Yx3$  POUR LES LAVES MAFIQUES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY ET DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (% poids exprimés en p.p.m.).

indiquent une dualité d'origine: 67% des laves mafiques ont des teneurs en Ti, Zr et Y correspondant à celles des basaltes des fonds océaniques modernes, tandis que 33% se localisent dans le domaine des basaltes tholéitiques des îles océaniques ou continentaux (L. Gélinas, communication personnelle).

Quant aux laves mafiques appartenant à la série calco-alkaline, 67% des analyses se situent dans le champ propre aux basaltes associés aux séries calco-alkalines, tandis que 33% se retrouvent dans le domaine commun aux basaltes des séries calco-alkalines et à ceux des fonds océaniques. Le diagramme Ti vs Zr servira à relever l'indétermination en ce qui concerne les quatre analyses qui se situent dans ce domaine commun.

Le diagramme Ti vs Zr de la figure 42 confirme l'appartenance des laves mafiques de la série tholéitique au domaine des basaltes des fonds océaniques. D'autre part, 83% des analyses de laves mafiques provenant de la série calco-alkaline se situent dans le domaine des basaltes associés aux séries calco-alkalines. Deux des quatre analyses qui se situaient dans le domaine commun aux basaltes des séries calco-alkalines et à ceux des fonds océaniques, sur le diagramme précédent, se situent définitivement dans le domaine calco-alkalin, tandis que les deux autres (analyses #77-2544 et 77-2545) se retrouvent une fois de plus dans le domaine des basaltes des fonds océaniques. Ces deux échantillons proviennent de la partie chloritisée du site à coussins extrêmement hétérogènes; cette partie chloritisée des coussins montre des teneurs en  $TiO_2$  (1.72% et 1.30%) beaucoup plus élevées que celles de la partie silicifiée (0.98% et 0.83%), et également beaucoup plus élevées que la moyenne des laves mafiques appartenant à la série calco-alkaline (voir le tableau 19).

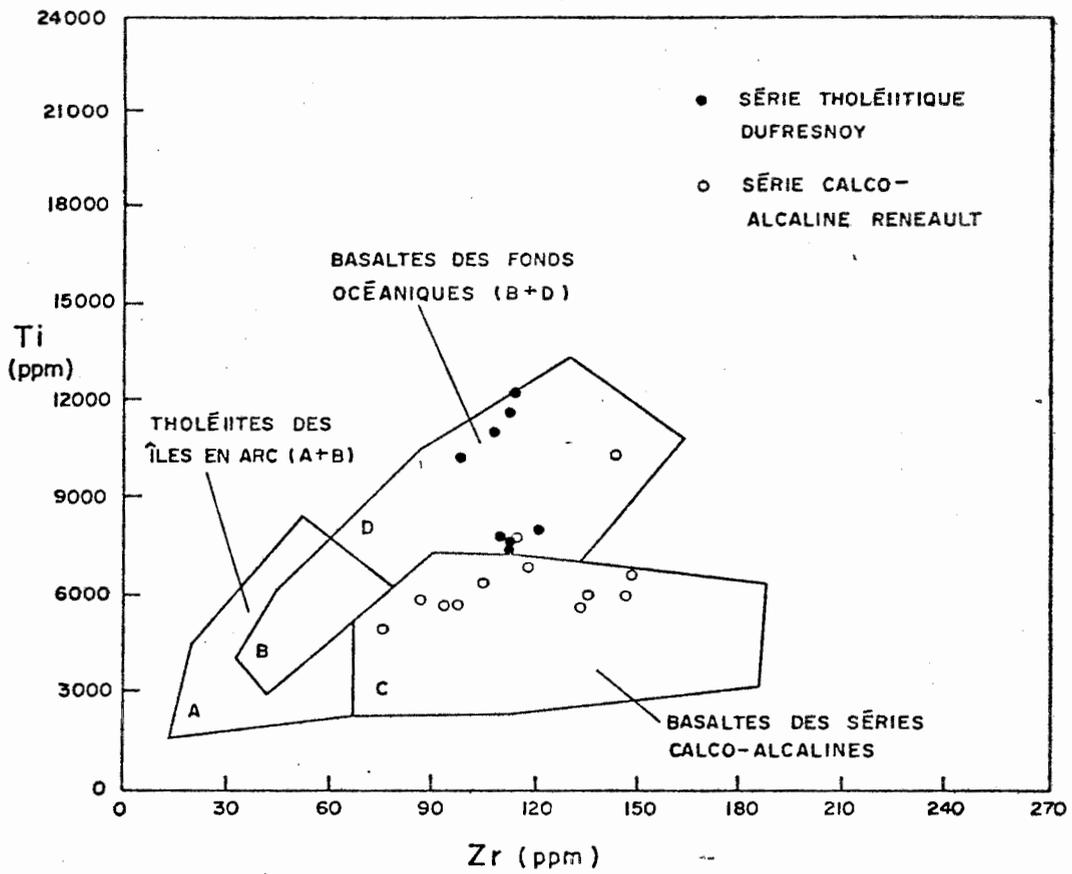


FIGURE 42 : DIAGRAMME Ti VS Zr POUR LES LAVES MAFIQUES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY ET DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (% poids).

Cette teneur anormalement élevée en titane déplace ces deux analyses du champ calco-alcalin au champ des basaltes des fonds océaniques sur les diagrammes des figures 41 et 42. Il faut donc en conclure que même si le titane est un élément relativement inerte lors du métamorphisme et de l'altération, il peut devenir mobile dans les cas d'altération extrême; ce phénomène a également été démontré par Carignan (1979) dans la zone d'altération entourant la mine Millenbach.

Le diagramme  $Ti/100 - Zr - Sr/2$  (figure 43) ne doit être employé que pour des roches parfaitement fraîches, et non pour des roches métamorphisées ou altérées, particulièrement dans les cas où il y a évidence de migration du calcium (Pearce et Cann, 1973, p. 294). Le strontium possède une forte affinité pour le calcium, qui est un élément extrêmement mobile lors du métamorphisme et de l'altération (voir chapitre VI). Ce phénomène est nettement démontré à la figure 43, surtout pour les laves mafiques de la série calco-alcaline, dont la plupart des analyses sont projetées à l'extérieur du champ des basaltes associés aux séries calco-alcalines, par suite d'une perte de strontium. Ce diagramme indique toutefois que le rapport  $Ti/Zr$  demeure plus élevé pour la série tholéiitique que pour la série calco-alcaline.

#### VII.4.2.4 - Effet de l'altération sur la mobilité des éléments Ti, Zr, Y et Sr.

Le strontium est un élément très mobile lors du métamorphisme (voir figure 43), et même à l'intérieur d'un coussin d'aspect parfaitement homogène, sa concentration peut varier grandement d'un échantillon

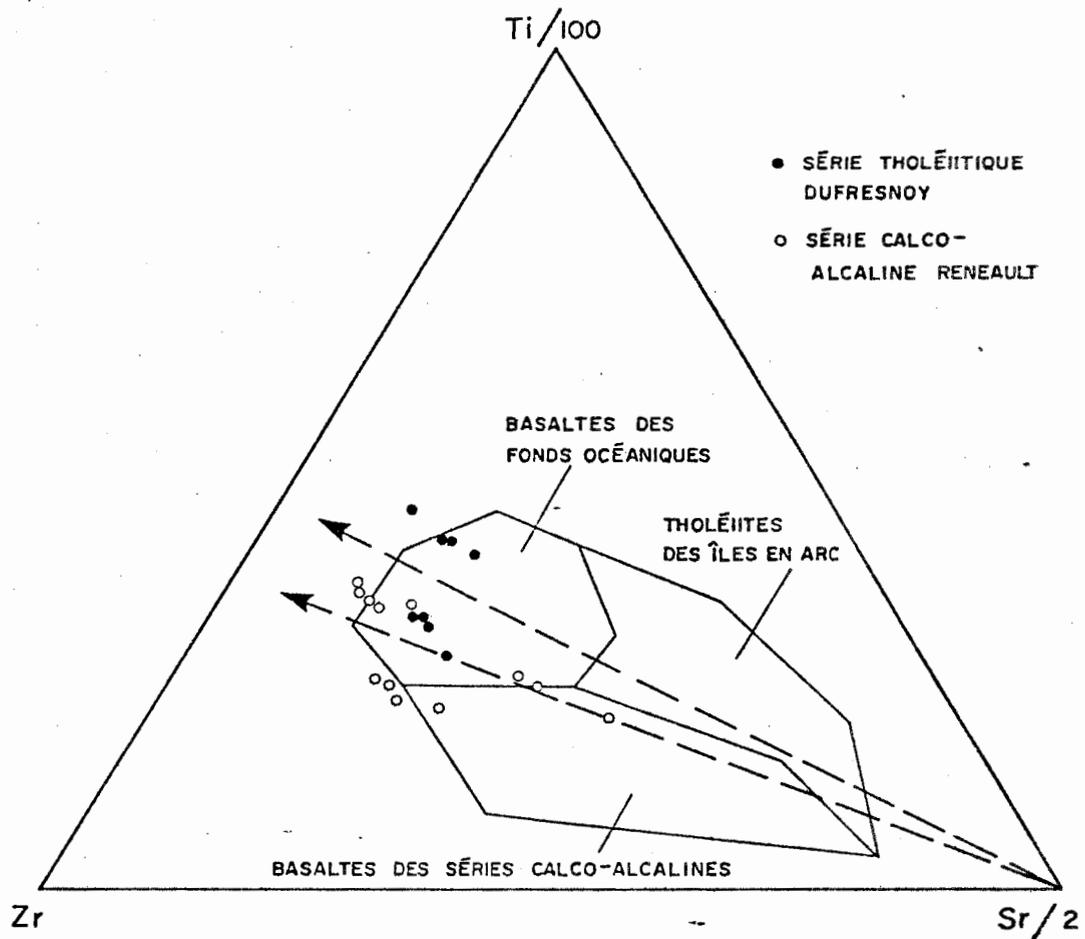


FIGURE 43 : DIAGRAMME  $Ti/100 - Zr - Sr/2$  POUR LES LAVES MAFIQUES DE LA SÉRIE THOLÉITIQUE DUFRESNOY ET DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (% poids exprimés en p.p.m.).

à l'autre (voir tableau 20). C'est pourquoi l'usage de cet élément devrait être restreint aux roches parfaitement fraîches et non-métamorphisées.

Par contre, dans le cas des coussins homogènes, l'examen du tableau 20 et de l'annexe I indique que les quantités de Ti, de Zr et d'Y varient très peu à l'intérieur d'un même coussin. Ces éléments sont relativement inertes lors du métamorphisme, et servent à distinguer les roches volcaniques d'affinités tholéitique ou calco-alkaline. Les teneurs en  $TiO_2$  (1.25 à 2.05%) et en Y (30 à 41 ppm) des laves mafiques appartenant à la série tholéitique sont toujours plus élevées que celles des laves mafiques associées à la série calco-alkaline (0.94 à 1.15%, et 20 à 24 ppm, respectivement). Les teneurs en Zr des deux séries ne diffèrent pas significativement, mais elles demeurent très constantes à l'intérieur d'un même coussin.

Si nous considérons maintenant le cas du site à coussins très hétérogènes, qui représente un degré d'altération extrême, nous constatons que même les éléments Ti, Zr et Y sont mobiles, étant tous concentrés dans la partie chloritisée des coussins.

En guise de conclusion, nous pouvons mentionner que pour des roches peu altérées (par exemple: les sites à coussins homogènes), les éléments Ti, Zr et Y sont inertes, et peuvent servir à distinguer l'affinité tholéitique ou calco-alkaline de roches volcaniques Archéennes métamorphisées. Par contre, pour des cas d'altération extrême, même ces éléments peuvent être mobiles.

#### VII.4.2.5 - Discussion des diagrammes de Pearce et Cann (1973)

Si l'on ne considère que les sites les moins altérés (ceux

montrant des coussins homogènes) et les éléments inertes Ti, Zr et Y, tous les échantillons de laves mafiques appartenant à la série calco-alcaline se situent dans le champ des basaltes associés aux séries calco-alcalines. Par ailleurs, tous les échantillons de laves mafiques appartenant à la série tholéiitique (dans la région étudiée) se situent dans le domaine des basaltes des fonds océaniques. Il faut cependant garder en mémoire le fait que ces domaines ont été définis pour des roches récentes, et qu'il n'existe aucune évidence démontrant que les milieux tectoniques actuels existaient à l'Archéen (Condie et Baragar, 1974; Hawkesworth et O'Nions, 1977; Sun et Nesbitt, 1978).

Il serait donc prématuré de conclure, sur la base des concentrations de ces éléments, que la série tholéiitique considérée représente un fond océanique Archéen. En effet, comme on le verra plus loin au cours de ce chapitre, les concentrations en K, Rb, Ba et éléments des terres rares des laves mafiques appartenant à cette série les rapprochent beaucoup plus des tholéiites des îles en arc modernes que des basaltes des fonds océaniques.

Les diagrammes de Pearce et Cann (op. cit.) sont cependant utiles en ce qu'ils permettent, en utilisant des éléments relativement inertes (Ti, Zr et Y), de distinguer l'affinité tholéiitique ou calco-alcaline de roches volcaniques Archéennes. Les laves mafiques d'affinité tholéiitique montrent une teneur plus élevée en Ti et un rapport Zr/Y plus faible que celles associées à la série calco-alcaline.

#### VII.4.2.6 - Le diagramme de variation Sr - K - Rb - Ba

Jahn et al. (1974) ont démontré, à l'aide de ce diagramme,

que les laves mafiques provenant des séries tholéïtiques et calco-alcalines associées aux îles en arc sont enrichies en K, Rb et Ba par rapport aux basaltes des fonds océaniques, tandis que le Sr varie très peu dans ces deux environnements tectoniques. Toutes les valeurs représentées sur ce diagramme, qui apparaît à la figure 44, sont normalisées par rapport aux basaltes des fonds océaniques, en prenant comme valeur moyenne pour ces derniers: Sr = 136 ppm, K = 1,160 ppm, Rb = 1.1 ppm et Ba = 10.5 ppm (Jahn *et al.*, *op. cit.*).

Les observations suivantes peuvent être dégagées du diagramme de la figure 44:

- 1<sup>o</sup>) la série calco-alcaline est plus riche en K, Rb et Ba que la série tholéïtique.
- 2<sup>o</sup>) La série calco-alcaline ne montre pas cependant des teneurs aussi élevées en K, Rb et Ba que les séries calco-alcalines modernes.
- 3<sup>o</sup>) La série tholéïtique s'apparente aux tholéïtes des îles en arc, et comme celles-ci, elle est enrichie en K, Rb et Ba par rapport aux basaltes des fonds océaniques.

#### VII.4.2.7 - Etude des éléments des terres rares

Les éléments des terres rares ont été utilisés par plusieurs chercheurs poursuivant différents objectifs:

- 1<sup>o</sup>) démontrer l'inertie ou la mobilité de ces éléments au cours des processus de métamorphisme et d'altération: Schilling et Winchester (1967), Floyd (1977), Hellman *et al.* (1977), Hellman et Henderson (1977), Ludden et Thompson (1978), Sun et Nesbitt (1978).

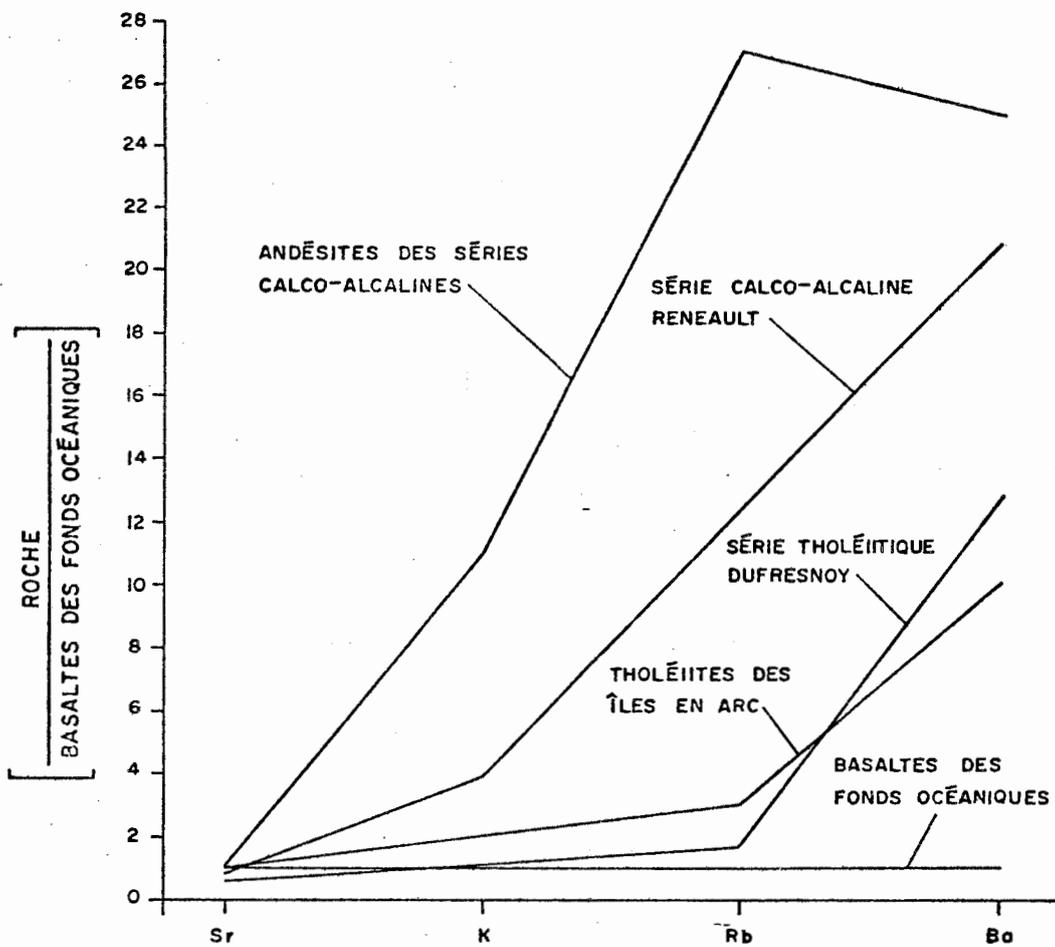


FIGURE 44 : DIAGRAMME DE VARIATION Sr-K-Rb-Ba POUR DIFFÉRENTS TYPES DE ROCHES VOLCANIQUES. TOUTES LES VALEURS SONT NORMALISÉES PAR RAPPORT AUX BASALTES DES FONDS OCÉANIQUES ( d'après John et al., 1974 ).

- 2<sup>o</sup>) Caractériser les roches volcaniques d'affinités différentes (alcaline, calco-alcaline, tholéitique) ou provenant d'environnements tectoniques différents (îles en arc, fond océanique, îles océaniques): Gast (1968), Gast (1970), Sun et Nesbitt (1977), O'Nions et Pankhurst (1978).
- 3<sup>o</sup>) Développer des équations mathématiques permettant de calculer la concentration en éléments des terres rares d'un liquide généré par fusion partielle d'une source pour laquelle on connaît (ou suppose) la concentration initiale de ces éléments: Schilling et Winchester (1967), Shaw (1970), Arth (1976), Hertogen et Gubels (1976).
- 4<sup>o</sup>) En utilisant les équations précédemment développées, proposer des modèles génétiques pour les séries volcaniques de différents âges et de différents environnements tectoniques: Nicholls et Ringwood (1973), Condie et Baragar (1974), Arth et Hanson, (1975), Condie et Harrison (1976), Hawkesworth et O'Nions (1977), Ludden (1978), Sun et Nesbitt (1978).

Une révision de la littérature nous a permis de synthétiser les principaux modèles génétiques proposés à ce jour:

- Nicholls et Ringwood (1973) suggèrent que dans un milieu d'îles en arc, les séries tholéitiques sont formées par fusion partielle du manteau situé au-dessus d'une zone de subduction. Cette fusion partielle se fait en présence d'eau, cette dernière étant libérée lors de la transformation de la croûte amphibolitique en éclogite. Les séries calco-alcalines sont formées par fusion partielle d'une éclogite en présence d'eau. L'eau dans ce cas, provient de la déshydratation des masses de serpentinite faisant partie de la croûte.

- Condie et Baragar (1974) proposent que certaines séries volcaniques Archéennes des Etats-Unis, du Canada et de l'Afrique du Sud ont été formées par suite d'un pourcentage de fusion partielle de plus en plus faible d'une source ayant la composition d'une péridotite à plagioclase ou d'une éclogite à plagioclase.
- Arth et Hanson (1975) suggèrent que les laves mafiques Archéennes du Minnesota ont été formées par fusion partielle d'une péridotite, suivie d'une cristallisation fractionnée. Les dacites résulteraient de la fusion partielle d'une éclogite, tandis que les roches granitiques seraient formées par fusion partielle de matériel sédimentaire.
- Condie et Harrison (1976) proposent que les séries tholéitiques et calco-alkalines d'âge Archéen de la Rhodésie ont été formées par différents degrés de fusion partielle d'une même source éclogitique (ou d'une amphibolite grenatifère), dans un milieu comparable aux îles en arc modernes.
- Selon Hawkesworth et O'Nions (1977), les séries magnésiennes, tholéitiques et calco-alkalines de l'Archéen seraient générées par différents degrés de fusion partielle d'une même source péridotitique.
- Pour Ludden (1978), les îles océaniques de la Réunion auraient été formées par suite de la fusion partielle d'une péridotite pauvre en grenat.
- Enfin, Sun et Nesbitt (1978) considèrent qu'une source riche en grenat est nécessaire afin d'expliquer le rapport  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  élevé des séries volcaniques de l'Archéen, de même que leur appauvrissement en éléments lourds des terres rares, par rapport aux séries volcaniques modernes.

Nous nous proposons d'utiliser les analyses d'éléments des terres rares dans des buts similaires, soient:

- 1<sup>o</sup>) étudier l'effet de l'altération sur la mobilité de ces éléments.
- 2<sup>o</sup>) Etablir une distinction entre la série tholéitique et la série calco-alcaline, et éventuellement, permettre une corrélation entre les différents sites échantillonnés.
- 3<sup>o</sup>) Proposer un modèle génétique pour l'ensemble des roches volcaniques de la région de Rouyn-Noranda.

#### VII.4.2.8 - Effet de l'altération sur la mobilité des éléments des terres rares

La mobilité des éléments des terres rares lors de l'altération a été discutée par plusieurs auteurs. Alors que certains les considèrent comme parfaitement inertes (Schilling et Winchester, 1967), d'autres les considèrent comme mobiles (Ludden et Thompson, 1978), suggérant toutefois qu'on peut les utiliser pour caractériser des roches fraîches. D'autres enfin les considèrent comme mobiles dans une certaine mesure, mais pas au point de changer les caractéristiques primaires d'une série volcanique (Hellman et Henderson, 1977; Sun et Nesbitt, 1978).

Les cinq coussins mentionnés au paragraphe VII.4.2.1 ont été analysés pour huit éléments des terres rares; les résultats de ces analyses apparaissent au tableau 20. Afin d'étudier l'effet de l'altération sur la mobilité des éléments des terres rares, quatre coussins homogènes et visiblement peu altérés ont été échantillonnés (deux dans chaque série), de même qu'un cinquième, appartenant à la série calco-alcaline, qui montrait une altération extrême.

L'examen du tableau 20 suggère les conclusions suivantes:

- 1<sup>o</sup>) les analyses d'éléments des terres rares varient très peu à l'intérieur des coussins homogènes, et dans ces cas, on peut considérer ces éléments comme étant inertes.
- 2<sup>o</sup>) Par contre, pour le coussin très altéré, une variation importante s'observe: en effet, tous les éléments des terres rares analysés se retrouvent en plus grande quantité dans la partie chloritisée que dans la partie silicifiée, la différence moyenne étant de l'ordre de 30%. Cependant, les rapports La/Yb\* et Ce/Yb\* dans les deux zones chloritisée et silicifiée varient très peu (moins de 10%). De plus, la moyenne de ces deux parties donne un profil de concentrations des éléments des terres rares qui se compare très bien à ceux des deux sites de coussins homogènes échantillonnés ailleurs dans la série calco-alcaline (voir la figure 45).

Il apparaît donc que pour des roches fortement altérées, les éléments des terres rares peuvent montrer une mobilité significative, et bien que certaines relations primaires soient conservées en dépit de l'altération, seules les valeurs d'analyses se rapportant aux quatre sites de coussins homogènes seront considérées dans les discussions qui vont suivre.

#### VII.4.2.9 - Distinction entre la série tholéïtigue et la série calco-alcaline basée sur les éléments des terres rares

La figure 45 montre les concentrations moyennes des éléments des terres rares (normalisées par rapport aux chondrites) pour chacun

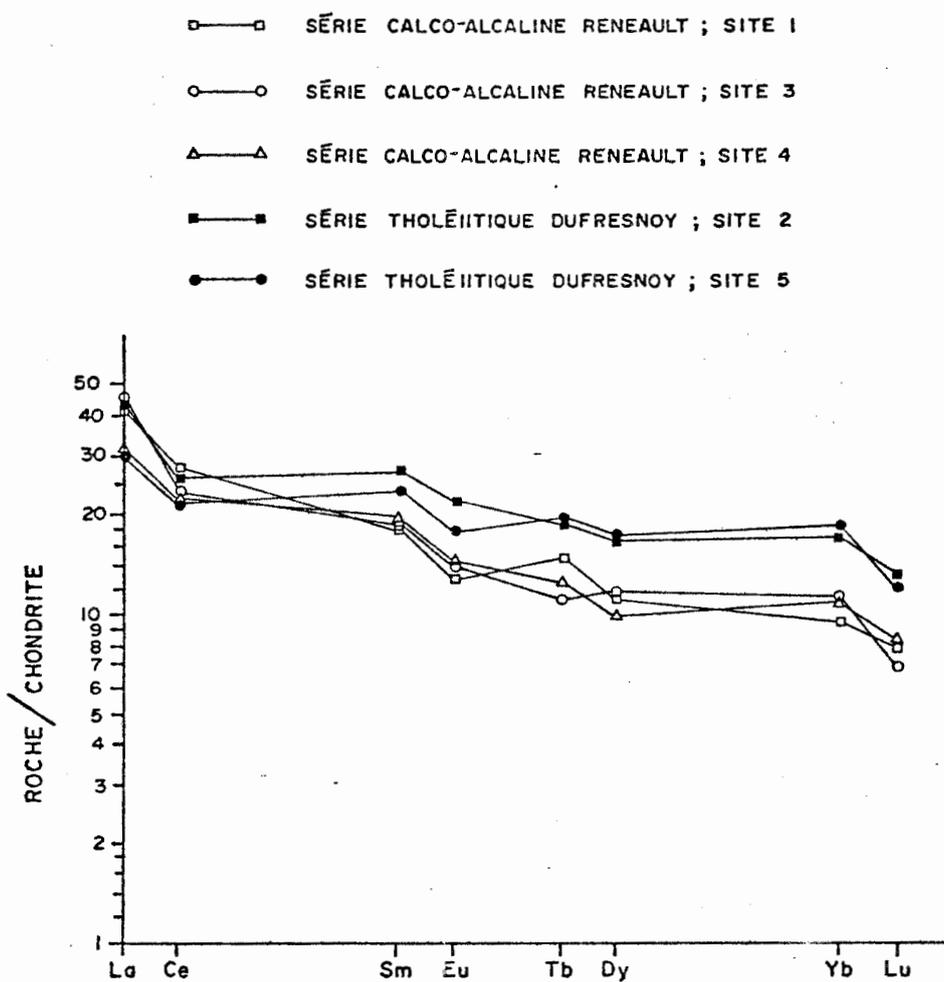


FIGURE 45 : CONCENTRATIONS MOYENNES DES ÉLÉMENTS DES TERRES  
 RARES NORMALISÉES PAR RAPPORT AUX CHONDRITES POUR  
 LES CINQ SITES ÉCHANTILLONNÉS.

des cinq sites échantillonnés. La distinction entre la série tholéiitique et la série calco-alcaline est évidente, la série calco-alcaline étant appauvrie en éléments lourds des terres rares par rapport à la série tholéiitique. Les éléments légers des terres rares (La et Ce) sont en quantités comparables dans les deux séries, mais du Sm au Lu, les éléments des terres rares sont systématiquement appauvris dans la série calco-alcaline.

Le rapport La/Yb\* varie de 3.26 à 4.49 (moyenne: 4.06) pour la série calco-alcaline, et de 1.47 à 2.80 (moyenne: 1.98) pour la série tholéiitique (voir le tableau 20). Certains auteurs (dont Ludden, 1978) considèrent que le La peut être mobile au faciès de métamorphisme des zéolites, et préfèrent utiliser le rapport Ce/Yb\*. Ce rapport varie de 1.59 à 3.35 (moyenne: 2.52) pour la série calco-alcaline, et de 1.02 à 1.62 (moyenne: 1.39) pour la série tholéiitique.

Des profils de concentrations des éléments des terres rares plutôt plats, ou légèrement appauvris en éléments lourds des terres rares, pour les séries tholéiitiques, et fortement appauvris en éléments lourds des terres rares, pour les séries calco-alcalines, ont également été observés dans plusieurs séries de roches volcaniques anciennes et récentes réparties à travers le monde (Jakes et Gill, 1970; Arth et Hanson, 1972; Hawkesworth et O'Nions, 1976; Sun et Nesbitt, 1978; O'Nions et Pankhurst, 1978).

Tous les sites échantillonnés montrent une anomalie négative en Eu qui résulte de la cristallisation précoce du plagioclase au stade intratellurique. L'étude pétrographique des lames minces démontre en effet que le plagioclase est la phase présente sur la surface du liquidus

dans la très grande majorité des échantillons de lave mafique de la région (voir IV.3.2).

#### VII.4.2.10 - Conclusion et implications chemo-stratigraphiques

L'étude des éléments mineurs et en traces considérés comme inertes, de même que celle des éléments des terres rares, confirme la distinction que nous avons faite, sur la base des éléments majeurs, entre une série d'affinité tholéiitique, et une autre d'affinité calco-alcaline, à l'intérieur du Groupe de Blake River. De plus, la distribution spatiale de ces deux séries démontre qu'elles constituent des niveaux stratigraphiques qui se poursuivent sur des dizaines de kilomètres, et qui se conforment parfaitement au modèle tectonique proposé au chapitre III (voir la carte géochimique en annexe). Ces arguments, d'ordres stratigraphique et tectonique, soutiennent fortement les vues de Gélinas et al. (1977A et 1979B) sur la possibilité de distinguer les séries tholéiitiques et calco-alcalines de la région de Rouyn-Noranda d'après la géochimie des éléments majeurs.

Gélinas et al. (op. cit.) ont subdivisé les roches volcaniques du Groupe de Blake River, dans la région de Rouyn-Noranda, en une alternance de séries tholéiitiques et calco-alcalines, soient, du nord vers le sud: la série tholéiitique Duparquet - Destor - Manneville, la série calco-alcaline Reneault, la série tholéiitique Dufresnoy, la série calco-alcaline Dufault, et la série tholéiitique Rouyn-Noranda.

Le modèle tectonique élaboré au chapitre III suggère que cette alternance de séries tholéiitiques et calco-alcalines est due à une répé-

tition par plissement. Les analyses des éléments des terres rares viennent confirmer cette hypothèse, en permettant une corrélation entre les différents sites échantillonnés.

En ce qui concerne la série tholéiitique, le profil de concentration des éléments des terres rares du site 2, situé sur le flanc sud de l'anticlinal synforme Dufresnoy, correspond parfaitement à celui du site 5, situé sur le flanc sud du synclinal de Cléricy (voir figure 45), permettant de corréler la série Duparquet - Destor - Manneville avec la série Dufresnoy. Quant à la série calco-alcaline, le même patron de concentration des éléments des terres rares s'observe pour le site 1, situé sur le flanc nord du synclinal de Cléricy, et pour le site 3, situé sur le flanc sud de l'anticlinal synforme Dufresnoy (voir figure 45), permettant de corréler la série Reneault avec la série Dufault. Afin de simplifier la nomenclature, nous suggérons d'adopter le nom de "Dufresnoy" pour la série tholéiitique, et de "Reneault" pour la série calco-alcaline.

Il n'est pas possible cependant de corréler la série tholéiitique Dufresnoy avec la série tholéiitique Rouyn-Noranda, située au sud de la ville du même nom. Les travaux préliminaires sur les éléments traces et les éléments des terres rares démontrent en effet des différences fondamentales entre ces deux séries. Une explication possible de ce phénomène réside dans le fait que ces deux séries sont séparées par la faille Horne Creek (figure 46), et représentent peut-être des milieux tectoniques complètement différents.

La figure 46 représente une synthèse de nos travaux et de ceux de Gélinas et al. (1977A et 1979B). Elle concilie les études structurales

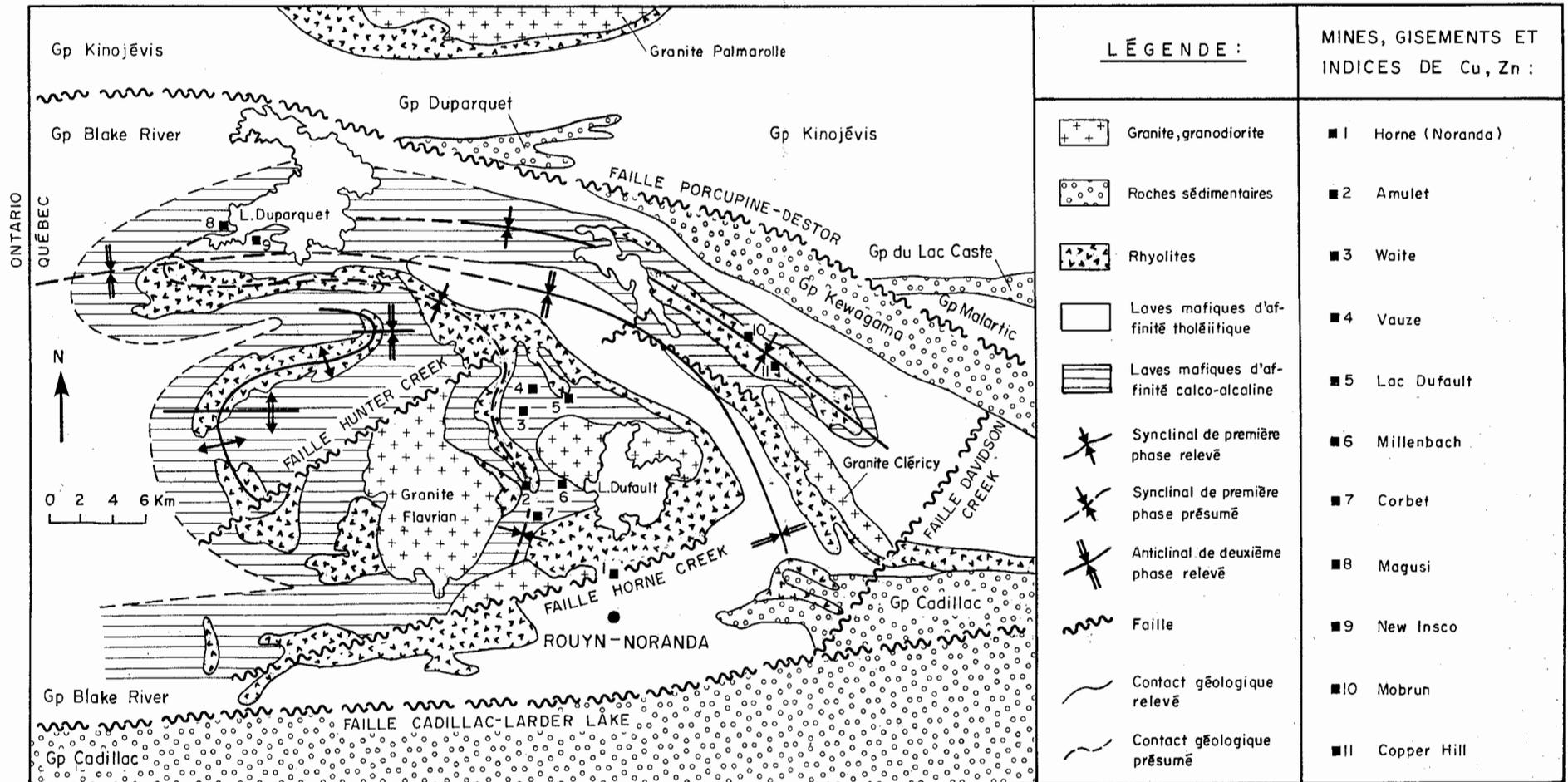


FIGURE 46 : DISTRIBUTION DES SÉRIES D'AFFINITÉS THOLÉIITIQUE ET CALCO-ALCALINE À L'INTÉRIEUR DU GROUPE DE BLAKE RIVER

(géologie d'après la compilation de Dugas et Gilbert, 1953).

et géochimiques effectuées à ce jour, en démontrant que la distribution des roches volcaniques d'affinités tholéiitique et calco-alcaline est compatible avec un patron d'interférence en croissant, tel que décrit au chapitre III.

Une telle distribution des séries tholéiitique et calco-alcaline, contrôlée par la structure, est d'une importance capitale en prospection minière. Nos travaux démontrent, en effet, que la très grande majorité des gisements de métaux de base (Cu, Zn) de la région de Rouyn-Noranda sont localisés au sein de la série calco-alcaline (voir figure 46): aussi bien les anciens producteurs d'importance (Horne, Waite, Amulet, Vauze et Lac Dufault) que les découvertes récentes (Millenbach, Corbet, New Insko et Magusi). De plus, dans la région que nous avons cartographiée, les minéralisations cuprifères les plus intéressantes (Mobrun et Copper Hill) sont également situées à l'intérieur de la série calco-alcaline.

En résumé, la stratigraphie du Groupe de Blake River se compose essentiellement d'une partie basale d'affinité tholéiitique (la série Dufresnoy), surmontée de façon concordante par une série calco-alcaline (la série Renault). Quant à la relation entre le Kewagama et le Blake River (voir II.3), rien ne peut être affirmé de façon catégorique, mais il apparaît raisonnable de supposer que les roches volcaniques du Blake River surmontent les roches sédimentaires détritiques du Kewagama de façon concordante.

#### VII.5 - Modèle génétique global pour les roches volcaniques de la ceinture Abitibi dans la région de Rouyn-Noranda

### VII.5.1 - Introduction

Schilling et Winchester (1967), Shaw (1970), Arth (1976) et Hertogen et Gubels (1976) ont développé des équations mathématiques permettant de calculer la concentration en éléments des terres rares, et en d'autres éléments traces, d'un liquide généré par fusion partielle d'une roche-mère pour laquelle on connaît (ou suppose) la concentration initiale de ces éléments. Les éléments des terres rares sont de ce fait très utiles en pétrologie, puisque leur analyse dans les laves (qui représentent des liquides), permet de proposer des hypothèses quant à l'origine de ces liquides. Quatre modèles principaux sont proposés pour expliquer le mode de formation des magmas par fusion partielle du manteau:

- 1<sup>o</sup>) "fusion fractionnée" (fractional melting) avec fusion modale;
- 2<sup>o</sup>) fusion fractionnée avec fusion non-modale;
- 3<sup>o</sup>) "fusion d'équilibre" (batch ou equilibrium melting) avec fusion modale;
- 4<sup>o</sup>) fusion d'équilibre avec fusion non-modale.

Dans le cas d'une fusion modale, les constituants participent à la formation du liquide dans les mêmes proportions qu'ils occupent dans la roche-mère. Les travaux expérimentaux, de même que les évidences de terrain, suggèrent toutefois que dans la nature, la fusion n'est jamais modale (Shaw, 1970). Pour cette raison, seuls le deuxième et le quatrième cas seront discutés plus en détail.

### VII.5.2 - Fusion fractionnée (non-modale)

Dans ce cas, le liquide généré par suite d'une fusion partielle est extrait de la roche-mère en plusieurs étapes successives. L'équation pour ce type de fusion est la suivante:

$$\frac{C^L}{C^0} = \frac{1}{D^*} \left(1 - \frac{P^* F}{D^*}\right)^{\frac{1}{P^*} - 1}, \quad \text{où}$$

$C^0$  = concentration initiale de l'élément,

$C^L$  = concentration de l'élément dans le liquide,

$F$  = pourcentage de fusion partielle,

$D^*$  = distribution globale de l'élément dans la source =

$$\sum_{i=1,n} M_i Kd_i, \quad \text{où}$$

$M$  = proportion de chaque constituant dans la source,

$Kd$  = coefficient de partage solide/liquide de l'élément pour chaque constituant,

$P^*$  = distribution globale de l'élément dans le liquide =

$$\sum_{i=1,n} M'_i Kd_i, \quad \text{où}$$

$M'$  = proportion de chaque constituant dans le liquide.

Cette équation s'applique pour un élément donné; en l'appliquant à une série d'éléments, on peut obtenir des profils de concentration des éléments des terres rares, ou d'autres éléments en traces.

### VII.5.3 - Fusion d'équilibre (non-modale)

Dans ce cas, tout le liquide généré par la fusion partielle est extrait de la roche-mère en une seule étape, le liquide étant à ce moment en équilibre avec la roche-mère. L'équation pour ce type de fusion est la suivante:

$$\frac{C^L}{C^0} = \frac{1}{D^* + F(1 - P^*)}, \quad \text{où } C^0, C^L, F, D^* \text{ et } P^*$$

ont la même signification que dans l'équation précédente.

Ce modèle est plus simple que le modèle précédent, et dans l'ignorance où l'on se trouve par rapport aux processus contrôlant la genèse des magmas à l'Archéen, il convient de préférer un modèle génétique simple à un autre plus compliqué. C'est pourquoi ce modèle sera utilisé dans les calculs qui vont suivre.

Le programme pour ordinateur utilisé pour effectuer ces calculs a été écrit par S.D. Roy en 1976; il fut obtenu du Massachusetts Institute of Technology par l'entremise du professeur John Ludden. Avant d'effectuer ces calculs, il faut au préalable fixer les paramètres suivants:

- 1<sup>o</sup>) le nombre d'étapes de fusion partielle (un seul dans notre cas),
- 2<sup>o</sup>) le pourcentage de fusion partielle pour chacune de ces étapes,
- 3<sup>o</sup>) la composition minéralogique de la roche-mère,
- 4<sup>o</sup>) les éléments des terres rares qui interviennent dans ces calculs,
- 5<sup>o</sup>) le coefficient de partage solide/liquide de chacun de ces éléments, pour chacun des minéraux composant la roche-mère,
- 6<sup>o</sup>) la proportion dans laquelle les minéraux de la roche-mère sont utilisés pour former le liquide résultant de la fusion partielle.

Mentionnons en terminant, que le fait de démontrer, sur la base des concentrations relatives des éléments des terres rares, qu'un magma peut provenir de la fusion partielle d'une source donnée ne signifie pas nécessairement que ce magma provient de cette source, mais plutôt qu'il a été en équilibre pour la dernière fois avec une roche-mère de cette composition.

#### VII.5.4 - Contexte géologique régional

La ceinture volcanique Abitibi, dans la région de Rouyn-Noranda, peut être subdivisée en deux groupes distincts de roches volcaniques séparés par une cassure majeure: la faille Porcupine - Destor (voir la figure 46). Le Groupe de Kinojévis, situé au nord de la faille, consiste en majeure partie d'une épaisse séquence de basaltes monotones: la série tholéiitique Deguisier (Dimroth et al., 1973; Trudel, 1975; Gélinas et al., 1977A et 1979B).

Dans la zone de la faille, on retrouve des coulées de laves ultramafiques (komatiites), des filons-couches différenciés (pyroxénite-gabbro-diorite), ainsi que des petits stocks et dykes de porphyre quartzofeldspathique (Trudel, 1975; Gélinas et al., 1977A). Quant au Groupe de Blake River, situé au sud de la faille, il est composé de séries tholéiitiques et calco-alcalines différenciées comprenant les roches de la séquence: basalte-andésite-dacite-rhyodacite-rhyolite (Grasso, 1974; Carignan, 1975; Gélinas et al., 1977A).

### VII.5.5 - Origine de la série tholéiitique Deguisier

Le Groupe de Kinojévis, que nous identifions à la série tholéiitique Deguisier, montre une teneur en éléments des terres rares beaucoup plus faible que les séries plus différenciées du Groupe de Blake River (voir les figures 45 et 47). Il représente donc un matériel beaucoup plus primitif, et son patron de concentrations des éléments des terres rares (légèrement appauvri en éléments légers des terres rares, et environ dix fois la valeur des chondrites) est comparable à celui des basaltes des fonds océaniques modernes (Schilling et Winchester, 1967; Gast, 1968; Allègre et Michard, 1973; Gélinas et al., 1979B). De plus, les concentrations en Y, Zr, Ti et Sr de ces basaltes correspondent également à celles des basaltes des fonds océaniques modernes (Gélinas et al., 1979B).

La série tholéiitique Deguisier, comme le fond océanique actuel, est composée d'un empilement monotone de coulées de basalte massif et en coussinets, recoupées par des dykes et des filons-couches de gabbro. Pour toutes ces raisons, nous croyons à l'instar de Gélinas et al. (1977A et 1979B), que la série tholéiitique Deguisier représente une croûte océanique Archéenne.

Au sein de la série tholéiitique Deguisier, cinq échantillons, répartis sur deux sites différents, ont été prélevés et analysés pour les éléments des terres rares. La figure 47 montre la variation maximum des concentrations des éléments des terres rares pour ces cinq échantillons. Une distribution semblable des éléments des terres rares peut être obtenue par 5% de fusion partielle d'un manteau ayant la composition d'une

SOURCE : LHERZOLITE À SPINEL ; OLIVINE 56% , ORTHOPYROXÈNE 25% ,  
CLINOPYROXÈNE 15% , SPINEL 4% .

POURCENTAGE DE FUSION : 5% .

PROPORTION DES CONSTITUANTS DANS LE LIQUIDE : OLIVINE 10% , ORTHOPY-  
ROXÈNE 30% , CLINOPYROX-  
ÈNE 50% , SPINEL 10% .

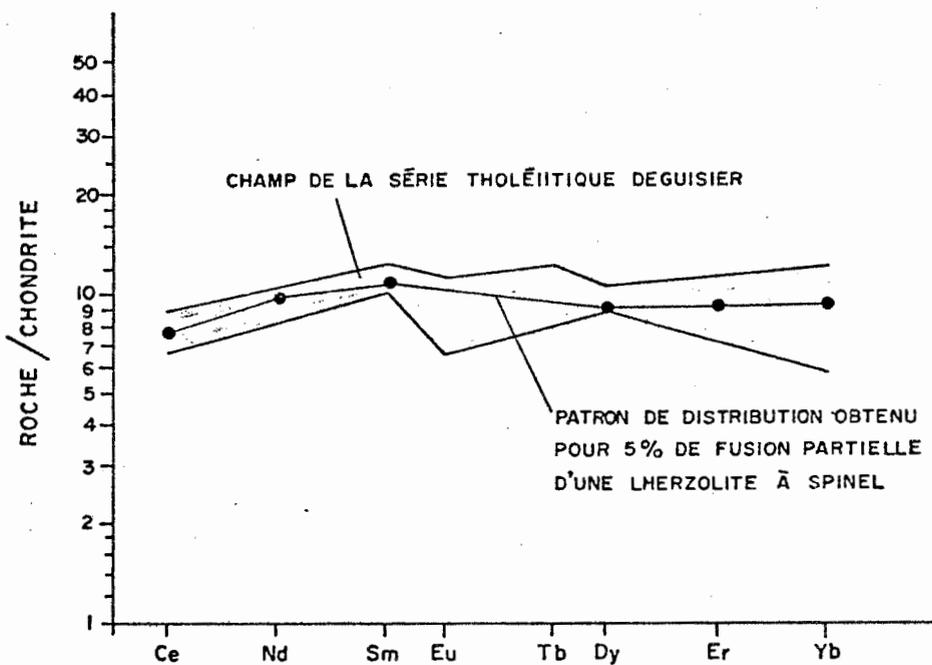


FIGURE 47 : VARIATION MAXIMUM DES CONCENTRATIONS DES ÉLÉMENTS  
DES TERRES RARES POUR LA SÉRIE THOLÉIITIQUE DE-  
GUISIER (valeurs normalisées par rapport aux chondrites).

therzolite à spinelle. Les coefficients de partage solide/liquide utilisés dans les calculs apparaissent au tableau 21, et la proportion des constituants dans le liquide est celle utilisée par Ludden (1978).

Allègre et al. (1973) et Drake (1976) suggèrent que le spinelle accepte préférentiellement les éléments légers des terres rares dans sa structure cristalline. Ainsi, les magmas générés par fusion partielle d'une roche-mère contenant du spinelle montreraient un appauvrissement en éléments légers des terres rares. Toutefois, des considérations basées sur la cristallogénèse et les rayons ioniques ne suggèrent pas une telle préférence du spinelle pour les éléments légers des terres rares (Ludden, 1978). De plus, Frey (1969) a émis des doutes sur le fait que les spinelles riches en éléments légers des terres rares soient dans un état d'équilibre chimique par rapport aux éléments des terres rares. Deux hypothèses peuvent donc expliquer le léger appauvrissement de la série tholéitique Deguisier en éléments légers des terres rares:

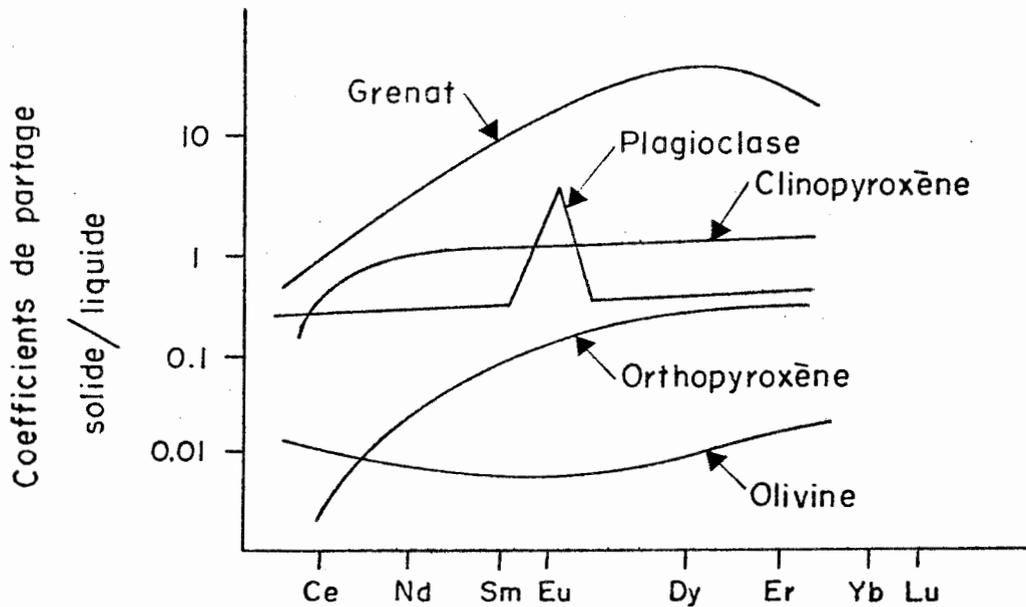
- 1<sup>o</sup>) une source contenant du spinelle, si on accepte les coefficients de partage solide/liquide proposés pour ce minéral;
- 2<sup>o</sup>) une source dans un manteau déjà appauvri en éléments légers des terres rares.

Si la série tholéitique Deguisier représente une croûte océanique Archéenne, la faille Porcupine-Destor pourrait alors représenter une zone de subduction. Le long de cette zone de subduction, la croûte océanique s'enfonce dans le manteau et se transforme en amphibolite, puis en éclogite. Une fusion partielle de cette plaque lithosphérique peut ensuite générer les séries tholéitique et calco-alcaline plus différenciées du Groupe de Blake River.

Tableau 21: Coefficients de partage solide/liquide utilisés dans les calculs:

	Olivine	Orthopyroxène	Clinopyroxène	Grenat	Spinel
Ce	0.0005	0.0028	0.094	0.0028	1.570
Nd	0.0008	0.0052	0.160	0.017	0.590
Sm	0.0013	0.0096	0.250	0.100	0.080
Dy	0.0019	0.0025	0.380	1.520	0.040
Er	0.0019	0.0037	0.370	3.360	0.040
Yb	0.0018	0.0220	0.350	9.300	0.040

Ces coefficients de partage solide/liquide ont été fournis par M. John Ludden.



Coefficients de partage solide/liquide pour quelques minéraux importants (d'après Allègre et Michard, 1973).

#### VII.5.6 - Origine de la série tholéitique Dufresnoy et de la série calco-alcaline Reneault

Si nous posons comme hypothèse de travail que la concentration des éléments des terres rares ne varie pas lors de la transformation des basaltes de la série Deguisier en amphibolites, puis en écligites, nous pouvons rechercher un modèle permettant de générer la série tholéitique Dufresnoy et la série calco-alcaline Reneault par fusion partielle d'une croûte ayant la composition des basaltes de la série Deguisier.

Condie et Harrison (1976) suggèrent que les séries tholéitiques et calco-alcalines d'âge Archéen de la Rhodésie sont reliées à des zones de subduction hypothétiques; leurs calculs démontrent que ces séries peuvent être générées par suite de la fusion partielle d'une source éclogitique commune. Selon ces auteurs, les séries tholéitiques, moins différenciées, seraient générées par suite d'une fusion partielle plus considérable que les séries calco-alcalines.

La figure 48 indique qu'un tel modèle peut s'appliquer aux roches volcaniques du Groupe de Blake River: la série tholéitique Dufresnoy pourrait être formée par 50% de fusion partielle d'une éclogite, et la série calco-alcaline Reneault par 30 à 40% de fusion partielle de la même source. La proportion des constituants dans le liquide employée pour ces calculs est celle proposée par Condie et Harrison (1976).

#### VII.5.7 - Modèle génétique global et discussion

La figure 49 résume le modèle génétique global proposé pour les

SOURCE : ÉCLOGITE ; CLINOPYROXÈNE 70% , GRENAT 30% .

PROPORTION DES CONSTITUANTS DANS LE LIQUIDE : CLINOPYROXÈNE 40% ,  
GRENAT 60% .

CHAMP DE LA SÉRIE THOLÉIITIQUE DUFRESNOY  
CHAMP DE LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT

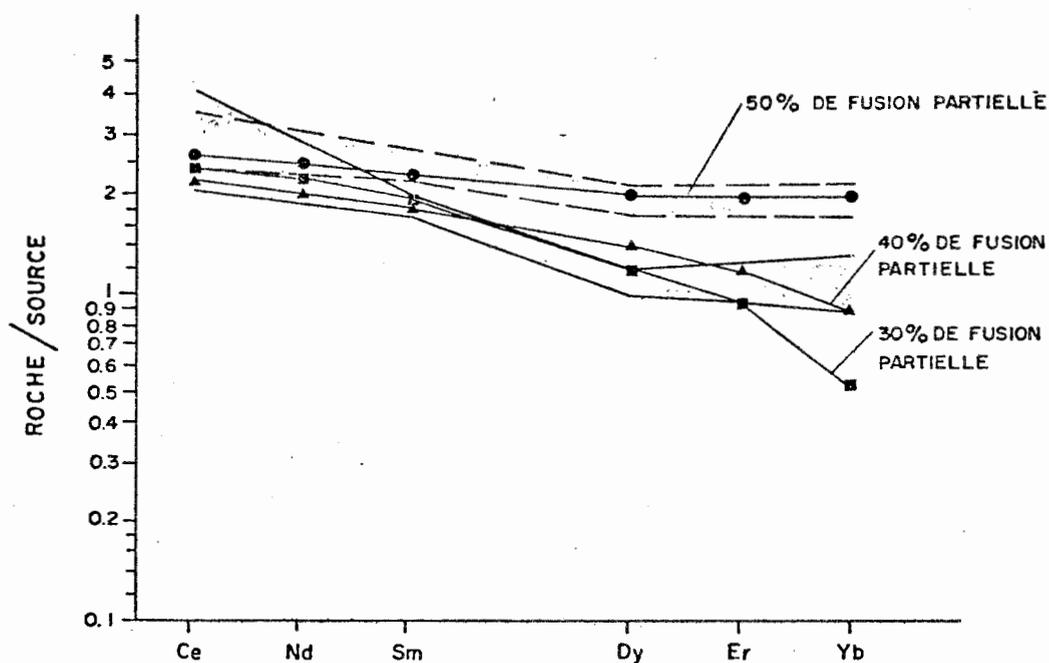


FIGURE 48 : VARIATION MAXIMUM DES CONCENTRATIONS DES ÉLÉMENTS DES TERRES RARES POUR LA SÉRIE THOLÉIITIQUE DUFRESNOY ET LA SÉRIE CALCO-ALCALINE RENAULT (valeurs normalisées par rapport à une source éclogitique dérivée de la série tholéiitique Deguisier).

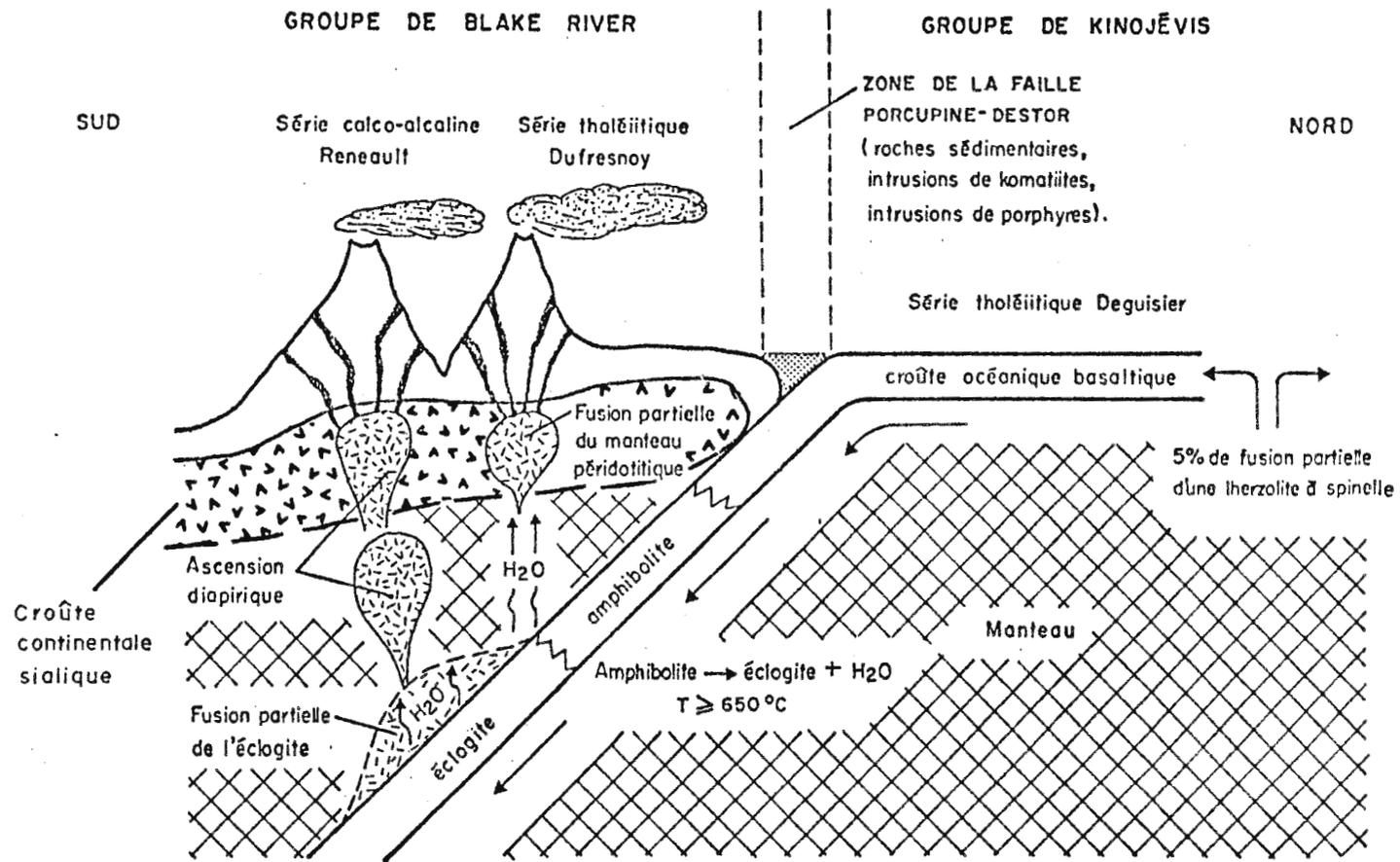


FIGURE 49: MODÈLE GÉNÉTIQUE GLOBAL POUR LES ROCHES VOLCANIQUES DE LA CEINTURE ABITIBI DANS LA RÉGION DE ROUYN-NORANDA.

roches volcaniques de la région de Rouyn-Noranda. Les principaux points d'intérêt sont les suivants:

- 1<sup>o</sup>) la série tholéiitique Deguisier montre des similitudes remarquables avec les basaltes des fonds océaniques modernes aux points de vue suivants:
  - a. la concentration en éléments des terres rares;
  - b. le profil légèrement appauvri en éléments légers des terres rares;
  - c. la concentration en éléments traces considérés comme inertes (Ti, Zr, Y et Sr);
  - d. les caractéristiques lithologiques.

Pour ces raisons, nous croyons que la série tholéiitique Deguisier représente un fond océanique Archéen (Gélinas et al., 1979B). Elle pourrait être générée par 5% de fusion partielle d'un manteau ayant la composition d'une perzovite à spinelle.

- 2<sup>o</sup>) La faille Porcupine-Destor représente une zone de subduction, et sépare les basaltes monotones du Groupe de Kinojévis, au nord, des séries plus différenciées du Groupe de Blake River, au sud. Il n'existe aucune preuve formelle confirmant ou infirmant l'existence de zones de subduction à l'Archéen (Hawkesworth et O'Nions, 1977; Sun et Nesbitt, 1978). Cependant, les terrains volcaniques d'âge Archéen d'Amérique du Nord, d'Afrique du Sud et d'Australie montrent tous l'association de séries tholéiitiques et calco-alcalines caractéristique des îles en arc (Hawkesworth et O'Nions, 1977). Cette association est même considérée par Barker et Peterman (1974) comme une caractéristique de l'Archéen.

Sans constituer une preuve, cette observation suggère que des zones de subduction pouvaient exister à l'Archéen. Comme Condie et Harri-

son (1976), nous suggérons donc que les séries tholéitiques et calco-alcalines d'âge Archéen ont pu être formées dans un milieu où il y avait subduction. Le schéma apparaissant à la figure 49 doit donc être considéré comme un modèle tout à fait théorique, mais qui explique de façon satisfaisante les relations observées dans la région de Rouyn-Noranda.

La présence de cette zone de subduction aurait permis l'extrusion de laves ultramafiques, à la faveur d'une croûte plus mince à l'Archéen, de même que la fusion partielle de matériel sédimentaire, pour former les intrusions de porphyre quartzo-feldspathique que l'on observe le long de la faille Porcupine-Destor.

3<sup>o</sup>) En s'enfonçant dans l'asténosphère, la croûte basaltique se transforme en amphibolite, puis en éclogite. Différents degrés de fusion partielle de cette éclogite peuvent ensuite générer la série tholéitique Dufresnoy (50% de fusion partielle) et la série calco-alcaline Reneault (30 à 40% de fusion partielle). Ce modèle présente toutefois certaines faiblesses:

- a. Si la série tholéitique est générée par suite d'un pourcentage de fusion partielle plus élevé que la série calco-alcaline, elle devrait être formée à plus grande profondeur, et donc être plus éloignée de la zone de subduction. Or, nous observons la relation inverse: la série tholéitique est située à la base du Groupe de Blake River, donc plus près de la zone de subduction (voir figure 49).
- b. Une différence de seulement 10 à 20% dans le pourcentage de fusion partielle ne peut expliquer les teneurs en K, Rb et Ba beaucoup plus élevées dans la série calco-alcaline que dans la série tholéitique (voir VII.4.2.6).

C'est pourquoi nous préférons le modèle proposé par Nicholls et Ringwood (1973). Dans ce modèle, les séries tholéitiques associées aux îles en arc sont formées par fusion partielle du manteau de composition péridotitique situé au-dessus de la plaque s'enfonçant dans la zone de subduction. La fusion partielle du manteau est favorisée par la présence d'eau libérée lors de la transformation de l'amphibolite en éclogite. La genèse des séries tholéitiques par fusion partielle d'une péridotite a d'ailleurs été suggérée par plusieurs auteurs, dont: Condie et Baragar (1974), Arth et Hanson (1975), Hawkesworth et O'Nions (1977).

Par exemple, un degré de fusion partielle de 15% d'une lherzolite à grenat pourrait expliquer de façon satisfaisante les concentrations des éléments des terres rares observées pour la série tholéitique Dufresnoy (figure 50). La proportion des constituants dans le liquide utilisée pour ces calculs est la même que celle utilisée par Ludden (1978).

Quant à la série calco-alkaline, une genèse par fusion partielle d'une éclogite semble tout à fait acceptable. Dans ce modèle, la série calco-alkaline serait formée à plus grande profondeur que la série tholéitique, ce qui correspond aux relations observées dans la région de Rouyn-Noranda. Une telle genèse des séries calco-alkalines par fusion partielle d'une éclogite a également été proposée par Nicholls et Ringwood (1973), Arth et Hanson (1975), et Condie et Harrison (1976).

L'enrichissement en K, Rb et Ba de la série calco-alkaline peut se faire par suite d'une contamination par du matériel sialique enrichi en ces éléments incompatibles. Quant à la quantité d'eau nécessaire à un degré de fusion partielle élevé d'une éclogite, elle serait

SOURCE : LHERZOLITE  $\bar{A}$  GRENAT ; OLIVINE 55% , ORTHOPYROXÈNE 25% ,  
CLINOPYROXÈNE 14% , GRENAT 6% .

PROPORTION DES CONSTITUANTS DANS LE LIQUIDE : OLIVINE 10%  
ORTHOPYROXÈNE 20%  
CLINOPYROXÈNE 35%  
GRENAT 35%

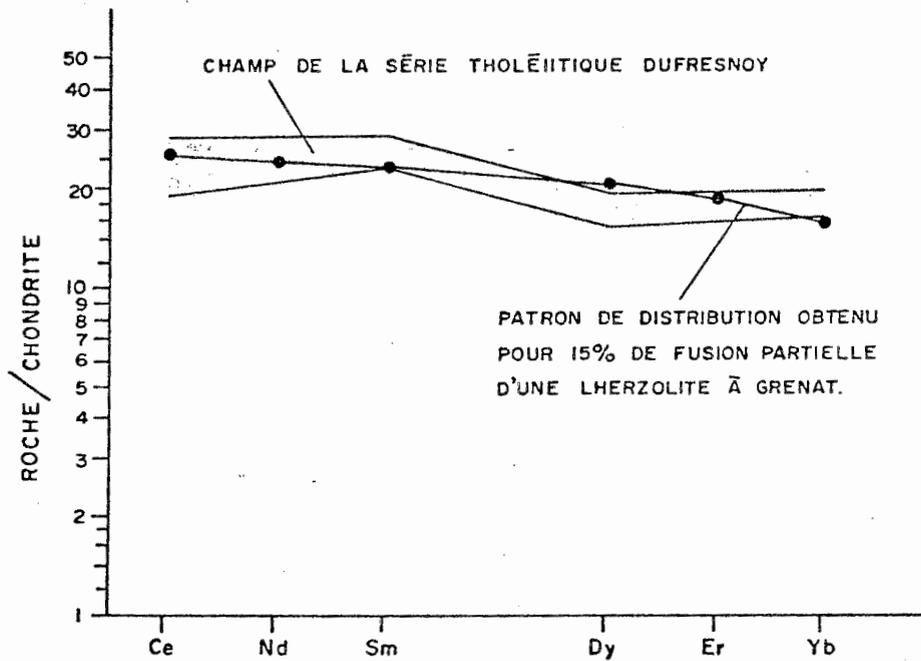


FIGURE 50: VARIATION MAXIMUM DES CONCENTRATIONS DES ÉLÉMENTS  
DES TERRES RARES POUR LA SÉRIE THOLÉIITIQUE DUFRES-  
NOY (valeurs normalisées par rapport à une source chondritique  
ayant la composition d'une lherzolite  $\bar{a}$  grenat ).

fournie, selon Nicholls et Ringwood (1973), par la déshydratation des masses de serpentinite faisant partie de la croûte océanique, comme dans les complexes ophiolitiques. La déshydratation de la serpentinite s'effectue à plus haute température (donc à plus grande profondeur) que la transformation de l'ampibolite en éclogite.

Cette explication est théoriquement valable, bien que nous n'ayons cependant aucune évidence de l'existence de masses de serpentinite au sein de la série tholéiitique Deguisier. L'origine de l'eau nécessaire à la fusion partielle d'une éclogite demeure donc, pour le moment, purement hypothétique.

Le rapport  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  élevé des roches volcaniques archéennes, de même que leur appauvrissement marqué en éléments lourds des terres rares, par rapport aux roches volcaniques récentes, ont été mentionnés par plusieurs auteurs: Viljoen et Viljoen (1969), Baxter (1971), Green (1975), Sun et Nesbitt (1978). Une genèse par fusion partielle d'une source riche en grenat peut très bien expliquer ces caractéristiques des roches archéennes, le grenat acceptant préférentiellement les éléments lourds des terres rares dans sa structure cristalline. L'appauvrissement en éléments lourds des terres rares augmente également de façon significative, si le degré de fusion partielle de la roche-mère grenatifère diminue (Condie et Harrison, 1976). L'appauvrissement marqué en éléments lourds des terres rares observé dans les roches volcaniques archéennes (particulièrement les roches les plus différenciées, comme les rhyolites), s'explique donc par l'une ou l'autre, ou une combinaison des deux causes suivantes:

a. la présence de grenat dans la source. Il est généralement admis que

Les rhyolites modernes sont formées par fusion partielle de matériel basaltique, tandis qu'à l'Archéen, un gradient géothermique plus élevé favoriserait la transformation des basaltes en amphibolites grenatifères ou en éclogites à plus faible profondeur, avant qu'intervienne la fusion. Le liquide qui résulterait de la fusion partielle de ce matériel grenatifère serait appauvri en éléments lourds des terres rares, ceux-ci étant concentrés d'une façon préférentielle dans le grenat qui demeure dans le résidu solide.

- b. Un degré de fusion partielle moindre. Ce mécanisme pourrait également expliquer la teneur en silice extrêmement élevée des rhyolites de la région de Rouyn-Noranda (voir VII.2), ce qui semble d'ailleurs une caractéristique des rhyolites archéennes en général (J. Ludden, communication personnelle).

#### VII.6 - Le filon-couche de Cléricky

Le chimisme des roches intrusives associées aux roches volcaniques du Groupe de Blake River n'a pas fait l'objet d'une étude détaillée. Cependant, les différents types de roches composant le filon-couche de Cléricky ont été échantillonnés et analysés, afin de proposer un modèle génétique pour cet intrusif.

La figure 51 représente le diagramme AFM pour les différents types de roches composant le filon-couche de Cléricky. L'enrichissement en fer caractéristique des séries tholéitiques se manifeste légèrement dans la phase gabbroïque. La pyroxénite représentant la phase cumulat de cette intrusion, son point figuratif n'a pas été considéré dans l'évo-

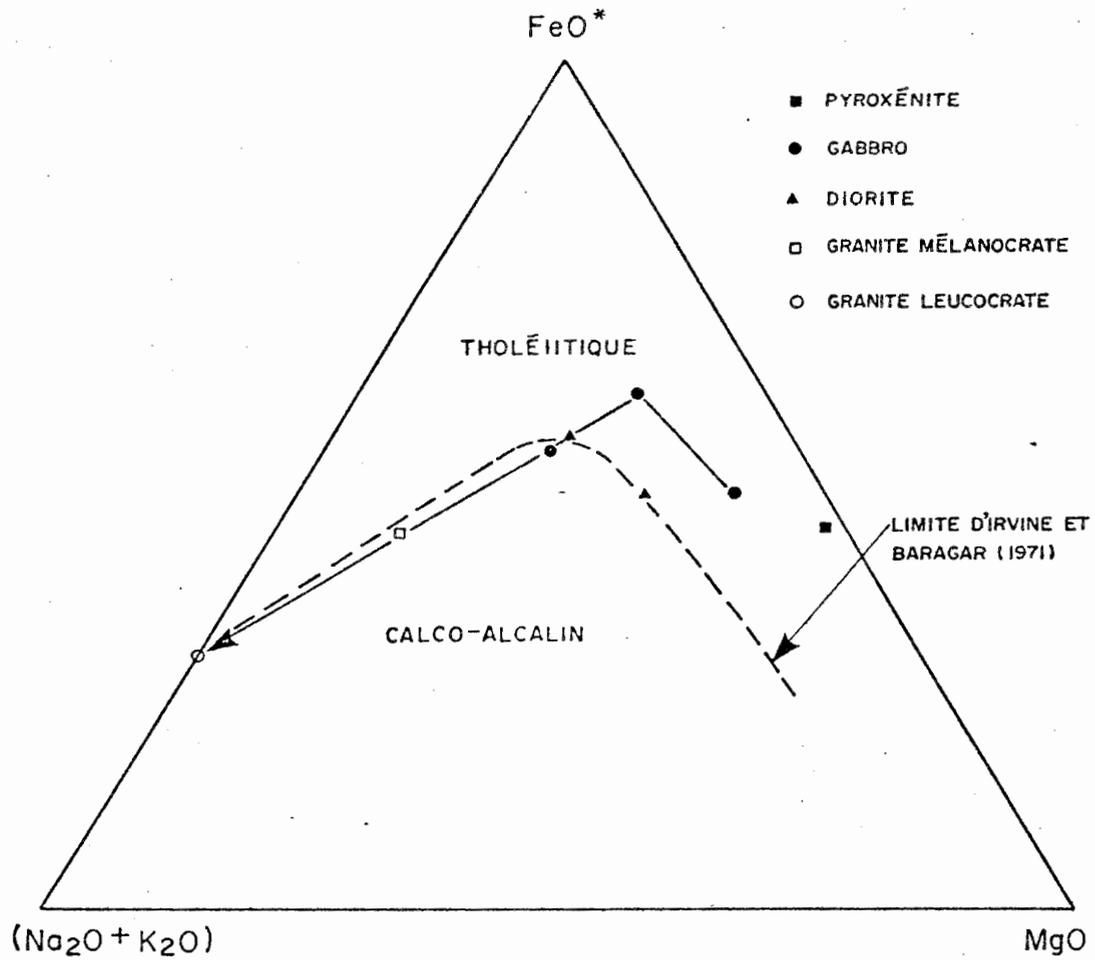


FIGURE 51 : DIAGRAMME AFM POUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE ROCHES COMPOSANT LE FILON-COUCHE DE CLÉRICY (% poids ; FeO\* = fer total exprimé sous forme de FeO).

lution du liquide résiduel.

L'évolution d'un terme ultramafique (pyroxénite) à un terme très felsique (granite leucocrate) semble être continue, et pourrait être le résultat de la différenciation d'un grand réservoir magmatique, dont la cristallisation fractionnée aurait généré tout le cortège de roches qui composent le filon-couche de Cléricy.

#### VII.7 - Conclusions de l'étude géochimique

- 1<sup>o</sup>) Les roches volcaniques du Groupe de Blake River dans la région étudiée peuvent être subdivisées en une série d'affinité tholéiitique à la base, et une autre d'affinité calco-alcaline au sommet. La distinction entre ces deux séries doit refléter des caractéristiques magmatiques primaires distinctes, puisqu'elle s'appuie indépendamment sur:
- a. l'étude des éléments majeurs;
  - b. l'étude des éléments en traces considérés comme inertes;
  - c. l'étude des éléments des terres rares;
  - d. des arguments stratigraphiques et tectoniques. Ces deux séries constituent en effet des niveaux stratigraphiques qui peuvent être tracés sur des dizaines de kilomètres, et qui se conforment au modèle tectonique proposé pour la région.
- 2<sup>o</sup>) L'étude des éléments des terres rares et des éléments traces a permis de développer un modèle génétique pour l'ensemble des roches volcaniques de la région de Rouyn-Noranda. Les hypothèses que nous favorisons sont les suivantes:

- a. La série tholéïitique Deguisier représente une croûte océanique archéenne générée par fusion partielle d'une lherzolite à spinel.
- b. Les séries plus différenciées du Groupe de Blake River sont formées dans un environnement tectonique comparable à celui des îles en arc modernes.
- c. La série tholéïitique Dufresnoy est formée par fusion partielle, à faible profondeur, d'un manteau ayant la composition d'une lherzolite à grenat.
- d. La série calco-alcaline Renault est formée à plus grande profondeur, par fusion partielle d'une éclogite.
- e. L'empilement de roches volcaniques qui constitue le Groupe de Blake River s'est probablement mis en place sur une croûte continentale sialique (voir figure 49). En effet, de nombreuses enclaves de granite, dont certaines sont partiellement assimilées, sont présentes dans les coulées de méta-andésites situées près de la mine Lac Dufault (L. Gélinas, communication personnelle). La datation radiométrique de ces enclaves, qui n'a pas encore été effectuée, devrait permettre de confirmer leur âge plus ancien que les roches volcaniques.

## CHAPITRE VIII

### GEOLOGIE ECONOMIQUE

#### VIII.1 - Introduction

L'importance économique de la ceinture Abitibi est considérable, et l'industrie minière a toujours été, depuis le tout début de la colonisation de l'Abitibi, l'épine dorsale de l'économie dans cette région du Nord-Ouest Québécois. Les mines productrices (anciennes et actuelles), de même que les indices de minéralisation, se comptent par centaines.

Les gisements métallifères peuvent se regrouper en deux grandes classes:

- 1<sup>o</sup>) les gisements d'or associés aux grandes zones de faille (principalement, le long de la faille Cadillac-Larder Lake et de la faille Porcupine-Destor). Les roches, dans ces zones de faille, sont fortement cisailées et injectées de veines de quartz et de carbonate contenant de l'or.
- 2<sup>o</sup>) Les gisements volcanogènes de métaux de base (Cu-Zn), qui sont formés par l'activité fumerollienne accompagnant la fin d'une période de volcanisme actif.

A cause de l'épuisement graduel des gisements de métaux de base connus, la situation de l'industrie minière n'a fait que se détériorer au cours des dernières années. Dans la région de Rouyn-Noranda, seules deux mines produisent actuellement du cuivre et du zinc: la mine Millenbach et la mine Corbet, appartenant toutes deux à la compagnie Falconbridge.

La situation est meilleure pour les mines d'or, par suite de la montée spectaculaire du prix de ce métal au cours des dernières années. De ce fait, quelques anciennes mines ont pu reprendre leur production, et plusieurs nouveaux gisements seront mis en exploitation, dont: Silverstack, Bousquet, Darius et Shadbourne.

VIII.2 - Description des principales occurrences de minéralisation métallifère dans la région de Cléricy

La région de Cléricy a fait l'objet d'une prospection minière très active entre les années 1930 et 1960. Bien qu'aucune mine productrice n'ait encore été découverte dans la région, les indices de minéralisation sont très nombreux, et les travaux miniers qui ont été effectués sont pratiquement impossibles à décrire en détail. Les occurrences de minéralisation métallifère les plus importantes sont décrites en détail dans l'annexe III; toutes ces occurrences sont également localisées sur la carte géologique.

VIII.3 - Altération reliée à la minéralisation

Le potentiel minéral de la région de Cléricy est excellent, et il est regrettable que l'exploration minière dans cette région ait été faite de façon incomplète et inadéquate. En effet, les travaux miniers effectués à ce jour (tranchées et trous de forage de faible profondeur) ne visaient le plus souvent que des buts de promotion, et la région manque sérieusement de sondages significatifs au point de vue stratigraphi-

que, et de relevés géophysiques appropriés. Par exemple, les relevés aéromagnétiques les plus récents datent de 1948!

A ce jour, les deux minéralisations d'or les plus importantes de la région: la propriété Primrose (annexe III.16) et celle des Mines d'Etain du Québec Ltée (annexe III.25), n'ont révélé que des tonnages réduits et des teneurs très faibles. Bien qu'il ne faille pas écarter la possibilité de découvrir des gisements d'or dans la région de Cléricy, il semble que le potentiel minéral de cette région se situe surtout au niveau des métaux de base (Cu, Zn). C'est pourquoi, dans la suite de ce chapitre, notre discussion portera essentiellement sur la recherche de gisements de métaux de base.

Nous croyons qu'une nouvelle approche est nécessaire à la compréhension de la genèse des gisements de Cu-Zn de la région, ainsi qu'à leur prospection. En effet, ces gisements étaient autrefois considérés comme étant formés par un processus secondaire de remplacement hydrothermal. La plupart des auteurs sont toutefois maintenant d'accord sur le fait que ces gisements sont d'origine syngénétique, et font partie intégrante des empilements volcaniques (Gilmour, 1965; Kinkel, 1966; Honnorez, 1969; Sangster, 1972; Honnorez et al., 1973; Lambert et Sato, 1974; Sawkins, 1976; Gannicott et al., 1979; Carignan, 1979).

Ces gisements sont formés par l'activité fumerollienne accompagnant la fin d'un cycle volcanique, et ils sont de ce fait comparables sous plusieurs rapports avec les gisements de type Kuroko du Japon (Jenks, 1966; Horikoshi, 1969; Horikoshi et Sato, 1970; Kajiwara, 1970; Matsukuma et Horikoshi, 1970; Clark, 1971; Tatsumi et Watanabe, 1971; Ogura, 1972;

Tatsumi et Clark, 1972).

Cette activité fumerollienne se traduit par une altération hydrothermale très intense des roches associées aux gisements. Le résultat de cette altération sur la redistribution des éléments majeurs, dans plusieurs gisements volcanogènes répartis à travers le monde, est remarquablement uniforme: les quantités de fer total, de MgO et de K<sub>2</sub>O sont généralement augmentées, tandis que celles de Na<sub>2</sub>O et de CaO sont grandement réduites (Riddell, 1952; Lickus, 1965; Sakrison, 1966; Gjelsvik, 1968; Carignan, 1972; Spitz et Darling, 1973; Descarreaux, 1973; Date et Tanimura, 1974; Iijima, 1974; Gannicott et al., 1979; Carignan, 1979).

Dans le but de caractériser cette altération hydrothermale dans la région de Cléricy, neuf sites minéralisés ont été échantillonnés. Ces sites ont été choisis en fonction des minéralisations les plus intéressantes dans la région; quatre sont situés dans des rhyolites (sept échantillons prélevés), et cinq sont situés dans des laves mafiques (dix échantillons prélevés). Les sites échantillonnés sont décrits au tableau 22.

Ces dix-sept analyses provenant de zones minéralisées, de même que toutes les autres qui ne sont associées à aucune minéralisation connue, ont été représentées sur les diagrammes de Descarreaux (1973). Ces diagrammes mettent en relation la teneur en silice et les constituants (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO), MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O, et sont représentés aux figures 52 à 56. Pour les figures 52 à 54, les seuils d'anomalie sont tels que définis par Descarreaux (op. cit.), tandis que pour les figures 55 et 56, ils ont été fixés arbitrairement à 2% d'écart avec la courbe moyenne pour l'Abitibi.

Tableau 22: Liste des échantillons prélevés au sein des zones minéralisées

Dans les rhyolites:

Site	Description	Echantillons prélevés
Gisement Mobrún	Annexe III.5	77-2507 77-2508
Puits de la Copper Hill Ltd	Annexe III.6	75-2511 77-2511 77-2513
A l'ouest du cimetière de Cléricy	Annexe III.8	77-2514
Dans le village de Cléricy	Annexe III.11	75-2517

Dans les laves mafiques:

Puits de la Consolidated Windfall Ltd	Annexe III.13	77-2509 77-2510
Puits #4 de la mine Harvie	Annexe III.15	77-2519 77-2520
Galerie #2 de la mine Harvie	Annexe III.17	77-2517 77-2518
Puits #3 de la mine Harvie	Annexe III.19	77-2521 77-2522
Puits #1 de la mine Harvie	Annexe III.21	77-2515 77-2516

#### VIII.4 - Discussion des diagrammes de Descarreaux (1973)

##### VIII.4.1 - Le diagramme $(Fe_2O_3 + FeO)$ vs $SiO_2$

Sur ce diagramme, représenté à la figure 52, 41% des roches provenant d'une zone minéralisée montrent une teneur anormalement élevée en fer, tandis qu'aucune roche stérile ne montre cette caractéristique. De plus, 76% des roches minéralisées montrent une teneur en fer plus élevée que toutes les autres roches de la région. Ce diagramme est aussi efficace pour les rhyolites que pour les laves mafiques.

##### VIII.4.2 - Le diagramme $MgO$ vs $SiO_2$

La figure 53 indique que 41% des roches minéralisées montrent une teneur anormalement élevée en magnésium, contre seulement 4% pour les autres roches. Ce diagramme est cependant beaucoup plus discriminant pour les rhyolites (74% de succès) que pour les laves mafiques (à peine 20% de succès).

##### VIII.4.3 - Le diagramme $CaO$ vs $SiO_2$

Ce diagramme indique que 80% des laves mafiques minéralisées ont subi une perte excessive de calcium, nettement supérieure à celle des roches stériles altérées. Descarreaux (op. cit.) n'utilise cette perte de calcium que pour caractériser les laves mafiques, alors que la figure 54 indique que les rhyolites minéralisées ont subi le même type d'alté-

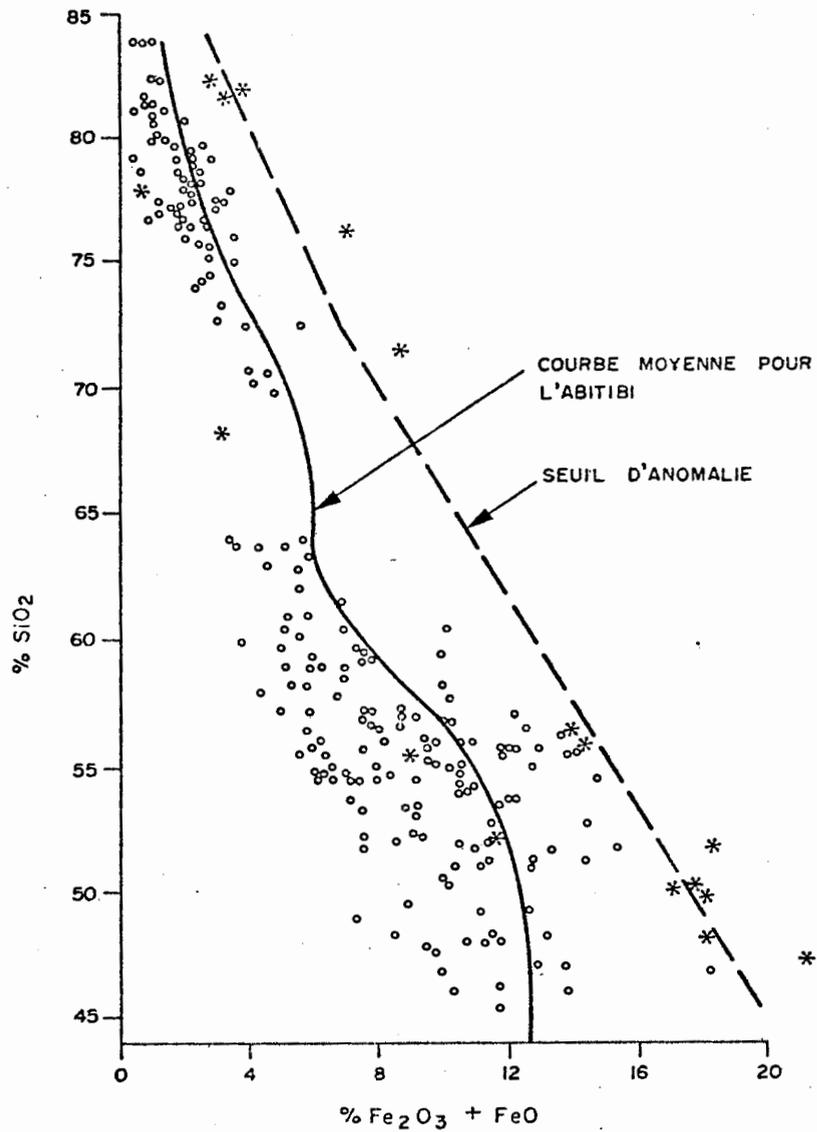


FIGURE 52 : DIAGRAMME ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ ) VS  $\text{SiO}_2$  POUR TOUTES LES ROCHES ANALYSÉES (\* : roches associées à des minéralisations connues ; o : toutes les autres roches).

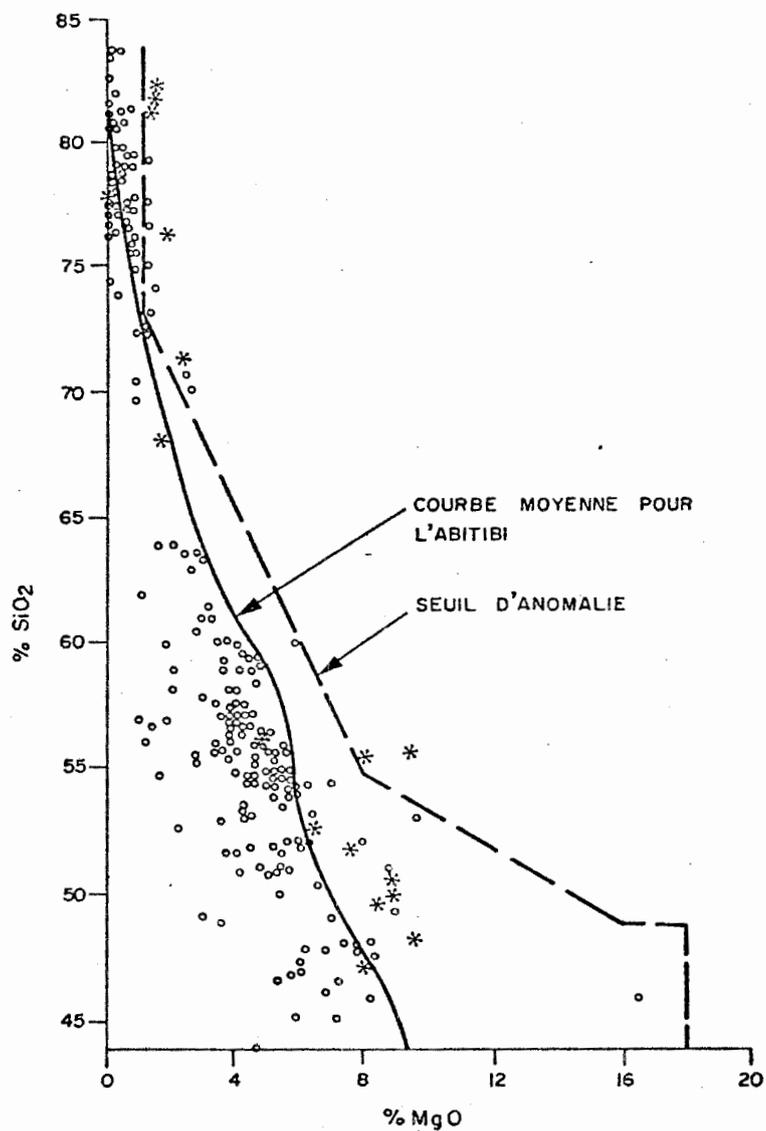


FIGURE 53: DIAGRAMME MgO VS SiO<sub>2</sub> POUR TOUTES LES ROCHES ANALYSÉES (\*: roches associées à des minéralisations connues; o: toutes les autres roches).

ration. C'est pourquoi nous proposons que le seuil d'anomalie défini par Descarreux soit prolongé afin d'inclure les rhyolites, de la façon qui est indiquée à la figure 54.

#### VIII.4.4 - Le diagramme $\text{Na}_2\text{O}$ vs $\text{SiO}_2$

Ce diagramme apparaît à la figure 55, et il indique une perte significative de sodium pour 88% des roches minéralisées, contre seulement 9% pour les autres roches. Ce diagramme est excellent, aussi bien pour les laves mafiques que pour les rhyolites.

#### VIII.4.5 - Le diagramme $\text{K}_2\text{O}$ vs $\text{SiO}_2$

Les résultats indiqués par ce diagramme, qui apparaît à la figure 56, sont assez surprenants : en effet, les roches minéralisées ne montrent pas d'enrichissement en potassium par rapport aux roches stériles. Seul un échantillon de rhyodacite provenant du gisement Mobrùn montre une teneur en potassium anormalement élevée.

Ce phénomène s'explique du fait que le potassium n'est pas concentré à l'intérieur de la zone minéralisée elle-même, mais forme plutôt des auréoles d'altération potassique autour des gisements (Gannicott et al., 1979; Carignan, 1979). De ce fait, le potassium donne des anomalies beaucoup plus étendues (de l'ordre de plusieurs centaines de mètres autour des gisements), alors que le fer, le magnésium, le calcium et le sodium donnent des anomalies pratiquement restreintes à la zone minéralisée elle-même. Etant donné que les échantillons prélevés provenaient

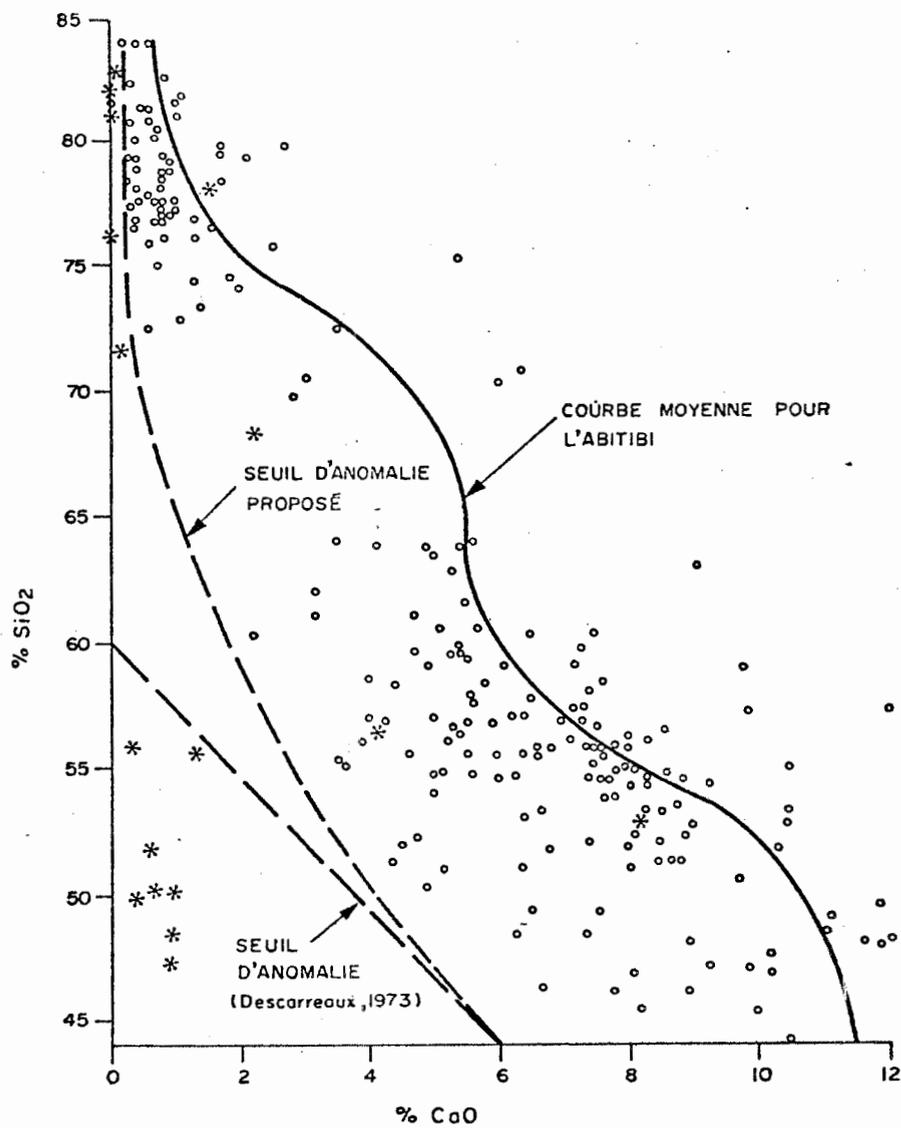


FIGURE 54 : DIAGRAMME CaO VS SiO<sub>2</sub> POUR TOUTES LES ROCHES ANALYSÉES (\*: roches associées à des minéralisations connues ; o: toutes les autres roches).

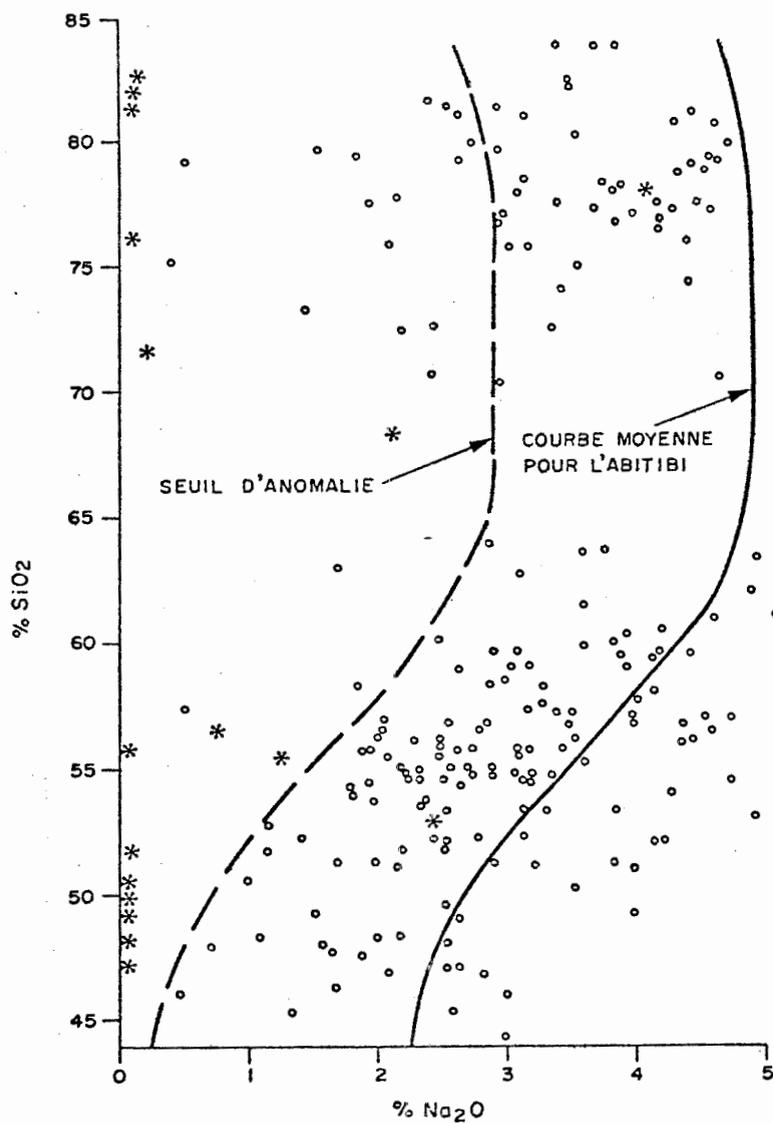


FIGURE 55 : DIAGRAMME Na<sub>2</sub>O VS SiO<sub>2</sub> POUR TOUTES LES ROCHES ANALYSÉES (\* : roches associées à des minéralisations connues ; o : toutes les autres roches).

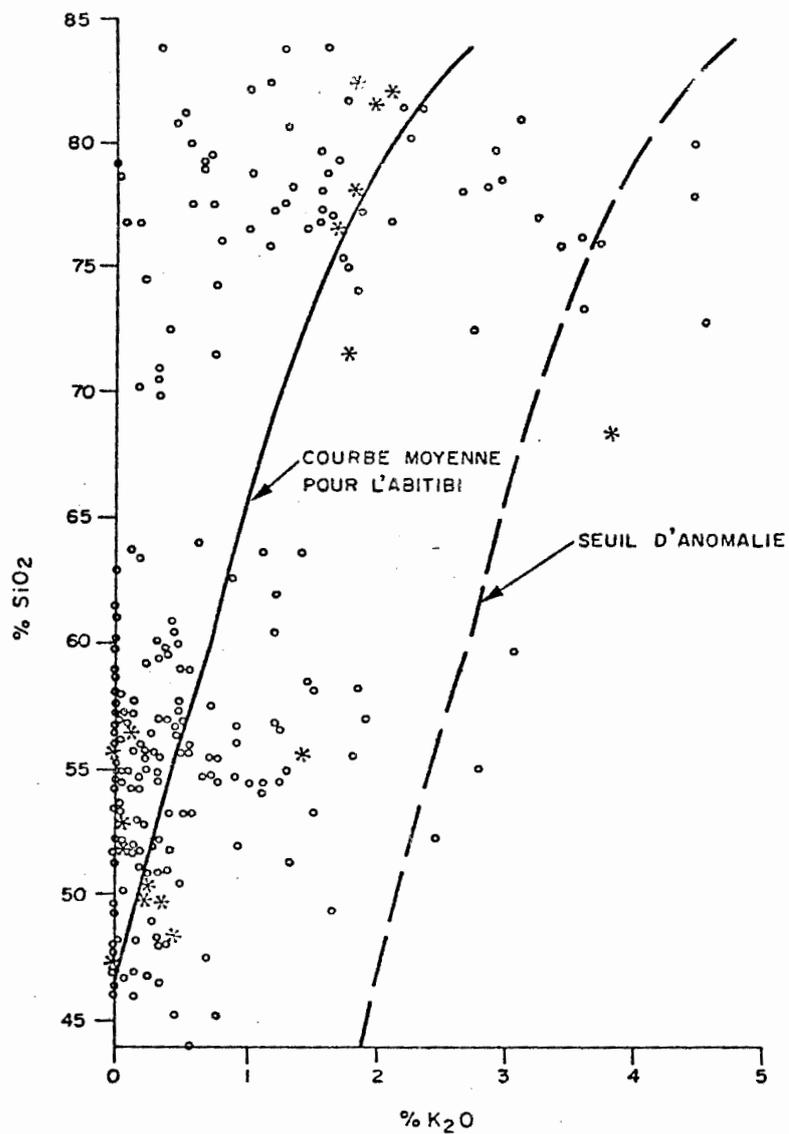


FIGURE 56: DIAGRAMME K<sub>2</sub>O VS SiO<sub>2</sub> POUR TOUTES LES ROCHES ANALYSÉES (\*: roches associées à des minéralisations connues ; o: toutes les autres roches).

directement des zones minéralisées, ils ne montrent pas d'anomalie positive en potassium.

#### VIII.4.6 - Discussion

Les diagrammes proposés par Descarreaux (1973) présentent des faiblesses évidentes:

- 1<sup>o</sup>) au lieu de présenter une courbe moyenne pour l'Abitibi, il aurait été préférable de présenter une courbe pour les roches d'affinité calco-alcaline, et une autre pour les roches d'affinité tholéiitique, ces deux familles possédant au départ des caractéristiques chimiques distinctes. Bien que les standards de comparaison soient au départ nettement différents, l'effet d'une altération hydrothermale extrêmement poussée lors de la minéralisation peut être semblable pour des roches tholéiitiques et calco-alcalines, ce qui semble le cas dans la région. Selon cette hypothèse, ces diagrammes demeureraient valables pour les roches des deux séries.
- 2<sup>o</sup>) L'augmentation de la quantité de fer, et la diminution des quantités de sodium et de calcium caractérisent les roches minéralisées par rapport aux roches stériles. Ces critères s'appliquent aussi bien aux laves mafiques qu'aux rhyolites, et ils sont donc considérés comme les plus valables. Nous suggérons les points suivants, afin d'améliorer les diagrammes proposés par Descarreaux (op. cit.):
  - a. D'étendre le seuil d'anomalie pour la perte de calcium aux roches de composition rhyolitique.
  - b. D'utiliser la valeur  $FeO^*$  (quantité totale de fer dans la roche,

exprimée sous forme de  $\text{FeO}$ ), au lieu de la valeur  $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ .

- 3<sup>o</sup>) Le diagramme utilisant le magnésium ne devrait servir que pour les rhyolites, car il est peu discriminant pour les laves mafiques. De plus, une teneur élevée en magnésium ne peut être considérée comme un indice valable de minéralisation dans le cas des roches de la série magnésienne (basaltes et andésites associés aux komatiites). En effet, toutes ces roches possèdent sur ce diagramme une teneur en magnésium supérieure au seuil d'anomalie.
- 4<sup>o</sup>) Le potassium donne des anomalies plus étendues que les autres éléments; de ce fait, il peut s'avérer extrêmement utile en prospection minière, puisqu'il définit des cibles plus étendues que les éléments Na, Ca, Fe et Mg, dont les anomalies sont à peine un peu plus étendues que la zone minéralisée elle-même.
- 5<sup>o</sup>) Idéalement, une courbe propre à chaque région devrait être construite, pour des roches volcaniques de même affinité. Le seuil d'anomalie serait alors défini par rapport à la composition chimique moyenne des roches de chaque région. On peut cependant considérer, pour des roches de même affinité et provenant d'une même province géologique (par exemple: la ceinture Abitibi), que ces courbes varieraient très peu d'une région à l'autre.
- 6<sup>o</sup>) Les diagrammes de Descarreaux pourraient être remplacés par un indice mathématique unique, tenant compte de tous les éléments enrichis ou appauvris au sein d'une zone minéralisée. Un tel indice, basé sur l'analyse de correspondance, a été développé par Carignan (1979) pour les roches entourant la mine Millenbach. Il n'est pas dans notre intention de développer ici un tel indice pour les roches de

la région, et nous croyons qu'à une échelle régionale, les diagrammes proposés par Descarreaux (1973) sont valables, en tenant compte de quelques améliorations que nous avons suggérées.

#### VIII.4.7 - Définition de zones d'anomalies géochimiques

Après avoir placé toutes les analyses chimiques des roches de la région sur les diagrammes de Descarreaux (op. cit.), on a identifié tous les échantillons dont l'analyse dépasse le seuil d'anomalie sur deux ou plus de ces diagrammes. En procédant de cette façon, 21 échantillons anormaux ont été identifiés; tous ces échantillons sont localisés sur la carte géochimique en annexe. Les échantillons provenant des zones minéralisées connues se sont avérés anormaux dans 82% des cas, contre seulement 3% pour les échantillons provenant du reste de la région. Les diagrammes de Descarreaux (op. cit.) fournissent donc un moyen efficace de distinguer les roches minéralisées des roches stériles.

Quinze des vingt et un échantillons anormaux sont concentrés dans le coeur du synclinal de Cléricy, et définissent une vaste zone au sein de laquelle les roches sont fortement altérées, et où se situent la plupart des minéralisations importantes dans la région (voir la carte géochimique). Il ne fait aucun doute que cette zone est particulièrement favorable pour la prospection minière, et qu'elle mérite d'être explorée de façon plus approfondie.

Parmi les 6 échantillons anormaux provenant de régions où aucune minéralisation métallifère n'a encore été reconnue, trois sont dispersés et leur signification est douteuse. Quant aux trois autres, ils provien-

vent tous d'une bande de rhyolite située dans les rangs V et VI du canton Dufresnoy, entre les lots 43 et 50. La cause de cette anomalie géochimique n'a pas encore été éclaircie.

#### VIII.5 - Etude des lames minces

L'altération hydrothermale très intense qui se développe dans les zones minéralisées se reflète sur la minéralogie des roches encaissantes. La chloritisation est le type d'altération le plus commun; la silicification et la séricitisation sont parfois développées. Cette altération très intense se traduit par des assemblages minéralogiques extrêmement réduits: chlorite + séricite + quartz + minéraux métalliques.

L'enrichissement en fer et en magnésium se manifeste par une abondance de chlorite. L'enrichissement en potassium (dans certains cas) se traduit par la présence de séricite (Carignan, 1979, a également observé de la biotite à la mine Millenbach). La perte de sodium entraîne la disparition de l'albite. La perte de calcium se traduit par la disparition de la prehnite, de la pumpellyite et de l'actinote. L'épidote et la calcite sont présentes dans certains cas, mais toujours en quantité très restreinte.

#### VIII.6 - Etude des sections polies

Les zones minéralisées contiennent les sulfures communs: la pyrite, la pyrrhotine, la chalcopryrite, la sphalérite et la galène.

L'observation la plus significative au point de vue génétique

consiste en l'identification de pyrite "framboïdale" (ou colloïdale) dans le gisement Mobrùn. En effet, ce mode d'occurrence des sulfures est commun dans les gisements de type Kuroko, et il est interprété comme une évidence de déposition syngénétique (Kajiwara, 1970).

Les minéralisations situées dans les laves mafiques du quart sud-ouest du canton Cléricy représentent le plus souvent des remplissages de fractures, et elles semblent de ce fait moins intéressantes que celles situées dans les rhyolites du quart nord-est du canton Dufresnoy.

L'étude minéragraphique suggère également que dans la plupart des cas, la minéralisation s'est effectuée en deux étapes (voir Duquette, 1977 et Guertin, 1977). En effet, les grains de pyrite idiomorphes à hypidiomorphes sont souvent fracturés et subséquentement cimentés par de la pyrrhotine, de la sphalérite et de la chalcopryrite. On observe également des couronnes de ces sulfures autour des grains de pyrite, les cristaux de pyrite montrant dans certains cas un remplacement partiel.

La première phase de minéralisation consistait donc essentiellement en pyrite, qui fut fracturée, et partiellement remplacée par de la chalcopryrite, de la sphalérite et de la pyrrhotine, au cours d'une phase de minéralisation postérieure. Dans plusieurs cas cependant, seule la minéralisation pyriteuse est présente, cette minéralisation étant bien entendu beaucoup moins intéressante, au point de vue économique, que celle de la deuxième phase.

La pyrrhotine, la chalcopryrite et la sphalérite semblent contemporaines, comme le suggèrent leur association très intime, de même que la présence occasionnelle de lamelles d'exsolution de chalcopryrite dans la sphalérite.

### VIII.7 - Considérations génétiques

Dans la recherche de gisements de métaux de base, aussi bien en ce qui concerne la région de Cléricy que l'ensemble de la ceinture Abitibi, il convient d'aborder le problème en considérant ces gisements comme étant d'origine syngénétique. C'est ce qu'ont fait certaines compagnies, avec beaucoup de succès, au cours des dernières années: particulièrement Falconbridge Copper Limited (découverte des mines Lac Dufault, Millenbach et Corbet ).

Dans ce modèle syngénétique, les gisements stratiformes de sulfures massifs font partie intégrante de l'empilement volcanique. Ils sont formés lors d'une période de quiétude dans le volcanisme. Lors du refroidissement qui suit l'épanchement, des fumerolles chaudes circulent dans l'empilement volcanique et transportent en solution des métaux lessivés de l'empilement lui-même. L'intrusion de dômes rhyolitiques dans l'empilement, vers la fin d'un cycle volcanique, peut représenter une source de chaleur ponctuelle favorisant cette circulation des fumerolles (Horikoshi, 1969; Knuckey, 1975). En effet, ces dômes acides sont associés à plusieurs gisements au Japon et dans la ceinture Abitibi.

En même temps que les métaux, de minces niveaux de tuff ou de chert peuvent se déposer au cours de cette période de quiétude, constituant ainsi des horizons-repères extrêmement importants pour la prospection minière.

Les gisements de la région de Rouyn-Noranda sont souvent associés à des rhyolites fragmentaires parce que: 1<sup>o</sup>) les cycles d'activité volcanique se terminent fréquemment par l'extrusion de roches pyroclasti-

ques acides; 2<sup>0</sup>) ces roches sont très perméables, donc favorables à la circulation des solutions. Ce n'est donc pas tant à cause de leur composition, mais bien à cause de leur position stratigraphique et de leur perméabilité, que les rhyolites fragmentaires sont favorables à la minéralisation.

Il ne faudrait toutefois pas négliger l'importance des épaisses séquences de lave mafique à la base des empilements volcaniques. En effet, si nous ne considérons que les roches stériles, les laves mafiques contiennent beaucoup plus de métaux de base que les laves felsiques. (voir les tableaux 18 et 19). Les métaux de base sont donc probablement lessivés des laves mafiques et déposés dans les rhyolites fragmentaires sus-jacentes.

La position stratigraphique semble donc plus importante que la composition, et des gisements volcanogènes peuvent très bien être associés à des laves mafiques (ils le sont effectivement dans plusieurs cas: mines Waite, Amulet, etc.). Dans ce cas, la recherche du contact entre deux cycles de volcanisme mafique peut être aussi rentable que celle des roches fragmentaires acides.

#### VIII.8 - Conclusions sur la géologie économique

- 1<sup>0</sup>) Dans la région de Rouyn-Noranda, les roches d'affinité calco-alkaline sont plus favorables à la minéralisation que celles d'affinité tholéitique.
- 2<sup>0</sup>) L'étude détaillée de la stratigraphie des empilements volcaniques est fondamentale en prospection minière. En particulier, il faut recher-

cher les minces niveaux de tuff ou de chert marquant la fin d'un cycle volcanique, car ils peuvent être formés en même temps que les gisements volcanogènes de métaux de base.

- 3<sup>o</sup>) Associées à ces niveaux stratigraphiques favorables, il faut rechercher des zones de fracturation qui ont pu servir de chenaux aux solutions minéralisantes.
- 4<sup>o</sup>) Il faut également rechercher un certain type d'altération relié à la minéralisation. Dans les zones minéralisées, le fer et le magnésium sont enrichis, tandis que le sodium et le calcium sont appauvris. Le potassium peut également être utile, car il est concentré en périphérie des gisements.
- 5<sup>o</sup>) La région de Cléricy possède un contexte géologique favorable à la recherche de gisements de métaux de base. Nous avons pu délimiter deux zones d'anomalies géochimiques, dont la plus intéressante est située dans le coeur du synclinal de Cléricy. Nous croyons que les rhyolites fragmentaires situées dans le quart nord-est du canton Dufresnoy constituent l'horizon le plus favorable à la prospection, aussi bien à cause de leur position stratigraphique (au sommet de l'empilement), que de leur grande perméabilité.
- 6<sup>o</sup>) La plupart des travaux effectués à date dans la région sont superficiels et ne visaient qu'un but de promotion. On ne saurait trop insister sur la nécessité de forages stratigraphiques profonds, ainsi que de relevés géophysiques appropriés, afin de délimiter les zones les plus favorables à la prospection minière.

## CHAPITRE IX

### CONTRIBUTIONS ORIGINALES

Cette thèse de doctorat a permis d'apporter les contributions suivantes à la compréhension de la géologie de la ceinture volcanique Abitibi en général, et de la région de Cléricy en particulier:

- 1<sup>o</sup>) Cartographie: un territoire d'environ 200 km<sup>2</sup> de superficie a été cartographié en détail; les cartes partielles disponibles auparavant étaient souvent incomplètes ou de qualité médiocre.
- 2<sup>o</sup>) Tectonique: une analyse structurale détaillée a permis de démontrer l'existence d'une première phase de plissement d'orientation nord-sud. Le grain tectonique est-ouest de la région est dû à une deuxième phase de plissement, d'orientation est-ouest, superposée à la première. Ce modèle tectonique, proposé pour la première fois dans la région de Cléricy, comporte des implications importantes pour la recherche de gisements volcanogènes de métaux de base dans cette région.
- 3<sup>o</sup>) Géochimie: le Groupe de Blake River a été subdivisé en une partie basale d'affinité tholéïitique (la série tholéïitique Dufresnoy) et une partie supérieure d'affinité calco-alcaline (la série calco-alcaline Renault). Cette distinction, basée sur l'analyse des éléments majeurs, a été confirmée par l'étude des éléments traces et des éléments des terres rares. De plus, ces deux séries constituent des horizons stratigraphiques qui se poursuivent sur plusieurs dizaines de kilomètres, et dont la géométrie se conforme parfaitement

au modèle tectonique proposé pour la région.

- 4<sup>o</sup>) Pétrogenèse: l'analyse des éléments des terres rares a permis de développer des modèles mathématiques concernant l'origine des roches volcaniques de la ceinture Abitibi dans la région de Rouyn-Noranda. Selon l'hypothèse que nous favorisons, le Groupe de Kinojévis représenterait une croûte océanique Archéenne, la faille Porcupine-Destor agirait comme zone de subduction, et les roches volcaniques du Groupe de Blake River seraient formées dans un environnement tectonique comparable à celui des îles en arc modernes.
- 5<sup>o</sup>) Géologie économique: l'étude de l'altération des roches volcaniques a permis de définir deux zones d'anomalies géochimiques présentant le même type d'altération qu'on observe en périphérie des gisements volcanogènes. Ces deux zones représentent des cibles potentielles pour la recherche de gisements de métaux de base dans la région de Cléricky.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABE, H. et AOKI, M. (1975). Experiments on the hydrothermal alteration of mordenite rocks in sodium carbonate solution, with reference to analcimization around Kuroko deposits. *Economic Geology*, volume 70, numéro 4, pp. 770-780.
- ALLEGRE, C.L. et MICHARD, G. (1973). Introduction à la géochimie. Presses Universitaires de France.
- ALLEGRE, C.L.; MONTIGNY, R. et BOTTINGA, Y. (1973). Cortège ophiolitique, cortège océanique, géochimie comparée et mode de genèse. *Bulletin de la Société géologique de France*, volume 15, pp. 471-477.
- ALSAC, C.; LAMARCHE, R. et LATULIPPE, M. (1970). Etude des caractères magmatiques des formations volcaniques des régions de Val d'Or et Weedon-Thetford. Rapport 70 RME 031, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Paris.
- ALSAC, C. (1971). Essai d'appréciation sur l'utilisation des caractères magmatiques comme guide de prospection des formations volcaniques. *Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, section II, numéro 6, pp. 95-130.
- AMBROSE, J.W. (1941). Cléricky and La Pause Map-Areas, Quebec. *Geological Survey, Department of Mines and Resources, Memoir 233*.
- AMSTUTZ, G.C. (1974). Spilites and spilitic rocks. *International Union of Geological Sciences. Series A, number 4*. Springer-Verlag New York - Heidelberg - Berlin.
- ARBOUR, R. (1964). Géologie du quart sud-est du canton de Cléricky, comté de Rouyn-Noranda. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire 516.
- ARTH, J.G. et HANSON, G.N. (1975). Geochemistry and origin of the early Precambrian crust of northeastern Minnesota. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, volume 39, pp. 325-362.
- ARTH, J.G. (1976). Behaviour of trace elements during magmatic processes - a summary of theoretical models and their applications. *Journal of Research of the United States Geological Survey*, volume 4, numéro 1, pp. 41-47.
- BANNERMAN, H.M. (1940). Lépine Lake Area, Destor Township, Abitibi County. Ministère des Mines du Québec, rapport géologique 4.
- BARAGAR, W.R.A. (1968). Major-element geochemistry of the Noranda volcanic belt, Quebec - Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*, volume 5, pp. 773-790.

- BARKER, F. et PETERMAN, Z.E. (1974). Bimodal tholeiite-dacite magmatism and the early Precambrian crust. *Precambrian Research*, volume 1, pp. 1-19.
- BARRON, B.J. (1976). Recognition of the original volcanic suite in altered mafic volcanic rocks at Sofala, New South Wales. *American Journal of Science*, volume 276, pp. 604-636.
- BAXTER, D.R. (1971). The petrology and geochemistry of an ultramafic body near Ravensthorpe, Phillips River Goldfield, Western Australia. Unpublished Ph.D. Thesis, Adelaide University.
- BENNETT, R.A. et ROSE, W.I. (1973). Some compositional changes in Archean felsic volcanic rocks related to massive sulphide mineralization. *Economic Geology*, volume 68, pp. 886-891.
- BHATTACHARCHI, S. et SMITH, C.H. (1964). Flowage differentiation. *Science*, volume 45, pp. 150-153.
- BOIVIN, P. (1974). "Pétrographie, stratigraphie et structure de la ceinture de schistes verts de Noranda, dans les cantons de Hébécourt, de Duparquet et de Destor, Québec, Canada". Thèse Ph.D., Département des Sciences exactes et naturelles de l'Université de Clermont, France.
- BOUCHARD, M. (1978). Les rhyolites du secteur oriental du complexe de Don, région de Rouyn-Noranda, Québec. Mémoire de M.Sc., Département de Géologie, Université de Montréal.
- BOUMA, A.H. (1964). Sedimentology of some flysch deposits. Dans: *Developments in Sedimentology*. Elsevier Publication Co., Amsterdam.
- BROOKS, C.; KROGH, T.E.; HART, S.R. et DAVIS, G.L. (1969). Carbonate contents and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of calcites from Archean metavolcanics. *Earth Planetary Science Letters*, volume 6, pp. 35-38.
- BRYAN, W.B. (1972). Morphology of quench crystals in sub-marine basalts. *Journal of Geophysical Research*, volume 77, numéro 29, pp. 5812-5819.
- BURNHAM, C.W. (1967). Hydrothermal Fluids at the Magmatic Stage. Dans: Barnes, H.L. (editor): "Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits"; Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- CAMPBELL, F.A. (1961). Geology of Quemont Mine. Dans: Dugas, 1966.
- CARAGHIAUR, G. (1977). Pétrographie et pétrochimie d'une partie des cantons Destor et Dufresnoy, Co. Abitibi. Projet de fin d'études, Ecole Polytechnique, département de Génie minéral.

- CARIGNAN, J. (1972). Caractéristiques pétrologiques, structurales et géochimiques des gisements de la région de Rouyn-Noranda. Projet de fin d'études, département de Génie géologique, Ecole Polytechnique.
- CARIGNAN, J. (1975). Pétrographie et pétrologie de la partie médiane de la ceinture métavolcanique de Rouyn-Noranda. Thèse M.Sc.A., département de Génie minéral, Ecole Polytechnique.
- CARIGNAN, J. (1979). Géochimie et géostatistique appliquées à l'exploration des gisements volcanogènes: le gisement de Millenbach. Thèse de D.Sc.A., Département de Génie minéral, Ecole Polytechnique, Montréal.
- CARIGNAN, J. et GELINAS, L. (1979). Géochimie et géostatistique comme outil combiné pour l'exploration des gisements volcanogènes de sulfures massifs. Réunion annuelle Association Géologique du Canada - Association Minéralogique du Canada du 23 au 25 mai 1979, Québec, programme et résumés, volume 4, p. 42.
- CARLISLE, D. (1963). Pillow breccias and their aquagene tuffs, Quadra Island, British Columbia, *Journal of Geology*, volume 71, pp. 48-71.
- CLARK, L.A. (1971). Volcanogenic ores: comparison of cupriferous pyrite deposits of Cyprus and Japanese Kuroko deposits. *Society of Mining Geologists of Japan, Special Issue 3*, pp. 206-215.
- COLLEY, H. et RICE, C.M. (1975). A Kuroko-type ore deposit in Fiji. *Economic Geology*, volume 70, pp. 1373-1386.
- CONDIE, K.C. et BARAGAR, W.R.A. (1974). Rare-Earth Element Distributions in Volcanic Rocks from Archean Greenstone Belts. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, volume 45, pp. 237-246.
- CONDIE, K.C. et HARRISON, N.M. (1976). Geochemistry of the Archean Bulawayan Group, Midlands Greenstone Belt, Rhodesia. *Precambrian Research*, volume 3, pp. 253-271.
- COOMBS, D.S.; NAKAMURA, Y. et VUAGNAT, M. (1976). Pumpellyite-Actinolite Facies Schists of the Tavayanne Formation near Loèche, Valais, Switzerland. *Journal of Petrology*, volume 17, numéro 4, pp. 440-471.
- COTE, R. et DIMROTH, E. (1976). Flow direction of Archean basalts determined from imbricated pillow-breccias. *News Jahrbuch der Mineralogie, Monatshefte*, pp. 97-109.
- DATE, J. et TANIMURA, S. (1974). Dacite and rhyolite associated with the Kuroko mineralization. Dans: ISIIHARA, S. éditeur, "Geology of Kuroko Deposits". *Mining Geology Special Issue No. 6*, Society of Mining Geologists of Japan, pp. 261-266.

- DAVENPORT, P.H. (1971). Bedrock geochemistry as a guide of areas of base-metal potential in volcano-sedimentary belts of the Canadian Shield. *Geochemical Exploration 1972*, Institute of Mining and Metallurgy (Londres), pp. 45-57.
- DAVIES, J.F. (1977). Structural interpretation of the Timmins Mining area, Ontario. *Canadian Journal of Earth Sciences*, volume 14, pp. 1046-1053.
- DE BRETIZEL, P. et FOGLIERINI, F. (1971). Les gîtes sulfurés concordants dans l'environnement volcanique et volcano-sédimentaire. *Mineralium Deposita*, volume 6, pp. 65-76.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A.; ZUSSMAN, J. (1962). *Rock-forming minerals*. John Wiley and Sons Inc. Editor; volume 1, ortho- and Ring Silicates.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. et ZUSSMAN, J. (1966). *An Introduction to the Rock Forming Minerals*. Longman Group Limited, London, 528 p.
- DE ROSEN-SPENCE, A.F. (1969). Genèse des roches à cordiérite-anthophyllite des gisements cupro-zincifères de la région de Rouyn-Noranda, Québec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, volume 6, pp. 1339-1345.
- DE ROSEN-SPENCE, A.F. (1976). Stratigraphy, development and petrogenesis of the central Noranda volcanic pile, Noranda, Quebec. Thèse de Ph.D. non publiée, Université de Toronto.
- DE ROSEN-SPENCE, A.F.; PROVOST, G. et DIMROTH, E. (1979). Archean subaqueous rhyolite flows at Noranda, Quebec. Réunion annuelle Association Géologique du Canada - Association Minéralogique du Canada du 23 au 25 mai 1979, Québec, programme et résumés, volume 4, p. 46.
- DESCARREAU, J. (1973). A Petrochemical Study of the Abitibi Volcanic Belt and its Bearing on the Occurrences of Massive Sulphide Ores. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin*, volume 66, pp. 61-69.
- DIMROTH, E.; BOIVIN, P.; GOULET, N. et LAROUCHE, M. (1973). *Tectonic and Volcanological Studies in the Rouyn-Noranda Area*. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire GM-28491.
- DIMROTH, E.; ROCHELEAU, M.; BOIVIN, P.; LAROUCHE, M. et COTE, R. (1974). *Stratigraphic and Tectonic Work in the Rouyn-Noranda Area, Counties of Rouyn-Noranda, Abitibi-West and Temiscamingue*. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire DP-246.
- DIMROTH, E., GELINAS, L., PROVOST, G., ROCHELEAU, M. et TASSE, N. (1975A). Field trip on the volcanology and sedimentology of Rouyn-Noranda area. Resident Geologist's Office, Department of Natural Resources, Rouyn, Quebec, pp. 1-75.

- DIMROTH, E.; COTE, R.; PROVOST, G.; ROCHELEAU, M.; TASSE, N. et TRUDEL, P. (1975B). Third Progress Report on the Stratigraphy, Volcanology, Sedimentology and Structure of Rouyn-Noranda Area, Counties of Rouyn-Noranda, Abitibi-West and Temiscamingue. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire DP-300.
- DIMROTH, E.; LAROUCHE, C.; PROVOST, G.; ROCHELEAU, M.; TASSE, N. et TRUDEL, P. (1976). Fourth Progress Report on the Stratigraphy, Volcanology and Tectonics of Rouyn-Noranda Area, Quebec. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire DP-353.
- DIMROTH, E. (1977). Archean autoclastics volcanic rocks, Rouyn-Noranda area, Quebec, Canada: classification, diagnosis and interpretation. Dans: Report of activities, part A, Geological Survey of Canada, Paper 77-1A, pp. 513-522.
- DIMROTH, E.; LAROUCHE, C. et TRUDEL, P. (1977). Fifth Progress Report on Volcanological and Sedimentological Work in Rouyn-Noranda Area. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire DP-500.
- DIMROTH, E., COUSINEAU, P., LEDUC, M. et SANSCHAGRIN, Y. (1978). Structure and organisation of Archean subaqueous basalt flows, Rouyn-Noranda area, Quebec, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 15, numéro 6, pp. 902-918.
- DIMROTH, E. et DEMARCKE, J. (1978). Petrography and mechanism of eruption of the Archean Dalembert tuff, Rouyn-Noranda, Quebec, Canada. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 15, numéro 11, pp. 1712-1723.
- DIMROTH, E.; COUSINEAU, P.; LEDUC, M.; SANSCHAGRIN, Y. et PROVOST, G. (1979A). Flow mechanisms of Archean subaqueous basalt and rhyolite flows. Dans: Current Research, Part A, Geological Survey of Canada, Paper 79-1A, pp. 207-211.
- DIMROTH, E.; COUSINEAU, P. ; HOCQ, M.; LEDUC, M. et SANSCHAGRIN, Y. (1979B). A facies model of subaqueous basalt flows. Réunion annuelle Association Géologique du Canada - Association Minéralogique du Canada du 23 au 25 mai 1979, Québec, programme et résumés, volume 4, p. 46.
- DONALDSON, C.H. (1976). An experimental investigation of olivine morphology. Contributions to Mineralogy and Petrology, volume 57, pp. 187-213.
- DRAKE, M.J. (1976). Evolution of major mineral compositions and trace element abundances during fractionnal crystallization of a model lunar composition. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 40, pp. 401-412.

- DUGAS, J. et GILBERT, J.E. (1953). Zone minière Noranda-Senneterre. Carte no. 1388, Ministère des Richesses Naturelles, Service des Gîtes Minéraux.
- DUGAS, J. (1959). Carte géologique nord-est Dufresnoy. Echelle 1:12 000. Ministère des Richesses Naturelles du Québec.
- DUGAS, J. (1964). Carte géologique nord-ouest Dufresnoy. Echelle 1:12 000. Ministère des Richesses Naturelles du Québec.
- DUGAS, J. (1966). The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in the Rouyn-Noranda area, Quebec. Dans: Goodwin, 1966, pp. 43-55.
- DUKE, N.A. et HUTCHISON, R.W. (1974). Geological relationship between massive sulphide bodies and ophiolitic volcanic rocks near York Harbour, Newfoundland. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 2, p. 53.
- DUQUETTE, A. (1977). Etude pétrographique, pétrochimique et gîtologique d'une partie du quart de canton Dufresnoy NE (Abitibi, Québec). Projet de fin d'études, Ecole Polytechnique, département de Génie minéral.
- FLOYD, P.A. (1977). Rare earth element mobility and geochemical characterisation of spilitic rocks. Nature, volume 269, pp. 134-137.
- FLOYD, P.A. et WINCHESTER, J.A. (1975). Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements. Earth and Planetary Science Letters, volume 27, pp. 211-218.
- FRANKLIN, J.M.; KASARDA, J. et POULSEN, K.H. (1975). Petrology and chemistry of the alteration zone of the Mattabi massive sulphide deposit. Economic Geology, volume 70, pp. 63-79.
- FRANKLIN, J.M. (1976). Role of laharc breccia in genesis of volcanogenic massive sulphide deposits. Geological Survey of Canada, Paper 76-1A, pp. 293-300.
- FREY, F.A. (1969). Rare earth abundances in high temperature peridotite intrusions. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 33, pp. 1429-1447.
- FRYER, B.J.; KERRICH, R.; HUTCHISON, R.W.; PEIRCE, M.G. et ROGERS, D.S. (1979). Archean precious-metal hydrothermal systems, Dome Mine, Abitibi Greenstone Belt. Patterns of alteration and metal distribution. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 16, numéro 3, partie I, pp. 421-439.
- FYFE, W.S.; PRICE, N.J. et THOMPSON, A.B. (1978). Fluids in the Earth's Crust. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 383 p.

- GANNICOTT, R.A.; ARMBRUST, G.A. et AGTERBERG, F.P. (1979). Use of trend surface analysis to delimit hydrothermal alteration patterns. Canadian Institute of Mining Bulletin, pp. 82-89.
- GAST, P.W. (1968). Trace element fractionation and the origin of tholeiitic and alkaline magma types. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 32, pp. 1057-1086.
- GAST, P.W. (1970). Dispersed Elements in Oceanic Volcanic Rocks. Physics of the Earth and Planetary Interiors, volume 3, p. 246.
- GELINAS, L. et BROOKS, C. (1974). Archean Quench-Texture Tholeiites. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 11, numéro 2, pp. 324-340.
- GELINAS, L.; BROOKS, C. et TRZCIENSKI, W.E. (1976). Archean variolites-quenched immiscible liquids. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 13, numéro 2, pp. 210-230.
- GELINAS, L.; BROOKS, C.; PERRAULT, G.; CARIGNAN, J.; TRUDEL, P. et GRASSO, F. (1977A). Chemo-stratigraphic divisions within the Abitibi Volcanic Belt, Rouyn-Noranda, Quebec, In BARAGAR, W.R.A.; COLEMAN, L.C.; HALL, J.H. (editors): Volcanic Regimes in Canada, Geological Association of Canada, Special Paper 16, pp. 265-295.
- GELINAS, L.; TRZCIENSKI, W.E. et BROOKS, C. (1977B). Archean variolites and the hypothesis of quench immiscible liquids reexamined: a reply to criticisms. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 14, numéro 12, pp. 2945-2958.
- GELINAS, L.; LAJOIE, J.; BOUCHARD, M.; SIMARD, A.; VERPAELST, P. et SANSEACON, R. (1978). Les complexes rhyolitiques de la région de Rouyn-Noranda. Ministère des Richesses Naturelles du Québec. Rapport préliminaire DPV-583.
- GELINAS, L.; LAJOIE, J.; BOUCHARD, M.; SIMARD, A.; VERPAELST, P. et CHALOT-PRAT, F. (1979A). Origin of the Don, Cléricky and Glenwood rhyolites, Noranda region, Quebec. Réunion annuelle Association Géologique du Canada - Association Minéralogique du Canada du 23 au 25 mai 1979, Québec, programme et résumés, volume 4, p. 52.
- GELINAS, L.; KHEANG, L.; TRUDEL, P. et MELLINGER, M. (1979B). Affinités chimiques des séries volcaniques de l'Abitibi. Réunion annuelle Association Géologique du Canada - Association Minéralogique du Canada, du 23 au 25 mai 1979, Québec, programme et résumés, volume 4, p. 53.
- GILBERT, J.E. et DUGAS, J. (1955A). Carte géologique sud-est Destor. Echelle 1:12 000. Ministère des Richesses Naturelles du Québec.
- GILBERT, J.E. et DUGAS, J. (1955B). Carte géologique sud-ouest Destor. Echelle 1:12 000. Ministère des Richesses Naturelles du Québec.

- GILMOUR, P. (1965). The origin of the massive sulfides mineralization in the Noranda district Northwestern Quebec. Proceedings of the Geological Association of Canada, volume 16, pp. 63-81.
- GILMOUR, P. (1971). Stratabound massive pyritic sulphide deposits - a review. Economic Geology, volume 66, pp. 1239-1244.
- GJELSVIK, T. (1968). Distribution of major elements in the wall rocks and the silicate fraction of the Skorovass pyrite deposit, Group area, Norway. Economic Geology, volume 63, pp. 217-231.
- GOLDIE, R. (1978). Magma mining in the Flavrian pluton, Noranda area, Quebec. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 15, numéro 1, pp. 132-144.
- GOODWIN, A.M. (1965). Mineralized volcanic complexes in Porcupine-Kirkland Lake-Noranda region. Economic Geology, volume 60, pp. 955-971.
- GOODWIN, A.M. (1966). The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in certain mining areas of Ontario and Quebec. Geological Association of Canada, special paper 3, 144 p.
- GOODWIN, A.M. et RIDLER, R.H. (1972). The Abitibi orogenic belt. Dans: Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield (A.J. Baer, ed.). Geological Survey of Canada, paper 70-40, pp. 1-31.
- GOODWIN, A.M.; RIDLER, R.H. et ANNELLS, R.N. (1972). Precambrian volcanism of the Noranda-Kirkland Lake-Timmins, Michipicoten and Mamainse Point Areas, Quebec and Ontario, XXIV International Geological Congress, Montreal, Quebec, 1972. Guidebook to Field Excursion A40-C40.
- GORMAN, B.E. (1975). Petrography, chemistry and mechanism of deposition of the Don rhyolites, Rouyn-Noranda, Quebec. Mémoire de maîtrise, Queen's University, 203 p.
- GOULET, N. (1978). Stratigraphy and structural relationships across the Cadillac-Larder Lake fault, Rouyn-Beauchastel area, Quebec. Ph.D. Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario.
- GOVETT, G.J.S. (1972). Interpretation of a rock geochemical exploration survey in Cyprus, statistical and graphical techniques. Journal of Geochemical Exploration, volume 1, pp. 77-102.
- GRASSO, F. (1974). Pétrographie et pétrologie de la partie sud de la ceinture métavolcanique de Rouyn-Noranda. Thèse de M.Sc.A., département de Génie minéral, Ecole Polytechnique.
- GREEN, D.H. (1975). Genesis of Archean peridotitic magmas and constraints on Archean geothermal gradients and tectonics. Geology, volume 3, pp. 15-18.

- GUERTIN, K. (1977). Etude pétrographique, pétrochimique et minéragraphique d'une partie du quart sud-ouest du canton de Cléricy, région de Rouyn-Noranda. Projet de fin d'études, Ecole Polytechnique, département de Génie minéral.
- GUNNING, H.C. et AMBROSE, J.W. (1939). The Temiskaming-Keewatin Problem in the Rouyn-Harricanaw Region, Northwestern Quebec. Royal Society of Canada, Translations, section IV, volume 33, pp. 38-39.
- GUNNING, H.C. et AMBROSE, J.W. (1940). Malartic Area, Quebec. Geological Survey of Canada, Memoir 222.
- GUNNING, H.C. (1949). Bousquet-Joannes Area, Quebec. Geological Survey of Canada. Memoir 231.
- HARRISON, A.G. et THODE, H.G. (1958). Mechanism of the bacterial reduction of sulphate from isotope fractionation studies. Faraday Society Translations, volume 54, pp. 84-92.
- HARTE, B. et GRAHAM, C.M. (1975). The graphical analysis of greenschist to amphibolite facies mineral assemblages in metabasites. Journal of Petrology, volume 16, numéro 2, pp. 347-370.
- HAWKESWORTH, C.J. et O'NIONS, R.K. (1977). The Petrogenesis of some Archean Volcanic Rocks from Southern Africa. Journal of Petrology, volume 18, partie 3, pp. 487-520.
- HELLMAN, P.L. et HENDERSON, P. (1977). Are rare earth elements mobile during spilitisation? Nature, volume 267, pp. 38-40.
- HELLMAN, P.L.; SMITH, R.E. et HENDERSON, P. (1977). Rare Earth Element Investigation of the Cliefden Outcrop, N.S.W., Australia. Contributions to Mineralogy and Petrology, volume 65, pp. 155-164.
- HERTOGEN, J. et GUBELS, R. (1976). Calculation of trace element fractionation during partial melting. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 40, pp. 313-322.
- HOGG, W.A. (1963). Rapport préliminaire sur le quart sud-ouest du canton de Cléricy, comté de Rouyn-Noranda. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire 490.
- HONNOREZ, J. (1969). La formation actuelle d'un gisement sous-marin de sulfures fumerolliens à Vulcano (mer Tyrrhénienne). Partie I: les minéraux sulfurés des tuffs immergés à faible profondeur. Mineralium Deposita, volume 4, pp. 114-131.
- HONNOREZ, J.; HONNOREZ-GUERSTEIN, B.; VALETTE, J. et WAUSCHKULM, M. (1973). Present day formation of an exhalative sulphide deposit at Vulcano (Tyrrhanian Sea). Part II: Active crystallisation of fumarolic sulphides in the volcanic sediments of the Baia de Levante. In: Ores in sediments, Amstutz and Bernard editors, Springer-Verlag (Berlin-Heidelberg-New York), pp. 139-166.

- HONNOREZ, J. (1978). Vulcano, modèle actuel pour la formation des gisements sulfurés volcanogéniques sous-marins. Abstract, 6e colloque Augustin-Frigon, Ecole Polytechnique de Montréal, 15 au 17 novembre 1978.
- HORIKOSHI, E. (1969). Volcanic activity related to the formation of the Kuroko-type deposits in the Kosaka district, Japan. Mineralium Deposita (Berlin), volume 4, pp. 321-345.
- HORIKOSHI, E. et SATO, T. (1970). Volcanic activity and ore deposition in the Kosaka mine. In: "Volcanism and Ore Genesis", Tatsuo Tatsumi et al. Editors, Tokyo; University of Tokyo Press, 448 pp.; pp. 181-195.
- HUTCHISON, R.W.; RIDLER, R.H. et SUFFEL, G.G. (1971). Metallogenic relationships in the Abitibi belt, Canada: a model for Archean metallogeny. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Transactions, volume 74, pp. 106-115.
- HUTCHISON, R.W. (1973). Volcanogenic sulphide deposits and their metallogenic significance. Economic Geology, volume 68, pp. 1223-1246.
- IIJAMA, A. (1974). Clay and zeolitic alteration zones surrounding Kuroko deposits in the Hokuroku district, northern Akita, as submarine hydrothermal-diagenetic alteration products. Dans: ISHIHARA, S., éditeur, "Geology of Kuroko Deposits". Mining Geology Special Issue No. 6, Society of Mining Geologists of Japan, pp. 267-290.
- IRVINE, T.N. et BARAGAR, W.R.A. (1971). A guide to the classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 8, pp. 523 à 548.
- JAHN, B.; SHIH, C. et MURTHY, V.R. (1974). Trace element geochemistry of Archean volcanic rocks. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 38, pp. 611-627.
- JAKES, P. et GILL, J. (1970). Rare earth elements and the island arc tholeiitic series. Earth and Planetary Science Letters, volume 9, pp. 17-28.
- JENKS, W.F. (1966). Some relations between Cenozoic volcanism and ore deposition in northern Japan. New York Academy of Sciences, Transactions, volume 28, pp. 463-474.
- JENKS, W.F. (1971). Tectonic transport of massive sulphide deposits in submarine volcanic and sedimentary host rocks. Economic Geology, volume 66, pp. 1215-1224.
- JOLLY, W.T. (1974). Regional metamorphic zonation as an aid in study of Archean terrain, Abitibi Region, Ontario. Canadian Mineralogist, volume 12, pp. 499-508.

- JOLLY, W.T. (1977). Metamorphic history of the Archean Abitibi belt: sample distribution and partial metamorphic zonation. Geological Survey of Canada, paper 77-1A, pp. 191-196.
- JONES, J.G. (1969). Pillow lavas as depth indicators. American Journal of Science, volume 267, pp. 181-195.
- KAJIWARA, Y. (1969). Fukuchilite,  $Cu_3FeS_8$ , a new mineral from the Hanawa mine, Akita prefecture, Japan. Mineralogical Journal (Tokyo), volume 5, pp. 399-416.
- KAJIWARA, Y. (1970). Syngenetic features of the Kuroko ore from the Shakanai mine. Dans: "Volcanism and ore genesis" by Tatsuo Tatsumi et al., Editors, Tokyo; University of Tokyo Press, 448 p.; pp. 197-206.
- KAJIWARA, Y. (1970). Gypsum-anhydrite ores and associated minerals from the Motoyana deposits of the Hanawa mine. Dans: "Volcanism and ore genesis" by Tatsuo Tatsumi et al., Editors, Tokyo; University of Tokyo Press, 448 p.; pp. 207-213.
- KHEANG, L. (1978). Evolution chimique des clinopyroxènes des laves mafiques de la ceinture métavolcanique de Rouyn-Noranda. Thèse M.Sc.A., département de Génie minéral, Ecole Polytechnique.
- KINKEL, A.R. (1966). Massive pyritic deposits related to volcanism, and possible methods of emplacement. Economic Geology, volume 61, pp. 673-694.
- KNUCKEY, M. (1975). Geology of the Millenbach copper-zinc deposit, Noranda, Quebec, Canada. American Institute of Mining Engineering, Annual General Meeting, February 1975.
- KOO, J. et MOSSMAN, D.J. (1975). Origin and metamorphism of the Flin-Flon stratabound Cu-Zn sulphide deposit, Saskatchewan and Manitoba. Economic Geology, volume 70, pp. 48-62.
- KROUGH, T.E. et DAVIS, G.L. (1972). Zircon U-Pb ages of Archean Meta-volcanic rocks in the Canadian Shield. Carnegie Institution year book 70, Geophysical Laboratory.
- KUELLMER, F.J. (1959). X-Ray Intensity measurements of perthitic material. Journal of Geology, volume 67, pp. 648-660.
- KUNO, H. (1968). Differentiation of basalt magmas. Dans: Basalts, the Poldervaart Treatise on rocks of basaltic composition. Edited by H.H. Hess, Princeton University, volume 2, 862 p.
- LAMBERT, J.B. et SATO, T. (1974). The Kuroko and associated ore deposits of Japan - A review of their features and metallogenesis. Economic Geology, volume 69, pp. 1215-1236.

- LAROUCHE, M. (1974). Etude stratigraphique, volcanologique et structurale de la région Destor, Cléricy, Montbrun, Abitibi-Ouest. Unpublished M.Sc. Thesis, Université Laval.
- LE MAITRE, R.W. (1976). The chemical variability of some common igneous rocks. *Journal of Petrology*, volume 17, partie 4, pp. 589-637.
- L'ESPERANCE, R.L. (1951). Rivière d'Alembert et lac Dufresnoy. Ministère des Mines du Québec, carte préliminaire 886.
- LICKUS, R.J. (1965). Geology and geochemistry of the ore deposits at the Vauze mine, Noranda District, Quebec. Ph.D. Thesis, McGill University, 135 p.
- LISTER, C.R.B. (1972). On the thermal balance of a mid-ocean ridge. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society of London*, volume 26, pp. 515-535.
- LOFGREN, G. (1971A). Experimentally produced devitrification textures in natural rhyolitic glass. *Geological Society of America Bulletin*, volume 82, pp. 111-124.
- LOFGREN, G. (1971B). Spherulitic textures in glassy and crystalline rocks. *Journal of Geophysical Research*, volume 76, numéro 23, pp. 5635-5648.
- LOFGREN, G. (1974). The Feldspars. MACKENZIE W.S. and ZUSSMAN, J. Editors; Manchester University Press, pp. 362-375.
- LOFGREN, G.; DONALDSON, C.H.; WILLIAMS, R.J.; MULLINS, O. Jr. et USSELMAN, T.M. (1974). Experimentally reproduced textures and mineral chemistry of Apollo 15 quartz normative basalts. *Proceedings of the Fifth Lunar Science Conference*, volume 1, pp. 549-568.
- LUDDEN, J.N. (1978). Magmatic Evolution of the Basaltic Shield Volcanoes of Reunion Island. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, volume 4, pp. 171-198.
- LUDDEN, J.N. et THOMPSON, G. (1978). Behaviour of rare earth elements during submarine weathering of tholeiitic basalt. *Nature*, volume 274, pp. 147-148.
- LUTH, W.C.; JAHNS, R.H. et TUTTLE, O.F. (1964). The Granite System at pressures of 4 to 10 kilobars. *Journal of Geophysical Research*, volume 69, pp. 759-773.
- MacDONALD, G.A. et KATSURA, T. (1964). Chemical composition of Hawaiian lavas. *Journal of Petrology*, volume 5, pp. 82-133.
- MacINTOSH, J.A. (1972). Geology of North Half of Cléricy Township. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport préliminaire GM-26561.

- MANNARD, G.W. (1973). The syngenetic massive sulphide deposits. American Institute of Mining Engineering Preprint 73-S-53, 31 p.
- MATSUKUMA, T. et HORIKOSHI, E. (1970). Kuroko deposits in Japan, a review. Dans: "Volcanism and ore genesis" by Tatsuo Tatsumi et al., Editors, Tokyo; University of Tokyo Press, 448 p.; pp. 153-179.
- MELLINGER, M. (1976). Etude de l'altération de laves mafiques archéennes en pillows, dans la région de Rouyn-Noranda (Abitibi, Québec). Thèse M.Sc.A., département de Génie minéral, Ecole Polytechnique.
- MILLER, R.J.M. (1973). Some polygenetic Canadian massive sulphide deposits. American Institute of Mining Engineering Preprint 73-S-108, 11 p.
- MIYASHIRO, A. (1973). Metamorphism and metamorphic belts. George Allen and Unwin Ltd, London, 492 p.
- MIYASHIRO, A. (1974). Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. American Journal of Sciences, volume 274, pp. 321-355.
- MOORE, J.G. (1965). Petrology of deep-sea basalt near Hawaii. American Journal of Science, volume 263, pp. 40-52.
- MOORE, J.G. (1966). Rate of palagonitization of submarine basalt adjacent to Hawaii. United States Geological Survey Professional Paper 550-D, pp. 163-171.
- MOORHOUSE, W.W. (1970). Atlas of textures in Archean and modern volcanic rocks. Geological Association of Canada, Special paper 8.
- MORRISON, M.A. (1978). The use of "immobile" trace elements to distinguish the paleotectonic affinities of metabasalts: applications to the Paleocene basalts of Mull and Skye, Northwest Scotland. Earth and Planetary Science Letters, volume 39, pp. 407-416.
- NICHOLLS, I.A. et RINGWOOD, A.E. (1973). Effect of water on olivine stability in tholeiites and the production of silica-saturated magmas in the island-arc environment. Journal of Geology, volume 81, pp. 285-300.
- NOCKOLDS, S.R. (1954). Average chemical composition of some igneous rocks. Bulletin of the Geological Society of America, volume 65, pp. 1007-1032.
- OGURA, Y. (1972). Geology and Kuroko ore deposit of the Hanaoka-Matsumine mine, northern Japan. 24th International Geological Congress, 1972, Section 4, pp. 313-325.
- O'NIONS, R.K. et PANKHURST, R.J. (1978). Early Archean rocks and geochemical evolution of the earth's crust. Earth and Planetary Science Letters, volume 38, pp. 211-236.

- PARK, C.F. et MacDIARMID, R.A. (1970). Ore deposits. Second edition; W.H. Freeman and Company Editor, 507 pp.; pp. 104-108 et pp. 134-136.
- PAVLIDES, L. (1973). Geologic map of the Howe Brook quadrangle, Aroostook County, Maine. United States Geological Survey, Geologic Quadrangle Map GQ-1094.
- PEARCE, J.A. et CANN, J.R. (1973). Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. Earth and Planetary Science Letters, volume 19, pp. 290-300.
- PEARCE, T.H.; GORMAN, B.E. et BIRKETT, T.C. (1975). The  $TiO_2-K_2O-P_2O_5$  diagram: a method of discrimination between oceanic and non-oceanic basalts. Earth and Planetary Science Letters, volume 24, p. 419.
- POLLOCK, G.D.; SINCLAIR, I.G.L.; WARBURTON, A.F. et WIERZBICKI, V. (1972). The Uchi orebody - a massive sulphide deposit in an Archean siliceous volcanic environment. 24th International Geological Congress, 1972, section 4, pp. 299-308.
- POULIOT, G. (1962). Thermal history of Monteregean Intrusives. Ph.D. Thesis, Department of Geological Sciences, McGill University, Montreal.
- RAMSAY, J.G. (1967). Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Book Company, 568 p.
- RIDDELL, J.E. (1952). Wall rock alteration around base metal sulphide deposits of Northwestern Quebec. Ph.D. Thesis, McGill University, 220 p.
- RIVERIN, G. (1977). Wall-rock alteration at the Millenbach Mine, Noranda, Quebec. Ph.D. Thesis, Queen's University, Kingston, Ontario. 218 p.
- ROBERTS, R.G. (1975). The geological setting of the Matagami Lake mine, Quebec: a volcanogenic massive sulphide deposit. Economic Geology, volume 70, pp. 115-129.
- ROBINSON, W.G. (1952). Carte géologique sud-est Dufresnoy. Echelle 1:12 000. Ministère des Richesses Naturelles du Québec.
- ROCHELEAU, M. (1979). Thèse de Ph.D., Département de géologie, Université de Montréal (en préparation).
- ROSS, C.S. et SMITH, R.L. (1961). Ash flow tuffs: their origin, geologic relations, and identification. United States Geological Survey, Professional paper 366.
- SAKRISON, H.C. (1966). Chemical studies of the host rocks of the Lake Dufault mine, Quebec. Ph.D. Thesis, McGill University, 147 p.

- SAKRISON, H.C. (1971). Rock geochemistry - its current usefulness on the Canadian Shield. Canadian Institute of Mines Bulletin, November 1971, pp. 28-31.
- SANGSTER, D.F. (1968). Relative sulphur isotope abundances of ancient seas and strata-bound sulphide deposits. The Geological Association of Canada Proceedings, volume 19, pp. 79-86.
- SANGSTER, D.F. (1972). Precambrian volcanogenic sulphide deposits in Canada: a review. Geological Survey of Canada Paper 72-22.
- SANGSTER, D.F. (1976). Possible origins of lead in volcanogenic massive sulphide deposits of calc-alkaline affiliation. Geological Association of Canada, Special Paper 14.
- SASAKI, A. et KAJIWARA, Y. (1971). Evidence of isotopic exchange between seawater sulfate and some syngenetic sulfide ores. Society Mining Geology of Japan, Special Issue 3, pp. 289-294.
- SATO, K. et SASAKI, A. (1973). Lead isotopes of the black ore (Kuroko) deposits from Japan. Economic Geology, volume 68, numéro 4, pp. 547-553.
- SAUVE, P. (1957). The Geology of the East Half of the Gerido Area, New Quebec, Canada. Ph.D. Thesis, The John Hopkins University, Baltimore, Maryland, 231 p.
- SAWKINS, F.J. (1976). Massive sulphide deposits in relation to geotectonics. Dans: STRONG, D.F., éditeur, "Metallogeny and plate tectonics". Geological Association of Canada, Special Paper 14, pp. 221-240.
- SCHILLING, J.G. et WINCHESTER, J.W. (1967). Rare-earth fractionation and magmatic processes. Dans: "Mantles of the Earth and Terrestrial Planets", J.K. Runcorn editor, Interscience, N.Y., 267 p.
- SCHLOEMER, H. (1955). Synthetic hydrothermal cocrystallization of orthoclase and quartz. Geokhimiya, (traduction), volume 5, pp. 578-612.
- SCHNETZLER, C.C. et PHILPOTTS, J.A. (1970). Partition coefficients of rare-earth elements between igneous matrix material and rock-forming mineral phenocrysts-II. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 34, pp. 331-340.
- SHARPE, J.I. (1967). Metallogenic portrait of the Noranda area. Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Centennial Field Excursion, Northwestern Quebec and Northern Ontario, pp. 62-63.
- SHAW, D.M. (1970). Trace element fractionation during anatexis. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 34, pp. 237-243.

- SILLITOE, R.H. (1973). Environments of formation of volcanogenic massive sulphide deposits. *Economic Geology*, volume 68, pp. 1321-1326.
- SIMARD, A. (1978). Les rhyolites du secteur occidental du complexe de Don, région de Rouyn-Noranda, Québec. Mémoire de M.Sc., Département de géologie, Université de Montréal.
- SINCLAIR, W.D. (1971). A volcanic origin of the No. 5 zone of the Horne Mine. *Economic Geology*, volume 66, pp. 1225-1231.
- SMITH, R.E. et SMITH, S.E. (1976). Comments on the use of Ti, Zr, Y, Sr, K, P and Nb in classification of basaltic magmas. *Earth and Planetary Science Letters*, volume 32, pp. 114-120.
- SPARKS, R.S.J. (1976). Grain size variations in ignimbrites and implications for the transport of pyroclastic flows. *Sedimentology*, volume 23, pp. 147-188.
- SPENCE, C.D. (1967). The Noranda Area. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Centennial field excursion, Northwestern Quebec and Northern Ontario, pp. 36-39.
- SPENCE, C.D. (1975). Volcanogenic features of the Vauze sulphide deposit, Noranda, Quebec. *Economic Geology*, volume 70, pp. 102-114.
- SPENCE, C.D. et de ROSEN-SPENCE, A.F. (1975). The place of sulphide mineralization in the volcanic sequence at Noranda, Quebec. *Economic Geology*, volume 70, pp. 90-101.
- SPITZ, G. et DARLING, R. (1973). Pétrographie des roches encaissantes des gisements cuprifères de Louvem. *Canadian Journal of Earth Sciences*, volume 10, pp. 760-776.
- STOCKWELL, C.H. (1961). Structural Provinces and time classification of rocks of the Canadian Precambrian Shield. Geological Survey of Canada, paper 61-17.
- STOCKWELL, C.H. (1964). Fourth report on structural provinces, orogenies and time classification of rocks of the Canadian Precambrian Shield. Geological Survey of Canada, paper 64-17.
- SUN, S. et NESBITT, R.W. (1977). Chemical heterogeneity of the Archean mantle, composition of the earth and mantle evolution. *Earth and Planetary Science Letters*, volume 35, pp. 429-448.
- SUN, S. et NESBITT, R.W. (1978). Petrogenesis of Archean Ultrabasic and Basic Volcanics: Evidence from Rare Earth Elements. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, volume 65, pp. 301-325.
- TASSE, N.; LAJOIE, J. et DIMROTH, E. (1978). The anatomy and interpretation of an archean volcanoclastic sequence, Noranda region, Quebec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, volume 15, numéro 6, pp. 874-888.

- TATSUMI, T. et WATANABE, T. (1971). Geological environment of formation of the Kuroko-type deposits. Society of Mining Geologists of Japan, Special Issue 3, pp. 216-220.
- TATSUMI, T. et CLARK, L.A. (1972). Chemical composition of acid volcanic rocks genetically related to formation of the Kuroko deposits. Journal of the Geological Society of Japan, volume 78, numéro 4, pp. 191-201.
- TAYLOR, S.R. et GORTON, M.P. (1977). Applications of spark source mass spectrometry III. Element sensitivity precision and accuracy. Geochimica et Cosmochimica Acta, volume 41, pp. 1375-1380.
- THODE, H.G. et MONSTER, J. (1965). Sulphur isotope geochemistry of petroleum evaporites and ancient seas in fluids in subsurface environments. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 4, pp. 367-377.
- TRUDEL, P. (1975). Pétrographie et pétrologie de la partie nord de la ceinture métavolcanique de Rouyn-Noranda. Thèse M.Sc.A., département de Génie minéral, Ecole Polytechnique.
- TRUDEL, P. (1978). Géologie de la région de Cléricy, Abitibi-Ouest. Ministère des Richesses Naturelles du Québec, rapport final DP-598.
- TURNER, F.J. (1935). Contribution to the interpretation of mineral facies in metamorphic rocks. American Journal of Sciences, volume 29, pp. 409-421.
- TURNER, F.J. (1968). Metamorphic Petrology, mineralogical and field aspects. McGraw-Hill International Series in the Earth and Planetary Sciences, 403 p.
- TUTTLE, O.F. et BOWEN, N.L. (1958). Origin of Granite in the Light of Experimental Studies in the System  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{SiO}_2$ - $\text{H}_2\text{O}$ . Geological Society of America, Memoir numéro 74.
- UPADHAY, H.D. et SMITHERINGALE, W.G. (1972). Geology of the Gullbridge copper deposit, Newfoundland: volcanogenic sulphides in cordierite-anthophyllite rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, volume 9, pp. 1061-1073.
- UPTON, B.G.J. et WADSWORTH, W.J. (1971). Rhyodacite glass in Réunion basalt. Mineralogical magazine, volume 38, pp. 152-159.
- VALLANCE, T.G. (1969). Spilites Again: Some Consequences of the Degradation of Basalts. Proceedings of the Linnean Society, New South Wales, volume 94, pp. 8-51.
- VALLANCE, T.G. (1974). Spilitic degradation of a tholeiitic basalt. Journal of Petrology, volume 15, pp. 79-96.

- VANCE, J.A. et GILREATH, J.P. (1967). The effect of synneusis on phenocryst distribution patterns in some porphyritic igneous rocks. *American Mineralogist*, volume 52, pp. 529-536.
- VERLY, G. (1977). Pétrographie et pétrologie d'une partie des cantons Destor SO et Dufresnoy NO (Abitibi, Québec). Projet de fin d'études, Ecole Polytechnique, département de Génie minéral.
- VILJOEN, R.P. et VILJOEN, M.J. (1969). Evidence for the composition of the primitive mantle and its products of partial melting from a study of the rocks of the Barberton Mountain Land. Special publication, Geological Society of South Africa, numéro 2, pp. 275-295.
- VINCENT, E.A. (1950). The chemical composition and physical properties of the residual glass of the Kap Daussy tholeiite dyke, east Greenland. *Mineralogical magazine*, volume 29, pp. 46-62.
- VOGT, T. (1927). Sulitelmafeltets Geologi og Petrografi. Norges Geologi Undersokelse, numéro 121.
- WHITEHEAD, R.E.S. et GOVETT, G.J.S. (1974). Exploration rock geochemistry - detection of trace element halos at Heath Steele Mines (N.B., Canada) by discriminant analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, volume 3, numéro 4, pp. 371-386.
- WILKINSON, J.F.G. (1966). Residual glasses from some alkali basalts from New South Wales. *Mineralogical magazine*, volume 35, pp. 847-860.
- WILLIAMS, H.; TURNER, F.J. et GILBERT, C.M. (1954). *Petrography*. W.H. Freeman and Company editor, San Francisco, 406 p.
- WILSON, M.E. (1941). Noranda District, Quebec. Geological Survey of Canada, Memoir 229, 162 p.
- WINKLER, H.G.F. (1974). *Petrogenesis of metamorphic rocks*. Springer-Verlag Editor, New York-Heidelberg-Berlin, third edition, 320 p.
- WISEMAN, J.D.H. (1934). The central and south-west Highlands epidiorites: a study in progressive metamorphism. *Geological Society of London, Quarterly Journal*, volume 90, pp. 354-417.
- YEATS, R.S.; FORBES, W.C.; SCHEIDEGGER, K.F.; ROSSHEART, G. et VAN ANDEL, T.H. (1973). Core from Cretaceous basalts, central equatorial Pacific, Leg 16, deep-sea drilling project. *Geological Society of America, Bulletin* 84, pp. 871-882.
- ZEN, E-AN (1963). Components, phases, and criteria of chemical equilibrium in rocks. *American Journal of Sciences*, volume 261, pp. 929-942.

- ZEN, E-AN (1974). Prehnite and pumpellyite-bearing mineral assemblages, West side of the Appalachian metamorphic belt, Pennsylvania to Newfoundland. *Journal of Petrology*, volume 15, numéro 2, pp. 197-242.
- ZIES, E.G. (1924). The valley of ten thousand smokes: 1. The fumerolic encrustations and their bearing on ore deposition; 2. The acid gases contributed to the sea during volcanic activity. *National Geographic Society, Contributions, Technical Papers*, volume 1, 79 p.

## ANNEXE I. Liste des analyses chimiques

### ABREVIATIONS UTILISEES:

#### A) Pour les noms de roches:

BAS.MG.	: basalte magnésien	PYAND	: roche pyroclastique andésitique
TH.OL.	: tholéiite à olivine	PYDAC	: roche pyroclastique dacitique
TH.QZ.	: tholéiite quartzique	PXT	: pyroxénite
BAS	: basalte	GAB	: gabbro
AND	: andésite	DIO	: diorite
DAC	: dacite	PQF	: porphyre quartzo-feldspathique
RHDC	: rhyodacite	GRA	: granite
RHY	: rhyolite		

#### B) Pour les laves mafiques:

LIQ : nature de la phase présente sur la surface du liquidus:

Plag : plagioclase

Opa : opaques (oxydes de Fe-Ti)

Cpx : clinopyroxène

Ol : olivine

N.B.: Si plusieurs phases sont mentionnées, elles le sont dans leur ordre de cristallisation respectif.

#### C) Pour les laves felsiques:

PCX : nature des phénocristaux présents dans les laves felsiques:

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques

ABREVIATIONS UTILISEES (suite 1 et fin):

Qz : quartz  
 Fπ : feldspath  
 APH : aphanitique (sans phénocristaux)

D) Pour les noms de minéraux normatifs:

Qz : quartz	Fa : fayalite
Or : orthose	Fo : forstérite
An : anorthite	Mt : magnétite
Ab : albite	Il : ilménite
Co : corindon	Ap : apatite
Di : diopside	Hm : hémateite
He : hédénbergite	Ne : néphéline
En : enstatite	Ru : rutile
Fe : ferrosilite	

ECHANTILLONNAGE

Tous les échantillons recueillis pour analyse chimique sont des échantillons à main (hand specimens) de 1 à 2 kilogrammes , qui ont été prélevés sur le terrain à l'aide d'un marteau ou de la masse, sauf dans le cas des échantillons #77-2530 à 77-2549, qui ont été prélevés à l'aide d'une foreuse portative (carottes d'environ 15 cm de longueur et 2.5 cm de diamètre).

## ANNEXE I. Liste des analyses chimiques

## A) Série tholéitique Dufresnoy

NUMERO	72-319	72-320	72-321	72-322	72-323
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	AND Plag	AND Plag	AND Plag	DAC Plag
SiO <sub>2</sub>	56.91	56.92	54.84	55.88	61.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.59	14.98	16.29	15.74	16.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.81	1.78	1.51	2.89	1.01
FeO	8.40	7.72	8.27	8.13	4.66
MgO	1.44	1.08	1.57	1.15	1.01
CaO	3.99	4.99	5.01	3.93	3.16
Na <sub>2</sub> O	2.07	4.71	3.19	4.45	4.91
K <sub>2</sub> O	1.93	.34	1.38	.48	1.26
TiO <sub>2</sub>	.96	.88	.92	.95	.94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.44	.43	.28	.44	.41
CO <sub>2</sub>	1.28	1.51	1.25	2.70	2.28
S	.03	.00	.04	.01	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.75	4.39	4.39	2.60	2.08
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.17	.13	.30	.14	.12
Mn (ppm)	1970	2050	2250	1130	610
Cu (ppm)	33	19	25	21	21
Zn (ppm)	175	171	183	191	133
Ni (ppm)	15	26	19	23	18
TOTAL	99.77	99.86	99.24	99.49	100.21

## NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	22.46	12.71	13.24	13.72	18.04
Or	12.55	2.17	8.92	3.07	7.80
An	18.63	20.24	25.20	18.01	13.62
Ab	20.46	45.70	31.34	43.29	46.20
Co	5.88	---	1.33	2.14	2.58
Di	---	.67	---	---	---
He	---	2.12	---	---	---
En	4.38	2.89	4.74	3.44	2.92
Fe	12.23	9.20	11.46	11.23	5.46
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.93	2.01	1.73	2.67	1.11
Il	1.47	1.32	1.40	1.43	1.37
Ap	1.01	.97	.64	1.00	.90

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéitique Dufresnoy (suite 1)

NUMERO	72-348C	72-354	72-356	72-357	72-360
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	DAC Plag	TH.QZ. Plag	GAB ---	RHDC F $\pi$	AND Plag
SiO <sub>2</sub>	56.78	51.79	46.96	69.71	55.85
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.11	14.69	14.74	14.51	13.57
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.23	4.52	.45	1.38	3.25
FeO	7.59	8.80	13.40	3.40	8.63
MgO	1.40	3.94	6.09	.78	3.66
CaO	4.25	7.97	9.27	2.78	6.61
Na <sub>2</sub> O	2.53	2.56	2.64	5.26	2.51
K <sub>2</sub> O	1.27	.13	.14	.33	.47
TiO <sub>2</sub>	.85	1.75	1.81	.27	1.53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.48	.21	.09	.03	.05
CO <sub>2</sub>	5.37	.45	.27	.27	.90
S	.04	.10	.12	.01	.15
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.75	3.25	3.62	1.25	3.07
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.12	.19	.16	.09	.13
Mn(ppm)	1290	1490	1630	800	1570
Cu(ppm)	31	69	118	8	82
Zn(ppm)	189	101	91	133	116
Ni(ppm)	5	31	61	15	33
TOTAL	99.77	100.35	99.76	100.07	100.38

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	23.02	10.26	---	27.15	16.45
Or	8.43	.82	.88	1.99	2.98
An	20.17	30.19	29.71	13.89	26.13
Ab	25.53	24.60	25.18	48.25	24.16
Co	3.67	---	---	.58	---
Di	---	4.28	7.18	---	3.57
He	---	4.25	7.65	---	3.37
En	4.34	9.50	7.56	2.20	9.05
Fe	10.92	9.45	8.05	4.01	8.56
Fa	---	---	5.37	---	---
Fo	---	---	5.04	---	---
Mt	1.45	3.57	.50	1.47	3.33
Il	1.33	2.61	2.68	.38	2.29
Ap	1.13	.47	.20	.06	.11

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéitique Dufresnoy (suite 2)

NUMERO	72-361	72-364	72-375	72-376	72-377
NOM DE LA ROCHE	AND	AND	AND	AND	RHY
LIQ ou PCX	Plag	Plag	Plag	Plag	Qz-F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	55.86	55.05	53.86	53.71	81.55
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.38	12.31	14.69	14.92	11.08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.73	3.59	3.59	3.33	.47
FeO	9.16	9.22	8.48	8.90	.50
MgO	3.38	3.95	4.15	4.22	.54
CaO	6.55	7.48	7.80	7.69	.00
Na <sub>2</sub> O	1.97	2.36	2.39	2.01	2.47
K <sub>2</sub> O	.25	.12	.01	.00	2.34
TiO <sub>2</sub>	1.68	1.41	1.39	1.43	.11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.05	.04	.03	.02	.00
CO <sub>2</sub>	1.75	.65	.24	.24	.07
S	.07	.01	.01	.03	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.66	3.00	3.31	3.57	1.04
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.14	.13	.15	.17	.10
Mn (ppm)	1360	1360	1440	1440	140
Cu (ppm)	43	77	110	115	7
Zn (ppm)	125	104	88	103	35
Ni (ppm)	16	25	20	22	5
TOTAL	100.63	99.32	100.10	100.24	100.28

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	20.86	16.03	13.37	14.93	55.04
Or	1.62	.77	.06	---	14.35
An	26.55	24.52	31.28	33.96	---
Ab	19.41	22.95	22.89	19.34	23.01
Co	---	---	---	---	5.08
Di	3.28	6.02	4.13	2.86	---
He	3.71	6.29	3.70	2.56	---
En	8.60	8.80	10.16	11.05	1.55
Fe	9.73	9.18	9.11	9.89	.30
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.56	3.22	3.16	3.22	.51
Il	2.57	2.13	2.07	2.13	.16
Ap	.11	.09	.07	.04	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéiitique Dufresnoy (suite 3)

NUMERO	72-378A	72-380	74-2505	74-2510	74-2517
NOM DE LA ROCHE	RHY	RHY	RHY	RHDC	RHY
LIQ ou PCX	Qz-F $\pi$	Qz-F $\pi$	Qz-F $\pi$	Plag	Qz-F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	81.12	77.79	81.69	64.10	79.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.88	10.58	10.24	15.15	8.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.22	.96	.59	.24	.45
FeO	.87	.77	.13	3.09	1.80
MgO	.41	.87	.00	1.64	1.19
CaO	1.07	1.69	1.12	3.53	2.72
Na <sub>2</sub> O	3.13	2.93	2.40	6.20	1.84
K <sub>2</sub> O	1.26	1.00	1.78	.08	.73
TiO <sub>2</sub>	.10	.11	.11	.68	.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.02	.04	.02	.09	.01
CO <sub>2</sub>	.94	1.50	.98	4.84	2.18
S	.06	.20	.00	.00	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.60	.77	.41	.57	.87
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.05	.07	.07	.08	.19
Mn (ppm)	180	520	120	390	340
Cu (ppm)	8	21	10	11	15
Zn (ppm)	11	75	19	35	56
Ni (ppm)	9	5	28	79	24
TOTAL	99.73	99.28	99.54	100.29	100.04

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	52.99	50.99	57.12	16.14	56.90
Or	7.79	6.27	11.07	.49	4.63
An	5.42	8.62	5.71	13.82	13.68
Ab	29.41	27.90	22.69	57.96	17.73
Co	1.68	1.97	2.73	---	---
Di	---	---	---	1.66	.33
He	---	---	---	1.38	.25
En	1.18	2.55	---	3.88	3.36
Fe	1.10	.39	---	3.22	2.48
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.24	1.06	.13	.26	.50
Il	.15	.16	.16	.99	.12
Ap	.04	.09	.04	.20	.02
Hm	---	---	0.35	---	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 4)

NUMERO	74-2527	74-2529	74-2531	74-2536	74-2547
NOM DE LA ROCHE	AND	AND	TH.QZ.	TH.QZ.	RHY
LIQ ou PCX	Plag	Plag	Plag	Plag	F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	55.25	55.67	47.49	50.46	70.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.50	17.96	19.00	16.92	14.44
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.33	1.17	2.76	2.76	1.58
FeO	8.23	4.89	7.08	7.33	3.09
MgO	2.79	5.16	6.00	6.59	.80
CaO	3.50	6.83	10.18	9.68	3.09
Na <sub>2</sub> O	5.61	3.47	1.88	.99	4.64
K <sub>2</sub> O	.00	1.05	.68	.49	.35
TiO <sub>2</sub>	1.80	.85	1.09	1.24	.27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.39	.07	.15	.11	.06
CO	.11	.33	.06	.13	.25
S	.00	.07	.00	.01	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.70	2.78	3.78	3.86	.75
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.06	.09	.06	.09	.12
Mn (ppm)	1270	990	1040	1050	680
Cu (ppm)	49	51	61	76	10
Zn (ppm)	110	63	72	74	120
Ni (ppm)	85	111	156	110	39
TOTAL	100.27	100.39	100.21	100.66	99.94

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	6.53	6.53	.92	9.50	30.93
Or	---	6.34	4.20	3.05	2.12
An	15.16	30.99	43.27	42.44	15.28
Ab	51.53	31.83	17.64	9.36	42.62
Co	4.29	---	---	---	1.06
Di	---	1.80	4.55	4.10	---
He	---	.73	2.25	1.82	---
En	7.88	13.65	15.04	17.12	2.26
Fe	9.79	5.52	7.44	7.59	3.53
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	1.42	1.25	2.77	2.96	1.69
Il	2.57	1.21	1.59	1.82	.38
Ap	.83	.15	.33	.24	.13

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 5)

NUMERO	74-2577	74-2755	74-2795	74-2815	74-2816
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	TH.QZ. Opa-plag	AND Cpx-plag	RHY APH	RHY APH	RHY Qz-Fπ
SiO <sub>2</sub>	51.68	55.41	76.66	76.77	77.77
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.25	19.67	12.14	12.00	10.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.64	1.46	.48	1.21	.38
FeO	7.72	5.02	2.32	1.67	1.80
MgO	5.33	4.68	.54	1.16	1.00
CaO	6.85	5.49	.73	.38	.60
Na <sub>2</sub> O	2.18	5.32	5.19	3.86	2.15
K <sub>2</sub> O	.00	.36	.11	1.61	4.52
TiO <sub>2</sub>	1.76	.86	.25	.25	.17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.13	.17	.02	.01	.03
CO <sub>2</sub>	.49	.10	.58	.20	.66
S	.05	.00	.00	.01	.05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.06	1.07	.55	.80	.57
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.05	.05	.04	.06	.02
Mn (ppm)	1120	680	160	320	980
Cu (ppm)	100	35	4	4	12
Zn (ppm)	77	66	22	43	30
Ni (ppm)	51	131	10	21	8
TOTAL	100.19	99.66	99.61	99.99	100.63

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	10.76	1.61	40.04	42.67	42.03
Or	---	2.12	.67	9.77	27.54
An	28.32	26.03	3.58	1.87	2.87
Ab	21.02	47.58	47.79	35.60	19.91
Co	---	1.04	2.47	3.63	1.65
Di	3.01	---	---	---	---
He	2.80	---	---	---	---
En	14.30	12.87	1.53	3.29	2.85
Fe	13.28	5.68	3.02	1.50	2.44
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.59	1.52	.51	1.30	.41
Il	2.63	1.19	.36	.36	.24
Ap	.29	.35	.04	.02	.06

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéitique Dufresnoy (suite 6)

NUMERO	74-2824	74-2829	75-2516	75-2521	75-2541
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	DAC Plag	RHY Qz-F $\pi$	DAC Plag	AND Plag-cpx	AND Cpx-plag
SiO <sub>2</sub>	61.03	80.04	60.37	56.23	52.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.31	11.45	12.02	12.69	13.89
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.24	.44	2.71	5.71	3.55
FeO	4.50	1.03	7.54	7.80	8.19
MgO	3.25	.13	6.08	3.86	5.51
CaO	4.68	.69	2.19	5.43	10.50
Na <sub>2</sub> O	4.58	4.82	2.52	3.53	1.43
K <sub>2</sub> O	.00	.59	.00	.50	.00
TiO <sub>2</sub>	.74	.12	1.79	1.86	1.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.04	.01	.17	.15	.08
CO <sub>2</sub>	.49	.49	.76	.12	.10
S	.02	.00	.01	.02	.22
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.34	.32	3.92	1.55	2.30
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.02	.04	.50	.25	.17
Mn (ppm)	790	120	190	1450	1480
Cu (ppm)	48	2	90	40	103
Zn (ppm)	65	31	67	107	80
Ni (ppm)	80	10	23	35	68
TOTAL	99.24	100.17	100.58	99.70	99.49

NORME C.I.P.W. - % equivalents cationiques

Qz	16.10	44.85	28.12	12.52	11.92
Or	---	3.55	---	3.10	---
An	23.75	3.42	10.45	18.19	33.46
Ab	42.54	44.13	24.23	33.31	13.64
Co	.41	1.84	5.03	---	---
Di	---	---	---	3.62	10.03
He	---	---	---	3.66	7.04
En	9.28	.37	17.98	9.39	11.15
Fe	5.41	1.18	8.10	9.51	7.83
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	1.34	.47	3.03	3.65	2.96
Il	1.07	.17	2.67	2.72	1.79
Ap	.09	.02	.38	.33	.18

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 7)

NUMERO	75-2544	75-2548	75-2558	75-2571	75-2585
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag-cpx	AND Cpx-plag	AND Plag	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	78.58	57.32	55.78	59.08	53.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.61	15.21	13.09	16.76	13.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.39	1.20	6.74	2.75	3.68
FeO	.52	3.77	5.46	4.16	8.19
MgO	.20	3.57	3.94	3.94	5.40
CaO	.82	14.31	7.59	4.90	8.77
Na <sub>2</sub> O	3.17	.50	3.22	3.95	2.36
K <sub>2</sub> O	3.02	.00	.15	.00	.00
TiO <sub>2</sub>	.28	.83	1.61	.72	1.24
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.04	.09	.21	.11	.09
CO <sub>2</sub>	.38	.10	.09	.35	.12
S	.00	.00	.04	.01	.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.00	2.54	1.47	2.58	2.20
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.34	.27	.20	.24	.20
Mn(ppm)	290	770	1430	710	2030
Cu(ppm)	21	12	48	54	109
Zn(ppm)	32	60	108	124	202
Ni(ppm)	20	55	39	92	66
TOTAL	99.35	99.71	99.59	99.55	99.66

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	44.84	22.85	12.79	16.76	10.39
Or	18.52	---	.93	---	---
An	3.95	41.68	21.86	24.52	28.62
Ab	29.54	4.77	30.36	36.87	22.29
Co	.83	---	---	1.83	---
Di	---	18.81	6.94	---	7.66
He	---	7.64	6.05	---	5.58
En	.57	1.06	7.95	11.31	11.86
Fe	---	.43	6.93	5.08	8.63
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.74	1.33	3.37	2.35	2.97
Il	.40	1.23	2.35	1.04	1.82
Ap	.09	.20	.46	.24	.20
Hm	0.51	---	---	---	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 8)

NUMERO	75-2606	75-2611	75-2621	75-2626	75-2628
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag
SiO <sub>2</sub>	56.90	76.96	52.22	80.77	59.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.54	11.82	15.95	11.20	17.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.90	.30	2.33	.50	1.28
FeO	9.36	1.95	7.15	.52	4.68
MgO	4.06	.56	6.21	.00	3.62
CaO	6.35	.82	8.13	.33	7.20
Na <sub>2</sub> O	4.02	3.01	3.13	4.66	2.64
K <sub>2</sub> O	.12	3.31	.00	1.36	.53
TiO <sub>2</sub>	1.65	.19	1.29	.16	1.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.18	.13	.02	.11
CO <sub>2</sub>	.06	.23	.12	.09	.07
S	.00	.01	.00	.00	.17
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.45	.31	2.45	.17	1.97
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.19	.18	.33	.10	.16
Mn (ppm)	1010	290	990	80	950
Cu (ppm)	10	17	9	8	70
Zn (ppm)	43	47	30	25	33
Ni (ppm)	40	13	48	15	59
TOTAL	99.61	99.83	99.44	99.88	99.87

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	10.78	41.29	5.41	44.95	18.03
Or	.74	20.14	---	8.18	3.24
An	16.45	2.98	30.61	1.53	34.84
Ab	37.53	27.83	29.18	42.60	24.56
Co	---	2.50	---	1.68	---
Di	6.74	---	5.70	---	.76
He	6.25	---	2.61	---	.38
En	8.28	1.59	14.95	---	9.97
Fe	7.67	2.69	6.85	.25	5.00
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.15	.32	2.53	.53	1.39
Il	2.39	.27	1.87	.23	1.59
Ap	.02	.39	.28	.04	.24

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéiitique Dufresnoy (suite 9)

NUMERO	75-2632	75-2645	75-2646	75-2654	75-2655
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	AND Plag	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag	RHY F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	56.28	54.52	77.49	57.84	72.70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.10	12.11	10.91	17.67	12.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.33	4.78	.74	2.35	1.16
FeO	5.98	10.00	2.21	4.42	1.82
MgO	4.69	6.92	.24	3.35	1.16
CaO	8.01	2.01	.97	6.53	1.14
Na <sub>2</sub> O	1.99	1.97	4.22	4.00	2.45
K <sub>2</sub> O	.00	.03	.60	.17	4.60
TiO <sub>2</sub>	.82	2.01	.30	.79	.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12	.16	.03	.12	.05
CO <sub>2</sub>	.24	.31	.79	.12	.76
S	.01	.44	.02	.00	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.79	4.65	.59	1.93	.75
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.17	.23	.17	.23	.25
Mn (ppm)	1140	1810	280	760	330
Cu (ppm)	96	53	49	26	10
Zn (ppm)	85	161	51	68	63
Ni (ppm)	69	27	19	78	26
TOTAL	99.53	100.14	99.28	99.52	99.68

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	17.55	22.25	45.38	12.63	34.65
Or	---	.19	3.70	1.03	28.29
An	34.21	9.74	4.82	30.64	5.55
Ab	18.94	19.31	39.57	36.97	22.90
Co	---	6.63	1.85	---	1.76
Di	3.46	---	---	1.03	---
He	2.21	---	---	.50	---
En	12.00	20.85	.69	9.03	3.33
Fe	7.65	13.69	2.67	4.36	1.69
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.51	3.91	.81	2.42	1.26
Il	1.21	3.06	.44	1.13	.46
Ap	.27	.37	.07	.26	.11

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïtite Dufresnoy (suite 10)

NUMERO	75-2658	75-2662	75-2670	75-2683	76-2502
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	RHY F $\pi$	AND Plag-cpx	PYAND Plag	BAS.MG. Cpx-plag
SiO <sub>2</sub>	55.49	81.24	59.60	58.23	49.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.68	10.47	12.77	20.26	12.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.44	.47	3.29	1.08	2.26
FeO	8.32	.91	6.63	4.29	6.71
MgO	5.27	.00	3.69	1.92	8.90
CaO	6.00	.62	5.42	5.84	11.94
Na <sub>2</sub> O	3.10	4.45	3.90	3.29	2.55
K <sub>2</sub> O	.73	.57	.37	1.54	.02
TiO <sub>2</sub>	1.34	.23	1.85	.99	1.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.11	.02	.12	.24	.64
CO <sub>2</sub>	.21	.18	.63	.07	1.46
S	.07	.00	.14	.46	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.15	.16	1.89	1.57	2.01
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.38	.24	.28	.25	.16
Mn (ppm)	1310	160	1090	990	1007
Cu (ppm)	72	16	70	49	8
Zn (ppm)	105	24	110	48	66
Ni (ppm)	48	17	36	28	206
TOTAL	99.29	99.56	100.58	100.03	99.25

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	10.74	49.06	17.20	15.19	.72
Or	4.54	3.47	2.28	9.35	.12
An	19.53	3.03	16.93	28.18	22.25
Ab	29.33	41.12	36.49	30.37	23.89
Co	---	1.63	---	3.52	---
Di	5.20	---	5.30	---	21.54
He	3.67	---	2.92	---	6.63
En	12.73	---	7.97	5.45	14.87
Fe	8.97	.82	4.39	4.85	4.58
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.07	.51	3.58	1.16	2.47
Il	1.97	.33	2.69	1.42	1.53
Ap	.24	.04	.26	.52	1.40

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéiitique Dufresnoy (suite 11)

NUMERO	76-2507	76-2537	76-2540	76-2547	76-2551
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	BAS.MG. Plag	RHY F $\pi$	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	55.81	45.92	77.43	52.04	55.51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.53	15.66	11.86	14.11	12.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.74	2.52	.66	3.77	4.64
FeO	7.30	7.96	2.50	7.63	9.08
MgO	3.41	8.17	.62	5.92	4.56
CaO	7.75	7.76	.42	8.47	6.35
Na <sub>2</sub> O	2.63	3.01	3.40	2.54	2.08
K <sub>2</sub> O	.25	.13	1.30	.25	.24
TiO <sub>2</sub>	1.62	1.00	.15	1.33	1.73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.13	.11	.02	.10	.15
CO <sub>2</sub>	2.50	2.42	.29	.29	.12
S	.11	.00	.04	.02	.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.97	4.26	.66	2.56	2.48
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.26	.23	.08	.13	.12
Mn(ppm)	1471	1239	310	1316	929
Cu(ppm)	62	72	11	69	47
Zn(ppm)	101	84	35	79	94
Ni(ppm)	25	250	16	74	24
TOTAL	100.01	99.15	99.43	99.16	99.48

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	17.20	---	47.36	7.46	17.63
Or	1.60	.83	7.99	1.56	1.52
An	20.56	31.01	2.03	27.84	25.25
Ab	25.66	29.06	31.76	24.08	20.05
Co	---	---	4.71	---	---
Di	8.05	5.38	---	7.96	3.12
He	8.19	2.32	---	4.72	2.89
En	6.21	10.73	1.78	13.28	11.96
Fe	6.32	4.62	3.40	7.87	11.08
Fa	---	3.50	---	---	---
Fo	---	8.13	---	---	---
Mt	3.46	2.68	.72	3.06	3.57
Il	2.45	1.50	.22	1.96	2.59
Ap	.30	.25	.04	.22	.34

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéiitique Dufresnoy (suite 12)

NUMERO	76-2571	76-2573	76-2574	76-2585	76-2596
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	AND Plag	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	56.56	60.11	58.14	54.32	54.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.61	19.29	15.29	13.47	13.16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.91	1.77	1.65	3.63	2.19
FeO	8.69	1.97	8.29	6.98	8.42
MgO	3.84	1.88	3.93	5.51	5.25
CaO	7.47	7.53	7.57	9.31	8.08
Na <sub>2</sub> O	2.81	3.86	1.84	1.82	2.59
K <sub>2</sub> O	.49	.52	.02	.16	.26
TiO <sub>2</sub>	1.68	.99	1.38	1.09	1.73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.11	.06	.25	.10	.11
CO <sub>2</sub>	.10	.43	.08	.24	.12
S	.04	.00	.02	.02	.18
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.68	.70	.47	2.28	1.88
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.13	.13	.13	.12	.14
Mn (ppm)	1704	697	1394	1394	1316
Cu (ppm)	20	86	38	105	63
Zn (ppm)	79	44	86	84	94
Ni (ppm)	25	107	25	53	63
TOTAL	99.12	99.24	99.06	99.05	99.09

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	14.38	16.34	20.43	13.73	12.14
Or	3.04	3.14	.12	1.00	1.62
An	21.34	34.50	34.92	29.84	24.76
Ab	26.45	35.40	17.27	17.34	24.48
Co	---	---	---	---	---
Di	6.80	2.35	1.09	9.17	8.11
He	6.62	.26	1.01	5.62	5.24
En	7.72	4.13	10.79	11.56	11.21
Fe	7.51	.46	10.00	7.09	7.25
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.46	1.89	1.80	2.81	2.41
Il	2.45	1.41	2.01	1.61	2.54
Ap	.24	.13	.55	.22	.24

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 13)

NUMERO	76-2603	76-2606	76-2608	76-2615	76-2617
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	TH.OL. Plag-cpx	AND Plag-cpx	BAS.MG. Plag-cpx	RHY APH	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	46.79	55.03	47.95	76.05	55.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.57	13.77	14.97	13.41	12.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4.69	2.09	2.59	.68	5.53
FeO	13.49	5.92	8.29	1.38	8.55
MgO	5.13	5.58	7.87	.76	3.79
CaO	10.15	10.48	11.63	.83	4.59
Na <sub>2</sub> O	2.12	2.21	1.61	4.39	2.50
K <sub>2</sub> O	.08	.03	.00	.79	.79
TiO <sub>2</sub>	.77	1.25	1.03	.47	1.77
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12	.10	.08	.08	.13
CO <sub>2</sub>	.07	.83	.13	.07	.26
S	.05	.24	.01	.00	.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.41	1.55	2.80	.40	2.65
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.24	.17	.14	.12	.31
Mn (ppm)	1704	774	1239	155	1781
Cu (ppm)	11	98	28	3	45
Zn (ppm)	57	62	72	13	107
Ni (ppm)	177	62	103	14	18
TOTAL	99.68	99.25	99.10	99.43	99.04

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	---	13.03	1.75	41.94	16.70
Or	.50	.19	---	4.78	5.06
An	29.11	28.97	35.33	3.68	22.21
Ab	20.31	20.85	15.19	40.34	24.32
Co	---	---	---	4.49	---
Di	7.44	14.30	13.52	---	.57
He	11.59	5.69	6.28	---	.66
En	8.30	9.04	16.07	2.15	11.05
Fe	12.93	3.60	7.47	1.06	12.83
Fa	3.60	---	---	---	---
Fo	2.31	---	---	---	---
Mt	2.48	2.30	2.72	.73	3.63
Il	1.14	1.83	1.51	.67	2.67
Ap	.27	.22	.18	.17	.29

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 14)

NUMERO	76-2619	76-2626	76-2642	77-2509	77-2510
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY Qz-F $\pi$	TH.QZ. Plag	TH.QZ. Plag	AND Plag	TH.QZ. Plag
SiO <sub>2</sub>	77.45	51.13	49.17	52.71	48.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.90	13.35	16.76	14.34	13.73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.18	2.98	2.40	2.41	4.31
FeO	1.12	11.32	8.88	9.15	13.82
MgO	.68	4.73	2.92	6.35	9.50
CaO	.66	8.69	7.56	8.19	.86
Na <sub>2</sub> O	1.95	2.89	1.53	2.45	.03
K <sub>2</sub> O	5.68	.21	1.70	.05	.38
TiO <sub>2</sub>	.15	2.97	1.10	1.23	1.39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.03	.32	.09	.07	.08
CO <sub>2</sub>	.45	.16	3.63	.44	.07
S	.04	.05	.02	.57	.60
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.00	.18	3.10	1.85	6.96
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.13	.11	.25	.10	.17
Mn (ppm)	77	1626	2401	1869	1179
Cu (ppm)	8	10	6	77	40
Zn (ppm)	10	87	77	103	120
Ni (ppm)	18	28	105	62	49
TOTAL	100.42	99.09	99.11	99.91	100.07

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	39.13	6.17	8.43	7.80	20.84
Or	34.36	1.29	11.19	.31	2.52
An	3.15	23.83	37.71	29.25	4.21
Ab	17.93	27.07	15.31	22.99	.30
Co	1.58	---	---	---	14.60
Di	---	8.02	1.16	6.23	---
He	---	7.16	1.58	3.96	---
En	1.92	9.61	8.40	15.21	29.50
Fe	1.45	8.58	11.51	9.68	22.39
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.19	3.25	2.80	2.63	3.26
Il	.21	4.32	1.71	1.79	2.18
Ap	.06	.70	.21	.15	.19

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 15)

NUMERO	77-2515	77-2516	77-2517	77-2518	77-2519
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	TH.QZ. Plag	AND Plag	AND Plag	AND Plag
SiO <sub>2</sub>	55.66	49.85	56.38	51.65	55.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.17	13.82	13.92	12.90	14.75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.41	4.33	2.92	4.87	3.17
FeO	10.86	13.69	11.06	13.56	6.12
MgO	9.35	8.30	4.84	7.68	7.78
CaO	.26	.42	4.10	.57	1.27
Na <sub>2</sub> O	.03	.04	.74	.11	1.26
K <sub>2</sub> O	.00	.19	.09	.04	1.43
TiO <sub>2</sub>	1.92	2.12	1.76	1.79	1.50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12	.17	.16	.15	.10
CO <sub>2</sub>	.20	.07	.05	.07	.11
S	.01	.01	.45	.01	1.40
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	6.11	7.04	3.73	6.36	4.94
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.11	.15	.18	.22	.12
Mn (ppm)	890	1619	1430	2010	870
Cu (ppm)	17	12	49	10	107
Zn (ppm)	123	147	65	92	105
Ni (ppm)	33	20	21	25	48
TOTAL	100.21	100.20	100.38	99.98	99.38

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	35.66	27.92	29.50	29.56	25.69
Or	---	1.26	.58	.27	9.23
An	.56	1.10	21.05	2.08	6.17
Ab	.30	.40	7.25	1.11	12.36
Co	14.42	16.21	6.59	14.75	10.80
Di	---	---	---	---	---
He	---	---	---	---	---
En	28.57	25.80	14.57	23.88	23.46
Fe	13.41	19.44	14.10	21.44	6.48
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.85	4.14	3.33	3.75	3.30
Il	2.96	3.32	2.67	2.81	2.28
Ap	.28	.40	.36	.35	.23

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéitique Dufresnoy (suite 16)

NUMERO	77-2520	77-2521	77-2522	77-2523	77-2524
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	AND Plag	TH.QZ. Plag	AND Plag	AND Plag
SiO <sub>2</sub>	49.90	50.05	47.22	54.28	55.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.92	12.81	13.69	14.12	14.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.06	4.93	6.09	3.04	4.25
FeO	13.09	12.70	15.07	8.03	6.19
MgO	8.76	8.75	7.99	5.83	5.25
CaO	.66	.88	.93	8.04	7.55
Na <sub>2</sub> O	.03	.02	.02	1.81	1.90
K <sub>2</sub> O	.25	.18	.00	.18	.00
TiO <sub>2</sub>	1.41	1.34	1.37	1.03	1.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.09	.09	.10	.09	.16
CO <sub>2</sub>	.05	.07	.09	.24	.49
S	.33	.90	.04	.03	.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	6.67	6.93	6.87	2.74	2.60
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.21	.05	.12	.16	.09
Mn (ppm)	1020	1470	1450	1270	1159
Cu (ppm)	1420	182	52	72	81
Zn (ppm)	2250	119	115	88	88
Ni (ppm)	61	45	33	66	62
TOTAL	99.43	99.70	99.60	99.62	99.76

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	25.76	25.43	21.40	13.60	17.30
Or	1.67	1.21	---	1.13	---
An	3.03	4.30	4.51	31.64	32.41
Ab	.30	.20	.20	17.21	18.11
Co	15.54	13.90	15.18	---	---
Di	---	---	---	4.87	3.09
He	---	---	---	3.12	1.92
En	27.29	27.47	25.14	14.61	13.85
Fe	20.69	21.94	27.87	9.36	8.59
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	3.29	3.22	3.28	2.74	2.79
Il	2.22	2.12	2.17	1.52	1.58
Ap	.21	.21	.24	.20	.36

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéiitique Dufresnoy (suite 17)

NUMERO	77-2525	77-2526	77-2528	77-2534	77-2535
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	TH.OL. Plag	AND Plag	AND. Plag	TH.QZ. Plag-cpx	TH.QZ. Cpx-plag
SiO <sub>2</sub>	41.58	58.19	55.99	51.35	50.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.72	17.16	14.53	15.26	15.82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.40	1.67	3.64	3.02	2.43
FeO	10.20	4.21	6.19	9.74	10.33
MgO	4.62	3.78	5.36	5.40	5.14
CaO	10.50	4.45	7.11	4.43	5.19
Na <sub>2</sub> O	3.00	2.91	2.50	3.87	3.23
K <sub>2</sub> O	.58	1.88	.00	.22	.19
TiO <sub>2</sub>	2.13	1.37	1.01	2.05	1.95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.11	.20	.09	.39	.36
CO <sub>2</sub>	5.74	.89	.26	.37	.23
S	.15	.36	.01	.21	.09
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.91	2.10	2.43	2.96	3.34
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.32	.31	.21	.15	.08
Mn (ppm)	1749	760	1140	1710	1719
Cu (ppm)	118	61	80	52	51
Zn (ppm)	109	64	79	124	114
Ni (ppm)	101	86	81	34	45
TOTAL	99.96	99.48	99.33	99.42	99.34

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	---	17.02	14.95	5.76	7.11
Or	3.86	11.65	---	1.37	1.19
An	28.15	21.79	29.96	20.49	24.83
Ab	19.95	27.41	23.66	36.64	30.77
Co	---	3.12	---	1.77	2.00
Di	12.50	---	3.37	---	---
He	11.29	---	1.90	---	---
En	---	10.95	13.91	15.72	15.06
Fe	---	3.78	7.85	11.04	12.67
Fa	5.50	---	---	---	---
Fo	6.09	---	---	---	---
Mt	2.83	1.83	2.71	3.33	2.70
Il	3.34	2.00	1.48	3.01	2.88
Ap	.26	.44	.20	.86	.80
Ne	6.23	---	---	---	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
A) Série tholéïitique Dufresnoy (suite 18)

NUMERO	77-2536	77-2537	77-2546	77-2547	77-2548
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	54.71	56.64	55.11	54.29	55.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.01	14.36	14.25	13.90	14.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.98	3.25	3.76	4.37	3.32
FeO	8.69	6.84	6.51	6.19	6.19
MgO	4.43	4.39	5.24	5.54	5.54
CaO	4.90	5.49	8.07	8.31	7.92
Na <sub>2</sub> O	3.36	3.48	2.68	2.64	2.74
K <sub>2</sub> O	.18	.09	.00	.00	.00
TiO <sub>2</sub>	1.84	1.71	1.29	1.25	1.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.32	.32	.09	.09	.10
CO <sub>2</sub>	.53	.22	.32	.16	.20
S	.01	.08	.02	.76	.05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.27	2.34	1.73	1.27	1.60
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.11	.21	.15	.34	.45
Mn (ppm)	1480	1320	1690	1609	1670
Cu (ppm)	53	52	28	25	76
Zn (ppm)	116	95	121	115	117
Ni (ppm)	37	38	55	59	51
TOTAL	99.34	99.42	99.22	99.11	99.23

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	12.78	15.18	12.62	11.32	13.31
Or	1.13	.56	---	---	---
An	23.62	24.49	28.14	27.44	27.33
Ab	32.07	32.84	25.21	24.94	25.71
Co	1.33	---	---	---	---
Di	---	1.02	6.76	7.84	7.15
He	---	.54	3.80	4.42	3.30
En	13.00	12.23	11.78	12.18	12.41
Fe	10.44	6.46	6.62	6.86	5.73
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.20	3.47	3.01	2.97	2.99
Il	2.72	2.50	1.88	1.83	1.86
Ap	.71	.70	.20	.20	.22

## ANNEXE I. Liste des analyses chimiques

## A) Série tholéiitique Dufresnoy (suite 19 et fin)

NUMERO	77-2549
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	59.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.24
FeO	5.58
MgO	4.55
CaO	5.26
Na <sub>2</sub> O	4.19
K <sub>2</sub> O	.00
TiO <sub>2</sub>	1.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.09
CO <sub>2</sub>	.14
S	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.28
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.43
Mn (ppm)	1499
Cu (ppm)	5
Zn (ppm)	104
Ni (ppm)	44
TOTAL	99.11

## NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	14.51
Or	---
An	21.71
Ab	38.78
Co	---
Di	2.55
He	1.12
En	11.67
Fe	5.12
Fa	---
Fo	---
Mt	2.41
Il	1.92
Ap	.19

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alkaline Renault

NUMERO	72-326	72-327	72-329	72-330	72-351
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	AND Plag	AND Plag-cpx	BAS Plag	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	56.85	52.73	57.70	51.84	54.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.39	13.49	16.36	16.58	16.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.29	5.26	1.32	4.70	.63
FeO	5.40	9.07	5.27	6.24	5.97
MgO	3.72	2.27	3.92	3.72	5.08
CaO	5.91	8.97	5.55	10.26	7.59
Na <sub>2</sub> O	4.33	1.09	5.15	1.15	3.13
K <sub>2</sub> O	.48	.23	.52	.47	1.14
TiO <sub>2</sub>	1.27	1.65	.99	1.40	.96
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.22	.77	.18	.32	.10
CO <sub>2</sub>	.41	.83	.62	.48	.21
S	.02	.06	.02	.01	.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.94	3.75	2.42	3.37	2.84
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.13	.32	.10	.20	.14
Mn(ppm)	910	2130	630	1150	1010
Cu(ppm)	75	43	79	99	69
Zn(ppm)	71	187	71	97	84
Ni(ppm)	51	21	73	53	105
TOTAL	100.36	100.49	100.12	100.74	99.24

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	9.97	20.55	6.37	14.31	6.03
Or	2.93	1.51	3.14	2.97	7.00
An	24.68	34.61	20.42	41.44	29.57
Ab	40.20	10.84	47.23	11.06	29.21
Co	---	---	---	---	---
Di	2.23	2.42	3.38	4.79	4.64
He	1.09	4.88	1.83	3.88	2.47
En	9.50	5.73	9.37	8.60	12.26
Fe	4.63	11.57	5.08	6.96	6.53
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.48	3.56	1.41	3.18	.68
Il	1.83	2.55	1.41	2.09	1.39
Ap	.48	1.78	.38	.72	.22

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 1)

NUMERO	72-352	72-406	72-407	72-408	72-411
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Cpx-plag	AND Plag	DAC Plag-cpx	AND Plag-cpx	PQF ---
SiO <sub>2</sub>	54.45	52.32	59.76	57.97	77.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.11	16.88	14.65	18.32	12.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.58	1.95	1.73	1.35	1.09
FeO	5.82	5.60	5.60	3.02	.77
MgO	4.60	8.01	4.15	2.92	.39
CaO	6.03	4.71	5.38	7.44	.34
Na <sub>2</sub> O	4.76	2.47	3.11	4.13	3.71
K <sub>2</sub> O	.35	1.72	.98	.07	1.59
TiO <sub>2</sub>	.97	.63	.84	.57	.34
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12	.14	.11	.06	.04
CO <sub>2</sub>	.24	.48	.10	.01	.46
S	.02	.02	.02	.04	.20
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.00	4.56	2.68	3.01	1.00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.17	.15	.06	.09	.05
Mn(ppm)	1080	870	850	670	310
Cu(ppm)	73	23	59	43	25
Zn(ppm)	80	75	95	51	29
Ni(ppm)	102	95	28	180	9
TOTAL	99.22	99.64	99.17	99.00	100.19

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	3.34	6.08	17.22	12.60	46.38
Or	2.14	10.66	6.07	.43	9.71
An	25.10	23.56	24.25	32.44	1.47
Ab	44.16	23.26	29.28	38.50	34.44
Co	---	3.12	---	---	5.15
Di	2.64	---	1.54	3.21	---
He	1.36	---	.85	1.17	---
En	11.80	23.20	11.24	6.76	1.11
Fe	6.10	6.75	6.18	2.47	---
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	1.71	2.14	1.90	1.47	1.12
Il	1.40	.92	1.23	.82	.49
Ap	.26	.31	.24	.13	.09
Hm	---	---	---	---	.04

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 2)

NUMERO	72-412	72-414	72-415	73-T2	73-T3
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag	RHY APH	RHY APH
SiO <sub>2</sub>	53.08	55.66	51.88	80.02	79.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.82	16.22	17.09	11.21	11.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.05	1.63	1.91	.00	.70
FeO	7.03	5.98	6.75	1.03	1.54
MgO	3.54	3.90	4.37	.32	.41
CaO	6.41	7.36	7.44	.40	.88
Na <sub>2</sub> O	4.95	3.09	4.17	2.82	4.45
K <sub>2</sub> O	.21	.32	.13	4.49	.69
TiO <sub>2</sub>	1.79	1.68	1.77	.12	.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.45	.37	.25	.01	.02
CO <sub>2</sub>	.14	.10	.34	.17	.15
S	.01	.03	.02	.00	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.59	2.97	3.22	.08	.43
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.07	.09	.12	.02	.02
Mn (ppm)	1490	1230	1190	110	250
Cu (ppm)	129	107	121	27	25
Zn (ppm)	123	125	117	30	30
Ni (ppm)	25	31	50	10	24
TOTAL	99.14	99.40	99.46	100.69	100.04

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	3.11	13.44	3.34	41.72	44.73
Or	1.29	1.99	.80	26.94	4.17
An	23.92	30.96	28.75	1.95	4.33
Ab	46.11	29.17	39.10	25.72	40.83
Co	---	---	---	1.12	2.01
Di	2.81	2.55	4.17	---	---
He	2.01	1.37	2.30	---	---
En	8.73	10.05	10.52	.90	1.16
Fe	6.23	5.40	5.80	1.47	1.63
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.22	1.79	2.09	---	.75
Il	2.59	2.46	2.58	.17	.36
Ap	.98	.81	.55	.02	.04

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Reneault (suite 3)

NUMERO	73-T4	73-T5	73-T6	73-T7	73-T8A
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY APH	RHY Qz-F $\pi$	RHY F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	RHY F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	77.35	78.72	75.13	84.72	76.69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.88	11.19	12.27	8.97	13.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.57	.42	1.84	.38	.43
FeO	1.03	1.29	.90	.64	.64
MgO	.29	.34	1.17	.05	.00
CaO	.78	.78	5.39	.38	.76
Na <sub>2</sub> O	4.62	4.33	.39	3.42	6.49
K <sub>2</sub> O	1.92	1.67	1.74	1.32	.22
TiO <sub>2</sub>	.27	.21	.25	.09	.14
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.02	.02	.03	.01	.01
CO <sub>2</sub>	.56	.48	.09	.03	.42
S	.00	.00	.00	.00	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.14	.22	1.20	.12	.00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.03	.05	.03	.02	.03
Mn (ppm)	140	280	370	130	140
Cu (ppm)	21	8	17	13	8
Zn (ppm)	29	29	46	22	30
Ni (ppm)	20	21	12	5	6
TOTAL	99.46	99.72	100.43	100.15	99.32

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	38.48	41.97	51.68	55.78	33.76
Or	11.60	10.11	10.83	8.02	1.31
An	3.83	3.83	27.97	1.87	3.73
Ab	42.43	39.83	3.69	31.58	58.66
Co	.93	.99	.02	1.40	1.34
Di	---	---	---	---	---
He	---	---	---	---	---
En	.82	.96	3.40	.14	---
Fe	.87	1.51	.06	.65	.53
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.61	.45	1.91	.41	.45
Il	.38	.30	.37	.13	.20
Ap	.04	.04	.07	.02	.02

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 4)

NUMERO	73-T14	73-T15	73-T17	73-T18	73-T19
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	PYDAC Plag	AND Plag-cpx	RHY F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	79.25	77.90	60.97	54.38	74.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.26	11.35	16.70	15.58	13.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.39	.63	.90	2.35	.64
FeO	2.44	2.70	4.37	6.82	1.93
MgO	.34	.84	3.19	6.27	1.34
CaO	.81	.36	4.77	7.10	1.58
Na <sub>2</sub> O	4.67	3.12	5.10	2.24	4.41
K <sub>2</sub> O	.00	2.68	.44	1.31	.78
TiO <sub>2</sub>	.12	.16	.54	1.01	.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.02	.06	.13	.04
CO <sub>2</sub>	.19	.10	.69	.12	.17
S	.00	.00	.00	.00	.03
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.55	.70	1.85	3.28	.98
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.02	.01	.03	.02	.02
Mn (ppm)	510	400	620	1020	200
Cu (ppm)	11	7	48	67	281
Zn (ppm)	56	40	54	69	36
Ni (ppm)	9	10	92	95	30
TOTAL	100.05	100.57	99.61	100.61	99.50

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	45.53	43.29	11.57	8.86	37.19
Or	---	16.23	2.65	8.02	4.73
An	4.05	1.70	21.81	29.64	7.78
Ab	42.94	28.73	46.72	20.85	40.63
Co	2.38	3.03	---	---	2.45
Di	---	---	.95	3.32	---
He	---	---	.60	1.48	---
En	.96	2.38	8.51	16.29	3.80
Fe	3.53	3.69	5.33	7.27	2.20
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.42	.68	.96	2.55	.69
Il	.17	.23	.77	1.46	.46
Ap	.02	.04	.13	.28	.09

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alkaline Renault (suite 5)

NUMERO	73-T20	73-T21	74-2518	74-2519	74-2543
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	GAB ---	BAS Cpx-plag	AND Plag	AND Opa-plag	AND Cpx-plag
SiO <sub>2</sub>	46.36	48.24	57.16	57.16	54.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.51	14.99	15.83	16.10	17.11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.84	3.15	1.28	1.27	1.64
FeO	8.88	9.78	6.56	6.56	5.40
MgO	6.72	7.37	3.82	4.09	5.24
CaO	11.84	8.40	7.27	7.16	8.29
Na <sub>2</sub> O	1.72	2.01	3.49	3.14	2.76
K <sub>2</sub> O	.37	.34	.49	.17	.69
TiO <sub>2</sub>	1.37	1.55	1.80	1.80	1.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.18	.16	.22	.22	.13
CO <sub>2</sub>	.13	.17	.20	.19	.13
S	.01	.01	.03	.03	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.62	4.10	2.18	2.71	2.72
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.02	.02	.07	.07	.09
Mn (ppm)	1600	1710	1290	1250	890
Cu (ppm)	81	125	94	96	35
Zn (ppm)	75	116	92	100	64
Ni (ppm)	89	68	62	54	120
TOTAL	100.57	100.29	100.40	100.67	100.05

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	---	2.57	11.81	14.05	9.02
Or	2.29	2.12	2.98	1.04	4.21
An	37.90	32.60	26.87	30.36	33.29
Ab	16.15	19.06	32.28	29.18	25.57
Co	---	---	---	---	---
Di	11.50	5.27	4.23	2.43	4.68
He	6.34	2.97	2.82	1.51	1.94
En	11.51	18.85	8.75	10.47	12.59
Fe	6.35	10.62	5.83	6.51	5.21
Fa	.88	---	---	---	---
Fo	1.60	---	---	---	---
Mt	3.09	3.30	1.38	1.37	1.77
Il	2.00	2.28	2.58	2.60	1.45
Ap	.39	.35	.47	.48	.28

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Reneault (suite 6)

NUMERO	74-2560	74-2563	74-2564	74-2572	74-2587
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	BAS Plag-cpx	RHY F $\pi$	DAC Plag	DAC Plag	RHY APH
SiO <sub>2</sub>	51.35	75.06	62.75	64.09	72.58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.64	12.69	14.96	15.53	12.24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.04	.67	1.04	1.74	1.64
FeO	5.53	2.83	4.63	4.12	3.99
MgO	5.50	.83	3.31	1.92	1.20
CaO	8.79	.67	5.32	5.55	.59
Na <sub>2</sub> O	2.02	3.55	3.08	2.81	2.17
K <sub>2</sub> O	1.33	1.79	.83	.66	2.80
TiO <sub>2</sub>	.76	.39	.93	.88	.45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12	.04	.09	.26	.06
CO <sub>2</sub>	.53	.23	.30	.46	.42
S	.01	.02	.01	.00	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.49	.89	2.28	1.75	1.75
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.15	.07	.07	.04	.06
Mn (ppm)	950	490	690	1180	370
Cu (ppm)	66	12	49	26	30
Zn (ppm)	74	35	75	86	55
Ni (ppm)	145	38	53	15	20
TOTAL	100.26	99.73	99.60	99.81	99.95

NORME C.I.P.W. = % équivalents cationiques

Qz	5.31	41.32	22.20	28.03	42.99
Or	8.20	10.94	5.11	4.08	17.47
An	39.51	3.17	25.59	27.02	2.68
Ab	18.92	32.97	28.83	26.38	20.58
Co	---	4.28	---	.83	5.43
Di	2.93	---	.67	---	---
He	1.21	---	.39	---	---
En	14.38	2.37	9.20	5.54	3.50
Fe	5.94	3.59	5.33	4.37	4.74
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.23	.72	1.13	1.90	1.81
Il	1.10	.56	1.35	1.28	.66
Ap	.26	.09	.20	.57	.13

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 7)

NUMERO	74-2592	74-2596	74-2609	74-2622	74-2634
NOM DE LA ROCHE	RHY	RHY	RHY	BAS.MG.	AND
LIQ ou PCX	Qz-F $\pi$	Qz-F $\pi$	APH	Plag-cpx	Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	81.14	79.30	76.08	51.25	54.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.06	10.21	11.88	13.20	19.32
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.22	.10	1.30	3.61	1.42
FeO	.26	.39	1.67	7.72	4.76
MgO	.18	.70	.71	8.75	4.99
CaO	.62	.37	1.26	8.47	7.66
Na <sub>2</sub> O	2.66	.52	2.12	1.68	2.55
K <sub>2</sub> O	3.99	7.62	3.67	.00	.40
TiO <sub>2</sub>	0.10	.09	.20	.94	1.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.01	.03	.06	.10
CO <sub>2</sub>	.59	.50	.22	1.03	.29
S	.10	.03	.00	.06	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.00	.01	.64	3.79	3.34
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.00	.05	.06	.07	.07
Mn (ppm)	80	115	460	1350	590
Cu (ppm)	32	27	25	97	21
Zn (ppm)	32	86	51	81	60
Ni (ppm)	10	6	5	130	131
TOTAL	99.93	99.90	99.84	100.63	100.51

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	46.53	43.35	43.53	7.54	11.40
Or	24.13	46.74	22.53	---	2.44
An	2.48	1.84	6.29	30.17	38.62
Ab	24.45	4.85	19.78	15.98	23.67
Co	.53	.52	2.50	---	1.13
Di	---	---	---	6.79	---
He	---	---	---	3.09	---
En	.51	2.01	2.04	22.19	14.25
Fe	---	.44	1.56	10.09	5.22
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	---	.11	1.41	2.62	1.53
Il	.57	.13	.29	1.39	1.51
Ap	.21	.02	.07	.13	.22
Hm	0.16	---	---	---	---
Ru	0.43	---	---	---	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 8)

NUMERO	74-2652	74-2668	74-2681	74-2685	74-2744
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag	RHY APH	AND Plag	AND Cpx-plag
SiO <sub>2</sub>	77.44	54.77	82.32	56.07	53.13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.96	18.24	10.50	17.97	13.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.76	.88	.39	2.03	1.98
FeO	1.42	5.53	.51	4.25	6.95
MgO	.70	5.33	.17	4.72	9.55
CaO	.85	7.81	.32	8.34	6.74
Na <sub>2</sub> O	4.48	3.09	3.51	2.28	3.29
K <sub>2</sub> O	.76	.34	1.04	.01	1.56
TiO <sub>2</sub>	.14	.65	.16	.95	.84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.11	.01	.03	.37
CO <sub>2</sub>	.66	.26	.37	.13	.09
S	.01	.08	.01	.02	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.68	3.56	.36	3.19	2.08
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.06	.03	.03	.05	.08
Mn (ppm)	370	780	90	600	1300
Cu (ppm)	70	52	11	25	26
Zn (ppm)	85	61	82	209	100
Ni (ppm)	10	75	23	125	325
TOTAL	99.93	100.68	99.70	100.04	99.68

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	42.64	7.54	54.51	15.77	---
Or	4.61	2.07	6.36	.06	9.33
An	4.27	35.90	1.58	40.43	16.35
Ab	41.34	28.54	32.63	21.35	29.89
Co	2.52	---	3.44	---	---
Di	---	1.73	---	1.54	9.11
He	---	.85	---	.47	2.93
En	1.99	14.27	.49	12.82	19.35
Fe	1.60	6.99	.32	3.91	6.23
Fa	---	---	---	---	.67
Fo	---	---	---	---	2.08
Mt	.82	.95	.42	2.21	2.09
Il	.20	.93	.23	1.38	1.18
Ap	.02	.24	.02	.07	.78

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 9)

NUMERO	74-2837	75-2505	75-2511	75-2517	75-2528
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY APH	RHY QZ	RHY APH	RHY QZ-F $\pi$	BAS Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	78.81	76.86	82.62	71.52	49.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.06	11.35	8.66	11.79	15.64
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.22	.74	1.44	2.81	3.35
FeO	.39	1.30	1.43	5.98	9.23
MgO	.00	.49	1.31	2.12	7.01
CaO	.35	1.32	.10	.13	6.53
Na <sub>2</sub> O	6.31	2.88	.15	.22	3.99
K <sub>2</sub> O	.05	2.14	1.85	1.82	.00
TiO <sub>2</sub>	.16	.14	.19	.42	1.35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.01	.02	.05	.18
CO <sub>2</sub>	.36	1.17	.13	.20	.23
S	.00	.00	.12	.74	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.06	.62	1.64	2.82	3.30
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.04	.30	.25	.39	.26
Mn (ppm)	250	330	190	190	1260
Cu (ppm)	5	7	8	90	97
Zn (ppm)	14	33	24	67	92
Ni (ppm)	8	19	19	23	94
TOTAL	98.82	99.32	99.91	101.01	100.27

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	38.60	46.49	72.03	55.86	---
Or	.30	13.32	11.80	11.73	---
An	1.70	6.83	.39	.35	25.63
Ab	57.52	27.24	1.45	2.16	37.07
Co	1.12	2.21	7.40	11.13	---
Di	---	---	---	---	3.35
He	---	---	---	---	1.99
En	---	1.43	3.91	6.39	11.71
Fe	.28	1.44	1.06	9.51	6.95
Fa	---	---	---	---	2.95
Fo	---	---	---	---	4.98
Mt	.23	.82	1.63	2.13	3.03
Il	.23	.21	.29	.64	1.95
Ap	.02	.02	.05	.11	.39

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Reneault (suite 10)

NUMERO	75-2531	75-2595	75-2600	75-2613	75-2614
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	RHY Qz-Fπ	RHY APH	DAC Plag	RHY Qz-Fπ
SiO <sub>2</sub>	58.52	75.79	76.59	63.73	84.41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.01	11.71	11.89	16.07	9.12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.42	.92	.59	1.13	.43
FeO	4.55	1.95	1.56	3.25	.52
MgO	4.61	.58	.02	2.36	.00
CaO	4.08	.56	1.57	4.88	.71
Na <sub>2</sub> O	2.98	3.05	4.21	5.73	3.84
K <sub>2</sub> O	1.49	3.43	1.07	.17	.33
TiO <sub>2</sub>	.88	.27	.27	.71	.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.08	.03	.00	.26	.01
CO <sub>2</sub>	.57	.39	1.29	.09	.15
S	.14	.02	.20	.01	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.75	.43	.51	.77	.01
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.38	.21	.22	.24	.19
Mn(ppm)	750	200	590	550	100
Cu(ppm)	83	8	25	83	14
Zn(ppm)	74	69	60	63	38
Ni(ppm)	68	19	23	66	12
TOTAL	99.46	99.34	99.99	99.40	99.92

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	17.19	40.26	42.04	14.70	56.52
Or	9.25	21.05	6.57	1.01	2.01
An	20.72	2.68	8.10	17.77	3.57
Ab	28.12	28.45	39.30	51.85	35.55
Co	2.60	2.31	1.08	---	1.33
Di	---	---	---	2.60	---
He	---	---	---	1.34	---
En	13.37	1.66	.06	5.27	---
Fe	4.74	2.13	1.82	2.72	.25
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.54	1.00	.64	1.19	.46
Il	1.29	.39	.39	1.00	.29
Ap	.18	.07	---	.55	.02

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 11)

NUMERO	75-2634	75-2635	75-2637	75-2647	75-2648
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	RHY F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$
SiO <sub>2</sub>	55.00	79.36	78.00	75.86	73.35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.14	9.85	11.73	9.09	11.39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.67	.80	.30	.52	1.30
FeO	4.94	.91	1.69	1.95	1.95
MgO	5.59	.44	.35	.83	1.27
CaO	3.64	2.12	.78	2.47	1.38
Na <sub>2</sub> O	2.88	2.63	3.84	3.21	1.44
K <sub>2</sub> O	2.81	1.73	1.60	1.20	3.67
TiO <sub>2</sub>	.65	.12	.17	.14	.19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.13	.01	.02	.00	.00
CO <sub>2</sub>	2.90	1.36	.54	4.06	2.39
S	.00	.04	.05	.00	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.49	.40	.64	.28	1.07
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.32	.15	.10	.20	.23
Mn (ppm)	590	360	200	680	430
Cu (ppm)	30	8	16	11	8
Zn (ppm)	115	75	51	100	89
Ni (ppm)	60	23	19	20	19
TOTAL	100.16	99.92	99.81	99.81	99.63

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	8.52	50.60	44.23	45.64	44.84
Or	17.66	10.74	9.77	7.62	23.31
An	18.31	10.47	3.86	7.37	7.36
Ab	27.51	24.82	35.63	30.99	13.90
Co	2.39	---	2.61	---	2.98
Di	---	.25	---	2.18	---
He	---	.16	---	2.47	---
En	16.42	1.15	1.00	1.38	3.77
Fe	6.07	.72	2.29	1.56	2.09
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	1.86	.88	.32	.58	1.46
Il	.96	.18	.24	.21	.28
Ap	.29	.02	.04	---	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 12)

NUMERO	75-2663	75-2665	75-2666	75-2668	75-2671
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	DAC Plag	RHY APH	DAC Plag	DAC Plag
SiO <sub>2</sub>	56.79	61.53	76.89	63.00	63.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.96	15.44	12.32	15.10	14.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.07	2.36	.66	2.05	2.07
FeO	4.81	4.42	1.04	2.60	3.90
MgO	4.33	3.31	.42	2.51	2.90
CaO	7.29	5.47	.85	9.13	5.05
Na <sub>2</sub> O	3.98	3.61	4.03	1.68	4.96
K <sub>2</sub> O	.01	.00	1.70	.00	.21
TiO <sub>2</sub>	.80	1.19	.19	1.12	1.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.10	.13	.01	.14	.25
CO <sub>2</sub>	.34	.08	.62	.63	.15
S	.01	.01	.00	.01	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.96	2.07	.60	1.61	1.27
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.21	.18	.20	.20	.27
Mn (ppm)	920	730	170	720	660
Cu (ppm)	98	40	9	48	36
Zn (ppm)	67	71	35	54	67
Ni (ppm)	65	31	23	35	49
TOTAL	99.66	99.80	99.53	99.78	99.99

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	10.17	21.46	42.15	31.27	18.18
Or	.06	---	10.38	---	1.26
An	26.45	26.90	4.29	35.52	16.45
Ab	36.85	33.63	37.40	15.92	45.40
Co	---	---	2.63	---	---
Di	5.39	.21	---	7.73	4.33
He	2.74	.09	---	1.32	1.61
En	9.63	9.37	1.20	3.45	6.00
Fe	4.90	3.78	.95	.59	2.24
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.43	2.56	.71	2.26	2.21
Il	1.15	1.72	.27	1.65	1.79
Ap	.22	.28	.02	.31	.53

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
 B) Série calco-alcaline Renault (suite 13)

NUMERO	75-2672	75-2673	76-2504	76-2509	76-2510
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY APH	RHY APH	DAC Plag	RHY F $\pi$	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	84.63	79.30	63.81	74.48	54.69
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.79	10.03	15.98	13.06	17.99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.04	.59	1.75	.88	1.62
FeO	.39	2.21	3.36	1.91	4.67
MgO	.00	.24	3.10	.00	5.51
CaO	.25	.29	4.13	1.94	8.55
Na <sub>2</sub> O	3.71	4.66	3.74	5.28	2.27
K <sub>2</sub> O	1.63	.71	1.17	.27	.94
TiO <sub>2</sub>	.12	.17	.64	.22	.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.01	.12	.04	.08
CO <sub>2</sub>	.12	.12	.12	1.25	.12
S	.06	.28	.01	.01	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.00	.49	1.43	.00	2.34
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.11	.12	.14	.13	.15
Mn (ppm)	20	250	620	542	852
Cu (ppm)	24	14	72	30	44
Zn (ppm)	406	42	70	33	61
Ni (ppm)	18	20	69	16	103
TOTAL	99.86	99.22	99.50	99.47	99.48

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	53.42	45.11	21.58	35.73	9.42
Or	9.90	4.35	7.09	1.64	5.73
An	1.21	1.42	20.22	9.62	37.30
Ab	34.26	43.36	34.46	48.73	21.05
Co	.55	1.24	1.50	.73	---
Di	---	---	---	---	3.50
He	---	---	---	---	1.27
En	---	.69	8.78	---	13.96
Fe	.42	2.93	3.30	2.21	5.06
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.04	.64	1.88	.95	1.75
Il	.17	.25	.91	.31	.79
Ap	.02	.02	.26	.09	.17

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 14)

NUMERO	76-2513	76-2514	76-2521	76-2522	76-2526
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	BAS Plag	BAS.MG. Plag-cpx	DAC Plag	BAS Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	54.00	50.25	48.22	63.76	45.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.04	18.35	16.89	16.86	18.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.92	2.55	2.87	.95	3.26
FeO	8.82	8.03	8.75	2.63	8.29
MgO	5.14	5.45	7.61	3.07	7.26
CaO	5.06	4.87	6.27	5.39	10.00
Na <sub>2</sub> O	4.32	3.55	2.18	3.59	1.34
K <sub>2</sub> O	1.15	.12	.07	1.47	.78
TiO <sub>2</sub>	1.44	1.21	1.22	.72	.98
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.21	.09	.15	.13	.17
CO <sub>2</sub>	.09	.42	.20	.08	.08
S	.22	.42	.02	.01	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.91	4.06	4.70	.67	3.98
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.16	.16	.21	.13	.23
Mn(ppm)	1471	1007	1162	465	1704
Cu(ppm)	27	17	83	40	37
Zn(ppm)	50	169	78	65	83
Ni(ppm)	56	127	134	74	167
TOTAL	99.48	99.53	99.36	99.46	99.70

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	1.92	5.77	5.15	18.99	---
Or	6.99	.75	.44	8.81	4.87
An	18.79	24.96	32.16	25.92	43.28
Ab	39.93	33.75	20.89	32.70	12.72
Co	---	4.32	2.55	---	---
Di	2.58	---	---	.21	4.09
He	1.93	---	---	.06	2.31
En	13.32	15.93	22.43	8.49	14.78
Fe	9.96	9.72	11.29	2.51	8.34
Fa	---	---	---	---	1.85
Fo	---	---	---	---	3.28
Mt	2.07	2.82	2.94	1.01	2.67
Il	2.06	1.78	1.81	1.02	1.44
Ap	.45	.20	.33	.28	.38

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
 B) Série calco-alcaline Renault (suite 15)

NUMERO	76-2527	76-2529	76-2530	76-2531	76-2533
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	BAS Plag	AND 01-plag	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag
SiO <sub>2</sub>	49.03	54.38	56.46	57.27	60.39
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.42	17.58	16.22	15.43	15.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.04	1.97	1.84	1.76	2.20
FeO	5.26	4.41	6.25	4.34	4.80
MgO	3.51	5.75	4.27	3.95	3.46
CaO	11.10	8.94	5.27	9.86	5.06
Na <sub>2</sub> O	2.64	2.34	4.61	3.38	4.20
K <sub>2</sub> O	.29	1.04	.32	.10	.44
TiO <sub>2</sub>	1.21	.60	1.54	.79	.88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12	.16	.12	.09	.14
CO <sub>2</sub>	1.52	.08	.13	.86	.07
S	.15	.02	.12	.06	.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.20	2.18	1.69	1.17	1.75
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.15	.13	.20	.13	.16
Mn(ppm)	1239	852	1162	1162	697
Cu(ppm)	105	50	123	82	11
Zn(ppm)	88	53	65	50	50
Ni(ppm)	180	103	71	85	55
TOTAL	99.64	99.58	99.04	99.10	99.39

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	3.37	8.43	7.81	12.12	15.56
Or	1.80	6.32	1.95	.61	2.68
An	45.18	35.38	23.28	27.57	23.75
Ab	24.90	21.61	42.59	31.40	38.83
Co	---	---	---	---	---
Di	6.13	5.63	1.46	12.61	.61
He	3.35	1.70	.80	5.35	.31
En	7.12	13.51	11.40	4.98	9.53
Fe	3.89	4.08	6.28	2.12	4.81
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.24	2.12	1.98	1.90	2.37
Il	1.77	.86	2.21	1.14	1.26
Ap	.26	.34	.26	.19	.30

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
 B) Série calco-alcaline Renault (suite 16)

NUMERO	76-2534	76-2535	76-2545	76-2546	76-2548
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	57.58	78.22	78.28	56.38	59.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.64	11.65	11.43	16.98	16.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.51	.79	1.17	1.97	1.03
FeO	6.19	1.38	1.12	3.82	3.88
MgO	3.86	.15	.04	5.07	4.04
CaO	5.62	1.69	.30	8.55	7.32
Na <sub>2</sub> O	3.24	3.90	3.75	2.07	2.93
K <sub>2</sub> O	.75	1.41	2.90	1.30	.40
TiO <sub>2</sub>	1.32	.16	.15	.63	.87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.16	.02	.02	.11	.12
CO <sub>2</sub>	.11	.24	.06	.08	.74
S	.01	.05	.05	.01	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.07	.00	.00	2.04	1.45
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.22	.10	.06	.12	.13
Mn (ppm)	929	232	232	774	929
Cu (ppm)	19	5	5	66	69
Zn (ppm)	63	37	68	58	63
Ni (ppm)	56	13	14	81	73
TOTAL	99.28	99.76	99.33	99.13	99.41

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	14.88	43.31	42.17	13.03	17.81
Or	4.63	8.54	17.60	7.96	2.44
An	27.09	8.47	1.40	34.44	32.09
Ab	30.40	35.92	34.60	19.28	27.21
Co	---	.77	1.82	---	---
Di	.49	---	---	5.54	2.70
He	.28	---	---	1.51	1.03
En	10.89	.42	.11	11.75	10.19
Fe	6.33	1.45	.78	3.21	3.90
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.74	.85	1.26	2.14	1.11
Il	1.92	.23	.21	.91	1.25
Ap	.35	.04	.04	.24	.26

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 17)

NUMERO	76-2552	76-2560	76-2561	76-2567	76-2568
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY Qz-Fπ	BAS Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Cpx-plag	RHY Qz-Fπ
SiO <sub>2</sub>	76.54	46.87	59.06	59.13	82.56
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.17	17.55	16.12	16.68	9.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.44	3.17	1.98	1.42	.49
FeO	1.32	7.76	4.21	4.48	.46
MgO	.00	7.25	4.45	4.70	.00
CaO	.44	8.08	6.06	5.50	.77
Na <sub>2</sub> O	4.68	2.86	3.03	4.15	3.51
K <sub>2</sub> O	1.50	.23	.62	.27	1.18
TiO <sub>2</sub>	.25	.92	.80	.77	.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.02	.11	.10	.10	.02
CO <sub>2</sub>	.08	.15	.11	.10	.41
S	.05	.10	.09	.13	.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.00	4.05	1.89	1.68	.00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.05	.10	.09	.13	.07
Mn (ppm)	232	1239	852	774	155
Cu (ppm)	25	79	63	63	15
Zn (ppm)	34	70	72	64	60
Ni (ppm)	14	144	75	84	15
TOTAL	99.54	99.20	98.61	99.24	99.30

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	39.41	---	17.02	12.16	53.77
Or	8.99	1.43	3.82	1.63	7.24
An	2.08	36.16	29.75	26.67	3.83
Ab	42.65	27.01	28.34	38.08	32.74
Co	4.54	---	---	---	1.42
Di	---	2.76	.53	.32	---
He	---	1.45	.18	.12	---
En	---	11.88	12.53	13.10	---
Fe	1.46	6.24	4.28	5.08	.27
Fa	---	3.07	---	---	---
Fo	---	5.84	---	---	---
Mt	.47	2.58	2.16	1.52	.53
Il	.35	1.35	1.16	1.10	.14
Ap	.04	.24	.22	.21	.04

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 18)

NUMERO	76-2570	76-2579	76-2580	76-2589	76-2613
NOM DE LA ROCHE	DIO	AND	BAS	RHY	BAS
LIQ ou PCX	---	Plag	Plag-cpx	Qz-Fπ	Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	53.32	60.27	48.03	77.29	48.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.66	16.41	17.06	11.31	16.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.92	1.23	3.11	1.77	1.81
FeO	5.34	4.41	8.36	1.32	6.78
MgO	6.31	3.68	6.24	.00	8.20
CaO	8.65	6.52	8.96	1.04	10.95
Na <sub>2</sub> O	3.13	3.58	2.55	4.28	1.09
K <sub>2</sub> O	.61	.35	.40	1.23	.18
TiO <sub>2</sub>	.63	.60	.85	.25	.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.09	.10	.16	.04	.08
CO <sub>2</sub>	.16	.11	.14	.82	.59
S	.14	.00	.01	.01	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.32	1.77	3.04	.00	3.64
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.14	.10	.15	.10	.20
Mn (ppm)	852	852	1626	77	1084
Cu (ppm)	23	45	61	4	78
Zn (ppm)	51	64	78	9	54
Ni (ppm)	121	57	148	15	221
TOTAL	99.42	99.13	99.06	99.46	99.31

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	4.26	16.17	---	43.41	3.95
Or	3.70	2.13	2.48	7.52	1.12
An	30.44	28.54	35.64	5.07	42.87
Ab	28.89	33.14	24.05	39.79	10.35
Co	---	---	---	1.29	---
Di	7.71	2.18	4.76	---	8.12
He	2.76	1.14	3.22	---	3.08
En	14.06	9.39	14.28	---	19.87
Fe	5.03	4.91	9.65	.59	7.55
Fa	---	---	.73	---	---
Fo	---	---	1.08	---	---
Mt	2.06	1.33	2.51	1.87	2.00
Il	.90	.86	1.24	.36	.91
Ap	.19	.22	.35	.09	.18

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 19)

NUMERO	76-2656	76-2657	76-2658	76-2659	77-2501
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	RHY Qz-F $\pi$	AND Plag
SiO <sub>2</sub>	81.43	80.15	79.67	80.70	60.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.80	10.93	10.29	11.13	17.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.53	.52	1.55	.67	2.61
FeO	.59	.72	.99	1.25	2.70
MgO	.32	.15	.50	.00	2.74
CaO	1.02	.66	2.70	.63	5.72
Na <sub>2</sub> O	2.95	3.54	1.56	4.30	3.94
K <sub>2</sub> O	2.26	2.28	1.58	.52	1.23
TiO <sub>2</sub>	.09	.09	.10	.09	1.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.02	.03	.02	.01	.13
CO <sub>2</sub>	.10	.07	.07	.16	.21
S	.01	.01	.00	.00	1.40
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.00	.00	.31	.00	.36
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.10	.08	.09	.08	.21
Mn (ppm)	155	155	465	387	1230
Cu (ppm)	13	17	9	15	45
Zn (ppm)	9	11	28	39	158
Ni (ppm)	17	18	15	18	85
TOTAL	99.22	99.23	99.43	99.54	100.22

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	50.67	46.67	56.38	49.08	15.46
Or	13.84	13.87	9.82	3.15	7.42
An	5.11	3.17	13.96	3.14	27.03
Ab	27.46	32.73	14.74	39.64	36.13
Co	.79	1.70	1.32	2.66	---
Di	---	---	---	---	.75
He	---	---	---	---	.12
En	.92	.43	1.45	---	7.35
Fe	.47	.68	.43	1.46	1.19
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	.57	.56	1.71	.72	2.73
Il	.13	.13	.15	.13	1.54
Ap	.04	.06	.04	.02	.28

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alkaline Renault (suite 20)

NUMERO	77-2503	77-2505	77-2506	77-2507	77-2508
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY APH	AND Plag	AND Plag	RHDC APH	RHY APH
SiO <sub>2</sub>	73.92	58.97	55.53	68.37	78.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.70	18.50	19.18	14.36	12.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.72	3.21	3.23	1.95	.31
FeO	.66	1.97	2.30	1.32	.39
MgO	.45	1.92	2.89	1.86	.13
CaO	1.95	9.82	7.60	2.19	1.48
Na <sub>2</sub> O	3.46	3.21	3.58	2.16	4.10
K <sub>2</sub> O	1.91	.02	1.85	3.86	1.84
TiO <sub>2</sub>	.18	1.04	1.13	.21	.23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.11	.14	.01	.04
CO <sub>2</sub>	.13	.10	.26	3.39	1.16
S	.80	.22	1.20	.93	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.26	.87	1.17	.00	.00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.18	.17	.23	.17	.11
Mn (ppm)	139	770	980	440	210
Cu (ppm)	40	43	48	15	11
Zn (ppm)	119	52	130	80	59
Ni (ppm)	30	86	97	21	18
TOTAL	100.33	100.13	100.29	100.78	100.72

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	39.62	17.74	7.63	32.26	41.39
Or	11.58	.12	11.20	24.06	11.06
An	9.87	36.88	31.58	11.40	7.21
Ab	31.90	29.52	32.95	20.47	37.47
Co	3.83	---	---	3.08	1.64
Di	---	8.32	4.24	---	---
He	---	1.51	.68	---	---
En	1.28	1.27	6.06	5.42	.37
Fe	---	.23	.97	1.17	.12
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	1.36	2.70	2.78	1.83	.33
Il	.26	1.48	1.61	.31	.33
Ap	.02	.24	.30	.02	.09
Hm	.29	---	---	---	---

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alkaline Reneault (suite 21)

NUMERO	77-2511	77-2513	77-2514	77-2527	77-2530
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	RHY APH	RHY APH	RHY APH	BAS Plag	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	82.04	81.84	76.21	47.92	51.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.54	9.31	10.16	14.09	14.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.09	.87	2.31	2.61	3.65
FeO	2.57	2.57	4.80	9.15	7.57
MgO	1.32	1.12	1.78	6.87	4.89
CaO	.00	.00	.00	12.33	8.12
Na <sub>2</sub> O	.09	.09	.08	.70	2.16
K <sub>2</sub> O	2.09	2.01	1.68	.34	.33
TiO <sub>2</sub>	.14	.13	.20	1.38	.95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.01	.01	.02	.10	.11
CO <sub>2</sub>	.08	.04	.09	1.07	2.23
S	.14	.11	.27	.11	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.05	1.19	2.47	2.82	2.87
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.19	.19	.22	.17	.24
Mn (ppm)	100	90	640	1780	1820
Cu (ppm)	44	29	35	119	36
Zn (ppm)	65	55	106	79	86
Ni (ppm)	15	18	19	112	39
TOTAL	100.35	99.48	100.29	99.66	99.07

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	69.12	70.15	63.48	5.96	9.15
Or	13.17	12.80	10.81	2.15	2.12
An	-.07	-.07	-.14	36.78	32.47
Ab	.86	.87	.78	6.74	21.09
Co	8.33	8.25	9.82	---	---
Di	---	---	---	14.33	4.67
He	---	---	---	8.16	3.78
En	3.89	3.33	5.35	13.17	12.35
Fe	3.25	3.46	7.66	7.49	10.00
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	1.22	.98	1.89	2.93	2.68
Il	.21	.20	.30	2.06	1.44
Ap	.02	.02	.05	.22	.25

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
 B) Série calco-alcaline Renault (suite 22)

NUMERO	77-2531	77-2532	77-2533	77-2538	77-2539
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Cpx-plag	AND Cpx-plag	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	53.30	54.39	54.86	56.00	53.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.52	16.12	17.05	15.82	15.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.63	2.38	1.89	2.48	2.04
FeO	4.87	5.66	6.58	5.79	7.11
MgO	4.17	4.63	4.64	4.66	4.11
CaO	10.51	7.36	5.59	5.17	8.34
Na <sub>2</sub> O	2.56	3.13	2.90	4.34	3.85
K <sub>2</sub> O	.47	.78	.74	.94	.54
TiO <sub>2</sub>	.95	1.07	1.15	1.00	.94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.09	.11	.12	.16	.14
CO <sub>2</sub>	2.84	1.25	.74	.17	1.35
S	.01	.01	.01	.52	1.68
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.16	2.59	2.64	1.91	.99
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.11	.16	.15	.21	.20
Mn (ppm)	1230	1409	1250	1120	960
Cu (ppm)	53	58	53	27	78
Zn (ppm)	76	85	75	79	78
Ni (ppm)	35	45	32	85	78
TOTAL	100.19	99.64	99.06	99.17	99.69

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	9.95	9.16	12.24	6.77	4.41
Or	2.95	4.84	4.61	5.74	3.35
An	31.32	29.02	28.40	21.61	23.55
Ab	24.42	29.51	27.44	40.28	36.33
Co	---	---	1.84	---	---
Di	12.96	4.69	---	2.07	8.69
He	5.81	2.17	---	.99	6.49
En	5.75	11.08	13.50	12.26	7.58
Fe	2.58	5.11	7.93	5.85	5.66
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.64	2.61	2.08	2.64	2.24
Il	1.41	1.57	1.69	1.44	1.38
Ap	.20	.24	.26	.35	.31

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
B) Série calco-alcaline Renault (suite 23)

NUMERO	77-2540	77-2541	77-2542	77-2543	77-2544
NOM DE LA ROCHE LIQ ou PCX	AND Plag-cpx	AND Plag-cpx	RHY Plag-cpx	RHY Plag-cpx	AND Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	52.08	56.88	70.27	70.81	59.54
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.48	15.88	9.96	10.03	14.63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.00	2.07	1.76	2.21	2.24
FeO	7.50	5.53	2.50	1.84	5.33
MgO	5.14	3.77	2.56	2.44	4.42
CaO	4.49	6.24	6.03	6.44	4.69
Na <sub>2</sub> O	4.18	4.56	2.94	2.45	4.40
K <sub>2</sub> O	.94	.39	.18	.35	.42
TiO <sub>2</sub>	1.11	1.00	.98	.83	1.30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.16	.15	.12	.11	.18
CO <sub>2</sub>	.42	.51	1.51	1.74	.26
S	.88	.83	.07	.06	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.82	1.29	.63	.34	1.66
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.01	.16	.08	.27	.17
Mn (ppm)	1279	940	740	610	1130
Cu (ppm)	39	48	37	39	53
Zn (ppm)	94	88	48	46	72
Ni (ppm)	75	80	31	37	46
TOTAL	99.21	99.26	99.59	99.92	99.26

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	2.30	8.51	37.73	40.42	13.47
Or	5.83	2.38	1.12	2.18	2.55
An	22.27	22.45	14.16	16.18	19.49
Ab	39.37	42.34	27.79	23.21	40.68
Co	.92	---	---	---	---
Di	---	4.36	10.98	12.88	1.84
He	---	2.48	2.23	.53	.77
En	14.89	8.58	1.95	.67	11.65
Fe	9.67	4.88	.40	.03	4.89
Fa	---	---	---	---	---
Fo	---	---	---	---	---
Mt	2.78	2.24	1.94	2.44	2.41
Il	1.62	1.44	1.44	1.22	1.86
Ap	.35	.32	.26	.24	.39

## ANNEXE I. Liste des analyses chimiques

## B) Série calco-alkaline Renault (suite 24 et fin)

NUMERO	77-2545
NOM DE LA ROCHE	BAS
LIQ ou PCX	Plag-cpx
SiO <sub>2</sub>	45.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.07
FeO	7.76
MgO	5.78
CaO	8.25
Na <sub>2</sub> O	2.59
K <sub>2</sub> O	.46
TiO <sub>2</sub>	1.72
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.20
CO <sub>2</sub>	.14
S	.04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.06
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.35
Mn (ppm)	1580
Cu (ppm)	61
Zn (ppm)	101
Ni (ppm)	65
TOTAL	99.17

## NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	---
Or	2.90
An	39.91
Ab	24.79
Co	---
Di	1.19
He	.67
En	12.14
Fe	6.88
Fa	1.82
Fo	3.21
Mt	3.50
Il	2.55
Ap	.45

## ANNEXE I. Liste des analyses chimiques

## C) Filon-couche de Clérycy

NUMERO	75-2570	75-2702	75-2703	75-2704	75-2705
NOM DE LA ROCHE	GRA	GAB	GAB	GAB	DIO
SiO <sub>2</sub>	78.80	47.02	50.94	47.82	56.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.41	15.45	18.49	15.86	15.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.31	3.37	2.93	.70	2.71
FeO	1.17	9.75	7.41	8.89	7.41
MgO	.02	5.76	4.17	8.35	4.20
CaO	.86	9.86	6.39	11.91	7.05
Na <sub>2</sub> O	4.53	2.57	4.03	1.64	2.84
K <sub>2</sub> O	1.07	.02	.39	.00	.95
TiO <sub>2</sub>	.17	3.66	1.60	.68	1.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.02	.06	.36	.02	.13
CO <sub>2</sub>	.20	.08	.08	.10	.07
S	.00	.00	.01	.01	.08
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.14	2.04	2.42	2.96	1.70
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.17	.18	.30	.31	.20
Mn (ppm)	290	1790	1600	1490	1430
Cu (ppm)	9	28	10	108	46
Zn (ppm)	34	93	107	81	96
Ni (ppm)	21	27	31	108	33
TOTAL	99.87	99.82	99.52	99.25	100.25

## NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	43.75	1.94	2.92	---	12.24
Or	6.47	.12	2.39	---	5.81
An	4.23	32.02	30.42	37.45	26.45
Ab	41.63	24.17	37.50	15.35	26.38
Co	1.43	---	.77	---	---
Di	---	10.01	---	12.42	4.06
He	---	5.05	---	6.81	3.02
En	.06	11.65	11.93	14.15	9.97
Fe	.74	5.88	7.81	7.75	7.42
Fa	---	---	---	1.51	---
Fo	---	---	---	2.76	---
Mt	1.40	3.69	3.17	.76	2.79
Il	.24	5.34	2.31	.99	1.59
Ap	.04	.13	.78	.04	.28

ANNEXE I. Liste des analyses chimiques  
 c) Filon-couche de Clérycy (suite I et fin)

NUMERO	75-2706	76-2563	76-2583
NOM DE LA ROCHE	GRA	DIO	PXT
SiO <sub>2</sub>	72.53	52.25	45.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.74	15.48	8.77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.70	2.58	2.46
FeO	2.34	6.54	11.32
MgO	1.09	6.20	16.36
CaO	3.54	8.89	8.95
Na <sub>2</sub> O	3.34	2.80	.44
K <sub>2</sub> O	.47	.33	.02
TiO <sub>2</sub>	.42	.93	.49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.06	.15	.07
CO <sub>2</sub>	.18	.24	.11
S	.07	.08	.03
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	.85	2.65	4.03
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.21	.08	.14
Mn (ppm)	480	1007	1316
Cu (ppm)	55	25	27
Zn (ppm)	40	62	115
Ni (ppm)	24	113	1190
TOTAL	99.54	99.20	99.07

NORME C.I.P.W. - % équivalents cationiques

Qz	39.74	5.61	---
Or	2.89	2.03	.12
An	17.88	29.95	22.96
Ab	31.23	26.24	4.14
Co	.50	---	---
Di	---	8.32	13.54
He	---	3.73	4.96
En	3.13	13.71	28.39
Fe	2.03	6.14	10.40
Fa	---	---	3.35
Fo	---	---	9.16
Mt	1.85	2.59	2.10
Il	.61	1.35	.72
Ap	.13	.33	.15

ANNEXE II. Méthodes d'analyse chimique utilisées et limites de précision des mesures.

A) Eléments majeurs (Laboratoire de géochimie analytique de l'Ecole Polytechnique)

Responsable: G. Perrault

Analystes: V. Kubat et C. Dallaire

A.1. Par fluorescence-X:

Constituant	$\sigma$ (en %)
SiO <sub>2</sub>	0.10
TiO <sub>2</sub>	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12
CaO	0.07
K <sub>2</sub> O	0.04
MgO	0.25
Fer total	0.10

A.2. Par voie chimique:

	$\sigma$ (en %)
FeO	0.10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01
S	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.01

Annexe II (suite 1):

A.3. Par chromatographie en phase gazeuse:

	$\sigma$ (en %)
H <sub>2</sub> O total	0.10
CO <sub>2</sub>	0.10

A.4. Par absorption atomique:

	$\sigma$ (en %)
Na <sub>2</sub> O	0.05

A.5. Calculés par différence:

	$\sigma$ (en %)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (à partir des valeurs de Fer total et de FeO)	0.10
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> (à partir des valeurs de H <sub>2</sub> O total et de H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> )	0.10

B) Eléments traces

B.1. Laboratoire de géochimie analytique de l'Ecole Polytechnique

Responsable: G. Perrault

Analystes: V. Kubat et C. Dallaire

Annexe II (suite 2):Par absorption atomique:

Constituants	$\sigma$ (en ppm)
Mn	60
Cu	4
Zn	5
Ni	6
Cr	6

B.2. Laboratoire de géochimie du département de géologie de l'Université de Montréal

Responsable: J. Ludden

Analyste: M. Kerba-Kachaami

Par fluorescence-X:

	$\sigma$ (en ppm)
Y	2.5
Zr	6
Sr	7
Rb	3
Ba	14
Nb	2.5

Annexe II (suite 3 et fin):

C) Eléments des terres rares (Laboratoire de géochimie analytique de l'Ecole Polytechnique)

Responsable: G. Perrault

Analyste: J.L. Bastien

Par activation neutronique:

Constituant	$\sigma$ (en %)
Ce	1.72
Dy	3.06
Eu	3.04
La	1.50
Lu	7.40
Nd	2.38
Sm	1.50
Tb	3.17
Yb	5.74

Mode de préparation: avant d'être analysés, les échantillons ont été pulvérisés à une granulométrie inférieure à 325 mesh (44 microns); quant à la méthode complète de préparation des échantillons en vue de l'analyse chimique, elle est décrite en détail dans Carignan (1979).

Annexe III: Description des principales occurrences de minéralisation métallifère dans la région de Cléricy.

Note: Toutes ces occurrences sont localisées sur la carte géologique

III.1. Canton Destor, rang est chemin Macamic, lot 1

Deux petites tranchées d'environ 2 m de largeur par 1 m de profondeur, et 5 m de longueur ont été creusées dans les andésites à coussinets. En surface altérée, la roche est rouillée, et en cassure fraîche, on observe de la pyrite et de la pyrrhotine dissiminées.

III.2. Canton Destor, rang I, lot 27

Des sulfures massifs s'observent au contact entre la rhyolite et l'andésite. Des nombreuses tranchées et un puits d'exploration d'environ 7 m par 5 m de section, et 7 m de profondeur ont été creusés, ainsi que plusieurs trous de forage de faible profondeur. La pyrite est le principal minéral métallique présent, avec un peu de sphalérite.

III.3. Canton Dufresnoy, rang IX, lot 47

On observe de la pyrite dissiminée dans une lave mafique extrêmement cisailée; la pyrite se concentre dans les plans de schistosité orientés est-ouest. Une tranchée de 2 m de largeur par 3 m de profondeur, et 3 m de longueur a été creusée.

Annexe III (suite 1)

III.4. Canton Dufresnoy, rang IX, lot 53

Une petite tranchée de 1 m de largeur par 1 m de profondeur, et 3 m de longueur a été creusée dans une andésite schisteuse. L'andésite contient de la pyrite dissiminée.

III.5. Canton Dufresnoy, rang VIII, lot 52 et rang VII, lot 53. Gisement Moberun

Ce gisement de trois millions de tonnes de sulfures massifs a été délimité par Moberun Copper Ltd en 1955-56.

Il renferme en moyenne 0.69% de cuivre, 2.18% de zinc, 37.4% de soufre, 0.052 once d'or et 0.62 once d'argent à la tonne. Plusieurs propriétaires successifs effectuèrent de nombreux travaux géologiques: creusage de tranchées, sondages au diamant et levés géophysiques variés (Hogg, 1963).

A l'examen des échantillons provenant des sondages entreposés sur les lieux, on constate que la roche minéralisée est une rhyolite à grain très fin, silicifiée et séricitisée; cette roche est bréchifiée et injectée de sulfures, principalement de pyrite, qui constitue localement la totalité de la roche. La chalcopryrite et la sphalérite remplissent de petites fractures à l'intérieur de la pyrite massive.

Annexe III (suite 2)

III.6. Canton Dufresnoy, rang VII, lot 57. Puits de la compagnie Copper Hill Ltd

L'affleurement consiste en une brèche rhyolitique très cisailée, dans laquelle tous les fragments sont allongés dans une direction est-ouest, correspondant à la direction du plan de cisaillement. La roche est fortement minéralisée et on observe de la pyrite dissiminée dans de nombreuses tranchées. Un puits d'exploration vertical de 2 m par 2 m de section et d'une dizaine de mètres de profondeur a été creusé, et autour de ce puits, la roche abattue est minéralisée en chalcopryrite. Ce minéral se retrouve surtout dans les zones les plus intensément cisailées, en remplissage de fractures, en particulier aux endroits où la roche encaissante montre une silicification importante.

III.7. Canton Dufresnoy, rang VI, lot 52

Deux trous d'exploration ont été creusés dans une lave mafique à grain très fin. La roche est fracturée et injectée de veines de calcite; on n'a observé qu'un peu de pyrite dissiminée.

III.8. Canton Dufresnoy, rang VI, lot 62

Juste à l'ouest du cimetière de Cléricy, de nombreuses tranchées ont été creusées dans la rhyolite fragmentaire aphanitique; la roche est

Annexe III (suite 3).

surtout minéralisée en pyrite le long des plans de schistosité.

III.9. Canton Dufresnoy, rang V, lot 57

Quelques trous de faible profondeur ont été forés et des tranchées ont été creusées dans le granite leucocrate composant le filon-couche de Cléricy. Le granite est cisailé, et contient de la pyrite et de l'hématite spéculaire dissimulées.

III.10. Canton Dufresnoy, rang III, lot 54

Sur une petite île située dans la rivière Kinojévis, on observe une andésite à coussinets silicifiée et pyritisée. Les coussinets sont petits (< 30 cm), et l'andésite est aphanitique, de couleur gris clair, et très friable. La pyrite constitue localement 50 à 60% de la roche. Ce site a été foré par la compagnie Noranda, mais les résultats n'ont pas semblé assez intéressants pour poursuivre l'exploration.

III.11. Canton Cléricy, rang VI, lot 2

Dans le village de Cléricy, quelques petites tranchées ont été creusées dans la rhyolite aphanitique rouillée en surface d'affleurement. La roche est très cisailée et fortement pyritisée; on observe également un peu de chalcopryrite.

Annexe III (suite 4)

III.12. Canton Cléricy, rang V, lot 2

Deux tranchées ont été creusées dans l'andésite aphanitique à coussinets. La minéralisation consiste surtout en veines et en imprégnations de pyrrhotine, avec un peu de chalcopryrite.

III.13. Canton Cléricy, rang V, lots 2 et 3. Puits de la Consolidated Windfall Ltd

Cette compagnie a creusé un petit puits d'exploration d'une profondeur de 20 m, ainsi que 2,500 m de sondage au diamant (Hogg, 1963). La roche extraite du puits est une andésite à coussinets aphanitique, de couleur noire, très fracturée et parcourue de veines de quartz et de calcite. On observe également des incrustations de gypse. On constate une bonne minéralisation en pyrrhotine et, à un degré moindre, en chalcopryrite.

III.14. Canton Cléricy, rang V, lot 5

Une tranchée de 3 m de largeur par 5 m de profondeur, et 10 m de longueur a été creusée dans l'andésite à coussinets. Les agrégats d'épidote et de quartz entre les coussins sont très bien développés. La minéralisation consiste surtout en pyrite avec des traces de chalcopryrite.

Annexe III (suite 5)

III.15. Canton Cléricy, rang V, lot 6. Puits #4 de la mine Harvie

Ce puits à deux compartiments va jusqu'à 40 m de profondeur. On y creusa des galeries et des travers-bancs d'une longueur totale de 95 mètres. Au nord-ouest du puits, on fora deux trous de sondage.

La roche abattue au sein de l'andésite à coussinets est presque entièrement constituée d'un agrégat très poreux et extrêmement friable de quartz et de pyrite, avec quelques traces de chalcopryrite et de sphalérite.

III.16. Canton Cléricy, rang V, lot 20. Galerie de la compagnie Primrose Ltd

Il s'agit d'une galerie à flanc de coteau de direction nord-sud; elle mesure environ 3 m par 3 m de section, et fait 50 m de longueur. Cette galerie a été creusée dans le but d'intersecter une série de veines aurifères orientées est-ouest qui avaient été découvertes en surface d'affleurement. L'extension de ces veines s'est cependant révélée très restreinte, et les travaux furent abandonnés.

Sur l'affleurement, les veines sont exposées par de nombreuses tranchées. Elles consistent en quartz laiteux et enfumé, et en calcite rose et blanche, avec des quantités accessoires de chlorite, de pyrrotine et de chalcopryrite. Lors de notre visite, au cours de l'été 1975, nous avons pu observer de l'or natif dans un échantillon provenant de

Annexe III (suite 6)

ces veines.

III.17. Canton Cléricy, rang IV, lot 4. Galerie #2 de la mine Harvie

Il s'agit d'une galerie horizontale creusée à flanc de coteau, d'environ 3 m de hauteur par 3 m de largeur, et longue de quelque 250 mètres, avec 27 mètres de travers-bancs (Hogg, 1963). La roche est une andésite à grain très fin, de couleur noire, contenant environ 5% de pyrrhotine dissiminée.

III.18. Canton Cléricy, rang IV, lot 5

Un puits d'exploration d'environ 5 m par 3 m de section, et 10 m de profondeur, a été creusé au sein d'une andésite aphanitique. La roche est bien minéralisée en pyrrhotine, avec des quantités moindres de chalcopryrite.

III.19. Canton Cléricy, rang IV, lot 9. Puits #3 de la mine Harvie

Ce puits est incliné et va jusqu'à une profondeur de 35 m; il est foncé dans un filon de quartz renfermant de la chalcopryrite, de la pyrrhotine et de la pyrite. Un second filon fut traversé par un trou de sondage à 42 m de profondeur. Ce trou a recoupé 17 pouces de chalcopryrite massive (Hogg, 1963). On y retrouve un basalte cisailé, bréchifié et

### Annexe III (suite 7)

coussiné, injecté de veines de quartz et de calcite contenant parfois de la chalcopryrite en abondance. On a observé des coussinets presqu'entièrement remplacés par de la chalcopryrite. Il reste sur place quelques vieux bâtiments et une cabane où l'on entreposait les carottes.

Plusieurs tranchées ont été creusées, dont la principale mesure 3 m de largeur par 3 m de profondeur, et 70 m de longueur. Elle suit une zone de cisaillement orientée S 20 E. Cette zone est soulignée par une abondance de veines de quartz laiteux contenant les sulfures suivants, par ordre d'abondance: pyrite, chalcopryrite, sphalérite et galène.

Un chemin, maintenant partiellement boisé, mène du rang V et VI au site des travaux. Ce chemin a autrefois servi au transport de quelques dizaines de tonnes du minerai le plus riche (titrant environ 10% Cu), qui furent envoyées à l'usine de la compagnie Noranda pour affinage.

#### III.20. Canton Cléricy, rang IV, lot 9

Un petit trou d'exploration d'environ 3 m par 3 m de section, et 2 m de profondeur a été creusé dans le tuf aquagène. La roche montre une minéralisation à grain très fin composée surtout de pyrrhotine, avec un peu de pyrite. Le tuf aquagène est également recoupé par des veines de quartz laiteux contenant de la chalcopryrite, de la galène et de la sphalérite.

Annexe III (suite 8)

III.21. Canton Cléricy, rang IV, lot 9. Puits #1 de la mine Harvie

La société Archean Mines Development Co. Ltd a foncé à cet endroit un puits d'une profondeur de 40 m. On a développé deux niveaux: des galeries et des travers-bancs furent percés. Des tranchées furent creusées et des trous de sondage forés à partir de la surface et des installations souterraines (Hogg, 1963). Dans un horizon de lave variable à coussinets, la minéralisation est sous forme de remplissage de fractures et les sulfures sont, par ordre d'abondance: pyrrhotine, chalcopryrite, sphalérite et pyrite.

III.22. Canton Cléricy, rang IV, lot 34

De nombreuses tranchées ont été creusées dans un gabbro extrêmement cisailé. La roche contient des veines de quartz renfermant de la pyrite, de la chalcopryrite et de la malachite.

III.23. Canton Cléricy, rang IV, lot 36

Une tranchée a été creusée le long d'une zone de cisaillement orientée N 30 E, au sein d'une andésite à coussins de couleur noire. La roche est rouillée en surface, et en cassure fraîche, elle contient de la chalcopryrite et de la pyrrhotine.

Annexe III (suite 9)

III.24. Canton Cléricy, rang I, lot 8

Deux petites tranchées ont été creusées dans une brèche de coulée andésitique d'aspect hétérogène, montant des parties silicifiées et des parties chloritisées. La roche contient de la pyrite et de la pyrrhotine dissiminées.

III.25. Canton Cléricy, rang I, lots 10 à 14. Les Mines d'Étain du Québec Limitée

Plusieurs travaux furent effectués depuis 1935 sur ce groupe de claims; la minéralisation est de deux types: le premier consiste en pyrite massive (> 50% de la roche) avec des quantités mineures de pyrrhotine dans une andésite massive de couleur gris clair (lots 10 et 11); trois petits trous d'exploration de quelques mètres de profondeur ont été creusés au sein de cette minéralisation. Le deuxième type consiste en or natif associé à des veines de quartz et d'ankérite dans une roche granitique très fracturée. Cette minéralisation d'or a été explorée à l'aide de nombreux trous de forage et tranchées, et en 1937, la firme Le Roy Mines Ltd creusa sur le lot 12 un puits à trois compartiments allant jusqu'à une profondeur de 90 mètres, avec des travers-bancs aux niveaux de 40 et de 80 mètres. A l'automne 1976, les Mines d'Étain du Québec Limitée procédaient à une réévaluation de ces claims; les affleurements furent décapés et l'on décida d'exploiter le gisement à ciel

Annexe III (suite 10 et fin)

ouvert. La roche très fracturée et injectée de veines de quartz servirait de fondant pour la raffinerie de Noranda et on pourrait de plus en extraire les quantités d'or qu'elle renferme. A l'été 1977, lors de notre visite, un chemin joignant le rang III et IV au site des travaux était en construction.

Le chemin est maintenant complété, mais depuis, les déboires n'ont cessé de s'accumuler pour cette entreprise: un premier envoi à la raffinerie de Noranda a été refusé à cause d'une teneur en silice trop faible, et les travaux de développement sont actuellement au point mort.

Lors d'une première visite de la propriété, au cours de l'été 1976, nous avons observé des mouchetures d'or natif dans plusieurs échantillons provenant de la roche abattue du puits. D'autre part, le filon-couche de Cléricy, comme nous l'avons mentionné au paragraphe IV.7.3, représente une masse intrusive très hétérogène. La roche provenant du puits situé sur le lot 12 est une diorite quartzifère, dont l'analyse chimique (#76-2563) n'a donné que 52.25%  $\text{SiO}_2$ , cette teneur étant inacceptable pour les besoins de la raffinerie. Par contre, deux analyses chimiques provenant de la partie granitique du filon-couche ont donné respectivement 72.53 et 78.80%  $\text{SiO}_2$ , ce qui surpasse les exigences de la raffinerie. A notre avis, seule une estimation (basée sur des méthodes statistiquement valables) des teneurs moyennes en silice et en or, d'un volume de roche suffisamment important pour envisager une exploitation à ciel ouvert, pourra donner une certaine crédibilité aux travaux effectués à date.