

PÉTROGRAPHIE ET GÉOCHIMIE DES ROCHES VOLCANIQUES  
DES CANTONS DESTOR ET DUFRESNOY, ABITIBI

par

Jacques Carignan



Mémoire présenté en vue de l'obtention d'une  
Maîtrise ès Sciences appliquées (M.Sc.A.)

Département de génie minéral (géologie)  
Ecole Polytechnique  
Université de Montréal

Janvier 1975



**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.

RÉSUMÉ

Le but de ce travail est de déterminer les caractéristiques et les variations pétrochimiques des roches volcaniques archéennes de l'Abitibi. La région étudiée fait partie de la ceinture volcanique d'Abitibi, au nord de Rouyn-Noranda, dans les cantons Destor et Dufresnoy. Selon une classification géochimique basée sur la teneur en silice, la région contient 18.5% de basaltes, 45.7% d'andésites, 8.7% de dacites, 2.2% de rhyodacites et 24.9% de rhyolites. Au point de vue pétrographie, notre attention a porté sur les brèches de coulée mafiques et les hyaloclastites au sommet des coulées, sur les roches fragmentaires, type cendres, avec "shards" et pumices, sur les différents faciès des brèches de coulées rhyolitiques, sur les textures de refroidissement rapide et de dévitrification. Au point de vue stratigraphie, notre terrain est entièrement contenu dans le groupe Blake River avec à la base la série tholéiitique DDM et ses laves variolaires, surmontée d'une série calco-alcaline répétée par un synclinal, le faciès Nord fortement pyroclastique appelé série calco-alcaline Renault et le faciès Sud surtout sous forme de coulées rhyolitiques appelé série calco-alcaline Dufault, et au sommet la série tholéiitique Dufresnoy. Les roches volcaniques de l'Abitibi sont pauvres en potasse. Nous avons même trouvé des évidences d'une altération sous forme de

lexiviation des alcalis, probablement associée au métamorphisme. Nos séries tholéiitiques se comparent très bien avec les îles océaniques de Raoul et Tonga alors que les séries calco-alcalines se comparent avantageusement avec les roches de ceintures orogéniques du Japon, telle que Nasu. Les laves variolaires ont aussi été étudiées d'une façon particulière. Des évidences pétrographiques et pétrologiques suggèrent l'hypothèse de l'immiscibilité de deux liquides. Le métamorphisme régional est caractérisé par le métamorphisme d'enfouissement prehnite-pumpellyite dans la partie nord et par le faciès des schistes verts dans la partie sud. Nous avons aussi trouvé quelques occurrences de stilpnomélane. Nous avons finalement vérifié l'hypothèse de la corrélation entre la minéralisation d'une part et l'affinité calco-alcaline en plus des anomalies en potasse d'autre part.

ABSTRACT

The aim of this work has been to study the characteristics and the chemical variations of Archean volcanic rocks from the Abitibi volcanic belt. The region studied lies north of Rouyn-Noranda in Destor and Dufresnoy Townships and is entirely underlain by easterly trending and synclinally folded rocks of the Blake River Group. The base of the group is made up of the DDM tholeiitic suite with an intercalated horizon of variolitic lavas; it is overlain by a calc-alkaline suite repeated by the folding into a northern portion, the highly pyroclastic Renault calc-alkaline suite, and a southern part, the Dufault calc-alkaline suite, made up principally of rhyolitic flows. The top of the sequence is made up of the Dufresnoy tholeiitic suite. Using a geochemical classification based on the silica content, the rock sequence studied comprises the following rock types: basalts (18.5%), andesites (45.7%), dacites (8.5%), rhyodacites (2.2%) and rhyolites (24.9%). Special attention was given to mafic flow breccias and hyaloclastites in the upper part of flows, on variolitic lavas, on ash-flow tuffs with shards and pumices, on the various facies of rhyolitic flow breccias, on quenches and devitrification textures.

The volcanic rocks of the Blake River Group are very poor in potassium and evidences have been found that alteration by leaching of alkaline probably occurred during metamorphism. The tholeiitic suites

are closely similar to that of certain oceanic islands such as Raoul and Tonga whereas the calc-alkaline suites are comparable to that of orogenic belts such as Nasu in Japan. Special attention was also paid to the variolitic lavas where important petrographic and chemical criteria lead us to infer that these developed as a result of liquid immiscibility. Regional metamorphism is characterized by burial metamorphism with prehnite and pumpellyite in the northern part and by greenschist facies in the southern part. Some stilpnomelane was also found. Finally, this work provides additional support to the postulated relationship between mineralization and calc-alkaline affinity as well as with the potassium anomalies.

TABLE DES MATIERES

VOLUME I

RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT	iv
LISTE DES FIGURES	xi
LISTE DES TABLEAUX	xxi
CHAPITRE I: INTRODUCTION	1
1.1 Objectifs de ce travail	1
1.2 Portée pratique et théorique du projet	3
1.3 Description de la région étudiée	4
1.4 Travaux antérieurs	9
1.5 Méthodes de travail	11
1.6 Historique, travaux et résultats	14
1.7 Contributions originales	16
CHAPITRE II: GEOLOGIE GENERALE	18
2.1 Généralités	18
2.2 Géologie de la région de Noranda	19
2.3 Géologie de la région étudiée	22
2.3.1 Généralités	22
2.3.2 Roches effusives	22
2.3.3 Roches intrusives	42
2.3.4 Géologie structurale	45

2.3.4.1	Plis	46
2.3.4.2	Failles	46
CHAPITRE III. PETROGRAPHIE		48
3.1	Généralités	48
3.2	Les roches effusives	50
3.2.1	Les laves mafiques	50
3.2.1.1	Les laves mafiques massives	50
3.2.1.2	Les laves mafiques coussinées	56
3.2.1.3	Brèches de coulée mafiques et hyaloclastiques	59
3.2.1.4	Pyroclastiques mafiques	65
3.2.2	Les laves intermédiaires	68
3.2.2.1	Les laves intermédiaires massives	69
3.2.2.2	Les laves intermédiaires coussinées	73
3.2.2.3	Brèches de coulée intermédiaires	73
3.2.2.4	Pyroclastiques intermédiaires	76
3.2.3	Les laves acides	78
3.2.3.1	Les laves acides massives	79
3.2.3.2	Les brèches de coulée acides	86
3.2.3.3	Les pyroclastiques acides	89

3.2.3.4	Les brèches polygénétiques	93
3.3	Roches intrusives	95
3.3.1	Gabbros, diorites, granodiorites	95
3.3.2	Dykes mafiques	97
3.3.3	Les porphyres	97
3.4	Textures de refroidissement rapide (quench)	99
3.5	Textures de dévitrification	101
CHAPITRE IV: GEOCHIMIE		103
4.1	Introduction	103
4.2	Généralités	104
4.2.1	Définition des termes	104
4.2.2	Echantillons, analyses et traitement des données	107
4.3	Classification pétrochimique	116
4.3.1	Principes de classification	116
4.3.2	Classification des roches de la région	124
4.4	Interprétation globale du géochi- misme de la région étudiée	127
4.4.1	Caractérisation des séries tholéiitiques et calco- alcalines	127
4.4.2	Etude des rhyolites	166
4.4.3	Modèle proposé	181
4.5	Comparaisons avec des laves récentes	185
4.5.1	Diagrammes AFM	185

4.5.2	Indice de différenciation magmatique	188
4.5.3	Indice de solidification	194
4.5.4	Diagrammes oxyde-oxyde	205
CHAPITRE V: LAVES VARIOLAIRES		215
5.1	Généralités	215
5.2	Varioles dans des laves mafiques coussinées	216
5.3	Varioles dans les hyaloclastites	217
5.4	Observations au microscope	218
5.5	Géochimie des laves variolaires	221
CHAPITRE VI: METAMORPHISME		231
6.1	Généralités	231
6.2	Métamorphisme d'enfouissement: faciès prehnite-pumpellyite	232
6.3	Stilpnomélane	236
6.4	Faciès des schistes verts	237
6.5	Considérations géochimiques	241
CHAPITRE VII: GEOLOGIE ECONOMIQUE		245
7.1	Généralités	245
7.2	Métallogénèse de l'Abitibi	246
7.2.1	Cas-type de la région de Noranda	249
7.2.1.1	Géologie régionale	249
7.2.1.2	Géologie locale et lithologie	249

7.2.1.3	Géologie structurale	251
7.2.1.4	Structure, forme, zonalité et minéralogie	251
7.2.1.5	Altération de la roche-mère	253
7.2.1.6	Géochronologie	254
7.2.1.7	Genèse	254
7.2.1.8	Résumé	255
7.3	Occurrences minéralisées	258
7.4	Considérations géochimiques	261
7.4.1	Principes généraux	261
7.4.2	Conclusions de Descarreaux (1973)	262
7.4.3	Conséquences métallogéniques	264
7.4.4	Applications pratiques à cette étude	269
CONCLUSION		272
REMERCIEMENTS		277
REFERENCES		280

VOLUME II

LISTE DES ANNEXES	300
ANNEXE A	301
ANNEXE B	321
ANNEXE C	340
ANNEXE D	342

LISTE DES FIGURES

Figure 1:	Carte du Bouclier précambrien et position de la ceinture volcanique d'Abitibi (d'après De Geoffroy et Wu, 1970).	5
Figure 2:	Carte des gisements de la ceinture volcanique d'Abitibi (d'après De Geoffroy et Wu, 1970).	5
Figure 3:	Cheminement complet et localisation de la région étudiée.	7
Figure 4:	Localisation du terrain d'étude dans la ceinture volcanique d'Abitibi (modifiée de Baragar, 1968).	7b
Figure 5:	Géologie de la ceinture volcanique d'Abitibi entre la faille Duparquet-Destor-Manneville et la mine Lake Dufault: a) Structure b) Lithologie c) Topographie et physiographie	23
Figure 6:	Divers types de brèches de coulée (d'après Carlisle, 1964).	29
Figure 7:	Faciès des roches acides selon Dimroth (1973).	40
Figure 8:	Champs de stabilité du quartz, de l'orthose et des plagioclases en fonction de la pression partielle d'H <sub>2</sub> O.	83
Figure 9:	Occurrences des textures de refroidissement rapide.	100
Figure 10:	Système Olivine-Néphéline-Quartz: base du tétraèdre des basaltes DI-Ne-Ol-Qz (Yoder et Tilley, 1962) permettant la subdivision en domaines alcalin et subalcalin.	105
Figure 11:	Diagramme Na <sub>2</sub> O vs SiO <sub>2</sub> (Macdonald et Katsura, 1964): subdivision en domaines alcalin et subalcalin.	106

Figure 12:	Disposition des analyses-témoins sur les diagrammes Fe-Mg-Alcalis et K-Na-Ca.	111
Figure 13:	Disposition des analyses-témoins sur le diagramme An-Ab-Or.	112
Figure 14:	Disposition des analyses-témoins sur le diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE.	113
Figure 15:	Disposition des analyses-témoins sur le diagramme H <sub>2</sub> O vs (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O).	114
Figure 16:	Disposition des analyses-témoins sur le diagramme SiO <sub>2</sub> - (CaO + MgO + FeO) - (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).	115
Figure 17:	Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les basaltes (SiO <sub>2</sub> < 54%): 32 basaltes (18.5% des analyses) 28 normaux (88%) 4 anormaux (12%).	119
Figure 18:	Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les andésites (SiO <sub>2</sub> , 54-62%): 79 andésites (45.7%) 66 normales (84%) 13 anormales (16%).	120
Figure 19:	Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les dacites (SiO <sub>2</sub> , 62-67%): 15 dacites (8.7%) 7 normales (47%) 8 anormales (53%).	121
Figure 20:	Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les rhyodacites (SiO <sub>2</sub> , 67-71%): 4 rhyodacites (2.2%) 2 normales (50%) 2 anormales (50%).	122

- Figure 21: Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les rhyolites ( $\text{SiO}_2 > 71\%$ ):  
43 rhyolites (24.9%)  
29 normales (67%)  
14 anormales (33%). 123
- Figure 22: Subdivision de la région étudiée en sections tholéiitiques et calco-alcalines.  
Série tholéiitique DDM: Tn.  
Série calco-alcaline Renault: ICA, 2CA.  
Série tholéiitique Dufresnoy: 3T, 4T, 5T, 6T, 7T.  
Série calco-alcaline Dufault: 8CA. 129
- Figure 23: Diagramme AFM et limites des séries selon Kuno (1968) pour les tholéiites.  
Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
Série tholéiitique Dufresnoy:  
3T +, 4T •, 5T o, 6T  $\oplus$ , 7T  $\square$ . 140
- Figure 24: Enrichissement en fer de la série tholéiitique Dufresnoy, section 4T, de la base (72-153) vers le sommet. 141
- Figure 25: Diagramme AFM et les limites des séries selon Kuno (1968) pour les roches de la série calco-alcaline Renault sections ICA •, 2CA +. 142
- Figure 26: Diagramme AFM et limites des séries selon Kuno (1968) pour les roches de la série calco-alcaline Dufault: sections 8CA•, Grasso (1974) +. 143
- Figure 27: Diagramme MgO vs FER TOTAL (Hughes, 1972) pour les roches tholéiitiques.  
Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
Série tholéiitique Dufresnoy: 3T +, 4T •, 5T o, 6T  $\oplus$ , 7T \*.  
Les courbes de référence sont tirées de Hughes (1972). 145

- Figure 28: Diagramme MgO vs FER TOTAL (Hughes, 1972) pour les roches calco-alcalines. 146  
 Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
 Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.  
 Les courbes de références sont tirées de Hughes (1972).
- Figure 29: Diagramme MgO / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) / FER TOTAL + TiO<sub>2</sub> (Green, 1973) pour les roches tholéiitiques. 147  
 Série tholéiitique DDM: Tn Δ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T +, 4T •, 5T o, 6T ⊖, 7T □ .
- Figure 30: Diagramme MgO / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) / FER TOTAL + TiO<sub>2</sub> (Green, 1973) pour les roches calco-alcalines. 148  
 Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
 Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.
- Figure 31: Diagramme FER TOTAL vs (FER TOTAL / MgO) (Miyashiro, 1973) pour les roches tholéiitiques. 149  
 Série tholéiitique DDM: Tn Δ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T +, 4T •, 5T o, 6T ⊖, 7T \*.
- Figure 32: Diagramme FER TOTAL vs (FER TOTAL / MgO) (Miyashiro, 1973) pour les roches calco-alcalines. 150  
 Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
 Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.
- Figure 33: Diagramme SiO<sub>2</sub> vs (FER TOTAL / MgO) (Miyashiro, 1973) pour les roches tholéiitiques. 151  
 Série tholéiitique DDM: Tn Δ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T +, 4T •, 5T o, 6T ⊖, 7T \*.

- Figure 34: Diagramme  $\text{SiO}_2$  vs (FER TOTAL /  $\text{MgO}$ ) (Miyashiro, 1973) pour les roches calco-alcalines. 152  
 Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
 Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.
- Figure 35: Diagramme AN-AB-OR pour les roches tholéiitiques. 153  
 Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T o, 4T •, 5T  $\ominus$ , 6T  $\square$ , 7T \*.
- Figure 36: Diagramme AN-AB-OR pour les roches calco-alcalines. 155  
 Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
 Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.
- Figure 37a: Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les tholéiites. 156  
 Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T +, 4T •, 5T o, 6T  $\ominus$ , 7T \*.
- Figure 37b: Diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les roches calco-alcalines. 157  
 Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
 Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.
- Figure 38: Diagramme  $\text{H}_2\text{O}$  vs (Na + K) pour les tholéiites. 158  
 Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T o, 4T •, 5T  $\ominus$ , 6T  $\square$ , 7T \*.

- Figure 39: Diagramme  $H_2O$  vs  $(Na + K)$  pour la série calco-alcaline Renault : 1CA •, 2CA +. 159
- Figure 40: Diagramme  $H_2O$  vs  $(Na + K)$  pour la série calco-alcaline Dufault: 8CA •, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*. 160
- Figure 41: Diagramme  $H_2O$  vs  $(Na + K)$  pour chacun des types de roches: a) basaltes; b) andésites; c) dacites; d) rhyodacites; e) rhyolites. Série tholéiitique DDM (\*). Série calco-alcaline Renault (+). Série tholéiitique Dufresnoy (o). Série calco-alcaline Dufault ( $\Delta$ ). 161
- Figure 42: Diagramme  $Al_2O_3$  vs  $(Na_2O + K_2O)$  (Kuno, 1960) pour la détermination des basaltes alumineux. 165
- Figure 43: Histogrammes des teneurs en FER TOTAL: a) Basaltes tholéiitiques. b) Basaltes calco-alcalins. c) Andésites tholéiitiques. d) Andésites calco-alcalines. 167
- Figure 44: Histogrammes des teneurs en  $TiO_2$ : a) Basaltes tholéiitiques b) Basaltes calco-alcalins. 168
- Figure 45: Histogrammes des teneurs en oxyde de fer total pour les rhyolites tholéiitiques (a), calco-alcalines Renault (b) et calco-alcalines Dufault (c). 173
- Figure 46: Histogrammes des teneurs en oxyde de silice des rhyolites tholéiitiques (a), calco-alcalines Renault (b) et calco-alcalines Dufault (c). 175
- Figure 47: Histogrammes des teneurs en oxyde de sodium pour les rhyolites tholéiitiques (a), calco-alcalines Renault (b) et calco-alcalines Dufault (c). 176

- Figure 48: Diagramme An-Ab-Or-Qz pour les rhyolites calco-alcalines Renault ( $\square$ ) et Dufault (o). Les champs de stabilité des différents minéraux sont donnés en fonction de la pression dans des conditions sèches ou humides. 178
- Figure 49: Diagramme An-Ab-Or-Qz pour les rhyolites tholéiitiques. Les champs de stabilité des différents minéraux sont donnés en fonction de la pression dans des conditions sèches ou humides. 179
- Figure 50: Diagramme Qz-Ab-Or pour les rhyolites calco-alcalines (a): Dufault  $\bullet$ , Renault  $+$ ; et tholéiitiques (b). La composition moyenne des rhyolites selon Tuttle et Bowen (1952) est donnée par les lignes de contour ainsi que la position du point minimum et du champ de stabilité du quartz en fonction de la pression d' $H_2O$  en  $Kg/cm^2$ . 180
- Figure 51: Diagramme An-Ab-Or pour les rhyolites calco-alcalines (a): Dufault ( $+$ ), Renault ( $\bullet$ ); et tholéiitiques (b). La distribution moyenne des feldspaths selon Tuttle et Bowen (1958) est donnée par des lignes de contour. 182
- Figure 52: Modèle de la région étudiée le long du cheminement. 183
- Figure 53: Diagramme AFM pour les séries tholéiitiques: AA'BB', série pigeonitique (tholéiitique) selon Kuno (1968)  
SK, Skaergaard (Wager et Deer, 1939)  
RAOUL (Brothers et Searle, 1970)  
TONGA (Bryan et al., 1972)  
NASU (Kawano et al., 1961)  
 $\bullet$  Noranda - 72. 186
- Figure 54: Diagramme AFM pour les séries calco-alcalines: BB'CC', série hypersthénique (calco-alcaline) selon Kuno (1968)  
NASU (Kawano et al., 1961)  
CASCADES (Smith et Carmichael, 1968)  
CA, calco-alcaline (analyses tirées de Turner et Verhoogen, 1960, p. 285)  
 $\bullet$  Noranda - 72, série calco-alcaline Renault  
 $+$  Noranda - 72, série calco-alcaline Dufault 187

- Figure 55: Diagramme  $Al_2O_3$  vs INDICE DE DIFFERENCIATION MAGMATIQUE (ID) selon Thornton et Tuttle (1960) pour les séries tholéitiques (a): Skaergaard (Wager et Deer, 1939), Thingmuli (Carmichael, 1964), Tonga (Bryan et al., 1972), Raoul (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les séries calco-alcalines (b): Nasu (Kawano et al., 1961), Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Noranda-72 (•). 190
- Figure 56: Diagramme Fe TOTAL vs INDICE DE DIFFERENCIATION MAGMATIQUE (ID) selon Thornton et Tuttle (1960) pour les séries tholéitiques (a): Skaergaard (Wager et Deer, 1939), Thingmuli (Carmichael, 1964), Raoul (Bryan et al., 1972), Tonga (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les séries calco-alcalines (b): Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•). 192
- Figure 57: Diagramme  $TiO_2$  vs INDICE DE DIFFERENCIATION MAGMATIQUE (ID) selon Thornton et Tuttle (1960) pour les roches tholéitiques (a): Raoul (Bryan et al., 1972), Tonga (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les roches calco-alcalines: Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•). 195
- Figure 58: Variation des différents oxydes ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , FeO total, CaO, MgO,  $Na_2O$ ,  $K_2O$  et  $TiO_2$ ) en fonction de l'indice de différenciation magmatique (ID) selon Thornton et Tuttle (1960). 197

- Figure 59: Diagramme Fe TOTAL vs INDICE DE SOLIDIFICATION selon Kuno (1968) pour les roches tholéitiques (a): série pigeonitique (Kuno, 1968) limitée par les courbes tiretées, Skaergaard (Wager et Deer, 1939), Thingmuli (Carmichael, 1964), Tonga (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les séries calco-alcalines (b): série hypersthénique (Kuno, 1968), limitée par les courbes tiretées, Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•). 206
- Figure 60: Diagramme  $Al_2O_3$  vs  $SiO_2$  pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position. 208
- Figure 61: Diagramme FeO TOTAL vs  $SiO_2$  pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position. 209
- Figure 62: Diagramme MgO vs  $SiO_2$  pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position. 210
- Figure 63: Diagramme CaO vs  $SiO_2$  pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position. 211
- Figure 64: Diagramme  $Na_2O$  vs  $SiO_2$  pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position. 212
- Figure 65: Diagramme  $K_2O$  vs  $SiO_2$  pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position. 213
- Figure 66: Diagramme  $SiO_2 - (CaO - MgO - FeO) - (Na_2O - K_2O - Al_2O_3)$  (Greig, 1927) et position du domaine d'immiscibilité (Roedder, 1951 et Holgate, 1954). 222

Figure 67:	Traverse à la microsonde au contact entre nodule et matrice dans une lave variolaire. Le profil a été réalisé pour Si, Al, Mg, Ca, Fe.	228
Figure 68:	Occurrence de prehnite, pumpellyite, stilpnomélane et position de l'isograde de métamorphisme prehnite-pumpellyite.	233
Figure 69:	Assemblage primaire et réactions en cause lors du métamorphisme pour atteindre le faciès des schistes verts.	239
Figure 70:	Assemblage minéralogique typique du faciès des schistes verts.	240
Figure 71:	Complexes volcaniques et localisation des gisements (tiré de Goodwynn et Riddler, 1970).	248
Figure 72:	Cas-type de l'occurrence des gisements de sulfures massifs de la région de Noranda.	250
Figure 73:	Forme et zonalité des gisements de Noranda.	252
Figure 74:	Carte des gisements présents dans la région étudiée (d'après carte 1600-V, rapport E.S. 2, M.R.N., 1965).	260
Figure 75:	Diagramme Ab-An-Or et anomalies potassiques.	271

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I:	Subdivision des roches mafiques et numéros des échantillons correspondants.	25
Tableau II:	Subdivision des roches intermédiaires et numéros des échantillons correspondants.	33
Tableau III:	Subdivision des roches acides et numéros des échantillons correspondants.	36
Tableau IV:	Subdivision des roches intrusives et numéros des échantillons correspondants.	43
Tableau V:	Etude microscopique des laves mafiques massives.	51
Tableau VI:	Etude microscopique des laves mafiques à coussins.	57
Tableau VII:	Etude microscopique des brèches de coulée mafiques (FRAGments et MATrice).	60
Tableau VIII:	Etude microscopique des hyaloclastites.	61
Tableau IX:	Etude microscopique des brèches mafiques.	66
Tableau X:	Etude microscopique des tuffs mafiques.	66
Tableau XI:	Etude microscopique des laves intermédiaires massives.	70
Tableau XII:	Etude microscopique des laves intermédiaires coussinées.	74

LISTE DES TABLEAUX

(suite)

Tableau XIII:	Etude microscopique des brèches de coulée intermédiaires.	74
Tableau XIV:	Etude microscopique des brèches intermédiaires.	77
Tableau XV:	Etude microscopique des tuffs intermédiaires.	77
Tableau XVI:	Etude microscopique des laves acides massives.	80
Tableau XVII:	Etude microscopique des brèches de coulée acides.	87
Tableau XVIII:	Etude microscopique des brèches acides.	90
Tableau XIX:	Etude microscopique des tuffs acides.	91
Tableau XX:	Etude microscopique des brèches polygénétiques.	94
Tableau XXI:	Etude microscopique des gabbros, diorites et granodiorites.	96
Tableau XXII:	Etude microscopique des dykes mafiques.	98
Tableau XXIII:	Etude microscopique des porphyres.	98
Tableau XXIV:	Classification des roches de la région étudiée.	125
Tableau XXV:	Analyses chimiques moyennes des divers types de roches.	126
Tableau XXVI:	Analyses chimiques de la section Tholéiites - Nord.	130
Tableau XXVII:	Analyses chimiques de la section 1-CA.	131

LISTE DES TABLEAUX

(suite)

Tableau XXVIII:	Analyses chimiques de la section 2-CA.	132
Tableau XXIX:	Analyses chimiques de la section 3-T.	133
Tableau XXX:	Analyses chimiques de la section 4-T.	134
Tableau XXXI:	Analyses chimiques de la section 5-T.	135
Tableau XXXII:	Analyses chimiques de la section 6-T.	136
Tableau XXXIII:	Analyses chimiques de la section 7-T.	137
Tableau XXXIV:	Analyses chimiques de la section 8-CA.	138
Tableau XXXV:	Comparaison du contenu en Ab et Qz des rhyolites, tel qu'obtenu par diffraction et par le calcul de la norme.	170
Tableau XXXVI:	Nature du plagioclase des rhyolites à l'aide des courbes de Bambauer (1967).	171
Tableau XXXVII:	Teneurs en silice, fer total et sodium des rhyolites (et rhyodacites). T: tholéiites; CR: calco-alcaline Renault; CD: calco-alcaline Dufault; *: anomalies.	174

LISTE DES TABLEAUX

(suite)

Tableau XXXVIII:	Analyses chimiques des laves variolaires.	224
Tableau XXXIX:	Analyses chimiques de cristaux squelettiques à la microsonde.	229
Tableau XL:	Occurrences de prehnite, pumpellyite, stilpnomélane.	234
Tableau XLI:	Comparaison des analyses chimiques des andésites et basaltes sous le faciès de métamorphisme prehnite-pumpellyite avec le faciès des schistes verts.	242

PÉTROGRAPHIE ET GÉOCHIMIE  
DES ROCHES VOLCANIQUES DES CANTONS  
DESTOR ET DUFRESNOY, ABITIBI

CHAPITRE I - INTRODUCTION

1.1- Objectifs de ce travail

Cette étude fait partie d'un projet global de recherche sur la géochimie des empilements volcaniques de la région de Rouyn-Noranda dont le but ultime vise à découvrir de nouveaux critères susceptibles de conduire à mieux circonscrire les sites favorables à la prospection de gisements volcanogéniques par des méthodes pétrographiques, pétrologiques, géochimiques et géostatistiques.

L'étude en cause dans ce mémoire de maîtrise est à court terme de nature fondamentale. Nous nous devons d'étudier la chimie des roches stériles. Une synthèse de la géochimie des roches effusives de la région de Rouyn-Noranda suivra de peu ce travail et sera faite en combinant les résultats présentés dans trois mémoires de maîtrise (à savoir Grasso (1974), Carignan (1975) et Trudel (1975)).

Une fois le bruit de fond connu, il nous sera possible d'établir des comparaisons valables avec les roches volcaniques minéralisées. Cette dernière étude constitue l'essentiel d'un projet de doctorat soumis par l'auteur.

Les objectifs peuvent donc se résumer en cinq points:

- 1- Acquisition et interprétation de données en vue de déterminer la distribution des divers types de roches.
- 2- Détermination de la composition chimique des divers types de roches.
- 3- Suivant la tendance dans l'exploration minérale, connaissance et compréhension de l'environnement des gisements.
- 4- Production de nouveaux concepts quant aux gisements et à la géologie régionale.
- 5- Mise en évidence des anomalies géochimiques associées à des roches potentiellement économiques, surtout au moment où on en est rendu à la recherche des gisements à faible teneur.

La présente étude touche directement les deux premiers points.

## 1.2- Portée pratique et théorique du projet

La portée pratique immédiate du projet s'inscrit dans le cadre de formation de l'ingénieur-géologue et vise une parfaite maîtrise des roches volcaniques susceptibles de receler des gisements métallifères.

Graduellement, et à long terme, le projet débouche sur des applications pratiques. En effet, la région minière de Rouyn-Noranda jadis prospère subit présentement un déclin économique: plusieurs mines sont épuisées ou sur le point de l'être. Il est de toute nécessité de trouver de nouveaux gisements, ou du moins, de susciter un regain d'intérêt dans la prospection. Nous avons une connaissance très limitée des roches volcaniques qui les renferment: composition chimique, mode de formation, texture, etc. Notre objectif est de trouver des critères chimiques basés sur les éléments majeurs et en traces capables de nous aider à découvrir de nouveaux gisements qui échappent aux méthodes géophysiques à cause de leurs grandes profondeurs.

### 1.3- Description de la région étudiée

Pourquoi avons-nous choisi la ceinture volcanique de l'Abitibi? Tout d'abord, cette ceinture présente d'excellentes opportunités pour la recherche pure et appliquée. En effet, c'est probablement le plus vaste bloc de roches archéennes (donc les plus vieilles) préservées sur terre. De plus, la région est beaucoup mieux exposée que les autres zones archéennes du globe, probablement à cause de la glaciation. A ce point de vue, la densité des affleurements est particulièrement grande dans la région de Rouyn-Noranda.

De plus, il nous semble que la géologie et la métallogénie de cette ceinture sont assez représentatives et semblables aux autres ceintures connues.

Enfin, jusqu'en 1970, un total de deux cent cinquante-quatre (254) gisements exploitables ont été dénombrés dans cette ceinture (Geoffroy et Wu, 1970, p. 497) et ceci représente à peu près la moitié des gisements exploitables découverts à date dans toutes les ceintures minéralisées du Bouclier canadien. De ce nombre, cent vingt-cinq (125) sont localisés au Québec, dans une bande de direction est-ouest sur une distance de plus de 110 milles en passant par Noranda, Amos et au-delà (fig. 1 et 2).

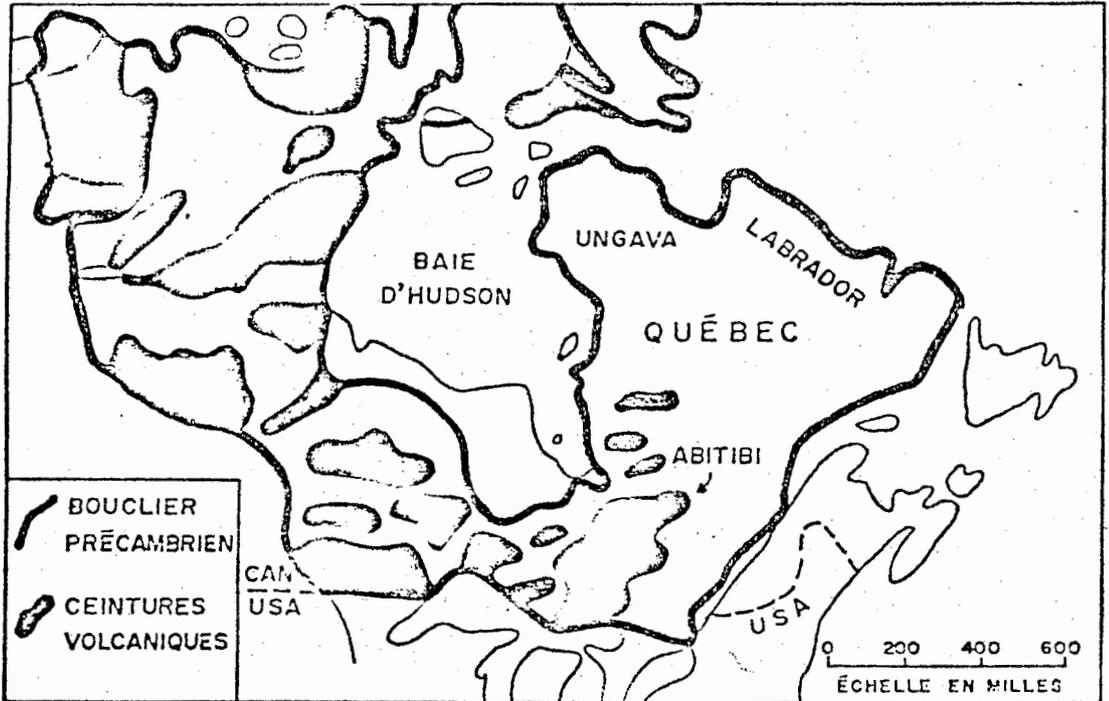


Fig. 1: Carte du Bouclier précambrien et position de la ceinture volcanique d'Abitibi. (d'après De Geoffroy et Wu, 1970).

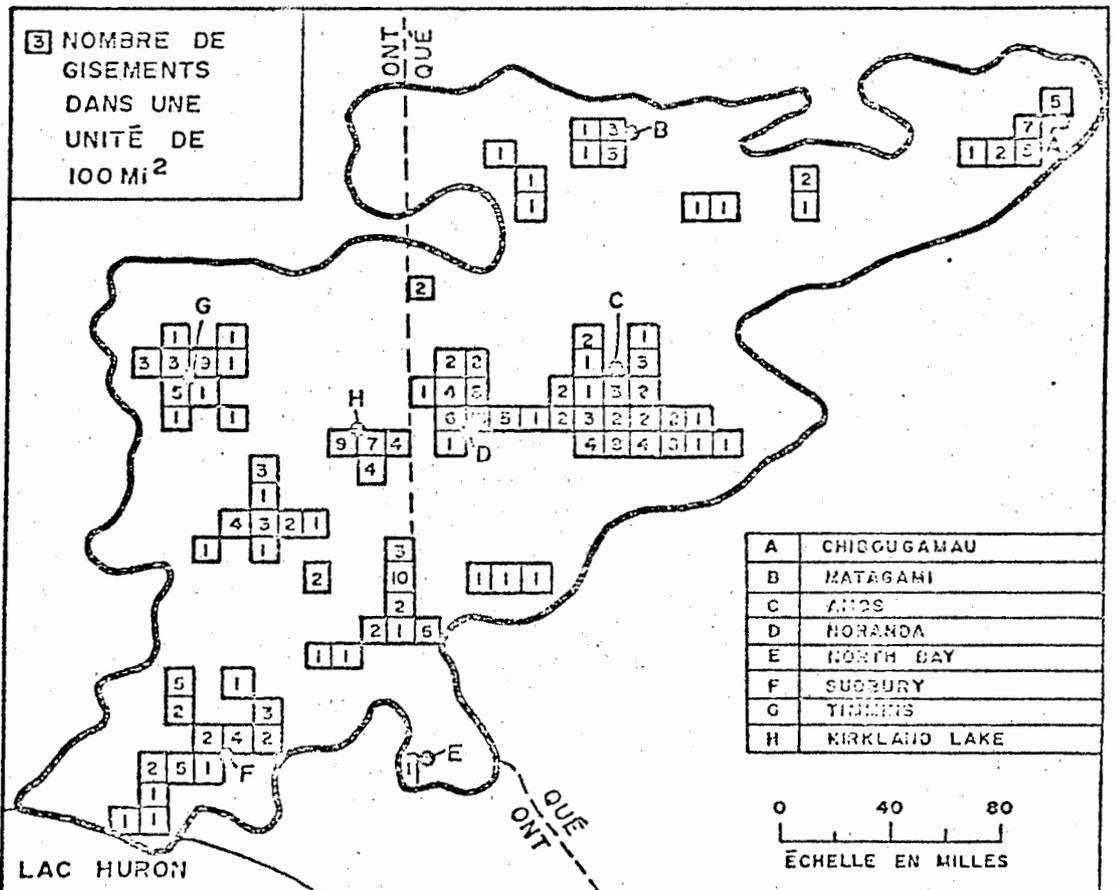


Fig. 2: Carte des gisements de la ceinture volcanique d'Abitibi. (d'après De Geoffroy et Wu, 1970).

Nous avons donc effectué un cheminement à travers la ceinture volcanique d'Abitibi à partir au nord du granite de Palmarolle jusqu'à la faille Cadillac au sud de Rouyn, dans les cantons Duparquet, Destor, Dufresnoy et Rouyn ( $79^{\circ}10'$  long. et  $48^{\circ}35'$  lat. à  $79^{\circ}00'$  long. et  $48^{\circ}10'$  lat. ou 635000 mE - 538000 mN à 650000 mE - 534000 mN) (voir fig. 3, 4 et carte 1 en pochette). La coupe retenue a été choisie perpendiculaire à la direction générale des formations lithologiques et elle est donc représentative de la ceinture volcanique. La portion de ce cheminement qui tombait sous notre responsabilité se trouvait dans les cantons Destor S.O., Dufresnoy N.O. et S.O., de la faille Duparquet - Destor - Manneville ("DDM break", Dimroth et al., 1973) à la mine Lake Dufault au sud.

De nombreuses routes donnent accès à la région étudiée. Notons entre autres la route 46, Rouyn-Malartic, que le cheminement a suivi de plus ou moins loin tout en respectant les contraintes lithologiques, la route 63 vers Duparquet et Lasarre, les routes secondaires vers Destor et Cléricy et enfin les chemins de mines et de pénétration. Nous avons aussi utilisé la ligne hydroélectrique qui traverse la région et fourni des affleurements presque continuels. Nous avons assez peu utilisé le canot mais la région s'y prête bien avec ses nombreux lacs et rivières.

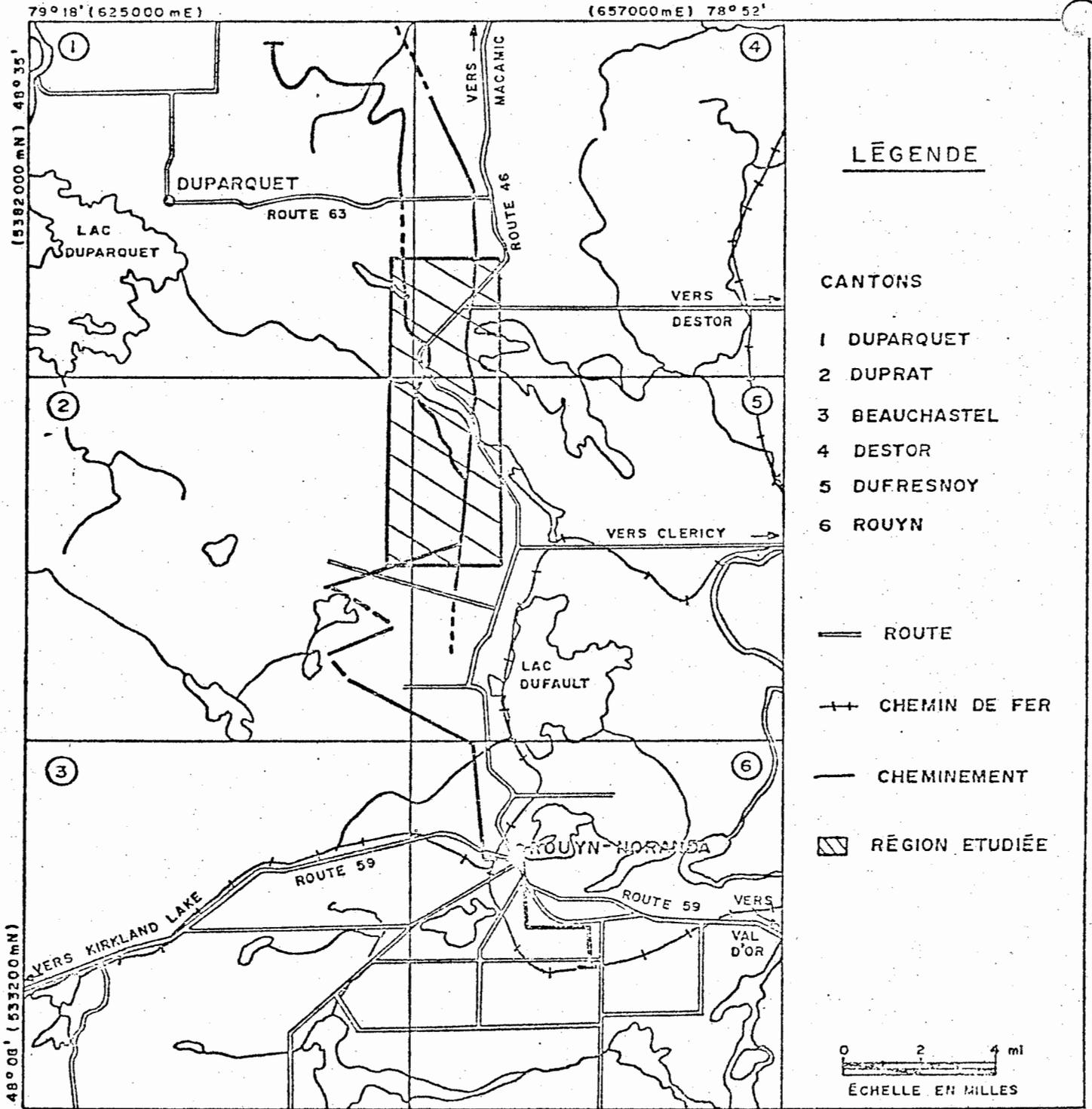


Fig. 3: Cheminement complet et localisation de la région étudiée.

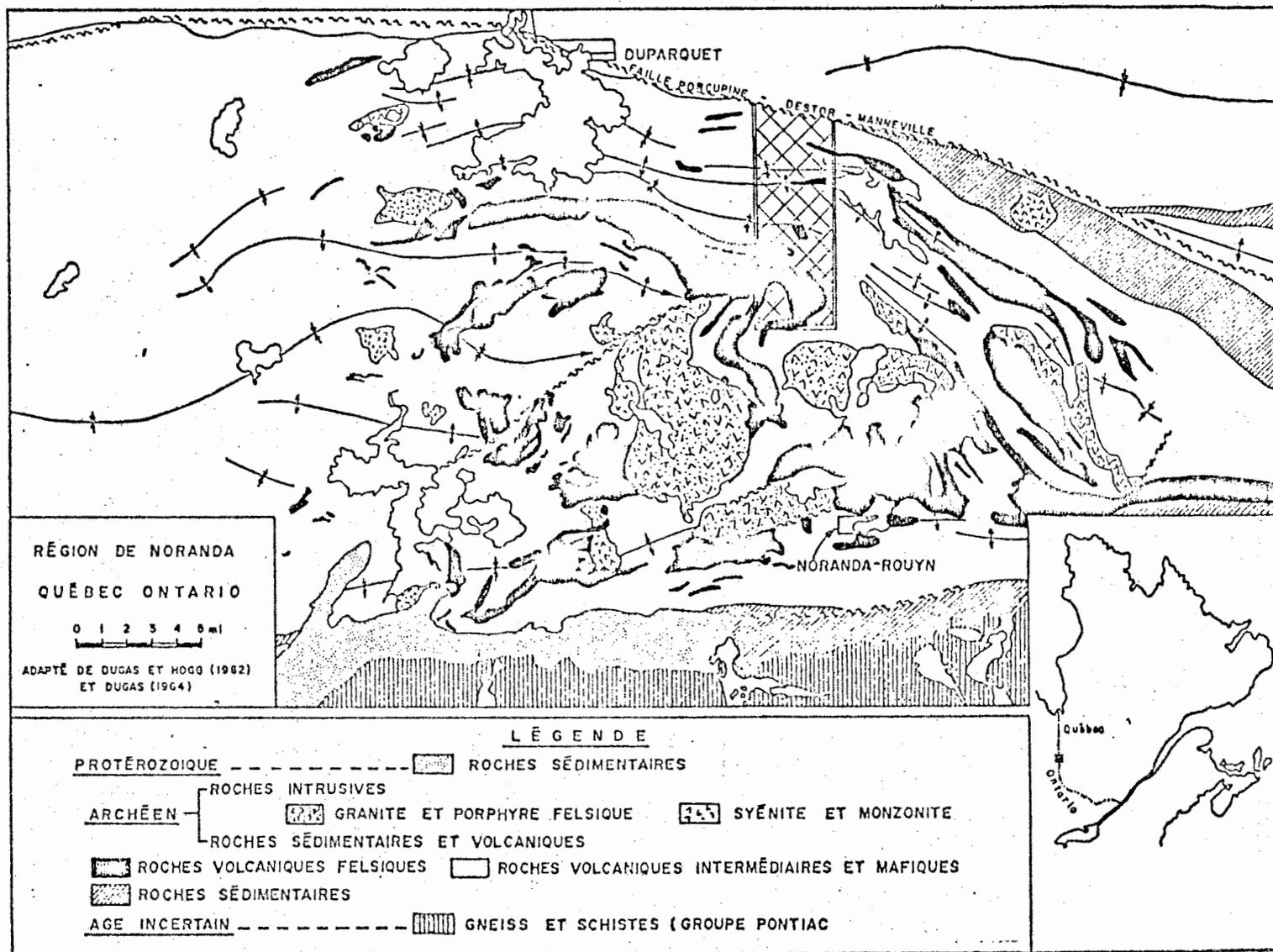


Figure 4:

Localisation du terrain d'étude dans la ceinture volcanique d'Abitibi (modifiée de Baragar, 1968).

La région présente un relief assez peu marqué dans le tronçon étudié, sauf quelques massifs de rhyolite et les parties basses sont occupées par de nombreux marécages. La végétation est assez fournie, mais devient de plus en plus clairsemée à mesure que l'on approche de Rouyn-Noranda.

#### 1.4- Travaux antérieurs

Les travaux dans la ceinture volcanique d'Abitibi furent très nombreux et remontent à 1913 avec M.E. Wilson. Depuis ce jour, des travaux de géologie générale ont été entrepris par les gouvernements fédéral et provincial. De ces travaux, il faut citer ceux de Cooke (1922, 1931), Ambrose (1941), Dugas (1962, 1966), Wilson (1941, 1962), Gilmour (1965), Hutchinson (1971) et plus près de nous, Dimroth (1973). A ceci vient s'ajouter les nombreux rapports préliminaires ou géologiques des différents cantons.

De plus, certains travaux nous ont fourni des analyses chimiques représentatives des différents types de roches de la région. Il faut citer Wilson (1941), Dawson et al. (1965), Faessler (1962). A ceux-ci viennent s'ajouter Sakrison (1966), Riddell (1952), Lickus (1965) qui ont effectué des études géologiques de gisements en exploitation, mettant en évidence les phénomènes d'altération.

Enfin, il ne faudrait pas oublier les travaux de synthèse. Roscoe (1965) publia des résultats géochimiques et isotopiques des régions de Noranda et Matagami. Goodwynn (1965, 1966a, 1966b, 1967, 1968a, 1968b, 1969, 1971) a tenté une interprétation globale de l'évolution de la région. Baragar (1968, 1969) a effectué plusieurs coupes à travers la région afin de compiler une étude

pétrochimique systématique de la ceinture volcanique d'Abitibi et a permis des comparaisons avec d'autres ceintures volcaniques canadiennes (Baragar, 1960, 1966, 1969). Descarreaux (1973) a effectué un cheminement à travers toute la ceinture volcanique d'Abitibi pour en faire une étude pétrochimique et en trouver une application concernant les occurrences des gisements de sulfures massifs.

### 1.5- Méthodes de travail

La cueillette des échantillons s'est faite le long du cheminement, s'accompagnant d'une cartographie des affleurements visités, tantôt sommaire pour en faire ressortir le contexte géologique, tantôt plus détaillée pour des phénomènes d'intérêt particulier, comme laves variolaires, roches fragmentaires et massifs de rhyolites.

Nous n'avons pas retenu le principe de distances plus ou moins égales entre les échantillons, mais l'échantillonnage répondait aux critères suivants:

- 1- Abondance des affleurements.
- 2- Facilité d'accès.
- 3- Changement de lithologie.
- 4- Examen plus détaillé des phénomènes d'intérêt particulier.

Les échantillons furent pris à la masse et au ciseau, en évitant la croûte d'altération ou toute autre manifestation d'altération comme veines de carbonates, de silice ou masses d'épidote. Compte tenu de ces restrictions, nous avons recueilli des échantillons de quatre (4) à cinq (5) livres.

Les échantillons recueillis sur le terrain ont fourni le matériau suivant pour notre étude:

- 1- Lames minces normales et géantes.
- 2- Sections polies.
- 3- Lamelles pour calcul de densités.
- 4- Poudre pour diffraction-X.
- 5- Poudre pour fluorescence-X.
- 6- Mise en solution pour absorption atomique.

Trois méthodes d'analyses chimiques furent utilisées pour quinze (15) éléments majeurs: la fluorescence-X pour  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  et  $\text{FeO}$  total; les voies chimiques pour  $\text{FeO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}^-$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  et  $\text{CO}_2$ ; l'absorption atomique pour  $\text{Na}_2\text{O}$ ; le  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a été calculé par l'équation suivante:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = (\text{Fe tot.} - \text{FeO} \times 0.7773) / 0.6994$ . De plus, cinq (5) éléments traces furent déterminés par absorption atomique:  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}$  en ppm et  $\text{Hg}$  en ppb.

Avec l'aide de trois étudiants qui firent des projets de fin d'études, les études pétrographiques nous permirent de déterminer la composition minéralogique des différents types de roches, les changements qu'elles ont subis, les textures, structures et phénomènes particuliers qui permettent de les distinguer.

A noter que cette étude est rendue assez difficile par l'état de

recristallisation à grains très fins des roches volcaniques et à cause du métamorphisme régional qui a oblitéré la minéralogie et les textures originales de ces roches.

Les études géochimiques, pétrologiques et géostatistiques à l'aide de programmes pétrochimiques conçus pour l'ordinateur permettent de déterminer les critères distinctifs du chimisme des différents types de roches et de faire les comparaisons jugées utiles avec les roches minéralisées. La plupart de ces programmes nous ont été fournis par le Dr Léopold Gélinas et d'autres ont été jugés nécessaires en cours d'études par le groupe de recherche. Les principaux programmes utilisés sont:

- 1- Calcul de la norme.
- 2- Classification chimique.
- 3- Détermination et identification des séries.
- 4- Diagramme de variation.
- 5- Indices de différenciation, de solidification et de cristallisation.
- 6- Histogramme.
- 7- Fichier permanent d'analyses chimiques.

Les programmes sont traités en majeure partie sur l'ordinateur CDC Cyber-74 de l'Université de Montréal. Le fichier est sur l'ordinateur IBM 360/50 de l'Ecole Polytechnique et sur écran cathodique IBM - 32777.

### 1.6- Historique, travaux et résultats

Les travaux ont débuté en janvier '72 par un inventaire des données géochimiques disponibles. L'auteur prit part à ce travail préliminaire et dressa une compilation des analyses chimiques des roches minéralisées de la région de Rouyn-Noranda. Il en fit ensuite une interprétation sommaire sous forme d'un projet de fin d'études. Les roches stériles furent traitées de façon similaire par Pierre Trudel.

Par la suite, le tracé du cheminement au travers de la ceinture fut déterminé avec l'aide du Dr Eric Dimroth, géologue au Ministère des Richesses Naturelles du Québec. La coupe envisagée au travers de la ceinture devait tenir compte le plus possible de la stratigraphie de la région. Son parcours fut divisé en deux tronçons, nord et sud, et fut parcouru pendant les étés '72 et '73. Notre étude fait partie du tronçon nord. Le tronçon a permis le prélèvement de 700 échantillons (dont 400 pour cette étude) de roches volcaniques. Les échantillons furent préparés pour lames minces et analyses chimiques. L'atelier de préparation de lames minces a tiré 602 lames minces (dont 350 pour cette étude) et le laboratoire de géochimie a effectué 444 analyses chimiques complètes (dont 250 pour cette étude).

Nous avons également amélioré les services de notre groupe de recherche:

- 1- Création d'un fichier permanent des analyses chimiques de roches volcaniques de l'Archéen accessible au moyen d'un écran cathodique.
- 2- Mise au point de l'analyse modale des rhyolites selon la méthode de diffraction-X.
- 3- Mise au point des méthodes d'analyses des roches par fluorescence-X et leur automatisation.

### 1.7- Contributions originales

Les études pétrographiques et pétrologiques à ce jour ont permis de mettre en relief les points suivants:

- 1- Reconnaissance d'un vaste domaine dans la ceinture volcanique de l'Abitibi affecté par un métamorphisme prehnite-pumpellyite.
- 2- Nous avons également reconnu des textures de refroidissement rapide ("quench") dans les metabasaltes. Le mode de formation de ces cristaux squelettiques n'est pas connu avec exactitude mais ils sont tout à fait similaires à ceux trouvés dans les roches lunaires et les basaltes des fonds océaniques du Pacifique. A noter que ce sujet a déjà fait l'objet d'une publication de la part du Dr Léopold Gélinas, directeur du projet (Gélinas et Brooks, 1974).
- 3- Nous avons également observé dans les laves varioles de nombreuses évidences d'immiscibilité entre deux phases liquides, l'une représentée par les varioles de composition rhyolitique et l'autre représentée par la matrice de composition andésitique ferrugineuse. Des microphénocristaux résultant du refroidissement rapide furent également observés,

pour la première fois, dans les varioles et la matrice de ces roches (Gélinas, Brooks, Trzcienski, 1974, en préparation). L'importance de cette découverte est considérable. Pour la première fois, nous entrevoyons un processus générateur de rhyolite autre que celui de la différenciation magmatique.

- 4- L'étude géochimique des éléments majeurs de nos analyses chimiques, tronçon nord, a permis de distinguer au nord de la cassure Duparquet - Destor - Manneville (DDM) une série monotone tholéiitique (voir Trudel, 1974) alors qu'au sud, les résultats de nos travaux indiquent une association très intime de deux séries: l'une tholéiitique, l'autre calco-alcaline (voir chapitre PETROLOGIE de cette étude).

## CHAPITRE II - GEOLOGIE GENERALE

### 2.1- Généralités

La ceinture volcanique de l'Abitibi fait partie du Bouclier Précambrien, province du Supérieur. Elle est située dans le Nord-Est de l'Ontario et le Nord-Ouest du Québec dans une bande dont les dimensions sont 350 milles Est-Ouest et 50 à 130 milles Nord-Sud, ce qui en fait la plus grande des ceintures volcaniques du Bouclier Précambrien.

## 2.2- Géologie de la région de Noranda

La partie sud de la Province Supérieure est composée de ceintures volcaniques en alternance avec des bandes sédimentaires et granitiques (Goodwyn, Ridler et Annels, 1972). La région de Rouyn-Noranda fait partie de la ceinture volcanique d'Abitibi limitée au sud par une ceinture métasédimentaire. Cette ceinture volcanique a été comparée aux "arcs insulaires" des temps modernes (Goodwyn, 1972). Une carte géologique de la région est donnée à la fig. 4.

Les roches volcaniques de cette ceinture ont été subdivisées par Gunning (1937, 1941), Gunning et Ambrose (1940) et Ambrose (1941) en quatre séquences:

- Groupe Cadillac: graywacke
- Groupe Blake River: roches volcaniques
- Groupe Kewagama: graywacke et conglomérat
- Groupe Malartic: roches volcaniques

Les roches qui nous intéressent sont du groupe Blake River. Les roches volcaniques peuvent être divisées en deux unités:

- Les roches mafiques basaltes-andésites
- Les roches acides dacites-rhyolites

Cette deuxième unité felsique est concentrée autour de ce qu'on estime être des centres éruptifs, ou complexes volcaniques, structures similaires à celles qui bâtissent actuellement les arcs insulaires. Les roches se présentent tantôt sous forme de coulées, tantôt sous forme pyroclastiques.

De plus, plusieurs intrusions de dimensions variables et de composition passant de ultrabasique à acide ont percé les roches pré-existantes avant, pendant et après les périodes de métamorphisme et de plissements régionaux. En outre, il ne faut pas oublier les dykes de diabase qui suivent des failles parfois sur plusieurs milles de longueur.

La tectonique de la région est caractérisée par les points suivants (Dimroth, 1973):

- 1- Deux (2) failles majeures, la faille Duparquet-Destor-Manneville et la faille Cadillac, qui délimitent deux complexes volcaniques au sud.
- 2- Des éruptions locales de rhyolites et de komatiites sont associées à une zone de cisaillement le long de la faille DDM.
- 3- Le centre du groupe Blake River est occupé par une structure en dôme percée par des granites et entourée par une dépression stratigraphique semi-

circulaire où l'on retrouve des plis isoclinaux à fort pendage.

Notons enfin que le métamorphisme régional est du type schistes verts et qu'au point de vue géologie économique on a exploité dans cette région des gisements de Au-Ag et Cu-Zn-Au-Ag.

## 2.3- Géologie de la région étudiée

### 2.3.1- Généralités

Etant donné la nature essentiellement géochimique de notre travail avec la pétrographie comme outil supplémentaire et étant donné la nature même de notre travail de terrain à savoir une coupe à travers la ceinture, nous nous sommes contentés de cartographier que dans le but d'établir le contexte géologique de nos échantillons, à l'exception de quelques points d'intérêt particulier comme les laves variolaires et les roches fragmentaires. D'ailleurs, il faut noter le travail de Dimroth (1973, 1974) et des années à venir afin de trouver une description tout à fait complète de la stratigraphie, la lithologie et la tectonique de la région. La géologie est résumée à la figure 5.

### 2.3.2- Roches effusives

Les roches effusives ou volcaniques de la région ont des compositions qui varient de mafiques à acides avec prédominance du terme mafique. On y retrouve donc des basaltes, andésites, dacites et rhyolites dans un ordre plus ou moins décroissant d'abondance.

## FIGURE 5

### GÉOLOGIE DE LA CEINTURE VOLCANIQUE D'ABITIBI ENTRE LA FAILLE DUPARQUET-DESTOR-MANNEVILLE ET LA MINE LAKE DFAULT

#### LÉGENDE

##### ROCHES MÉTAVOLCANIQUES

- |   |   |
|---|---|
| 1 | LAVES ET BRÈCHES SILICEUSES                             |
| 2 | COULÉES ET BRÈCHES DE COULÉE INTERMÉDIAIRES ET MAFIQUES |
| 3 | PYROCLASTIQUES INTERMÉDIAIRES ET MAFIQUES               |

##### ROCHES INTRUSIVES

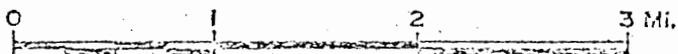
- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 4 | GRANITE ET GRANODIORITE |
| 5 | DIORITE ET GABBRO       |

##### SYMBOLES

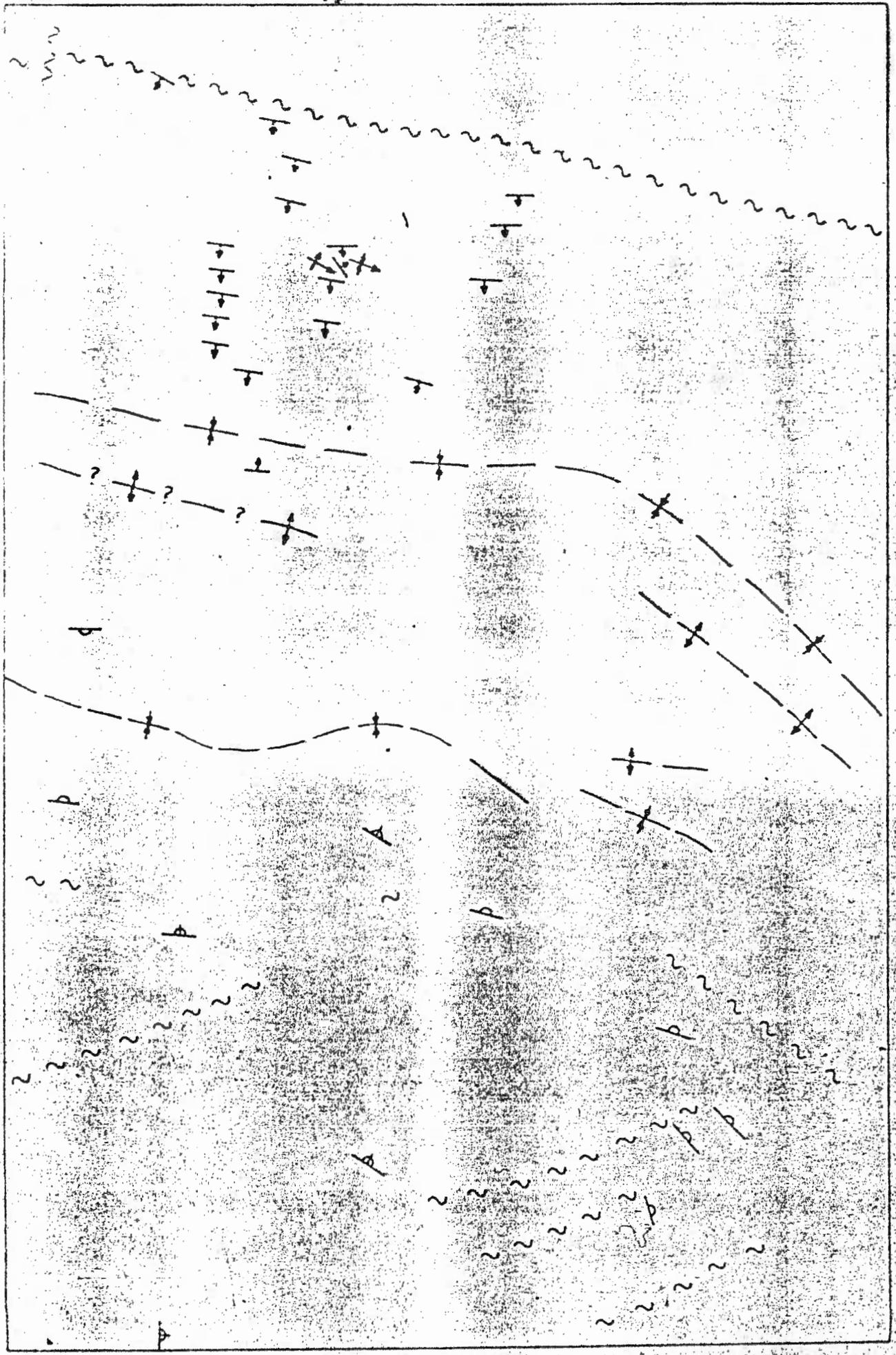
- |  |  |
|--|--|
| <p>==== CHEMIN PRINCIPAL</p> <p>---- CHEMIN SECONDAIRE</p> <p>+ + CHEMIN DE FER</p> <p>∨ MARÉCAGE</p> <p>~~~~ LIGNE HYDROÉLECTRIQUE</p> <p>~~~~ RUISSEAU, RIVIÈRE ET LAC</p> <p>— CONTACT GÉOLOGIQUE</p> <p>*** LAVES VARIOLAIRES</p> <p>? GÉOLOGIE NON-COMPILÉE</p> | <p>~ ~ FAILLE</p> <p>↓ ↑ SYNCLINAL</p> <p>↑ ↓ ANTICLINAL</p> <p>↑ LITAGE</p> <p>∩ SOMMET</p> <p>∪ SOMMET RENVERSÉ</p> <p>↓ → PLONGÉE D'UN PLI</p> <p>↑ →</p> |
|--|--|

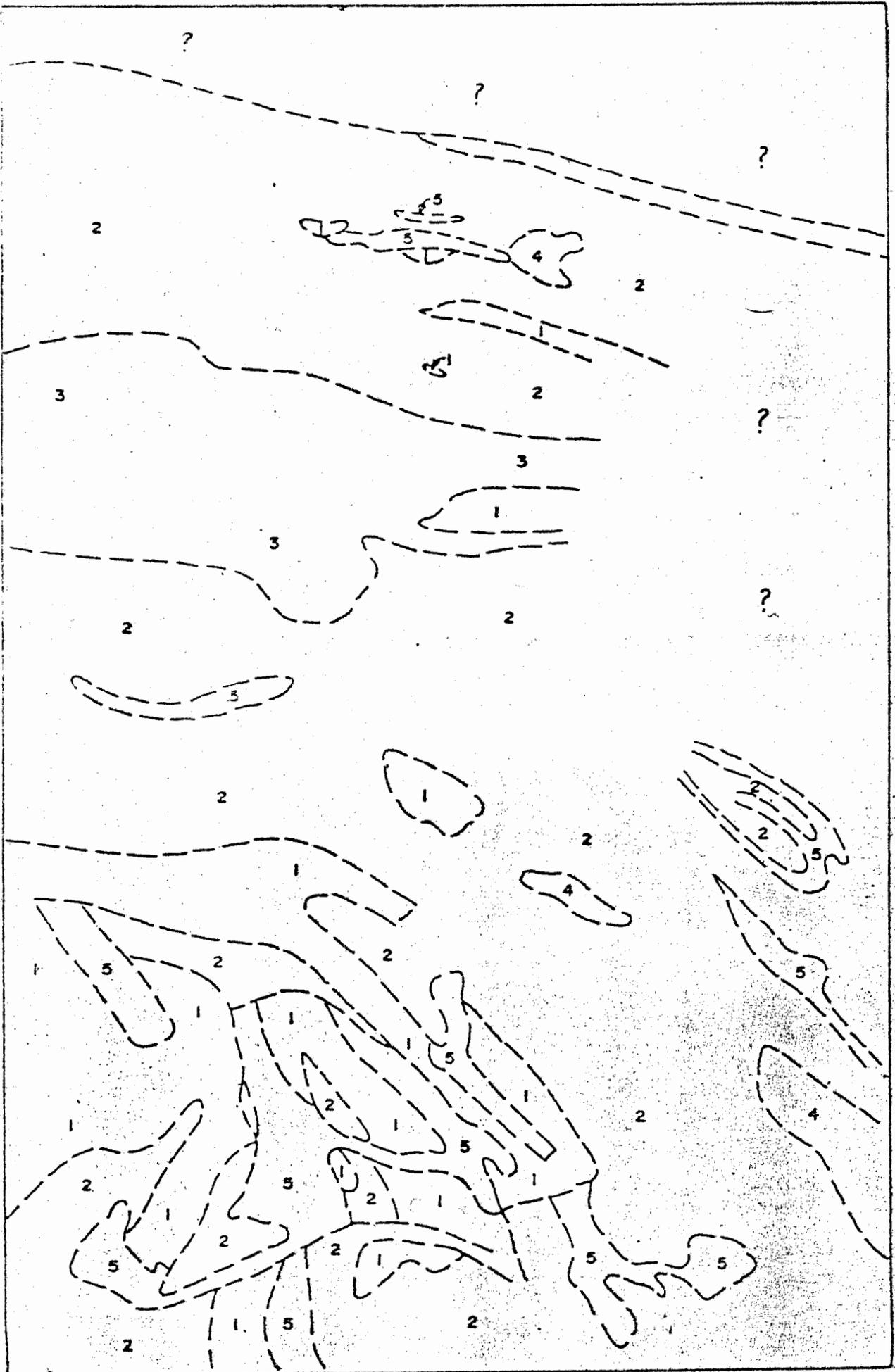
ÉCHELLE

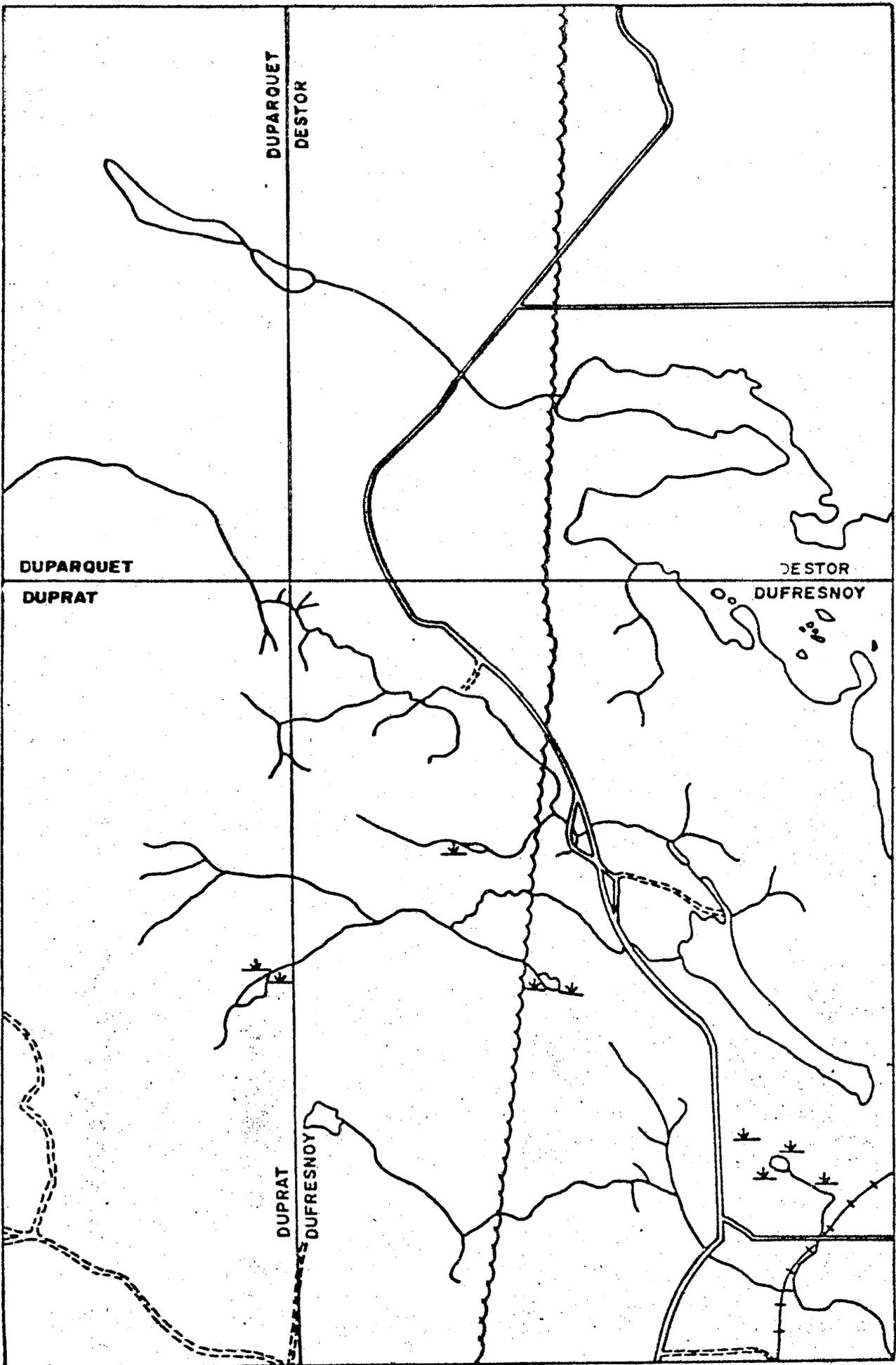
1" = 1 MI.



TIRÉE DE LA CARTE #1653 MRN, SHARPE (1967), DE DIMROTH (1973),  
COMPLÉTÉE PAR J. CARIGNAN







## FIGURE 5

### GÉOLOGIE DE LA CEINTURE VOLCANIQUE D'ABITIBI ENTRE LA FAILLE DUPARQUET-DESTOR-MANNEVILLE ET LA MINE LAKE DFAULT

#### LÉGENDE

##### ROCHES MÉTAVOLCANIQUES

- |   |   |
|---|---|
| 1 | LAVES ET BRÈCHES SILICEUSES                             |
| 2 | COULÉES ET BRÈCHES DE COULÉE INTERMÉDIAIRES ET MAFIQUES |
| 3 | PYROCLASTIQUES INTERMÉDIAIRES ET MAFIQUES               |

##### ROCHES INTRUSIVES

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 4 | GRANITE ET GRANODIORITE |
| 5 | DIORITE ET GABBRO       |

##### SYMBOLES

- |   |   |
|---|---|
| <p>==== CHEMIN PRINCIPAL</p> <p>==-- CHEMIN SECONDAIRE</p> <p>+--+ CHEMIN DE FER</p> <p>⌵ MARÉCAGE</p> <p>~~~~ LIGNE HYDROÉLECTRIQUE</p> <p>~~~~ RUISSEAU, RIVIÈRE ET LAC</p> <p>--- CONTACT GÉOLOGIQUE</p> <p>*** LAVES VARIOLAIRES</p> <p>? GÉOLOGIE NON-COMPILÉE</p> | <p>~~~~ FAILLE</p> <p>⌒ SYNCLINAL</p> <p>⌒ ANTICLINAL</p> <p>⌒ LITAGE</p> <p>⌒ SOMMET</p> <p>⌒ SOMMET RENVERSÉ</p> <p>⌒ PLONGÉE D'UN PLI</p> <p>⌒</p> |
|---|---|

ÉCHELLE

1" = 1 Mi.



TIRÉE DE LA CARTE #1653 MRN, SHARPE (1967), DE DIMROTH (1973),  
COMPLÉTÉE PAR J. CARIGNAN

### Roches mafiques (Tableau I)

Les roches mafiques se présentent sous forme massive, en coussins, en brèches de coulée de type coussins isolés, coussins brisés ou hyaloclastiques (Carlisle, 1963) ou sous forme de brèches et tuffs que nous engloberons sous le terme "pyroclastiques". L'origine des différents faciès de ces roches volcaniques mafiques se retrouve chez Rittman (1958), McBirney (1963), Tazieff (1968, 1972), Bonatti (1970) et Benett (1972), qui ont étudié les mécanismes d'éruption des basaltes sous-marins. Pour sa part, Parsons (1969) a fait une étude approfondie des roches pyroclastiques en général.

Les roches mafiques massives sont mélanocrates, généralement compactes, parfois très schisteuses (éch. 72-66), souvent porphyriques avec des phénocristaux de feldspath (éch. 72-85), parfois même gloméroporphyriques (éch. 72-305, 317, 401). Les roches ont subi une altération assez évidente sous forme de silicification, carbonatation et épidotisation. Les roches sont alors cisailées avec des veines d'un ou plusieurs des minéraux d'altération avec ou sans chlorite et/ou sulfures (éch. 72-62, 66, 175, 303, 327). L'épidotisation se manifeste dans des fractures et des amas ou "balles" d'épidote + albite (éch. 72-354). On y rencontre aussi des vacuoles et surtout des

TABLEAU I

Subdivision des roches mafiques et numéros des  
échantillons correspondants

Masv.	Couss.	Bx coulée		Hyalo	Bx	Tuff
		Couss. isolés	Fx couss.			
2A	1	167B	82	80A		180
	64		86			
			87			
2B	71B	199	151	80B		342
4A	84	291	152	405A	154	
4B	97	292A	158	405B	156	
62	150	359	159A	416A		
63	166		159B	416B		
65						
66	201		159C			
67	232		159D			
68	233		159E			
71A	234A		162A			
81	234B		162B			
85	235A		165A			
88	235B		165B			
92	235C		165C			
95A	242D		182A			
95B	242E		182C			
160	249		241B			
167A	250		308			
			335A			
			335B			
167E	254		353			
175	302		355			
177A	334					

## TABLEAU I

(suite)

Subdivision des roches mafiques et numéros des  
échantillons correspondants

Masv.	Couss.	Bx coulée		Hyalo	Bx	Tuff	
		Couss. isolés	Fx couss.				
177B	336		359B				
182B	346		363A				
182D	347A		363B				
200	347B		363C				
237	360		363D				
241A	413		363E				
245			363F				
251A			363G				
256			374				
303			401A				
305			403A				
306			403B				
309							
310							
315							
317							
327							
330							
337							
338							
354							
361							
364							
367							
375							
376							
395							
401B							
401C							
51	28	4	37	6	2	2	= 130

amygdules, soit de carbonates, soit sous forme d'yeux de quartz (éch. 72-85). Les roches mafiques massives se présentent sous forme de coulées généralement minces, dont les plus épaisses (environ 100 pieds) montrent une variation de granulométrie de la base vers le sommet. Les contacts sont généralement très nets et souvent marqués par une bande de brèches de coulée au sommet. Enfin, ces coulées présentent parfois des laminations type "frisson" (éch. 72-182, 361, 364), subparallèles à la stratigraphie.

Les laves mafiques coussinées présentent des empilements caractéristiques de structures ellipsoïdales (Planche I-1 et 3) souvent déformées, de grosseur très variable de 1 à 30 pieds, parfois avec chambres de quartz qui permettent une détermination de sommet stratigraphique (éch. 72-166). Les coussins sont droits ou renversés, à pendage plus ou moins vertical, avec des "queues" en nombre variable. Ils sont parfois très déformés et cisailés avec des veinules d'épidote ou de quartz (éch. 72-249, 302, 413). On y retrouve des sulfures, tels pyrrhotine et chalcopyrite (éch. 72-235), des amygdules de carbonates, parfois une texture gloméroporphyrique (éch. 72-347) et des vacuoles. A noter que dans une même coulée, il est possible de trouver tantôt des agrégats gloméroporphyriques, tantôt des phénocristaux individuels. Ceci suggère que l'agglomération des phénocristaux se fait durant la coulée de la lave (Dimroth, 1973, p. 11). Les vacuoles sont en

plus grande abondance en bordure et avec une certaine concentration au sommet. Les coussins sont parfois complètement fracturés avec une bordure épidotisée à relief positif ou à bordure scoriacée. L'épaisseur des empilements est très variable de quelques pieds à plus de 1000 pieds. Encore une fois, une bande de brèche de coulée se retrouve souvent au sommet. Enfin, certains coussins présentent une structure concentrique (éch. 72-201), avec de minces filets foncés à relief positif, type "frisson" (éch. 72-360 et Planche I - 2). Enfin, certains coussins montrent un patron de fracturation de type "pied-de-poule" (éch. 72-166).

Une variante de cette dernière catégorie se présente sous forme de ce qui nous apparaissait être des tubes ou cylindres, avec zonations concentriques et amygdules allongées orientées d'une façon radiale.

Il existe plusieurs types de brèches mafiques de coulée tels que décrits par Carlisle (1963). Il faut noter que le passage d'un type de brèche de coulée à un autre est souvent progressif: par exemple, de laves massives ou à coussins → brèche de coulée à coussins isolés → brèche de coulée à fragments de coussins → hyaloclastites (fig. 6).

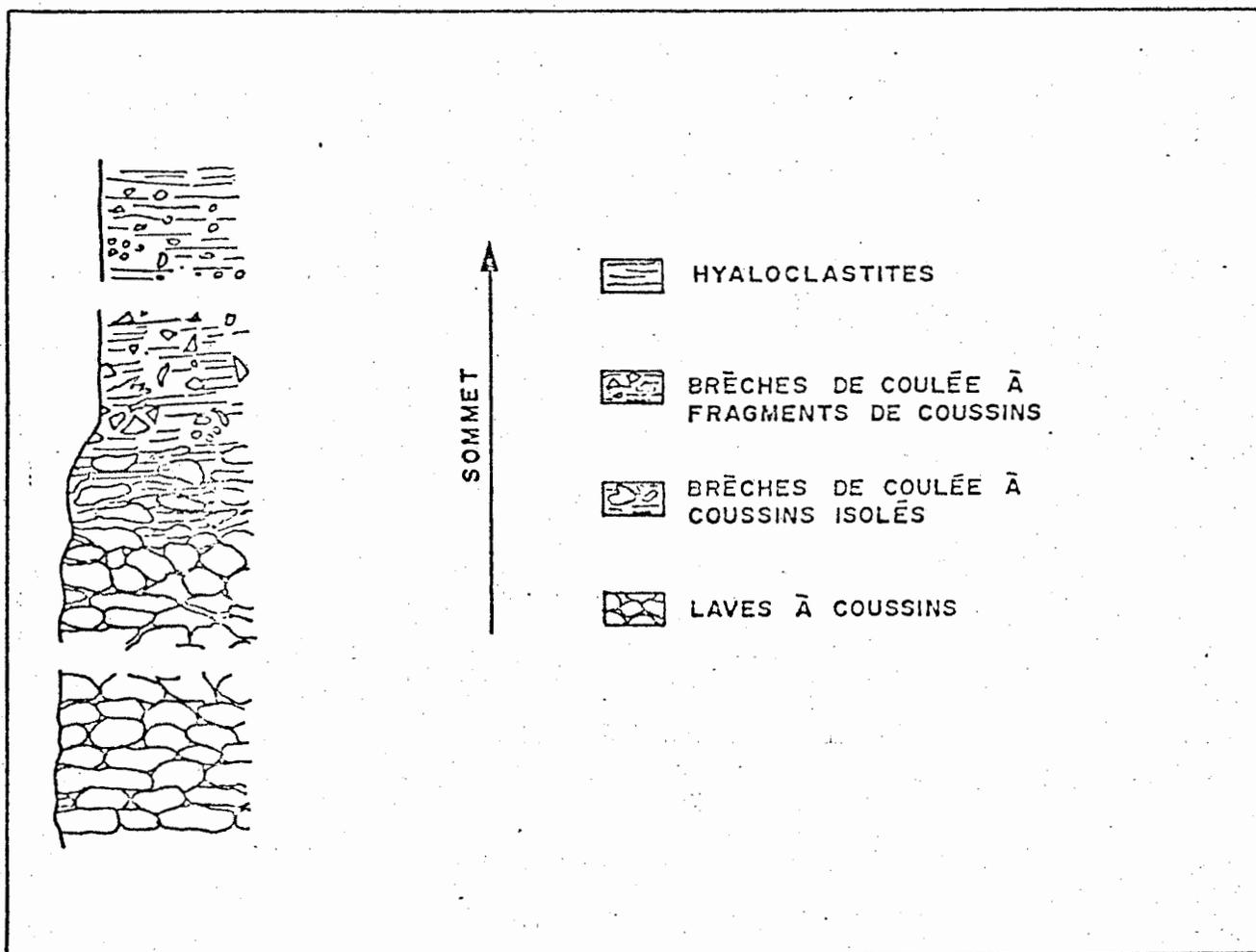


Figure 6: Divers types de brèches de coulée (d'après Carlisle, 1964).

La quantité de matériau scoriacé, de type hyaloclastique, que l'on retrouve entre les coussins, est très variable. Tantôt les coussins sont collés les uns sur les autres et tantôt ils baignent isolément dans le matériau hyaloclastique: nous avons alors une brèche de coulée à coussins isolés (éch. 72-291, 292). Il faut noter que dans ce dernier cas, les coussins sont plutôt de forme irrégulière, de grosseur variable, non brisés et entiers (éch. 72-199). Le meilleur exemple de ce type de brèche se situe à l'échantillon 72-359.

Les brèches de coulées à fragments de coussins sont beaucoup plus fréquentes (Planche II - 2 et 3). Les roches avaient d'abord été assimilées à des agglomérats sur le terrain jusqu'à ce que le Dr Eric Dimroth nous mette en contact avec le travail de Carlisle (1963). Les roches consistent en fragments de coussins dans une matrice hyaloclastique tuffacée. Les fragments sont de grosseur variable allant jusqu'à 30 cm et l'on a noté que les fragments devenaient de plus en plus petits vers le sommet pour en arriver à du matériau hyaloclastique exclusivement (éch. 72-151). Les fragments sont généralement des blocs à contour irrégulier, de forme arrondie, souvent étirés, tordus et plissés, ce qui met en évidence leur caractère plastique (éch. 72-82, 158, 162, 165), parfois avec un allongement préférentiel (éch. 72-82) ou laminé (éch. 72-159, 162, 165). Il est même possible parfois de

reconstituer un coussin à partir de blocs adjacents, à la façon d'un casse-tête, ce qui met cette fois en évidence le caractère explosif dû à une réaction rapide entre la lave basique et l'eau de mer. D'ailleurs la plupart des fragments montrent une "auréole" de refroidissement en relief positif, parfois épidotisée, avec un "coeur" chloritisé (éch. 72-82). Enfin, ils gardent certaines caractéristiques primaires telles vacuoles (éch. 72-82) et amygdules (éch. 72-374, 403) ou présentent une altération sous forme d'épidotisation et/ou silicification (éch. 72-86, 158). Par endroits, on retrouve certains horizons massifs sans blocs avec les mêmes caractéristiques que la matrice: vacuoles et amygdules (éch. 72-353), structure ressemblant à des pumices dans un tuff à lapilli (éch. 72-158, 165, 335), sulfures et chlorite (éch. 72-152) et parfois une texture "cellulaire" (éch. 72-162). Enfin, à plusieurs endroits, on trouve que la brèche de coulée perce la lave coussinée (éch. 72-335, 359, 363, Planche II - 1), évidence de mise en place contemporaine.

Les hyaloclastites comme telles comprennent le matériau interstitiel des brèches de coulée et les bandes de quelques pouces que l'on retrouve tout à fait au sommet des coulées. On en retrouve de nombreux horizons souvent minces mais très étendus, sous forme de tuff très chloritisé et épidotisé. Enfin, on trouve une occurrence d'hyaloclastite en ruban montrant des évidences de ré-injection

(éch. 72-405-401 et Planche VI - 4). Encore une fois, l'échantillon 72-359 en est le meilleur représentant.

Les roches mafiques se présentent enfin sous forme de brèches et tuffs. Les brèches ont une matrice foncée, aphanitique dans laquelle baignent des fragments de composition plus acide avec vacuoles, amygdules et taches de chlorite (éch. 72-154, 156). Les tuffs sont des tuffs aquagènes à lapilli avec de petits fragments tordus, type "shards" dans une matrice généralement laminée (éch. 72-342).

#### Roches intermédiaires (Tableau II)

Les roches intermédiaires sont de couleur gris à vert plus pâle que les roches mafiques et plus feldspathiques, sans contenir de quartz visible à l'oeil et aphanitiques. L'altération de surface est blanchâtre où le kaolin se mêle à la chlorite.

Elles se présentent sous forme massive, coussinée, de brèches de coulée, de brèches, de tuffs, avec dans chaque cas les mêmes structures et textures que les roches mafiques. Les roches massives sont tantôt fracturées, schisteuses et laminées (éch. 72-179), tantôt vacuolaires (éch. 72-244), tantôt avec des amygdules (éch. 72-237) parfois orientées (éch. 72-179, 237, 248), tantôt avec pyrite ou rosettes de chlorite ou gloméroporphyriques

TABLEAU II

Subdivision des roches intermédiaires et numéros des  
échantillons correspondants

Masv.	Couss.	Bx coulée	Bx	Tuff
	94	157B		178A
		185		
72A	153	351	169B	178B
72B	155	419A	170	246
91A	157A	419B		257
91B	168A	325	243	320
169A	253E		311A*	321
171	352		311B*	322
179A	365			326
179B	407		382*	
179C	408		383*	
179D	412			
181A				
181B				
230				
231				
236				
238				
239				
244				
247				
248				
251B				
251C				
252A				
253A				

TABLEAU II (suite)

Subdivision des roches intermédiaires et numéros des  
échantillons correspondants

Masv.	Couss.	Bx coulée	Bx	Tuff		
253C						
255						
287						
406						
410						
415						
30	11	6	7(3)	8	=	62

(Planche VI - 2), avec épidotisation (éch. 72-410) et/ou silicification (éch. 72-415). Les laves coussinées sont ou bien gloméro-porphyriques (éch. 72-94), ou bien amygdalaires (éch. 72-168, 408), ou bien avec des sulfures tels pyrite, pyrrhotine, chalcoppyrite (éch. 72-168) ou avec taches de chlorite (éch. 72-407). Les brèches de coulées présentent exactement les mêmes caractéristiques que dans le cas des roches mafiques avec des fragments étirés et tordus dans une matrice scoriacée (éch. 72-185, 325). Les brèches intermédiaires se présentent sous forme de fragments acides dans une matrice intermédiaire tuffacée et laminée (éch. 72-169, 311). Certaines de ces brèches pourraient être des brèches de coulées et nous les avons indiquées par un astérisque dans le Tableau II. Enfin, les tuffs sont laminés et plissés (éch. 72-178), parfois avec une structure tubulaire, type "crayon" (éch. 72-321).

### Roches acides (Tableau III)

Nous entendons par roches acides des roches leucocrates, aphanitiques, généralement porphyriques, avec quartz et/ou feldspath comme phénocristaux, dures, à cassure plus ou moins conchoïdale, très peu altérées en surface.

Les roches acides se présentent aussi sous différentes formes et elles ont fait l'objet d'une étude plus détaillée spécialement dans la région de Rouyn-Noranda à cause de leurs implications économiques. Les roches sont caractérisées par une plus grande

TABLEAU III

Subdivision des roches acides et numéros des  
échantillons correspondants

Masv.	Bx coulée	Pyroclastique		Bx polygénétique
		Bx	Tuff	
5	186A	195	167C	417
90A	186B	197A	167D	418A
90B	202A	197B	184	418B
93	202B	197C	198	
96	203	289	240	
174A	219A	313A*	319	
174B	219B	313B*	323	
183A	221	328A*	324	
183B	224	328B*	348A	
187	384	331*	348B	
188	385A	343*	348C	
189	385B	366A	349	
190		366B	350	
191		373	357	
192		379*	358	
193		380*	381	
194		386		
220		387		
222	391	388		
223	392	389		
225		390A		
226		390B		
227				
228				
229A		398A		
229B		398B		
286		409A		
288		409B		

TABLEAU III (suite)

Subdivision des roches acides et numéros des  
échantillons correspondants

Masv.	Bx coulée	Pyroclastique		Bx polygénétique
		Bx	Tuff	
290				
292B				
307				
312				
314				
316				
318A				
318B				
329				
341A				
341B				
368				
369				
370				
371A				
371B				
372				
377				
378A				
378B				
393				
394				
400A				
400B				
402A				
404				
411				
414				
56	22	18(10)	16	3 = 115

abondance de brèches, probablement à cause d'une plus grande viscosité de la coulée.

Les différents faciès de ces roches demandent une explication à ce point avant de les décrire étant donné les idées mises de l'avant ces dernières années. Wilson (1962) a reconnu que des roches acides hétérogènes ou certaines brèches étaient intimement associées à des coulées acides. Plus récemment, A. Spence (dans Goodwynn et Ridler, 1972, p. 24-26 et Dimroth, 1973) a reconnu plusieurs faciès:

- 1- Rhyolite homogène avec joints en colonne.
- 2- Rhyolite avec laminations dues à la coulée.
- 3- Rhyolite rubannée avec des structures "schlieren" de rhyolite siliceuse dans une matrice chloriteuse et séricitique.
- 4- Rhyolite linguiforme à cause de l'interpénétration de 1 et 3.
- 5- Brèche rubannée avec fragments anguleux dans une matrice chloriteuse et séricitique.
- 6- Brèche à fragments homogènes.
- 7- Brèche à fragments de colonnes.

En plus, on trouve dans toutes les rhyolites hétérogènes des patrons de fractures silicifiées dans un matériau contenant plus de chlorite

et séricite. Les fractures se sont probablement formées durant la consolidation, alors que la coulée était complètement au repos. Spence a relié le développement des brèches de coulée à la différenciation chimique due à l'action pneumatolytique durant les derniers moments du mouvement de la coulée et a relié les différents faciès à la distance relative du centre éruptif et à la position stratigraphique de la coulée. Dimroth (1973) a modifié ce schéma et sa classification est fonction de deux facteurs (fig. 7):

- 1- Viscosité relative des matériaux de différentes compositions.
- 2- Distance parcourue pendant l'intervalle de temps entre la formation des matériaux de viscosités et compositions différentes.

Pour notre part, nous n'avons été mis en contact avec ce schéma qu'à la toute fin de nos études sur le terrain de sorte que nous allons tenter d'inclure nos propres observations dans ce schéma avec certaines restrictions.

D'abord les laves acides massives. Les roches sont porphyriques avec phénocristaux de feldspath (éch. 72-287, 369, 370) ou de quartz (éch. 72-187, 194, 377) ou des deux (éch. 73-314, 350, 464). Certains montrent des carbonates (éch. 72-187, 194, 188)

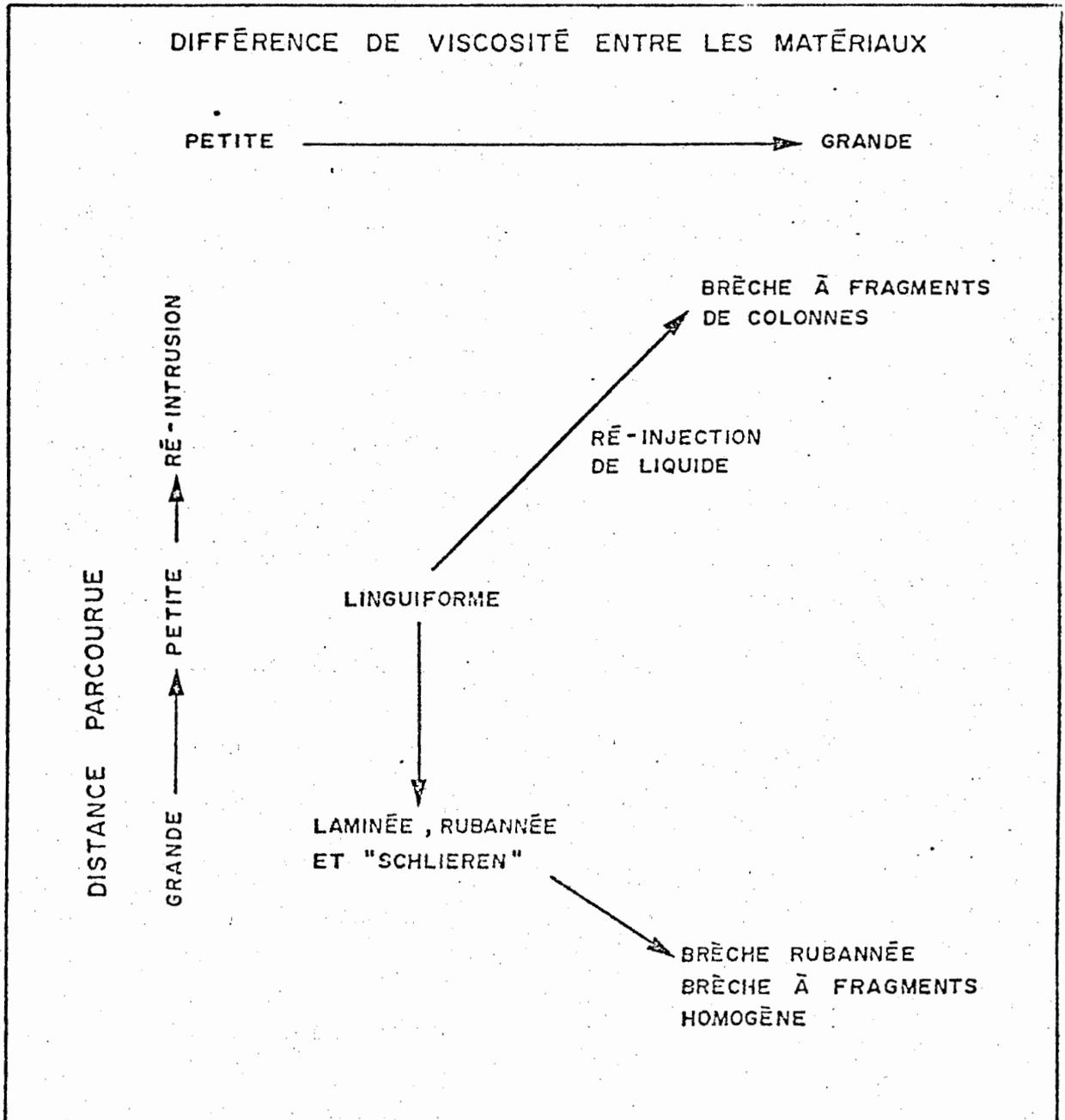


Figure 7: Faciès des roches acides selon Dimroth (1973).

et de la séricite (éch. 72-190) qui donne une teinte verdâtre avec la chlorite ou une texture cellulaire (éch. 72-191, 192). D'autres montrent des veinules d'épidote et/ou quartz (éch. 72-296, 377). Cette catégorie comprend des rhyolites homogènes à joints en colonne tantôt très bien développés (éch. 72-369, 370, 400 et Planche V-2-3-4) et tantôt moins définis (éch. 72-380 et Planche V-1). Le diamètre moyen des colonnes est de 10 cm et la forme générale est hexagonale ou pentagonale. Elle comprend en outre des rhyolites laminées (éch. 72-385, 189, 220, 393 et Planche IV-4), ces textures d'écoulement étant souvent plissées (éch. 72-225, 174). Enfin, un échantillon (72-183) est très cisailé et altéré avec une structure en "crayon".

Les brèches de coulée acides sont de plusieurs types quant à leurs fragments: brèche à fragments homogènes (éch. 72-186, 391, 392 et Planche IV-1), à fragments laminés et plissés (éch. 72-202, 219, 384), à fragments de rhyolite rubannée (éch. 72-419, 394). Dans un cas en particulier (éch. 72-221), la brèche de coulée suit immédiatement une lave acide massive.

En outre de ces types de brèches, nous avons aussi des brèches et des tuffis, que nous avons groupés sous le terme "pyroclastiques acides", selon la définition habituelle de ces roches fragmentaires. Dans le cas des brèches, certaines présentent des fragments acides dans une matrice clastique (éch. 72-409),

d'autres des fragments soudés les uns sur les autres (éch. 72-313) et d'autres des fragments de troisième (3ème) génération (éch. 72-195). A noter que certaines brèches (marquées d'un astérisque au Tableau III) pourraient être des brèches de coulée mais les critères distinctifs ne sont pas assez évidents. Enfin, il ne faudrait pas passer sous silence les brèches tuffacées sans granulométrie orientée (éch. 72-386 à 390 et 398). On retrouve alors des lits de brèches avec des fragments dans une matrice de cendres et lapilli en alternance avec des lits de tuffs souvent laminés. Dimroth (1973) les interprète comme les équivalents sous-marins proximaux des "ash flow tuffs". D'autres tuffs sont laminés (éch. 72-198), schisteux (éch. 72-319), avec une structure "crayon" résultant d'un allongement préférentiel (éch. 72-324) ou avec des structures de glissement "slumping" (éch. 72-349).

Enfin, nous avons trouvé une brèche polygénétique (éch. 72-417, 418) avec une abondance variable de fragments de porphyre feldspathique, de rhyolite, de matériel vacuolaire, de granite, de sulfures dans une matrice de porphyre feldspathique.

### 2.3.3- Roches intrusives (Tableau IV)

Examinons d'abord la suite granodiorite - diorite - gabbro.

TABLEAU IV

Subdivision des roches intrusives et numéros des  
échantillons correspondants

Granodiorite- Gabbro	Dyke mafique	Porphyre
60	71C	61
83	402B	89
98		100
99		340A
164		340B
172		340C
173		
196		
241C		
252B		
253B		
253D		
301		
304		
332		
333		
339		
344		
345A		
345B		
356		
362		
22	2	6 = 30

Les gabbros sont des roches intrusives de grain moyen à grossier, généralement mélanocrates avec plus de 40% de minéraux ferro-magnésiens, rarement porphyriques (éch. 72-164), souvent avec amygdules de carbonate (éch. 72-332), parfois avec épidote, se présentant sous forme de sills ou filons-couches entre les roches volcaniques. De ce fait, il devient difficile dans certains cas de faire la distinction entre les coulées andésitiques épaisses à grains relativement grossiers et les petites masses intrusives ou sills de gabbro et même de diorite qu'on trouve en plusieurs endroits au sein des roches volcaniques.

Les diorites sont de même granulométrie avec de 20 à 40% de minéraux ferro-magnésiens, généralement moins que 10% de quartz et sous forme de filon-couche (éch. 72-196). La zone de trempe est à grains fins (éch. 72-345). Elles présentent tantôt des baguettes de feldspath (éch. 72-344), parfois des sulfures (éch. 72-173, 339), des taches de chlorite (éch. 72-339) ou des blocs de lave mafique et de brèche mafique (éch. 72-333). Enfin, certaines contiennent plus que 10% de quartz et sont des diorites quartziques (éch. 72-253, 362).

Les granodiorites sont aussi de même granulométrie, leucocrates avec moins que 20% de minéraux ferro-magnésiens (éch. 72-98, 99, 301).

On trouve en outre des dykes mafiques franchement intrusifs, à grains fins et mélanocrates, tantôt avec des cubes de pyrite (éch. 72-71), tantôt avec des fractures de quartz (éch. 72-402).

Enfin, nous trouvons des porphyres, soit feldspathiques avec des blocs de la rhyolite adjacente (éch. 72-340), soit avec quartz et feldspath (éch. 72-61, 89, 100).

#### 2.3.4- Géologie structurale

La structure de la région est assez mal connue en détail et elle est l'objet d'une étude approfondie par le Dr Eric Dimroth dans toute la ceinture volcanique d'Abitibi. Notre but et notre méthode de travail ne s'appliquaient pas à une étude tectonique. Cependant, nous avons fait des relevés de litage et de sommet, surtout dans les laves à coussins, qui nous permettent de dégager les grandes caractéristiques structurales. Nous avons ajouté à cela le travail de Dimroth (1973) pour une partie de la région et l'examen de cartes adjacentes et nous croyons dès lors que notre interprétation est valable (fig. 5-A).

#### 2.3.4.1- Plis

Les plis à grande échelle que nous avons déterminés sont isoclinaux, à peu près parallèles, probablement à plans axiaux verticaux dans une direction est-sud-est avec plongée vers l'est. On y trouve deux synclinaux, appelés Synclinal de la rivière Dabembert par l'Espérance (1951) ou Synclinal Cléricy par Dimroth (1973) et le Synclinal Duprat Nord. Les deux synclinaux sont séparés par l'anticlinal Dufresnoy. Au nord de ces plis, la section est homoclinale et au sud les strates semblent se recourber autour du coin sud-ouest de la région. En fait, la carte de la région de Rouyn-Noranda montre les strates recourbées autour des roches acides intrusives que sont les stocks de granite et granodiorite qui forment un dôme au sud-ouest de notre région.

#### 2.3.4.2- Failles

La région étudiée est limitée au nord et au sud par des failles. Au nord, on trouve la faille Duparquet - Destor - Manneville ("DDM break", Dimroth, 1973). Cette faille est en fait une zone très schisteuse de direction est-sud-est et de largeur variable. Cette zone est aussi marquée par des dykes de porphyre à quartz et feldspath, par des dômes de rhyolites, des occurrences de roches intrusives et effusives de composition ultramafique.

Au sud, nous retrouvons toute une série de failles de direction nord-est de chaque côté du lac Waite. Sur les cartes de compilation, ces failles montrent des déplacements sénestres de l'ordre de mille.

## CHAPITRE III - PETROGRAPHIE

### 3.1- Généralités

Nous avons attaché une grande importance aux études pétrographiques (316 lames minces étudiées) d'abord parce que de telles études n'avaient jamais été effectuées dans cette région pourtant adjacente à une région minière, de plus afin de s'en servir en conjonction avec la géochimie pour faire une étude du métamorphisme, enfin pour tenter d'expliquer certaines anomalies de la géochimie de ces roches.

Nous ferons donc la description de chacun des types de roches rencontrés au point de vue minéralogie, texture, structure et particularités, présentant ensuite une synthèse des observations dans des tableaux (la liste des abréviations utilisées dans les tableaux V à XXII est donnée en appendice) et montrant les phénomènes caractéristiques dans une série choisie de photos en appendice.

Toutes les roches effusives étant à grains extrêmement fins nous pouvons difficilement parler de compositions modales mais plutôt d'estimations visuelles, à partir desquelles nous avons compilé la composition modale moyenne des divers types de roches (voir Tableaux V à XXII).

La classification pétrographique utilisée est la suivante: étant donné la granulométrie et les transformations subies par ces roches, nous avons laissé de côté les multiples subdivisions habituelles, à savoir méta-rhyolite, méta-rhyodacite, méta-dacite, méta-andésite et méta-basalte, pour se restreindre à trois classes: mafique, intermédiaire et acide. Les critères utilisés sont les observations de terrain, la densité et la composition minéralogique.

	D	Quartz	Ferro-magnésiens
Mafique	> 2.85	< 10%	> 40%
Intermédiaire	2.75 - 2.85	> 10%	20-40%
Acide	< 2.75	> 10%	< 20%

A noter que le terme "méta" est sous-entendu dans tous les cas à partir de ce moment puisque toutes les roches sont métamorphisées.

A noter enfin que nous avons omis le terme "trachyte" souvent utilisé sur les cartes de compilation. Ceci est dû à la composition minéralogique et chimique qui montre un rapport Na/K beaucoup trop élevé pour justifier une telle appellation.

### 3.2- Les roches effusives

#### 3.2.1- Les laves mafiques

Nous avons déjà défini les laves mafiques. A cette définition vient s'ajouter les divers types d'altération mis en évidence par l'observation de veinules d'épidote, de carbonates ou de silice. A noter que ce qui semble différencier les andésites des basaltes est un léger excès de silice. Enfin, les laves mafiques comptent pour 37% des roches étudiées.

##### 3.2.1.1- Les laves mafiques massives (Tableau V)

Ce sont des roches aphanitiques, à structure homogène ou amygdalaire, avec en général une texture microlitique, plus précisément pilotaxitique, parfois intersertale ou ophitique. On observe alors un "feutre" de microlites de plagioclase avec de l'épidote, de la chlorite, de l'actinote et du leucoxène (éch. 72-199-230 et Planche XI-1). Parfois, les microlites sont localement orientés et ils présentent une texture fluidale. Ailleurs, on a noté des textures de refroidissement rapide et ceci fera l'objet d'un paragraphe subséquent.

Les microlites de plagioclases sont en général limpides (probablement de l'albite) mais renferment parfois des inclusions de chlorite ou épidote (éch. 72-200).

TABLEAU V

Etude microscopique des laves mafiques massives

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CLI</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>AUG</u>	<u>EPY</u>	<u>LEU</u>	<u>PUM</u>	<u>PRE</u>	<u>VER</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>QXE</u>	<u>MEL</u>	<u>QEA</u>	<u>IDD</u>	<u>ALL</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-002A		55		10		20			5	7					3	tr					Inter	Homo	Carb. Fe et magnétite
002B		55		10		20			5	7					3	tr					Inter	Homo	Sphérules avec OPA
004A	3	22	1	2		4	10	50		8											Porph F	Homo	Relique d'aug avec act- gr moy.
004B		40		2		10	10	20	5	8	3	tr			tr						Inter	Homo	"quench" plumose FDP-PYROX Veines CAR-QTZ
062	2	16		2		20	28	20	2	10									tr		Inter	Homo	
063		30	15	15		20	7	tr	7	1											Ps-ophi	Amygd.	"quench" plumose
065	5	25	20	20		25				5					tr						Porph F	Laminée	Ps-myrmékite
067	1	30	25	10		20	10		5						tr						Inter	Amygd.	"quench" CAR Fe
068	10	11		30		35	2		tr	12											Porph F	Homo	
071A	20	55		3		7			15	tr		tr									Inter	Homo	? l.interm. épidotisée?
081	tr	55		3		20			15	5											Pilotax	Amygd.	Epidotisation
085	5	27	3			20	10	5		10					20	tr					Suboph	Amygd.	Plumose
086	20	10		15		15		10	5	10					15	tr					Inter	Amygd.	Forte altération CHL-QTZ
088	15	25		5		20	20	5	10							tr					Inter	Amygd.	
092	10	15				25	15	20		15						tr					Ophit	Amygd.	
093	15	10		5		15	5	15	tr						35	tr					Glomero	Ignim	"shards" re XI-pheno FDP-AUG
095A		65		10		10		15								2					Pilotax	Homo	? l. interm.?
160	15	30		10		30				15											Inter	Homo	
167A	tr	20	tr	2	tr	40	15		tr	tr					20	3					Micro	Homo	
167E	4	30		5		35			10	13						3					Pilotax	Amygd.	OPA avec auréole de QTZ
175	5	47		8		20				15						5					Porph F	Homo	
179A		15		15		3	20		15						tr		32				Fluid	Homo	Schisteux + carbonatisation
179B		15		15		3	20		15						tr		32				Fluid	Amygd.	
179C		15		15		3	20		15						tr		32				Glomero	Amygd.	FDP carbonatisé
179D		15		15		3	20		15						tr		32				Fluid	Homo	

TABLEAU V

(suite 1)

## Etude microscopique des laves mafiques massives

LAME NO	QTZ	FDP	CLY	CAR	SER	CHL	ACT	AUG	EPI	LMU	PUM	PRE	VIR	VRD	OPA	OXF	MFL	QFA	IDD	ALL	TEXTURE	STRUCTURE	REMARQUES
72-192B		29		15		45				10					1						Porph F	Homo	Typique
182D		65		10		10			10						1						Porph F	Homo	OPA avec auréole d'EPI
199		35		25		20			5	tr			15		tr						Inter	Amygd	FDP fracturé et altéré en CAR
200	10	20		tr	5	10	35			tr			20		tr						Porph	Homo	Verre interstitiel
230		40		tr		15		30	15						tr						Pilotax	Homo	Pheno FDP et AUG
231		55		5		20			20	tr											Pilotax	Amygd.	
236	5	30	10	15			35			5					tr						Pilotax	Amygd.	Aiguilles d'ACT ds QTZ
237	6	30		2			30		30	2											Pilotax	Amygd.	Aiguilles d'ACT ds QTZ
241A	5	20	2	50		10		tr	5	5					1						Inter	Homo	"quenched" de plagi + plimose
245	10	15		30		10		10	5	20											Pilotax	Amygd.	Nodules de QTZ
251A	5	45		5		tr	10	25	5	1		tr			2						Ophit	Homo	Pheno AUG-FDP-gr. moy.
253C	1	60				10	2	18	5	2					tr						Ophit	Homo	AUG-ACT et FDP-CHL
256						10	tr		10	10							70				Porph	Homo	Eventail d'EPI
287		40	5			8	35		12	tr											Intergr	Homo	
303	10	42		3		25			20												Pilotax	Amygd.	Amygd. et fractures de QTZ
305	7	55	5	tr		6	20		5	2					tr						Inter	Homo	
306	2	75		1		4		10	7						1						Inter	Homo	FDP tordu
309	5	40	3	4		8	26		10	4					tr						Inter	Amygd.	Nodules d'ACT+auréole d'EPI
310	5	60		2		10			20	5					tr						Inter	Amygd.	
315	5	5	3			10	65		5	7						tr					Inter	Amygd.	
317	6	45		4		25	10	tr	10						tr						Pilotax	Homo	"quenched" plagi

TABLEAU V

(suite 2)

Etude microscopique des laves mafiques massives

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CLI</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>AUG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>PUM</u>	<u>PRE</u>	<u>VER</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>OXE</u>	<u>MFL</u>	<u>QFA</u>	<u>IDD</u>	<u>ALL</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-330	25	10	5	5		25	5			15											Porph.	Homo	QTZ interstitiel
337			5			1			2	5					2	tr		85			Pilotax	Homo	
338			5	5	5	5				3				tr	2			75			Inter	Amygd.	Veinules de VRD
354	10	25				15	25		15	10											Inter	Amygd.	
361	10	25		10		20	10		5	10				10							Inter	Homo	
364	10	23		tr		30	20		2	15					tr						Ophit	Homo	Veinules de QTZ
367	15	46		2			10		20	7											Inter	Amygd.	
375		53				10	20		5	10					2						Pilotax	Amygd.	
376		43				20	20		5	10					2						Pilotax	Amygd.	Structure rectang. ds CHL
395	10	25		5		25			20	15											Inter	Amygd.	
401B	5	68	5	1		4	15		2		tr	tr			tr						Glomero	Homo	
401C	5	68	5	1		4	15		2						tr						Glomero	Homo	
415	2	30				8	20		35		tr	1	tr		2					2	Pilotax	Homo	Lattes de FDP tordues
Moyenne	5	38	tr	8	tr	16	12	5	9	7	tr	tr	tr	tr	tr	tr				tr	tr		

L'épidote est abondamment disséminée dans la masse se présentant souvent en plages brunâtres, aux contacts incertains, comme altération de la matrice et localement concentrée dans des veinules (éch. 72-081).

La chlorite constitue le principal matériau interstitiel de la matrice, intimement associée à l'actinote formant des plages dendritiques dans la matrice (éch. 72-200-309) ou parfois accompagne le verre dévitrifié et recristallisé (éch. 72-200). L'actinote se présente aussi sous forme de couronnes autour de quelques reliques d'augite (éch. 72-4A et Planche VII-1).

Le leucoxène, comme produit d'altération de l'ilménite, parsème le fond de nombreux petits amas losangiques composés de granules (éch. 72-237). Les cristaux de leucoxène présentent souvent des lamelles d'exsolution de magnétite et une section triangulaire typique.

Le quartz en petits grains xénomorphes dans la matrice (éch. 72-200-330) est peu abondant. Un cas intéressant à noter est celui de l'échantillon 72-237 qui montre une veine de quartz montrant des inclusions fibreuses d'actinote (Planche XII-3). Les opaques sont en trace. Les carbonates sont présents en taches irrégulières (éch. 72-179A). La pumpellyite est occasionnelle dans la matrice et la prehnite en amygdules.

Les vacuoles ont subi un remplissage secondaire par un ou plusieurs des minéraux suivants: quartz - actinote - épidote - chlorite - carbonates (éch. 72-303). Dans ce cas, ces minéraux montrent souvent une structure porphyroblastique. Le cas le plus fréquent est celui d'amygdules de quartz et chlorite, la chlorite constituant un noyau entouré d'une auréole de quartz microcristallin. A certains endroits, les amygdules sont assez grosses pour être visibles à l'oeil nu, tandis qu'à d'autres endroits elles sont très nombreuses et minuscules (éch. 72-418A-086). De plus, des phénomènes dynamiques sont probablement à l'origine de microfissures remplies par les mêmes minéraux hypogènes et de la présence de feldspaths tordus (éch. 72-306-415 et Planche XII-4). Quelques échantillons sont sillonnés par de fines fractures remplies de quartz et épidote, altération connue dans la région de Rouyn-Noranda où elle est considérée localement (andésite Amulet) comme un guide de prospection.

Parfois, les laves mafiques massives présentent une texture porphyrique très accentuée et même gloméroporphyrique avec de nombreux phénocristaux trappus de feldspath, évidence de cumulats feldspathiques. Les phénocristaux sont généralement formés de plagioclase, parfois frais avec les macles de l'albite ou de Carlsbad, souvent piquetés de clinzoisite ou épidote, séricite, chlorite qui se logent dans les fractures ou les clivages

(éch. 72-160-401C) et parfois carbonates (éch. 72-179). On a noté à un endroit une zonation des carbonates en remplacement d'un phénocrystal de plagioclase, laissant supposer un remplacement par étapes successives et une variation chimique de la bordure au centre. A noter que ces roches fortement porphyriques devront recevoir une étude particulière lors de l'étude du géochimisme.

En résumé, les laves mafiques massives comptent pour un peu moins de 20% du total des roches étudiées et 50% des laves mafiques en général. La composition modale moyenne de ces roches est donnée au Tableau V. On y voit que le contenu en quartz est inférieur à 10%, le contenu en feldspath aux environs de 40% et le contenu en ferro-magnésiens près de 50%.

#### 3.2.1.2- Les laves mafiques coussinées (Tableau VI)

Les laves mafiques coussinées ont des caractéristiques pétrographiques tout à fait semblables aux laves mafiques massives si ce n'est de quelques variations. Les roches ont une structure principalement amygdalaire, parfois homogène.

Les textures sont les mêmes, si ce n'est d'une prédominance de la texture pilotaxitique. Les minéraux constitutants sont: feldspath, chlorite, actinote, épidote; avec comme minéraux acces-

TARLEAU VI

Etude microscopique des laves mafiques à coussins

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>AUG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>PIM</u>	<u>PRE</u>	<u>ENS</u>	<u>OLI</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>PAP</u>	<u>MFL</u>	<u>APA</u>	<u>LIM</u>	<u>CLI</u>	<u>SER</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>	
72-001		70	5	10			5	10													Inter	Homo	"quench" gerbes	
071B	15		15	7									60	2							Micro	Amygd.	Zone de trempé d'un coussin	
071B	3	40	3	2	3	7	40							2							Inter	Amygd.	AUG ACT+TALC, FDP broyés	
054	10	40		15		10	5						15	5						3	Suboph	Amygd.	Plumose, "quench" FDP, PY	
097	5	30		20	15		2						25								Inter	Amygd.	Phéno FDP chloritisés	
150	5	20	5	15		3	tr							tr	52		tr			1	Pilotax	Amygd.	Veines de QZ-carb., PY	
157A	10	15	4	30			5						35								Ophit	Amygd.		
166	2	10	20		3		60							tr							Pilotax	Amygd.	Très altérée	
201	5	45		27	11		7	5						tr							Pilotax	Amygd.	FDP chloritisé	
232		20	5	5			40							tr		30					Pilotax	Amygd.		
233	5	25		tr	50		5	15													Pilotax	Homo	Lamelles de MAG sur LEU	
234A		25		5	20		25	10								15					Pilotax	Homo	Lamelles de MAG sur LEU	
249	5	60	5	12																15	Inter	Homo	FDP brisés? interm.?	
250	5	50	tr	5	10	15	5	9						1				tr			Ophit	Homo	AUG avec auréole d'ACT	
253E	3	50	4	7			33			2			tr	1							Pilotax	Amygd.	"quench"-phéno broyés de FDP	
302	10	40	2	20	5		13	10													Inter	Homo		
334	5	5	5	5	60		tr	20													Inter	Amygd.	Amygd. QTZ + CAR	
346	1	20		20	35	10	5	5						2						2	Inter	Homo	AUG avec auréole ACT + CHL	
347A	2	50	2	15			10		1					tr							20	Glomero	Homo	Plumose
347B	tr	50	5	15	10		10	tr													10	Pilotax	Amygd.	
352	5	30		10	30	5	5		tr		5			tr							10	Pilotax	Homo	Phéno ENS
360	10	25	10	20	10		5	10					10									Inter	Homo	
407	5	25	5	5		9	30	20						1								Pilotax	Amygd.	Lattes broyées de FDP
412	2	40	2	10		5	39		1					1								Pilotax	Amygd.	Epidotisation + PUM
413	3	15	tr	tr			60		tr	1			20									Fluidale	Amygd.	Dévitrication → gerbes
Moyenne	5	35	4	12	11	3	17	5					8	tr										

soires: quartz, carbonates, augite, leucoxène et verre dévitrifié;  
et en trace: pumpellyite, prehnite, opaques, clinzoïsite.

Les plagioclases constituent l'espèce minéralogique la plus abondante de ce type de roches. Ils se présentent sous forme de microlites enchevêtrés ou de phénocristaux. Les baguettes de plagioclase montrent souvent des inclusions fibreuses d'actinote, des plages de chlorite ou de petits grains d'épidote (éch. 72-201). Il faut noter la présence de "quench crystals" qui sont caractéristiques d'un refroidissement rapide. Cette texture fera l'objet d'un paragraphe particulier. A noter que cette texture est compatible puisqu'elle a récemment été reconnue dans des laves sous-marines à coussinets (Bryan, 1972). Les mêmes bâtonnets de plagioclases peuvent présenter des déformations plastiques très prononcées ou même être broyés, évidence de contraintes physiques (éch. 72-249-253E-467).

La chlorite, intimement associée au verre recristallisé, constitue la majeure partie de la matrice. L'épidote est disséminée. L'actinote se présente en plages dendritiques, comme auréole autour de reliques d'augite (éch. 72-250-346).

Le quartz n'est pas abondant et se présente sous forme de petits grains xénomorphes. On le trouve aussi dans de nombreuses amygdules en agrégats microcristallins, associé à de la chlorite

et des carbonates. Les amygdules sont aussi remplies par l'épidote, l'actinote et quelques feldspaths. Les minéraux de remplissage présentent parfois une structure porphyroblastique. Occasionnellement, les amygdules sont tapissées de pumpellyite (éch. 72-157B).

Le matériel scoriacé recristallisé entre les coussins est constitué par de la chlorite, de l'épidote et du quartz associés localement avec de petits fragments bréchiformes de la même lave mafique.

En résumé, les laves mafiques coussinées comptent pour 8% du total des roches étudiées et 21% des laves mafiques en général. La composition modale moyenne est donnée au Tableau VI. Elle est très semblable à celle des laves mafiques massives.

### 3.2.1.3- Brèches de coulées mafiques et hyaloclastiques (Tableaux VII, VIII)

Nous avons déjà décrit les occurrences de terrain des différents types de brèches de coulée et des roches hyaloclastiques qui comptent pour 8% du total des roches étudiées et 23% des laves mafiques. Nous avons choisi de les réunir pour la description pétrographique puisque la matrice des brèches de coulée est hyaloclastique. Les brèches de coulée consistent en

TARLEAU VII

Etude microscopique des brèches de coulée (FRAGments et MATrice)

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>CHL</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>AUG</u>	<u>VER</u>	<u>PAL</u>	<u>VRD</u>	<u>STI</u>	<u>PUM</u>	<u>OPA</u>	<u>OXF</u>	<u>ACT</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
FRAG 72-165C		20	tr				60										20	ReXT	Bx	Gr.moy. et EPI interstitiel
292A		62				7	5	8		tr		3					15	Inter	Homo	"quench" plagio, tordus
374	15	38			5	15	3		20			4						Porph F	Amygd.	Billes de QTZ, gros FRAG
401A	5	40		tr	4	25	20	3					3					Porph F	Amygd.	STI ds amygd.
403A	15	23			4	10	3	2	30			3						Fluid	Amygd.	Frag.QTZ-FDP ds mat CHL-AUG
403B	10	35	16		4	10	3	2	20									Fluid	Amygd.	Carbonatisation
Moyenne	7	38	3		3	11	17	2	13								6			
MAT 72-052						15	10				75							ReXT	Bx	Bordure de VER
151	20	5	15			20	20					20						Fluid	Amygd.	Amygd. orientées QTZ-CHL
159A	20		10			15	20					35	tr	tr	tr	tr		ReXT	Bx	Veinules de QTZ-CAR-EPI
159B			5			25	5				15	40	tr					ReXT	Bx	Plumose, "quench" plagio
159D	5	30	5			10	tr					50	tr		tr			ReXT	Bx	Plumose, "quench" plagio
159C	20		10			15	20					35	tr	tr	tr	tr		ReXT	Bx	Fluidal
162A	5					5	5					65			tr			ReXT	Bx	Veinules, globules
162B	5					5	5					65			tr			ReXT	Bx	
165A		10	5			10	10					65	2		tr			ReXT	Bx	
165B		15	tr			50	tr				19		tr		1		15	ReXT	Tuff	Lentilles
167B			5			70	10				10		tr		5	tr		ReXT	Bx	
182A	5	10	1			40	35				5		2		1	1		ReXT	Tuff	
182C	2	5	3			30	5				20	15						ReXT	Bx	Frag. les uns sur les autres
359A	10	tr	5			15	30					40						ReXT	Bx	Plumose
359B	10	tr	5			15	30					40						ReXT	Bx	
363B*	10	tr	5			15	30					40						ReXT	Bx	72-363 B à G, plumose
Moyenne	7	5	5			22	15				10	16	tr		tr	tr				
Moyenne Tot.	7	14	4		tr	19	16	tr	4		4	20	tr		tr	tr	2			

TABLEAU VIII

Etude microscopique des hyaloclastites

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>CHL</u>	<u>AUG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>ACT</u>	<u>VRD</u>	<u>PAL</u>	<u>STI</u>	<u>OPA</u>	<u>MAC</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-050A						10		30				20	tr	tr	40	ReXT	Dx	PAL avec bordure de FDP
050B	5		3			20		10			30	30	tr	2		ReXT	Tuff	Lenticulaire, veines
242B	10		5			15		15			50			5		Hyalop	Dx	Billes de verre
405A	5	10				10	45	10	5	15						ReXT	Homo	AUG brune
405B	5	10				10	45	10	5	15						ReXT	Amygd.	
Moyenne	5	5	tr			15	20	17	2	7	18	11	tr	tr				

coussins volcaniques, entiers ou fragmentés, dans une abondante matrice de tuff mafique cogénétique. La matrice, composée de globules, granules, "shards" et fragments basaltiques produits sous l'eau, est en fait un tuff aquagène, qui ressemble aux ignimbrites avec des laminations. Les conditions et les mécanismes de formation des brèches de coulée sont donnés dans Carlisle (1963).

Nous avons d'abord étudié les fragments, à proprement parler, des brèches de coulée, soit l'intérieur des coussins isolés et des fragments de coussins de bonnes dimensions. Les structures et textures sont exactement les mêmes que pour les laves mafiques massives et coussinées, si ce n'est d'une plus grande fréquence de la texture fluidale. La composition modale moyenne de ces fragments est donnée au Tableau VII et elle est très semblable à celles des laves mafiques massives et coussinées (éch. 72-199 et Planche XI-1).

Pour sa part, la matrice des brèches de coulée est hyaloclastique (éch. 72-359A) et les fragments anguleux ont, pour la plupart, une composition semblable à celle de la matrice. Ils sont constitués de noyaux d'épidote, de chlorite et de carbonates, enveloppés par du matériel palagonitique rouge-brun (éch. 72-082).

Si on se réfère à l'étude de Bonatti (1967) sur ce type de roches, ces échantillons ressemblent en tous points à ceux qui proviennent de récentes coulées du fond du Pacifique, face à l'Amérique du Sud. Selon Bonatti, cette structure bréchique est due à l'effusion en milieu sous-marin de laves visqueuses: la lave pulvérisée au contact de l'eau est soumise à un refroidissement très rapide. Les débris hyaloclastiques sont rapidement hydratés à haute température, formant essentiellement du verre "palagonitique". Les débris peuvent être altérés graduellement par la suite en zéolites et minéraux argileux.

L'étude pétrographique de la matrice que nous avons effectuée sur 16 échantillons est résumée au Tableau VII. A noter les quantités de chlorite, épidote, palagonite et verre dévitrifié; avec comme minéraux accessoires: quartz, feldspath, carbonates; et la stilpnomélane, les opaques et les oxides de fer en trace. Plusieurs observations, considérées comme caractéristiques des brèches de coulée par Carlisle (1963), méritent une mention.

La texture de la matrice est principalement vitroclastique avec un ensemble de globules et granules de sidéromélane palagonitisée (aujourd'hui partiellement chloritisée) donnant l'aspect de "shards" dans une mésostase chloritique à grains fins, montrant parfois des courants de fluidité autour des fragments (éch. 72-080A).

Les globules sont des corps généralement elliptiques composés de chlorite et palagonite verte, altération du verre, avec des quantités variables de taches brunes ferrugineuses et d'agrégats de petits minéraux ferrugineux, probablement du leucoxène (éch. 72-080A et Planche IX-2). Il existe en fait deux types de palagonite: l'une est de couleur jaune à verte et constitue le coeur des globules, l'autre est fibreuse, de couleur brunâtre et constitue la bordure des globules (éch. 72-080A et Planche IX-1). On peut probablement y déceler une séparation du fer lors de l'altération, qui cause une zonalité dans certaines globules (éch. 72-080A et Planche IX-1) et la concentration des opaques en bordure (éch. 72-080A et Planche VIII-4). A noter enfin la présence de petites baguettes de stépnomélane dans les globules (éch. 72-080A et Planche IX-2).

Les granules ne diffèrent des globules que par le fait qu'elles sont limitées par des fractures conchoïdales et Carlisle affirme que certaines granules sont en fait des parties de globules plus grandes (éch. 72-162-082-080B et Planche VIII-2 et 3).

La mésostase entre les globules et granules est aphanitique et composée de chlorite surtout, d'actinote, de carbonates et de matériel ferrugineux sous forme d'opaques ou d'oxydes de fer. S'ajoutent à ceci des cristaux et baguettes de plagioclase en plus

de masses brunâtres, semi-translucides que nous avons identifié à des amas d'épidote (éch. 72-080A et Planche IX-2). Par endroits, la matrice est chargée d'amygdules remplies de chlorite et quartz, souvent orientées et légèrement déformées (éch. 72-151-182A, Planche XI-2 et Planche IX-3-4). Ailleurs enfin, la matrice montre une texture cellulaire caractéristique (éch. 72-082 et Planche VIII-1).

L'ensemble prend parfois l'aspect d'un tuff à lapilli ou d'un tuff soudé. Cependant, les fragments sont déformés, évidence de plasticité (éch. 72-182A-182C et Planche X-1).

Enfin, nous avons observé des textures de refroidissement rapide qui feront l'objet d'une étude dans un paragraphe subséquent.

#### 3.2.1.4- Pyroclastiques mafiques (Tableaux IX et X)

Les pyroclastiques mafiques comme tels sont peu abondants avec 2% du total des roches étudiées et 6% des roches mafiques effusives. En général, on peut dire que les fragments sont plus acides que la matrice.

On nomme pyroclastiques, les roches formées de matériel volcanique provenant d'une explosion ou d'une éruption violente d'un volcan (Ross et Smith, 1961). Notre étude distinguera deux

TABLEAU IX

Etude microscopique des brèches mafiques

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>CLI</u>	<u>SER</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>AUG</u>	<u>OPA</u>	<u>IND</u>	<u>VRD</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-064		20	30			40		tr			10	tr		Porph	Bx	Carbonatisation
087A	10	20	10	10		20		5	5	5			15	Trachy	Bx	FRAG de VRD avec amygd.
308	2	70				5	10	10	2		tr			Inter	Bx	FDP enchevêtrés, matrice
327	tr	50				5	30	10	tr		2			Pilotax	Bx	FRAG avec feutre d'ACT
Moyenne	3	40	10	3		19	10	6	2	tr	3	tr	4			

TABLEAU X

Etude microscopique des tuffs mafiques

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>CHL</u>	<u>AUG</u>	<u>ACT</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>VRD</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>OXF</u>	<u>MAC</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-158		20	40		tr	20			tr		10		1			Inter	Tuff	"shards", "crystal tuff"
326	5	40			tr	15	5		20			15				Fluid	Tuff	Amygd. QTZ-CHL
342	10	20	10			20				5					35	Trachy	Tuff	Lenticulaire
Moyenne	5	28	18		tr	19	tr		7	tr	0	5	tr		12			

types de roches pyroclastiques: premièrement les brèches, deuxièmement les tuffs. Minéralogiquement, ils sont peu différents et nous les décrivons ensemble. Signalons cependant que l'étude de ces roches est rendue complexe du fait que leur minéralogie actuelle est le résultat de l'interaction de plusieurs phénomènes tels que le mode d'extrusion, l'altération secondaire et le métamorphisme. Il y a donc très peu à dire sur la minéralogie de ces roches si ce n'est qu'elle est assez simple et généralement se résume à des assemblages de feldspath, beaucoup de chlorite et carbonates, des quantités appréciables d'actinote, épidote et verre dévitrifié. La composition modale moyenne des brèches et tuffs mafiques est donnée aux Tableaux IX et X.

Le plagioclase, généralement cryptocristallin, se retrouve dans les fragments et la pâte. Dans certaines roches, il se présente aussi en lattes enchevêtrées (éch. 72-308). Les altérations sont surtout de carbonates, chlorite, épidote et actinote, qui se retrouvent sans discernement dans la matrice ou les fragments, dans les fractures et les amygdules. On retrouve de l'augite à certains endroits dans la matrice de chlorite-épidote. Le leucoxène, les opaques et le quartz sont peu abondants.

Dans le cas des brèches, les fragments sont ce que Fisher (1966) appelle "lapilli" (4-32 mm) et cendres (< 4 mm). Dans ce type de roche, la matrice peut avoir un aspect tuffacé marqué par des linéations (éch. 72-087) mais il arrive qu'elle contienne des agrégats de bâtonnets de plagioclase à texture trachytique (éch. 72-087A). Dans un cas, les fragments sont composés d'un feutre d'aiguilles d'actinote (éch. 72-327).

Les tuffs sont des roches pyroclastiques consolidées de grain généralement inférieur à 4 mm, c'est-à-dire l'équivalent consolidé de cendres volcaniques. L'étude microscopique des tuffs a révélé les faits suivants: fragments de cristaux brisés (éch. 72-326), présence dans la matrice aphanitique de fines lentilles filamenteuses de verre dévitrifié en abondance (éch. 72-326), de nombreuses amygdules de quartz-chlorite (éch. 72-326). Enfin, l'échantillon 72-158 montre des lentilles aplaties suggérant la présence de "shards".

### 3.2.2- Les laves intermédiaires

Nous avons déjà défini les laves intermédiaires comme contenant plus de 10% de quartz et 20 à 40% de minéraux ferromagnésiens. A ceci viennent s'ajouter des considérations de densité et d'altération. Il faut cependant noter que les laves intermédiaires constituent une classe-tampon entre les laves mafiques

et acides. De ce fait, cette classe peut inclure les cas extrêmes des deux autres. Les laves intermédiaires comptent pour 19% du total des roches étudiées.

### 3.2.2.1- Les laves intermédiaires massives (Tableau XI)

Les roches sont à structure homogène ou amygdalaire avec prédominance de la seconde. Les textures sont variées: intersertale en moins grande abondance que pour les laves mafiques, porphyrique, trachytique et surtout pilotaxitique avec un enchevêtrement de microlites de plagioclase. A noter la présence d'un échantillon à texture granophyrique avec des lamelles de feldspath dans du quartz (éch. 72-406).

Dans le cas de la texture porphyrique, les phénocristaux sont constitués par de l'albite sub-automorphe remplacés partiellement ou complètement par des carbonates ou de l'épidote et quelques quartz arrondis. On y retrouve de grandes plages de chlorite, probablement des vestiges de ferro-magnésiens.

Dans tous les cas, la mésostase comprend, en plus des microlites de plagioclase et des petits grains de quartz associés, de petites plages de chlorite, un peu de carbonate, d'épidote avec quelques cristaux ou reliques d'augite, de leucoxène et des traces d'opakes.

TARLEAU XI

Etude microscopique des laves intermédiaires massives

<u>LAVE NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>AUG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>PUM</u>	<u>PRE</u>	<u>VRD</u>	<u>MAF</u>	<u>OPA</u>	<u>DAT</u>	<u>OXF</u>	<u>APA</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>	
72-072A	27	50	10			8		5							tr				Trachy	Amygd.		
091B	20					20			10				20			20			Glomero	Homo	Pheno FDP altéré en DAT	
169A	20	25	42			13		tr	tr		tr	tr			tr			tr	Porph	Amygd.	Relique d'AUG	
171	5	65	9	tr		20			tr	tr									1	Pilotax	Amygd.	Magnétite sur LEU
177B	5	43	10			15			25							2			Pilotax	Tuff		
181A	5	65	5			10			15						tr				Pilotax	Amygd.		
181B	5	70	5			10			10						tr				Pilotax	Amygd.	Plumose, veinules	
195	5	43	15			20	2		5	8						2			Pilotax	Amygd.	Carbonatation	
235A	5	25			15	5				3	tr	tr			47	tr			Pilotax	Amygd.		
239	5	5					5		50	tr					35				Pilotax	Amygd.	? l. mafique?	
239	10	50	10		3	15		tr	10							2			Porph F	Homo	Relique FDP	
244	5	75	5		5	5			5										Inter	Homo		
247	5	70				tr		5	10							10			Trachy	Homo		
248	30	30	10	3		15			2	10									Porph	Amygd.		
251B	20	40	2			5	10	5	tr	15						3			Inter	Amygd.	Partiellement opitique	
251C	30	30				10		15	tr	14		tr				1			Inter	Amygd.	PRE radiale ds amygd.	
252A	30	34	1			10		10	14							1			Inter	Amygd.		
253A	14	40	2			20		10	8	5						1			Pilotax	Homo		
255	5	40	25	10								tr	15			5			Hyalop	Homo		
291	49	30	1		10	1			9										Pilotax	Homo		
307	5	70	6			4			12							3			Trachy	Amygd.		
329	10	60	tr			15		10				5			tr		tr		Fluid	Amygd.	PRE ds amygd.	
351	10	60	10	5		5		5	5						tr				Porph	Amygd.		
406	10	60	1			8	10		2	8						1			Inter	Homo	QTZ avec lamelle FDP	
410	10	52		5		8		4	8	8		5							Inter	Amygd.	PRE sur FDP	
414	10	49				10		5	20	5		tr				1			Pilotax	Amygd.		
Moyenne	16	50	8	tr	tr	11	tr	3	9	3		tr			tr							

Les plagioclases s'observent en phénocristaux et en fines baguettes disposées chaotiquement ou orientées dans la matrice en intercroissance avec la chlorite, l'épidote et le quartz xénomorphe (éch. 72-171 et Planche XII-1). Sauf pour l'échantillon 72-169A, et particulièrement dans 72-235A et 239, le plagioclase est très épidotisé. Les patrons de diffraction-X et les tests de coloration révèlent l'absence de feldspath potassique ainsi que la nature sodique du plagioclase.

L'augite s'observe sous forme de phénocristaux hypidiomorphes mâclés (éch. 72-329) ou en reliques entourées d'actinote (éch. 72-169A).

La chlorite forme le matériel interstitiel avec le quartz, l'épidote et les carbonates. Elle forme également des veines, en intercroissance avec l'actinote (éch. 72-238) et est présente sous forme d'amygdules avec des carbonates, du quartz, de l'épidote (éch. 72-171).

Le quartz est présent comme composant de la matrice, en grains xénomorphes ou en agrégats microcristallins se partageant les espaces disponibles entre les bâtonnets de plagioclase avec l'épidote, la chlorite et les carbonates (éch. 72-238). Il se présente aussi en amygdules avec la chlorite (éch. 72-169A).

L'épidote est observée en plages xénomorphes comme produit de remplacement, entourée souvent de chlorite. Comme composante de la matrice, elle occupe les espaces entre les bâtonnets de plagioclases ou remplace ceux-ci et apparait en taches brunes diffuses quand ce processus de remplacement est particulièrement avancé. On l'observe aussi dans des fractures et des amygdules (éch. 72-169A).

Les carbonates sont observés surtout sous forme d'amygdules avec une bordure chloriteuse ou felsique (éch. 72-185).

Le leucoxène, les opaques, la séricite, la clinozoisite et l'actinote sont occasionnels. Il faut cependant noter la présence de prehnite dans de grandes amygdules sous forme de plages en continuité optique et à extinction roulante (éch. 72-329-251C). Elle peut se trouver parfois dans des veinules en compagnie d'autres zéolites non identifiés, quartz et carbonates ou en remplacement sur des feldspaths (éch. 72-410). La pumpellyite est rare mais l'échantillon 72-235A (Planche XI-4) la montre avec le quartz en amygdules.

En résumé, les laves intermédiaires massives comptent pour 8% du total des roches étudiées et 44% des laves intermédiaires. La composition modale moyenne est donnée au Tableau XI.

### 3.2.2.2- Les laves intermédiaires coussinées (Tableau XII)

Il y a très peu à dire concernant les laves intermédiaires coussinées car elles présentent les mêmes structures, les mêmes textures, et les mêmes caractéristiques que les laves intermédiaires massives. La composition modale moyenne des laves intermédiaires coussinées est donnée au Tableau XII et elle est très semblable à la précédente. A noter que dans l'échantillon 72-155, les feldspaths sont tordus d'une façon plastique (Planche XII-2), déformation probablement contemporaine à la mise en place. De plus, l'échantillon 72-408 montre des gerbes de feldspath.

Les laves intermédiaires coussinées constituent 3% du total des roches étudiées et 14% des laves intermédiaires.

### 3.2.2.3- Brèches de coulée intermédiaires (Tableau XIII)

Ce type de roches a été déterminé du fait que la structure, la texture, la composition minéralogique des fragments et de la matrice sont très semblables. Ces observations peuvent découler d'observations de terrain contrôlées au microscope. A noter que ce qui fait la différence entre les brèches de coulée intermédiaires et les brèches pyroclastiques intermédiaires réside

TABLEAU XII

Etude microscopique des laves intermédiaires coussinées

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLY</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>AUG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>PRE</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-153	20	20	40			15					5			Fluid	Amygd.	Carbonatisation des FDP
155	15	55	tr			20			tr	10		tr		Pilotax	Homo	FDP tordus
242E	10	65	5	tr		8		2	5	5				Porph F	Homo	
254		70			20	8						2	tr	Inter	Homo	
365	10	80				5			5			tr		Pilotax	Amygd.	
409	10	75	tr			6		6	2				1	Glomero	Amygd.	"quençh" gerbes
Moyenne	12	64	7	tr	3	10		tr	2	2	tr	tr	tr			

TABLEAU XIII

Etude microscopique des brèches de coulée intermédiaires

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLY</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>AUG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>PUM</u>	<u>PRE</u>	<u>VER</u>	<u>VRD</u>	<u>ALL</u>	<u>OPA</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-325	10	35				15	5		10					tr			Fluid	Tuff	
353	2	48	20	30		10			10							1	Pilotax	Bx	
355	15	5	5			15	tr		60	1							Pilotax	Bx	Epidotisation des FDP
392	25		5	tr		20		tr	5	5							ReXT	Bx	FRAG VRD
393	25		5			5			10	5	tr	tr					ReXT	Bx	PUM et PRE ds amygd.
394		65				10			5	15	2	3			tr	tr	Pilotax	Bx	FDP tordus
419A	5	40	5		5	5			30	10			tr				Trachy	Bx	Matrice vitreuse
419B	10	30	10		10	10			25	5			tr				Trachy	Bx	"quençh" plagio
Moyenne	12	28	6	4	2	11	tr	tr	19	5	tr	tr	tr	14	tr	tr			

dans le fait que pour les secondes la structure et/ou la texture et/ou la composition minéralogique des fragments et de la matrice sont différentes.

Les textures des brèches de coulée intermédiaires sont assez semblables à celles des laves intermédiaires: pilotaxitique et trachytique. Cependant, il peut arriver que la matrice prenne un aspect tuffacé et contienne des agrégats de bâtonnets de plagioclase à texture fluidale (éch. 72-325).

La minéralogie des brèches de coulée intermédiaires est un peu plus complexe que celle des laves intermédiaires du fait de l'altération plus intense. En plus du quartz xénomorphe dans la matrice et en amygdules avec la chlorite, du feldspath en bâtonnets ou en phénocristaux épidotisés (éch. 72-355), des carbonates dans la matrice et les fragments, du fait de l'altération on trouve des quantités importantes de chlorite (éch. 72-382), de leucoxène (éch. 72-384), d'épidote (éch. 72-419A-B) et de verre dévitrifié (éch. 72-382-383).

A noter la présence de feldspaths tordus, possiblement sous l'action de contraintes provenant du mouvement de la coulée (éch. 72-384). On trouve aussi des "quenches" de plagioclase (éch. 72-419B) et surtout une plus grande abondance de prehnite et pumpellyite surtout en amygdules (éch. 72-383-384).

En résumé, les brèches de coulée intermédiaires comptent pour 4% du total des roches étudiées et 14% des laves intermédiaires. Leur composition modale moyenne est donnée au Tableau XIII.

#### 3.2.2.4- Pyroclastiques intermédiaires (Tableau XV )

Les pyroclastiques intermédiaires comme tels sont peu abondants avec 6% du total des roches étudiées et 32% des roches intermédiaires. En général, on peut dire que les fragments ont une composition plus acide que la matrice et cette dernière est plus altérée.

Encore une fois, nous traiterons ensemble les deux types de pyroclastiques, brèches et tuffs, puisque leur minéralogie et leur texture sont assez semblables. L'assemblage caractéristique est quartz et feldspath, avec carbonates, chlorite, épidote, leucoxène et présence de verre dévitrifié (éch. 72-154 et Planche VII-4). La composition modale moyenne des brèches et tuffs intermédiaires est donnée aux Tableaux XIV et XV.

Les principales textures sont porphyrique et pilotaxitique à trachytique. Dans le premier cas, les phénocristaux sont des plagioclases épidotisés et carbonatisés, parfois broyés (éch. 72-388) et de l'augite parfois broyés (éch. 72-390B) parfois remplacés totalement par du talc (éch. 72-398B) parfois en relique

TABLEAU XIV

## Etude microscopique des brèches intermédiaires

LAVE NO	QTZ	FDP	CAR	SER	CLY	CHL	ACT	AUG	EPI	LEU	PM	PM	VID	OPA	STL	TAL	LIM	TEXTURE	STRUCTURE	REMARQUES	
72-154	15	55	5	5	10	10		tr	tr				tr	10	tr	tr		Trachy	Bx	FDP tordus	
156	15	35	10		10	10		5	15	tr								Fluid	Bx	"quencl" plagio et tordus	
157B	15	30	20	10	10	10		5	10						tr			Pilotax	Amygd.	PUM tapisse les amygd.	
170	35	25	20	tr	10	10	tr								tr			Porph	Amygd.		
243	15	40	7	tr	8	5		20							5			Pilotax	Bx		
356	20	45			10	10		15	10									Micro	Dx		
357	10	60		15		5		5	5						tr			Micro	Dx		
389	30	10	10		10	10	10						30	tr				Micro	Dx	Ignimbrite, phéno broyés	
389	20		20		10	10		10					40					Micro	Dx	Ignimbrite, phéno broyés	
390A	15	45			5	10	5	10	10									Micro	Amygd.	AUC avec auréole d'ACT	
390B	15	50			3	5	10	7	10									Micro	Amygd.	Phéno broyés AUC, ophit.	
395A	10	7			50			10	3						tr			Porph	Bx	Ophit.	
395B	15	52			8	10	7	8								tr		Porph	Bx	AUC → TAL	
Moyenne	18	38	7	2	5	7	3	3	6	5	tr	tr	6	tr	tr						

TABLEAU XV

## Etude microscopique des tuffes intermédiaires

LAVE NO	QTZ	FDP	CAR	SER	CLY	CHL	ACT	AUG	EPI	LEU	OPA	VER	VID	REMARQUES
72-072B	12	30	8		20	10	10	5		5	tr			Ignimbrite
094		20	10		10	10		5				30	25	Ignimbrite
257			10	2		6						60	20	FRAG VID
320	10	30	10	15	20	20				15				
321	10	30	10	15	20	20				15				
322	10	30	10	15	20	20				15				
Moyenne	10	25	9	8	3	15	tr	tr	tr	8	tr	15	7	

avec auréole d'actinote (éch. 72-390A). Dans le second cas, la matrice peut avoir un aspect tuffacé et une orientation des bâtonnets de plagioclase (éch. 72-154-156), parfois tordus.

Dans les deux cas, des fragments anguleux de verre dévitrifié possèdent de nombreuses sphérulites provenant de la recristallisation (éch. 72-257). On retrouve encore de nombreuses amygdules contenant chlorite, quartz et carbonates (éch. 72-094-390). En un endroit, c'est la pumpellyite qui tapisse les amygdules (éch. 72-157B).

Malgré la dévitrification et l'altération, nous avons cru déceler dans la matrice de certaines brèches et dans des tuffs la présence d'une texture eutaxitique avec des fragments, type "shards" et "pumices", généralement aplatis, alignés et compactés les uns sur les autres (éch. 72-388-072B-094 et Planche X-2), en plus de la présence de phénocristaux de plagioclase.

### 3.2.3- Les laves acides

Nous avons déjà défini les laves acides comme contenant plus de 10% de quartz et moins que 20% de ferro-magnésiens. A ceci viennent s'ajouter des critères de densité inférieure à 2.75 et d'altération. Les laves acides comptent pour 33% du total des roches étudiées.

### 3.2.3.1- Les laves acides massives (Tableau XVI)

Les laves acides massives ont une structure homogène, parfois amygdalaire. La texture est assez variée: de pilotaxitique à trachytique, porphyrique et sphérulitique (éch. 72-174A-188-192-226 et Planche XIV-2-3). A noter que les phénomènes de dévitrification, tels sphérules et perlites, seront discutés dans un paragraphe subséquent. Les laves acides massives sont aphanitiques et les minéraux constituants sont: quartz + plagioclase sodique en plus des minéraux d'altération carbonates, séricite, chlorite avec des quantités accessoires de clinozoisite, épidote, leucoxène, actinote et minéraux opaques. A noter que le feldspath potassique est absent comme l'ont démontré les tests de coloration et les études par diffraction-X. Les dernières ont de plus prouvé la nature sodique du plagioclase.

Dans les échantillons observés, la recristallisation s'est faite sans déformation importante et la texture porphyrique apparait clairement. Les phénocristaux sont formés d'albite sub-automorphe (éch. 72-188-228 et Planche XIII-4) et parfois de quartz. L'albite souvent mâclée est parfois limpide, surtout piquetée de carbonate, clinozoisite (éch. 72-290) ou séricite et souvent bordée de chlorite (éch. 72-380). La séricite se retrouve aussi dans les clivages de l'albite. Les phénocristaux d'albite

TABLEAU XVI

## Etude microscopique des laves acides massives

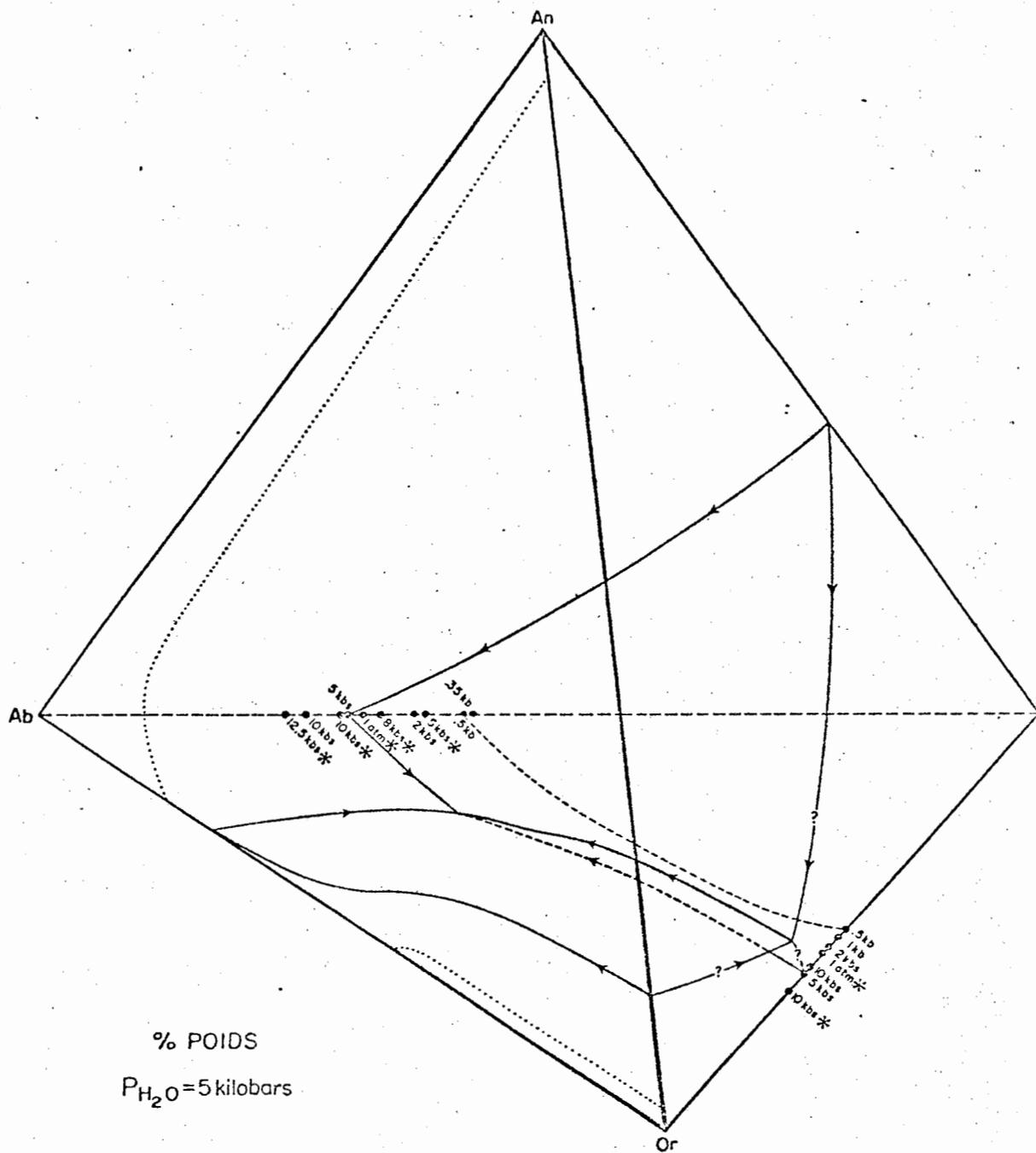
LAVE NO	QTZ	FDP	Q+F	CAR	SER	CLI	CHL	ACT	EPI	LEU	VER	VRD	OPA	ONF	PUM	PRE	ORT	APA	TOU	ALL	TEXTURE	STRUCTURE	REMARQUES	
72-C05			85	5	10								tr								Engr	Homo	Phéno QTZ-FDP rés, CAR Fe	
090A			85	tr		5	tr		10												Engr	Homo	Etirement et cassure ds FDP	
090B	30	60				tr	5		5												Engr	Homo	Phéno FDP fract, rosettes FDP	
096	20	60		2	2		12			2			1								Porph F	Homo		
165A	15	40		34			2		tr	7			2								Pilotax	Amygd.		
174A	38	45		5	tr		10			2			tr								Porph FQ	Homo	CHL anormale	
174B	20	60		10	2		5						3	tr							Porph FQ	Homo	FDP résorbé, SER intergr.	
183A			65	25	5		tr		5				2								Micro	Homo	CAR Fe, SER intergr.	
183B	10	60		12	8		5			5				tr							Micro	Homo	CAR Fe, SER intergr.	
187			65	20	15					tr											tr	Micro	Amygd.	SER intergr., amygd. QTZ
188			75	20	5					tr			tr								tr	Sphér	Homo	Phéno FDP, CAR Fe
189	60	30		7	tr		3			tr											Porph	Homo	Phéno FPP	
190	35	30		23	2		7			3			tr								Porph	Homo	Phéno FDP, SER intergr.	
191	45	40			2		11			2			tr	tr							Porph	Homo	Phéno FDP, exsolution LEU	
192	63	29		3	tr		4			1			tr								Sphér	Homo	Phéno FDP, exsolution LEU	
193	50	15		25	3		7			tr			tr								Sphér	Homo	Exsolution LEU	
194	40	30		5			10		5	tr		tr									tr	Sphér	Homo	Phéno FDP, plumose
220	30	50		5	tr		15	tr		tr			tr								Porph	Homo	QTZ et FDP résorbés	
222	53	30		5	tr		10	tr		1			1								Porph	Homo	QTZ et FDP phéno	
223	45	35		2	tr		15	tr	tr	3											Sphér	Amygd.	SER intergr, phéno QTZ	
226	25	15	40	15	5			tr		tr			tr								Sphér	Homo	SER intergr, phéno QTZ-FDP	
227	30	35	20	5	tr		tr		10	tr											Sphér	Homo	SER intergr, phéno QTZ-FDP	
229	30	30	24	5	tr		1		10	tr											Sphér	Homo	Phéno QTZ-FDP résorbés	
229A	40	45		5			10		tr	tr				tr							Sphér	Homo	Phéno QTZ-FDP résor., silicif	
229B	30	50		8			10		tr	tr				2							Sphér	Laminé	Phéno Fe avec cœur alt. Fe	
289			85	2	6	1	3		2	tr			1								Porph	Homo	Phéno FDP, SER intergr. - boules	

TABLEAU XVI (suite)

Etude microscopique des laves acides massives

LAVE NO	QTZ	FDP	Q+F	CAR	SER	CLI	CHL	ACT	EPI	LEU	VER	VRD	OPA	OXF	PIM	PRE	OUT	APA	TOU	ALL	TEXTURE	STRUCTURE	REMARQUES
72-290			67	10	8		7		5				2	1							Porph	Homo	Phéno FDP, SER intergr + boules
292B	10	76		1	3		5		4	1											Porph	Homo	Phéno FDP-OTZ, SER intergr.
312	30	50		2			5		10				tr	2							Trachy	Homo	Macles incurvées
316		90		1	3	1	4		tr				1								Pilotax	Homo	Phéno FDP, PO-PY-SPH-MAG
315A	25	60		tr	10		5		tr	tr											Porph	Amygd.	Phéno FDP, SER intergr.
315B			80	4	5	1	5		4	1											Porph	Amygd.	Phéno FDP, SER intergr.
336	35	20		tr	10				20	tr	15										Perlit	Homo	Verre silicifié → perlites
343A	50	20		5	10		10	tr	2	tr			2	1							Porph	Homo	Phéno QTZ, CHL-LEU = AUG sil
341B	50	20		5	10		10	tr	2	tr			2	1							Porph	Homo	
350	5	10	58	5	5		2		5	10											Porph	Homo	Phéno FDP, SER intergr
365			73	10	4	3	6		2	2											Porph	Homo	Phéno FDP, perthite
369			72		15		5						3	tr							Porph	Homo	Phéno FDP, SER intergr
370	20	60		10	10		tr						tr								Micro	Homo	
371A			70	4	10	3	7						5	1							Porph	Homo	Phéno FDP rés., SER intergr
371B			70	4	10	3	7						5	1							Porph	Homo	
372			68	4	12	3	7						5	1							Porph	Homo	Phéno FDP, SER intergr
377	55		5	3	37								tr								Porph	Homo	Phéno QTZ xeno rés, phéno FDP
375A	65		5	10	20								tr								Porph	Homo	Phéno QTZ
375B	65		5	10	20								tr								Porph	Homo	
380	55		15	8	15		7						tr								Porph	Homo	Phéno QTZ, phéno FDP fracturé
385B	33		33	1	2				25						1	5				tr	Porph	Laminé	Phéno QTZ-FDP
393	60		15	20	5				tr				tr								Micro	Laminé	Altérée
394	15		50	10			15		5	5			tr								Porph	Homo	Phéno F -
400			82	4	7	1	4		tr				2								Porph	Homo	Phéno F -
402A			50	10		1	7						2								Porph	Homo	Phéno F -
404	21	70		1	5		3		tr				tr	tr							Porph	Homo	Phéno QTZ rés, SER intergr.
411	20	60		2	10				1	2			5								Porph	Homo	Phéno QTZ-FDP
Moyenne	37	44	81	8	6	tr	5	tr	tr		tr		tr	tr	tr	tr							

sont généralement grands, bien développés, rarement résorbés, évidence d'un changement brusque de pression d' $H_2O$  (éch. 72-005-183A-220-228-371A), souvent entourés d'une couronne de quartz microcristallin (éch. 72-227) qui pénètre même les interstices dues à la résorption ou à la fracturation. En effet, certains feldspaths sont fracturés, étirés ou montrent des macles incurvées, évidences de contraintes (éch. 72-090A-312-380). Le quartz se présente parfois en amas polycristallins (éch. 72-380), correspondant probablement à d'anciens phénocristaux automorphes ou sub-automorphes granulés et recristallisés. On l'observe aussi en grains idiomorphes à hypidiomorphes aux coins arrondis avec des plages de résorption partielle (éch. 72-223-227-404 et Planche XIV-4). Le phénomène de résorption peut révéler une partie de l'origine de ces roches. En effet, ce phénomène peut s'expliquer par une baisse brusque de pression lors de l'épanchement en surface de la lave, suivie par un refroidissement rapide. Si on analyse le champ de stabilité de la phase solide du quartz dans le tétraèdre An-Ab-Or-Qz (fig. 8), on remarque qu'une diminution de la pression partielle d'eau produit une diminution du champ de stabilité de cette phase et, de ce fait, la composition totale de la roche se retrouve dans le champ de stabilité des plagioclases. Les phénocristaux de quartz deviennent subitement instables et le système tend à rétablir l'équilibre chimique par leur résorption partielle ou totale.



5kbs.\* POSITION DE L'EUTECTIQUE DANS LES SYSTÈMES Ab - Qz, Or - Qz, EXPÉRIENCES RÉALISÉES PAR VOIE SÈCHE SOUS UNE PRESSION DE 5 KILOBARS;  $P_{H_2O} = 0$ .

5kbs. POSITION DE L'EUTECTIQUE DANS LES SYSTÈMES Ab - Qz, Or - Qz, EXPÉRIENCES RÉALISÉES PAR VOIE HUMIDE SYSTÈMES SATURÉS PAR RAPPORT A  $H_2O$ ;  $P_{H_2O} = 5 \text{ kbs}$ .

Fig. 8: Champs de stabilité du quartz, de l'orthose et des plagioclases en fonction de la pression partielle d' $H_2O$ .

La mésostase est essentiellement microlitique lorsqu'il y a prédominance du feldspath sur le quartz et engrenée dans le cas contraire, avec un peu de séricite, chlorite et carbonates. Accessoirement, on rencontre des opaques, du leucoxène et occasionnellement de l'apatite. Dans les échantillons les plus altérés, se développent des traînées de carbonate et séricite, des amas d'épidote et de petits amas de quartz qui pourraient correspondre à une silicification secondaire. Ailleurs, la matrice felsique dévitrifiée est sphérulitique ou forme une pâte aphanitique et fluidale composée d'un agrégat felsique microcristallin aux interstices chloritisées et/ou séricitisées.

Le quartz est abondant dans la matrice sous forme de cristaux xénomorphes ou hypidiomorphes et sous forme microcristalline, comme produit de la dévitrification d'un verre acide occupant les espaces disponibles entre les cristaux de plagioclase (éch. 72-394). On l'observe également dans des fractures et des amygdules de quartz à grains grossiers imbriqués au centre et microcristallins en bordure (éch. 72-187). Le contact est franc et peut être marqué par une mince plage sériciteuse.

Les plagioclases se retrouvent avec le quartz dans les sphérules, comme microlites ou microcristallins.

La séricite se présente en fines aiguilles sur les feldspaths altérés, en paillettes enrobant les grains de quartz et feldspath (éch. 72-187-190 et Planche XIII-2), dans des fractures en donnant une texture cellulaire (éch. 72-174A et Planche XIII-1).

La chlorite est essentiellement interstitielle (éch. 72-174A-229A) et au centre d'amygdules avec bordure de quartz. Elle présente souvent des couleurs de biréfringence anormales (vertes) probablement à cause d'un contenu élevé en magnésium (éch. 72-174A-350). On la retrouve aussi en veinules (éch. 72-229A et Planche XIII-3).

Les carbonates se trouvent dans les interstices entre les grains, en plages uniformes à l'intérieur des phénocristaux de plagioclase ou en veines avec le quartz. On peut également en observer une variété ferrugineuse rougeâtre (éch. 72-005-183A-188).

L'épidote se présente habituellement sous forme de petits agrégats. Dans la lame mince 72-318, on note la présence d'épidote autour de grains de carbonate.

L'étude des opaques de l'échantillon 72-316 a révélé la présence de pyrrhotine, pyrite, sphalérite et magnétite.

### 3.2.3.2- Les brèches de coulée acides (Tableau XVII)

Les brèches de coulée acides constituent une classe très restrictive. Afin de déterminer les individus de cette classe, nous avons utilisé les critères suivants:

- 1- Etant donné la grosseur des fragments, l'examen mégascopique des échantillons est essentiel pour déceler l'aspect bréchique de la roche et doit correspondre à la description de terrain que nous avons faite des brèches de coulée lors de l'étude de la géologie générale.
- 2- Les fragments et la matrice doivent avoir une composition identique, une structure et une texture très semblables.

Ceci étant dit, nous croyons que des échantillons classés brèches acides deviendront brèches de coulée acides lors d'une étude particulière.

Les individus retenus comme brèches de coulée acides comptent pour 3% du total des roches étudiées et 9% seulement des roches acides. La composition modale moyenne des brèches de coulée acides est donnée au Tableau XVII. Il faut toutefois noter certaines particularités par rapport aux brèches acides: le contenu total

TABLEAU XVII

Etude microscopique des brèches de coulée acides

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>Q+F</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>EPI</u>	<u>LEI</u>	<u>OPA</u>	<u>ONF</u>	<u>ORT</u>	<u>CHA</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-186A	55	25		10	10		tr		tr		tr		?		Porph	Bx	Phéno FDP, QTZ xéno, CAR Fe
186B	55	25		10	10		tr		tr		tr		?		Sphér	Bx	
202B	30	40		10			13	5		2					Micro	Bx	Phéno rés. FDP + QTZ, FDP fract.
203	40	40		7	5		7		tr	tr			1	?	Perlit	Bx	Phéno FDP, QTZ rés.
219A	70	15		5	5		5		tr	tr					Sphér	Bx	Phéno QTZ rés.
219B	70	15		5	5		5		tr	tr					Sphér	Bx	SER intergr.
221	50	28		12	tr		10	tr		tr	tr				Porph	Bx	Phéno FDP-SER
391			45	25	10		10		10		tr				Micro	Bx	FRAG et MAT même composition
392			60	15	15		4		4	2	tr				Porph	Bx	Texture d'écoulement
Moyenne	50	26	76	11	7		6	tr	tr	tr	tr	tr					

en minéraux felsiques est à peu près le même mais il y a prépondérance du quartz sur le feldspath dans le cas des brèches de coulée; les deux types de brèches sont assez fortement carbonatisés; les brèches de coulée sont caractérisées par une plus forte concentration de séricite et par une moins forte concentration de chlorite; les autres minéraux d'altération, tels l'actinote, l'épidote et le leucoxène, sont en trace dans les brèches de coulée et le verre dévitrifié est absent.

Les textures sont très variées et correspondent à toutes celles déjà vues dans le cas des laves acides massives (éch. 72-219A et Planche XIV-1). Il y a présence de phénocristaux dans tous les cas. On y rencontre des phénocristaux de feldspath automorphes à sub-automorphes et/ou de quartz xénomorphes, les deux pouvant être résorbés ou non. Dans un cas, les phénocristaux de feldspath sont fracturés (éch. 72-202B).

Le quartz se présente sous forme d'yeux de quartz (éch. 72-202B) ou en agrégats.

La chlorite est relativement rare et occupe l'espace interstitiel entre les grains de quartz.

La séricite est abondante et elle marque la schistosité ou la texture d'écoulement de la matrice des brèches de coulée acides (éch. 72-392). On la retrouve alors en paillettes entre les grains de quartz et feldspath (éch. 72-219B) ou en fines aiguilles sur les feldspaths (éch. 72-221).

Les carbonates sont présents en assez grande quantité et sont parfois ferrifères (éch. 72-186A).

### 3.2.3.3- Les pyroclastiques acides (Tableaux XVIII et XIX)

Les pyroclastiques acides comprennent encore une fois les brèches et les tuffs. Les brèches comptent pour 5% du total des roches étudiées et 15% des roches acides par rapport à 8% et 25% pour les tuffs acides. Leur composition moyenne est donnée aux Tableaux XVIII et XIX. Nous avons déjà discuté de la composition des brèches par rapport aux brèches de coulée. Dans le cas des tuffs, ceux-ci étant plus cisailés, ils sont aussi plus altérés en carbonates et séricite.

Les textures des brèches sont variées avec des fragments acides souvent de diverses textures (éch. 72-409A) dans une même matrice tuffacée (éch. 72-328A). On note en certains endroits la présence de pierre ponce (éch. 72-366A-B). Etant donné la grosseur

TABLÉAU XVIII

Etude microscopique des brèches acides

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>Q+F</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>GLI</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>OPA</u>	<u>VER</u>	<u>MOB</u>	<u>PRE</u>	<u>PUM</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-195	42	42		5	1		10		tr	tr						Porph	Bx	Phéno rés. FDP-QTZ, SER intergr
197A	65	25			tr		2		8	tr	tr					Porph	Bx	Phéno FDP-QTZ
259			77	4	9	2	4		2		2					Porph	Bx	Phéno FDP, SER intergr
311A	20	50		5			5		10		tr	10		tr		Pilotax	Bx	
311B	20	50		5			5		10		tr	10		tr		Pilotax	Bx	
313A	20	50		5			5		10		tr	10		tr		Pilotax	Bx	FRAG QTZ-FDP+ VER interstitiel
313B	20	50		5			5		10		tr	10		tr		Pilotax	Bx	
325A	10	75		5			5		5		tr					Trachy	Bx	MAT tuffacée
331	5		70	10			5		10		tr					Trachy	Bx	Phéno FDP brisés et carbon.
366A	20	55		5			10		10			tr			tr	Porph	Bx	PUM sur FDP
366B	20	55		5			10		10			tr			tr	Porph	Bx	SER intergr
373		78			4	4	5		8		1					Porph	Bx	
379	25	15		20	20		10		tr				10		tr	Fluid	Bx	Phéno FDP
409A	40	13		40			6		tr	tr	1					Fluid	Bx	FRAG acides diverses textures
409B	30	10		50			6		tr	2	2					Fluid		
Moyenne	26	45	71	11	2	tr	9		6	tr	tr	3	tr	tr	tr			

TABLEAU XIX

Etude microscopique des tuffs acides

LAME NO	QTZ	FDP	Q-F	CAR	SER	CLI	CHL	ACT	EPI	LEU	OPA	OXF	AUG	VER	VRD	IDD	TEXTURE	STRUCTURE	REMARQUES
72-066	15	25		40	7		10			1	1					1	Trachy	Tuff	FRAC allongés + FDP orientés
167C			70	10	4		10			5	1						ReXT	Tuff	SER intergr
167D			65	5	20		10					tr					Porph	Tuff	SER intergr, phéno QTZ
178A	40	30		25							1	tr			4		Trachy	Tuff	Veinules de VRD
178D	5	5	40	25					23		2						Pilotax	Tuff	
180	35	25		25			10				5	tr					Perlit	Tuff	Petits FRAC
184	25	35		10	20		5				3	2					Trachy	Tuff	Lentilles QTZ-FDP
198	5	5	50	25			10		2	3							Micro	Tuff	
224	45	35		11	5		3			1	tr						Perlit	Tuff	Phéno FDP, QTZ rés.
225	65	20	10		2		1	tr		tr							Porph	Tuff	QTZ rés. + couronnes
240		20	50	5	10		10			5							Porph	Tuff	Ignimbrite, SER intergr
246	50	30					5		5		5		?				Ignim	Tuff	
286	10	70					5		10	5	tr						Plumose	Tuff	Lentilles
314			80			15	2		2		1	tr					Trachy	Tuff	Phéno QTZ-FDP orientés
319	25	10		20	35		10			tr							Trachy	Tuff	
323	30	40		15	5		5				tr	2					Micro	Tuff	Phéno QTZ
324	15	20		20	30		10				2	3					Trachy	Tuff	
325B	10	75		5			5		5		tr						Trachy	Tuff	Phéno FDP brisés
335A		25	50	tr	tr		10	3	2		tr			10			Porph	Tuff	Tuff à lapilli, pumices
335B			60	5	5		10							20			Porph	Tuff	FRAC de verre
345A	15	15		50	15	5											Fluid	Tuff	"shards"
345C	15	15		50	15	5	tr										Fluid	Tuff	CHL anormale
349	25	50			15		10			tr	2						Trachy	Tuff	Phéno FDP orientés
357	15	10		5			10		10						50		Fluid	Tuff	FRAC déformés
355	20	70					10			tr							Porph	Tuff	CHL anormale
351	60	10		10	15		5			tr							Porph	Tuff	Phéno FDP fract - QTZ corrodé
Moyenne	31	35	66	15	9		6		2						2				

des fragments, l'examen macroscopique des échantillons est essentiel pour déceler l'aspect bréchique de la roche. Certaines lames minces montrent des agrégats plus ou moins arrondis de quartz à grains plus grossiers que la matrice et à texture engrenée. A noter que la séricite est très peu abondante dans les brèches acides à comparer avec les laves acides. On y a rencontré des phénocristaux de feldspath, de quartz + feldspath, parfois résorbés.

Le tuff pour sa part est fortement cisailé et séricitisé (éch. 72-319-324). On le retrouve surtout sous forme d'un bel empilement de cendres volcaniques, composé de petites lentilles quartzo-feldspathiques les unes sur les autres (éch. 72-184 et Planche X-3). On y rencontre aussi quelques agrégats lenticulaires de quartz xénomorphe (éch. 72-286). Les phénocristaux sont de quartz et/ou feldspath, parfois corrodés, souvent orientés (éch. 72-066-314-349). On y rencontre deux types de chlorite: l'une à couleurs d'interférence bleues, l'autre à couleurs d'interférence brunâtres à verdâtres (éch. 72-348C-358). Les tuffs acides se présentent sous une grande variété de textures: ignimbrite (éch. 72-240), tuff à lapilli avec pumices (éch. 72-335A), avec fragments de verre (éch. 72-335B) ou "shards" (éch. 72-348A).

### 3.2.3.4- Les brèches polygénétiques (Tableau XX)

Les brèches polygénétiques comprennent des fragments de nature diverse dans une matrice acide à phénocristaux de quartz et feldspath et à texture d'écoulement (éch. 72-417). Les feldspaths sont parfois tordus (éch. 72-418A) et on a décelé des "quench" de plagioclase dans quelques fragments (éch. 72-241B-418B).

TABLEAU XX

Etude microscopique des brèches polygénétiques

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>Q+P</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLJ</u>	<u>CHL</u>	<u>ACT</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>AUG</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-241B	25			10		20	30		10	5			tr	Inter	Bx	Plumose, "quench", plagio
417		10		10			20		10	3	5	40	2	Ignim	Bx	Texture d'écoulement
418A	15			17			10		8			50		Fluid	Bx	FDP tordus, "quench"?
418B	10	10		15	tr		20		5	tr		40		Fluid	Bx	
Moyenne	13	6		13	tr	5	20		8	2	tr	33	tr			

### 3.3- Roches intrusives

Tout au long de notre cheminement, notre attention fut surtout portée sur les roches effusives mais nous avons aussi échantillonné quelques intrusifs.

#### 3.3.1- Gabbros, diorites, granodiorites (Tableau XXI)

Les trois types d'intrusifs possèdent les mêmes minéraux mais en proportions variables. Nous avons inclus au Tableau XXI les compositions moyennes de ces trois types d'intrusifs. On peut y noter que le passage de gabbro à granodiorite se traduit par une diminution des minéraux mafiques, à savoir chlorite, actinote, augite, leucoxène et une augmentation des minéraux felsiques, à savoir quartz et feldspath. Les opaques sont aussi plus abondants dans les gabbros.

La texture est généralement grenue (éch. 72-60 et Planche XV-1) et la structure est parfois graphique (éch. 72-362-98-99-301). Le feldspath est parfois altéré en séricite, calcite et épidote. Le quartz se présente en petits cristaux dispersés ou encore en structure mosaïque. Il a de plus rempli les microfissures de la roche en association avec la chlorite et l'épidote. L'augite présente ses sections polygonales et trapues caractéristiques avec une couronne d'actinote (éch. 72-164-173-83).

TABLÉAU XXI

Etude microscopique des gabbros, diorites et granodiorites

	LAME NO	QTZ	FDP	CAR	SER	CLY	CHL	ACT	AUG	EPI	LEU	OPA	TAL	ONE	ZIR	HOB	ALL	HXD	AUT	TEXTURE	STRUCTURE	REMARQUES	
GABBRO	72-060		15	tr			7	10	60	1	5	2								Grenue	Homo	AUG kéliphitique	
	164	5				20	15	10	25		20	5								Grenue	Homo	AUG + couronne d'ACT	
	173		tr				40	10	40	tr	8	2				tr				Grenue	Homo	Phéno AUG + couronne d'ACT	
	241C	5	25	10		8	25	7		5	15									Grenue	Homo		
	252B	7	20	tr			48		3	10	12	tr								Grenue	Homo	LEU cumulus	
	304	7	15				3	64		6	5												
	333	5	30	5		10	20	20		tr	5							5		Inter	Amygd.		
	339	5	30	5	tr	5	30	20			5									Grenue	Homo		
	344		20			10	10	18	25	5	10	2								Grenue	Homo		
	356	7	30		tr		15	10	20	3	15									Ophit	Homo	Lam. d'exsol. sur LEU cum.	
	Moyenne	4	20	2	tr	5	22	17	17	3	10	tr					tr		tr				
GAB QTZ	72-172	25	tr	5			50	8	2	tr	10	tr				tr				Ophit	Homo	Lam. d'exsol. sur LEU	
	196	20	tr			25	tr	50			5	tr								Ophit	Homo	Reliques FDP	
	253B	12	10				43	20		3	9	3						tr		Grenue	Homo	OPA avec couronne de LEU	
	362	15	10				20	20	10	5	10	10								Grenue	Homo	Micrographique	
	Moyenne	18	5	tr		6	28	25	3	2	10	3					tr	tr					
DIORITE	72-083		55	2			10	5	15	3	5		5							Grenue	Homo	AUG + couronne d'ACT	
	253D	10	45				15	8		5	14	1				2				Grenue	Homo	Phéno FDP, QTZ interstitiel	
	332	5	35	5	5	10	15	20		5	tr									Grenue	Homo		
	345A		65				5	10		5	10	tr							5	Ophit	Homo	Zone trempe - FDP broyés	
	345B		65				5	10		5	10	tr							5	Ophit	Homo		
Moyenne	3	55	tr	tr	2	10	12	3	5	8	tr	tr							tr				
GRANOD	72-098	50	33	1	2		12				2	tr		tr	tr					Grenue	Homo	Pseudo-graphique	
	099	40	43	1	2		12				2	tr		tr	tr					Grenue	Homo	Pseudo-graphique	
	301	40	37	3	3		10			tr	7			tr						Grenue	Homo	Graphique	
	Moyenne	44	39	tr	2		11			tr	4	tr		tr	tr								

Le leucoxène a toujours des lamelles d'exsolution et se présente parfois en couronne autour des opaques (éch. 72-253B). Lorsque présente, l'hornblende de type "verte" est mâclée et semble se transformer en actinote et en chlorite (éch. 72-253D). Des traces de zircon et d'allanite complètent ces intrusifs.

### 3.3.2- Dykes mafiques (Tableau XXII)

Les dykes mafiques sont rares. Leur composition est donnée au Tableau XXII. Dans un cas, le verre dévitrifié est dominant (éch. 72-071C) et dans l'autre, c'est l'actinote (éch. 72-402B). L'échantillon 72-071C est assez intéressant à trois points de vue: la présence d'amphibole brune, de pumpellyite dans des amygdules et d'opaques à sections triangulaires (Planche XV-4).

### 3.3.3- Les porphyres (Tableau XXIII)

Les porphyres sont caractérisés par une forte abondance de quartz et feldspath. Leur composition moyenne est donnée au Tableau XXIII. La texture est surtout engrenée et on rencontre des structures graphiques (éch. 72-100 et Planche XV-2-3). Le zircon a été trouvé dans la chlorite et l'apatite en petits grains dans le quartz et le feldspath.

TABLEAU XXII

## Etude microscopique des dykes mafiques

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>Q+F</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>ACT</u>	<u>CHL</u>	<u>ALG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>VRD</u>	<u>OPA</u>	<u>PUM</u>	<u>AMP</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-071C	20			10				2		10		45	5	3	5	Grenue	Homo	Amphib. brune, PUM amygd.
402B		15					75	5		5			tr			Porph	Homo	
Moyenne	10	8		5			37	4		8		23	2	tr	3			

TABLEAU XXIII

## Etude microscopique des porphyres

<u>LAME NO</u>	<u>QTZ</u>	<u>FDP</u>	<u>Q+F</u>	<u>CAR</u>	<u>SER</u>	<u>CLI</u>	<u>ACT</u>	<u>CHL</u>	<u>ALG</u>	<u>EPI</u>	<u>LEU</u>	<u>OPA</u>	<u>OXF</u>	<u>APA</u>	<u>ZIR</u>	<u>HDD</u>	<u>TEXTURE</u>	<u>STRUCTURE</u>	<u>REMARQUES</u>
72-061	9	65		3	5			7		10	tr	1					Grenue	Homo	
089	35	45		3				5		10	2	tr					Grenue	Homo	
100	45	38		1	3			10		tr	3		tr	tr	tr		Grenue	Homo	Graphique, ZIR ds CHL
340A	30	45		tr	2	5		10	3	tr	tr	3	tr			2	Engre	Homo	Texture d'écrasement
340B	30	45		tr	2	5		10	3	tr	tr	3	tr			2	Porph	Homo	
340C	30	45		tr	2	5		10	3	tr	tr	3	tr			2	Engr	Homo	
Moyenne	32	50		tr	2	3		10	tr	3	tr	tr	tr	tr	tr	tr			

### 3.4- Textures de refroidissement rapide (quench)

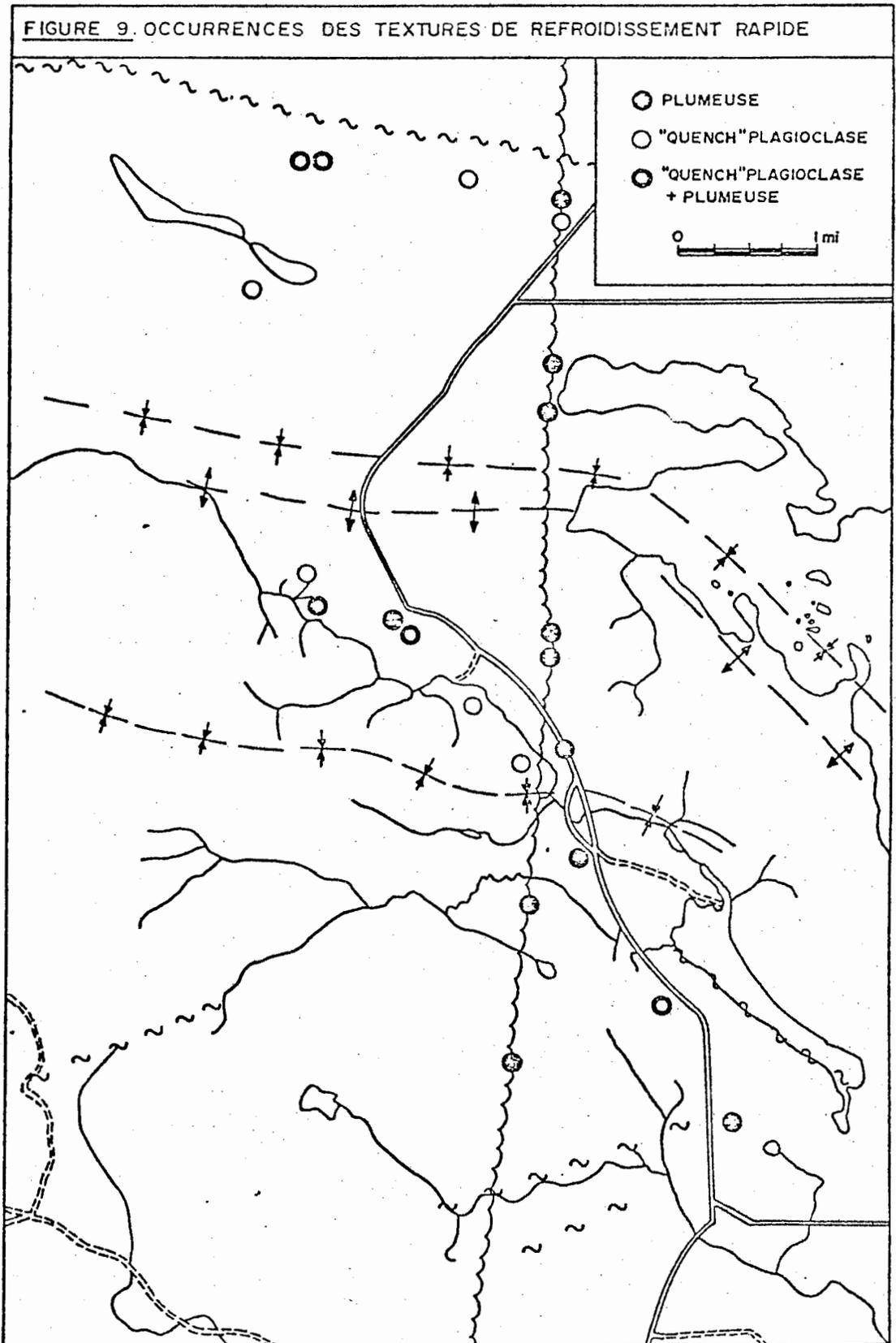
Dans plusieurs de nos échantillons nous avons rencontré des cristaux dont la forme laissait supposer un refroidissement rapide. Gélinas et Brooks (1974) en ont fait une étude détaillée. Nous en avons indiqué les occurrences à la figure 9.

Les cristaux de plagioclase sont des micro-phénocristaux, automorphes à sub-automorphes, allongés, avec un coeur évidé et des extrémités en "queues d'hirondelles" (éch. 72-154 et Planche VII-4). Les cristaux ont été bien décrits par Bryan (1972).

Les cristaux de pyroxène ne se retrouvent que dans les laves variolaires et seront décrits à ce chapitre.

Le dernier type de textures de refroidissement est la texture "plumeuse", intercroissance de feldspaths et pyroxènes dans une matrice souvent riche en verre dévitrifié (éch. 72-4B et Planche VII-2). Les intercroissances de minéraux fibreux se retrouvent aussi à l'extrémité de micro-phénocristaux de feldspath qui semblent avoir servi de coeur de nucléation (éch. 72-84 et Planche VII-3).

Enfin, il nous faut faire mention du récent travail de Lofgren (1974) qui a systématisé les diverses morphologies des cristaux de plagioclases en fonction du degré de "super-refroidissement" (supercooling). Sa classification n'a pas été utilisée puisque son travail ne nous a été connu que tout récemment.



### 3.5- Textures de dévitrification

Les textures de dévitrification ont été décrites par Lofgren (1971). Le terme "dévitrification" est utilisé pour décrire des processus de cristallisation à des températures sous la température du solidus thermodynamique. Il existe plusieurs stades dans le processus de dévitrification. Le premier stade est caractérisé par une texture microlitique de minéraux felsiques avec quelques sphérulites isolées. C'est surtout le cas des rhyolites les moins porphyriques. Les sphérulites sont composées de fibres de feldspath à attitude radiale en intercroissance avec des grains de quartz allongés radialement (éch. 72-227 et Planche XIV-2).

Le deuxième stade de dévitrification est caractérisé par une texture entièrement sphérulitique. La matrice est composée de sphérulites adjacentes les unes aux autres (éch. 72-219A et Planche XIV-1). Les sphérulites peuvent aussi se développer autour de microphénocristaux de feldspath (éch. 72-192 et Planche XIV-3). Par sa structure radiale, ce phénomène est à distinguer des couronnes felsiques autour des phénocristaux (éch. 72-223 et Planche XIV-4). Il peut aussi se faire que plusieurs centres de dévitrification produisent la superposition de plusieurs sphérulites pour donner la texture orbiculaire, telle que définie par Lofgren (1971) (éch. 72-176A et Planche X-4).

Enfin, la dévitrification peut se manifester sous forme de fractures incurvées formant la texture perlitique (éch. 72-336).

## CHAPITRE IV - GEOCHIMIE

### 4.1- Introduction

Nous avons déjà fait remarquer la fine granulométrie de plusieurs échantillons et nous verrons plus loin les changements minéralogiques sous l'effet du métamorphisme. De plus, la composition d'une lave peut varier au cours d'une même éruption, des volcans voisins peuvent produire en même temps des laves de compositions différentes et certaines roches volcaniques se rencontrent très fréquemment en suites ou séries volcaniques. Tous ces éléments mettent en relief l'importance de l'étude géochimique. Cette étude se fera en trois volets: classification pétrochimique, interprétation globale du géochimisme de la région et comparaison avec des laves récentes.

## 4.2- Généralités

### 4.2.1- Définition des termes

Définissons d'abord une suite ou série de roches volcaniques. On groupera sous ce terme des échantillons, généralement reliés spatialement, résultats de l'évolution normale d'un même magma original. La nature de la composition de chacun des individus est alors le résultat du degré de différenciation ou de cristallisation.

La pétrologie moderne distingue trois types principaux de séries magmatiques: alcaline, tholéiitique et calco-alcaline.

La série alcaline se distingue des deux autres par son contenu plus élevé en alcalis ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ). L'examen du tétraèdre des basaltes DI-Ne-Ol-Qz (Yoder et Tilley, 1962) ne montre que trois (3) échantillons dans le domaine des basaltes alcalins et de plus tout très des limites du domaine sub-alcalin (fig. 10). Le diagramme ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  vs  $\text{SiO}_2$ ) (Macdonald & Katsura, 1964), fréquemment utilisé pour séparer les roches alcalines et sub-alcalines, ne montre aussi que trois (3) échantillons alcalins (fig. 11).

Le domaine sub-alcalin se divise en séries calco-alcaline et tholéiitique, la dernière étant plus riche en fer que la première.

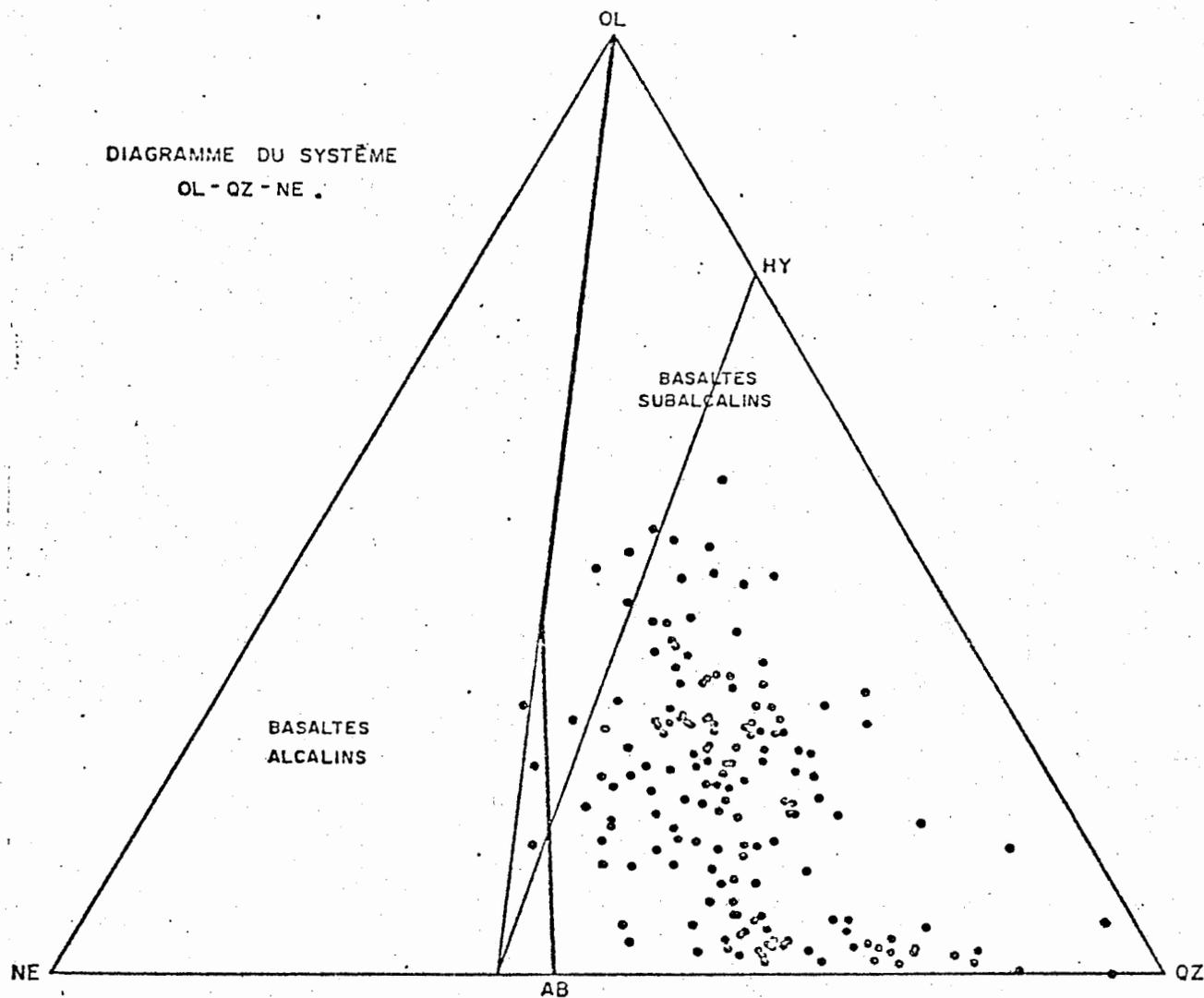


Figure 10: Système Olivine-Néphéline-Quartz: base du tétraèdre des basaltes DI-Ne-Ol-Qz (Yoder et Tilley, 1962) permettant la subdivision en domaines alcalin et subalcalin.

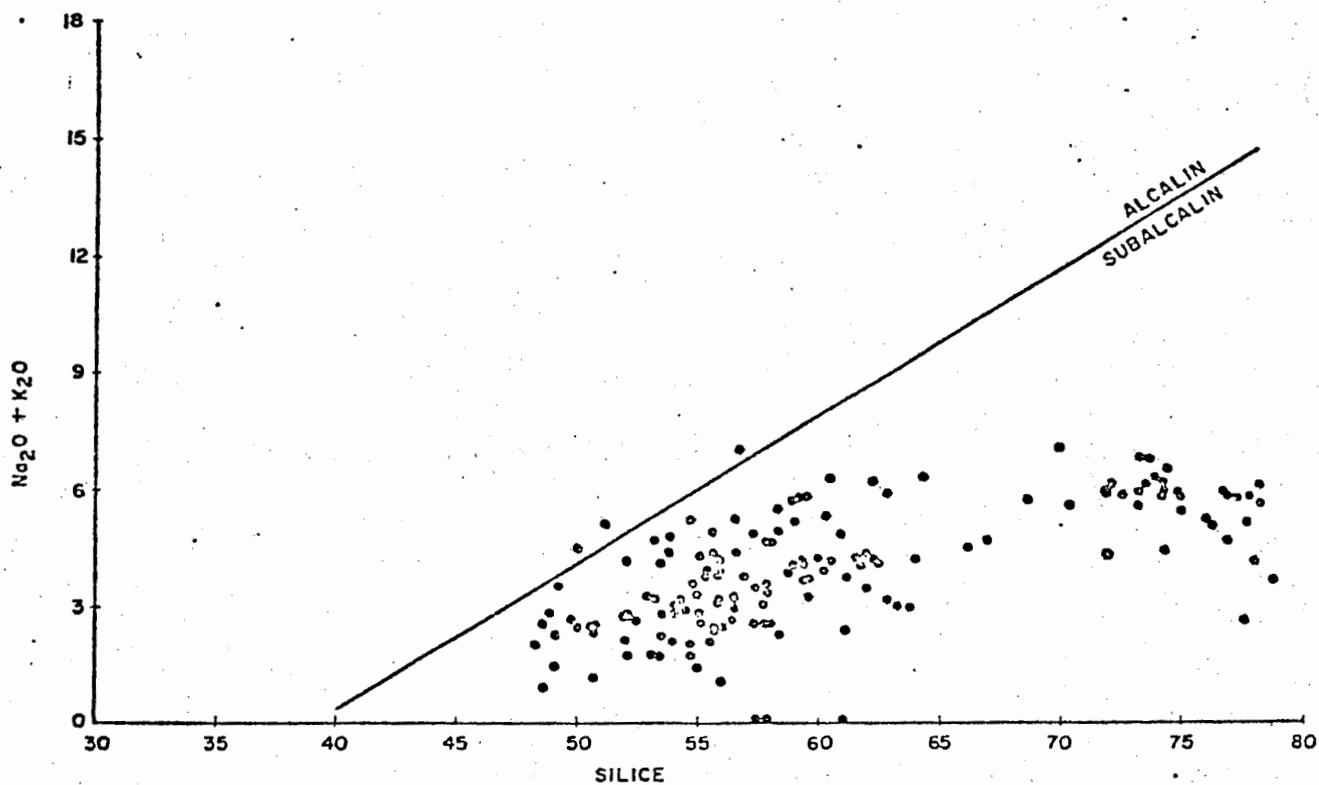
DIAGRAMME  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  VS  $\text{SiO}_2$ 

Figure 11:

Diagramme  $\text{Na}_2\text{O}$  vs  $\text{SiO}_2$  (Macdonald et Katsura, 1964): subdivision en domaines alcalin et subalcalin.

La distinction entre les deux séries se fait surtout sur le diagramme ternaire  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - (\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) - \text{MgO}$  (AFM) à l'aide des domaines à pigeonite (roches tholéiitiques) et à hypersthène (roches calco-alcalines) tels que définis par Kuno (1968). La série tholéiitique se caractérise par un enrichissement prononcé en fer suivi d'un enrichissement en alcalis. De plus, les tholéiites océaniques se distinguent par leur basse teneur en  $\text{K}_2\text{O}$  et leur teneur élevée en  $\text{TiO}_2$  comparées aux basaltes continentaux (Jamieson et Clarke, 1970). La série calco-alcaline est caractérisée par un enrichissement en fer absent ou peu marqué et un enrichissement continu en alcalis sur le diagramme AFM et un appauvrissement en chaux sur le diagramme An-Ab-Or.

#### 4.2.2- Echantillons, analyses et traitement des données

Nous avons déjà parlé de l'échantillonnage en général. Nous n'avons effectué des analyses chimiques que pour les échantillons homogènes, aphanitiques, sans quantité appréciable de phénocristaux ou d'amygdules et sans altération au niveau mégascopique.

Des analyses ont été effectuées pour  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  et  $\text{FeO}$  total par fluorescence-X, pour  $\text{FeO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$ ,  $\text{H}_2\text{O}^-$ , S,  $\text{P}_2\text{O}_5$  et  $\text{CO}_2$  par voie chimique, pour  $\text{Na}_2\text{O}$  par absorption atomique.

Le  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a été calculé selon l'équation  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = (\text{FeO total} - \text{FeO} \times 0.7773)/0.6994$ . Les éléments traces, Mn, Cu, Zn, Ni, Hg, ont été analysés par absorption atomique en ppm pour les quatre premiers et en ppb pour le dernier.

Toutes nos analyses chimiques passent ensuite dans un ensemble de programmes pour ordinateur. Les programmes sont l'oeuvre du Dr Léopold Gélinas. Leur nombre a grandi au fur et à mesure des besoins et des observations de notre groupe de recherche. On peut les subdiviser en cinq (5) groupes:

- 1- Détermination des séries alcalines, tholéitiques et calco-alcalines. Classification pétrochimique.
- 2- Caractérisation chimique des séries et des individus.
- 3- Diagrammes oxydes-oxydes et étude de leurs variations.
- 4- Indices de différenciation magmatique, solidification et cristallisation. Etude de leur évolution.
- 5- Histogrammes.

Par la suite, les analyses ont été tamisées et un certain nombre a été rejeté selon les critères suivants:

- intrusifs;
- basaltes avec corindon normatif, évidence d'altération soit par lessivage des alcalis, soit par mobilisation du CaO;
- roches franchement potassiques, compte tenu de l'extrême pauvreté en potasse caractéristique de la région;
- roches présentant une anomalie dans l'évolution de la série sur le diagramme AFM ou s'éloignant trop de la moyenne sur les autres diagrammes de variation.

A noter que ces analyses ne sont pas rejetées parce qu'elles sont fausses mais parce qu'elles rendent plus difficile la détermination des tendances générales et des séries présentes. Au contraire, Descarreaux (1973) a montré l'importance économique des roches anomaliques, surtout en  $K_2O$  et  $MgO$ . Pour notre part, nous avons déjà noté des quantités anormalement élevées en  $K_2O$  associées aux roches minéralisées de la région de Rouyn-Noranda (Carignan, 1972). En tout, nous avons 183 analyses chimiques à notre disposition et elles sont données en appendice avec l'analyse originale, l'analyse corrigée en excluant les constituants volatiles (par.), les teneurs en Mn, Cu, Zn, Ni et Hg, la densité, l'indice de coloration et le calcul de la norme.

Afin de s'assurer de la justesse et de la reproductibilité de nos analyses, il faut d'abord noter que tous les totaux de nos analyses sont compris entre 99 et 101%. De plus, nous avons placé deux échantillons-témoins, une andésite et une rhyolite, qui se sont répétés à intervalles irréguliers dans la suite d'analyses. Afin de prouver la reproductibilité de nos analyses, nous incluons quelques diagrammes de variation couvrant une gamme étendue des oxydes et montrant le regroupement des échantillons-témoins (fig. 12 à 16).

Des 183 échantillons, 8 ont été rejetés parce que ce sont des intrusifs, 3 qui tombent dans le champ des basaltes alcalins, 4 à cause du corindon normatif, 3 à cause d'une trop forte calcicité du plagioclase, 7 à cause d'un contenu anormalement élevé en potassium, 3 à cause d'un contenu particulièrement élevé en H<sub>2</sub>O et 1 à cause de son comportement bizarre sur le diagramme AFM.

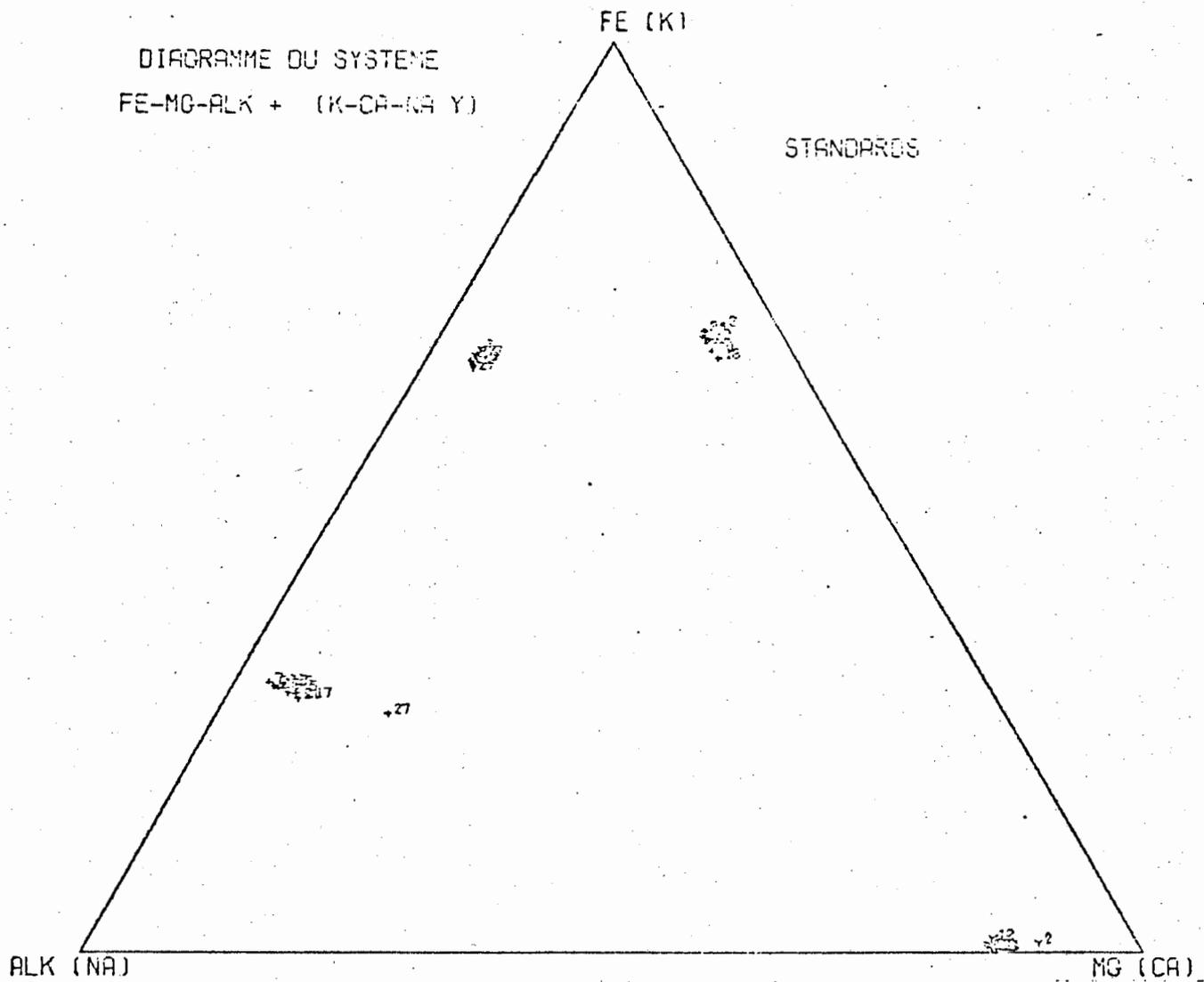


Figure 12:

Disposition des analyses-témoins  
sur les diagrammes Fe-Mg-Alcalis et  
K-Na-Ca.

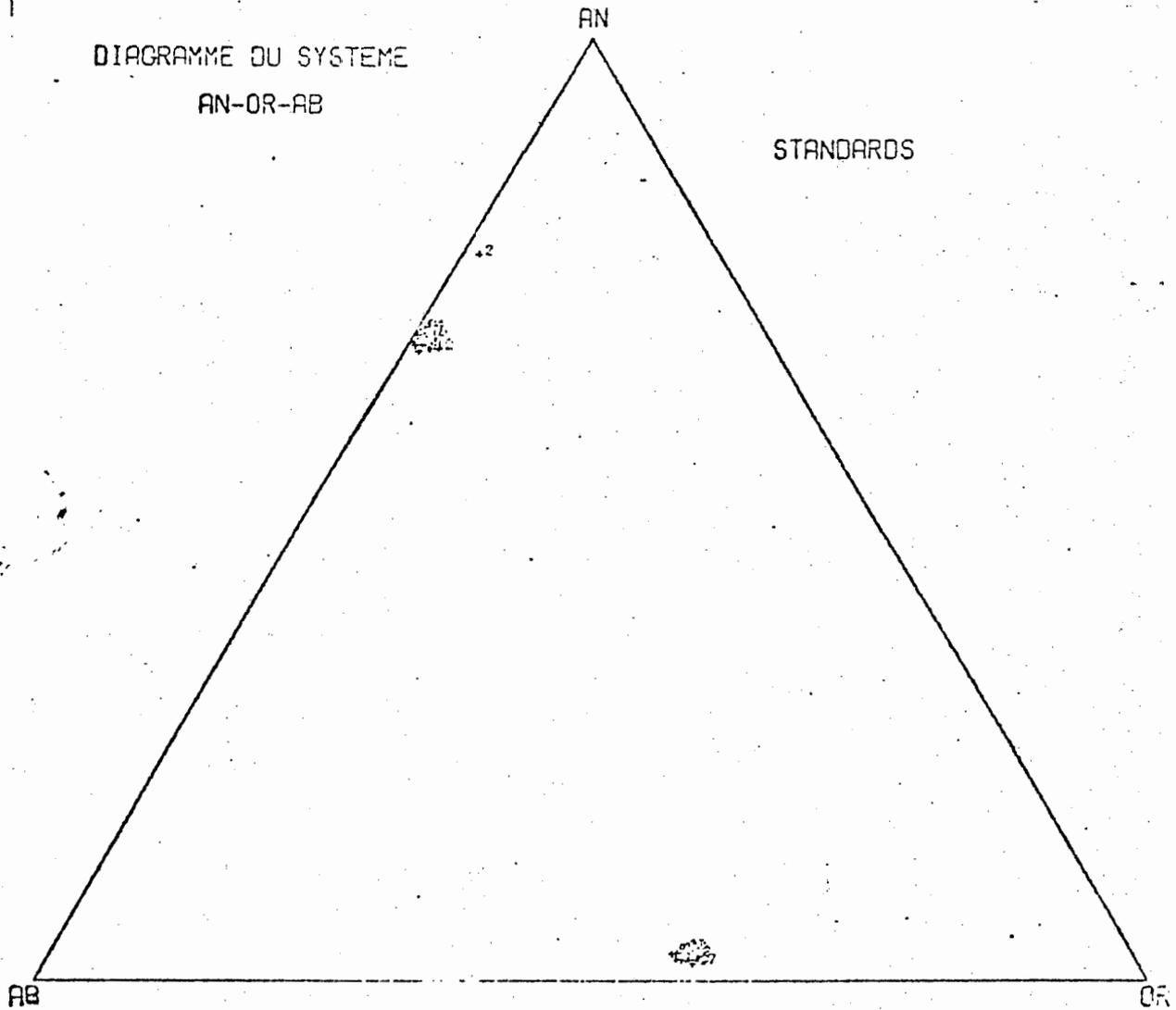


Figure 13: Disposition des analyses-témoins sur le diagramme An-Ab-Or.

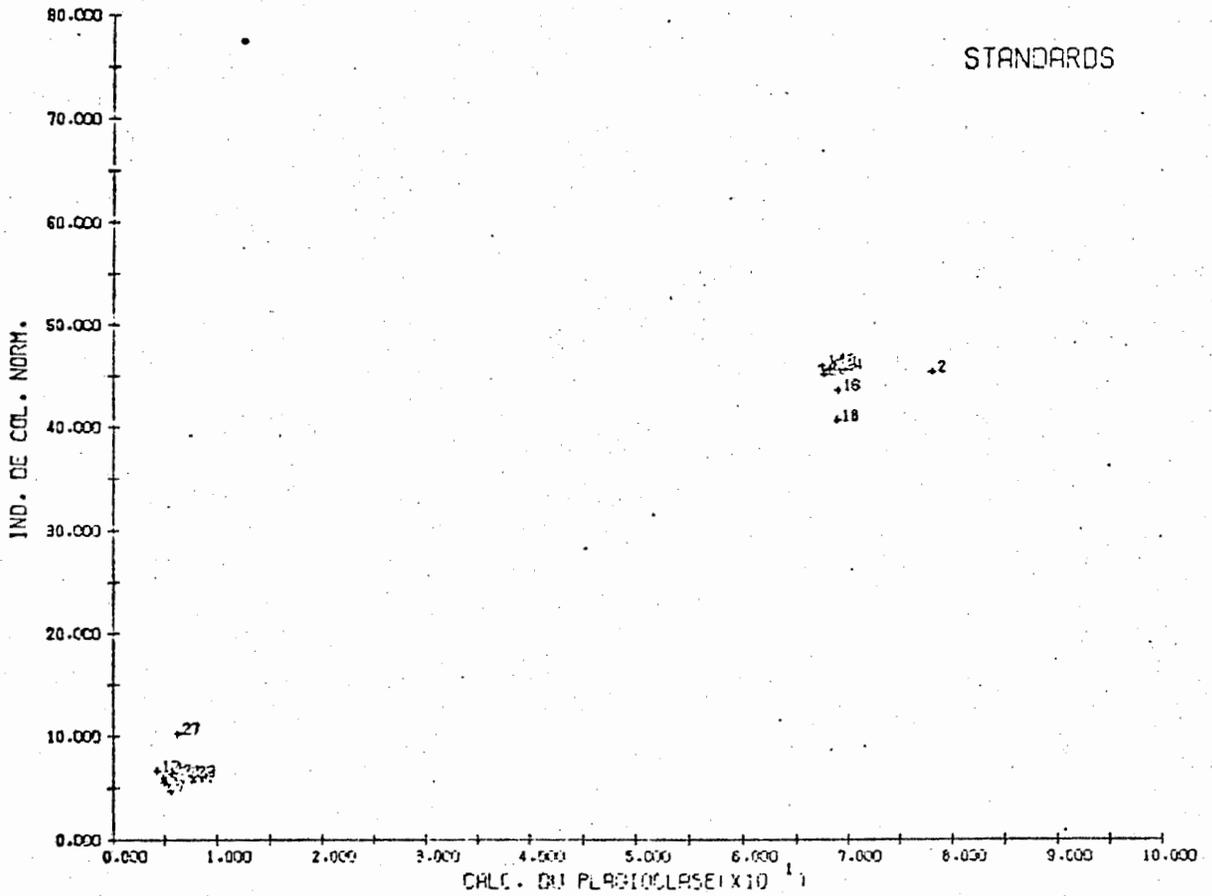


DIAGRAMME INDICE DE COLORATION VS CALCICITE DU PLAGIOCLASE

Figure 14: Disposition des analyses-témoins sur le diagramme INDICE DE COLORATION vs CALCICITE DU PLAGIOCLASE.

STANDARDS

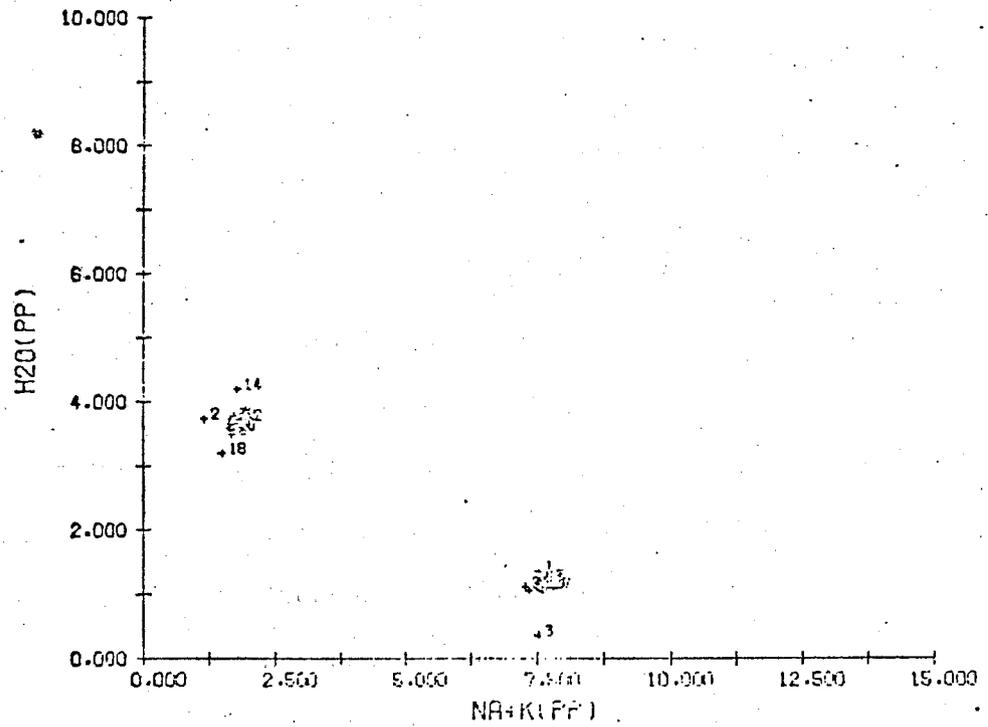


Figure 15: Disposition des analyses-témoins sur le diagramme H<sub>2</sub>O vs (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O).

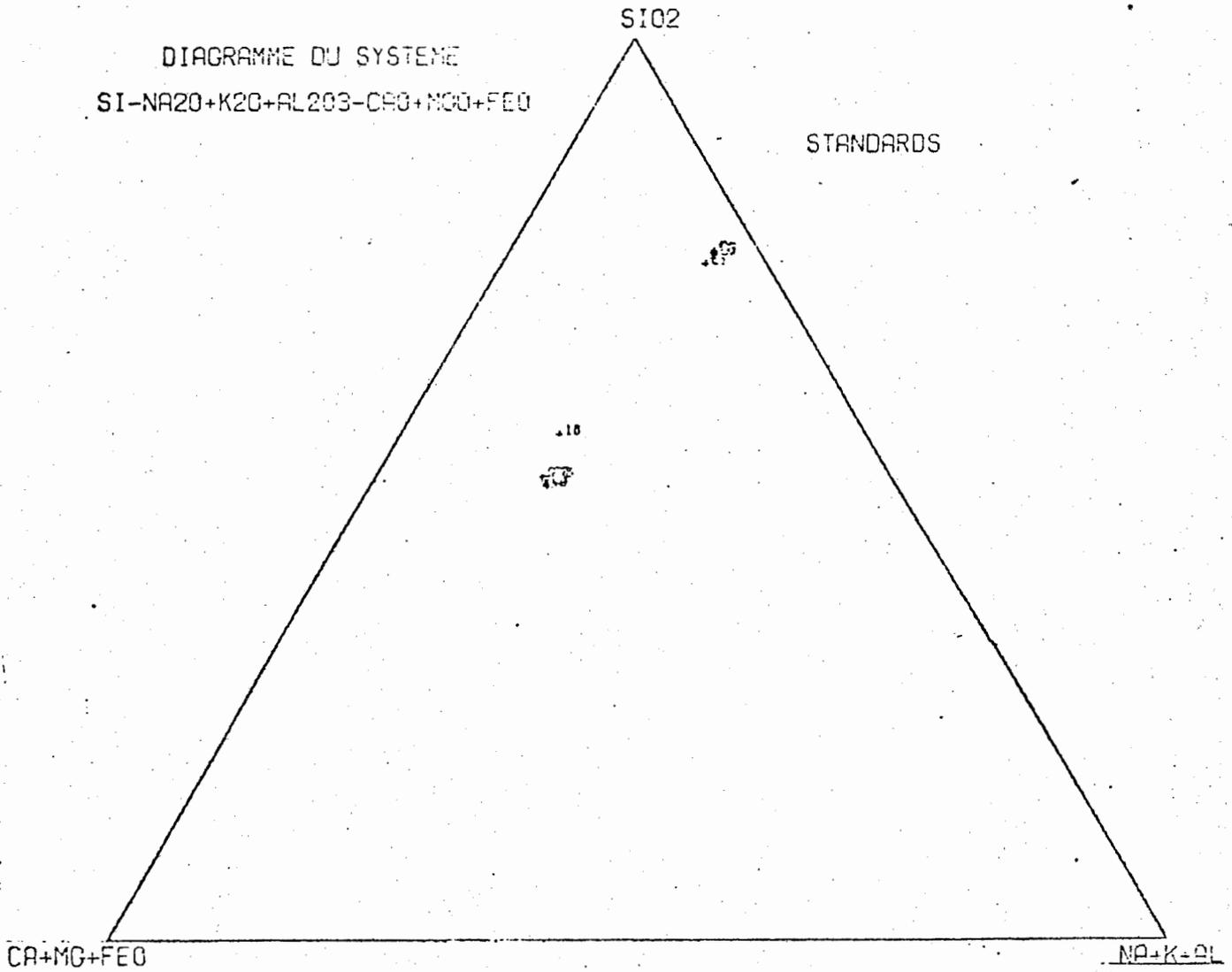


Figure 16: Disposition des analyses-témoins sur le diagramme  $\text{SiO}_2 - (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)$ .

### 4.3- Classification pétrochimique

#### 4.3.1- Principes de classification

L'étude pétrographique et géochimique des roches effusives des ceintures volcaniques de l'Archéen est rendue difficile à cause des transformations minéralogiques imposées par le métamorphisme régional. Toute classification basée sur la minéralogie primaire devient donc impossible.

Pour pallier à cet inconvénient majeur, Irvine et Baragar (1971) ont proposé une classification chimique des roches volcaniques qui tient compte des proportions cationiques des minéraux virtuels de la norme C.I.P.W. Leurs paramètres déterminants sont : la calcicité du plagioclase virtuel et l'indice de coloration ou pourcentage de minéraux foncés. Les domaines respectifs des différents types de roches ont été déterminés à partir de roches volcaniques récentes. Or, la calcicité du plagioclase virtuel, l'un des paramètres de cette classification chimique appliquée aux roches métavolcaniques, est très vulnérable. En effet, il est de plus en plus admis qu'un déplacement sélectif des éléments s'opère dans les roches volcaniques lors de la mise en place des coulées, pendant l'enfouissement et lors du métamorphisme. A cet égard,  $H_2O$ ,  $CO_2$  et les alcalis ( $K_2O$  et  $Na_2O$ ) semblent particulièrement mobiles. D'une part, la calcicité du plagioclase virtuel peut

diminuer à cause d'un excès de  $\text{CO}_2$  qui accapare le  $\text{CaO}$  pour former la calcite ou à cause d'un enrichissement en alcalis qui mobilisent le  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pour l'albite ou l'orthose. Dans le sens contraire, la calcicité peut augmenter si les alcalis sont lexiviés.

En plus de ces considérations, notre propre expérience nous a permis de constater de nombreuses anomalies quant au contenu en  $\text{SiO}_2$  d'échantillons classifiés comme basaltes selon Irvine et Baragar (1971).

Constatant l'importance de la teneur en silice, à la suite de Williams, Turner et Gilbert (1954), Manson (1967), Taylor (1969), Bryan, Stice et Ewart (1972), nous avons apporté une modification à la classification de Irvine et Baragar (1971) pour les analyses chimiques des roches sub-alcalines. La modification majeure consiste en l'introduction de la teneur en silice comme paramètre déterminant de classification et les divisions retenues sont:

Basaltes	< 54%	$\text{SiO}_2$
Andésites	54-62%	$\text{SiO}_2$
Dacites	62-67%	$\text{SiO}_2$
Rhyodacites	67-71%	$\text{SiO}_2$
Rhyolites	> 71%	$\text{SiO}_2$

Nous avons rendu un peu de flexibilité à cette classification à l'aide du diagramme de variation Indice de coloration vs Calcicité du plagioclase en définissant des domaines, respectivement pour les basaltes, andésites, dacites, rhyodacites et rhyolites, en fonction des teneurs en silice déterminées précédemment. Pour ce faire, nous avons utilisé 1149 analyses chimiques prises chez 32 auteurs. Chaque domaine a été déterminé en tenant compte de la fréquence des projections et il comprend 90% des analyses qui se trouvent à l'intérieur de l'intervalle correspondant en  $\text{SiO}_2$  (voir fig. 17 à 21).

Un atout majeur de cette classification est sa flexibilité. En effet, une roche qui, d'après son contenu en silice, se retrouve dans le domaine déterminé, peut être considérée comme normale. Par contre, une analyse, qui se situerait en dehors de ce domaine, requiert une étude plus détaillée afin d'établir les raisons d'une telle anomalie. Les causes sont multiples: erreur d'analyse, de transcription, minéralogie particulière, altération ...

La méthode utilisée, l'étude statistique et des applications concrètes feront l'objet d'une publication (Gélinas et al, 1975).

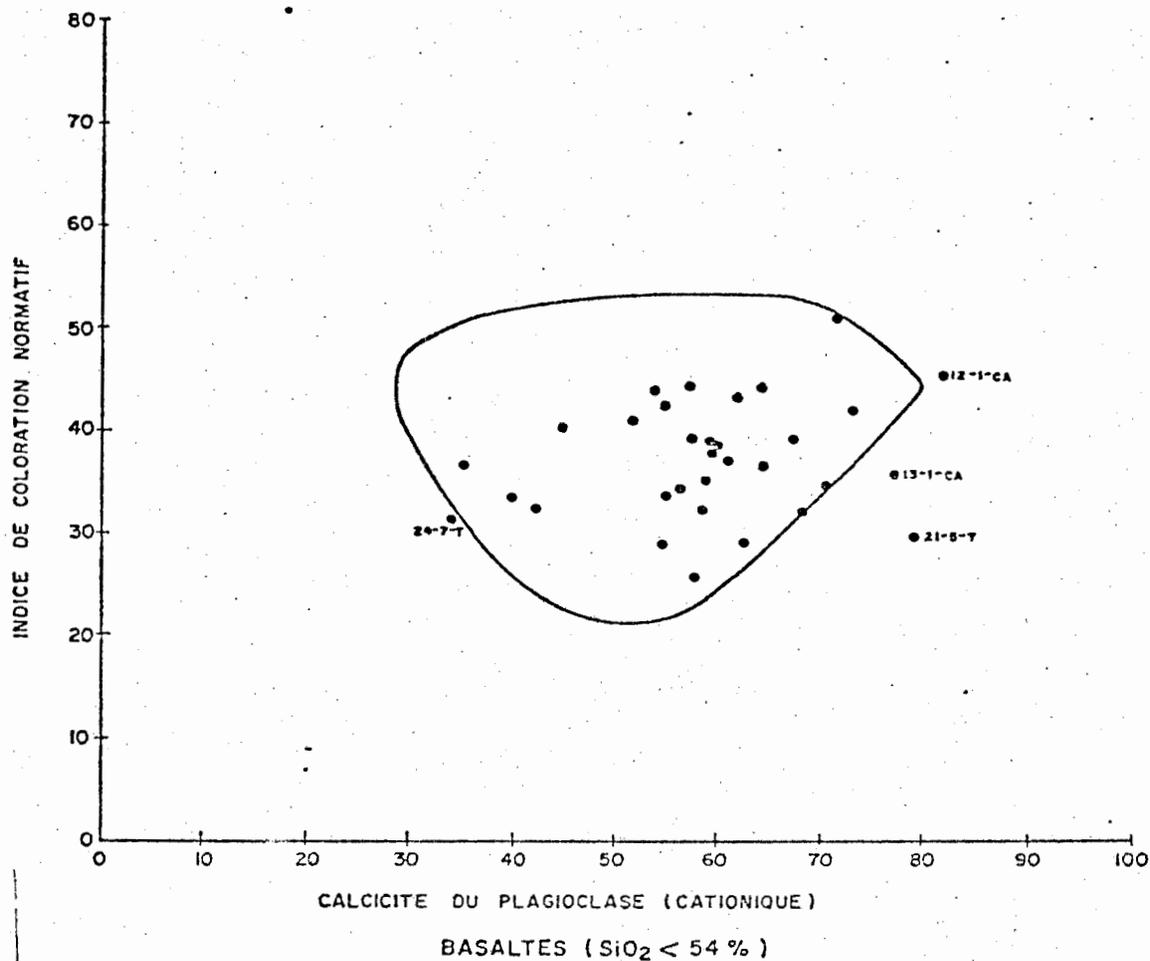


Figure 17:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
 CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les  
 basaltes (SiO<sub>2</sub> < 54%):  
 32 basaltes (18,5% des analyses)  
 28 normaux (88%)  
 4 anormaux (12%).

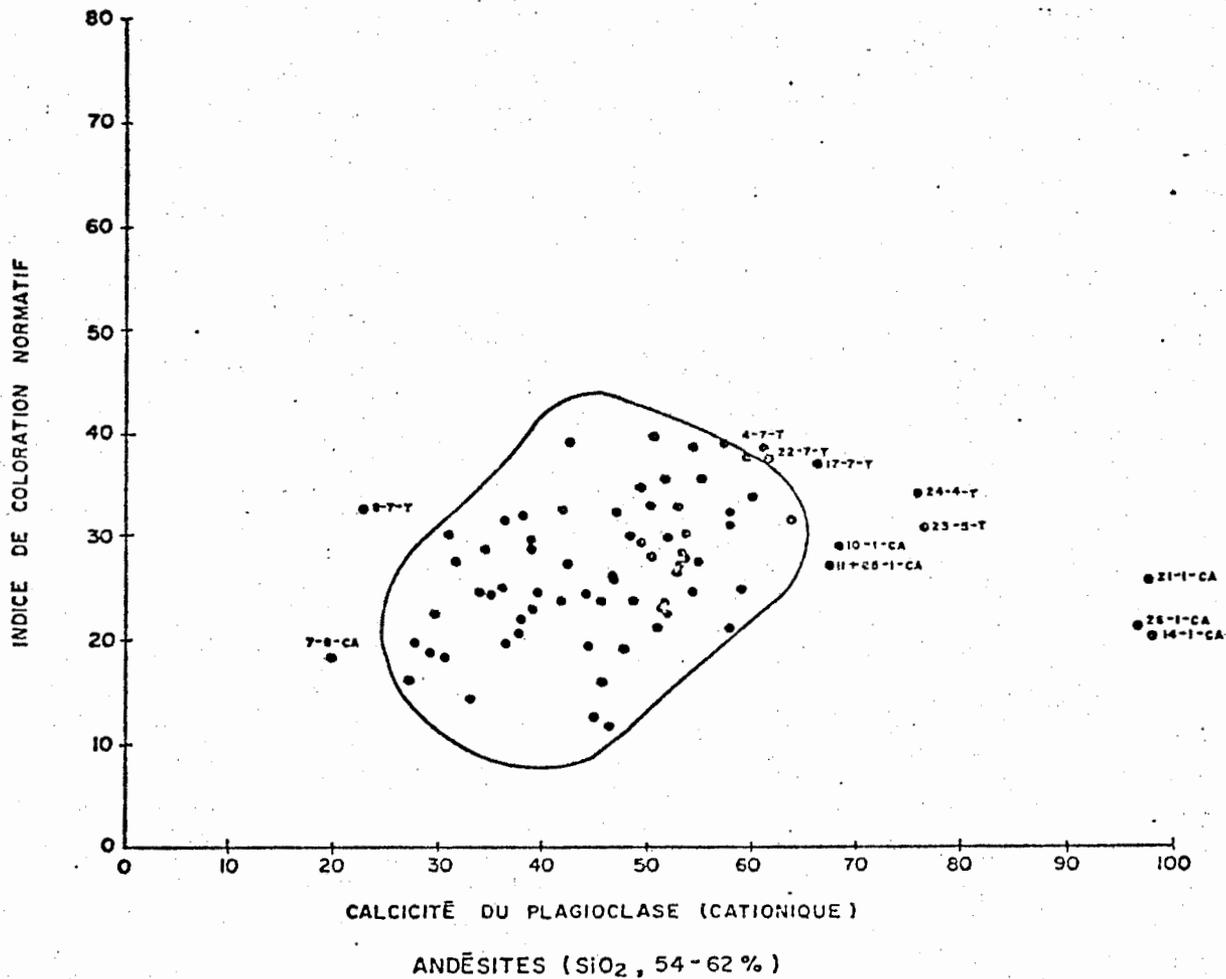


Figure 18:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les  
andésites ( $\text{SiO}_2$ , 54-62%):  
79 andésites (45.7%)  
66 normales (84%)  
13 anormales (16%).

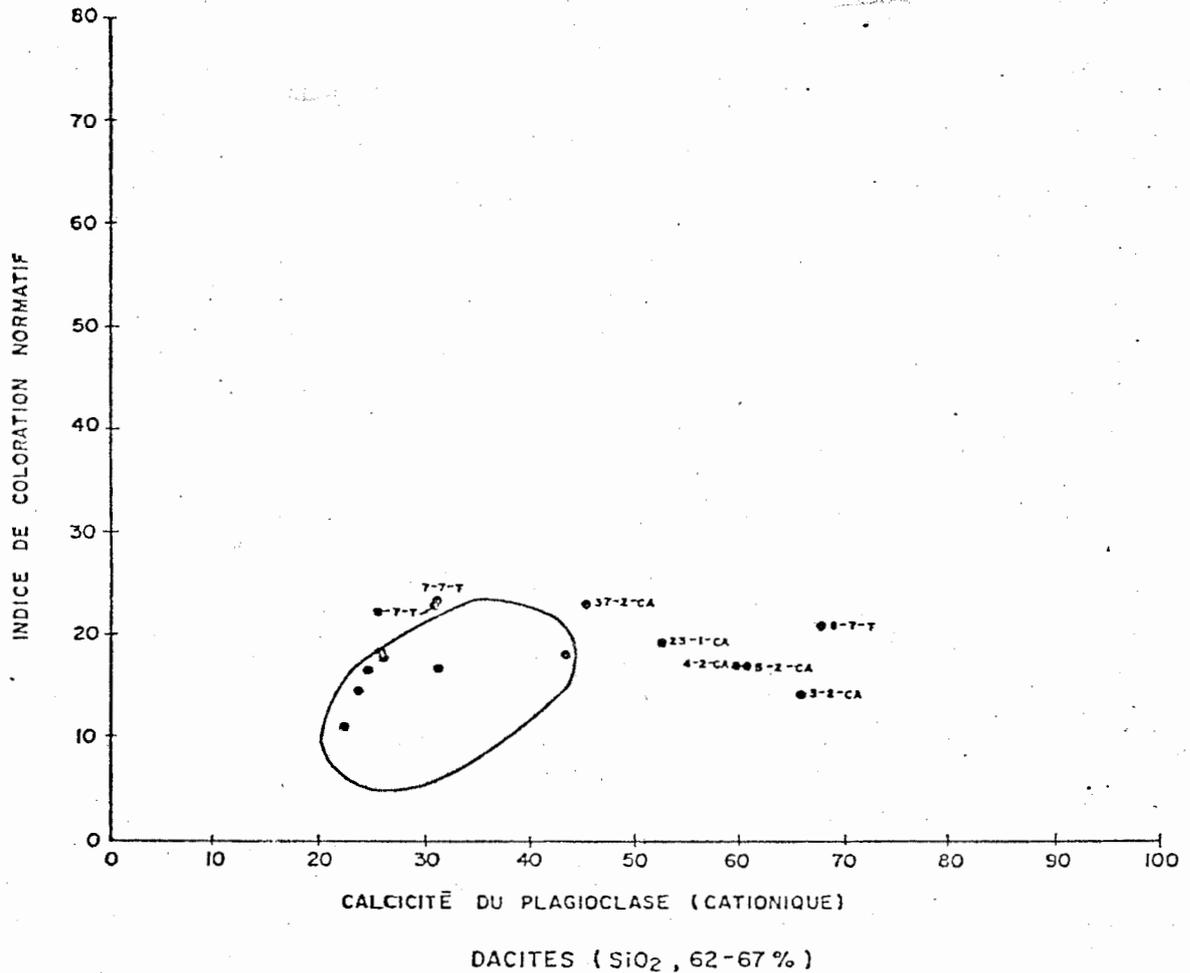


Figure 19:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
CALCITE DU PLAGIOCLASE pour les  
dacites ( $\text{SiO}_2$ , 62-67%):

15 dacites (8.7%)

7 normales (47%)

8 anormales (53%).

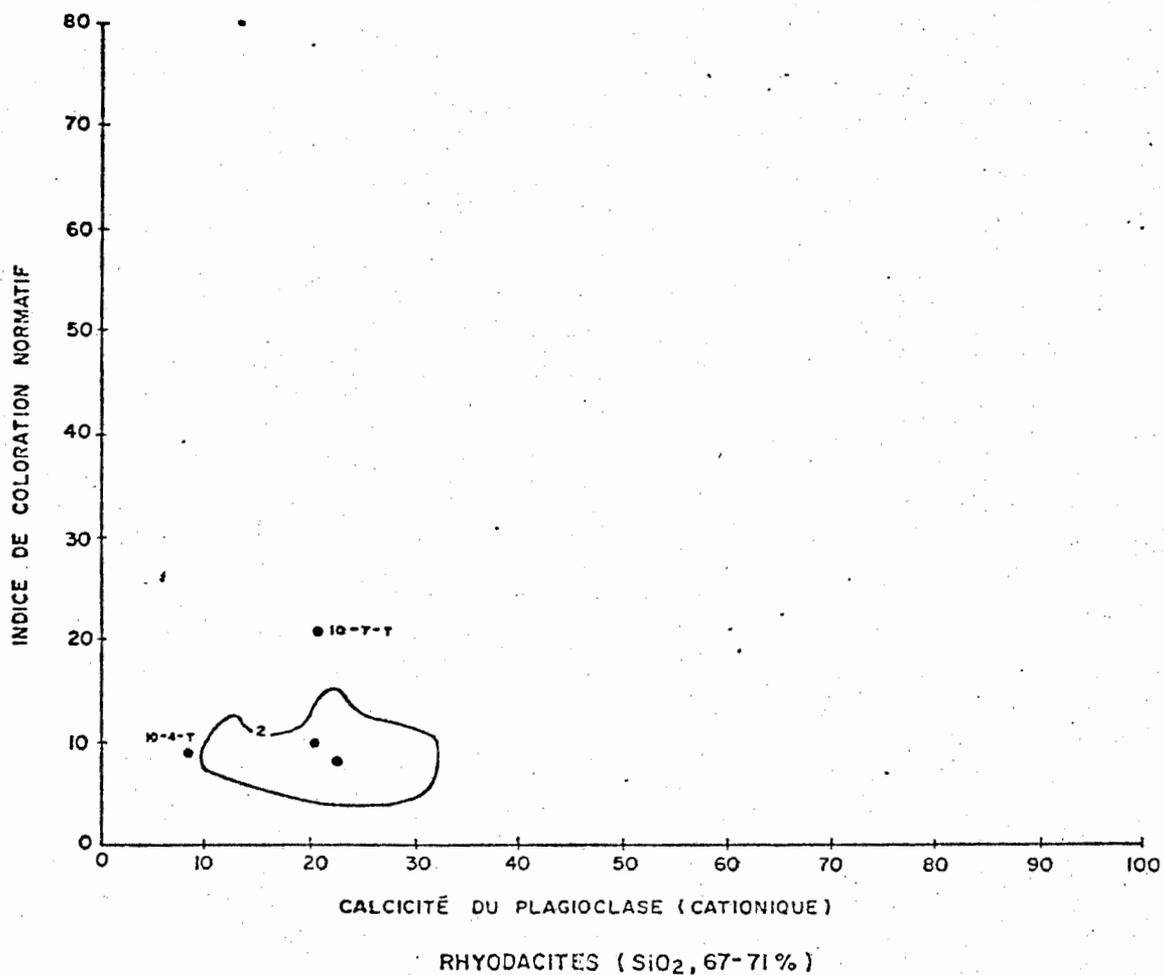


Figure 20:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les  
rhyodacites (SiO<sub>2</sub>, 67-71%):  
4 rhyodacites (2.2%)  
2 normales (50%)  
2 anormales (50%).

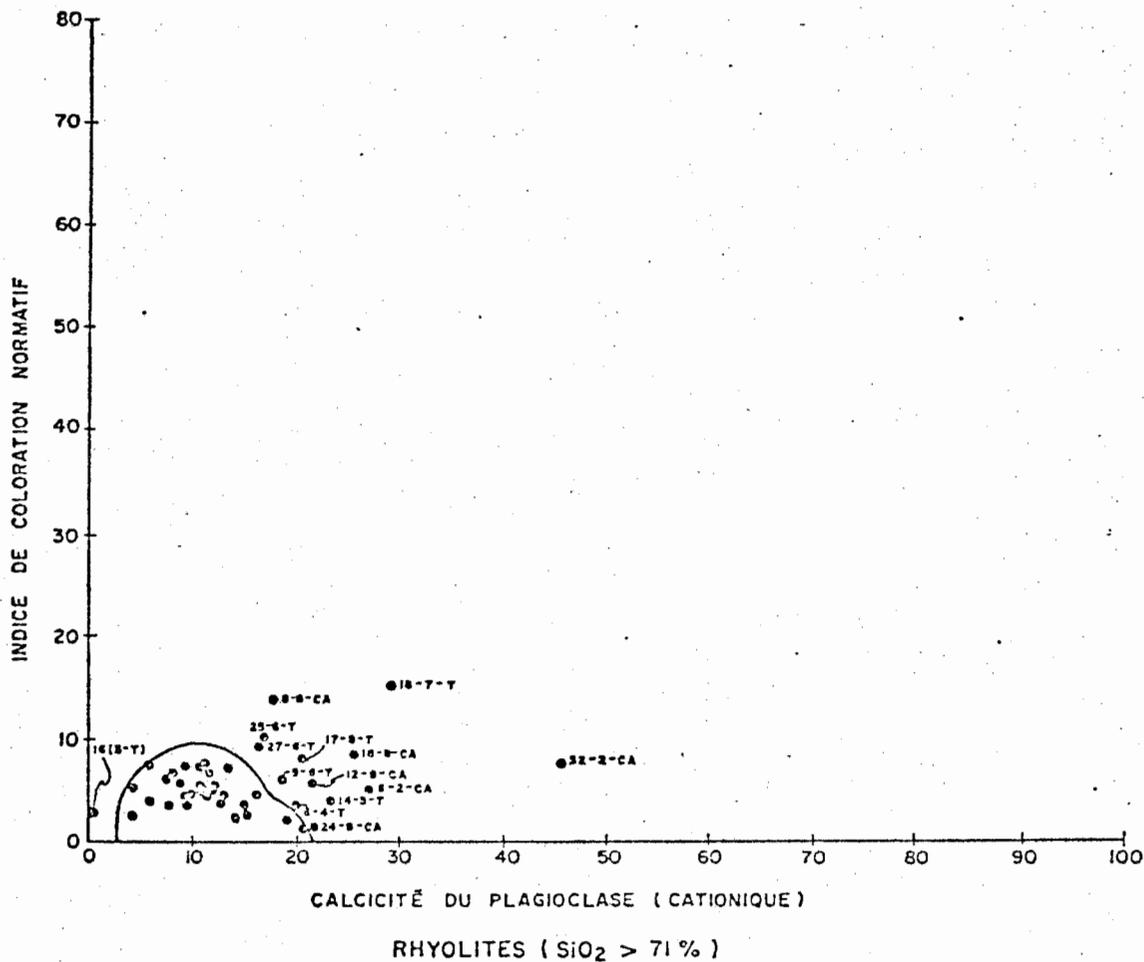


Figure 21:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les  
rhyolites ( $\text{SiO}_2 > 71\%$ ):  
43 rhyolites (24.9%)  
29 normales (67%)  
14 anormales (33%).

#### 4.3.2- Classification des roches de la région

Lorsqu'appliquée aux analyses chimiques de notre région, la classification pétrochimique donne les résultats illustrés au Tableau XXIV, résultats qui découlent de l'interprétation des figures 17 à 21. La composition chimique moyenne des divers types de roches est donnée au Tableau XXV.

TABLEAU XXIV

## Classification des roches de la région étudiée

<u>NOMS</u>	<u>Nb tot</u>	<u>%</u>	<u>Norm.</u>	<u>%</u>	<u>Anorm.</u>	<u>%</u>
Basaltes	32	18.5	28	88	4	12
Andésites	79	45.7	66	84	13	16
Dacites	15	8.7	7	47	8	53
Rhyodacites	4	2.2	2	50	2	50
Rhyolites	43	24.9	29	67	14	33

TABLEAU XXV

## ANALYSES CHIMIQUES MOYENNES DES DIVERS TYPES DE ROCHES

	BASALTES	ANDESITES	DACITES	RHYODACITES	RHYOLITES
SiO <sub>2</sub>	48.77(51.76)	54.77(57.43)	60.61(63.60)	67.77(69.51)	75.37(77.17)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.28(16.08)	15.43(16.16)	14.66(15.35)	13.88(14.21)	11.71(12.06)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.63( 3.82)	2.45( 2.57)	1.50( 1.57)	.74( .78)	.79( 0.80)
FeO	8.63( 9.10)	6.64( 6.59)	4.99( 5.25)	4.25( 4.34)	2.04( 2.07)
FeO T	9.22(12.56)	7.37( 9.33)	4.94( 6.66)	3.80( 5.02)	2.19( 2.87)
MgO	5.62( 5.93)	3.92( 4.11)	2.57( 2.68)	1.39( 1.43)	.57( .57)
CaO	8.63( 9.09)	6.77( 7.37)	5.29( 5.52)	2.75( 2.83)	1.50( 1.54)
Na <sub>2</sub> O	2.31( 2.55)	3.04( 3.18)	3.58( 3.75)	5.09( 5.22)	4.59( 4.57)
K <sub>2</sub> O	.19( .20)	.38( .40)	.67( 0.70)	.65( .96)	.82( .85)
TiO <sub>2</sub>	1.44( 1.51)	1.25( 1.31)	1.19( 1.25)	.75( .78)	.25( .24)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.17( .18)	.18( .19)	.22( .23)	.14( .14)	.03( .03)
CO <sub>2</sub>	1.06	.99	1.92	.60	.37
S	.08	.11	.08	.07	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.91	3.40	2.71	1.80	.98
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.13	.13	.13	.08	.11
TOTAL	99.85	99.49	100.01	99.94	99.68
Mn(ppm)	1422	1248	940	977	581
Cu(ppm)	87	71	42	19	21
Zn(ppm)	106	97	99	134	87
Ni(ppm)	58	44	25	9	5
Hg(ppb)	3	3	3	3	4
Densité	2.96	2.87	2.78	2.72	2.78
Ind. col.	36	27	18	12	6

## CALCUL DE LA NORME (MOYENNES)

Qz	5.37	11.67	20.68	24.78	39.72
Or	1.21	2.34	4.22	3.99	5.05
Pl (An)	55.32(60)	53.13(50)	56.19(41)	57.68(18)	49.42(15)
(Ab)	(40)	(50)	(59)	18.82(82)	15.85(85)
Co	.02	.51	.50	1.13	1.36
Di (Di)	9.38(57)	6.61(52)	3.32(62)	2.08(57)	.73(45)
(He)	(43)	(48)	(38)	(43)	(55)
Hy (En)	22.14(57)	15.26(58)	11.19(59)	7.94(44)	3.79(45)
(Fe)	(43)	(42)	(41)	(56)	(55)
Ol (Fo)	.83(57)	-	-	-	-
(Fa)	(43)	-	-	-	-
Mt	3.12	2.20	1.61	.79	.86
Il	2.15	1.75	1.76	1.09	.34
Ap	.39	.40	.50	.29	.08
Py	.22	.23	.24	.20	.07
Wo	-	.04	-	-	-
He	-	-	-	-	< .01

#### 4.4- Interprétation globale du géochimisme de la région étudiée

##### 4.4.1- Caractérisation des séries tholéiitiques et calco-alcalines

Dans les ceintures de l'Archéen, les séries calco-alcalines sont généralement associées avec des basaltes tholéiitiques et la ceinture d'Abitibi ne fait pas exception. En effet, tout comme on trouve au nord de la faille une série homoclinale, près de la faille une zone cisailée de largeur variable et au sud une suite d'anticlinaux et synclinaux, nous avons défini au nord de la faille une série tholéiitique monotone constituée de deux cycles, la série tholéiitique du Ruisseau Deguisier (Trudel, 1975); près de la faille une série tholéiitique différenciée, la série tholéiitique Destor (Trudel, 1975) et au sud l'association intime des séries tholéiitique et calco-alcaline. C'est cette dernière association qui nous intéresse le plus directement. Le problème est donc de localiser les deux suites dans cet ensemble. Afin de les différencier, nous avons utilisé le diagramme AFM et les courbes de Kuno (1968) qui définissent les séries pigeonitiques ou tholéiitiques avec un enrichissement caractéristique en fer au début de la différenciation suivi d'un enrichissement en alcalis et les séries hypersthéniques ou calco-alcalines avec un enrichissement en fer léger ou absent et un enrichissement continu en alcalis.

Il faut cependant noter, comme l'ont fait Irvine et Baragar (1971), qu'il est difficile de distinguer les séries d'une façon raisonnable pour les membres siliceux. Afin de pallier à cette lacune, nous avons relié nos échantillons en association par rapport à leur différenciation, nous avons pris en considération la géologie générale et spécialement la structure, nous avons utilisé les statistiques et surtout des histogrammes, nous avons enfin confirmé nos choix à l'aide d'autres diagrammes qui permettent la distinction tholéiites-calco-alcalins tels celui de Green (1973)  $MgO/Al_2O_3$  vs  $Na_2O + K_2O / Fer\ total + TiO_2$ , celui de Hughes (1972)  $MgO$  vs  $Fer\ total$ , ceux de Miyashiro (1973)  $SiO_2$  vs  $Fer\ total / MgO$  et  $Fer\ total$  vs  $Prop.\ Fer\ total / MgO$ .

Nous avons déjà démontré le caractère sub-alcalin de nos roches sur le diagramme  $SiO_2$  vs  $Na_2O + K_2O$  (fig. 11) et sur la projection de base du tétraèdre DI-Ne-Ol-Qz (fig. 10). A l'aide du diagramme AFM, nous avons caractérisé les analyses en tholéiites et roches calco-alcalines regroupant 9 sections: Tn (tholéiites), 1-CA (calco-alcalines), 2-CA, 3-T, 4-T, 5-T, 6-T et 7-T, 8-CA (voir fig. 22 pour la localisation des sections et des séries en plus des Tableaux XXVI à XXXIV pour les analyses des sections). Nous avons regroupé nos analyses en quatre (4) séries distinctes:

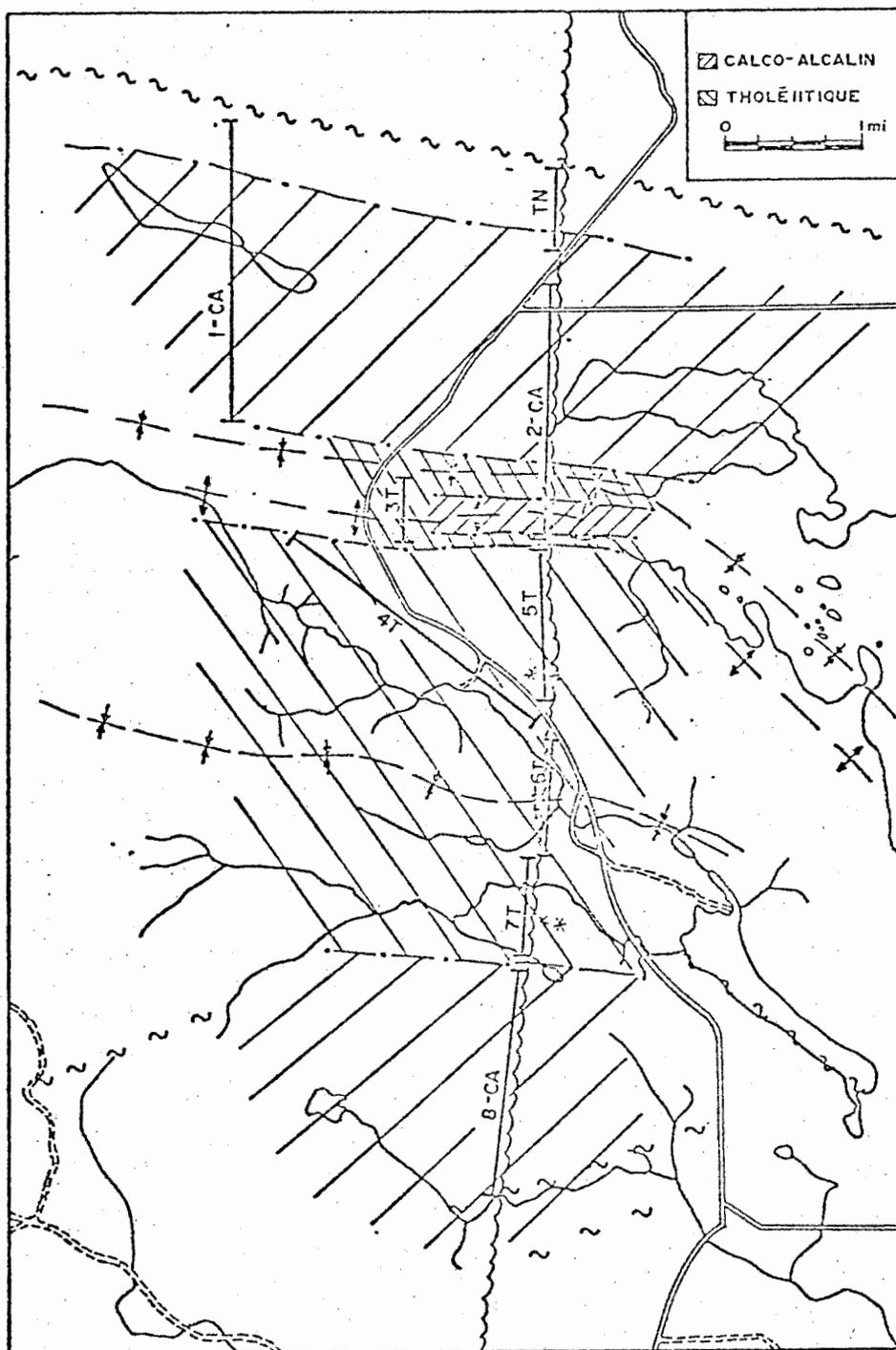


Figure 22:

Subdivision de la région étudiée en sections tholéiitiques et calco-alcalines.

Série tholéiitique DDM: Tn.

Série calco-alcaline Renault: ICA, 2CA.

Série tholéiitique Dufresnoy: 3T, 4T, 5T, 6T, 7T.

Série calco-alcaline Dufault: 8CA.

ANALYSES CHIMIQUES DE TROL N JC

NO	ECHANTILLON	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	FeO T	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL+VOL
1	72-062	49.98	15.84	4.13	7.34	11.06	9.56	9.67	2.47	0.00	.92	.10	0.00	.61	4.35	94.77	99.33
2	72-064	52.47	14.92	3.25	10.20	13.13	8.70	6.35	2.64	0.00	1.19	.11	0.00	3.61	5.35	91.35	100.31
3	72-065	55.90	14.49	1.45	11.20	12.51	5.41	6.42	2.98	0.00	1.90	.19	0.00	3.27	4.40	91.57	99.24
4	72-067	52.13	14.64	3.17	5.10	11.96	7.94	7.54	2.06	0.00	1.27	.12	0.00	1.64	5.06	92.92	99.42
5	72-068	53.61	14.07	3.16	12.44	15.28	5.66	6.94	2.19	0.00	1.62	.12	0.00	2.86	4.97	91.73	99.56
6	72-242E	62.58	16.77	1.58	3.03	4.45	2.29	5.45	6.17	.20	1.57	.35	0.00	1.24	1.80	97.68	100.72
7	72-241A	53.42	14.46	4.37	8.30	12.23	6.10	9.69	1.71	0.00	1.49	.20	0.00	3.13	4.32	93.01	100.46

Tableau XXVI

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 1 - 3A

NO ECHANTILLON	SI02	AL2O3	FE2O3	PEC	FE0 T	MGO	CAO	HA2O	K2O	TI02	P2O5	MNO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL+VOL
72-273	17.11	17.34	1.43	4.43	19.14	4.66	5.45	2.46	.19	1.50	.26	0.00	.72	4.37	95.45	100.54
72-244	19.21	19.27	1.45	3.88	5.18	2.82	5.81	5.84	.03	1.39	.24	0.00	1.13	2.52	96.14	99.79
72-271	17.11	17.11	2.09	5.49	8.27	5.99	4.69	1.97	0.00	1.73	.26	0.00	.27	4.50	95.99	100.76
72-272	17.74	17.74	.87	5.02	5.39	4.75	11.56	2.19	.29	.89	.15	0.00	.34	4.34	94.63	99.31
72-255	16.67	16.67	5.40	8.73	11.59	7.04	11.50	1.30	0.00	.87	.14	0.00	.26	3.90	95.07	99.23
72-2514	17.79	17.79	3.40	6.37	9.42	6.91	10.51	1.36	.43	.70	.19	0.00	.66	3.76	95.99	100.41
72-2512	17.57	17.57	.75	2.91	3.58	2.83	13.97	.14	.03	.54	.19	0.00	.13	4.63	95.30	100.26
72-2517	16.32	16.32	1.47	5.45	5.78	4.44	6.83	3.97	.34	1.09	.24	0.00	.49	2.96	96.54	99.99
72-2524	16.77	16.77	2.89	5.59	8.19	4.54	6.71	3.15	.51	1.23	.23	0.00	.69	3.82	95.55	100.06
72-2571	16.53	16.53	1.81	4.71	6.33	3.57	5.84	4.40	.50	1.12	.11	0.00	1.34	2.72	95.69	99.79
72-2572	16.53	16.53	2.21	7.34	10.27	5.47	7.44	3.79	1.05	1.38	.24	0.00	.39	3.23	95.90	99.52
72-2573	17.35	17.35	1.92	4.51	4.92	3.73	14.30	.16	0.00	.73	.19	0.00	.43	5.27	95.06	100.76
72-247	17.27	17.27	1.37	5.13	6.33	4.74	6.81	3.29	.96	.96	.21	0.00	.53	3.68	95.87	100.08
72-245	15.54	15.54	1.79	4.95	5.66	3.45	6.34	2.62	1.62	.88	.22	0.00	.36	2.83	96.70	99.89
72-247	15.53	15.53	3.44	3.84	7.04	4.74	5.62	5.38	.57	.89	.21	0.00	.53	2.28	97.89	100.70
72-242	17.47	17.47	1.71	5.54	7.12	5.44	9.25	2.52	.67	.70	.19	0.00	1.31	4.58	94.48	100.17
72-243	17.69	17.69	1.10	3.51	4.50	2.19	16.06	.18	0.00	.66	.19	0.00	.49	4.36	95.25	100.10
72-254	19.55	19.55	.93	5.92	6.40	4.71	7.49	4.09	.15	.75	.16	0.00	.46	4.26	95.60	100.32
72-255	20.84	20.84	.92	2.92	3.75	2.61	5.67	3.46	2.93	1.01	.23	0.00	.45	2.88	96.95	100.28
72-256	16.56	16.56	4.58	6.16	10.37	4.16	6.65	2.90	.30	1.48	.28	0.00	.62	3.36	96.10	100.38
72-257	16.77	16.77	1.00	4.84	5.74	4.79	7.61	2.29	.21	.65	.14	0.00	.51	3.92	94.85	99.28
72-258	15.43	15.43	2.59	7.77	9.55	5.92	7.51	2.67	.34	1.36	.05	0.00	.14	3.44	95.83	99.41
72-259	17.69	17.69	2.41	7.22	9.39	4.85	6.42	3.15	.43	1.26	.35	0.00	.51	3.66	95.56	99.23
72-260	15.18	15.18	1.95	3.33	4.33	2.94	7.17	2.97	1.24	.55	.66	0.00	.17	3.58	95.54	99.29
72-261	17.77	17.77	.48	4.52	4.95	3.14	7.44	2.57	1.02	.54	.37	0.00	.30	3.25	96.26	99.81
72-262	17.77	17.77	1.19	3.76	4.83	3.74	6.54	2.58	.73	.53	.36	0.00	.44	3.25	95.79	99.48
72-263	16.76	16.76	1.04	1.02	1.95	.87	2.93	3.70	.12	.00	.05	0.00	.10	1.00	98.34	99.44
72-264	16.35	16.35	.31	7.06	7.34	3.91	6.63	4.30	.45	1.81	.09	0.00	.27	3.36	95.61	99.24

Tableau XXVII

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 2 - CA

NO	ECHANTILLON	SiO2	AL2O3	Fe2O3	FeO	FeO T	MGO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MNO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL+VOL
31	72-411	74.72	13.08	1.10	.74	1.77	.40	.34	3.76	1.61	.34	.04	0.00	.46	1.05	98.68	100.19
32	72-412	74.08	12.22	.93	1.49	2.63	1.17	4.03	2.19	2.41	.25	.04	0.00	3.58	1.71	94.69	99.98
33	72-413	74.97	13.06	.19	1.59	1.76	.63	2.23	6.01	.36	.80	.19	0.00	.36	.76	97.71	99.43
34	72-414	54.34	17.27	3.88	5.01	11.49	3.83	7.77	3.39	.01	1.75	.04	0.00	.92	3.74	94.67	99.33
35	72-410	52.31	19.42	3.58	6.63	9.76	6.06	6.43	2.86	1.39	1.18	.16	0.00	.31	4.00	95.49	99.80
36	72-409	60.45	19.11	1.41	3.15	4.42	3.05	7.76	4.31	.07	.59	.06	0.00	.91	3.10	95.89	99.00
37	72-407	62.04	15.21	1.40	5.81	7.43	4.31	5.54	3.23	1.02	.87	.11	0.00	.10	2.74	96.33	99.17
38	72-406	56.70	17.47	2.66	5.93	7.73	8.48	4.99	2.62	1.42	.67	.15	0.00	.48	4.71	94.45	99.64
39	72-416	57.82	16.25	1.69	6.21	7.74	4.05	7.65	3.21	.33	1.75	.38	0.00	.10	3.06	96.24	99.40
40	72-415	54.17	17.84	1.99	7.05	8.64	4.66	7.77	4.35	.14	1.85	.26	0.00	.74	3.34	95.78	99.46
41	72-418	55.11	17.46	2.13	7.39	9.21	3.67	6.65	5.14	.22	1.86	.47	0.00	.14	2.66	96.34	99.14
14	72-417	30.25	10.31	.99	.79	1.69	.99	1.74	3.02	1.03	.11	.04	0.00	1.50	.84	96.54	99.28
15	72-419	62.66	10.07	.22	.89	1.09	.42	1.03	3.19	1.28	.10	.02	0.00	.94	.65	98.14	99.73
16	72-414	32.33	11.14	.47	.53	.93	.55	0.03	2.49	2.36	.11	0.00	0.00	.07	1.14	99.07	100.28
17	72-150	63.15	16.35	1.70	3.67	4.34	1.42	6.46	5.98	0.00	1.05	.16	0.00	3.12	2.03	94.51	99.66
18	72-155	57.06	19.40	.78	5.06	5.76	3.10	5.36	6.65	.48	1.49	.19	0.00	2.52	2.69	94.92	100.13

TABLEAU XXVIII

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 3 - T

NO	ECMANTILLON	SIC2	AL2O3	FE2O3	FeO	FeO T	MGO	CAO	NA2O	K2O	TI02	P2O5	MNO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL-VOL
8	72-348C	62.03	16.51	1.34	8.29	9.60	1.53	4.64	2.76	1.39	.93	.52	0.00	5.37	2.87	91.53	99.77
9	72-319	60.82	17.73	.87	8.98	9.76	1.54	4.26	2.21	2.06	1.03	.47	0.00	1.28	4.92	93.57	99.77
10	72-320	60.66	15.97	1.90	8.23	9.93	1.15	5.32	5.02	.36	.94	.46	0.00	1.51	4.52	93.83	99.86
11	72-321	58.78	17.46	1.62	8.86	10.32	1.68	5.37	3.42	1.48	.99	.30	0.00	1.25	4.69	93.30	99.24
12	72-322	59.42	16.74	3.07	8.64	11.41	1.22	4.18	4.73	.51	1.01	.47	0.00	2.70	2.74	94.05	99.49
13	72-323	64.66	17.19	1.06	4.87	5.82	1.06	3.30	5.13	1.32	.98	.43	0.00	2.28	2.20	95.73	100.21

TABLEAU XXIX

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 4 - T

NO ECHANTILLON	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	FeO T	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL+VOL
19 72-153	57.61	20.76	1.57	6.02	7.43	1.33	5.24	3.15	1.78	1.55	.42	0.00	3.38	3.72	93.75	100.85
20 72-157A	52.17	19.45	2.72	7.32	5.77	5.96	8.10	2.58	.13	1.38	.17	0.00	.13	5.18	95.58	100.89
21 72-160	61.47	13.28	2.21	9.56	11.55	2.37	4.97	3.86	0.00	1.92	.17	0.00	2.92	3.26	94.14	100.32
23 72-081	57.16	13.31	3.67	5.49	12.79	3.53	6.92	3.53	.24	1.88	.08	0.00	1.47	3.35	94.24	99.06
24 72-082	56.13	13.20	5.76	10.22	15.40	3.51	7.83	1.11	.01	1.88	.05	0.00	.27	3.96	96.03	100.26
1 72-085	55.12	14.00	3.20	10.85	13.73	4.72	5.87	3.42	.18	1.85	.20	0.00	.34	3.54	95.91	99.79
3 72-084	54.16	15.50	3.47	7.84	10.96	3.96	6.96	4.83	.04	1.94	.21	0.00	.13	2.51	97.43	100.07
4 72-085	52.01	15.17	4.69	10.32	14.00	4.82	8.55	2.13	.65	2.10	.13	0.00	1.16	3.89	94.46	99.51
5 72-088	50.79	11.72	4.48	11.16	15.19	8.02	9.83	1.16	.03	2.41	.17	0.00	.55	4.40	95.32	100.27
6 72-090A	76.78	12.45	1.42	1.10	2.70	.38	2.17	4.61	.57	.42	.09	0.00	.34	.88	98.65	99.87
7 72-090B	75.47	13.47	1.64	1.71	2.65	.56	1.38	5.47	.48	.32	.08	0.00	.48	1.04	97.75	99.27
8 72-092	52.28	15.64	3.49	9.06	12.38	5.39	9.67	2.04	.09	1.70	.33	0.00	.44	3.53	96.53	100.55
9 72-095A	50.94	15.66	3.62	8.00	11.26	3.70	13.45	2.35	.21	1.69	.20	0.00	2.49	2.92	93.98	99.39
10 72-096	70.44	14.75	.49	4.50	4.94	.69	1.09	5.05	2.16	.62	.19	0.00	.55	1.69	97.17	99.41
25 72-097	55.11	14.28	3.48	10.40	13.53	3.85	7.23	3.05	.31	1.90	.39	0.00	.95	3.38	94.89	99.22

TABLEAU XXX

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 5 - T

NO ECHANTILLON	SIC2	AL2O3	FE2O3	FEC	FEC T	MGO	CAO	NA2O	K2O	TIO2	P2O5	MNO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL-VOL
11 72-376	55.20	15.50	3.46	5.25	12.36	4.38	7.99	2.09	0.00	1.49	.02	0.00	.24	3.74	96.26	100.24
12 72-375	55.87	15.24	3.77	8.80	12.15	4.30	8.09	2.48	.01	1.44	.03	0.00	.24	3.46	96.40	100.10
13 72-364	57.62	17.85	3.76	5.65	13.03	4.13	7.83	2.47	.13	1.48	.04	0.00	.65	3.13	95.54	99.32
14 72-361	58.75	13.02	3.52	5.63	13.16	3.55	6.89	2.07	.26	1.77	.05	0.00	1.75	3.80	95.08	100.63
15 72-360	58.01	14.09	3.28	8.96	12.00	3.80	6.87	2.61	.49	1.59	.05	0.00	.90	3.20	96.28	100.38
16 72-357	70.80	14.74	1.40	3.45	4.71	.79	2.82	5.34	.34	.27	.03	0.00	.27	1.34	98.46	100.07
17 72-356	49.06	15.40	.47	14.00	14.42	6.36	9.69	2.76	.15	1.89	.09	0.00	.27	3.78	95.71	99.76
18 72-354	53.69	15.23	4.69	5.12	13.34	4.08	8.26	2.65	.13	1.81	.22	0.00	.45	3.44	96.46	100.35
19 72-352	56.83	17.86	1.65	6.07	7.56	4.80	6.29	4.97	.37	1.01	.13	0.00	.24	3.17	95.81	99.22
20 72-351	56.81	17.50	.66	6.22	6.81	5.24	7.90	3.20	1.19	1.00	.10	0.00	.21	2.98	96.05	99.24
21 72-370	53.61	17.15	4.86	6.45	10.83	3.85	10.61	1.19	.49	1.45	.33	0.00	.48	3.57	96.69	100.74
22 72-329	59.50	14.87	1.36	5.43	6.66	4.04	5.72	5.31	.54	1.02	.19	0.00	.62	2.52	96.98	100.12
23 72-327	55.16	14.11	5.50	5.49	14.44	2.37	9.38	1.14	.24	1.73	.81	0.00	.83	4.07	95.59	100.49
24 72-326	58.68	16.92	2.36	5.57	7.70	3.84	6.10	4.47	.50	1.31	.23	0.00	.41	3.07	96.88	100.36

TABLEAU XXXI

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 6 - Y

NO	ECHANTILLON	SIC2	ALP03	FE203	FE0	FE0	Y	HGO	CAC	NA20	K20	TI02	P205	MNO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL-VOL
1	72-292E	74.39	17.59	.36	2.91	3.23	1.05	.78	5.41	.95	.43	.12	0.00	.01	1.26	97.93	98.70	
2	72-290	74.06	14.17	1.38	1.96	3.20	.64	1.30	5.87	.41	.18	.01	0.00	.41	1.32	97.88	98.61	
3	72-289	73.14	14.60	.72	2.87	3.52	.81	1.53	5.31	.73	.20	.06	0.00	.51	1.28	97.99	98.78	
4	72-280	73.82	14.21	.11	3.36	3.46	.82	1.38	5.98	.10	.19	.01	0.00	.52	1.14	97.63	98.29	
5	72-287	49.89	20.13	2.83	6.37	8.52	8.28	8.88	2.05	.74	.77	.05	0.00	.38	5.10	94.36	98.84	
6	72-286	49.17	14.55	5.06	8.75	13.31	7.29	9.71	1.57	0.00	1.71	.16	0.00	.24	4.94	94.48	98.66	
8	72-310	53.28	15.49	5.82	7.95	13.19	3.39	9.80	1.79	.07	1.82	.40	0.00	.45	3.76	96.66	100.87	
9	72-312	72.67	13.80	1.31	2.28	3.45	.61	2.45	5.23	1.17	.46	.07	0.00	.28	1.04	98.43	98.75	
10	72-314	69.27	15.45	.88	3.20	4.08	1.70	2.72	5.73	.19	.56	.10	0.00	.24	1.62	97.59	98.45	
11	72-315	52.25	14.06	4.68	10.61	14.82	4.84	8.82	2.68	.17	1.64	.24	0.00	.21	3.26	94.06	98.53	
12	72-316	74.59	17.59	.75	2.54	3.22	.42	.54	6.59	.09	.40	.05	0.00	.41	1.16	98.15	98.72	
13	72-317	62.27	14.33	3.59	10.28	13.87	4.00	8.13	2.53	.32	1.75	.41	0.00	.12	3.58	96.10	98.80	
14	72-318A	75.52	13.17	1.21	2.10	3.19	.28	1.49	5.46	.55	.20	.01	0.00	1.04	1.24	97.32	98.60	
15	72-401C	63.52	19.77	2.85	5.12	7.68	4.46	9.98	3.20	.11	.91	.07	0.00	.31	3.22	95.73	98.76	
16	72-373	74.69	13.51	1.43	1.49	2.78	.97	1.61	5.31	.55	.19	.21	0.00	.21	1.06	98.51	98.78	
18	72-372	74.49	13.06	.84	1.97	2.81	.71	2.14	6.11	.76	.20	.01	0.00	.82	.76	96.43	98.21	
19	72-402B	63.84	16.31	1.87	11.04	12.72	4.76	6.34	4.23	0.00	1.52	.08	0.00	3.47	4.34	91.52	98.33	
20	72-405A	50.85	14.19	5.86	8.59	13.86	5.12	9.20	2.45	0.00	1.45	.10	0.00	.17	3.46	95.78	98.41	
21	72-405E	50.33	15.93	3.02	10.08	12.80	6.06	8.68	4.57	.06	1.18	.07	0.00	.17	3.36	95.82	98.15	
22	72-371A	73.83	13.55	.45	3.28	3.68	.50	1.13	6.97	.06	.20	.01	0.00	1.10	.58	97.61	98.29	
23	72-371E	74.31	13.41	.86	1.95	2.81	.54	1.61	7.00	0.00	.20	.01	0.00	1.44	.60	97.26	98.10	
24	72-400	74.75	13.65	1.83	1.83	3.48	.41	1.23	5.65	.42	.20	.01	0.00	.01	.84	98.22	98.67	
25	72-370	72.46	13.28	.66	3.16	3.75	.68	3.40	5.19	.74	.22	.01	0.00	2.64	1.00	95.81	98.45	
26	72-369	74.89	13.28	1.40	1.72	2.59	.47	1.85	5.30	.28	.20	.01	0.00	1.58	1.02	96.88	98.48	
27	72-368	73.75	12.92	.56	3.03	3.54	.88	2.88	5.49	.28	.19	.01	0.00	2.15	1.82	95.97	98.94	
28	72-367	52.69	16.76	3.57	8.82	12.03	4.66	9.32	2.83	.01	1.29	.05	0.00	2.30	3.92	93.34	98.56	
29	72-366E	50.24	17.00	2.76	8.82	11.31	3.31	6.09	3.98	.05	1.59	.08	0.00	.31	3.49	95.49	98.29	
30	72-365	58.22	14.09	1.07	5.66	6.43	4.77	6.33	4.80	0.00	.80	.14	0.00	.10	3.17	95.92	98.19	
31	72-366	48.34	15.02	4.74	8.86	13.13	5.52	10.22	3.38	.29	1.67	.39	0.00	.47	3.08	96.74	100.29	
32	72-365	50.67	16.00	5.51	8.58	13.56	6.00	8.40	2.62	.01	1.53	.26	0.00	.30	4.01	96.53	100.84	
33	72-303	56.26	16.46	4.14	8.08	11.80	4.74	4.47	4.27	.06	1.25	.26	0.00	.61	3.83	95.22	99.66	
34	72-308	50.75	14.77	5.24	5.46	10.26	4.40	8.00	3.05	0.00	1.69	.39	0.00	.20	3.26	96.87	100.33	
35	72-309	54.58	16.87	2.48	5.85	8.68	5.78	10.48	2.44	.80	.56	.15	0.00	2.36	3.74	93.84	98.94	

TABLEAU XXXII

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION 7 - T

NO ECHANTILLON	SiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	FeO T	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MnO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL+VOL
1 72-346	48.48	15.76	3.17	12.77	15.62	7.36	8.05	2.09	0.00	2.05	.11	0.00	.14	4.86	94.37	99.37
3 72-004B	48.79	15.59	3.57	10.96	14.17	7.00	9.45	2.56	.06	1.87	.14	0.00	.99	4.28	95.62	100.89
4 72-004A	49.37	15.83	3.48	10.34	13.47	6.44	10.34	2.27	.05	1.77	.09	0.00	.44	3.59	96.50	100.53
5 72-302	55.25	15.86	4.66	8.36	12.66	3.05	7.66	2.91	.01	1.76	.35	0.00	.61	2.96	95.91	99.48
6 72-175	56.32	16.16	2.24	10.55	12.57	5.54	2.70	3.02	0.00	2.16	.43	0.00	1.24	4.85	94.94	101.03
7 72-177E	62.73	13.35	1.75	6.55	8.13	2.59	6.52	4.21	.07	1.77	.21	0.00	3.41	2.64	94.30	100.35
8 72-179A	64.20	12.88	1.18	6.54	5.60	1.20	6.86	1.29	1.75	1.72	.39	0.00	5.03	3.06	92.58	100.67
9 72-179C	64.47	13.54	4.22	4.82	8.62	2.23	4.19	4.28	0.00	1.86	.21	0.00	1.66	2.59	95.65	99.90
10 72-179C	67.55	12.00	.14	6.23	6.76	2.53	4.68	4.77	0.00	1.66	.25	0.00	1.34	2.88	96.59	100.81
11 72-181A	66.70	13.05	1.46	5.22	6.53	3.13	3.55	4.63	0.00	1.80	.24	0.00	1.59	2.79	96.05	100.43
12 72-181B	66.76	12.92	1.18	5.71	6.78	3.22	3.38	4.58	0.00	1.78	.24	0.00	1.35	2.47	96.26	100.68
13 72-182D	62.51	12.65	2.10	6.53	8.42	3.21	5.25	4.29	.17	1.91	.23	0.00	2.36	3.17	94.35	99.88
14 72-182C	57.89	12.70	4.95	8.76	13.22	2.74	8.58	2.36	0.00	1.76	.14	0.00	2.20	4.33	92.77	99.30
15 72-185	56.22	12.87	3.50	8.32	11.47	5.49	8.73	3.09	.12	1.44	.08	0.00	4.32	5.02	91.61	100.95
16 72-166	56.43	12.74	3.27	7.04	5.69	4.18	11.08	2.37	.14	1.50	.21	0.00	3.88	3.22	92.60	99.70
17 72-167A	55.02	13.92	3.76	5.04	12.42	3.89	10.88	1.74	.01	1.57	.11	0.00	3.79	4.42	92.59	100.80
18 72-167C	78.24	9.74	.91	4.84	5.65	2.40	.75	.98	1.72	.35	.02	0.00	.70	2.68	96.94	100.32
19 72-167E	54.32	13.89	4.18	9.33	13.08	4.56	9.63	2.13	0.00	1.61	.10	0.00	3.76	3.98	91.46	99.20
21 72-338	60.70	12.98	1.41	4.99	6.26	4.37	8.54	3.60	.38	1.82	.14	0.00	2.19	2.22	95.04	99.45
22 72-002B	55.02	13.86	3.37	5.05	12.08	4.94	9.96	2.01	.10	1.46	.13	0.00	3.36	4.45	93.06	100.87
23 72-002A	54.80	13.79	2.16	9.64	11.58	4.74	10.24	2.67	.29	1.43	.12	0.00	5.34	4.02	91.11	100.47
24 72-001	51.46	16.52	2.99	5.59	12.28	4.35	7.96	4.76	.49	1.66	.22	0.00	4.32	4.46	91.00	99.78
1 72-337	55.50	12.86	4.44	5.47	13.66	4.74	8.43	2.22	.42	1.67	.13	0.00	.45	3.20	95.99	99.64
2 72-336	59.20	17.05	.14	7.49	7.61	4.82	6.49	3.61	.33	.75	.11	0.00	.21	3.44	95.73	99.38
4 72-334	55.06	13.60	4.66	5.17	13.37	5.02	8.58	1.95	.31	1.40	.18	0.00	.83	3.75	96.04	100.62

TABLEAU XXXIII

ANALYSES CHIMIQUES DE SECTION B - CA

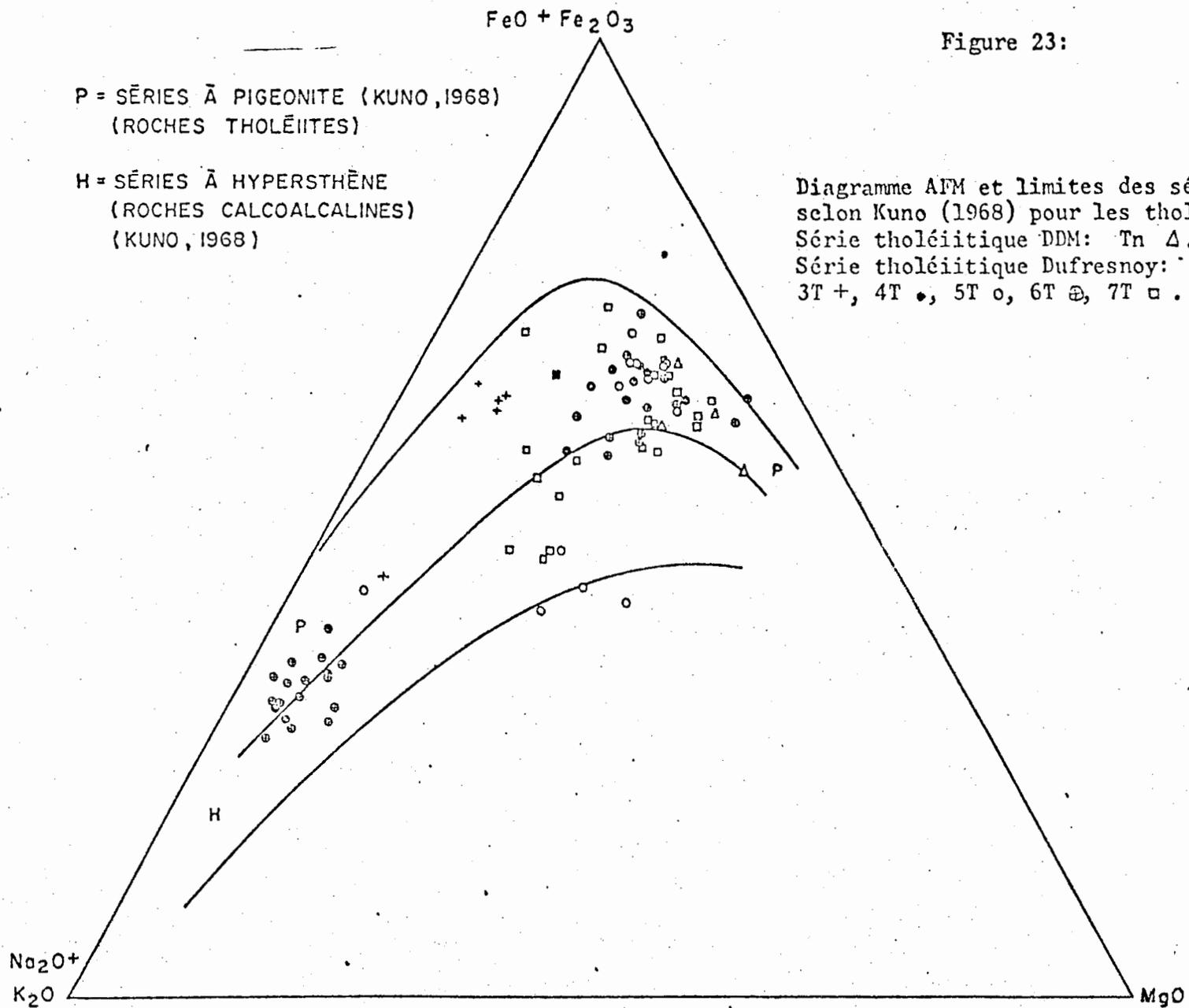
NO	ECHANTILLON	SICP	Al2O3	FF2O1	FE0	FE0 T	H2O	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	MNO	CO2	H2O	TOTAL-VOL	TOTAL-VOL
5	72-169A	56.12	17.35	1.47	7.07	8.79	6.07	6.42	2.94	1.41	.98	.06	0.00	1.62	4.03	94.86	100.51
6	72-170	58.17	19.28	1.25	4.15	5.28	5.10	8.07	3.10	.30	.50	.05	0.00	.21	4.31	96.44	100.96
7	72-171	60.74	18.91	1.08	4.63	5.60	4.11	3.04	6.34	.01	.90	.08	0.00	.35	3.06	96.58	99.99
8	72-174A	72.39	12.31	1.25	6.63	7.75	.46	1.65	4.15	.31	.31	.01	0.00	1.69	2.28	95.58	99.55
9	72-174F	77.23	11.49	.51	1.51	1.97	1.59	1.22	5.56	.48	.26	.01	0.00	2.00	.50	97.26	99.76
10	72-187	85.06	8.71	.97	.60	1.47	0.00	.97	1.82	1.59	.20	.08	0.00	1.62	.84	97.10	99.56
11	72-189	78.63	11.78	.28	1.27	1.52	.24	1.27	5.96	.30	.27	.01	0.00	2.16	.38	97.80	100.34
12	72-193	76.44	12.14	.51	2.33	2.14	.58	1.90	3.78	1.57	.28	.01	0.00	1.81	1.36	95.13	99.30
13	72-194	82.84	9.03	1.11	2.19	3.19	0.00	.57	3.95	.07	.21	.06	0.00	.44	1.17	98.51	100.12
14	72-199	52.57	16.89	3.64	6.99	10.27	6.66	8.33	2.52	.77	1.08	.13	0.00	.56	3.72	94.72	99.00
15	72-200	59.67	14.93	1.35	8.52	9.73	5.97	3.66	3.83	.35	1.36	.37	0.00	1.56	4.19	94.37	100.11
16	72-201	55.83	14.75	2.78	8.96	11.46	5.58	5.50	4.03	.42	1.65	.51	0.00	.27	3.81	95.02	100.10
17	72-220	77.27	10.68	.57	2.03	4.34	.36	2.17	3.81	1.02	.20	0.00	0.00	1.67	1.20	97.32	100.19
18	72-221	78.51	10.06	.64	2.62	3.20	.70	3.00	3.14	1.09	.17	.01	0.00	2.41	1.30	95.36	99.07
19	72-219A	78.20	11.80	.16	1.78	1.52	.21	1.66	5.95	.01	.21	.01	0.00	1.33	.54	97.45	99.32
20	72-219F	77.70	12.21	.28	2.31	2.56	.28	1.08	5.32	.55	.24	.01	0.00	.99	.88	98.45	100.32
21	72-222	77.27	11.72	.64	2.83	3.40	.37	.85	4.79	1.18	.23	.01	0.00	.78	.92	97.52	99.22
22	72-223	75.42	12.98	1.03	2.97	3.50	.80	.41	3.98	1.61	.24	.03	0.00	.64	1.74	96.92	99.30
23	72-224	84.24	8.71	.09	1.38	1.46	.12	.68	2.20	2.42	.15	.01	0.00	.78	.70	97.93	99.41
24	72-225	84.86	8.66	.51	.65	1.11	.11	1.25	2.47	1.31	.15	.01	0.00	1.47	.66	97.57	99.70
25	72-225	78.71	11.26	.52	2.02	2.85	.11	.98	5.03	.72	.21	.01	0.00	1.62	.44	97.95	100.01
26	72-221	80.22	10.91	1.21	.99	2.08	.14	1.47	3.41	1.34	.20	.01	0.00	1.37	.84	97.23	99.44
27	72-228	80.99	10.38	.74	1.92	2.14	.20	1.29	4.00	.77	.18	0.00	0.00	1.23	.62	98.71	100.56
28	72-229A	81.47	10.03	.48	1.81	2.24	.11	1.18	4.44	.06	.14	.01	0.00	1.10	1.16	97.47	99.73
29	72-230	59.85	16.45	1.81	4.34	5.57	2.48	10.48	3.15	.14	1.14	.14	0.00	.17	1.42	97.88	99.47
30	72-231	55.33	16.56	5.62	3.82	8.87	6.18	7.17	3.40	.40	1.35	.17	0.00	.53	3.58	95.61	99.72
31	72-232	59.15	16.34	5.22	2.60	7.70	5.50	5.70	3.55	.59	1.16	.17	0.00	.30	3.16	96.28	99.74
32	72-233	54.23	17.50	3.55	10.36	13.55	5.02	8.70	2.11	.71	1.54	.13	0.00	.13	2.13	96.99	99.25
33	72-234A	61.70	15.04	5.50	2.44	7.34	4.40	4.92	4.06	.29	1.29	.29	0.00	.47	2.66	97.74	100.87
34	72-236	59.75	15.28	1.89	6.17	7.87	4.18	7.62	3.24	.54	1.15	.18	0.00	.63	2.16	96.90	99.69
35	72-237	55.75	16.18	2.04	7.58	9.42	4.19	7.80	4.03	.99	1.22	.17	0.00	.23	2.22	96.77	99.22
36	72-238	58.20	16.19	2.97	5.86	8.53	3.21	9.52	2.57	.03	1.27	.15	0.00	.23	2.28	96.84	99.35

TABLEAU XXXIV

les séries tholéiitiques DDM et Dufresnoy, les séries calco-alcalines Reneault et Dufault (fig. 23-25-26). Dans le cas des tholéiites (fig. 23), on peut noter que:

- 1- la série tholéiitique DDM, section Tn, constitue une mince bande près de la faille Duparquet-Destor-Manneville;
- 2- la série tholéiitique la plus importante groupe les sections 3-4-5-6-7, constituant la série tholéiitique Dufresnoy, avec une superposition des sections 4-5 et 7 montrant par là la répétition de la série par plissement;
- 3- les roches tholéiitiques montrent un enrichissement marqué en fer, suivi d'un enrichissement en alcalis pour les termes acides de la section 6 au coeur d'un synclinal;
- 4- quatre points dans les séries 5 et 7 sont carrément d'affinité calco-alcaline et semblent constituer une mince bande répétée par plissement à l'intérieur de la série tholéiitique Dufresnoy.

La figure 24 montre l'enrichissement en fer à la base de la série tholéiitique Dufresnoy dans la section 4.



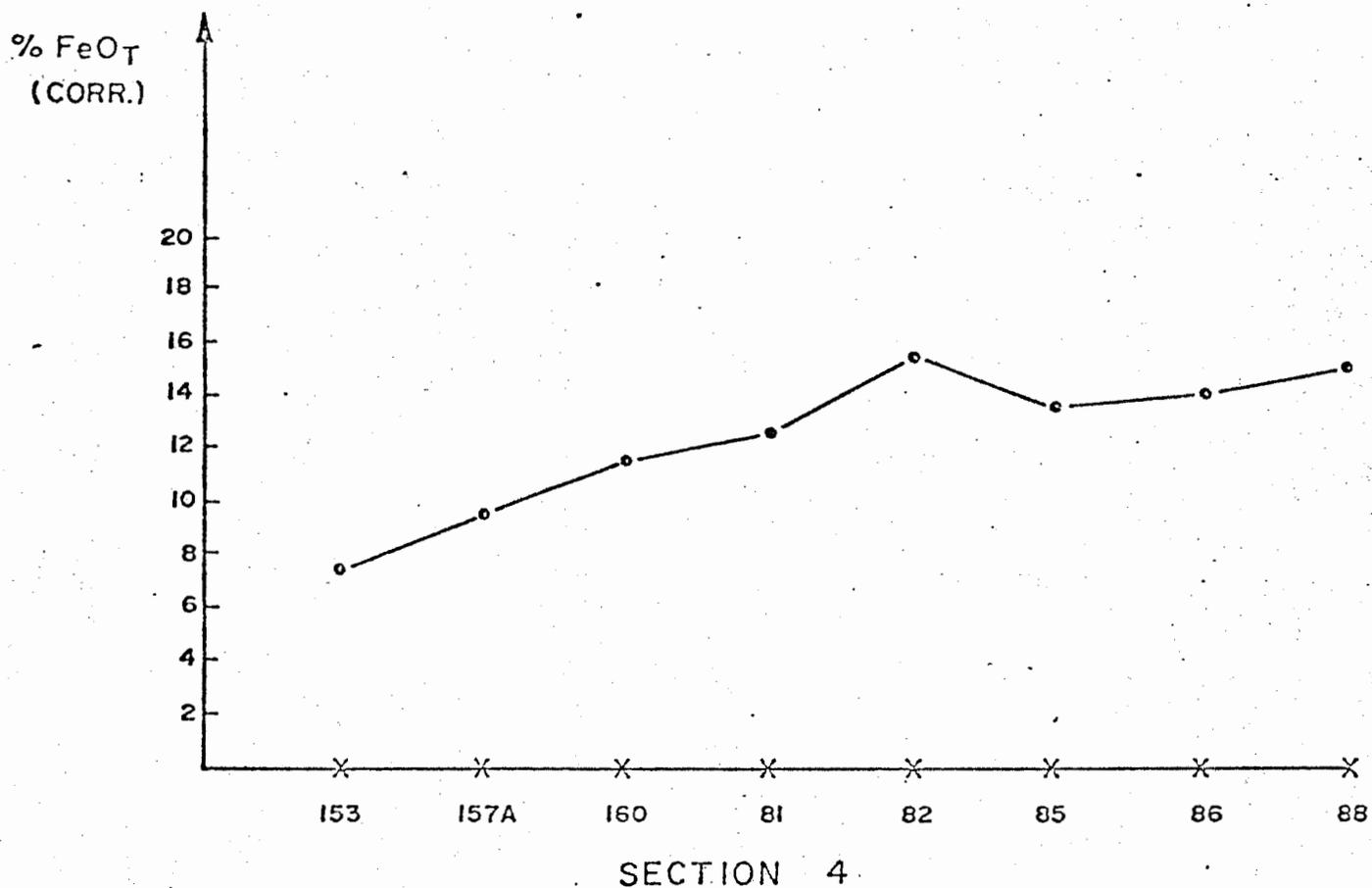
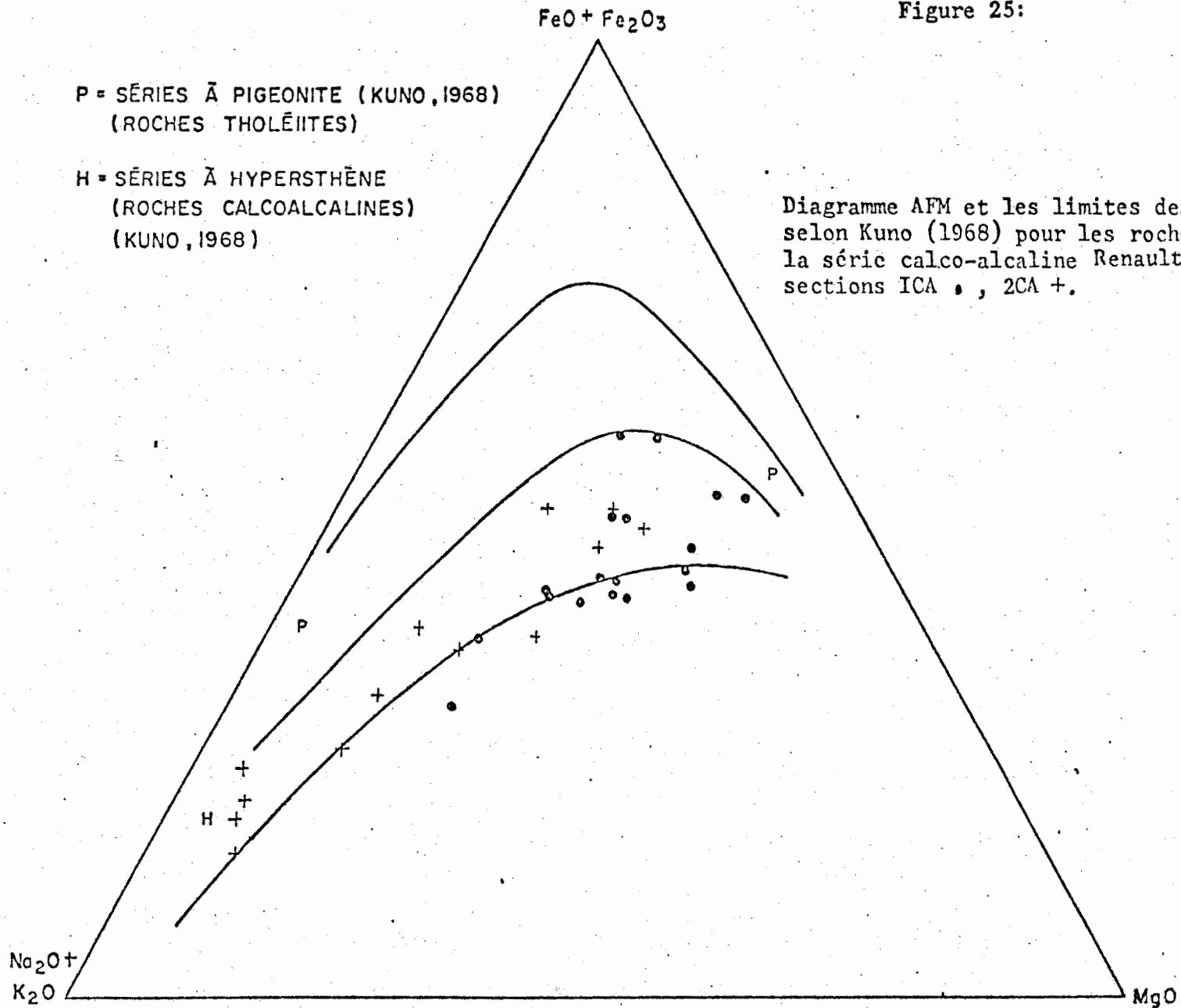


Figure 24:

Enrichissement en fer de la série tholéiitique Dufresnoy, section 4T, de la base (72-153) vers le sommet.

Figure 25:



FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Figure 26:

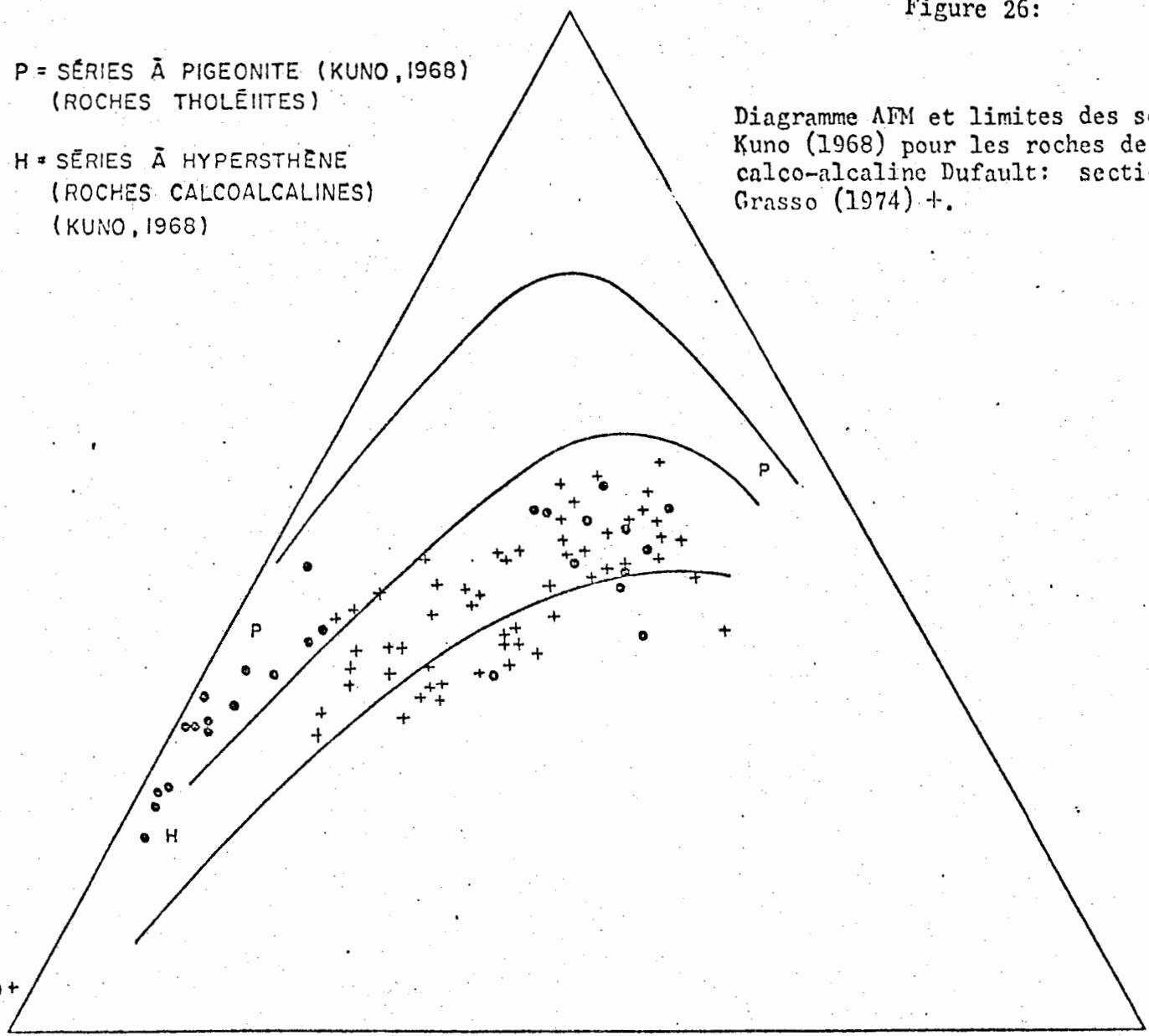
P = SÉRIES À PIGEONITE (KUNO, 1968)  
(ROCHES THOLÉIITES)

H = SÉRIES À HYPERSTHÈNE  
(ROCHES CALCOALCALINES)  
(KUNO, 1968)

Diagramme AFM et limites des séries selon  
Kuno (1968) pour les roches de la série  
calco-alcaline Dufault: sections 8CA\*,  
Grasso (1974) +.

Na<sub>2</sub>O +  
K<sub>2</sub>O

MgO



La série calco-alcaline Renault (fig. 25) est caractérisée par un enrichissement continu en alcalis. La série calco-alcaline Dufault (fig. 26) montre la même tendance mais les termes acides sont plus riches en fer. Nous croyons pouvoir expliquer cette anomalie par la présence de minéraux opaques dans ces roches. Il faut d'ailleurs noter que cette série et notre cheminement s'arrêtaient à la mine Lac Dufault. Nous avons ajouté sur ce diagramme les analyses immédiatement au sud de notre région (Grasso, 1974), d'affinité calco-alcaline et qui viennent compléter la série. A ce sujet, il faut noter que dans toutes nos séries, les termes intermédiaires sont absents.

Les figures 27 à 34 viennent confirmer nos choix. Tous ces diagrammes permettent la distinction tholéiites-calco-alcalines avec une confiance plus ou moins grande. C'est en utilisant tous ces éléments que nous avons pu localiser et délimiter les séries.

Nous allons maintenant donner les grands traits géochimiques de nos séries:

#### 1- Diagramme Ab-An-Or

Dans le cas des tholéiites (fig. 35) très peu de roches sont potassiques et la grande majorité sont de moyennes à très sodiques dans le cas des rhyolites. Encore une fois les sections 4-5 et 7 se superposent:

Figure 27:

Diagramme MgO vs FER TOTAL (Hughes, 1972)

pour les roches tholéitiques.

Série tholéitique DDM: Tn  $\Delta$ .

Série tholéitique Dufresnoy: 3T +, 4T  $\bullet$ ,  
5T  $\circ$ , 6T  $\ominus$ , 7T \*.

Les courbes de référence sont tirées de  
Hughes (1972).

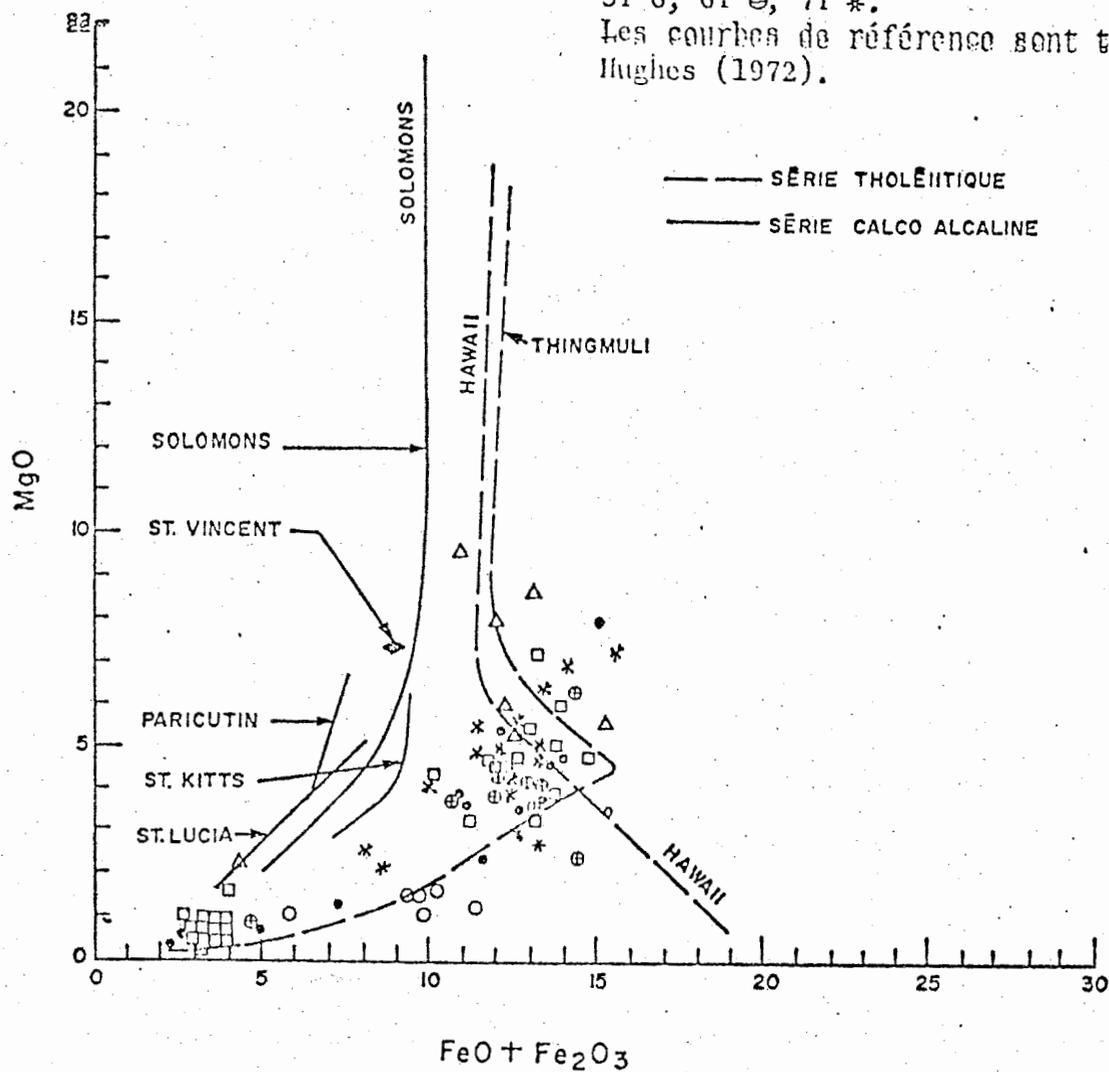


Figure 28:

Diagramme MgO vs FER TOTAL (Hughes, 1972) pour les roches calco-alcalines.

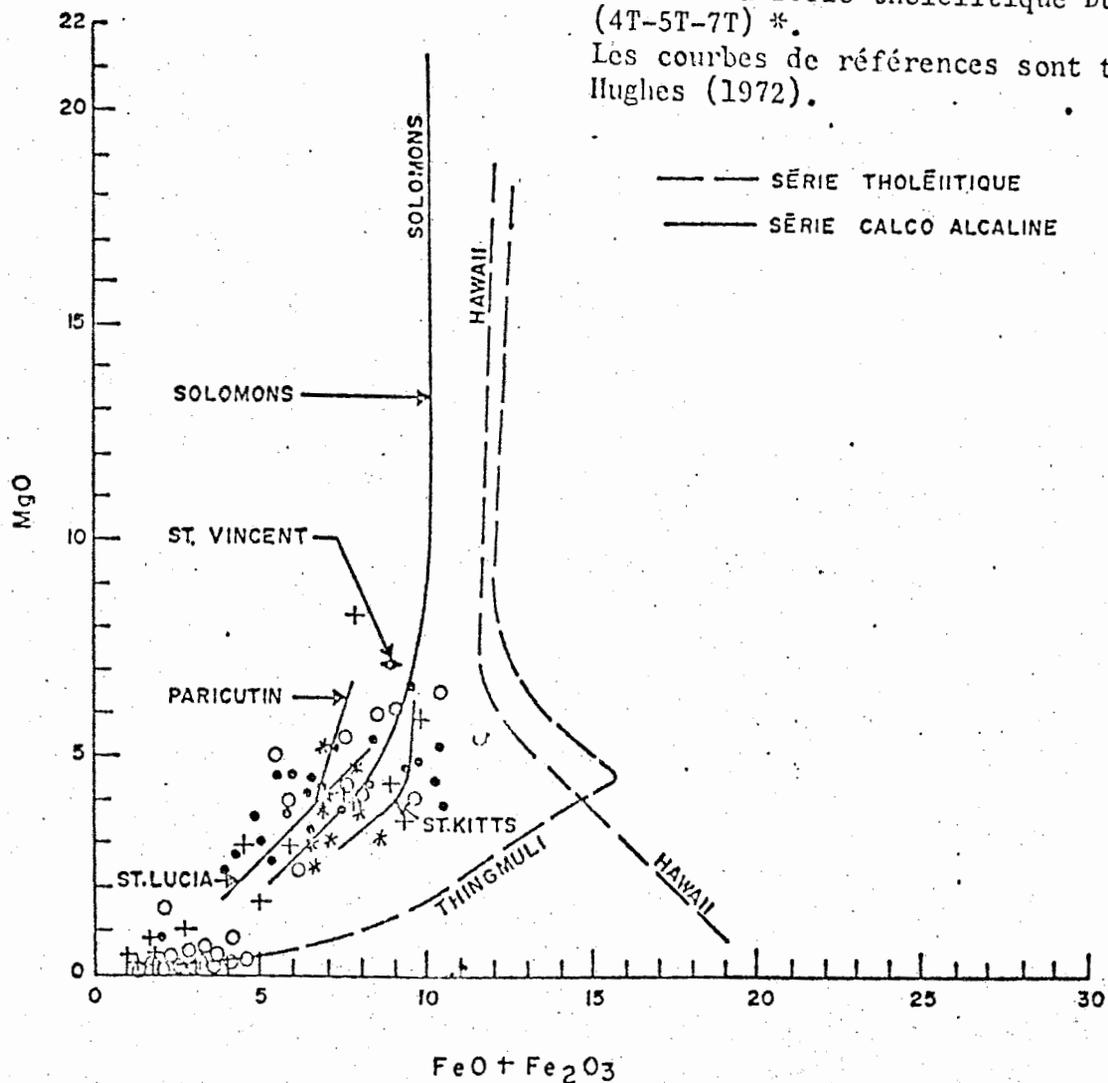
Série calco-alcaline Renault:

1CA •, 2CA +.

Série calco-alcaline Dufault: 8CA o,

CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.

Les courbes de références sont tirées de Hughes (1972).



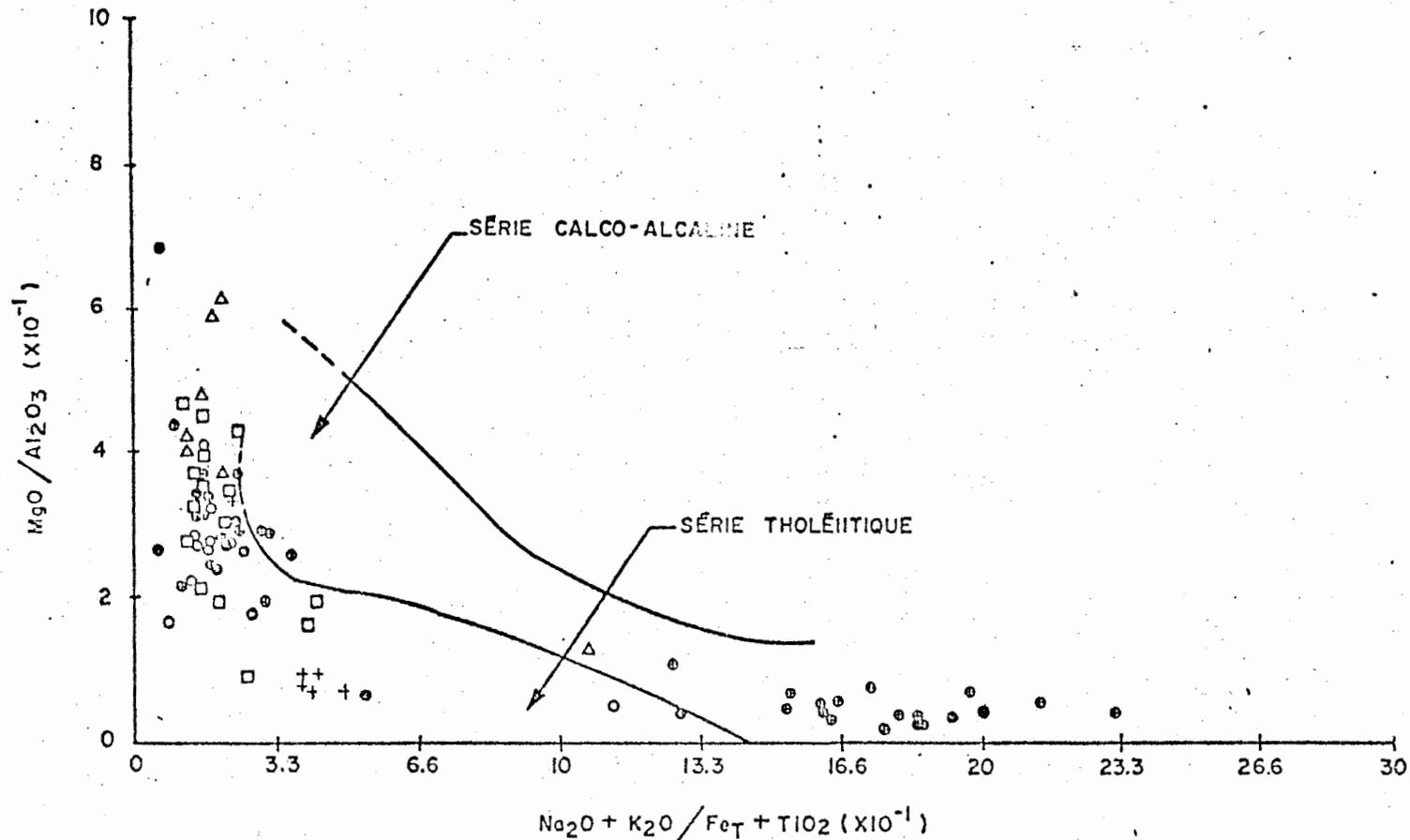


DIAGRAMME  $MgO/Al_2O_3$  VS  $Na_2O+K_2O/Fe_T+TiO_2$

Figure 29: Diagramme  $MgO / Al_2O_3$  vs  $(Na_2O + K_2O) /$   
 $FER\ TOTAL + TiO_2$  (Green, 1973) pour les  
 roches tholéitiques.  
 Série tholéitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
 Série tholéitique Dufresnoy: 3T +,  
 4T  $\bullet$ , 5T  $\circ$ , 6T  $\oplus$ , 7T  $\square$ .

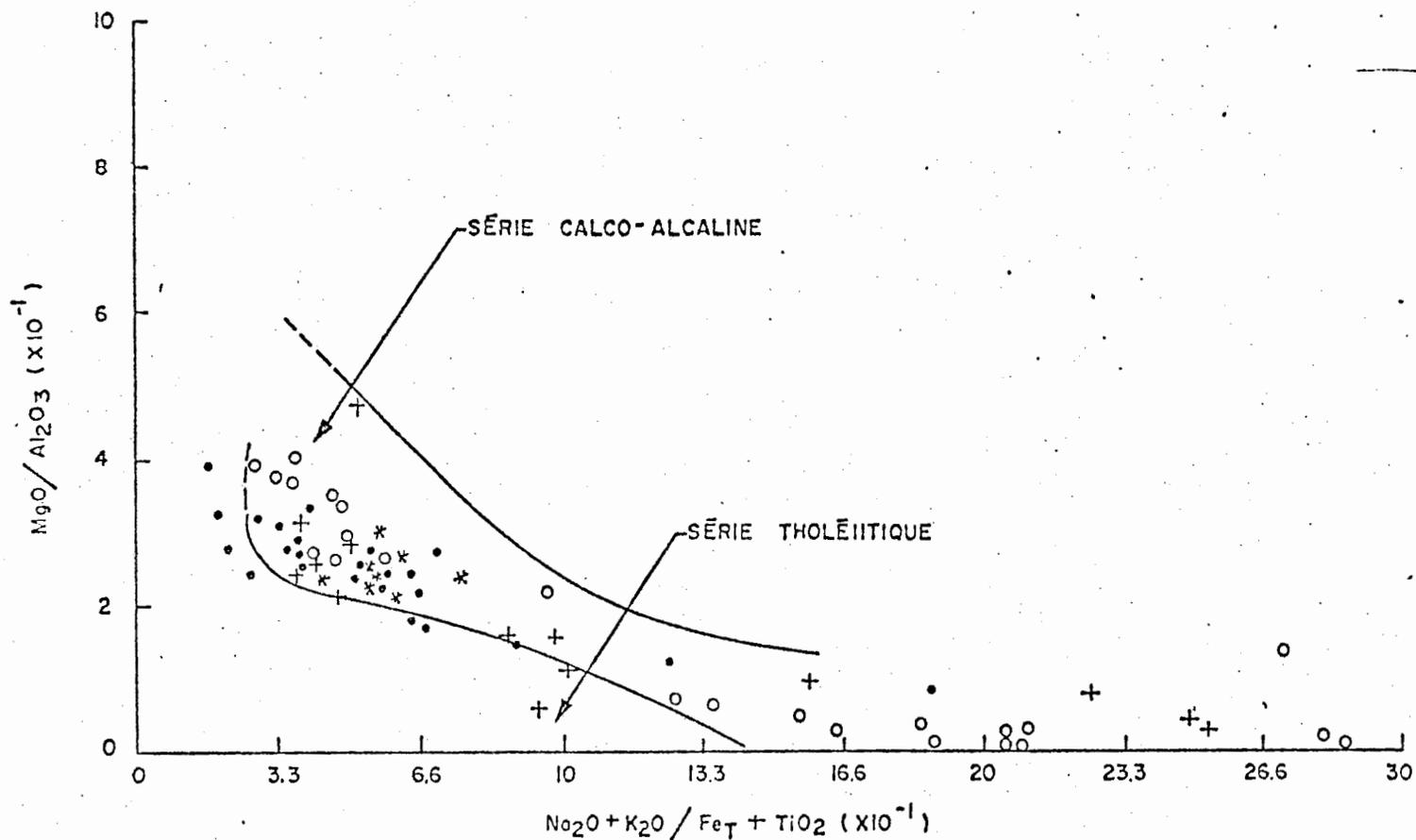


DIAGRAMME  $\text{MgO} / \text{Al}_2\text{O}_3$  VS  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{Fe}_T + \text{TiO}_2$

Figure 30: Diagramme  $\text{MgO} / \text{Al}_2\text{O}_3$  vs  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{FER TOTAL} + \text{TiO}_2$  (Green, 1973) pour les roches calco-alkalines.  
 Série calco-alkaline Renault: 1CA •, 2CA +,  
 Série calco-alkaline Dufault: 8CA o,  
 CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.

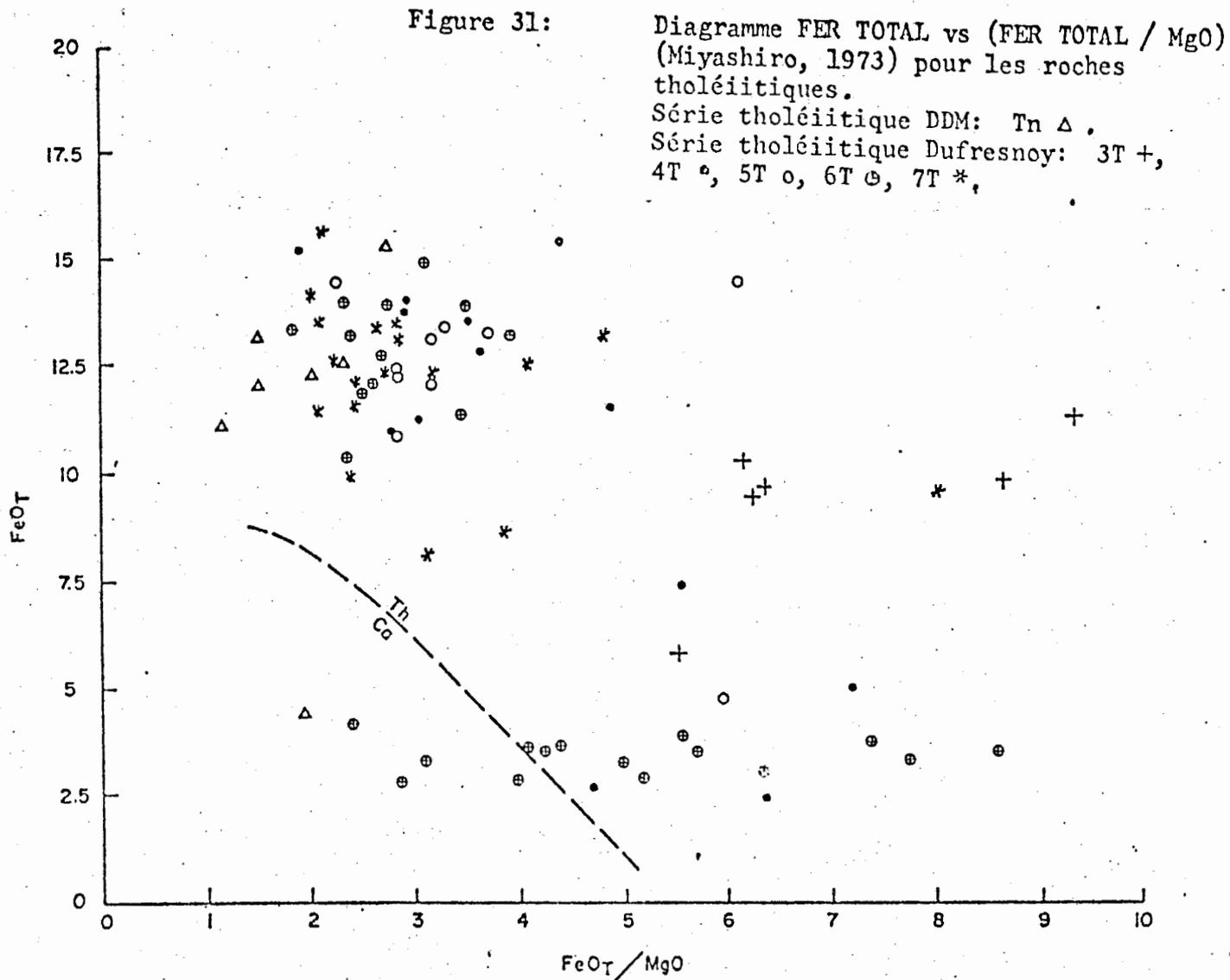


DIAGRAMME  $FeO_T$  VS  $FeO_T/MgO$

Figure 32:

Diagramme FER TOTAL vs (FER TOTAL / MgO)  
(Miyashiro, 1973) pour les roches  
calco-alcalines.  
Série calco-alcaline Renault: 1CA •, 2CA +.  
Série calco-alcaline Dufault: 8CA o, CA dans  
la série tholéiitique Dufresnoy  
(4T-5T-7T) \*.

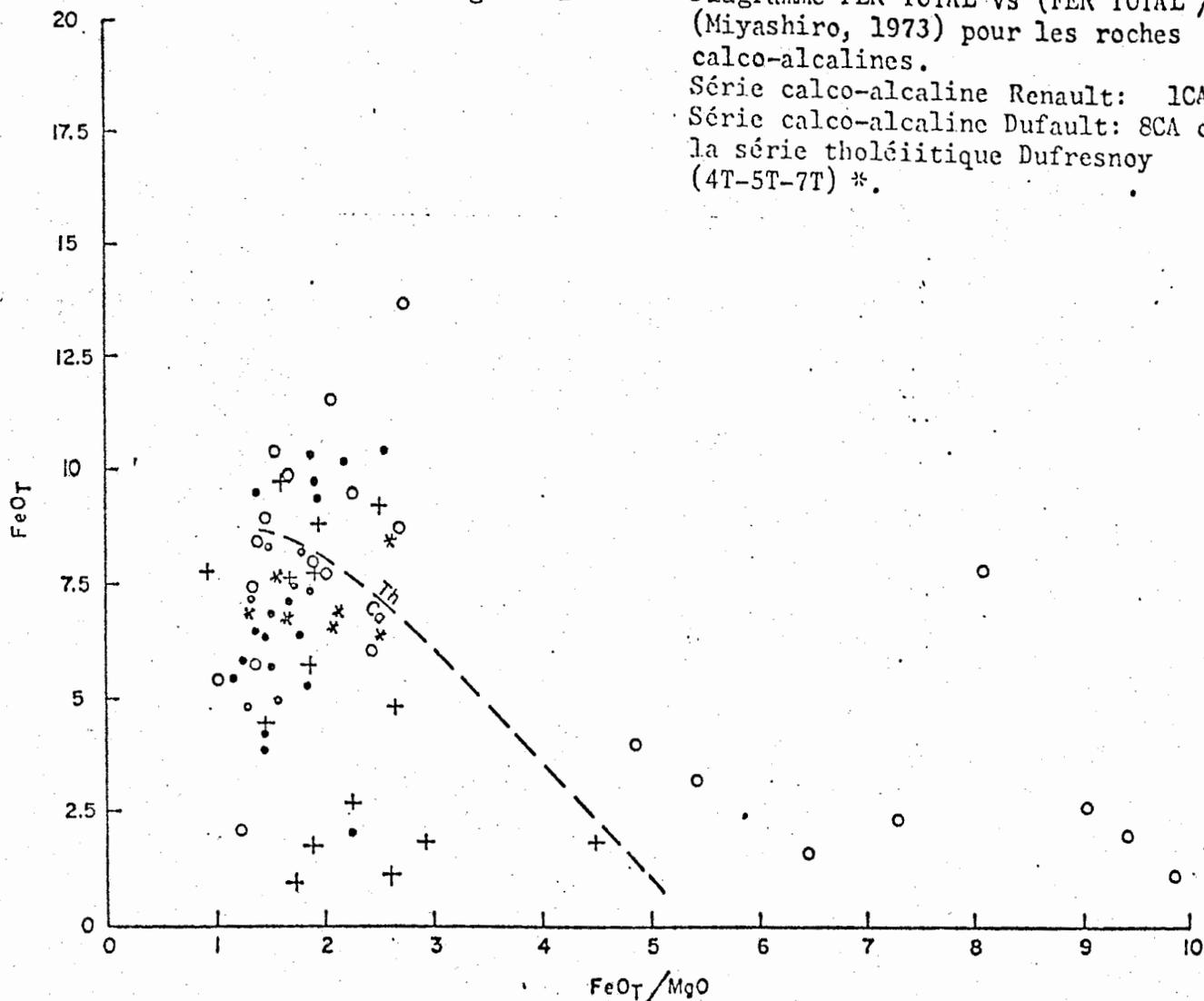


DIAGRAMME  $FeO_T$  VS  $FeO_T/MgO$

Figure 33:

Diagramme SiO<sub>2</sub> vs (FER TOTAL / MgO)  
(Miyashiro, 1973) pour les roches tholéitiques.  
Série tholéitique DDM: Tn Δ.  
Série tholéitique Dufresnoy: 3T +,  
4T •, 5T o, 6T ⊕, 7T \*.

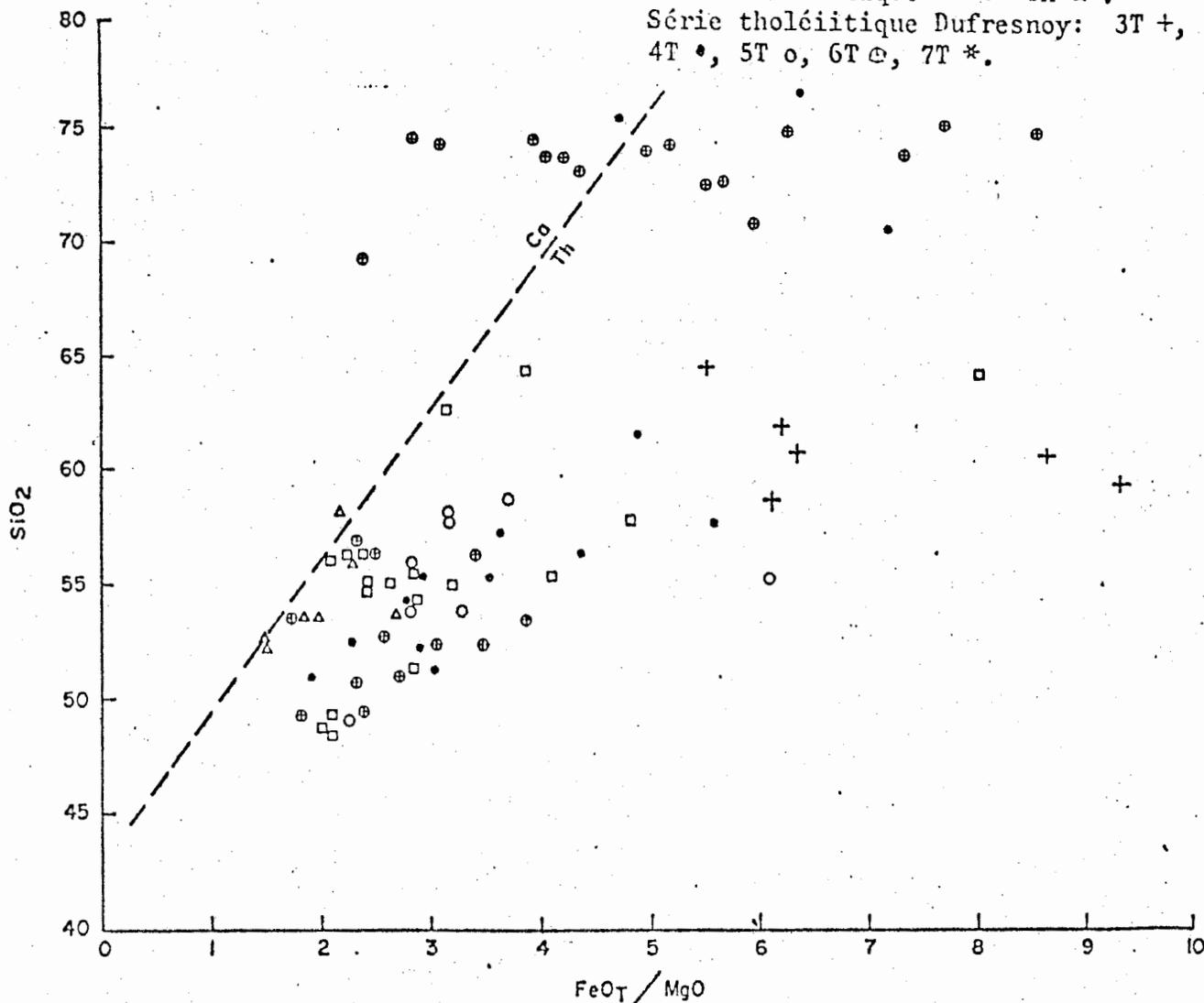


DIAGRAMME SiO<sub>2</sub> VS FeO<sub>T</sub>/MgO

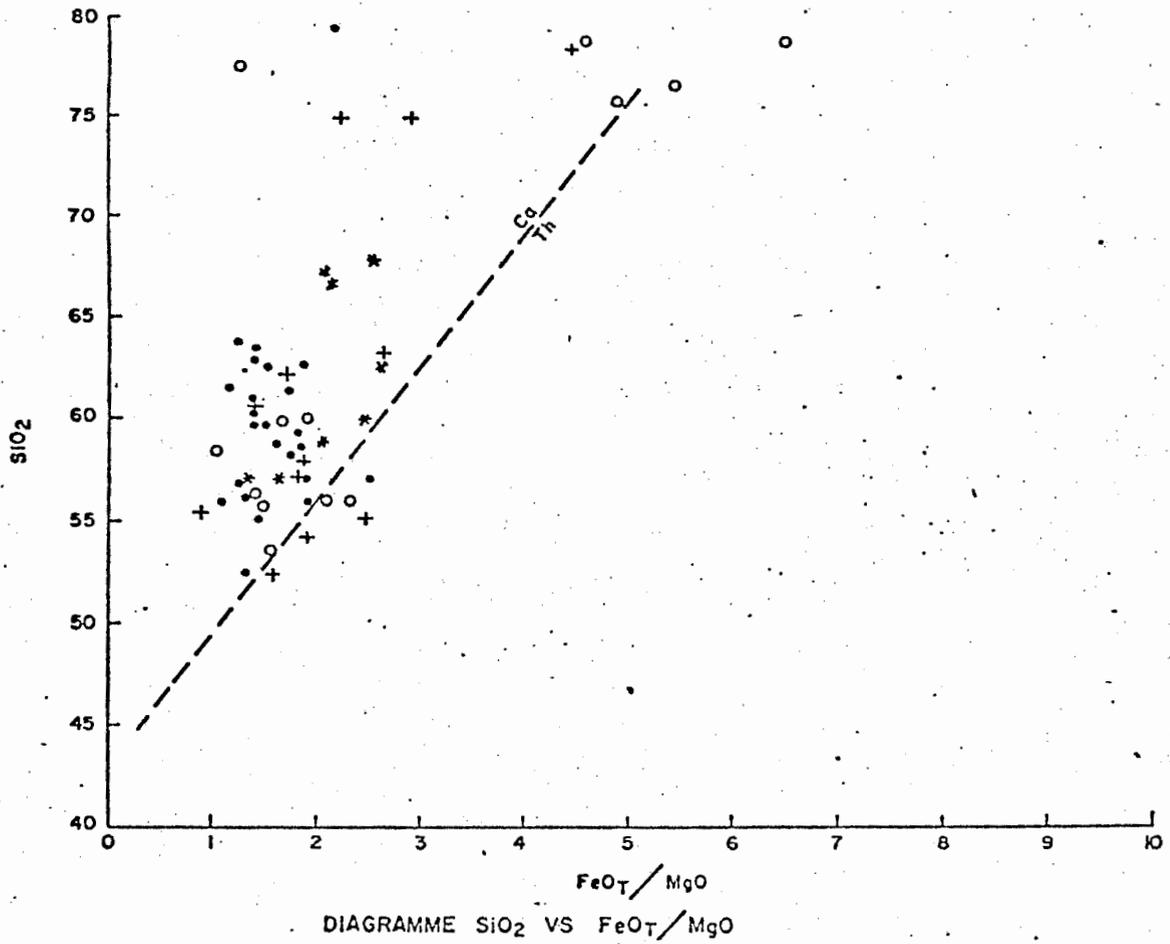


Figure 34:

Diagramme SiO<sub>2</sub> vs (FER TOTAL / MgO)  
(Miyashiro, 1973) pour les roches  
calco-alkalines.

Série calco-alkaline Renault: 1CA •,  
2CA +.

Série calco-alkaline Dufault: SCA o,  
CA dans la série tholéiitique Dufresnoy  
(4T-5T-7T) \*.

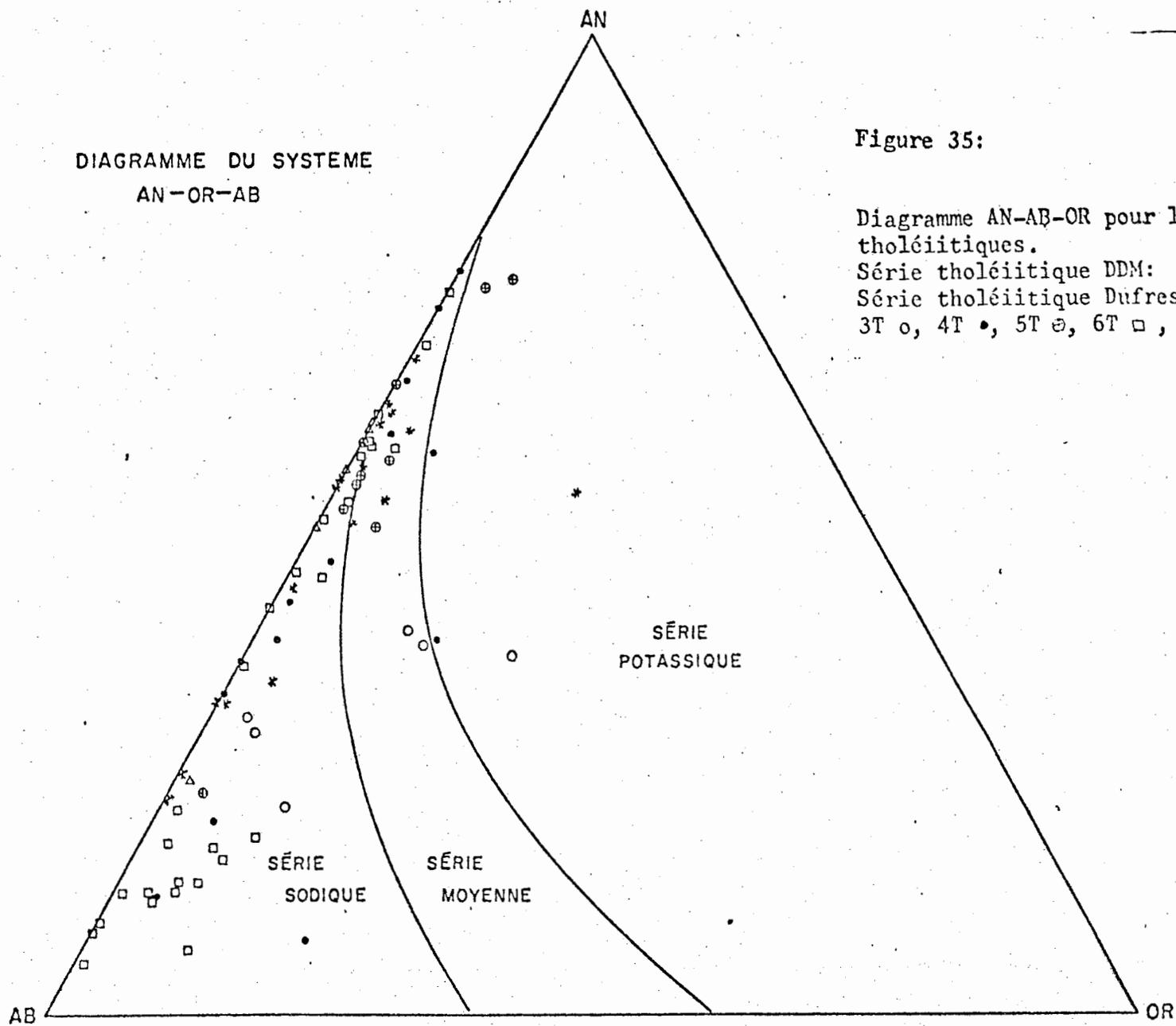


Figure 35:

Diagramme AN-AB-OR pour les roches tholéiitiques.  
Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
Série tholéiitique Dufresnoy:  
3T  $\circ$ , 4T  $\bullet$ , 5T  $\oplus$ , 6T  $\square$ , 7T  $*$ .

Dans le cas des roches calco-alcalines (fig. 36), quelques-unes sont franchement potassiques mais la plupart et surtout les rhyolites sont très sodiques. Ceci est d'autant plus vrai pour la série calco-alcaline Dufault.

### 2- Diagramme Indice de coloration-Calcicité du plagioclase

Les figures 37a et b montrent essentiellement la tendance normale: diminution graduelle de l'indice de coloration avec la diminution de la calcicité du plagioclase.

### 3- Diagramme H<sub>2</sub>O vs Na + K

Dans le cas des séries tholéitiques (fig. 38), on retrouve la tendance normale lors de la différenciation d'une série volcanique métamorphosée: les termes mafiques retiennent plus d'H<sub>2</sub>O et moins d'alcalis que les termes acides. Par contre, dans le cas des séries calco-alcalines (fig. 39 et 40), les termes acides semblent avoir perdu une partie de leurs alcalis: ceci est d'autant plus évident dans le cas de la série calco-alcaline Dufault où la quantité d'alcalis demeure constante indépendamment de la quantité d'eau.

Nous avons repris le diagramme H<sub>2</sub>O vs (Na + K) pour chacun des types de roches (fig. 41-a,b,c,d,e). Dans chacun de ces diagrammes, on peut noter une diminution de la quantité d'alcalis

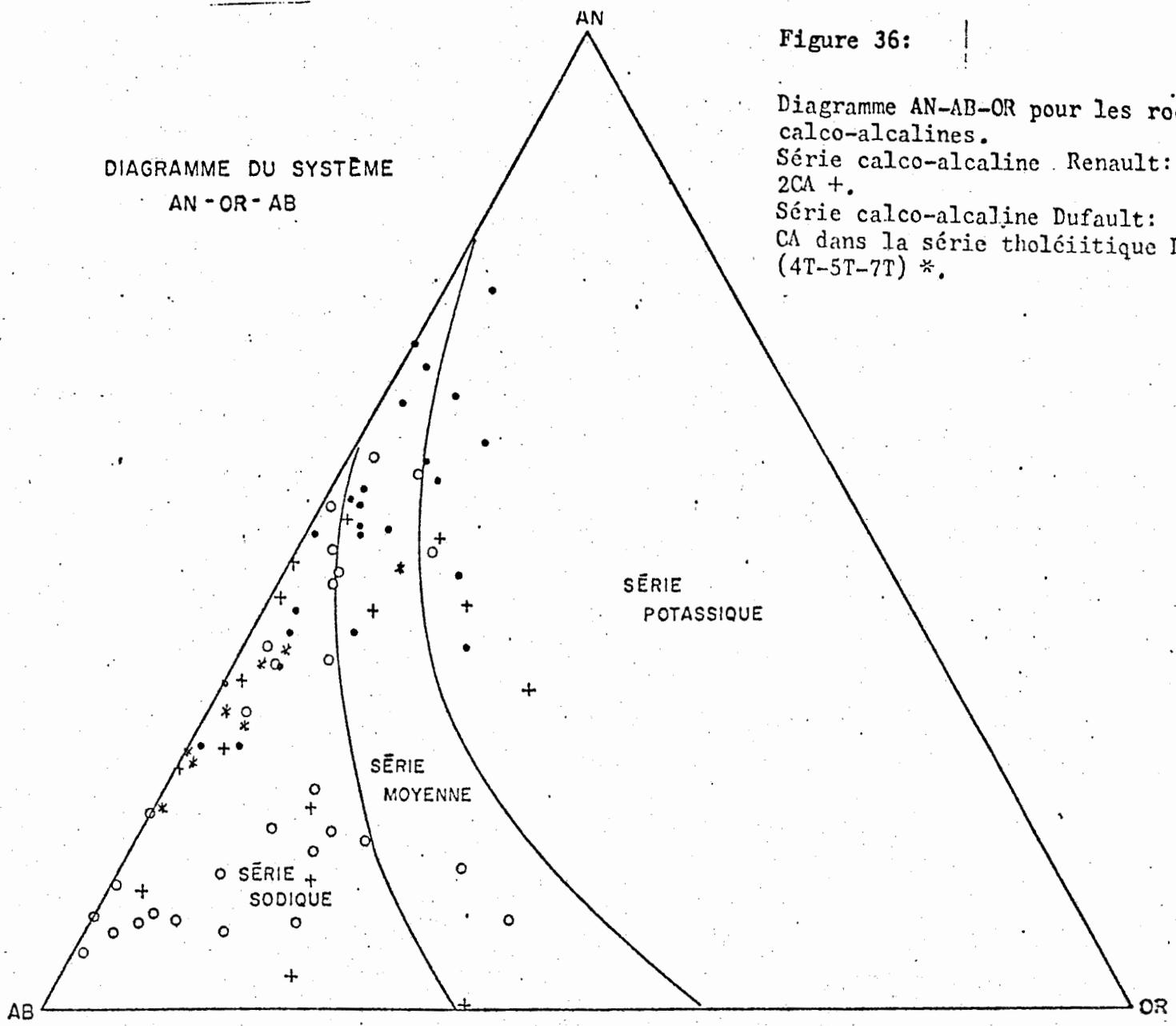


DIAGRAMME DU SYSTÈME  
AN-OR-AB

Figure 36:

Diagramme AN-AB-OR pour les roches  
calco-alkalines.  
Série calco-alkaline Renault: 1CA ●,  
2CA +.  
Série calco-alkaline Dufault: 8CA ○,  
CA dans la série tholéiitique Dufresnoy  
(4T-5T-7T) \*.

SÉRIE  
POTASSIQUE

SÉRIE  
MOYENNE

SÉRIE  
SODIQUE

Figure 37a:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
CALCICITÉ DU PLAGIOCLASE pour les  
tholéiites.

Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .

Série tholéiitique Dufresnoy: 3T +,  
4T  $\bullet$ , 5T  $\circ$ , 6T  $\oplus$ , 7T  $\ast$ .

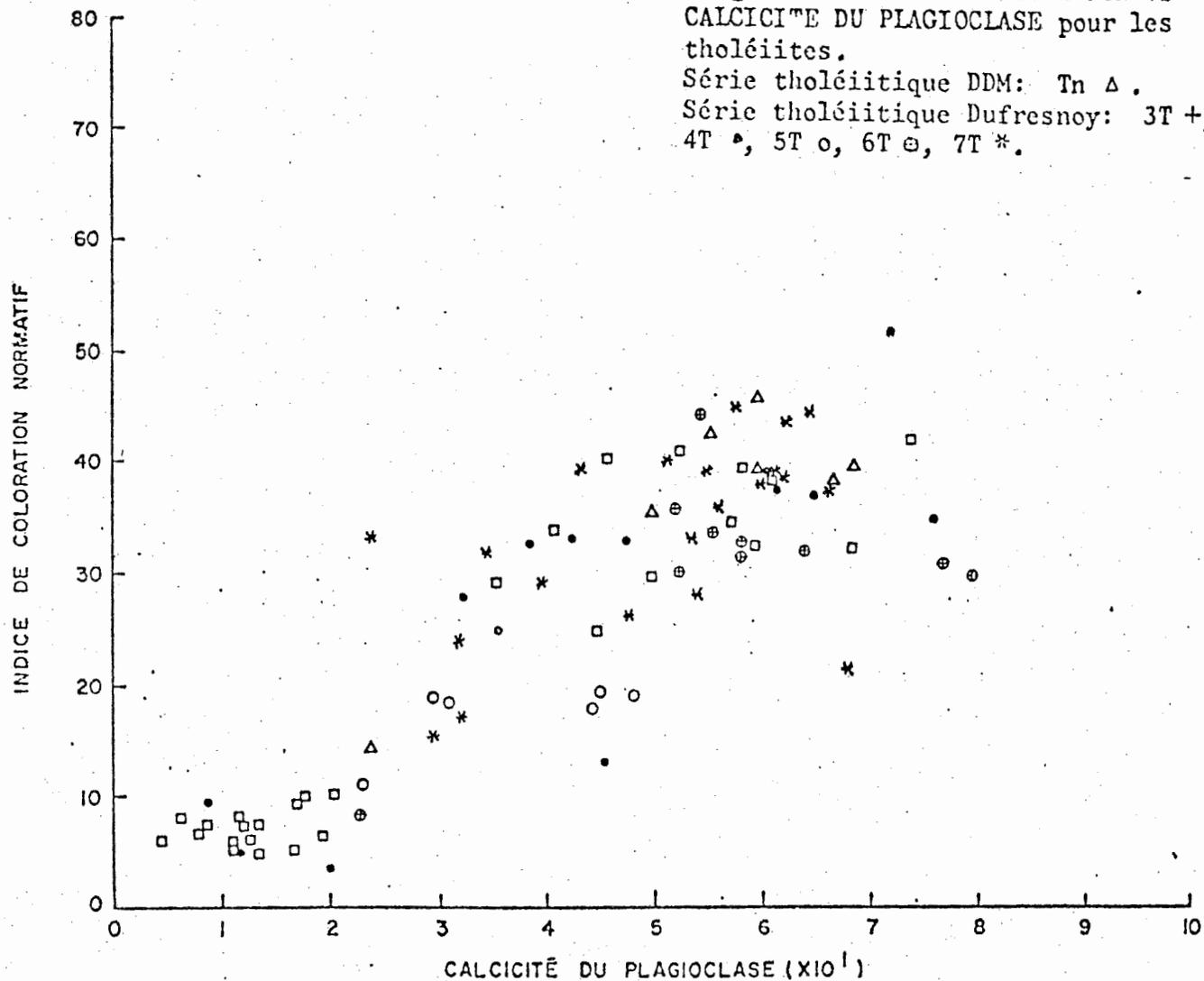


DIAGRAMME INDICE DE COLORATION VS CALCICITÉ DU PLAGIOCLASE

Figure 37b:

Diagramme INDICE DE COLORATION vs  
CALCICITE DU PLAGIOCLASE pour les  
roches calco-alkalines.  
Série calco-alkaline Renault: 1CA •,  
2CA +.  
Série calco-alkaline Dufault: 8CA o,  
CA dans la série tholéiitique Dufresnoy  
(4T-5T-7T) \*.

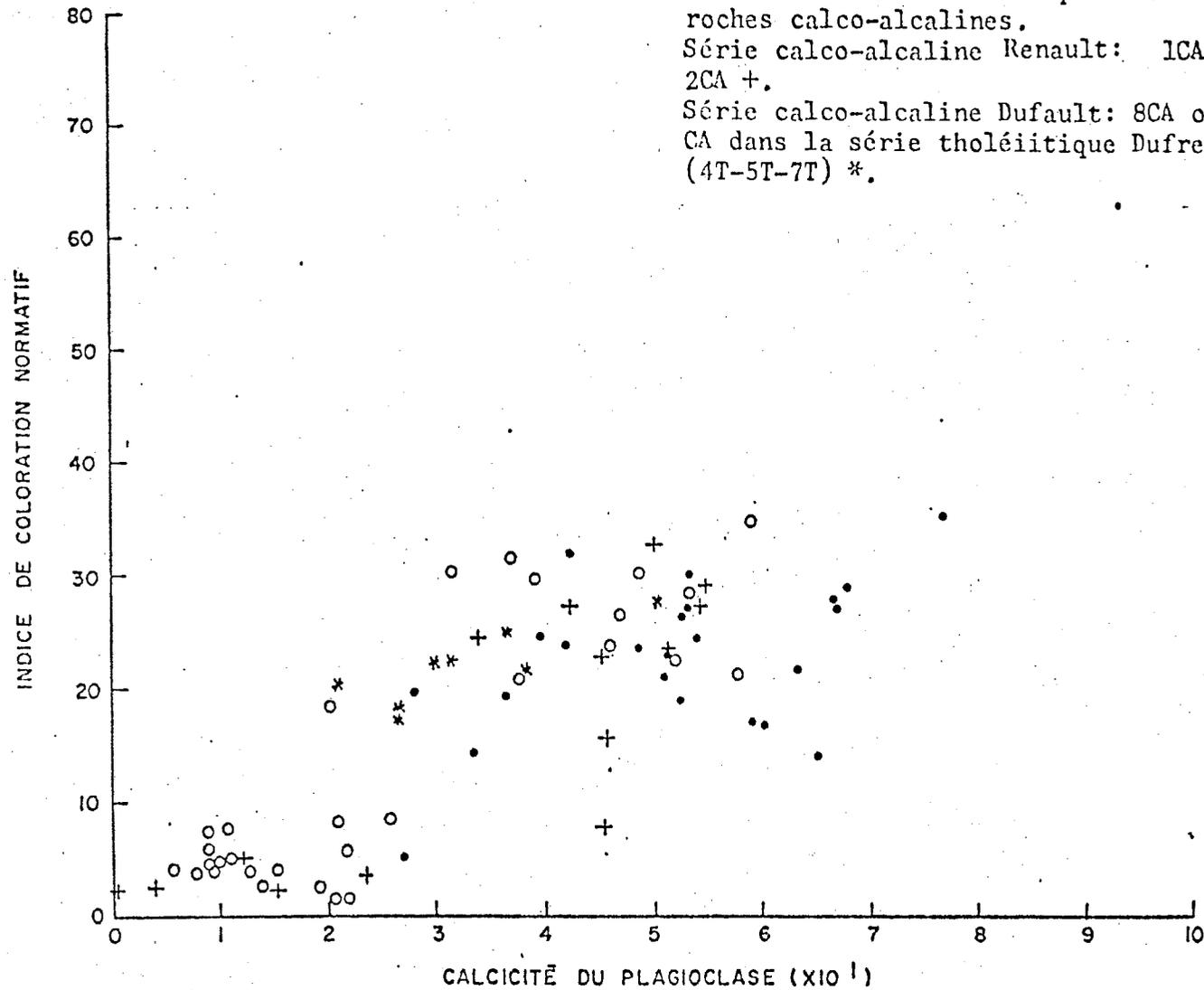


DIAGRAMME INDICE DE COLORATION VS CALCICITÉ DU PLAGIOCLASE

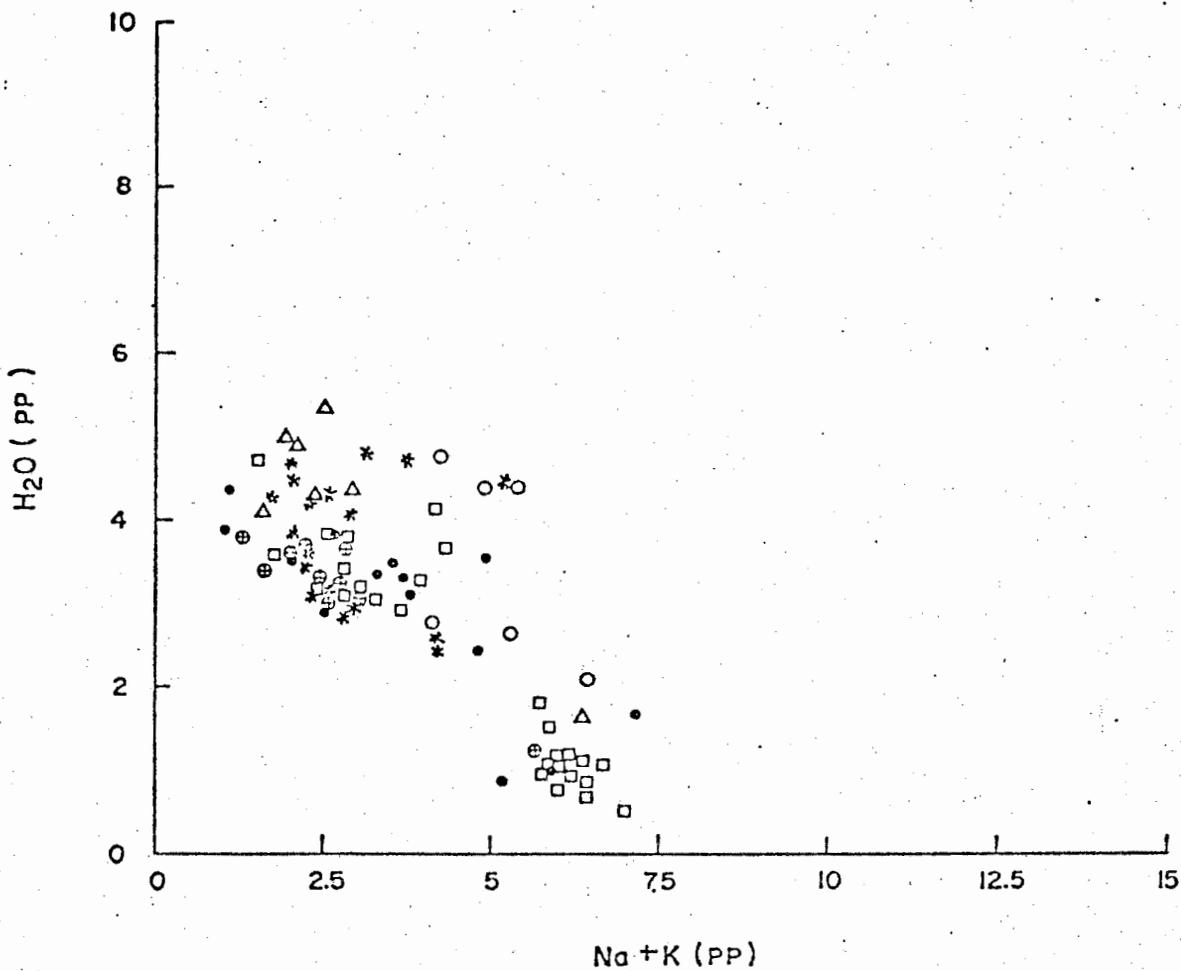


Figure 38: Diagramme H<sub>2</sub>O vs (Na + K) pour les tholéiites.  
 Série tholéiitique DDM: Tn  $\Delta$ .  
 Série tholéiitique Dufresnoy: 3T o,  
 4T  $\bullet$ , 5T  $\oplus$ , 6T  $\square$ , 7T  $*$ .

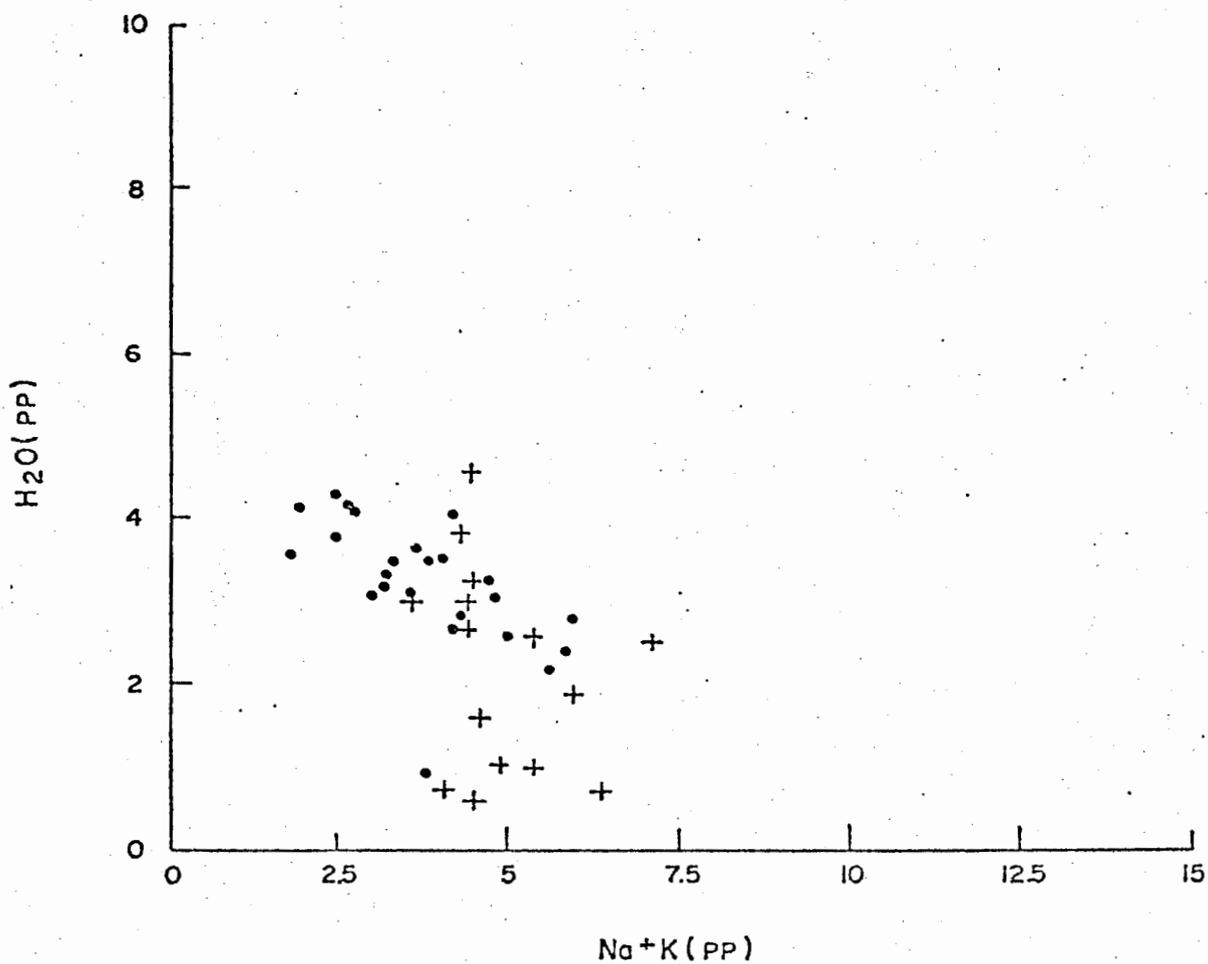


Figure 39: Diagramme H<sub>2</sub>O vs (Na + K) pour la série calco-alkaline Renault : LCA •, 2CA +.

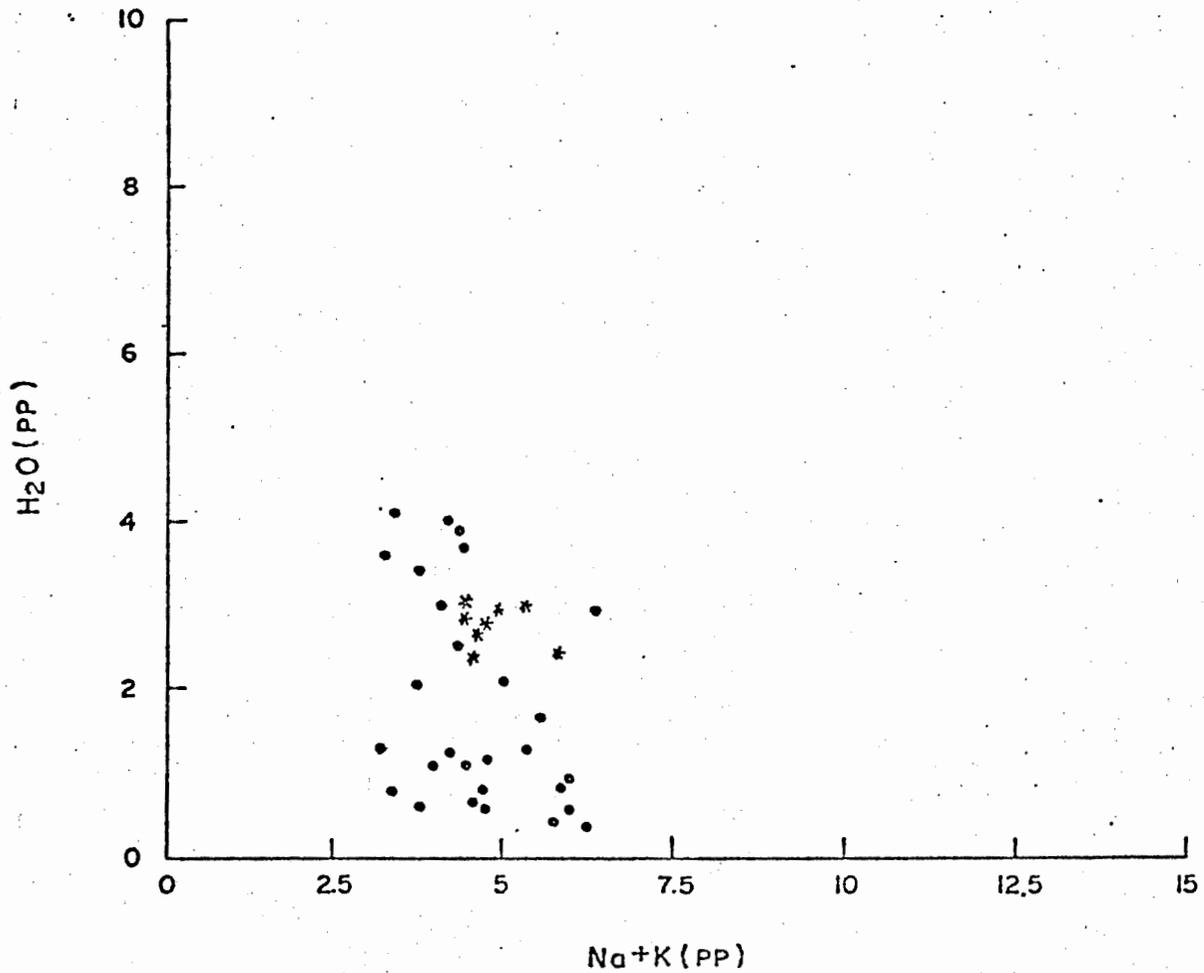
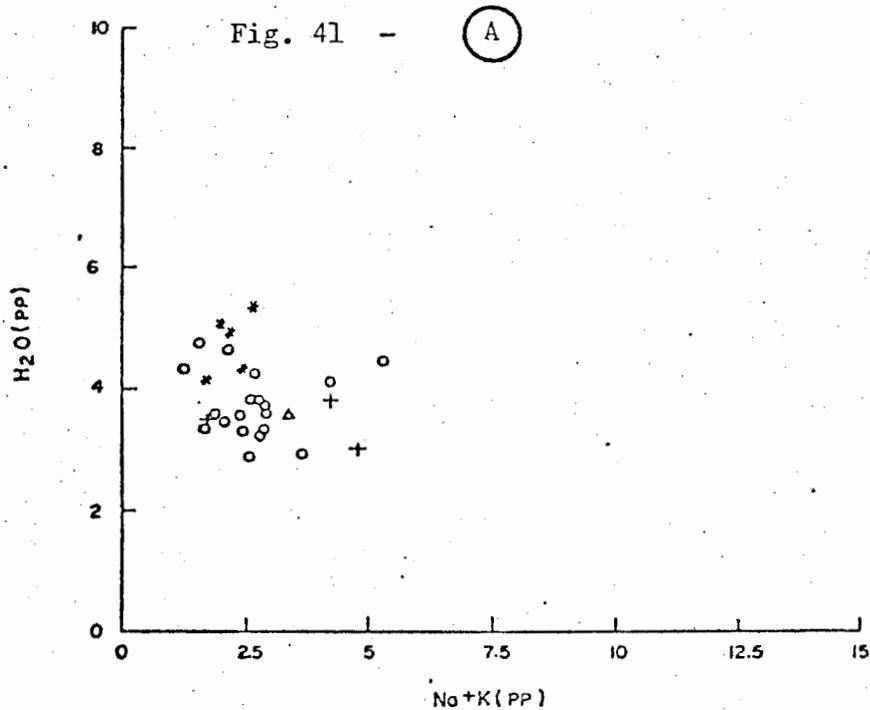
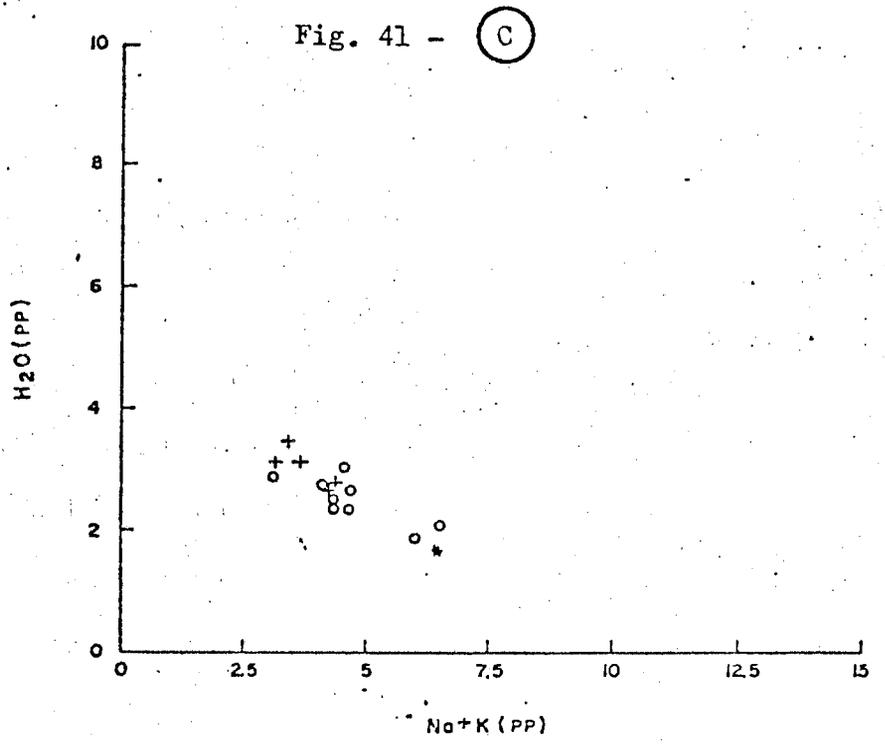
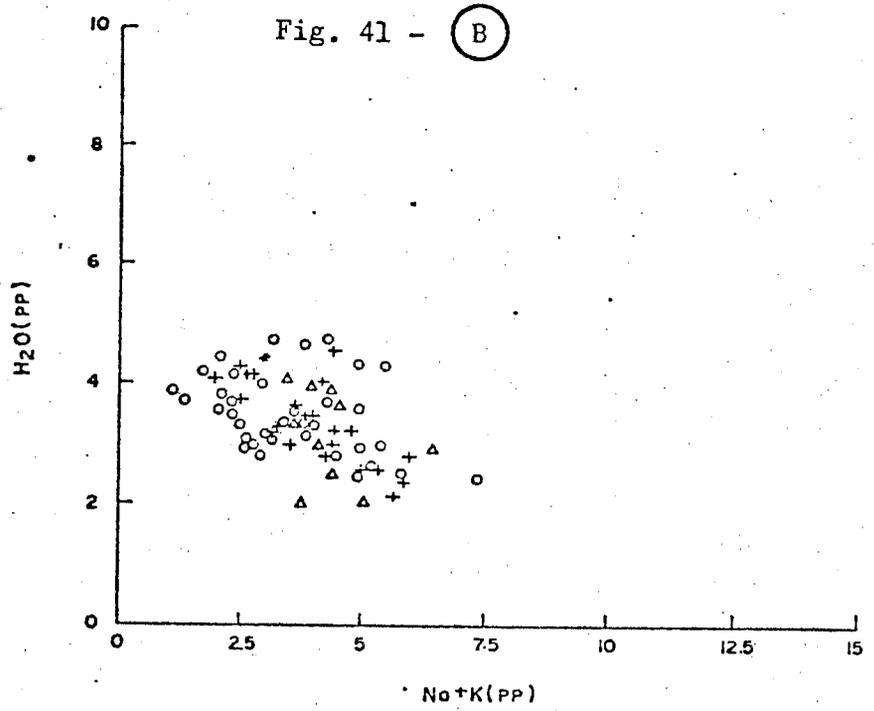
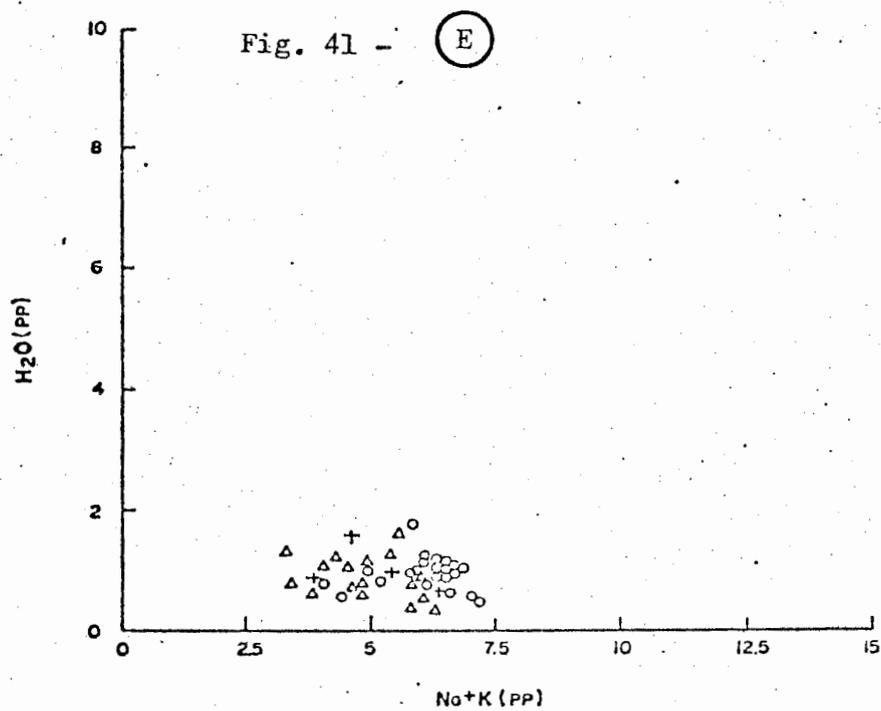
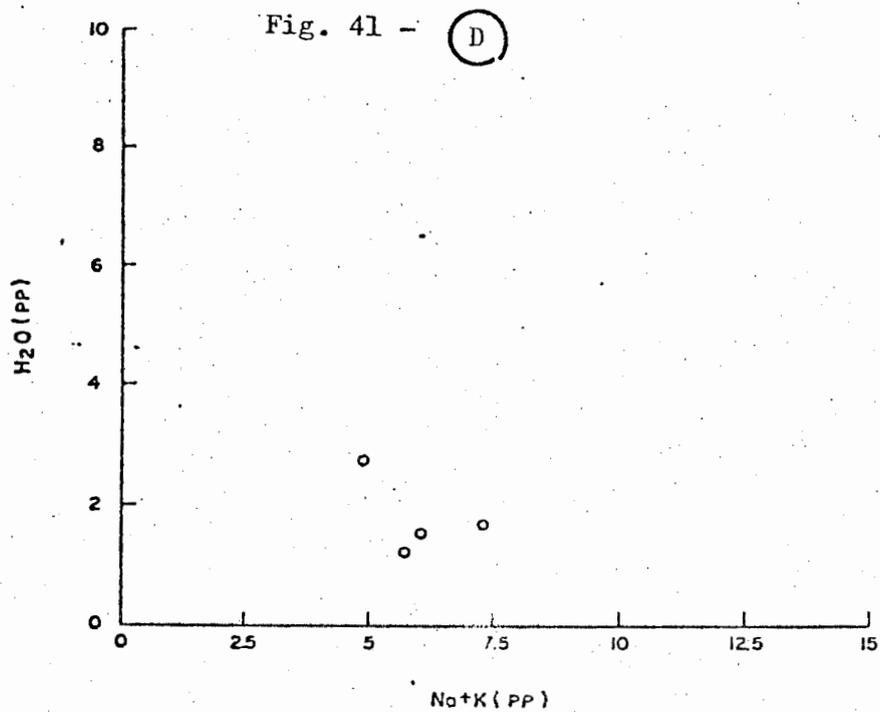


Figure 40: Diagramme H<sub>2</sub>O vs (Na + K) pour la série calco-alcaline Dufault: SCA •, CA dans la série tholéiitique Dufresnoy (4T-5T-7T) \*.

Figure 41: Diagramme  $H_2O$  vs  $(Na + K)$  pour chacun des types de roches: a) basaltes; b) andésites; c) dacites; d) rhyodacites; e) rhyolites. Série tholéiitique DDM (\*). Série calco-alcaline Renault (+). Série tholéiitique Dufresnoy (o). Série calco-alcaline Dufault ( $\Delta$ ).







avec l'augmentation de la quantité d'eau et ceci est de plus en plus marqué pour les termes acides. Ceci constitue pour nous l'évidence d'une altération sous forme de lexiviation des alcalis, probablement associée au métamorphisme. Dans le cas des rhyolites (fig. 41e), celles de la série calco-alcaline Dufault sont sensiblement plus pauvres en alcalis. Or, nous avons déjà noté qu'une faible minéralisation disséminée était associée à cette série.

Nous avons de plus recherché les basaltes magnésiens, définis comme ayant plus de 8% MgO (après correction). Nous en avons trouvé quatre (4) en plus d'une andésite magnésienne. De ces cinq (5) roches magnésiennes, quatre (4) sont d'affinité tholéiitique et deux se retrouvent dans la série tholéiitique DDM tout près de la faille. Au point de vue pétrographique, ces roches se caractérisent par un fort contenu en chlorite + actinote sans augite ou pseudomorphe de ce minéral.

Nous avons aussi recherché les basaltes alumineux à l'aide des courbes de Kuno (1960) sur le diagramme  $Al_2O_3$  vs  $(Na_2O + K_2O)$  (fig. 42). Nous n'en avons trouvé que deux (2), résultat peu concluant quant à l'existence de ces basaltes dans les suites calco-alcalines.

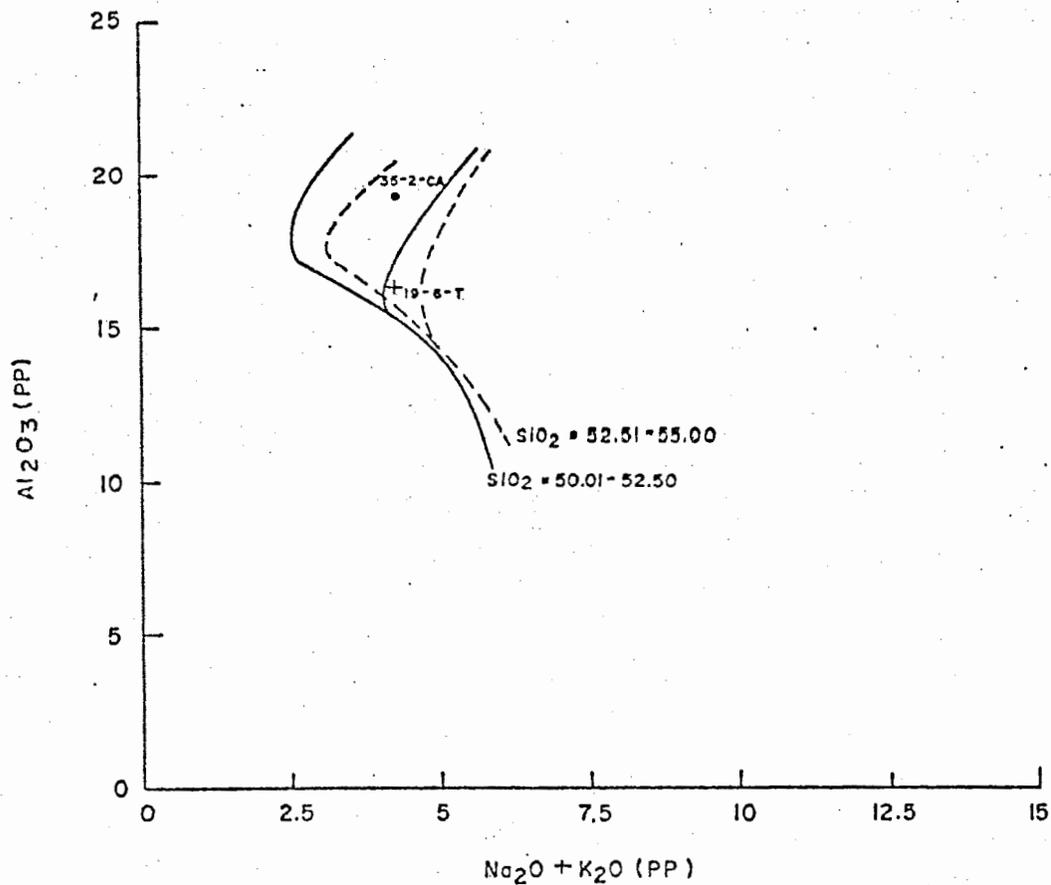


DIAGRAMME  $\text{Al}_2\text{O}_3$  VS  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  POUR BASALTES ALUMINEUX (KUNO, 1968)

Figure 42: Diagramme  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$   
(Kuno, 1960) pour la détermination des  
basaltes alumineux.

Enfin, nous avons tenté de caractériser les séries tholéitiques et calco-alcalines à l'aide d'histogrammes des teneurs en oxydes. Le seul diagnostic raisonnable porte sur le contenu en fer total des basaltes et andésites (fig. 43 a,b,c,d). La teneur en fer des basaltes tholéitiques est légèrement plus élevée. La différence dans le cas des andésites est plus marquée. Il est aussi possible d'utiliser l'oxyde de titane ( $TiO_2$ ) dans le cas des basaltes où les teneurs sont beaucoup plus élevées dans le cas des tholéiites avec une moyenne de 1.59 comparée à 1.11 (fig. 44).

#### 4.4.2- Etude des rhyolites

Les rhyolites présentent un intérêt économique particulièrement dans la région de Rouyn-Noranda. C'est pourquoi nous leur consacrons un paragraphe particulier.

Des études utilisant la diffraction-X ont d'abord été effectuées sur nos rhyolites (Darlington, 1973). Les résultats de tests qualitatifs ont confirmé l'absence de feldspath potassique dans tous les échantillons examinés. Les principaux minéraux que l'on a pu reconnaître sur les diffractogrammes sont le plagioclase, le quartz, la chlorite, la séricite et dans quelques cas l'épidote. De plus, des courbes standards ont été construites pour les concentrations d'albite (Ab) et quartz (Qz) de nos rhyolites. L'application

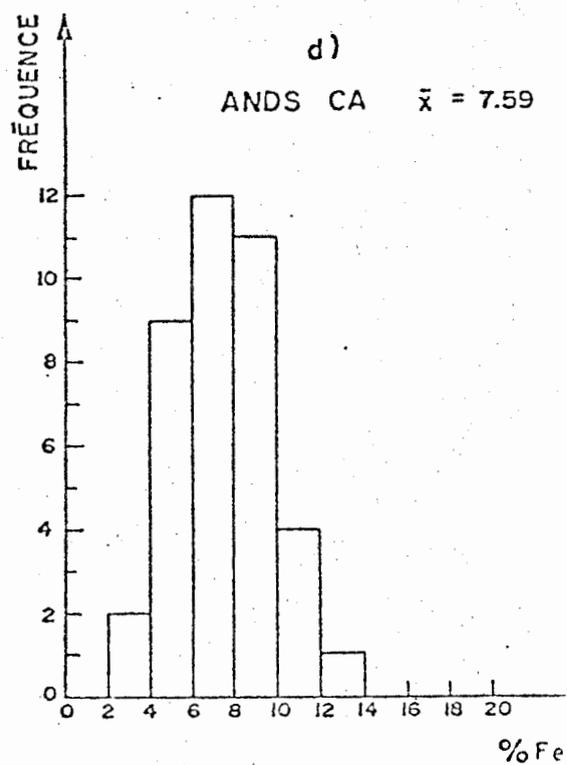
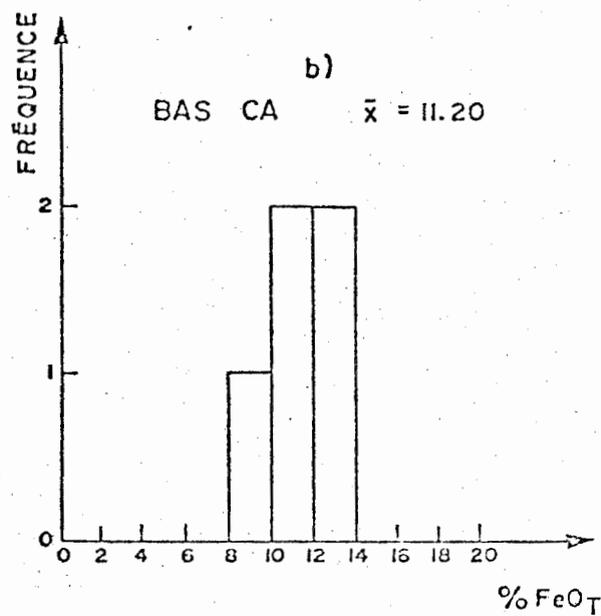
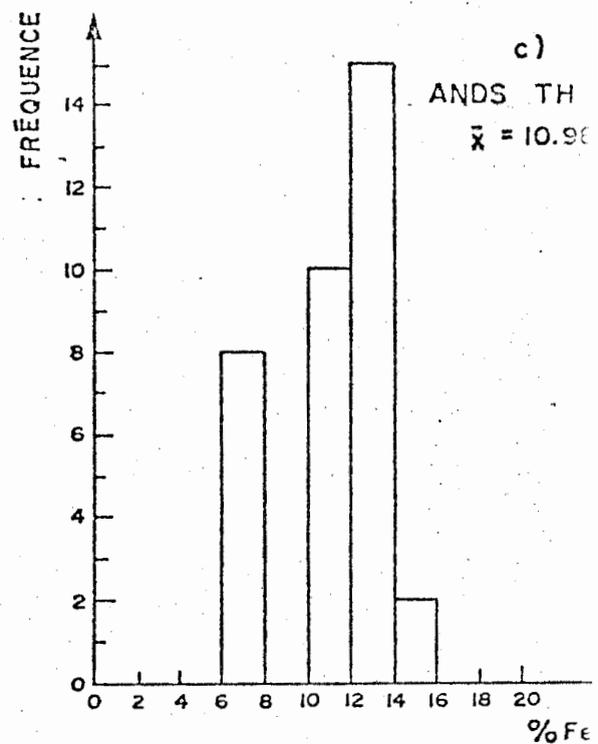
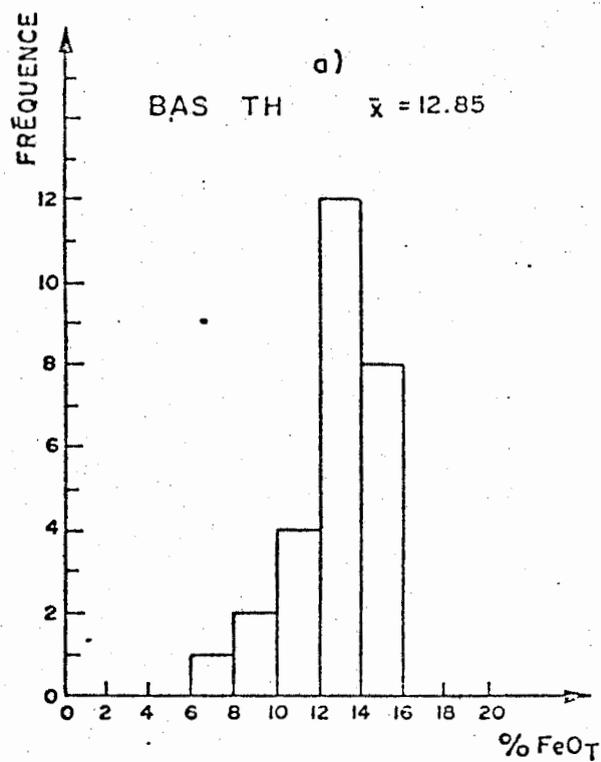


Figure 43: Histogrammes des teneurs en FER TOTAL:  
 a) Basaltes tholéiitiques.  
 b) Basaltes calco-alcalins.  
 c) Andésites tholéiitiques.  
 d) Andésites calco-alcalines.

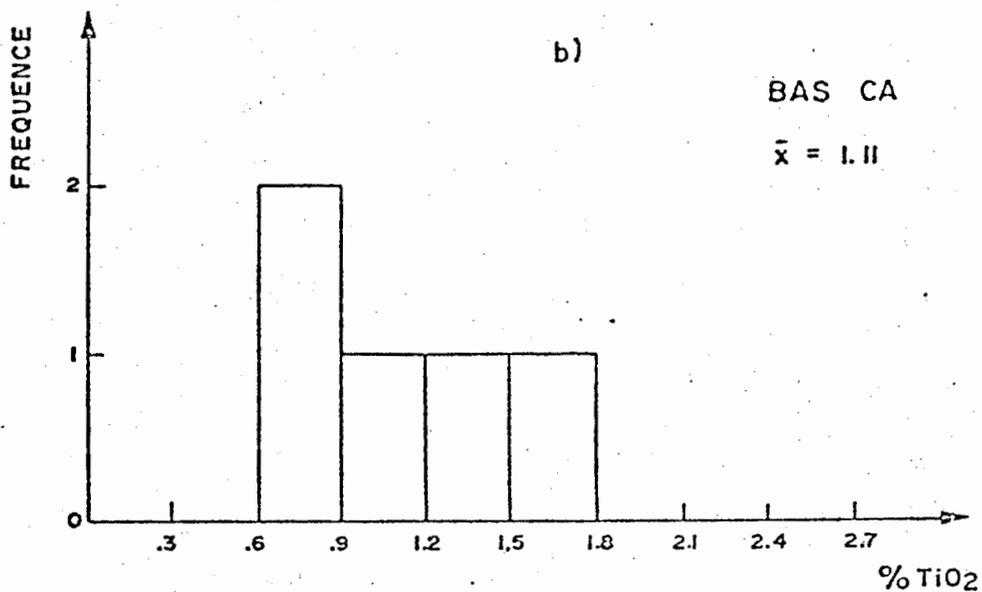
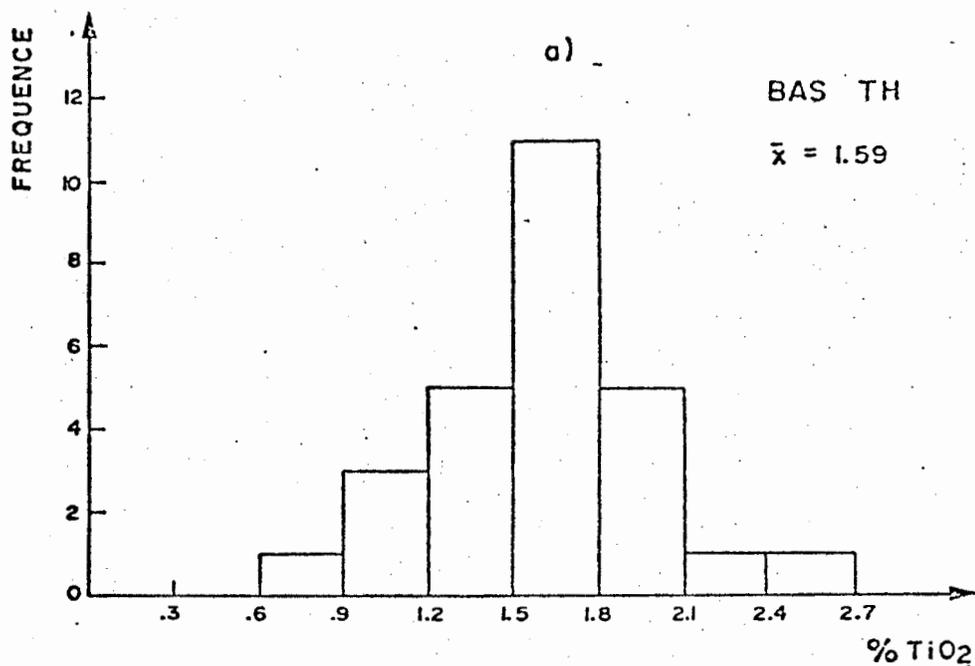


Figure 44: Histogrammes des teneurs en TiO<sub>2</sub>:  
 a) Basaltes tholéiitiques  
 b) Basaltes calco-alcalins.

de ces courbes à quatre (4) de nos rhyolites a donné les résultats du Tableau XXXV. On constate que les différences entre les résultats de la diffraction et le calcul de la norme sont de l'ordre de  $\pm 3\%$ . Ainsi la norme et les courbes standards se vérifient mutuellement à l'intérieur des limites mêmes de la méthode. Il faut cependant noter que l'albite mesurée est en moyenne légèrement inférieure à l'albite de la norme, ce qui est tout à fait normal puisque la valeur de la norme constitue la teneur en Ab maximum, tout le  $\text{Na}_2\text{O}$  n'ayant servi qu'à former l'albite.

Enfin, il existe une méthode qui permet de connaître la nature du plagioclase par diffraction-X (Bambauer et al, 1967). Il s'agit de calculer l'écart en mm entre les pics 131 et  $\bar{1}\bar{3}\bar{1}$ , puisque chaque plagioclase a un espacement qui lui est propre, et de reporter cette donnée sur la courbe appropriée\*. Les résultats sont donnés au Tableau XXXVI. Il en ressort que le plagioclase présent dans nos roches est l'albite. Il faut cependant noter que nous avons déterminé le plagioclase présent actuellement dans la roche et non pas nécessairement le plagioclase primaire.

D'autre part, nous avons tenté de caractériser chimiquement les rhyolites tholéitiques et calco-alcalines à l'aide d'histogrammes des différents oxydes. En fait, un seul oxyde,  $\text{FeO}$  total, est

---

\* La grandeur de cet écart, 1.08, identifie sans équivoque que le plagioclase est une albite de la série "basse t<sup>0</sup>".

TABLEAU XXXV

Comparaison du contenu en Ab et Qz des rhyolites,  
tel qu'obtenu par diffraction et par le calcul de la norme

<u>No</u>		<u>DIFFRACTION</u>		<u>NORME</u>	
		<u>% Ab</u>	<u>% Qz</u>	<u>% Ab</u>	<u>% Qz</u>
72-371 B	1	56.5	33.5	59	29
	2	50	30		
	3	57	31.5		
72-318A	1	42.5	34.5	46	37
	2	44	31.5		
	3	41	30.5		
72-221	1	27.5	47.5	27	47.5
	2	26.5	45		
	3	27.5	44.5		
72-316	1	58.0	33	56	33
	2	54.5	29		
	3	57	28		

TABLEAU XXXVI

Nature du plagioclase des rhyolites à l'aide  
des courbes de Bambauer (1967)

<u>No</u>	<u>RAPP.</u>	<u>An<sub>x</sub></u>
72-174 A	1.12	Ab
174 B	1.10	"
189	1.12	"
193	1.10	"
288	0.80	? N.B. Ab <sub>100</sub> → R = 1.08
289	1.15	" Ab <sub>95</sub> → R = 1.2
290	1.15	"
316	1.12	"
368	1.12	"
369	1.12	"
372	1.10	"
394	1.15	"
396	1.12	"
400	1.14	"

vraiment diagnostique. Les rhyolites tholéitiques ont plus de 2.5% de fer total et les rhyolites calco-alcalines moins de 2.5%. A noter que ce critère ne s'applique qu'aux rhyolites de la région étudiée. Ailleurs la distinction demeure vraie mais le palier sera différent. Notre palier s'applique très bien aux rhyolites tholéitiques et calco-alcalines Renault (fig. 45 a et Tableau XXXVII). Le palier est moins évident pour les rhyolites calco-alcalines Dufault (fig. 45c et Tableau XXXVII). Dans ce cas, 5 échantillons sont en fait des rhyodacites anormales et d'autre part nous avons déjà noté que ces rhyolites étaient anormalement riches en fer, probablement à cause de la présence de minéraux opaques.

D'autres histogrammes montrent des points intéressants. Ainsi, l'histogramme des teneurs en  $\text{SiO}_2$  (fig. 46a, b, c) montre que les rhyolites tholéitiques sont tout à fait normales alors que les rhyolites calco-alcalines ont des teneurs plus élevées (jusqu'à 87%), probablement une évidence de silicification de ces rhyolites. L'histogramme des teneurs en sodium (fig. 47 a, b, c) montre une teneur en sodium plus élevée pour les rhyolites tholéitiques que pour les rhyolites calco-alcalines, évidence d'un lessivage des alcalis dans les dernières. Nous avons déjà montré une autre évidence de ce phénomène (paragraphe 4.4.1).

	MIN.	MAX.	PAS	MOY.	EC-TYPE	NB. OBSER.
A	0.0	9.0	0.6	3.33	0.70	18
B	0.0	9.0	0.6	1.69	0.56	7
C	0.0	9.0	0.6	3.47	1.97	22

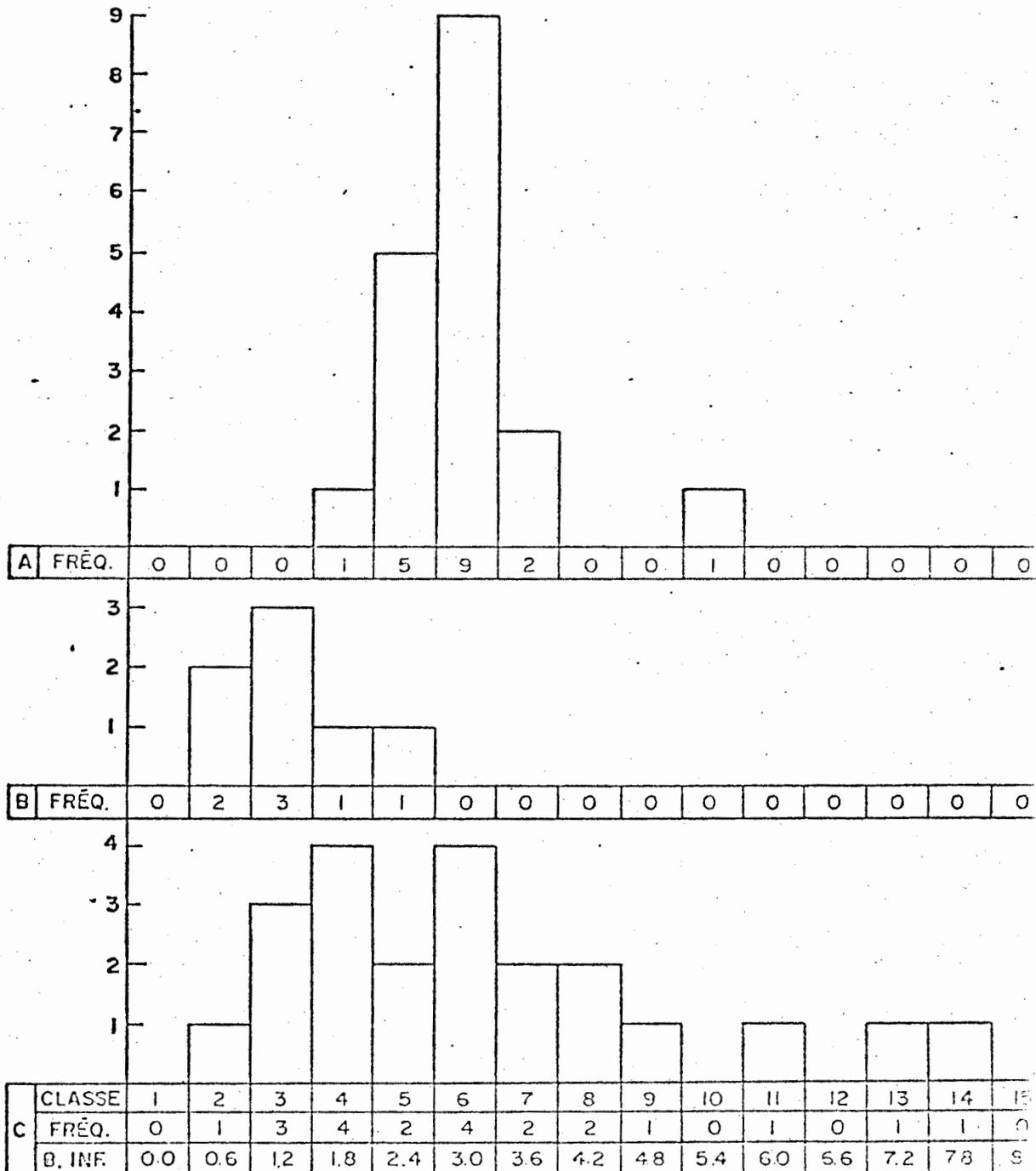


Figure 45: Histogrammes des teneurs en oxyde de fer total pour les rhyolites tholéiitiques (a), calco-alcalines Renault (b) et calco-alcalines Dufault (c).

## TABLEAU XXXVII

Teneurs en silice, et fer total des rhvolites (et rhvodacites)

<u>No</u>	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>FeO tot</u>	<u>No</u>	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>FeO tot</u>
72-090A T	76.89	2.39 *	72-174A CD	72.48	7.76 *
090B T	73.55	2.65	174B CD	77.27	1.98
292B T	74.42	3.23	187 CD	85.14	1.47
290 T	74.16	3.21	189 CD	78.65	1.52
289 T	73.19	3.52	193 CD	76.51	3.15 *
288 T	73.83	3.46	194 CD	82.94	3.19 *
312 T	72.77	3.46	220 CD	77.42	4.34 *
316 T	75.04	3.22	221 CD	78.56	3.20 *
318A T	75.62	3.19	219A CD	78.22	1.92
373 T	74.80	2.78	219B CD	77.73	2.56
372 T	74.56	2.82	222 CD	77.42	3.40 *
371A T	73.87	3.69	223 CD	75.50	3.90 *
371B T	74.38	2.82	224 CD	84.25	1.46
400 T	74.89	3.49	225 CD	84.91	1.11
370 T	72.50	3.76	226 CD	78.79	2.85 *
369 T	74.99	2.99	227 CD	80.32	2.08
368 T	73.79	3.54	228 CD	81.01	2.14
167C T	78.32	5.66	096 CD	70.48*	4.94 *
			357 CD	70.90*	4.72 *
411 CR	78.42	1.78	149A CD	67.24*	8.20 *
393 CR	75.05	2.63	314 CD	69.34*	4.09 *
394 CR	74.94	1.76	179D CD	67.56*	6.36 *
385 CR	79.50	1.95			
380 CR	80.33	1.69			
378 CR	82.68	1.09			
377 CR	82.35	0.93			

T: tholéiite; CR: calco-alcaline Renault; CD: calco-alcaline Dufault;

\*: anomalie.

	MIN.	MAX.	PAS	MOY.	EC-TYPE	NB.OBSER
A	590	890	20	74.54	1.40	18
B	590	890	20	79.04	3.14	7
C	590	890	20	76.94	5.35	22

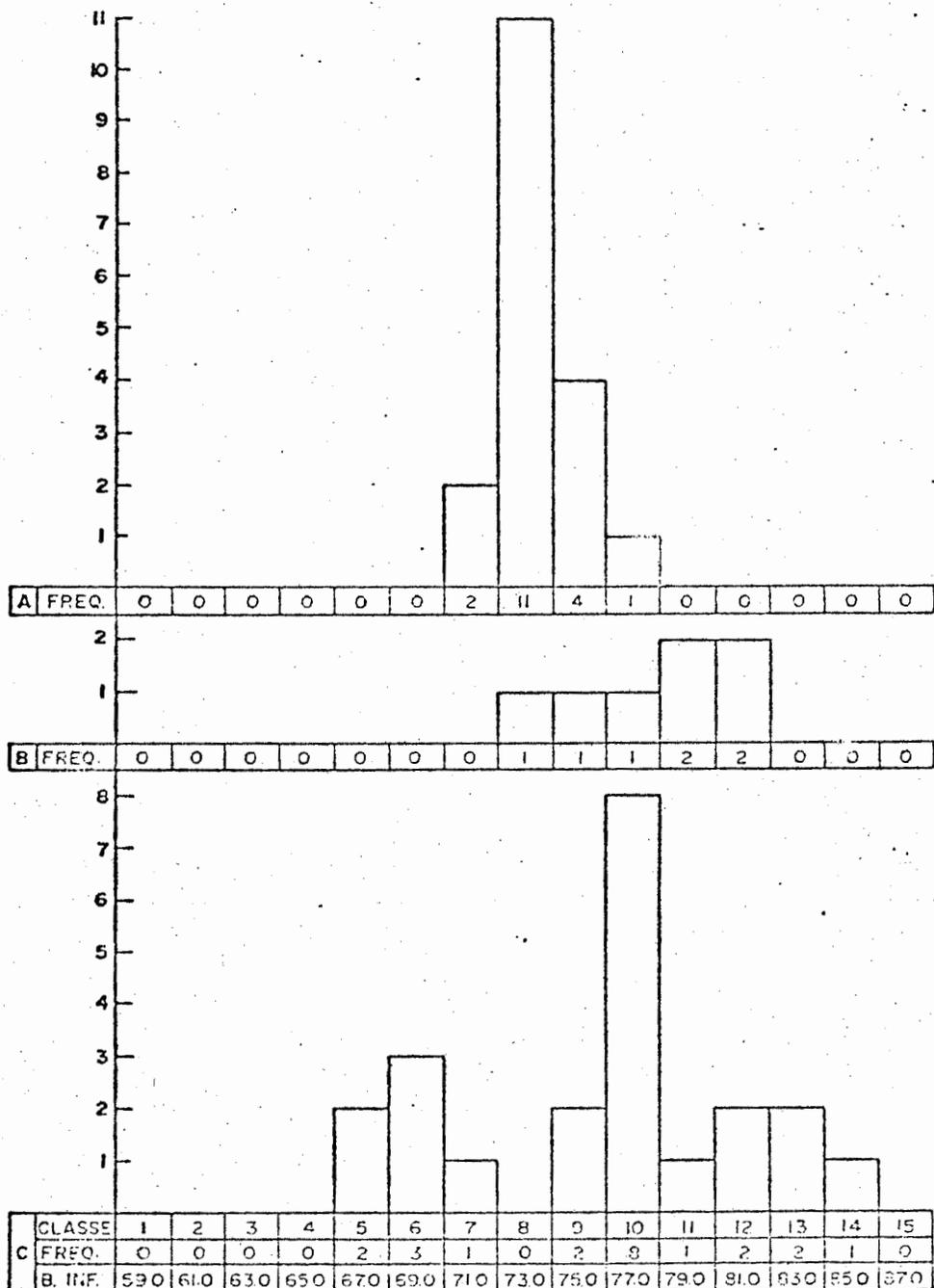


Figure 46:

Histogrammes des teneurs en oxyde de silice des rhyolites tholéitiques (a), calco-alcalines Renault (b) et calco-alcalines Dufault (c).

	MIN.	MAX.	PAS	MOY.	EC-TYPE	NB.OBSER.
A	0.0	9.0	0.6	5.46	1.28	18
B	0.0	9.0	0.5	3.48	1.26	7
C	0.0	9.0	0.6	4.28	1.19	22

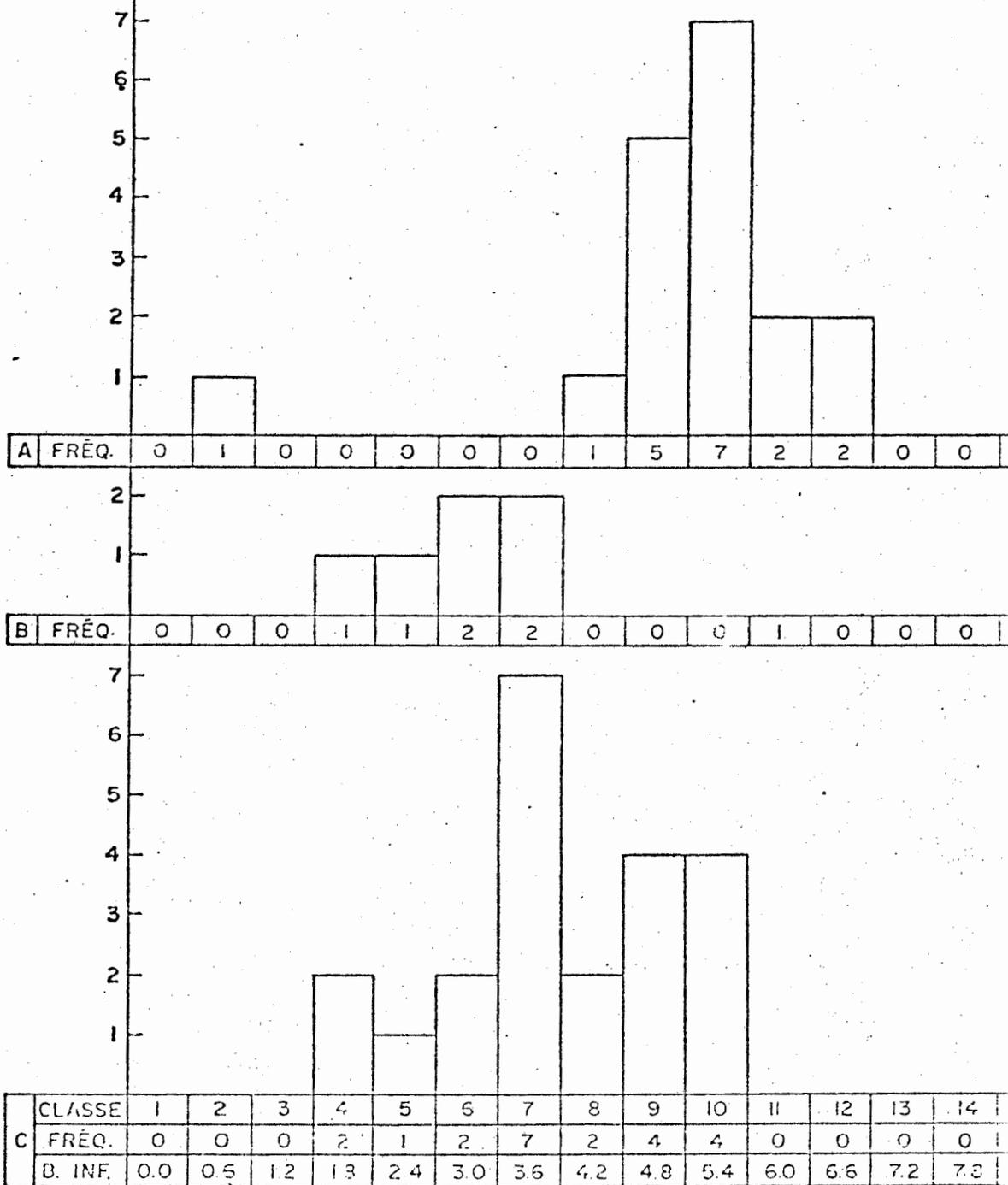
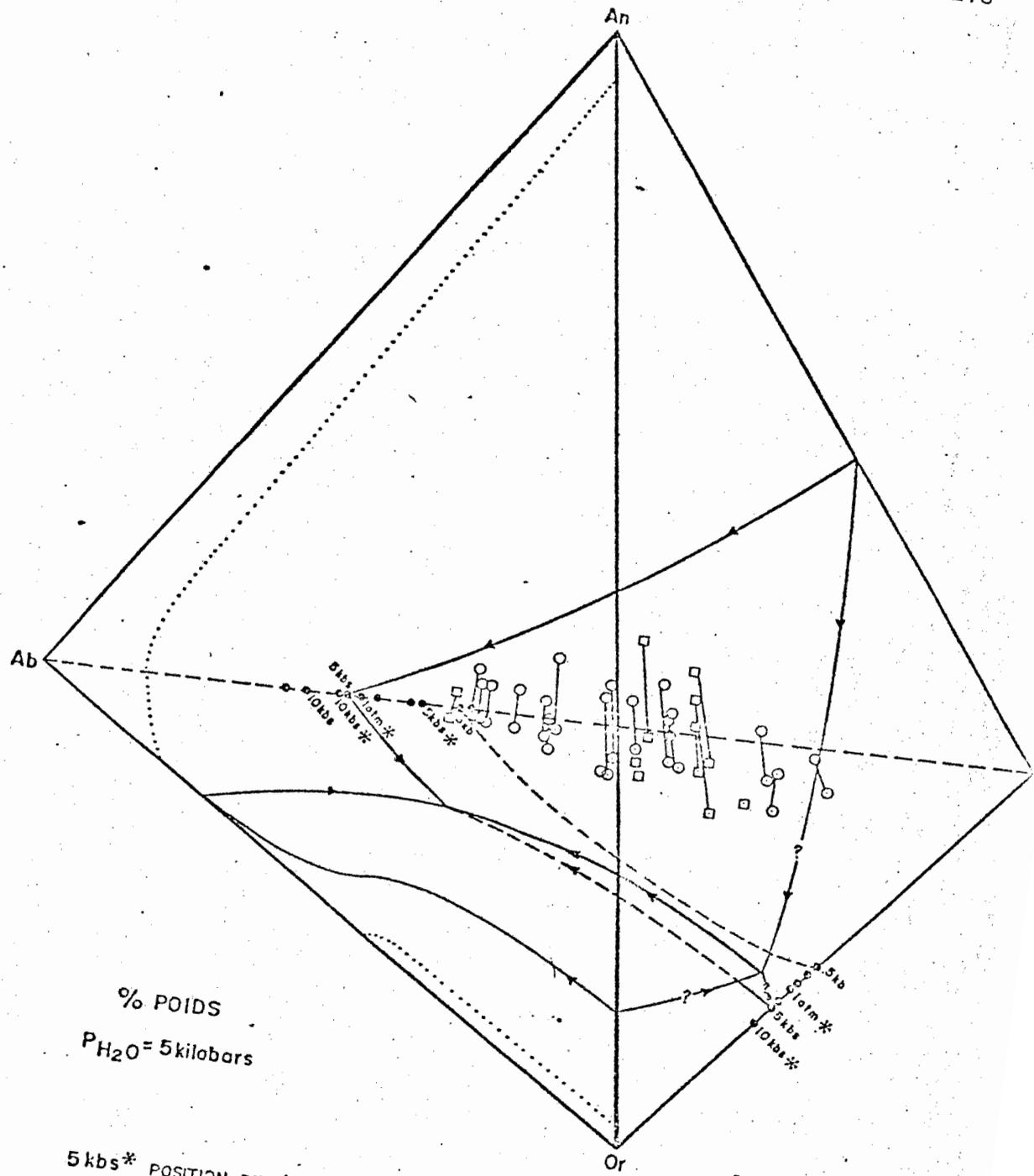


Figure 47: Histogrammes des teneurs en oxyde de sodium pour les rhyolites tholéitiques (a), calco-alcalines Renault (b) et calco-alcalines Dufault (c).

Nous avons déjà parlé de la tendance évolutive du magma vers un terme acide pauvre en potassium et ceci est confirmé par les analyses de nos rhyolites. Le tétraèdre Ab-An-Or-Qz nous montre la position et l'étendue des champs de stabilité du plagioclase, de l'orthose et du quartz pour des pressions d'eau de 5 Kbars ou 0.5 Kbar, cette dernière étant une condition plus réaliste pour la cristallisation de notre magma. On constate que les rhyolites calco-alcalines (fig. 48) sont toutes dans le domaine du quartz pour une pression de 5 Kbars et qu'elles demeurent en grande majorité dans ce domaine pour une pression de 0.5 Kbar. Quelques rhyolites tholéitiques (fig. 49) sont dans le domaine des plagioclases, les autres dans le domaine du quartz pour une pression de 5 Kbars. A 0.5 Kbar, les rhyolites tholéitiques se partagent à peu près également entre les deux domaines. Cette richesse en quartz est surprenante compte tenu du fait que 95% des granites et rhyolites se retrouvent dans le domaine des plagioclases et que l'on en trouve que très rarement dans le volume du quartz. Les phénocristaux de quartz résorbés étant alors expliqués par le processus d'assimilation lors de l'extrusion.

La faible calcicité du plagioclase de ces rhyolites justifie l'utilisation du diagramme ternaire Qz-Ab-Or, système ternaire représentatif du minéral felsique (fig. 50 a et b),



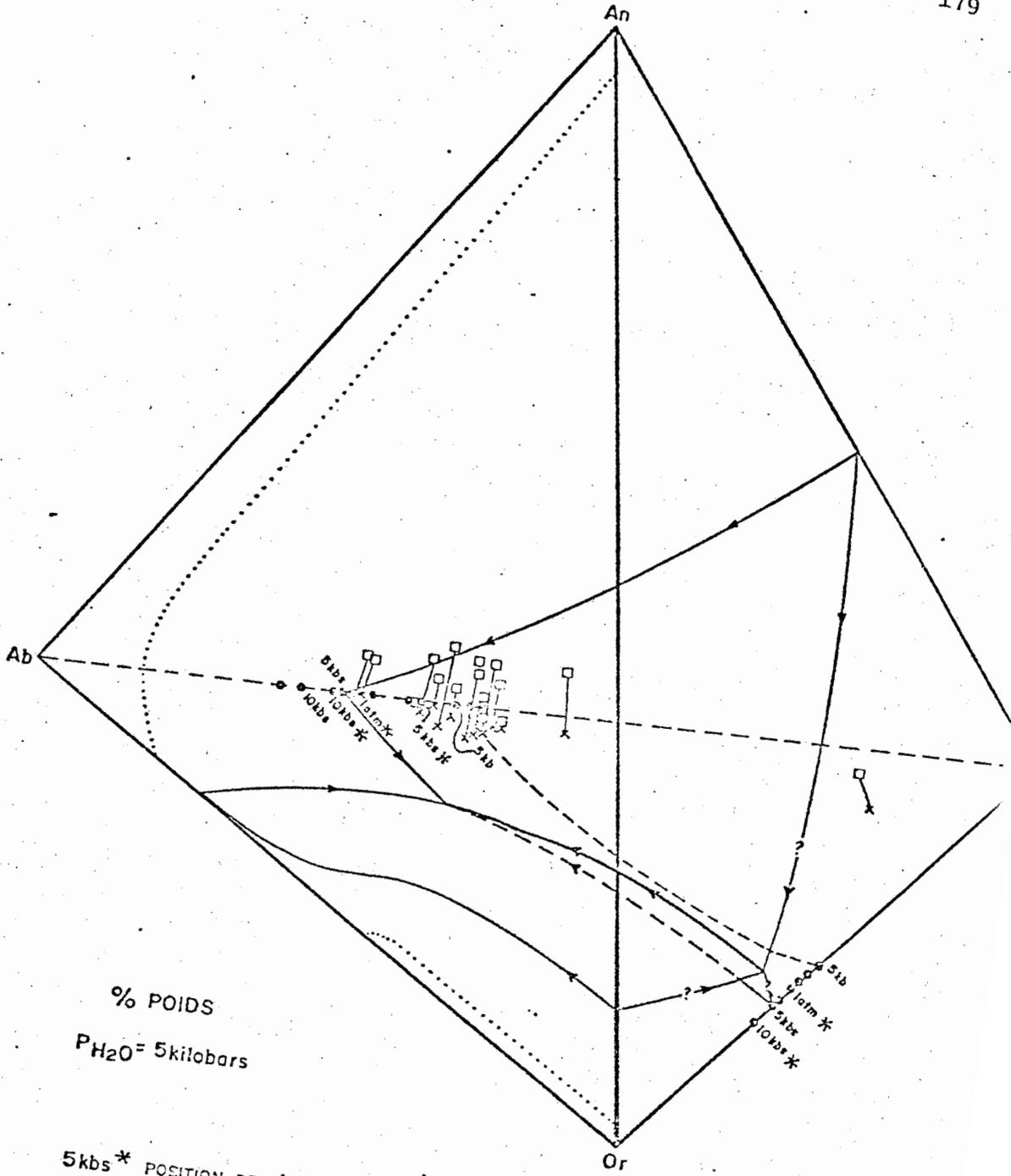
% POIDS  
 $P_{H_2O} = 5 \text{ kilobars}$

5 kbs\* POSITION DE L'EUTECTIQUE DANS LES SYSTÈMES Ab - Qz , Or - Qz ,  
 EXPÉRIENCES RÉALISÉES PAR VOIE SÈCHE SOUS UNE PRESSION DE  
 5 KILOBARS;  $P_{H_2O} = 0$ .

5 kbs POSITION DE L'EUTECTIQUE DANS LES SYSTÈMES Ab - Qz , Or - Qz ,  
 EXPÉRIENCES RÉALISÉES PAR VOIE HUMIDE 'SYSTÈMES SATURÉS PAR  
 RAPPORT A  $H_2O$ ;  $P_{H_2O} = 5 \text{ kbs}$

Figure 48:

Diagramme An-Ab-Or-Qz pour les rhyolites  
 calco-alkalines Renault (□) et  
 Dufault (o). Les champs de stabilité  
 des différents minéraux sont donnés en  
 fonction de la pression dans des conditions  
 sèches ou humides.



5kbs\* POSITION DE L'EUTECTIQUE DANS LES SYSTEMES Ab - Qz , Or - Qz , EXPERIENCES REALISEES PAR VOIE SECHE SOUS UNE PRESSION DE 5 KILOBARS; PH<sub>2</sub>O = 0.

5kbs POSITION DE L'EUTECTIQUE DANS LES SYSTEMES Ab - Qz , Or - Qz , EXPERIENCES REALISEES PAR VOIE HUMIDE SYSTEMES SATURES PAR RAPPORT A H<sub>2</sub>O; PH<sub>2</sub>O = 5 kbs

Diagramme An-Ab-Or-Qz pour les rhyolites tholéitiques. Les champs de stabilité des différents minéraux sont donnés en fonction de la pression dans des conditions sèches ou humides.

Figure 49:

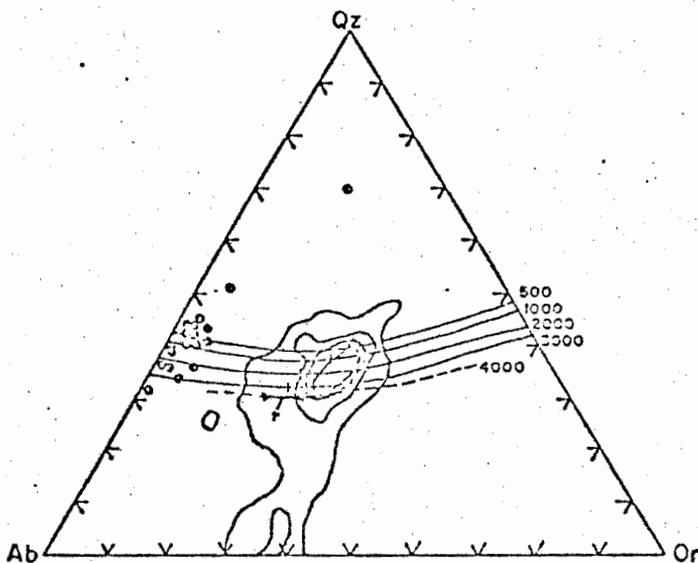
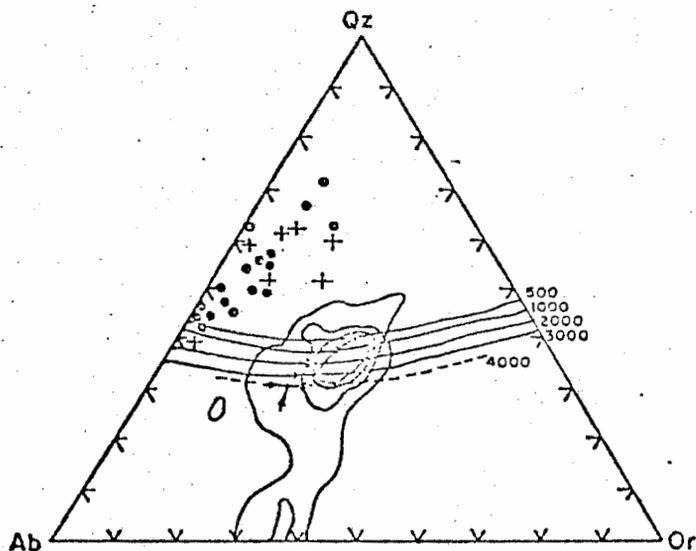


Figure 50:

Diagramme Qz-Ab-Or pour les rhyolites calco-alkalines (a): Dufault \*, Renault +; et tholéiitiques (b). La composition moyenne des rhyolites selon Tuttle et Bowen (1952) est donnée par les lignes de contour ainsi que la position du point minimum et du champ de stabilité du quartz en fonction de la pression d' $H_2O$  en  $Kg/cm^2$ .

qui nous montre deux séries rhyolitiques très pauvres en potassium par rapport à la composition moyenne des rhyolites présentées par Tuttle et Bowen (1958). De plus, la série calco-alcaline est particulièrement riche en quartz et on la retrouve entièrement contenue dans le domaine du quartz alors que les rhyolites tholéitiques sont également partagées entre les domaines du quartz et des feldspaths.

Enfin, sur le diagramme ternaire des feldspaths, Ab-An-Or (fig. 51 a et b), en plus de la déficience en potassium déjà mentionnée, les rhyolites tholéitiques sont dans le champ normal quant à leur calcicité du plagioclase alors que quelques rhyolites calco-alcalines ont une calcicité plus élevée que la normale.

#### 4.4.3- Modèle proposé

A l'aide du contexte structural déjà élaboré et des subdivisions en séries tholéitiques et calco-alcalines, nous proposons un modèle de la région étudiée le long de notre cheminement (fig. 52). Du nord au sud, on retrouve la faille Duparquet-Destor-Manneville, suivie d'un horizon variolitique à la base d'une mince bande tholéitique. Au-dessus de cette bande apparaît une série calco-alcaline, non fragmentaire à la base, avec des passées

Fig. 51 - a)

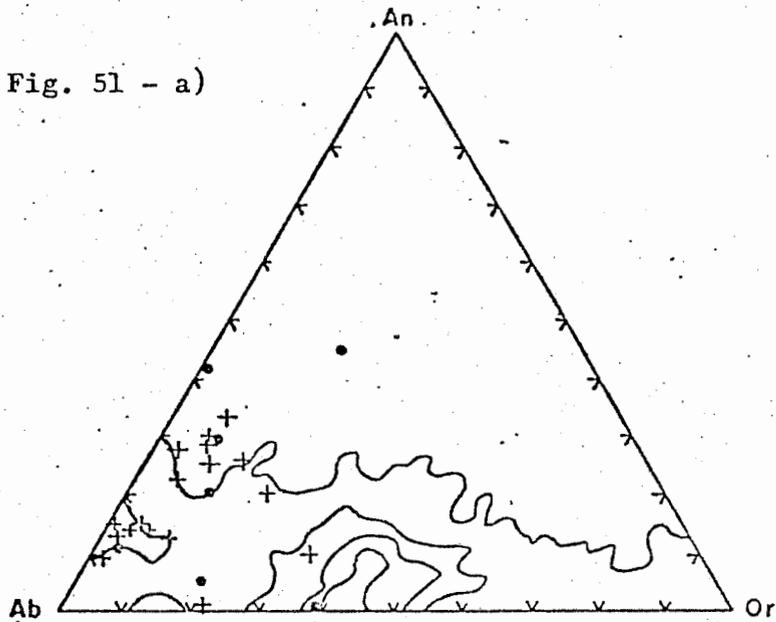


Fig. 51 - b)

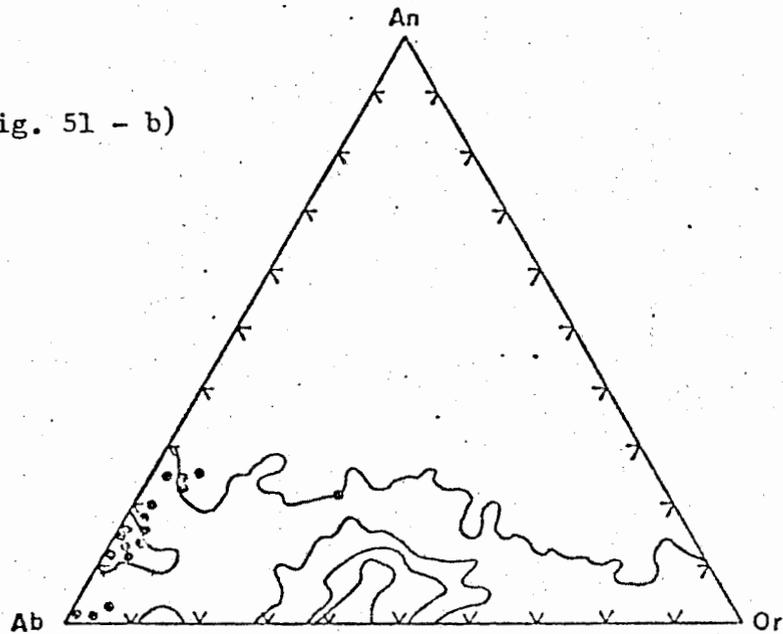


Figure 51:

Diagramme An-Ab-Or pour les rhyolites calco-alcalines (a): Dufault (+), Renault (•); et tholéiitiques (b).

La distribution moyenne des feldspaths selon Tuttle et Bowen (1958) est donnée par des lignes de contour.

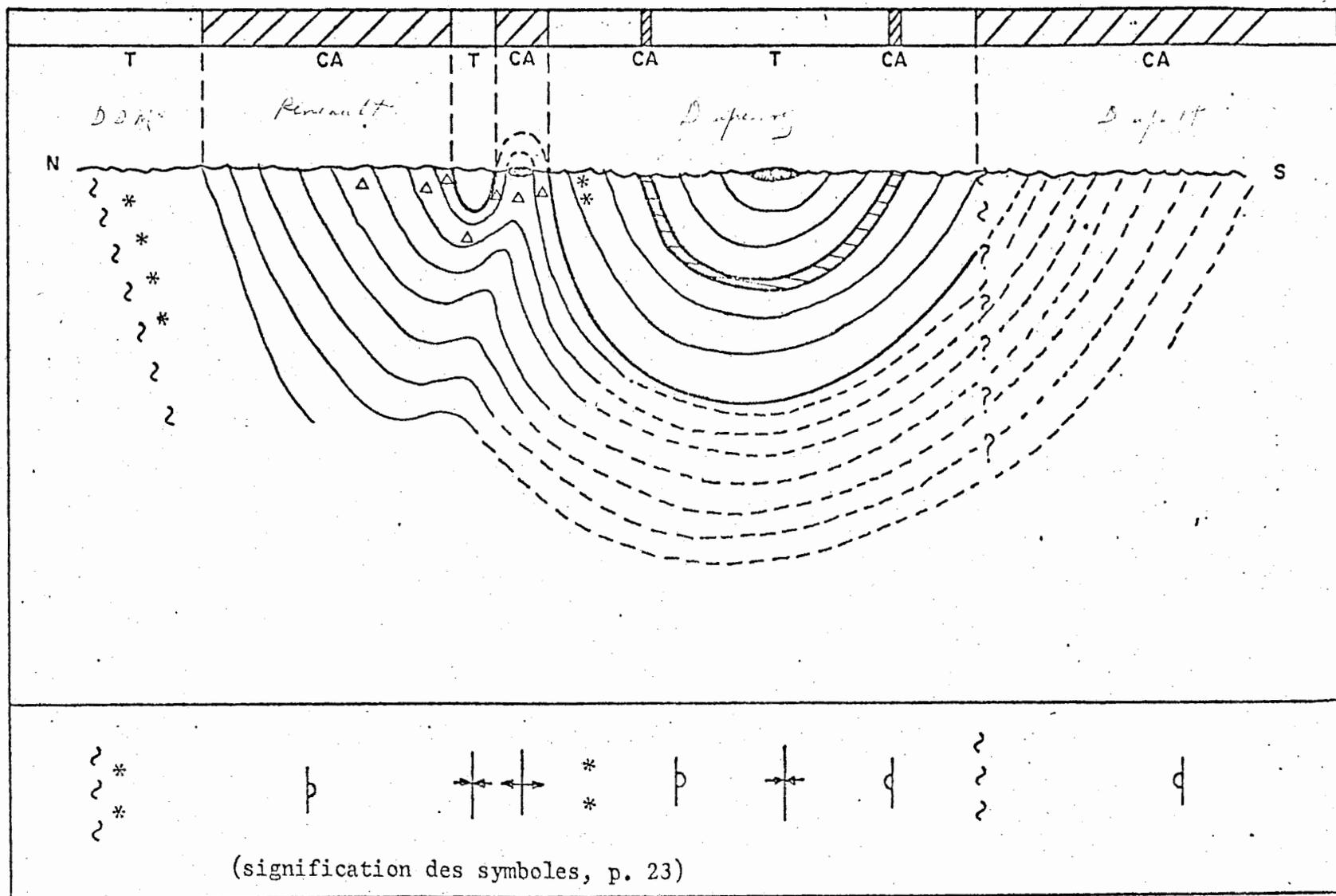


Figure 52: Modèle de la région étudiée le long du cheminement.

pyroclastiques au centre et franchement pyroclastiques au sommet. Cette série réapparaît un peu au sud au coeur d'un anticlinal avant de disparaître sous la série tholéiitique qui suit. Il est possible que cette série calco-alcaline se retrouve tout à fait au sud du cheminement mais la structure de cette région, et surtout le mouvement de nombreuses failles, ne nous présente pas d'évidences irréfutables. La série tholéiitique qui suit est répétée par une série de plis. On y trouve aussi un horizon variolitique et une mince bande calco-alcaline intercalée et répétée par un synclinal.

#### 4.5- Comparaisons avec des laves récentes

La succession série tholéiitique - série calco-alcaline a été reconnue le long de notre cheminement et nous avons essayé de caractériser chimiquement chacune des deux séries. Nous allons maintenant tenter de compléter cette étude par des comparaisons et l'utilisation de diagrammes évolutifs.

##### 4.5.1- Diagrammes AFM

Nous avons déjà utilisé le diagramme AFM pour différencier les séries tholéiitiques et calco-alcalines. Nous allons maintenant l'utiliser pour fins de comparaison avec des séries volcaniques récentes. La figure 53 nous présente les séries tholéiitiques: Skaergaard (Wager & Deer, 1939), Raoul (Brothers & Searle, 1970), Tonga (Bryan & al, 1972), Nasu (Kawano & al, 1961). Nos roches mafiques se comparent très bien avec les séries Tonga et Nasu, roches volcaniques tholéiitiques de la série basalte-dacite (Kawano, 1961, p. 1). Aucune des séries volcaniques récentes ne présente de termes aussi acides et en aussi grande quantité que les nôtres.

La figure 54 nous présente pour sa part les séries calco-alcalines: calco-alcaline (Turner & Verhoogen, 1960, p. 285), Cascades (Smith, 1968), Nasu (Kawano, 1961). Encore une fois,

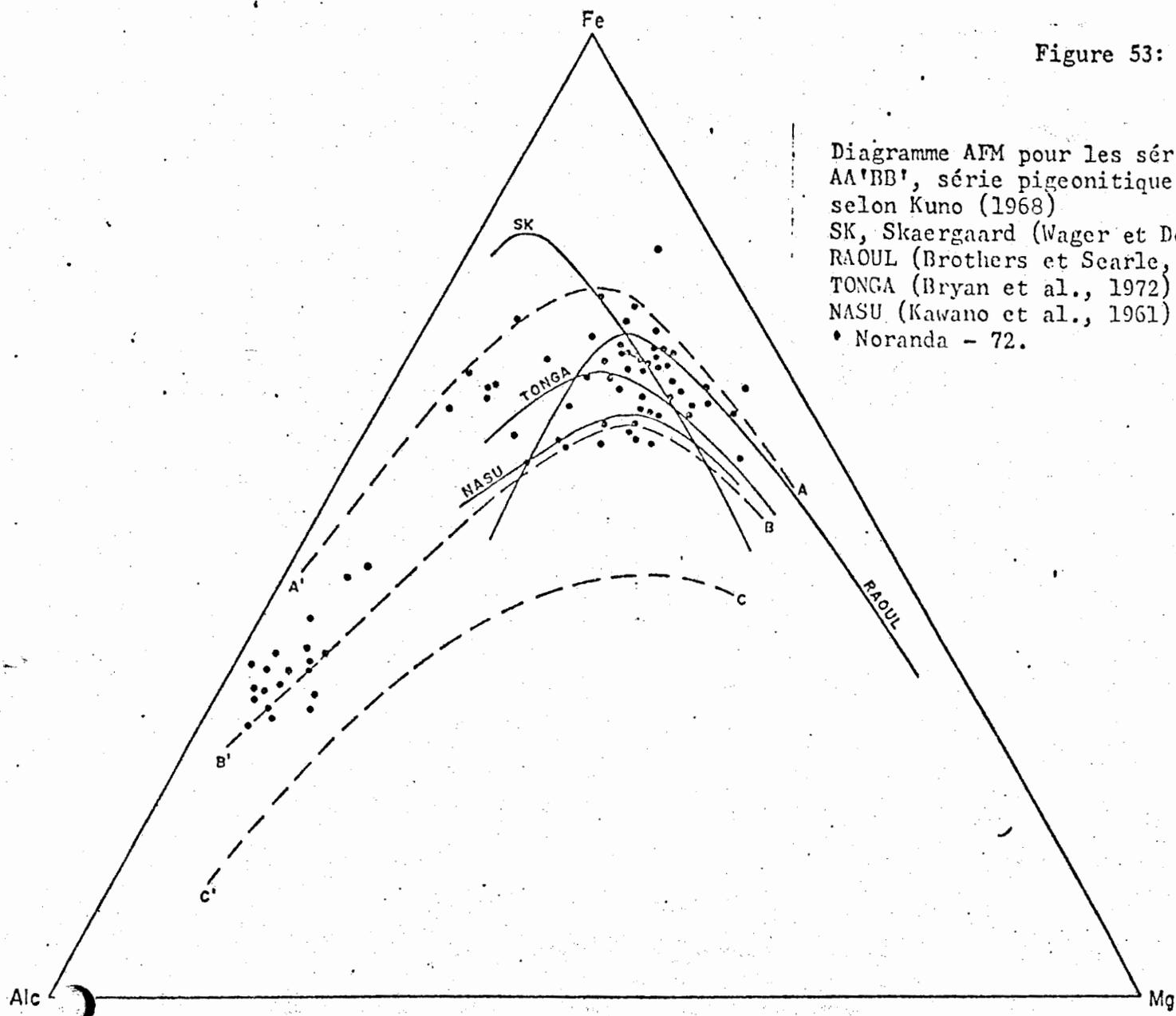


Figure 53:

Diagramme AFM pour les séries tholéiitiques:  
 AA'BB', série pigeonitique (tholéiitique)  
 selon Kuno (1968)  
 SK, Skaergaard (Wager et Deer, 1939) .  
 RAOUL (Brothers et Scarle, 1970)  
 TONGA (Bryan et al., 1972)  
 NASU (Kawano et al., 1961)  
 • Noranda - 72.

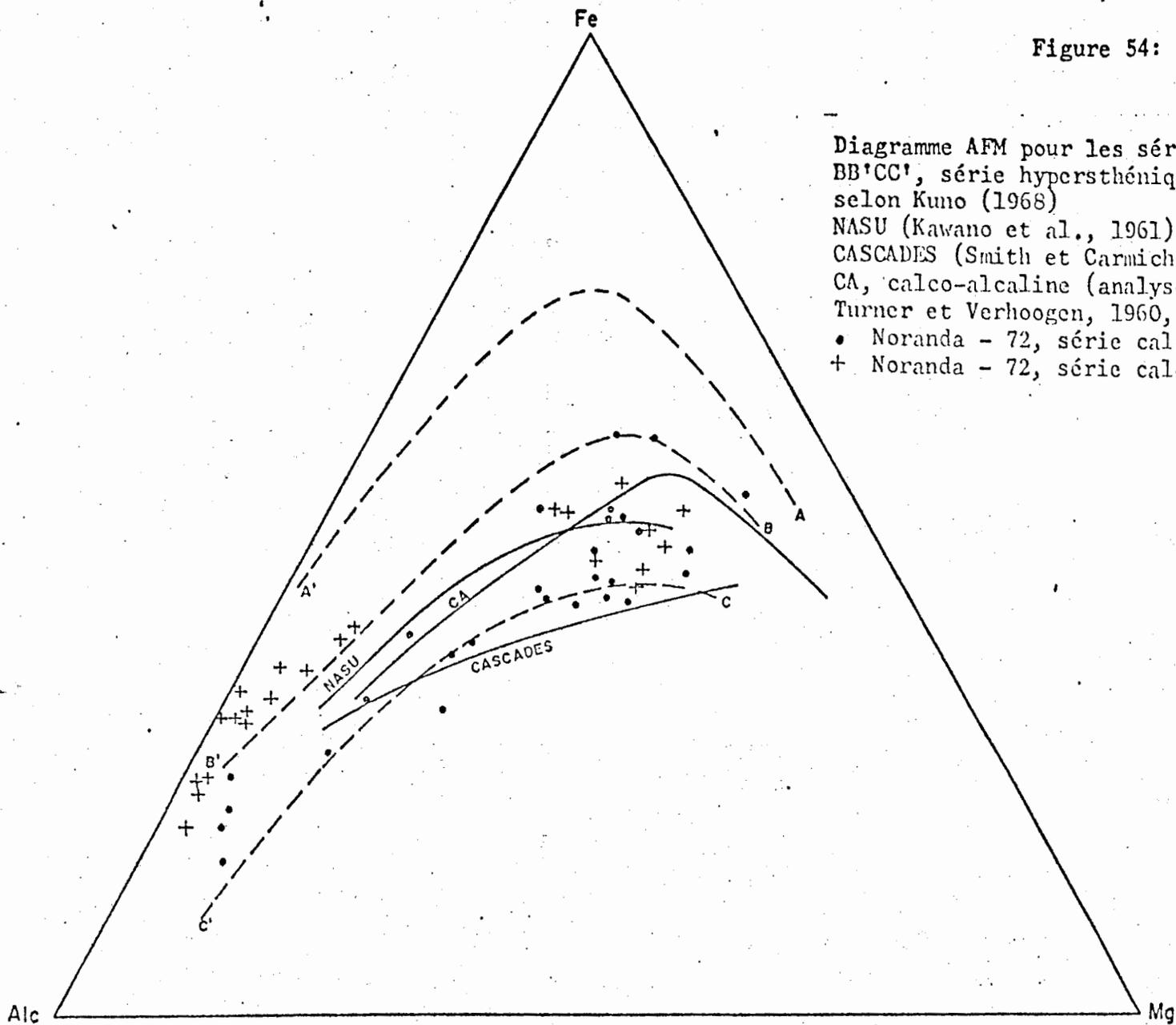


Figure 54:

Diagramme AFM pour les séries calco-alkalines:  
 BB'CC', série hypersthénique (calco-alkaline)  
 selon Kuno (1968)  
 NASU (Kawano et al., 1961)  
 CASCADES (Smith et Carmichael, 1968)  
 CA, calco-alkaline (analyses tirées de  
 Turner et Verhoogen, 1960, p. 285)  
 • Noranda - 72, série calco-alkaline Renault  
 + Noranda - 72, série calco-alkaline Dufault

nos roches sont très comparables à la série de Nasu mais celle-ci ne comporte pas de termes très acides. On peut cependant noter une différence majeure entre les suites modernes et nos roches à savoir que le rapport Fe/alc est plus élevé pour les termes acides de nos séries.

En conclusion, nous pouvons dire que, comme la série de Nasu, notre série tholéiitique est plus riche en fer et plus pauvre en alcalis alors que la série calco-alcaline est plus pauvre en fer et plus riche en alcalis. A noter cependant que certaines rhyolites calco-alcalines sont assez riches en fer et peuvent se confondre avec les rhyolites tholéiitiques sur le diagramme AFM.

#### 4.5.2- Indice de différenciation magmatique

L'un des diagrammes de variation où le calcul de la norme C.I.P.W. intervient est le diagramme avec coordonnées cartésiennes Thornton & Tuttle (1960). On y retrouve en abscisse, l'indice de différenciation magmatique et en ordonnée le pourcentage en poids des oxydes. L'indice de différenciation magmatique est la somme des pourcentages en poids des minéraux normatifs suivants: quartz qz, orthose or, albite ab, néphéline ne, leucite lc,

kalsilite ks. Comme référence, disons que la rhyolite moyenne de Daly (1933) a un ID égal à 88, l'andésite à 56 et le basalte à 35 (Thornton & Tuttle, 1960).

L'examen des divers diagrammes nous a permis d'en trouver quelques-uns qui permettent des comparaisons avec des séries tholéiitiques récentes.

Le diagramme ID vs  $Al_2O_3$  montre des tendances nettement différentes entre les séries tholéiitiques et calco-alcalines (fig. 55 a et b). Dans le premier cas, le contenu est à peu près constant avec une légère augmentation pour les termes les moins différenciés. Nos roches se comparent alors à celles de Tonga et Raoul. Dans le second cas, il y a diminution marquée du contenu en  $Al_2O_3$  pour les termes les plus différenciés. Nos roches suivent en cela les tendances des roches des Cascades et de Nasu.

Le diagramme ID vs Fe tot. est aussi diagnostique dans une certaine mesure (fig. 56 a et b). Dans le cas des séries tholéiitiques, il y a plus grande abondance en fer vers les termes les moins différenciés sauf pour une anomalie au tout début de la différenciation alors que pour les séries calco-alcalines il y a diminution continue avec la différenciation. Nos roches se comparent alors aux séries tholéiitiques de Thingmuli et Tonga et aux séries calco-alcalines des Cascades et Nasu.

Figure 55:

Diagramme  $Al_2O_3$  vs INDICE DE DIFFERENCIATION MAGMATIQUE (ID) selon Thornton et Tuttle (1968) pour les séries tholéitiques (a): Skaergaard (Wager et Deer, 1939), Thingmuli (Carmichael, 1964), Tonga (Bryan et al., 1972), Raoul (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les séries calco-alcalines (b): Nasu (Kawano et al., 1961), Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Noranda-72 (◐).

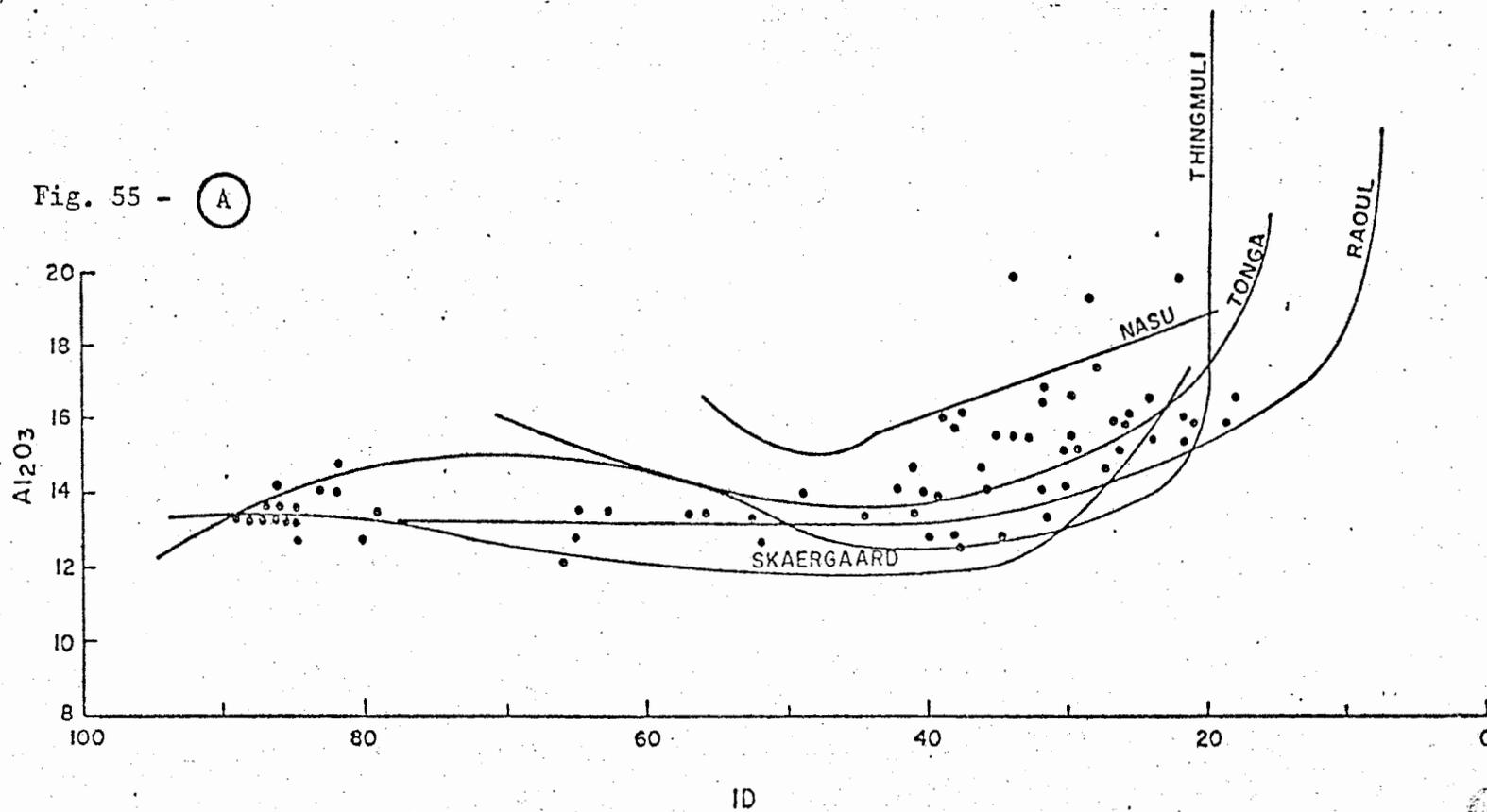


Fig. 55 - (B)

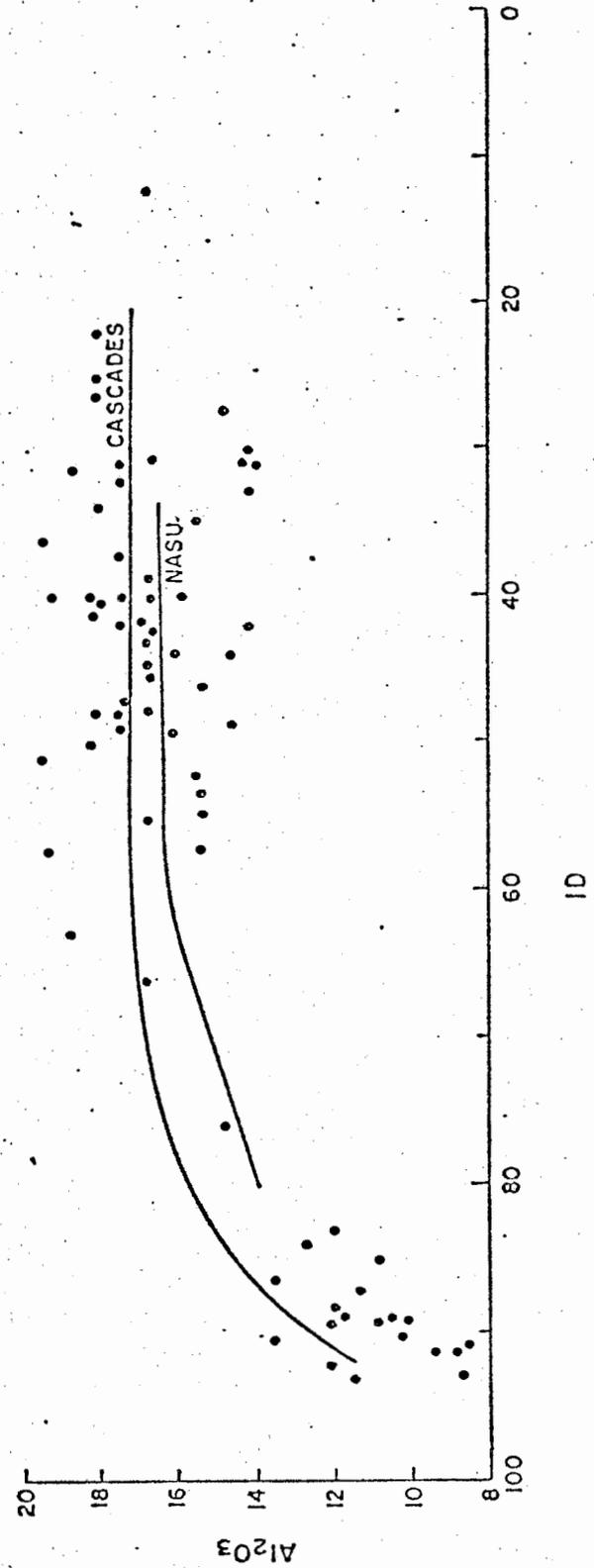


Figure 56:

Diagramme Fe TOTAL vs INDICE DE DIFFERENCIATION MAGMATIQUE (ID) selon Thornton et Tuttle (1960) pour les séries tholéiitiques (a): Skaergaard (Wager et Deer, 1939), Thingmuli (Carmichael, 1964), Raoul (Bryan et al., 1972), Tonga (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les séries calco-alcalines (b): Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•).

Fig. 56 -

(A)

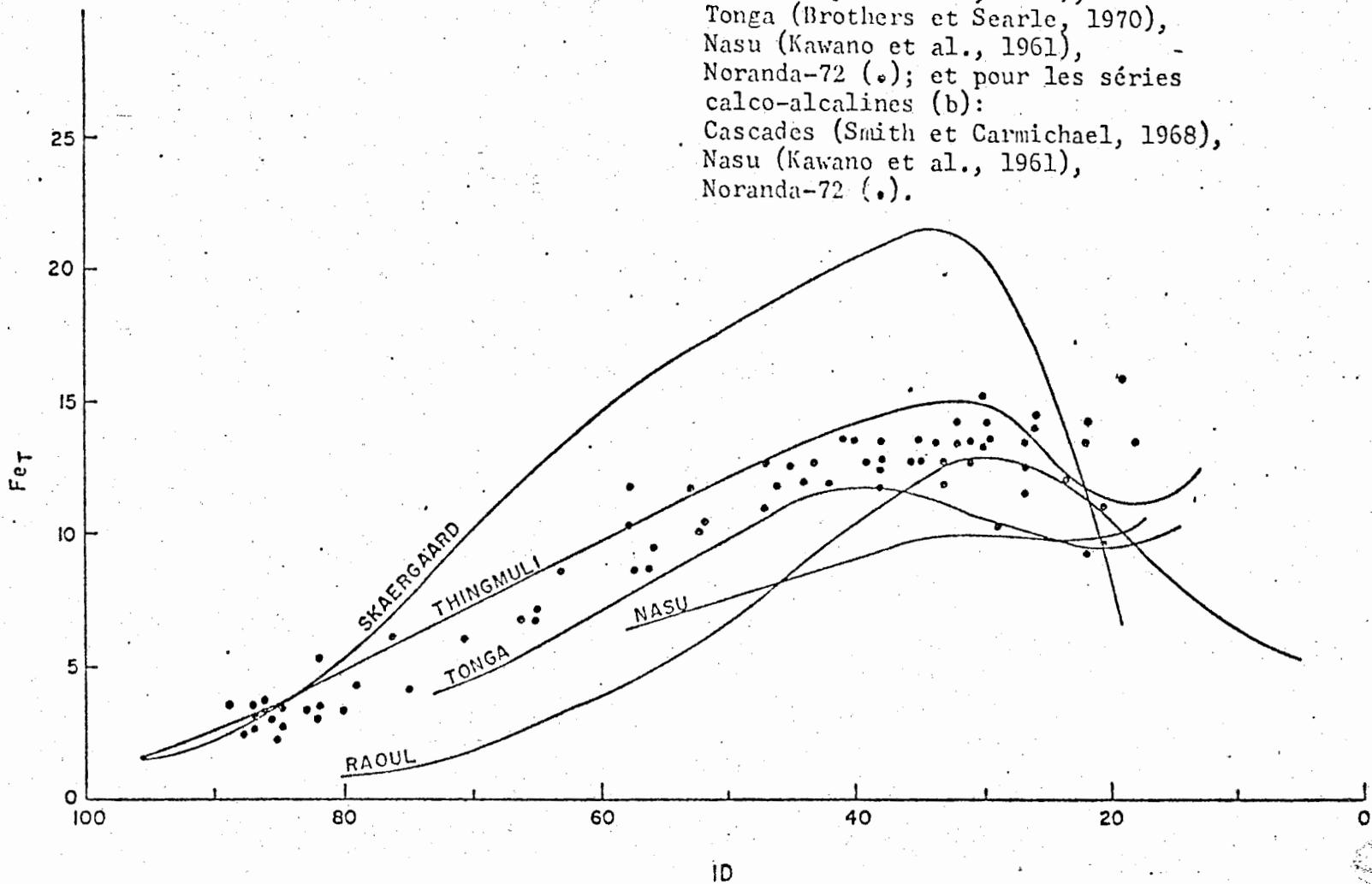
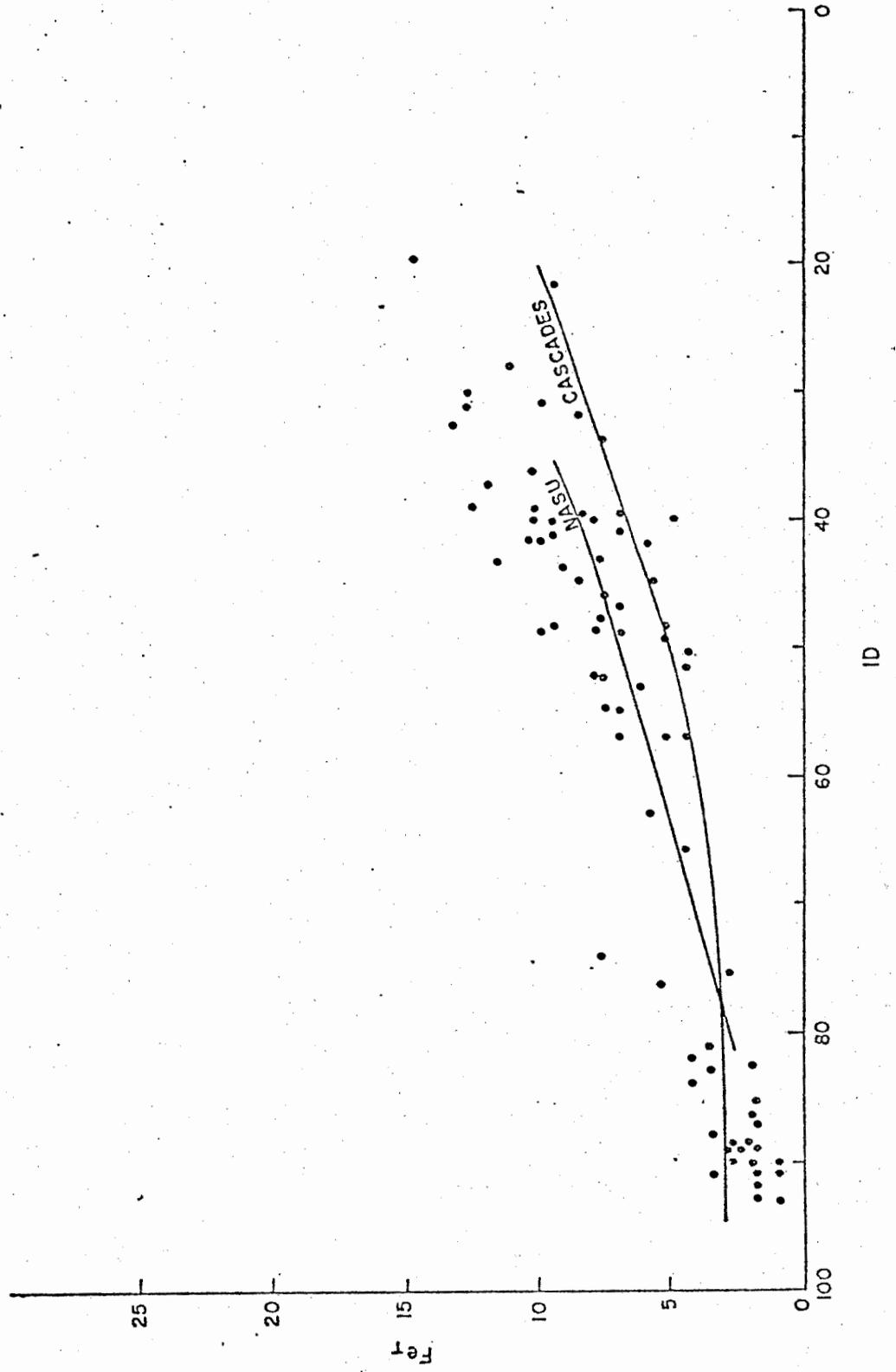


Fig. 56 - (B)



Le diagramme ID vs  $TiO_2$  pour nos roches tholéitiques (fig. 57a) présente la même tendance que celle de Raoul avec peu de  $TiO_2$  au tout début de la différenciation pour atteindre un palier peu après. A noter que la teneur en  $TiO_2$  de nos roches est assez supérieure aux roches récentes. Dans le cas des roches calco-alcalines (fig. 57b), nos roches suivent la même tendance que celles de Nasu avec un appauvrissement graduel en  $TiO_2$  au fur et à mesure de la différenciation.

Enfin, nous avons regroupé à la fig. 58 tous les oxydes en fonction de l'indice de différenciation magmatique pour toutes les roches de la région afin de montrer l'évolution de chacune. Nous y retrouvons des tendances tout à fait normales: l'augmentation graduelle de la teneur en  $SiO_2$  avec la différenciation et une diminution correspondante en  $Al_2O_3$ ; des comportements identiques pour le Fe tot. et le  $TiO_2$ , le MgO et le CaO; enfin des enrichissements en  $Na_2O$  et  $K_2O$  d'allures quelque peu différentes.

#### 4.5.3- Indice de solidification

Un autre diagramme de variation avec coordonnées cartésiennes fréquemment utilisé est celui de Kuno avec en abscisse l'indice de solidification et en ordonnée le % poids des oxydes. L'indice de

Figure 57:

Diagramme  $TiO_2$  vs INDICE DE DIFFERENCIATION MAGMATIQUE (ID) selon Thornton et Tuttle (1960) pour les roches tholéiitiques (a): Raoul (Bryan et al., 1972), Tonga (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les roches calco-alcalines: Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•).

Fig. 57 - (A)

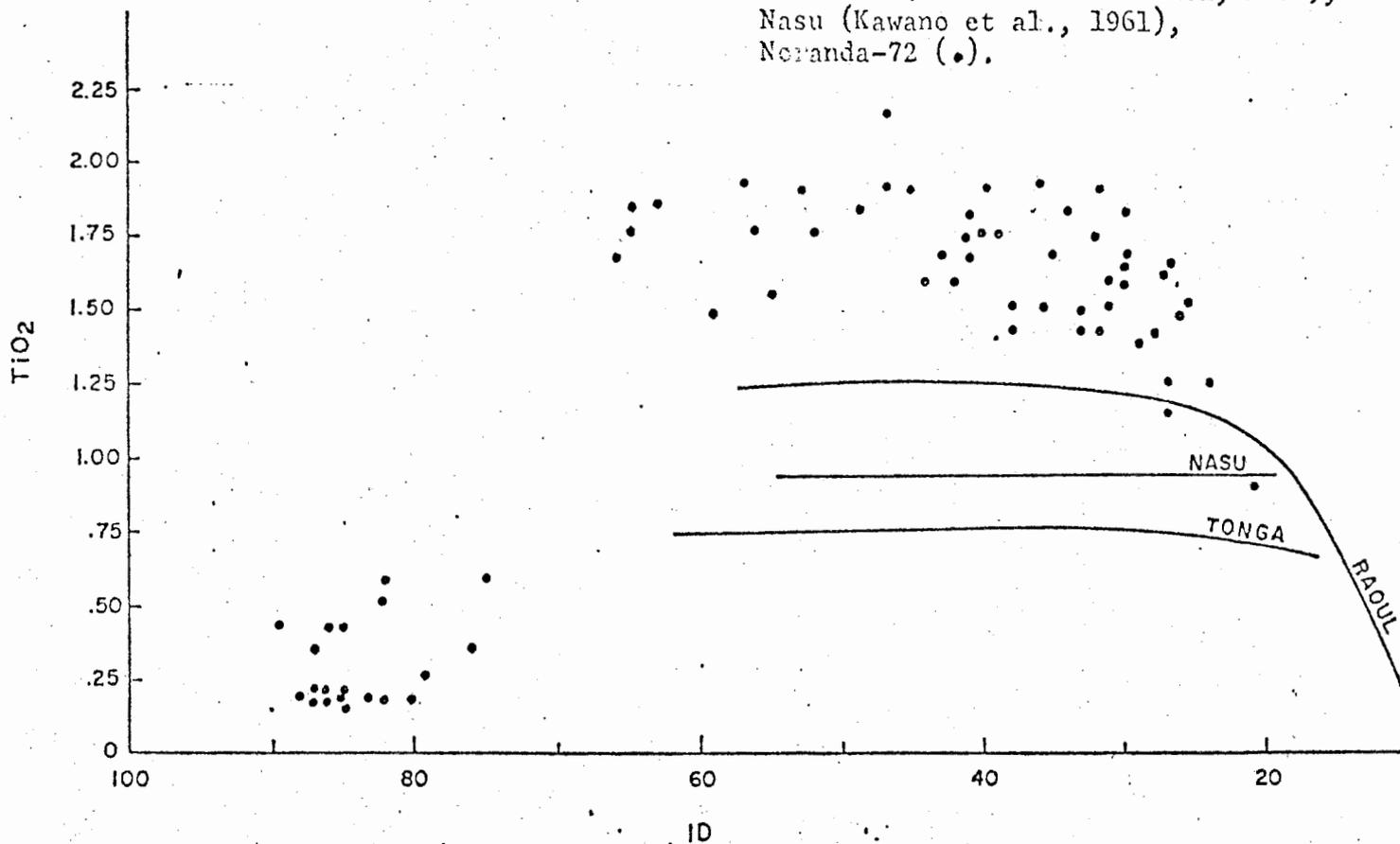


Fig. 57 - (B)

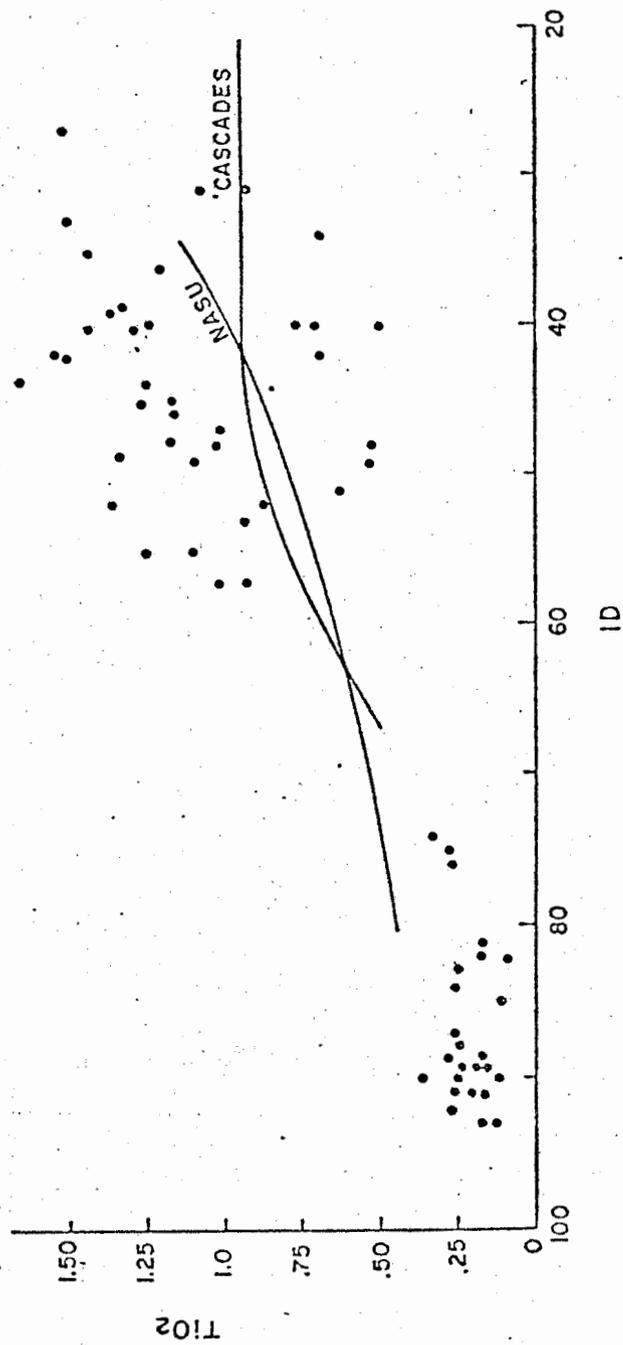


Figure 58: Variation des différents oxydes ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  total,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{TiO}_2$ ) en fonction de l'indice de différenciation magmatique (ID) selon Thornton et Tuttle (1960).

Fig. 58 - a)

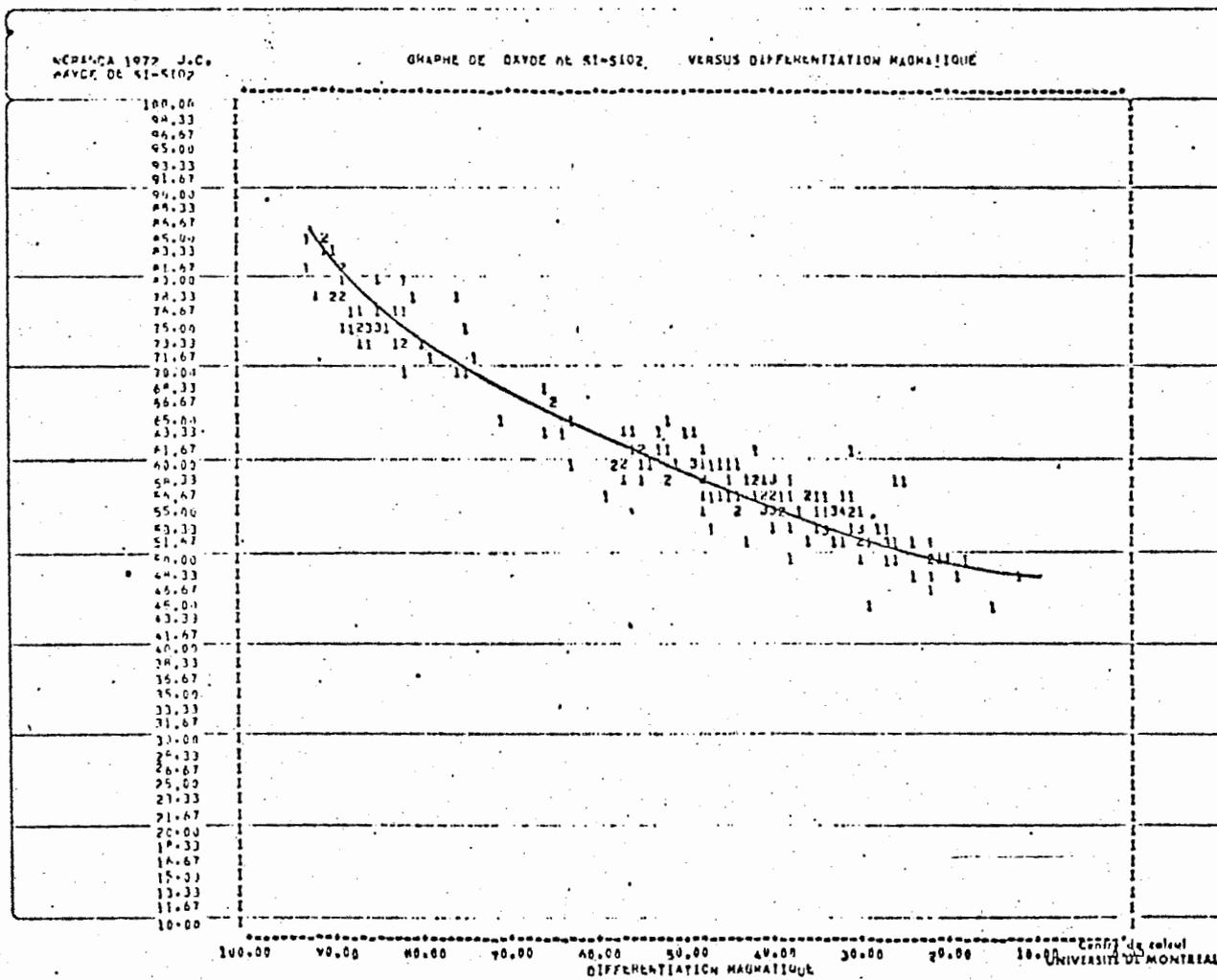


Fig. 58 - b)

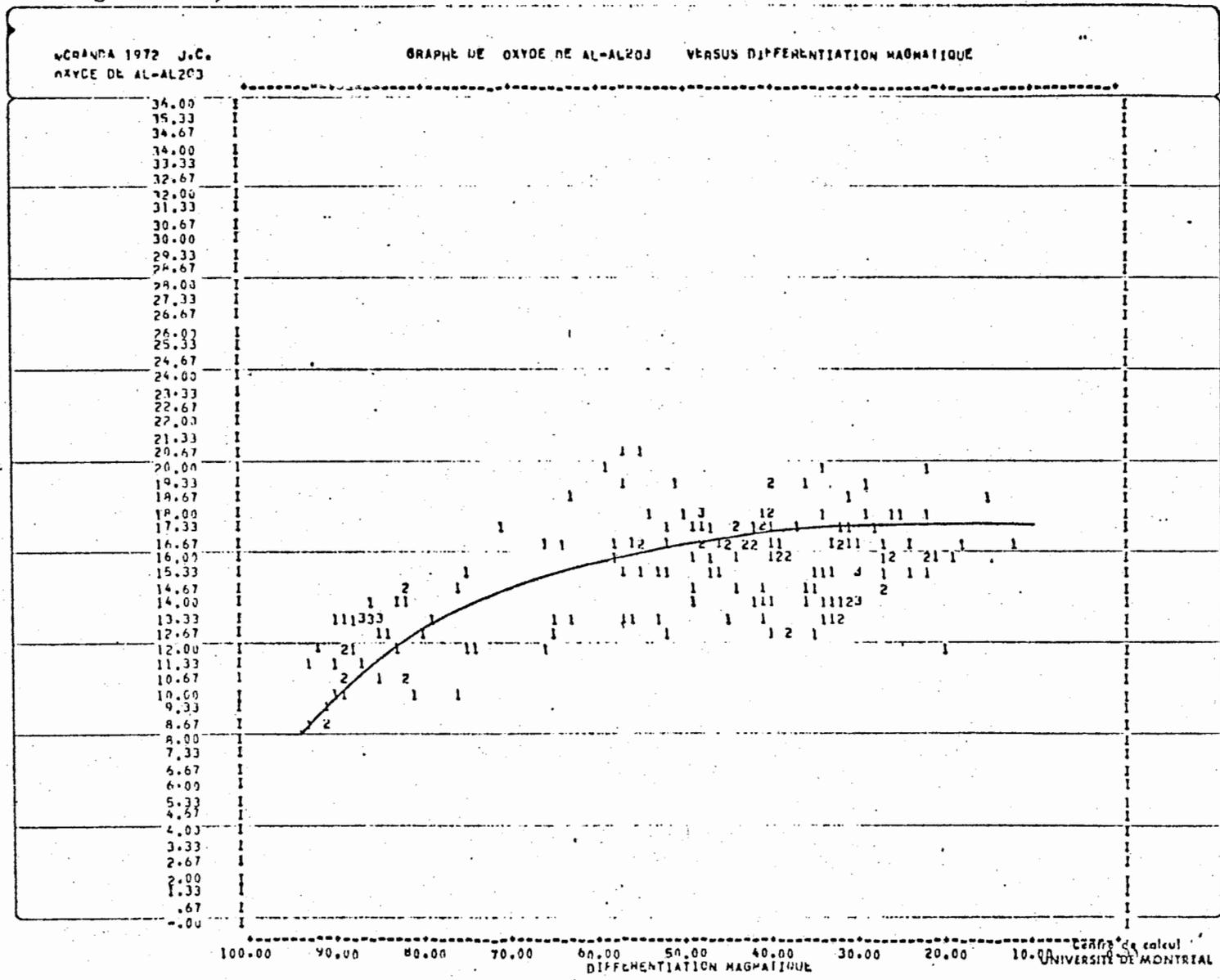


Fig. 58 - c)

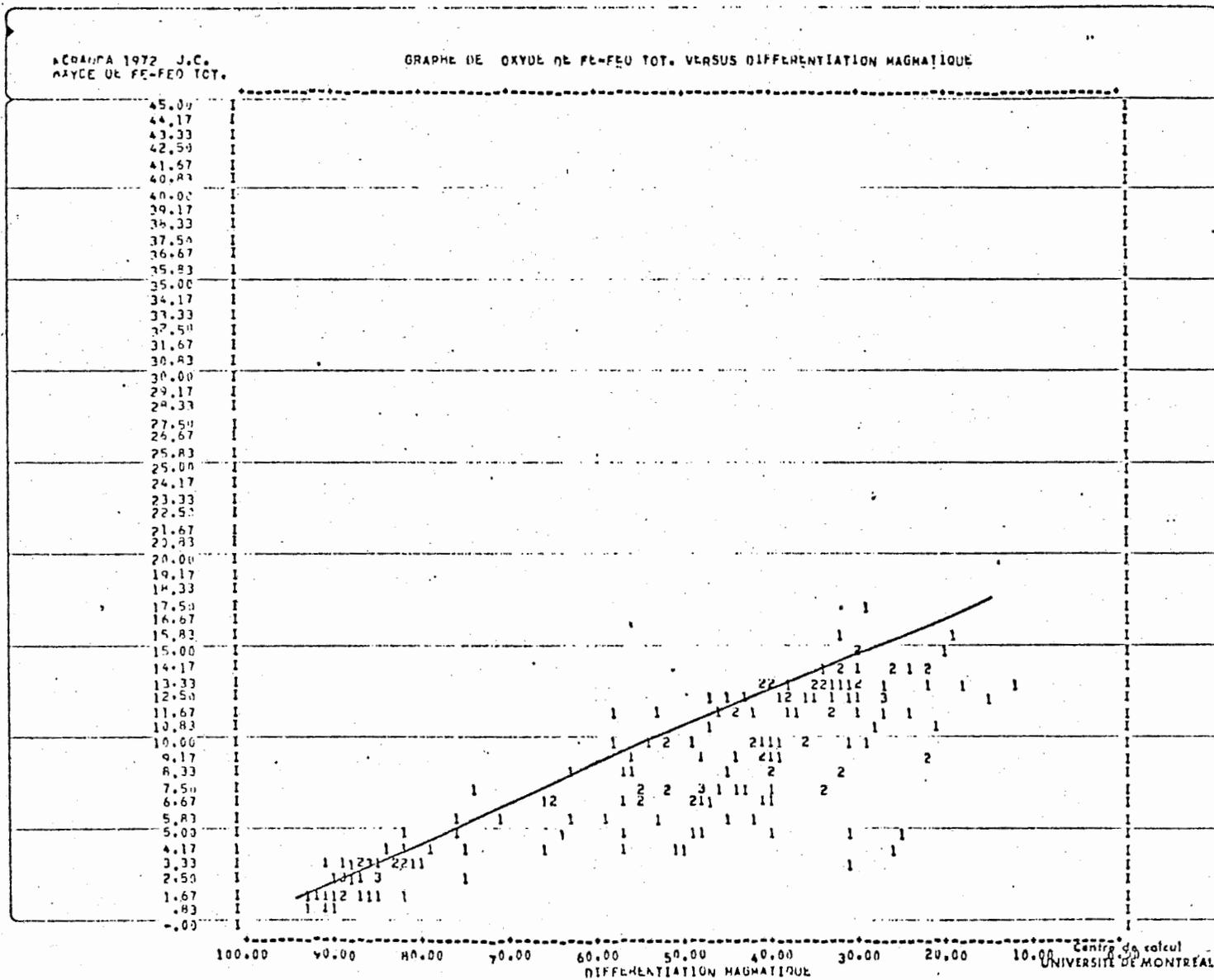


Fig. 58 - d)

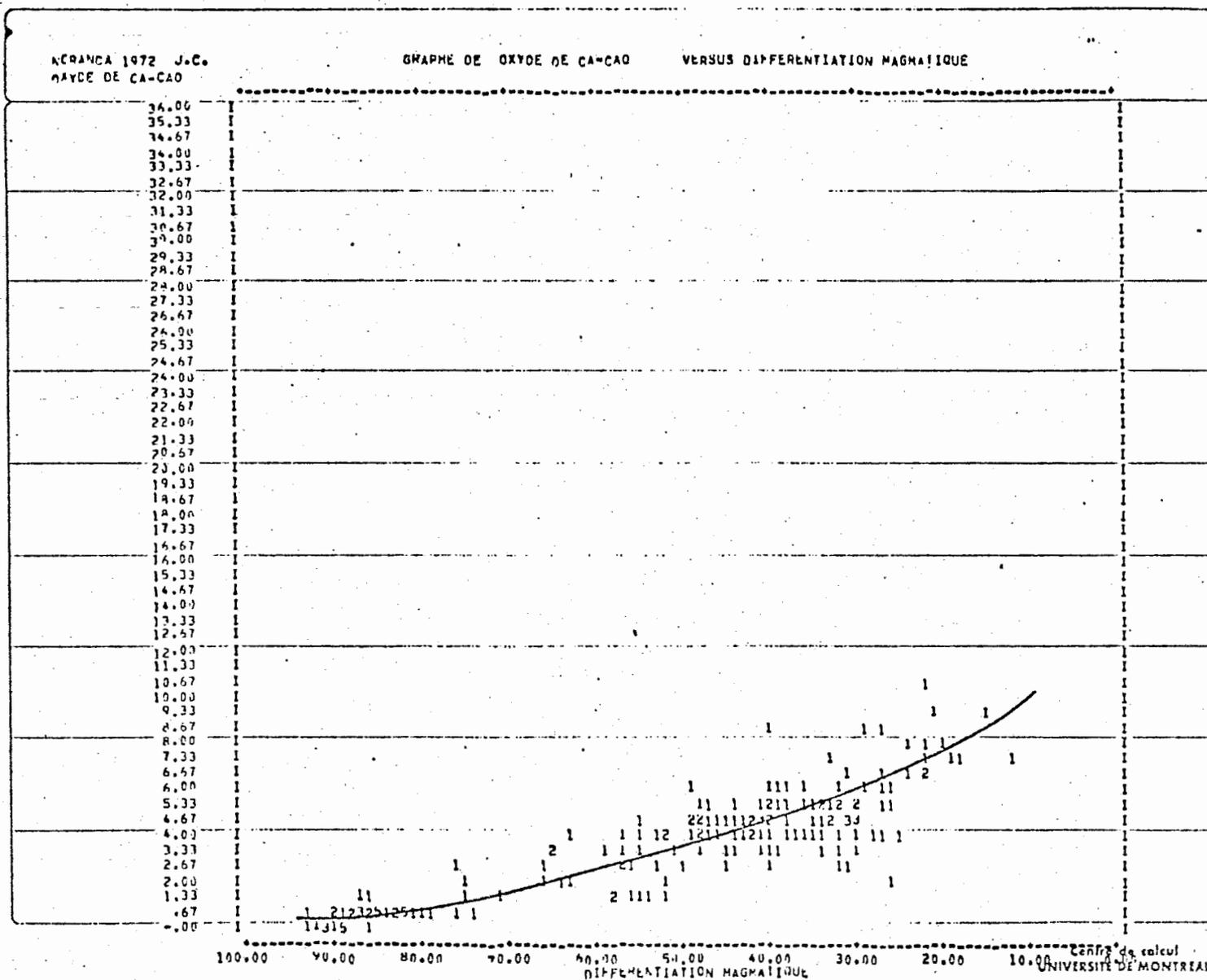


Fig. 58 - e)

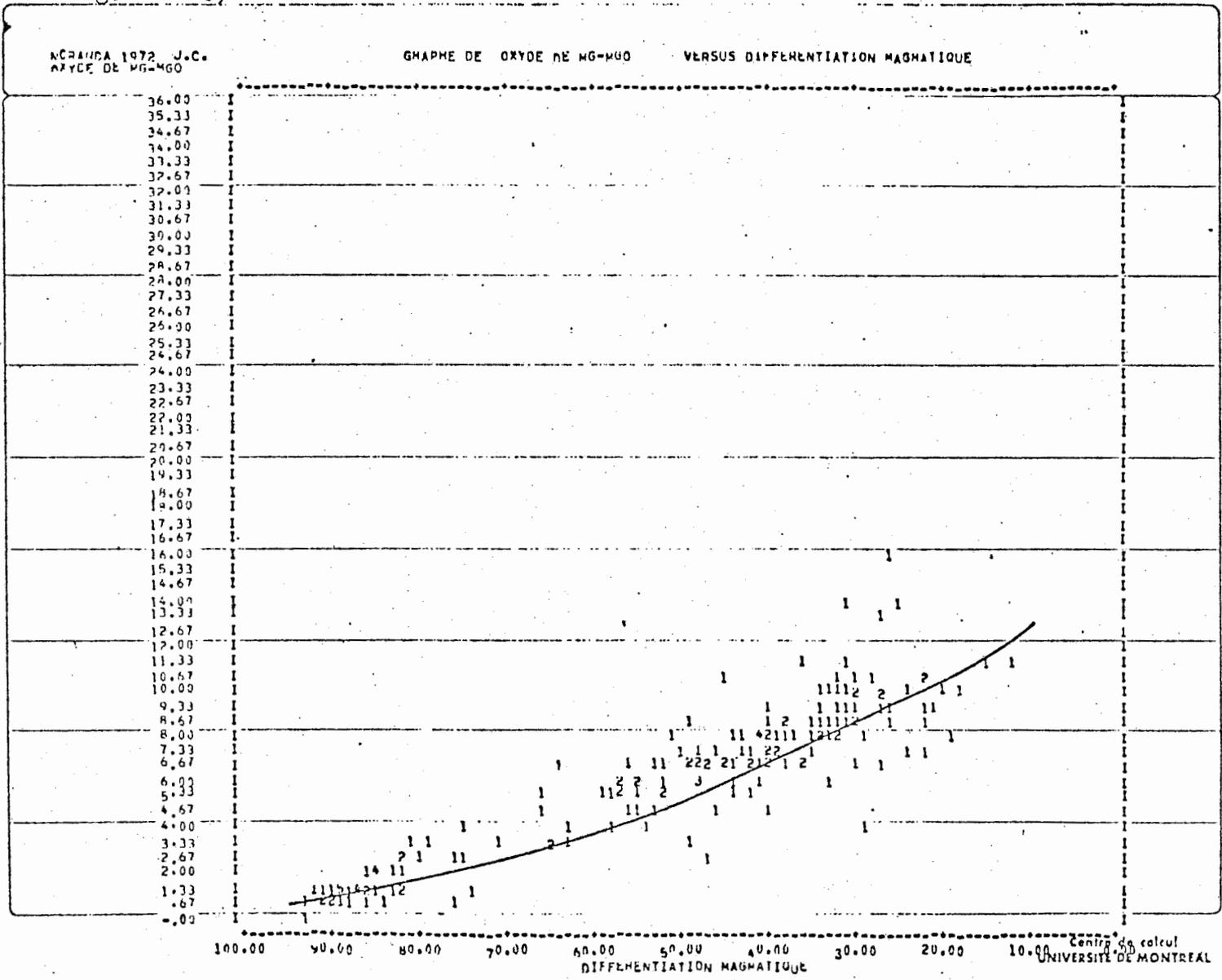


Fig. 58 - f)

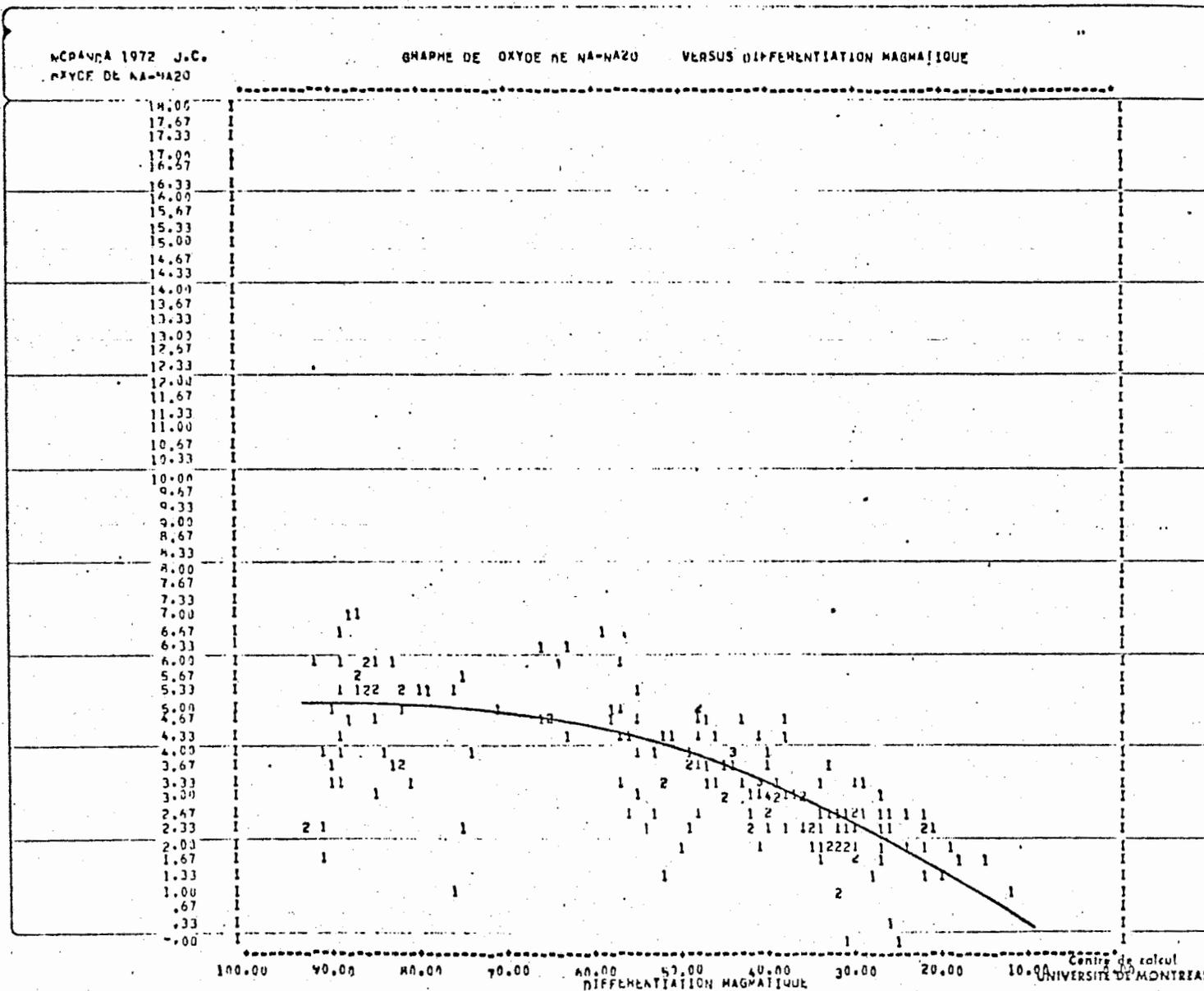


Fig. 58 - g)

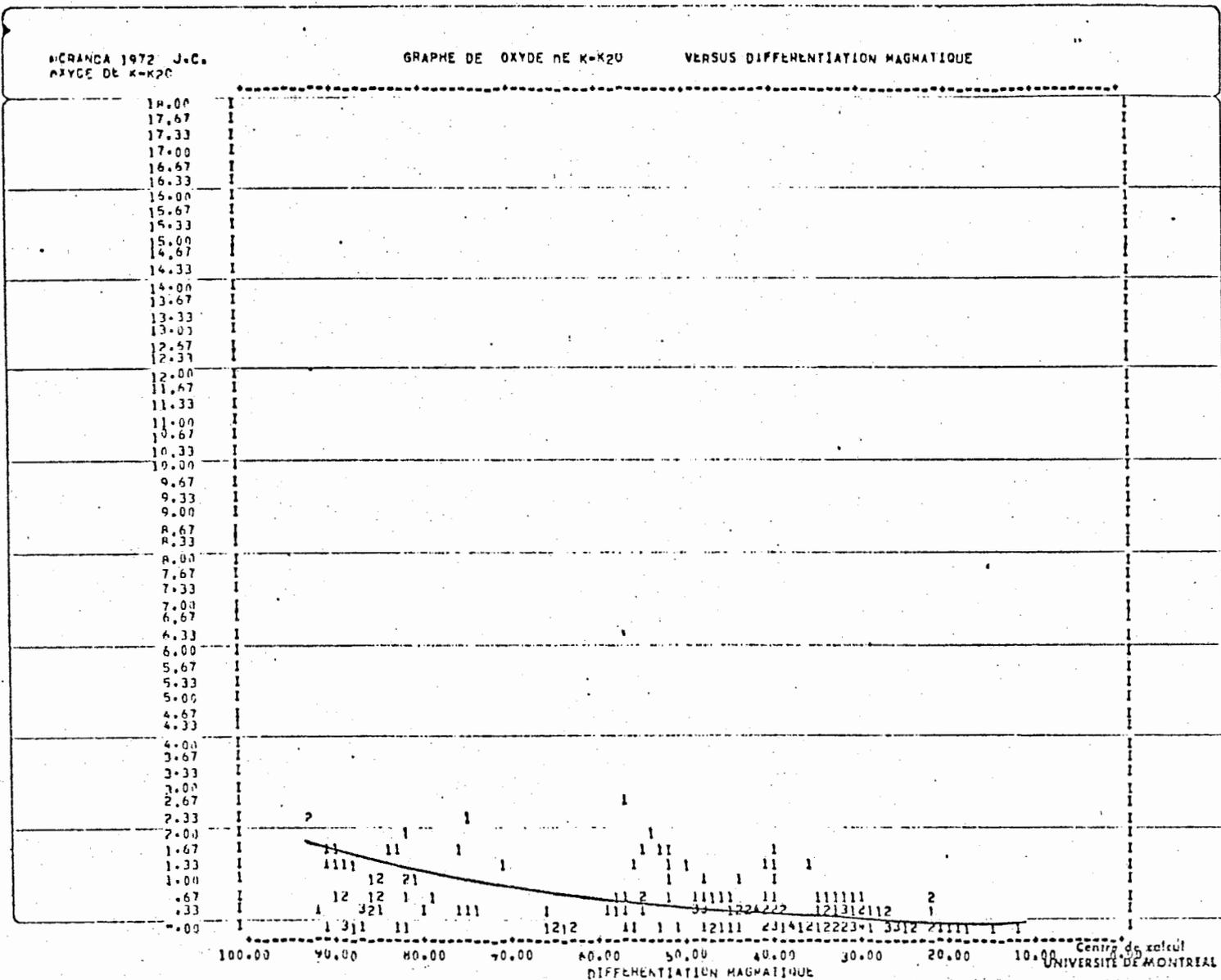
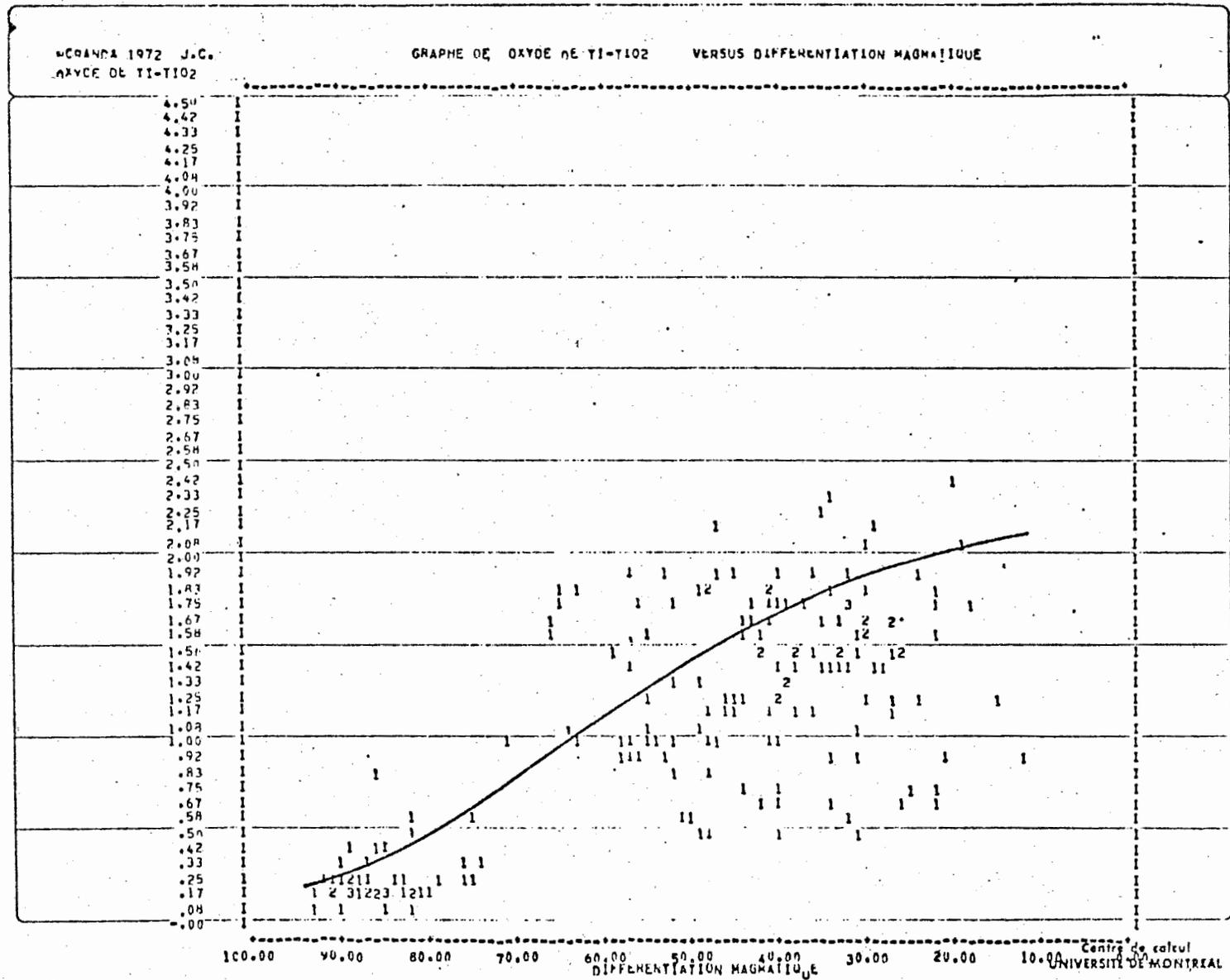


Fig. 58 - h)



solidification se définit comme suit:  $(100 \times \text{MgO}/\text{MgO} + \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ . Il rend compte du pourcentage de matériel solidifié.

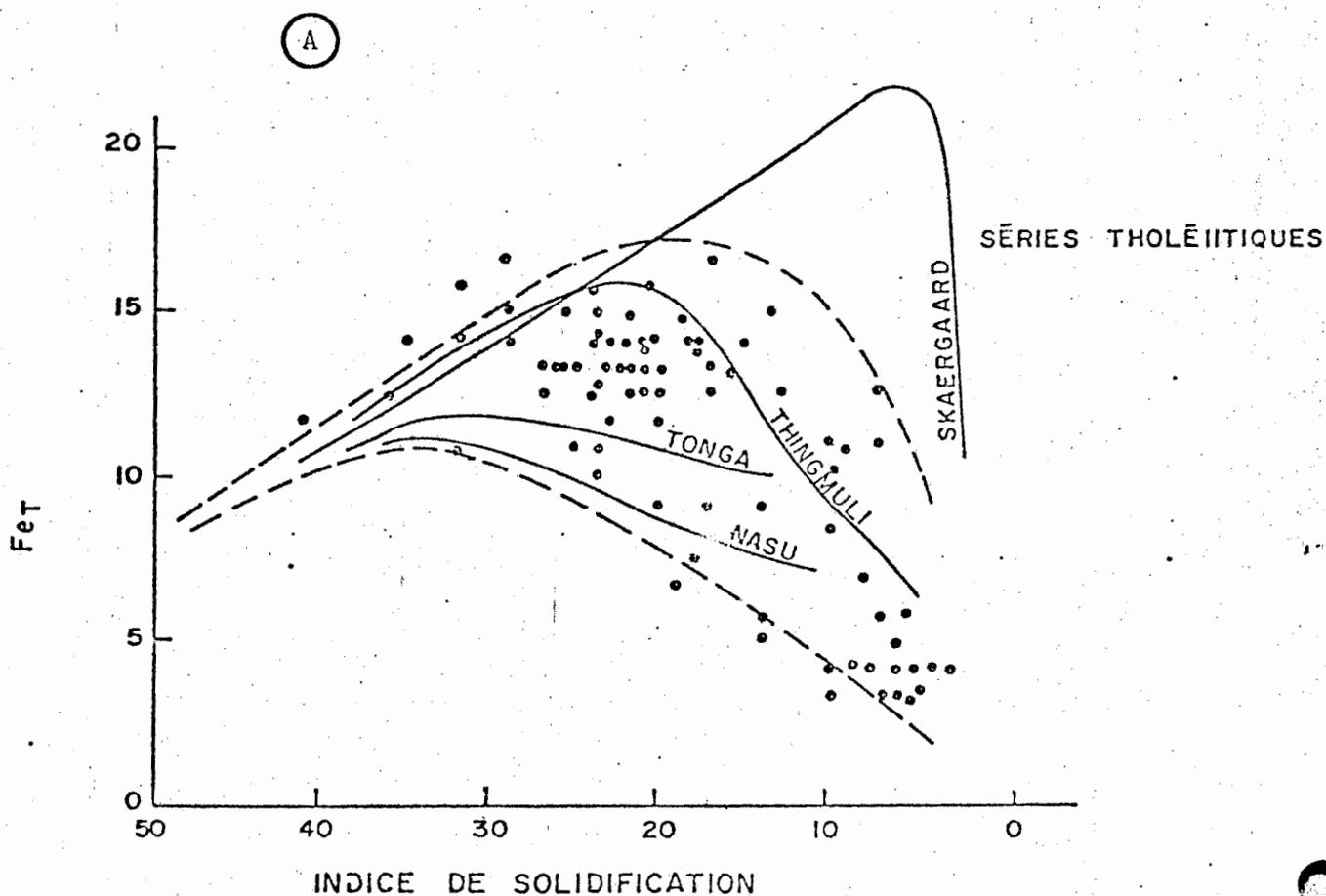
Nous n'avons retenu que le diagramme IS vs Fe tot. (fig. 59 a et b) pour lequel les champs pigeonitique (tholéiitique) et hypersthénique (calco-alcalin) de Kuno ont été délimités. Nous y remarquons l'exacte concordance de nos séries tholéiitiques et calco-alcalines avec les courbes de Kuno. On peut aussi y noter que l'enrichissement en fer avec l'indice de solidification est beaucoup plus grand pour la série tholéiitique que pour la série calco-alcaline. Enfin, nos séries tholéiitiques se comparent à celle de Thingmuli et nos séries calco-alcalines à celles de Nasu et des Cascades.

#### 4.5.4- Diagrammes oxyde-oxyde

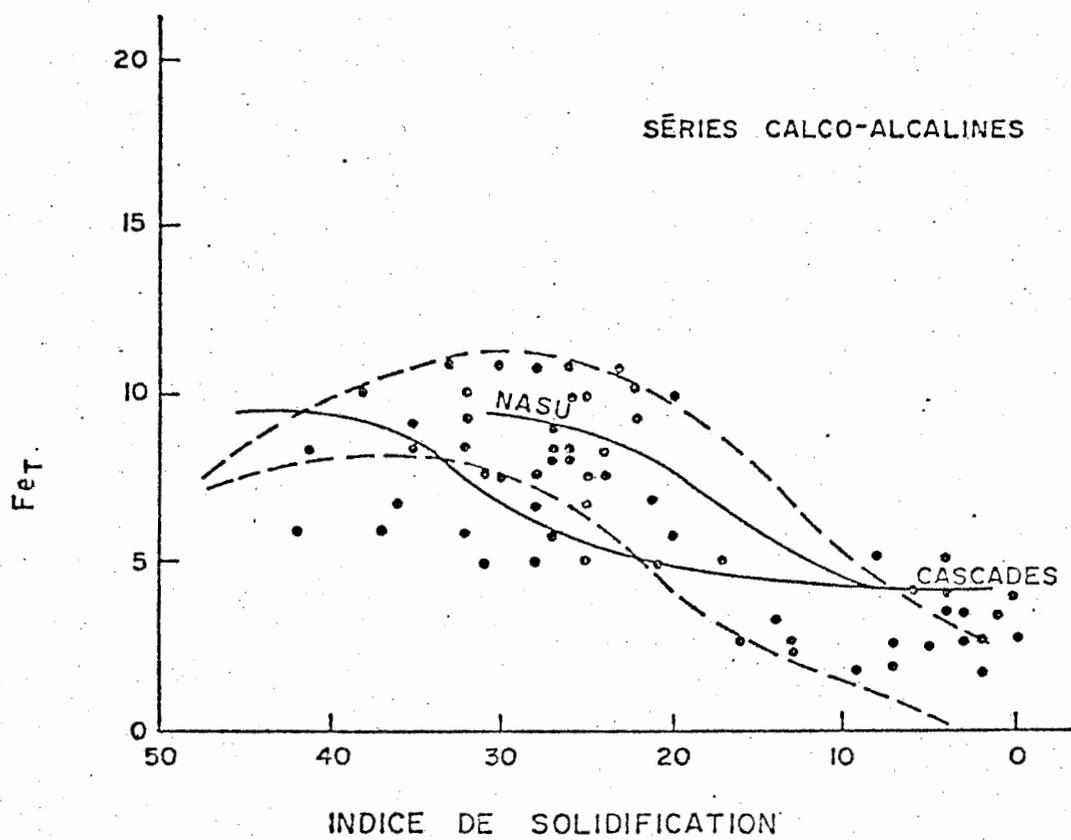
Enfin, nous avons décidé d'inclure les diagrammes de variation de Harker, souvent utilisés pour montrer les interactions entre les différents oxydes (fig. 60 à 65). Ainsi, la teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  diminue avec une augmentation de la teneur en  $\text{SiO}_2$  avec une allure convexe. Le Fe tot, le MgO et le CaO diminuent de même avec une allure concave. Le  $\text{K}_2\text{O}$  reste toujours avec de faibles teneurs mais

Figure 59:

Diagramme Fe TOTAL vs INDICE DE SOLIDIFICATION selon Kuno (1968) pour les roches tholéïtiques (a): série pigeonitique (Kuno, 1968) limitée par les courbes tiretées, Skaergaard (Wager et Deer, 1939), Thingmuli (Carmichael, 1964), Tonga (Brothers et Searle, 1970), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (•); et pour les séries calco-alcalines (b): série hypersthénique (Kuno, 1968), limitée par les courbes tiretées, Cascades (Smith et Carmichael, 1968), Nasu (Kawano et al., 1961), Noranda-72 (◊).



(B)

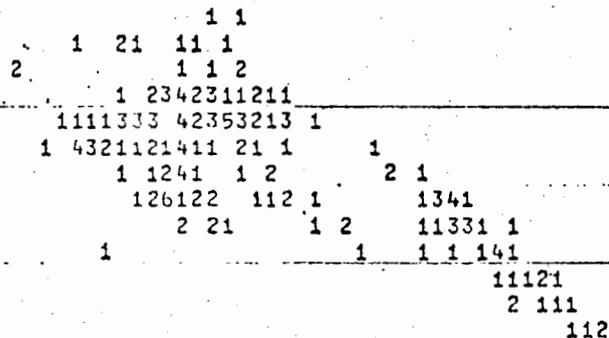


OXYDE DE AL-AL2O3

40.00 I  
 39.00 I  
 38.00 I  
 37.00 I  
 36.00 I  
 35.00 I  
 34.00 I  
 33.00 I  
 32.00 I  
 31.00 I  
 30.00 I  
 29.00 I  
 28.00 I  
 27.00 I  
 26.00 I  
 25.00 I  
 24.00 I  
 23.00 I  
 22.00 I  
 21.00 I  
 20.00 I  
 19.00 I  
 18.00 I  
 17.00 I  
 16.00 I  
 15.00 I  
 14.00 I  
 13.00 I  
 12.00 I  
 11.00 I  
 10.00 I  
 9.00 I  
 8.00 I  
 7.00 I  
 6.00 I  
 5.00 I  
 4.00 I  
 3.00 I  
 2.00 I  
 1.00 I  
 0.00 I

Figure 60:

Diagramme Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vs SiO<sub>2</sub> pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position.



20.00 30.00 40.00 50.00 60.00 70.00 80.00 90.00 100.00

OXYDE DE SI-SiO2

OXYDE DE FE-FeO TOT.

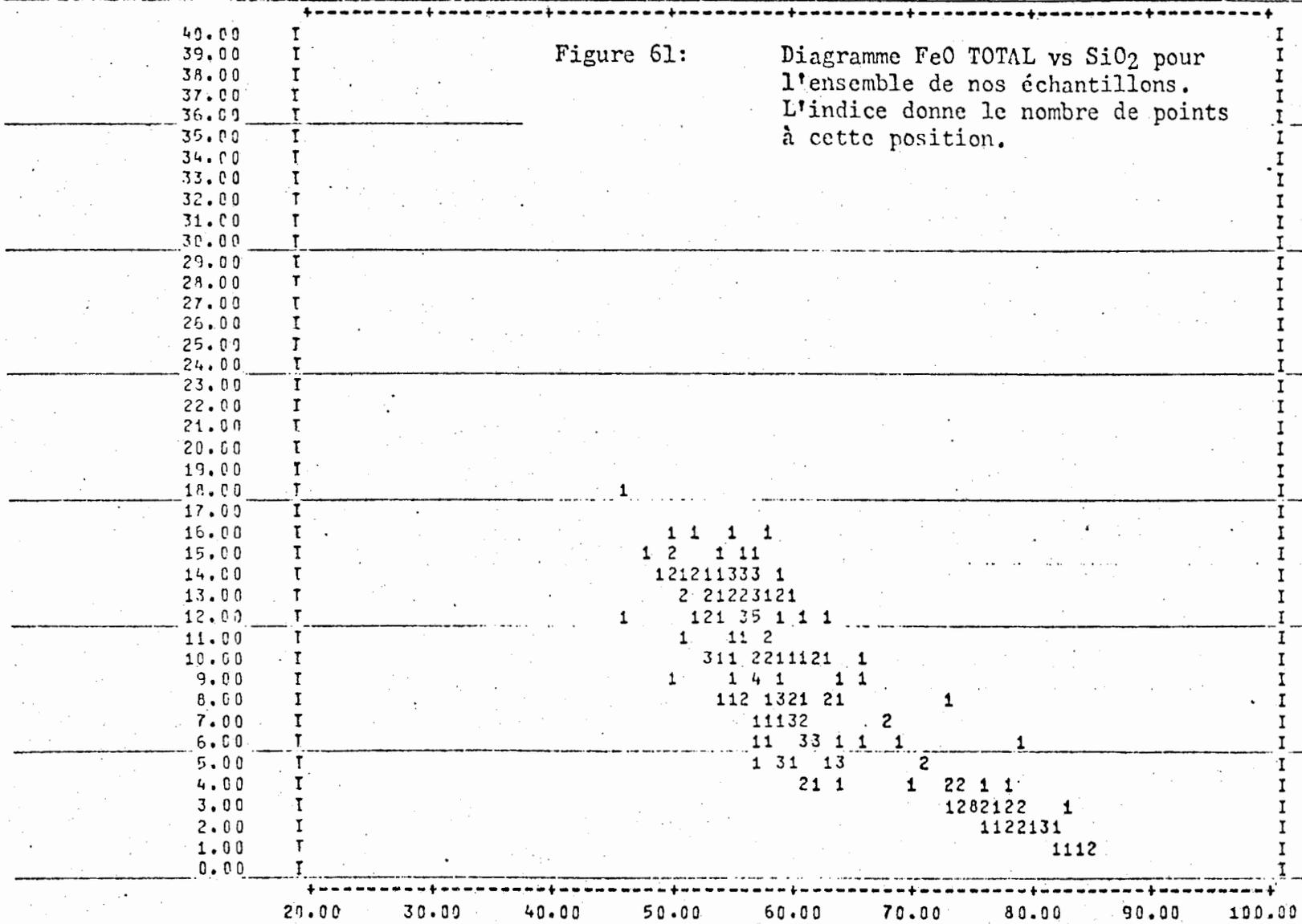


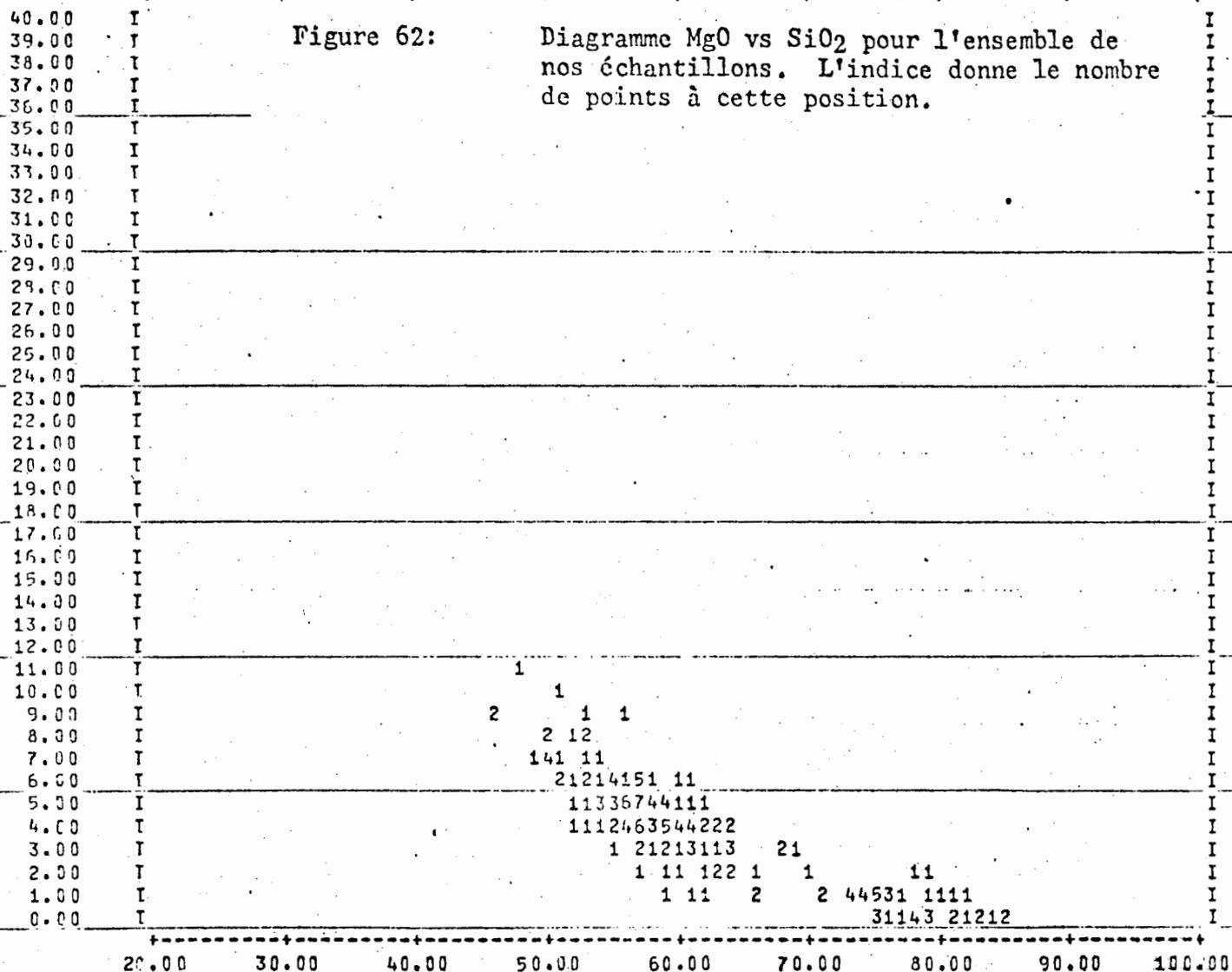
Figure 61: Diagramme FeO TOTAL vs SiO<sub>2</sub> pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position.

OXYDE DE SI-SiO2

OXYDE DE MG-MGO

Figure 62:

Diagramme MgO vs SiO<sub>2</sub> pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position.



OXYDE DE SI-SIO2

OXYDE DE CA-CAO

40.00  
39.00  
38.00  
37.00  
36.00  
35.00  
34.00  
33.00  
32.00  
31.00  
30.00  
29.00  
28.00  
27.00  
26.00  
25.00  
24.00  
23.00  
22.00  
21.00  
20.00  
19.00  
18.00  
17.00  
16.00  
15.00  
14.00  
13.00  
12.00  
11.00  
10.00  
9.00  
8.00  
7.00  
6.00  
5.00  
4.00  
3.00  
2.00  
1.00  
0.00

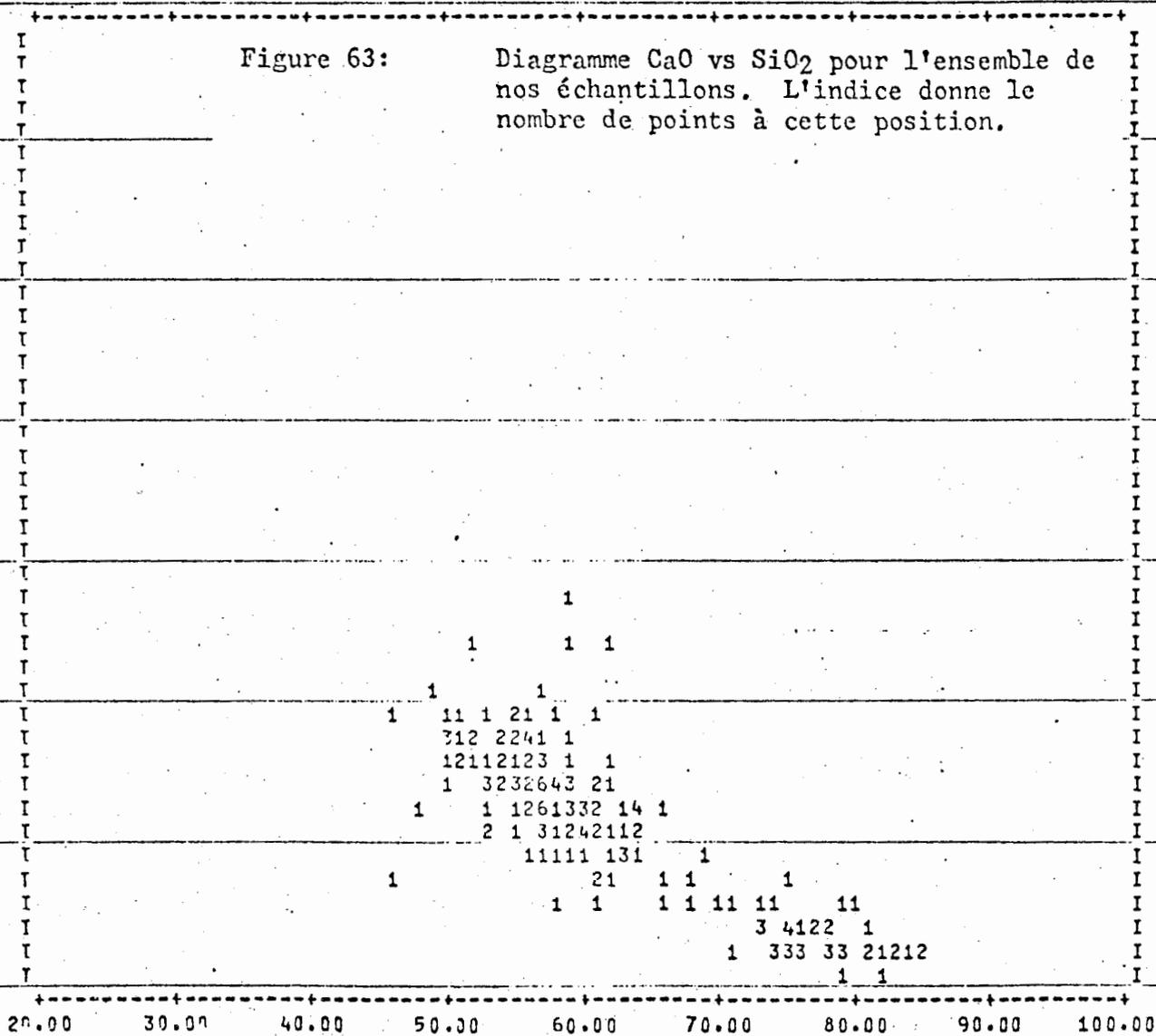


Figure 63:

Diagramme CaO vs SiO<sub>2</sub> pour l'ensemble de nos échantillons. L'indice donne le nombre de points à cette position.

OXYDE DE SI-SIO2





présente une légère augmentation avec le  $\text{SiO}_2$ . Le  $\text{Na}_2\text{O}$  a un comportement plus complexe. Nous croyons déceler une augmentation du  $\text{Na}_2\text{O}$  avec le  $\text{SiO}_2$ , les valeurs plus basses en  $\text{Na}_2\text{O}$  correspondant à des teneurs en  $\text{SiO}_2$  anormalement élevées de 80 à 90%. Ces roches ont probablement subi un apport secondaire en silice en même temps qu'un lessivage du  $\text{Na}_2\text{O}$ .

## CHAPITRE V - LAVES VARIOLAIRES

### 5.1- Généralités

Le long de notre cheminement, tout entier au sud de la faille Porcupine-Destor-Manneville, nous avons rencontré deux occurrences de laves variolaires. La première occurrence (éch. 72-242-A-B-C) se trouve immédiatement au sud de la faille PDM et a une extension latérale très grande, telle que reconnue par Dimroth (1973). L'autre occurrence est plus discrète mais présente un affleurement assez étendu (éch. 72-161-A-B-163-416-C-D-E). Les laves variolaires ont fait l'objet d'une étude particulière par Gélinas (1974) et Gélinas et al (1975, en préparation). C'est à partir de cette étude et de nos propres observations que nous construirons le présent paragraphe.

Les varioles sont généralement sphériques à légèrement aplaties horizontalement, de couleur blanche à grise pâle avec un coeur plus foncé. Les varioles sont des vitrophyres de composition quartz-kérophyre. Un contact net et un relief positif accentuent le contraste avec une matrice vitrophyre, brune et de composition mafique.

### 5.2- Varioles dans des laves mafiques coussinées

Dans les laves mafiques coussinées, on distingue deux modes d'occurrence : ou bien les varioles sont confinées à la bordure des coussins ou bien elles apparaissent simultanément à l'intérieur des coussins et dans la bordure de refroidissement. C'est le deuxième mode d'occurrence que l'on trouve immédiatement au sud de la faille DDM. Ces varioles sont de forme elliptique, avec le grand axe orienté parallèlement au litage, de grosseur allant de 5 mm à quelques centimètres et leur patron de distribution est tout à fait erratique. Le pourcentage des varioles dans les coussins varie de 5 à 80% du volume. Gélinas et al (1975) croient que dans les coussins ordinaires, le pourcentage de varioles dépend fortement du pourcentage de varioles disponibles à l'extrémité de la coulée quand la rupture s'est effectuée et que les coussins se sont formés. Cet argument est avancé du fait que les varioles sont souvent localisées en zones dans la partie centrale des coulées massives observées ailleurs dans la région de Rouyn.

### 5.3- Varioles dans les hyaloclastites

La deuxième occurrence de varioles se situe dans le rang X, canton Dufresnoy N.O. On y trouve des nodules de 2 à 15 mm d'abondance variable et avec une altération en chlorite au pourtour des varioles. Les varioles sont intimement associées à un horizon stratigraphique d'hyaloclastites comprenant des fragments anguleux de varioles dévitrifiées et des lentilles de quartz-kératophyre. Des études au microscope des hyaloclastites ont montré l'éclatement de certaines varioles en un grand nombre de fragments anguleux dans une matrice chloritique. Les petites varioles montrent souvent des évidences de coalescence pour former des bandes de composition quartz-kératophyre (Planche III-1 et 3), des structures concentriques (Planche III-2) ou plissées (Planche III-3).

#### 5.4- Observations au microscope

L'étude au microscope des varioles révèle leur forme généralement elliptique, souvent déformée et leur grosseur variable. Elles présentent aussi des phénomènes de coalescence par l'agglomération de deux ou plusieurs varioles (Planche XVI-1 et 2) qui vont même jusqu'à former de petites lentilles discontinues de quartz-kérophyre. Les varioles ont généralement une bordure riche en épidote et un coeur quartzo-feldspathique. Les contacts entre les varioles et la matrice sont nets. Ils sont parfois marqués par une mince enveloppe de petits grains de magnétite avec ou sans chlorite.

Les laves variolaires fournissent des évidences certaines de l'occurrence simultanée de deux méta-vitrophyres de composition felsique (varioles) ou basique (matrice) par la présence de textures de dévitrification et dans les varioles et dans la matrice. La cristallisation soudaine de deux liquides est aussi confirmée par l'occurrence simultanée de cristaux à refroidissement rapide, type "quench" (Gélinas, 1974).

En général, plusieurs centres de dévitrification dans une variole sont marqués par l'intercroissance complexe d'arrangements de cristaux fibreux en éventail (Planche XVI-3 et 4).

La dévitrification de la matrice mafique crée un feutre de fibres aciculaires orientées au hasard. Quelquefois, la croissance parallèle de ces fines fibres est disloquée par de petites fractures discontinues.

Les laves variolaires montrent aussi des reliques de cristaux mafiques à texture de refroidissement rapide (quench) avec des formes typiques, telles les queues d'hirondelles (swallow tails) et les centres évidés (hollow cores) dans les varioles et la matrice. La plupart de ces cristaux sont remplacés par l'actinote avec ou sans chlorite. Le remplacement, s'étant complètement effectué volume pour volume, a permis de conserver les formes caractéristiques des cristaux à refroidissement rapide. De plus, l'occurrence simultanée de ces cristaux dans les varioles et la matrice implique un équilibre chimique entre les deux liquides et les cristaux coexistants.

Les coupes perpendiculaires à l'élongation de ces cristaux montrent des sections rectangulaires et trapues caractéristiques des pyroxènes (Planche XVII-4) ou des formes de lanternes avec un centre évidé rempli de verre dévitrifié, semblables aux cristaux squelettiques d'olivine (Drever et Johnson, 1957 et Bryan, 1972).

Les coupes parallèlement à l'élongation montrent des cristaux longs, aplatis, courbés ou non, avec des "queues d'hirondelles" et des parties centrales évidées ou non (Planche XVII-1).

Les coupes obliques à l'élongation montrent des cristaux en forme d'aigle (Planche XVII-2), ces cristaux formant souvent des chaînes ou épines dorsales dont les maillons sont séparés par du verre dévitrifié (Planche XVII-3).

En conclusion, nous avons montré des évidences de refroidissement rapide de deux liquides en équilibre avec les cristaux. De plus, les phénomènes de coalescence peuvent expliquer la formation de minces bandes de quartz-kératophyre.

### 5.5- Géochimie des laves variolaires

D'après la position des occurrences de laves variolaires, nous pouvons affirmer que celles-ci apparaissent à la base d'unités stratigraphiques d'affinité tholéiitique.

Gélinas et al (1975) ont fait un relevé de diverses études concernant l'immiscibilité de deux liquides et ils ont montré l'importance du diagramme  $\text{SiO}_2$ - $(\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)$  et du domaine d'immiscibilité défini sur ce diagramme. Gélinas et al (1975) ont aussi examiné la position de diverses séries de roches par rapport au domaine d'immiscibilité. Ainsi, les séries volcaniques alcalines sont éloignées de ce domaine, les séries calco-alcalines s'en rapprochent et les séries tholéiitiques dans un champ plus vaste s'en approchent encore plus. De plus, la migration des séries tholéiitiques vers le domaine d'immiscibilité tient à leur contenu en  $\text{K}_2\text{O}$ : les séries plus riches en  $\text{K}_2\text{O}$  s'approchent des séries calco-alcalines et les séries plus pauvres tendent vers le domaine d'immiscibilité. Ceci est spécialement le cas pour les séries de Nasu (Kawano et al, 1961) et de Tonga (Bryan et al, 1972) dont le contenu en  $\text{K}_2\text{O}$  est faible. Nos propres roches archéennes de la région de Rouyn-Noranda sont exactement dans la même position (fig. 66).

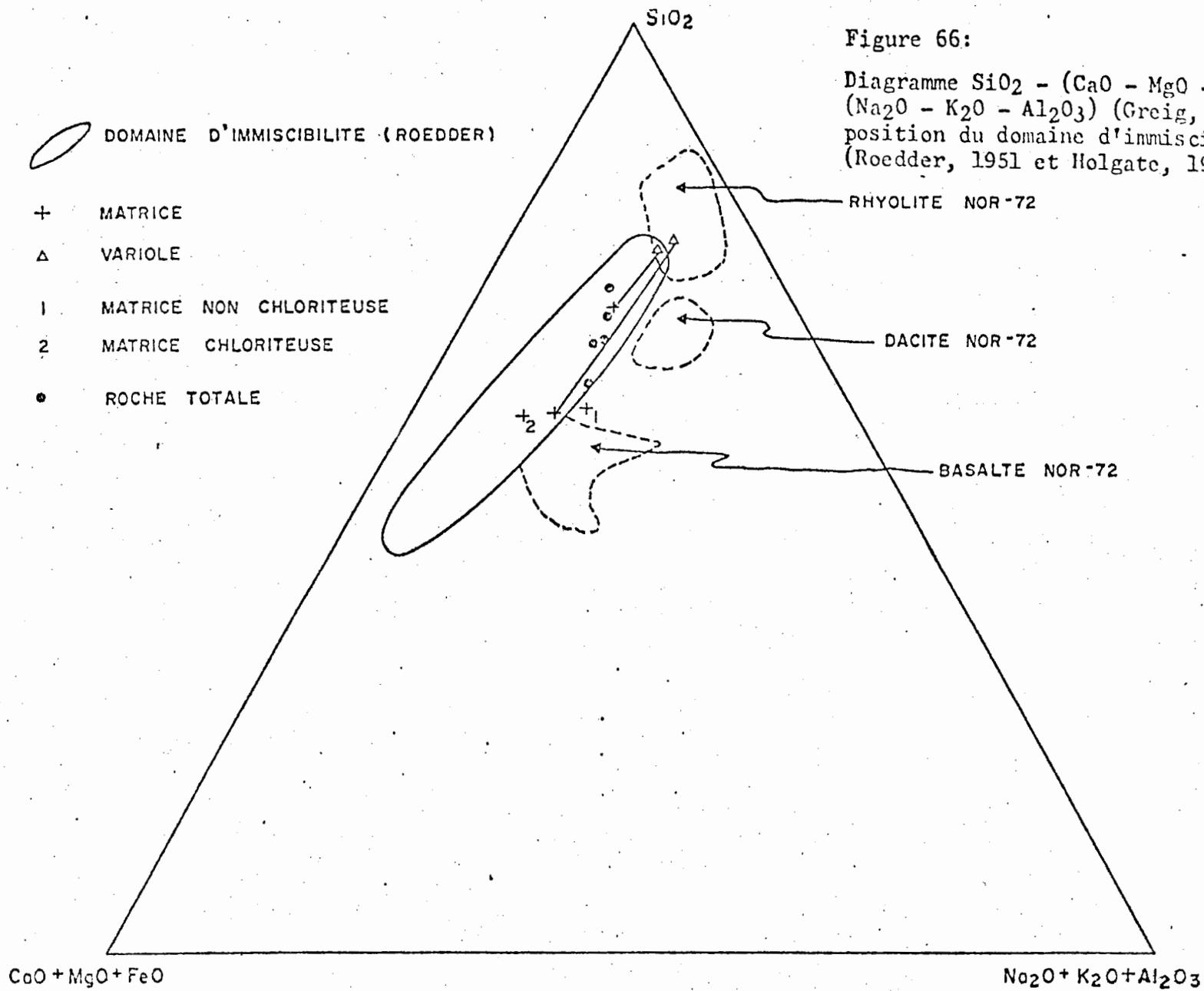


Figure 66:

Diagramme  $SiO_2 - (CaO - MgO - FeO) - (Na_2O - K_2O - Al_2O_3)$  (Greig, 1927) et position du domaine d'immiscibilité (Roedder, 1951 et Holgate, 1954).

○ DOMAINE D'IMMISCIBILITE (ROEDDER)

+ MATRICE

Δ VARIOLE

1 MATRICE NON CHLORITEUSE

2 MATRICE CHLORITEUSE

• ROCHE TOTALE

RHYOLITE NOR-72

DACITE NOR-72

BASALTE NOR-72

CaO + MgO + FeO

Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Nous avons inclus au Tableau XXXVIII des analyses chimiques (roche totale) de laves variolaires en plus d'analyses individuelles de matrices et varioles. Les analyses ont été projetées sur le diagramme  $\text{SiO}_2 - (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{FeO}) - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{Al}_2\text{O}_3)$  (fig. 66). A noter que les analyses de roches totales forment un certain alignement, défini comme une vallée thermique par Gélinas (1974). De plus, les lignes d'attache entre matrice et variole sont parallèles et les deux liquides ainsi représentés pourraient être le cas d'une différenciation. A partir de ces faits, il serait intéressant de considérer le phénomène d'immiscibilité comme un mode de formation possible des rhyolites.

Nous avons de plus fait des études des varioles à la microsonde. Nous avons d'abord effectué une traverse au travers du contact de la nodule vers la matrice (fig. 67). Nous avons ainsi pu constater que le contact est net et particulièrement marqué pour Al, Mg, Fe. De plus, nous avons des analyses des cristaux allongés et recourbés et des "aigles", dont nous avons déjà parlé, afin de déterminer leur nature. Les résultats sont donnés au Tableau XXXIX. Ils sont peu concluants surtout à cause du contenu très élevé en silice. Nous croyons en avoir trouvé la cause dans la nature même de ces cristaux. Ceux-ci étant des cristaux de refroidissement rapide (quench) très minces, le rayon-analyseur les traverse et analyse en plus la matrice quartzo-feldspathique ambiante.

## TABLEAU XXXVIII

Analyses chimiques des laves variolaires

	<u>72-161B</u>	<u>72-163</u>	<u>72-163</u> <sup>*</sup>
	<u>Roche totale</u>	<u>Roche totale</u>	<u>Roche totale</u>
SiO <sub>2</sub>	66.82 (69.09)	63.34 (65.71)	58.61 (61.13)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.23 (11.61)	11.86 (12.30)	12.12 (12.67)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.77 ( 2.86)	1.94 ( 2.01)	2.49 (2.60)
FeO	5.60 ( 5.79)	10.36 (10.75)	14.02 (14.62)
MgO	- ( - )	0.87 ( 0.90)	1.38 ( 1.44)
CaO	6.77 ( 7.00)	3.64 ( 3.78)	2.51 ( 2.62)
Na <sub>2</sub> O	1.57 ( 1.62)	2.33 ( 2.42)	2.49 ( 2.60)
K <sub>2</sub> O	- ( - )	- ( - )	- ( - )
TiO <sub>2</sub>	1.46 ( 1.51)	1.58 ( 1.64)	1.82 ( 1.90)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23 ( 0.24)	0.24 ( 0.25)	0.35 ( 0.37)
S	0.27 ( 0.28)	0.24 ( 0.25)	0.09 ( 0.09)
CO <sub>2</sub>	0.30 ( - )	- ( - )	0.25 ( - )
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.24 ( - )	2.85 ( - )	4.42 ( - )
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	- ( - )	- ( - )	- ( - )
TOTAL	99.26 (100.00)	99.25 (100.00)	100.55 (100.00)
Mn(ppm)	1170	1570	
Cu(ppm)	50	36	
Zn(ppm)	166	153	
Ni(ppm)	12	8	

TABLEAU XXXVIII

(suite 1)

Analyses chimiques des laves variolaires

	<u>72-416D</u>	<u>72-163 *</u>
	<u>Roche totale</u>	<u>Roche totale</u>
SiO <sub>2</sub>	68.44 (71.59)	63.20 (65.65)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.84 (10.29)	11.10 (11.53)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.79 ( 1.87)	9.59 ( 3.22)
FeO	5.34 ( 5.59)	3.86 (10.08)
MgO	.11 ( .12)	2.01 ( 2.09)
CaO	6.63 ( 6.94)	3.09 ( 3.21)
Na <sub>2</sub> O	1.68 ( 1.76)	2.15 ( 2.23)
K <sub>2</sub> O	- ( - )	- ( - )
TiO <sub>2</sub>	1.27 ( 1.33)	1.60 ( 1.66)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.20 ( .21)	.27 ( .28)
S	.30 ( .31)	.05 ( .05)
CO <sub>2</sub>	1.41 ( - )	.11 ( - )
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.26 ( - )	2.83 ( - )
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	- ( - )	.42 ( - )
TOTAL	99.27 (100.00)	100.28 (100.00)
Mn(ppm)	1000	2000
Cu(ppm)	35	35
Zn(ppm)	142	189
Ni(ppm)	9	14

TABLEAU XXXVIII

(suite 2)

Analyses chimiques des laves variolaires

	<u>72-161A</u>		<u>72-161A</u>		<u>72-163</u>
	<u>Matrice</u>		<u>Variolle</u>		<u>Matrice non chloriteuse</u>
SiO <sub>2</sub>	60.41 (69.57)		72.40 (75.98)		54.42 (58.29)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.68 (11.04)		10.09 (10.56)		13.51 (14.30)
FeO	7.84 ( 9.01)		3.28 ( 3.45)		7.28 ( 7.79)
MgO	1.56 ( 1.77)		.12 ( .13)		.30 ( .32)
CaO	4.12 ( 4.77)		4.88 ( 6.14)		14.48 (15.52)
Na <sub>2</sub> O	1.96 ( 2.21)		3.72 ( 3.87)		1.98 ( 2.10)
K <sub>2</sub> O	.06 ( .07)		.01 ( .01)		.07 ( .07)
TiO <sub>2</sub>	1.21 ( 1.39)		.76 ( .80)		1.15 ( 1.23)
Volatiles	13.02 ( - )		4.66 ( - )		6.56 ( - )
MnO	.14 ( .16)		.05 ( .05)		.26 ( .28)
ZnO	- ( - )		- ( - )		- ( - )
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- ( - )		.03 ( .03)		.02 ( .02)
TOTAL	100.00 (100.00)		100.00 (100.00)		100.03 (100.00)

TABLEAU XXXVIII

(suite 3)

Analyses chimiques des laves variolaires

	<u>73-163</u>		<u>73-163</u>		<u>72-163</u>
	<u>Matrice</u>		<u>Matrice</u>		<u>Variolle</u>
	<u>chloriteuse</u>		<u>moyenne</u>		
SiO <sub>2</sub>	51.01 (57.79)		52.74 (58.04)		72.59 (76.69)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.71 ( 9.82)		11.19 (12.24)		10.44 (10.98)
FeO	18.49 (20.83)		12.92 (14.17)		2.36 ( 2.50)
MgO	2.55 ( 2.87)		1.38 ( 1.50)		.14 ( .15)
CaO	4.21 ( 4.76)		9.31 (10.25)		4.04 ( 4.28)
Na <sub>2</sub> O	.55 ( .62)		1.27 ( 1.38)		4.21 ( 4.40)
K <sub>2</sub> O	.03 ( .03)		.05 ( .05)		.02 ( .02)
TiO <sub>2</sub>	2.58 ( 2.91)		1.85 ( 2.04)		.92 ( .97)
Volatiles	11.55 ( - )		8.95 ( - )		5.25 ( - )
MnO	.32 ( .36)		.29 ( .32)		.01 ( .01)
ZnO	- ( - )		- ( - )		- ( - )
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- ( - )		- ( - )		- ( - )
TOTAL	100.00 (100.00)		99.95 (100.00)		99.98 (100.00)

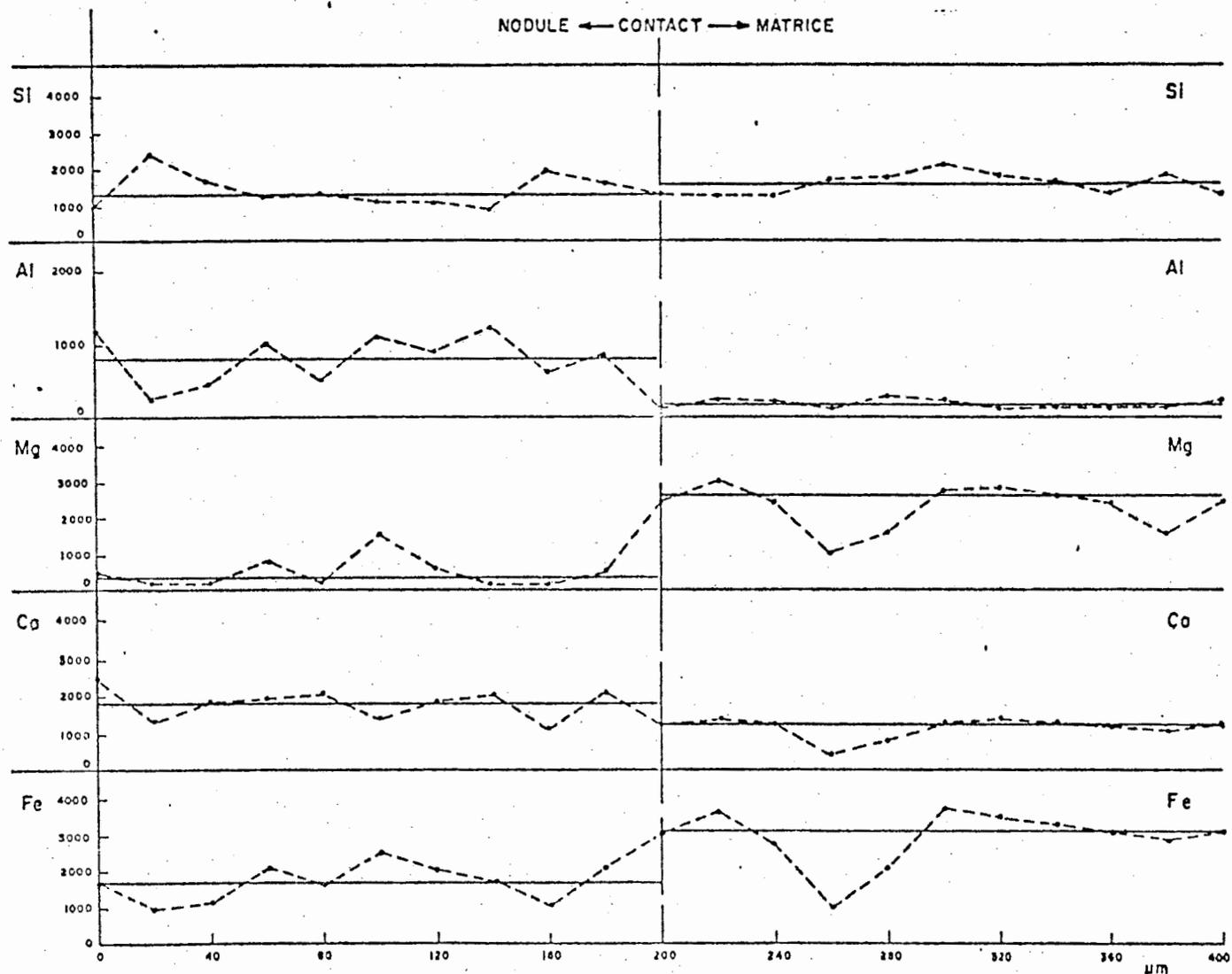


Figure 67: Traverse à la microsonde au contact entre nodule et matrice dans une lave variolaire. Le profil a été réalisé pour Si, Al, Mg, Ca, Fe.

## TABLEAU XXXIX

ANALYSES CHIMIQUES DE CRISTAUX SQUELETTIQUES A LA MICROSONDE

	<u>AIGLE</u>		<u>AIGLE NO 2</u>		<u>QUCHREC 1</u>	
	<u>% poids</u>	<u>Cations</u>	<u>% poids</u>	<u>Cations</u>	<u>% poids</u>	<u>Cations</u>
MgO	0.01779	0.092	0.01277	0.058	0.00757	0.042
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03718	0.152	0.08193	0.295	0.08057	0.350
SiO <sub>2</sub>	0.71908	0.499	0.80072	2.443	0.067645	2.495
CaO	0.02571	0.096	0.02034	0.066	0.03734	0.148
FeO	0.20092	0.584	0.13656	0.348	0.06217	0.192
TiO <sub>2</sub>	-	-	0.04149	0.095	0.01861	0.052
MnO	-	-	0.00326	0.008	-	-
TOTAL	1.00068	3.423	1.09706	3.314	0.088272	3.278
Nb. oxygènes		6		6		6

TABLEAU XXXIX  
(suite)

ANALYSES CHIMIQUES DE CRISTAUX SQUELETTIQUES A LA MICROSONDE

	<u>QUCHREC 2</u>		<u>QUCHEP 1</u>		<u>QUCHEP 2</u>	
	<u>% poids</u>	<u>Cations</u>	<u>% poids</u>	<u>Cations</u>	<u>% poids</u>	<u>Cations</u>
MgO	0.00110	0.006	0.00004	-	0.00652	0.033
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.21051	0.925	0.14396	0.654	0.05977	0.238
SiO <sub>2</sub>	0.58859	2.193	0.59367	2.288	0.78011	2.635
CaO	0.00872	0.035	0.08329	0.344	0.03379	0.122
FeO	0.01523	0.047	0.02666	0.086	0.05066	0.143
TiO <sub>2</sub>	0.02445	0.069	0.00200	0.006	0.01427	0.036
MnO	-	-	-	-	-	-
TOTAL	0.84861	3.275	0.84961	3.378	0.94512	3.208
Nb. d'oxygènes		6		6		6

## CHAPITRE VI: METAMORPHISME

### 6.1- Généralités

La ceinture volcanique d'Abitibi est généralement reconnue comme la moins métamorphisée et la moins déformée des ceintures du Bouclier canadien. Les faciès de métamorphisme régional rencontrés sont, par ordre de température croissante, du nord au sud, le faciès zéolitique et le faciès des schistes verts. Dans le premier cas, nous avons rencontré des occurrences de prehnite et pumpellyite dans des roches volcaniques mafiques et intermédiaires. Les minéraux mettent en évidence un faciès de très faible métamorphisme. Dans le second cas, nous avons observé un assemblage minéralogique simple et typique avec quartz-albite-muscovite (séricite)-chlorite. Il faut ajouter la présence de stilpnomélane, évidence de très haute pression, dans la partie supérieure du faciès prehnite-pumpellyite.

?  
o (WINKLER (1874))

## 6.2- Métamorphisme d'enfouissement: faciès prehnite-pumpellyite

Comme nous l'avons dit, nous avons trouvé plusieurs occurrences de prehnite et pumpellyite dans les roches volcaniques mafiques et intermédiaires (fig. 68 et Tableau XL). Les minéraux sont indicateurs d'un métamorphisme d'enfouissement de très faible degré. Lors de l'enfouissement, les assemblages minéralogiques chimiquement instables sont transformés en assemblages de faible température riches en zéolites. Ces transformations prennent place, selon Coombs (1953), à des profondeurs variant de 20,000 à 30,000 pieds. Les conditions correspondantes sont des pressions de 2000 à 3000 bars et des températures de 200°C à 300°C.

L'assemblage minéralogique typique de cette zone est quartz-albite-pumpellyite-prehnite-épidote-actinote-chlorite avec des quantités mineures de carbonates et leucoxènes.

La prehnite se retrouve dans des veines, amygdules ou en remplacement des feldspaths, en petites masses à structure radiale. La pumpellyite tapisse les amygdules ou forme des petites masses avec son pléochroïsme caractéristique bleu-vert. Les autres minéraux les plus abondants sont la chlorite, l'épidote "pistachite", l'albite et le quartz.

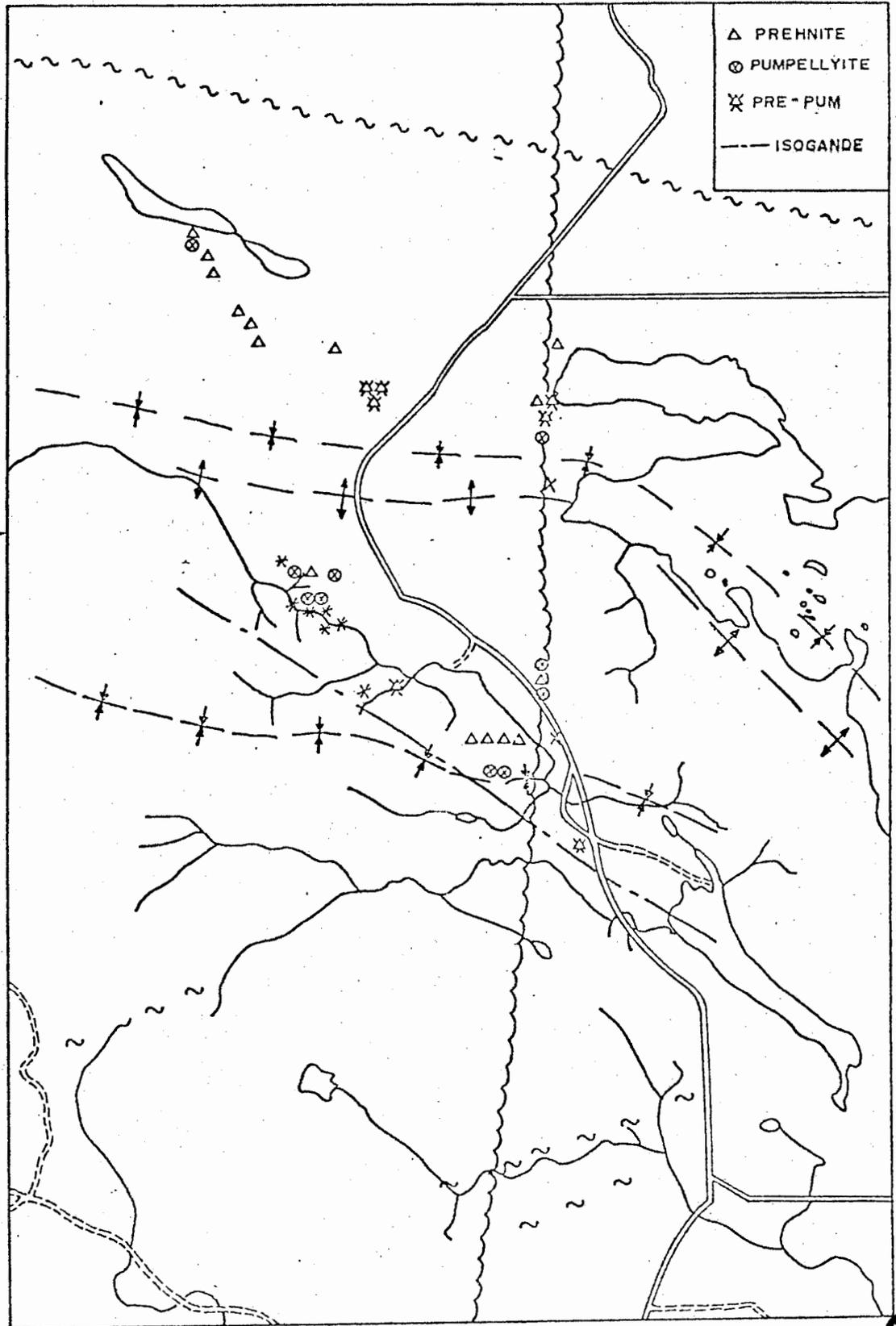


Fig. 68: Occurrence de prehnite, pumpellyite, stilpnomélane et position de l'isograde de métamorphisme prehnite-pumpellyite.

TABLEAU XLOccurrences de prehnite - pumpellyite - stilpnomélane

<u>Prehnite</u>	<u>Pumpellyite</u>	<u>Pre. + Pum.</u>	<u>Stilpnomélane</u>	<u>Sti.± Pre.± Pum.</u>
347A	71A	4B	159A	154
352	251A	159B	159C	
412	253E	80A		
325	251C	80B		
156	255			
366A	329			
366B	410			
379	414			
71C	254			
	389			
	311A			
	311B			
	313A			
	313B			

A noter un genre de zonation du faciès prehnite-pumpellyite avec la prehnite dominante au nord, prehnite et pumpellyite au centre et la pumpellyite dominante au sud (fig. 68).

La dernière occurrence de prehnite et pumpellyite se situe à 5 mi (8 km) au sud de la faille DDM dans le canton Dufresnoy soit 1 mi plus au sud que la limite indiquée par Gélinas et Brooks, 1974. Cette dernière occurrence de minéraux indicateurs dans les roches mafiques et intermédiaires constitue un isograde métamorphique et sa position est indiquée sur la figure 68.

### 6.3- Stilpnomélane

La stilpnomélane est caractéristique d'un environnement de haute pression et on la trouve tout spécialement dans les metabasaltes de la partie supérieure du faciès prehnite-pumpellyite. Selon Winkler (1967), une élévation de température par rapport aux conditions précédentes marque l'apparition de l'épidote, de la stilpnomélane et de l'actinote, minéraux qui demeurent stables par la suite dans le faciès des schistes verts. Cette zone peut donc être considérée comme transitionnelle entre les deux types de faciès. En fait, la stilpnomélane se retrouve essentiellement avec la pumpellyite dans la partie sud du faciès prehnite-pumpellyite (fig. 68).

#### 6.4- Faciès des schistes verts

A une température plus élevée que celle décrite plus haut, la prehnite d'abord, puis la pumpellyite deviennent instables: l'épidote et l'actinote les remplacent alors. Les transformations marquent le passage au faciès des schistes verts. En fait, selon Winkler (1967), le faciès prehnite-pumpellyite est remplacé par le faciès des schistes verts à une température de 400°C.

L'albite, la chlorite et l'actinote sont des minéraux communs dans le faciès des schistes verts. Cependant, ils sont aussi présents à plus basse température dans le faciès prehnite-pumpellyite. Le début du faciès des schistes verts est caractérisé par la disparition complète de la prehnite et de la pumpellyite au profit de l'épidote et de l'actinote. L'isograde est donné à la fig. 68.

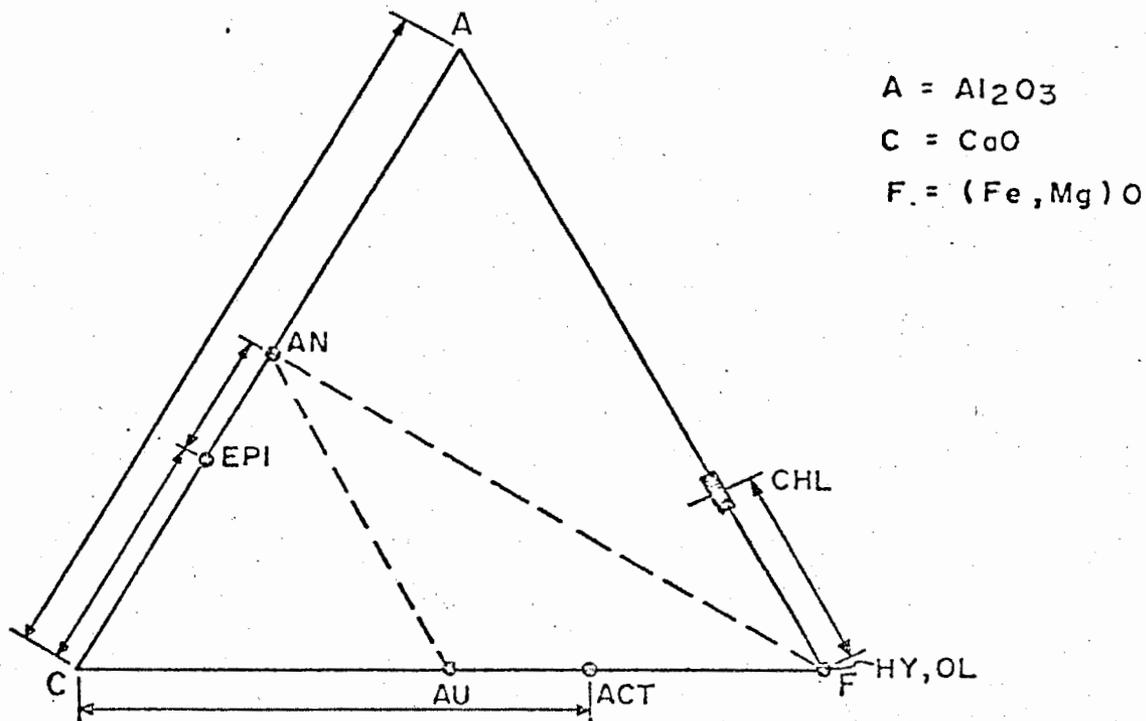
Depuis longtemps déjà, le métamorphisme régional a été reconnu comme étant celui du faciès de schistes verts. Rarement, nos études pétrographiques ont-elles pu révéler la présence des minéraux primaires tels plagioclases calciques, hypersthène, augite, olivine ou ilménite. Le plagioclase calcique est remplacé par l'albite (voir les études par diffraction) et la clinozoisite sous forme de phénocristaux d'albite tachetés de clinozoisite. Les minéraux ferro-magnésiens sont remplacés par l'actinote ou la chlorite si la quantité d'eau est suffisante. Parfois, la réaction

ne s'est pas complétée dans le cas de l'augite et on y trouve l'augite avec des couronnes d'actinote. L'ilménite est toujours transformée en leucoxène + lamelles d'exsolution de magnétite .

Du fait de la très faible quantité de potassium dans nos roches, nous pouvons nous contenter du diagramme ACF pour caractériser nos assemblages. L'assemblage primaire et les réactions en cause sont données à la figure 69.

Le faciès des schistes verts a été subdivisé en trois sous-faciès, à savoir chlorite, biotite, grenat almandin. Toute notre région se situe dans le sous-faciès de la chlorite.

L'assemblage le plus commun (voir les tableaux de description pétrographique) est EPI-CHL-ACT (fig. 70). L'assemblage complet est QZ-AB-EPI-CHLO-ACT  $\pm$  SER  $\pm$  leucoxène.



ASSEMBLAGE PRIMAIRE : AN - AU - (HY, OL)

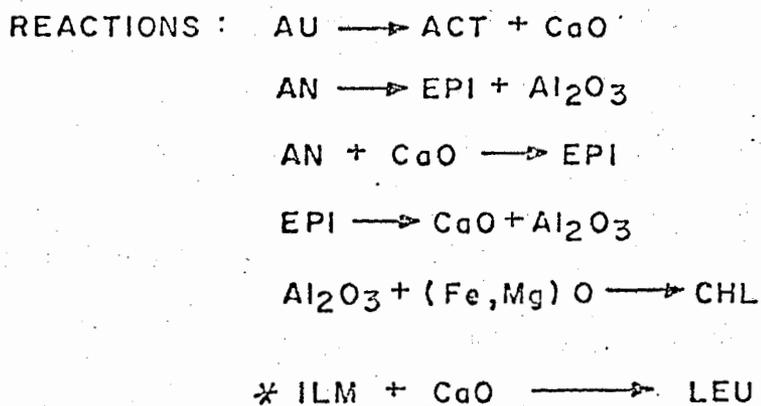
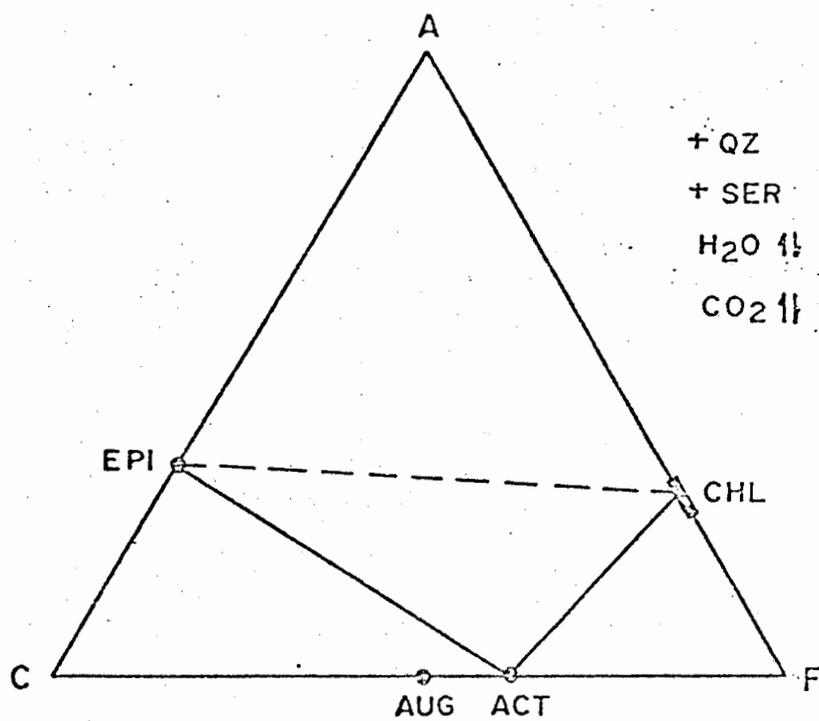


Fig. 69: Assemblage primaire et réactions en cause lors du métamorphisme pour atteindre le faciès des schistes verts.



ASSEMBLAGE COMMUN : EPI + ACT + CHL

Fig. 70: Assemblage minéralogique typique du faciès des schistes verts.

### 6.5- Considérations géochimiques

Gélinas et Brooks (1974) ont fait une étude sommaire du métamorphisme de la région et ils ont constaté que l'isograde prehnite-pumpellyite est fortement rejeté vers le nord au voisinage des batholites, alors que plus à l'ouest la presque totalité de la ceinture volcanique appartient au faciès prehnite-pumpellyite. Ils ont suggéré que l'occurrence des batholites corresponde à un point chaud. Dès lors, la minéralogie des schistes verts et du faciès de la biotite plus au sud seraient des phénomènes locaux causés par l'intrusion d'un batholite granitique au sud à l'encontre de ce qu'on trouve ailleurs dans les autres ceintures du Bouclier où le faciès régional est celui des schistes verts et le faciès relié aux intrusifs celui des amphibolites.

Selon Jolly et Smith (1972), le passage du faciès des schistes verts au faciès prehnite-pumpellyite devrait être marqué par un enrichissement en  $\text{CaO}$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et un appauvrissement en  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Na}_2\text{O}$ . Nous avons inclus au Tableau XLI les analyses de basaltes et andésites contenant prehnite et pumpellyite. Comparons maintenant la composition moyenne des roches du faciès des schistes verts avec les compositions moyennes des roches contenant prehnite et pumpellyite. On y constate que les variations chimiques sont peu importantes, ne correspondent pas toutes à celles de Jolly et Smith et répondent selon nous à des phénomènes locaux particuliers à la région.

TABLEAU XLI

Andésites

	<u>72-254</u> <u>PRE</u>	<u>72-251C</u> <u>PRE</u>	<u>72-255</u> <u>PRE</u>	<u>72-329</u> <u>PRE</u>	<u>72-414</u> <u>PRE</u>	<u>72-071A</u> <u>PRE</u>	<u>72-253E</u> <u>PRE</u>
SiO <sub>2</sub>	53.70	57.64	57.98	57.70	55.66	51.87	54.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.69	15.74	20.24	16.36	16.22	14.16	16.97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.51	1.42	0.89	1.32	1.63	1.98	0.97
FeO	5.66	5.27	2.83	5.27	5.98	10.46	3.80
FeO T	4.04	5.09	2.82	5.02	5.79	9.52	3.63
MgO	4.50	4.29	2.53	3.92	3.90	7.66	3.55
CaO	7.64	6.65	5.50	5.55	7.36	6.61	13.59
Na <sub>2</sub> O	3.87	3.83	3.35	5.15	3.09	2.37	0.15
K <sub>2</sub> O	0.14	0.33	2.45	0.52	0.32	0.07	-
TiO <sub>2</sub>	0.72	1.05	0.98	0.99	1.68	0.92	0.74
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.23	0.19	0.18	0.37	0.08	0.18
CO <sub>2</sub>	0.46	0.49	0.45	0.62	0.10	0.15	0.43
S	0.02	0.09	0.01	0.02	0.03	0.03	0.16
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.05	2.81	2.81	2.42	2.97	2.61	5.02
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.21	0.15	0.07	0.10	0.09	0.08	0.25
TOTAL	100.32	99.99	100.33	100.12	99.40	99.25	100.76

TABLEAU XLI

Andésites  
(suite)

	<u>72-366B</u> <u>PUM</u>	<u>72-384</u> <u>PRE-PUM</u>	<u>72-169A</u> <u>PRE-PUM</u>	<u>72-415</u> <u>PRE-PUM</u>	<u>72-352</u> <u>PUM</u>	<u>72-412</u> <u>PUM</u>	<u>Moyenne</u> <u>SV</u>	<u>Moyenne</u> <u>PP</u>
SiO <sub>2</sub>	53.70	56.01	53.24	51.88	54.95	53.08	54.77	54.80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.23	16.11	16.46	17.09	17.11	16.82	15.43	16.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.64	0.30	1.39	1.91	1.58	2.05	2.45	1.43
FeO	8.42	6.75	6.71	6.75	5.82	7.03	6.64	6.21
FeO T	8.39	5.46	6.19	6.58	5.63	6.94	7.37	5.78
MgO	3.16	3.74	5.76	4.37	4.60	3.54	3.92	4.27
CaO	5.82	6.31	6.09	7.44	6.08	6.41	6.77	7.00
Na <sub>2</sub> O	3.80	4.11	2.79	4.17	4.76	4.95	3.04	3.57
K <sub>2</sub> O	0.05	0.43	1.34	0.13	0.35	0.21	0.38	0.49
TiO <sub>2</sub>	1.52	1.73	0.93	1.77	0.97	1.79	1.25	1.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.09	0.06	0.25	0.12	0.45	0.18	0.19
CO <sub>2</sub>	0.31	0.27	1.62	0.34	0.24	0.14	0.99	0.42
S	0.07	0.03	0.09	0.02	0.02	0.01	0.11	0.05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.30	3.22	3.86	3.22	3.00	2.59	3.40	3.22
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.19	0.14	0.17	0.12	0.17	0.07	0.13	0.14
TOTAL	99.29	99.24	100.51	99.46	99.27	99.19	99.49	99.78

TABLEAU XLIBasaltes  
(suite)

	<u>72-410</u>	<u>72-251A</u>	<u>72-004B</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Moyenne</u>
	PRE	PRE	PRE-PUM	SV	PP
SiO <sub>2</sub>	49.95	50.18	46.65	48.77	48.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.54	17.08	14.91	15.28	16.84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.42	3.26	3.41	3.63	3.36
FeO	6.24	6.11	10.48	8.63	7.61
FeO T	7.24	7.03	10.53	9.22	8.27
MgO	5.79	6.63	6.69	5.62	6.37
CaO	6.20	10.11	9.04	8.63	8.45
Na <sub>2</sub> O	2.73	1.31	2.45	2.31	2.16
K <sub>2</sub> O	1.33	0.41	0.06	0.19	0.60
TiO <sub>2</sub>	1.13	0.67	1.79	1.44	1.20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15	0.18	0.13	0.17	0.15
CO <sub>2</sub>	0.31	0.66	0.99	1.06	0.65
S	0.01	0.05	0.01	0.08	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.84	3.56	4.28	3.91	3.89
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.16	0.20	-	0.13	0.12
TOTAL	99.80	100.41	100.89	99.85	100.37

## CHAPITRE VII - GEOLOGIE ECONOMIQUE

### 7.1- Généralités

Une étude concernant la région de Rouyn-Noranda ne peut être complète sans faire mention de la géologie économique. A noter cependant que le type d'échantillonnage, à savoir prise d'échantillons aux changements lithologiques le long d'une coupe, ne se prête pas très bien à une interprétation métallogénique. Nous verrons donc d'une façon globale la métallogénèse de l'Abitibi, puis les occurrences minéralisées de la région et enfin certaines considérations géochimiques applicables en métallogénie.

## 7.2- Métallogénèse de l'Abitibi

Dans la ceinture volcanique d'Abitibi, on a reconnu quatre (4) types principaux de minéralisation (Hutchinson, Riddler et Suffel, 1971):

- 1- Cu-Ni, associés à des intrusifs mafiques et ultramafiques.
- 2- Cu-Zn-Au-Ag, associés à des extrusifs mafiques et felsiques.
- 3- Fe-Au, associés aux sédiments d'origine chimique.
- 4- Formations de fer dans des sédiments clastiques.

La région de Rouyn-Noranda elle-même est caractérisée par deux (2) modes d'occurrence de dépôts métallifères d'importance économique (Sharpe, 1967):

- 1- Veines de quartz avec minéralisation en or et argent: Gisements de type filonien que l'on trouve associés soit à des intrusifs acides tel le granite du Lac Flavrian, soit à des zones de cisaillement intense telle la faille Cadillac.
- 2- Amas pyriteux avec minéralisation en cuivre, zinc et plomb en plus de quantités accessoires en or et argent: gisements de sulfures associés aux roches

volcaniques et généralement localisés à un contact (Gilmour, 1968).

Depuis le début des opérations minières dans la région jusqu'en 1967, on a extrait environ 1,800,000 tonnes de Cu, 700,000 tonnes de zinc, 12,000,000 d'onces d'or, en plus de quantités accessoires d'argent, tellures, sélénium et cadmium.

La métallogénèse de l'Abitibi est dominée par des roches ignées du Keewatin dont l'origine est reliée à des processus exhalatifs et par des sédiments chimiques et clastiques témiscamiens. Le tout est encadré par la théorie des "island arcs" et des eugéosynclinaux. L'extrusion du Keewatin est sous-marine comme le montre l'abondance de laves coussinées et de sédiments intercalés. Le volcanisme est localisé par des centres ou complexes et il devient de plus en plus felsique et explosif vers le haut (Goodwynn, 1965). En outre, le volcanisme est épisodique ou rythmique (Sharpe, 1967). Des périodes de sédimentation exhalative terminent généralement les cycles. A noter qu'il y a peu de formations de fer au sommet des empilements à comparer avec d'autres ceintures comme celles du Nord-Ouest de l'Ontario. Les gisements producteurs sont surtout situés en bordure des complexes volcaniques et celui qui nous intéresse plus particulièrement est le complexe Noranda-Benoit (Goodwynn et Riddler, 1971) (fig. 71).

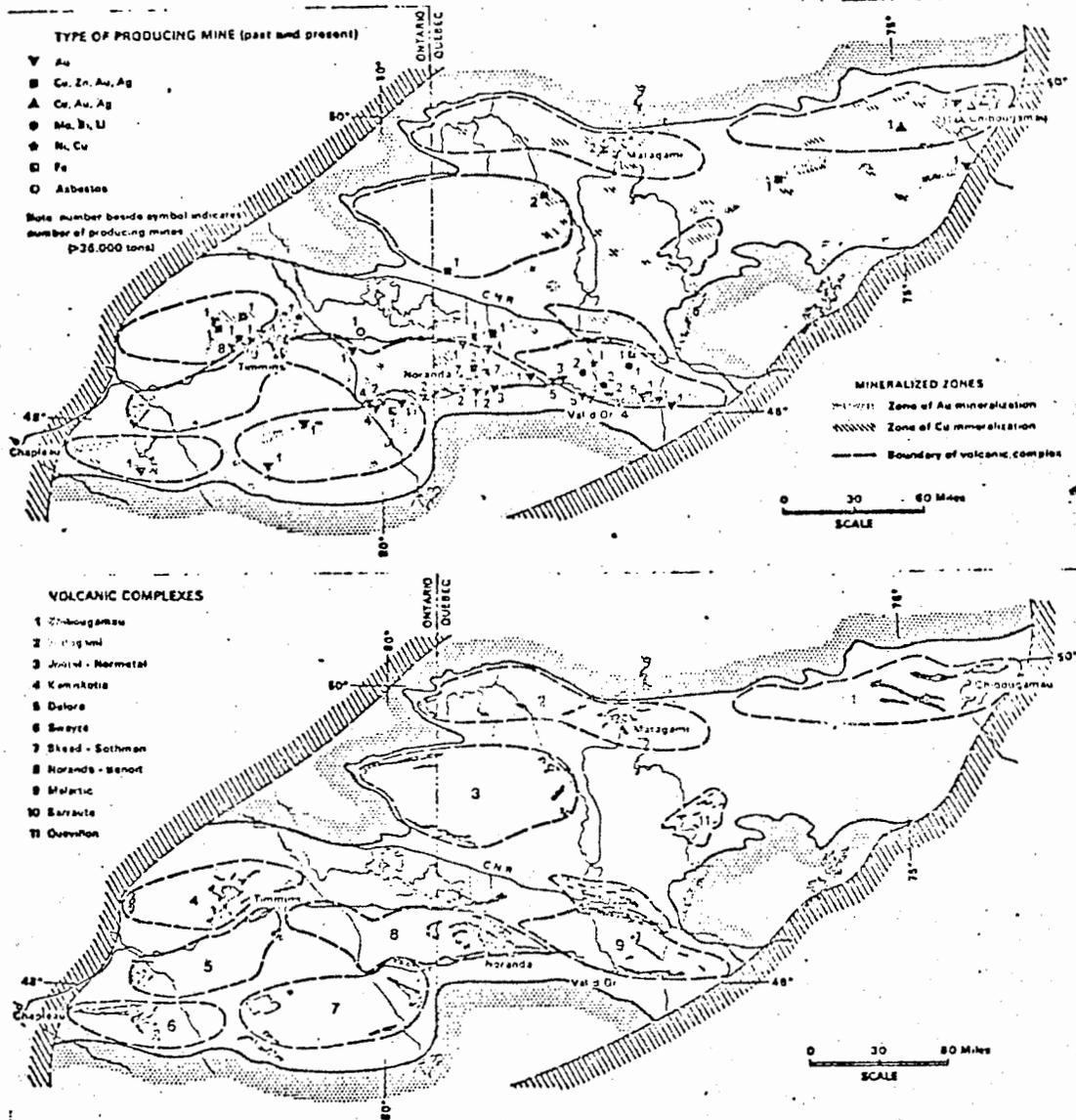


Figure 71: Complexes volcaniques et localisation des gisements (tirée de Goodwynn et Riddler, 1970).

### 7.2.1- Cas-type de la région de Noranda

Nous avons cru bon d'inclure la description d'un gisement représentatif de la région, à savoir la mine Lake Dufault, située juste au sud de notre région. Nous avons choisi ce gisement parce que c'est un exemple typique d'un gisement du style "Noranda" avec une lentille de sulfures massifs au-dessus d'une zone fracturée contenant des sulfures disséminés et en veines (fig. 72).

#### 7.2.1.1- Géologie régionale

Ceinture eugéosynclinale avec abondance de roches volcaniques basiques et coussinées à acides et pyroclastiques vers le sommet, formant un empilement rythmique de laves autour d'un complexe volcanique (Goodwynn, 1965).

#### 7.2.1.2- Géologie locale et lithologie

Le gisement apparaît au contact entre la rhyolite Waite et l'andésite Amulet. Ces roches volcaniques font partie du groupe Blake River Keewatin composé de coulées de laves alternativement andésitiques et rhyolitiques, de brèches pyroclastiques et de tuffs (Purdie, 1970, p. 53). La position du gisement dans l'empilement volcanique est déterminé par un arrêt du volcanisme et de la

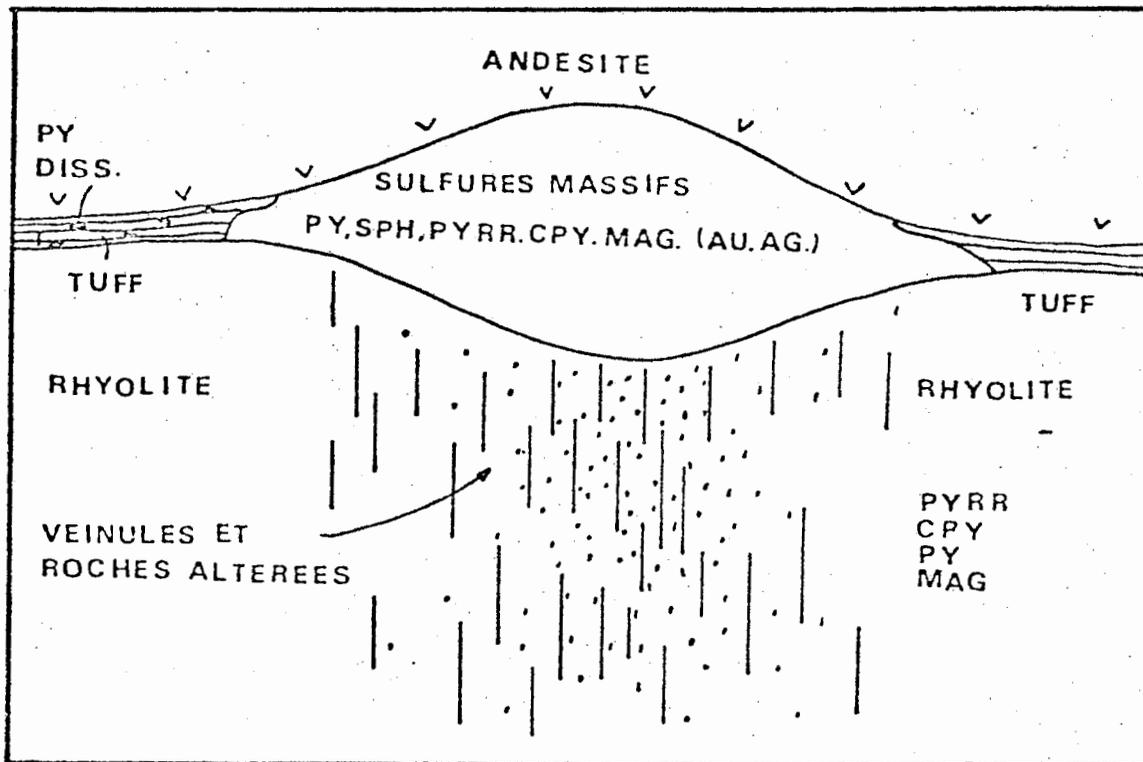


Figure 72: Cas-type de l'occurrence des gisements de sulfures massifs de la région de Noranda (tirée de Geology and Economic Minerals of Canada, GSC Econ. Geol. Rpt 1, p. 192).

transition de la fin acide d'un cycle au début basique d'un autre. Cette position est marquée par la présence d'un mince lit de tuff laminé, siliceux et pyritique au-dessus du gisement.

#### 7.2.1.3- Géologie structurale

Les strates sont peu dérangées par le plissement ou les failles épigénétiques. A noter la présence du stock granodioritique du lac Dufault et de deux systèmes de fractures responsables de la localisation des "stringer sulphides". Les linéaments ont une certaine importance car c'est le long de certains que la rhyolite s'épaissit et où on a un gisement (Sakrison, 1966, p. 9).

#### 7.2.1.4- Structure, forme, zonalité et minéralogie

Les gisements se trouvent sous la forme d'une lentille de sulfures massifs, appelée zone A, de 650' de long par 400' de large et dont l'épaisseur varie de 5' à 150'. Cette lentille est au-dessus d'un "stockwork" de type "Keiko" composé de veines et de sulfures disséminés. Cette zone a la forme d'un tuyau plongeant perpendiculairement à la zone A, de 650' par 250'. Les deux zones sont reliées par des conduits de roches fracturées en forme de tuyaux (fig. 73).

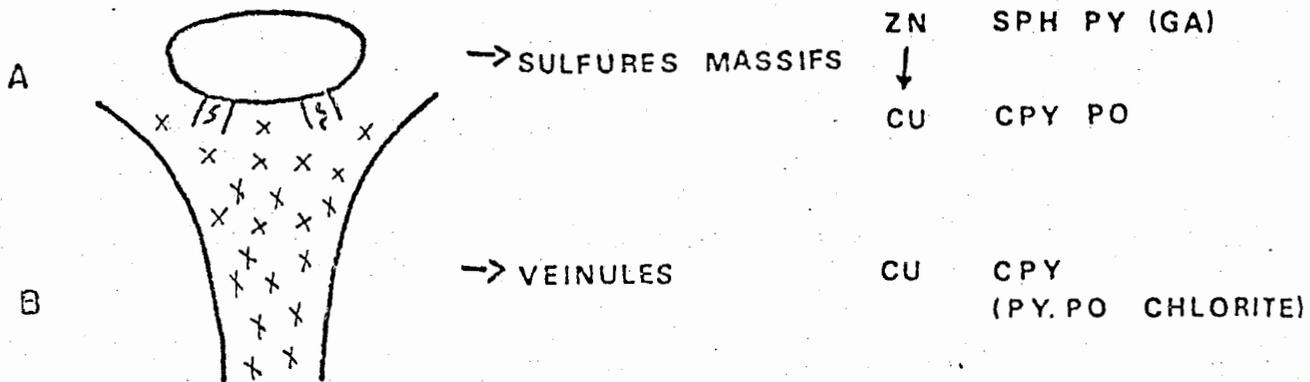


Figure 73: Forme et zonalité des gisements de Noranda.

Cette zonalité suggère que la déposition s'est faite sous l'influence d'un assez grand gradient de température-pression, avec les constituants les plus volatiles étant distillés de la base et redéposés plus haut. Ceci vient renforcer l'hypothèse que les dépôts sont d'origine hydrothermale ou fumarollique et formés sur ou près de la surface dans des tuffs où le gradient température-pression devrait être élevé pour une région volcanique.

La minéralogie se compose donc de pyrite (30%), sphalérite (20%), chalcoppyrite (15%), pyrrhotine (11%), magnétite et galène (4%) et 20% de gangue silicatée et carbonatée, ces proportions correspondant à la zone A. L'ordre d'apparition des minéraux est: pyrite-sphalérite, magnétite, pyrrhotine, chalcoppyrite et galène. La minéralisation économique est 5.13% Cu et 5.69% Zn (Hutchison, 1965, p. 984).

#### 7.2.1.5- Altération de la roche-mère

La rhyolite sous la zone A a été intensément altérée en un assemblage de chlorite noire, de magnétite et de grenat. La rhyolite de la zone B a été altérée en une roche tachée, appelée dalmatianite: taches de cordiérite avec biotite et anthophyllite disséminées dans les interstices. Cette "dalmatianite alteration pipe" continue en profondeur. On trouve aussi des zones de séricitisation et de chloritisation, la première en relation avec les zones

de sphalérite et la deuxième avec les zones de cuivre (Sakrison, 1966, p. 11).

#### 7.2.1.6- Géochronologie

Des études récentes sur le magnétisme rémanent ont montré que tous les gisements étaient contemporains, antérieurs aux intrusions de granite et diabase (Norman, 1961) et antérieurs aux plissements et au métamorphisme (Roscoe, 1965, p. 965). Or, les dykes de diabase ont été établis à 1740 m.a. et la séricite de la mine Noranda à 2480 m.a. (Campbell, 1961). Il semble donc que le minerai est antérieur à ces deux dates et contemporain de l'activité volcanique. En fait, Roscoe (1965, p. 965) situe la minéralisation de Noranda à 2900 m.a.

#### 7.2.1.7- Genèse (Purdie, 1970, p. 54)

L'éruption de la rhyolite Waite a été suivie par la formation d'un chert en bande à partir de sources thermales sous-marines, accompagnée d'une activité sulfatare d'où la présence de minces bandes de sulfures intercalées dans le chert. Cette période d'activité thermique est suivie par un nouveau cycle de volcanisme commençant par une activité explosive produisant des tuffs et suivie par des coulées d'andésite coussinée.

Les solutions hydrothermales qui ont formé le gisement ont monté à travers plusieurs horizons de rhyolite et d'andésite par un réseau de fractures. Ces solutions ont altéré la roche adjacente pour former une zone d'altération en forme de tuyau. Les premiers sulfures à se former furent pyrite et sphalérite et les solutions de cette phase sont associées avec l'altération noire et la pyritisation de la rhyolite Waite. Une deuxième phase de solution hydrothermale a monté dans le conduit pour envahir la masse de sulfures et déposer chalcopryrite et pyrrhotine. Cette solution a altéré la roche en dalmatianite et poussé la sphalérite vers le haut. La masse de sulfures ainsi formés a subi le métamorphisme des couches sous-jacentes, la pression lithostatique de l'empilement volcanique et les forces tectoniques régionales sans grand changement.

#### 7.2.1.8- Résumé

Certaines caractéristiques significatives ont ressorti de nos observations des gisements Cu-Zn:

- 1- Associations à un assemblage volcanique.
- 2- Roche pyroclastique rhyolitique comme roche-mère.
- 3- Importance du contact rhyolite-andésite comme contrôle.

- 4- Formation à ce contact d'un tuff ou d'un chert laminé.
- 5- Gisements dans des dômes ou lentilles.
- 6- Altération de chlorite, séricite et dalmatianite dans une zone en forme de tuyau sous les sulfures massifs.
- 7- Zone en tuyau avec sulfures disséminés ou en veines dans un réseau de fractures.
- 8- Zonalité: pyrite-sphalérite en haut, pyrrhotine-chalcopyrite en bas.
- 9- Les intrusions sont postérieures à la minéralisation.  
(Dugas, 1966, p. 51).

Ces observations permettent l'hypothèse d'un gisement de sulfures massifs comme produit d'une activité hydrothermale syngénétique d'origine volcanique. Ce processus volcano-exhalatif se produisit sur ou près de la surface dans un complexe volcanique, pouvant par exemple faire partie d'une ceinture eugéosynclinale Keewatin en Abitibi.

Le cycle volcanique commença par des coulées de laves andésitiques, puis de plus en plus siliceuses. L'activité fumarolique profita des zones de fractures et produisit une abondance de

matériel pyroclastique qui bâtit des dômes. Une mince couche de chert (origine chimique) ou de tuff finement laminé (origine clastique) se déposa. Les fluides minéralisateurs dérivés du volcanisme, riches en soufre et probablement magmatiques ont traversé les zones de fractures jusqu'au sommet de la rhyolite où déjà un nouveau cycle de volcanisme avait débuté. Les sulfures précipitèrent alors dans la rhyolite et dans la zone fracturée sous-jacente. Au point de vue exploration, il faut donc surveiller les empilements volcaniques et surtout l'horizon de tuff ou de chert comme sommet de la couche possiblement minéralisée.

### 7.3- Occurrences minéralisées

Notre travail s'étant fait le long d'une coupe et non en superficie, nous n'avons pas rencontré de minéralisation importante si ce n'est quelques veinules de pyrite, chalcopryrite et sphalérite.

De plus, jusqu'à présent, aucune minéralisation découverte dans la région sous étude n'a été exploitée. Immédiatement au nord, la mine productrice d'or de Duquesne sur la cassure DDM laisse croire que la région peut présenter un intérêt s'il existe des conditions semblables favorables à la minéralisation.

L'expérience des terrains productifs au nord montre que les endroits les plus favorables pour la déposition de l'or sont dans la brèche silicifiée ou des sulfures finement disséminés dans le voisinage immédiat du porphyre. Un tel environnement se retrouve au sud de la cassure DDM dans les rangs II et III, canton Destor. Ces occurrences ont été décrites par Bannerman (1940) et L'Espérance (1952).

Dans un relevé des occurrences minéralisées de la région, nous ne pouvons passer sous silence la "Bibliographie annotée sur la minéralisation métallique dans les régions de Noranda, Matagami, Val d'Or, Chibougamau". Dans la région immédiate de notre étude

(fig. 74), nous y trouvons principalement des porphyres avec minéralisation associée de pyrite aurifère (points 1,2,3 - Destor R II et III), une zone de cisaillement intense dans la rhyolite avec des lentilles de carbonates contenant pyrite, chalcopryrite et pyrrhotine (points 5,6,7 - Destor R I et Dufresnoy R X), enfin l'environnement des mines Vauze (points 10, 11 - Dufresnoy R V et VI) et Dufault (point 12 - Dufresnoy R V) à l'extrémité sud de notre région. Nous avons déjà examiné ce type de gisement au paragraphe précédent.

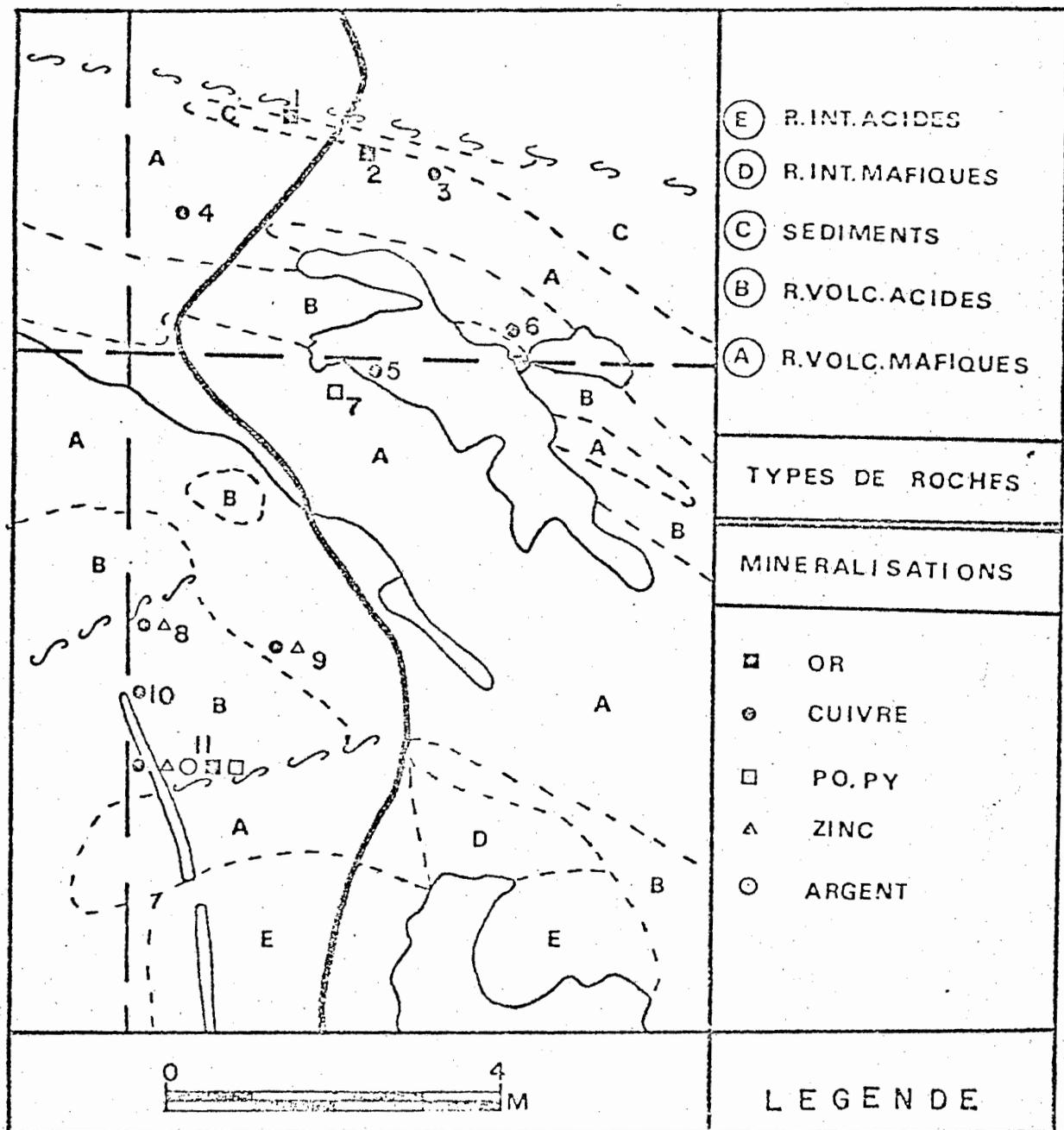


Figure 74: Carte des gisements présents dans la région étudiée  
(d'après carte 1600-V, rapport E.S. 2, M.R.N., 1965).

## 7.4- Considérations géochimiques

### 7.4.1- Principes généraux

L'utilité de la chimie des roches archéennes comme outil d'exploration a été de mieux en mieux démontrée au cours des dernières années. D'ailleurs, la plupart des gisements importants se retrouvent dans les ceintures volcaniques archéennes du Bouclier Canadien. C'est ce qui explique l'intérêt porté à l'exploration et aux études géologiques détaillées de ces régions.

Les études ont été de deux types. En premier lieu, il s'agit de déterminer l'affinité chimique des roches de telle ou telle ceinture. En effet, il semble y avoir une corrélation entre l'affinité tholéiitique ou calco-alcaline et la minéralisation. Il est généralement reconnu que les séries calco-alcalines comprennent les gisements d'importance. Ceci peut donc constituer un premier outil d'exploration pour limiter les cibles potentielles.

Deuxièmement, il s'agit d'étudier la variation des éléments chimiques constituants pour en faire ressortir les anomalies, les roches minéralisées étant altérées par des solutions. Lors d'un travail antérieur concernant les roches minéralisées de la région de Rouyn-Noranda (Carignan, 1972), nous avons noté que

l'altération pouvait être mise en évidence par les quantités de H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> élevées, compte tenu du fait que le métamorphisme est très faible dans la région à l'étude. L'altération se traduit par une silicification, chloritisation, séricitisation, albitisation des feldspaths, apparition de carbonates et épidote, en plus de l'ouralitisation des pyroxènes (Hutchison, 1965). Nous avons aussi noté dans notre travail qu'à plusieurs reprises la quantité de potasse (K) était très supérieure à la normale pour les roches minéralisées. Ces constatations nous avaient amené à déterminer une corrélation entre la minéralisation et les échantillons présentant des anomalies chimiques. Dans notre cas, nous avons jugé que le diagramme An-Ab-Or était diagnostique et qu'il y avait une corrélation entre la minéralisation et les séries potassiques.

#### 7.4.2- Conclusions de Descarreaux (1973)

Descarreaux a montré que les gisements volcanogènes de Cu-Zn se rencontrent dans des roches calco-alcalines acides et qu'ils s'accompagnent d'anomalies caractéristiques en MgO, Na<sub>2</sub>O et K<sub>2</sub>O. Il s'en suit alors que l'exploration a pour but de reconnaître les zones d'altération allochimique hydrothermale d'origine volcanique dans les coulées et les pyroclastiques acides.

Les principales altérations reconnues chimiquement sont: silicification ( $\text{SiO}_2$ ), la chloritisation ( $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ), pyritisation ( $\text{FeO}$ ,  $\text{S}$ ), apport ou perte de  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  et  $\text{K}_2\text{O}$ . A noter que les anomalies peuvent se retrouver sous les gisements et aussi le long d'horizons stratigraphiques porteurs de gisements. Ses principales conclusions sont les suivantes:

- 1- Le Mg est pour la prospection le meilleur élément indicateur des zones d'altération hydrothermale d'origine volcanique et l'enrichissement en  $\text{MgO}$  dans les roches volcaniques acides est intense et par endroit de très grande envergure.
- 2- A mesure que l'on approche des gîtes, l'appauvrissement en  $\text{Na}_2\text{O}$  devient plus marqué.
- 3- On observe aussi un enrichissement en  $\text{K}_2\text{O}$  près des gîtes zincifères.
- 4- Le contenu en S de même que les teneurs en éléments traces, comme Cu et Zn, augmentent également.

Avant de passer aux applications pratiques, nous ne voudrions pas passer sous silence la corrélation trouvée par un confrère de notre groupe de recherche (Grasso, 1974). Celui-ci a trouvé une très forte corrélation entre les zones minéralisées et les andésites pauvres en  $\text{CaO}$ .

#### 7.4.3- Conséquences métallogéniques

A partir de ces considérations, nous pouvons donner deux de ces hypothèses quant à l'origine des gisements de la région de Noranda. Ces gisements sont trouvés en association étroite avec des roches volcaniques qui s'accumulent tout spécialement dans les eugéosynclinaux où ils subissent souvent par la suite un métamorphisme régional.

Les gisements se retrouvent généralement sous deux formes: massifs dans des roches felsiques et mafiques; disséminés ou en veines dans des tuffs sédimentaires interstratifiés ou dans des roches pyroclastiques. L'association aux intrusifs est de moins en moins retenue comme hypothèse depuis qu'on a déterminé que la minéralisation est antérieure aux intrusions.

Le meilleur gisement capable de fournir une bonne hypothèse génétique est le gisement de Cyprus, du fait qu'il est associé à des laves et des roches tuffacées interlitées dans un environnement sous-marin sans métamorphisme (Hutchison, 1965, p. 972-986).

Il y a déjà 40 ans, l'hypothèse exalative était retenue: les gisements résultent de l'action hydrothermale et sulfatée qui accompagne les roches volcaniques extrusives (Cullis et Edge, 1927, p. 10). Hutchison (1965, p. 977-978) suggéra que le fluide en cause

était une solution métallique riche en soufre , généré tardivement dans la différenciation volcanique et éjecté à la surface dans des sédiments intercalés à la fin du cycle volcanique à travers les mêmes cheminées utilisées par les laves éruptives. Vokes (1966, p. 391) conclua aussi que le minerai et la roche étaient dérivés du même magma. McCartney and Potter (1962) retrouvèrent des caractères similaires dans la ceinture mobile de Russie où l'on retrouve une épaisse accumulation de coulées volcaniques, de pyroclastiques et de sédiments associés avec des gisements pyritiques contenant chalcopyrite, sphalérite et galène. Goodwynn (1965, p. 955-971) adapta aussi cette théorie à la région de Noranda en l'associant aux complexes volcaniques. On retrouve une succession stratigraphique de coulées mafiques, de plus en plus intermédiaires et pyroclastiques, à des empilements pyroclastiques siliciques intercalés et recouverts par des sédiments clastiques. A ceci, il faut ajouter les activités structurales et métamorphiques qui causèrent altération et migration. En fait, les sulfures massifs sont trouvés au contact rhyolite-andésite et le métal est considéré comme consanguin avec l'activité volcanique.

#### Source

Le manteau est la source de soufre et de métaux nécessaires à la formation de gisements et que l'on retrouve dans les roches ignées. Plus précisément, la source des métaux de base est:

- 1- Concentration hâtive dans un empilement volcanique.
- 2- Quantité en traces dans les silicates des roches volcaniques.
- 3- Magmas cristallisant tardivement (Anderson, 1969, p. 129).

### Transport

Un premier agent de transport des métaux de base peut être la vapeur, si on s'en remet à l'hypothèse exhalative. Cependant, l'environnement sous-marin limite son action à une dissolution ou une précipitation. La vapeur joue aussi un rôle dans les fumerolles. Mais le principal agent de transport se retrouve dans les solutions chauffées d'origine diverses contenant des chlorures alcalins pour former des complexes. Selon White (1968, p. 302), cette eau est dérivée de l'environnement: eau dissoute dans le magma, eau fossile dans une accumulation eugéosynclinale de roches volcaniques avec ou sans sédiments intercalés (Anderson, 1969, p. 137) ou eau de minéraux hydratés rejetés durant le métamorphisme. White (1968, p. 312-321) a démontré l'importance des solutions de chlorures alcalins dans la genèse de minerai après examen des "Brines" salines de la Mer Rouge et de Salton Sea.

### Déposition

Les processus volcaniques avec sédimentation semblent offrir un environnement propice à la concentration de métaux.

Cet environnement marin, ou plus précisément sous-marin est indiqué par des laves mafiques à coussinets, des cherts ferrugineux interlités et par des tuffs pauvrement triés avec "Graded Bedding" qui ressemblent aux graywackes typiques des eugéosynclinaux (Anderson, 1969, p. 138). La déposition peut aussi se faire durant la diagénèse, le métamorphisme régional et les intrusions. Nous avons déjà éliminé les intrusions. La diagénèse peut être importante dans la formation hâtive de la pyrite par réaction de  $H_2S$  avec le fer des sédiments pour former un milieu favorable à la minéralisation postérieure de métaux de base. Cette minéralisation pourrait provenir des "Brines" dont nous avons déjà parlé.

Le métamorphisme régional associé à une orogénèse (Kalliokoski, 1965) peut causer une remobilisation des sulfures existants et une migration vers des sites structuraux plus favorables. Le métamorphisme peut aussi être à l'origine de l'eau nécessaire aux solutions (Barnes et Czamanske, 1967, p. 372). Il peut aussi causer le phénomène de remplacement (Callaghan, 1966). Mais on trouve surtout son effet dans les zones d'altération. La chlorite est présente en quantité appréciable dans les roches volcaniques siliciques adjacentes à des gisements de sulfures massifs: le métasomatisme Fe et Mg relié à la déposition du minerai est généralement accepté comme la raison de sa présence (Anderson, 1969, p. 141). La séricite est aussi présente correspondant à une rhyolite

métamorphisée (Gilmour et Still, 1968). En fait, l'altération est souvent reliée à la minéralisation.

#### Autre théorie

Tout récemment, Bretizel et Foglierini (1971, p. 65-76) ramenaient sous une nouvelle forme la théorie fumarollienne. Ils distinguent alors un environnement volcano-sédimentaire en milieu géosynclinal où l'on retrouve un volcanisme précoce pré-orogénique et un volcanisme tardif andésitique. Cet environnement recèle ou peut receler des corps minéralisés sulfurés liés soit à la proximité de manifestations effusives, soit à la sédimentation pyroclastique remaniée. Ils définissent les caractères suivants (p. 68):

- 1- Distribution des gisements le long d'un même contact litho-stratigraphique.
- 2- Roches supports: roches siliceuses d'origine chimique, sédiments pyroclastiques fins.
- 3- Identité de l'histoire tectonique du corps minéralisé et de la roche encaissante, d'où minéralisation pré-orogénique (Sharpe, 1965).
- 4- Disposition rubannée de la minéralisation.
- 5- Altération de type hydrothermal: "pipes" sous-jacentes.
- 6- Absence de failles profondes antéectoniques.

Il s'ensuit que la concentration sulfurée s'inscrit tantôt dans le processus même d'une émission volcanique, tantôt dans l'histoire sédimentologique des matériaux pyroclastiques ou volcano-détritiques (Amstruz, 1962, Kinkel, 1966). La minéralisation se fait en trois étapes: apport de matériel pyroclastique, immersion marine, activité fumarollienne subcontemporaine du volcanisme et cause initiale des concentrations de sulfures. Les fumerolles chaudes, riches en  $H_2S$ , percolent à travers les roches volcaniques, d'où une altération des roches encaissantes par séricitisation-chloritisation, ouralitisaiton des pyroxènes, transformations des plagioclases en calcite-albite, destruction des silicates et des quartz. Elles percolent aussi au travers des tuffs pyroclastiques remaniés en cours de sédimentation et précipitent des sulfures surtout aux événements des fumerolles immergées: sulfures de fer, aussi cuivre, plomb et zinc. En résumé, ce qui caractérise ce type de minéralisation c'est la coexistence de l'activité de fumerolles sulfureuses et le remaniement des produits volcaniques par les eaux d'un bassin conduisant à la sédimentation de dépôts à la fois chimiques et clastiques.

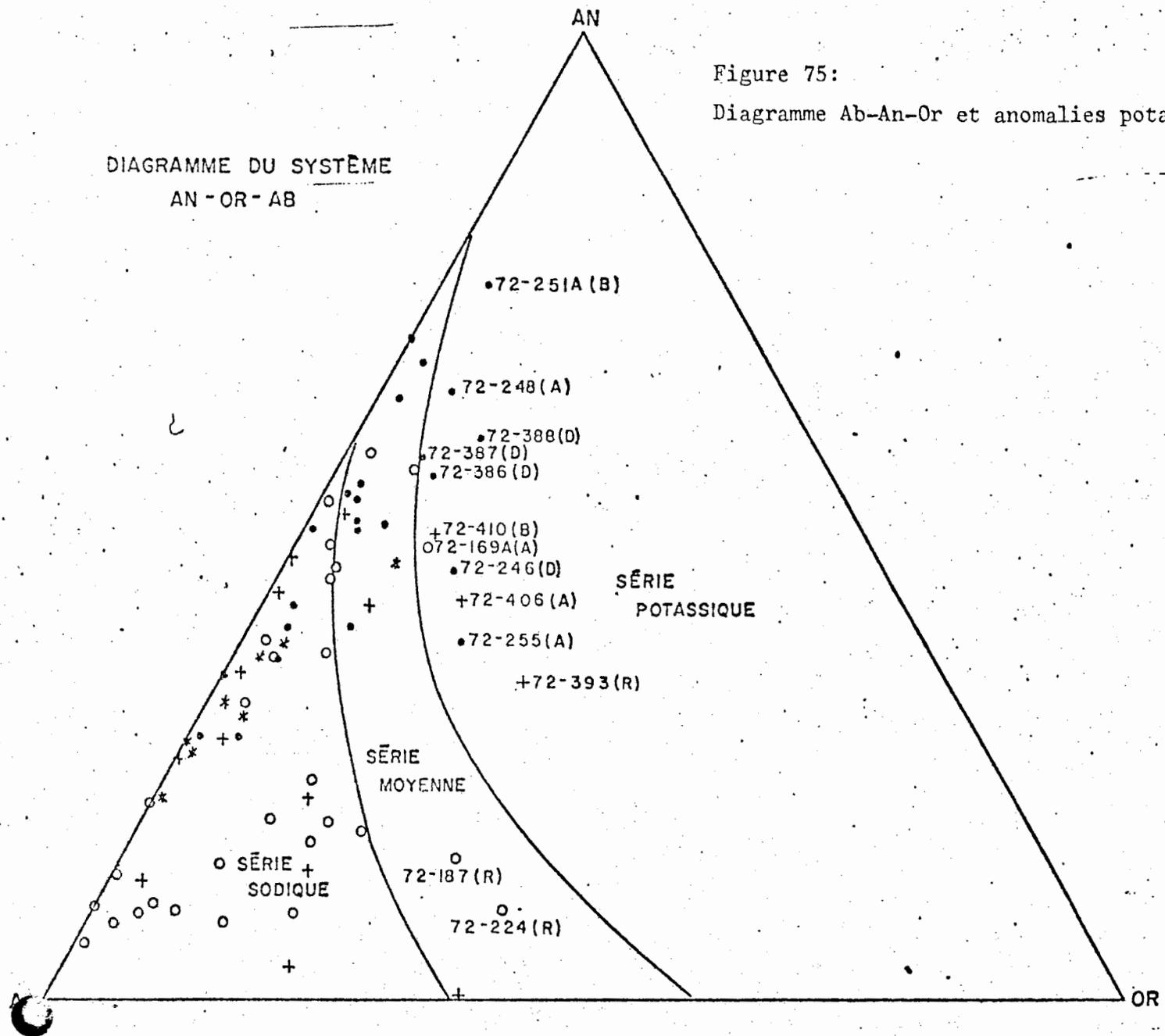
#### 7.4.4- Applications pratiques à cette étude

Regardons d'abord l'affinité de nos roches. Nous trouvons une série calco-alkaline (Renault) dans le canton Destor, au sud de la faille DDM. Une autre série calco-alkaline (Dufault) se retrouve

à l'extrémité sud de notre traverse et des dépôts d'intérêt économique (les mines Vauze et Dufault) sont associés aux termes acides de cette dernière série. A noter que ces deux séries calco-alcalines sont dominées par l'abondance de rhyolites sous forme de pyroclastiques dans le premier cas et de coulées dans le second.

Si on examine maintenant le diagramme Ab-An-Or pour nos roches calco-alcalines (fig. 75), on trouve peu de roches acides (rhyolites) dans les séries moyennement à franchement potassiques. Cependant, les deux séries ont un contenu en  $K_2O$  très faible et ceci est surtout remarquable pour les rhyolites. Le seul échantillon franchement potassique (72-393) est dans un horizon où l'on retrouve une occurrence minéralisée (Destor R I). Puis l'on trouve un ensemble d'échantillons qui s'éloignent de l'arête Ab-An et tendent vers le pôle Or. Ces échantillons appartiennent à la zone 8-CA à l'extrémité sud de la traverse près des mines Vauze et Dufault.

Figure 75:  
 Diagramme Ab-An-Or et anomalies potassiques.



## CONCLUSION

Compte-tenu de la nature du travail de terrain, nous croyons avoir atteint les deux principaux objectifs de départ: d'abord la détermination de la composition chimique des divers types de roches de la région et l'évaluation de la distribution de ces roches; puis l'étude des variations pétrochimiques des roches volcaniques archéennes de l'Abitibi. L'étape qui doit suivre ce travail est maintenant la comparaison des roches minéralisées avec cette toile de fond.

Au point de vue classification, nous avons utilisé la teneur en silice comme facteur discriminant. Si on compare la nomenclature des cartes de compilation, notre propre nomenclature de terrain et notre classification géochimique, nous pouvons voir que la première est souvent fautive avec une évaluation exagérée du contenu en silice et du rapport K/Na. Selon la classification géochimique, les basaltes comptent pour 18.5%, les andésites pour 45.7%, les dacites pour 8.7%, les rhyodacites pour 2.2% et les rhyolites pour 24.9%.

Au point de vue pétrographie, nous avons identifié plusieurs niveaux de brèches de coulée mafiques et d'hyaloclastites au sommet des coulées, ce qui laisse supposer des explosions de vapeur lors de l'effusion de laves visqueuses en milieu sous-marin. Nous avons

de plus trouvé des roches fragmentaires, type "shards" et "pumices", évidence de la mise en plan de coulées de cendre (ash-flow tuffs). Les cendres de composition intermédiaire se retrouvent interlitées avec des laves de même composition dans la série calco-alcaline Renault. Les brèches de coulée acides ont été étudiées selon la théorie de Dimroth (1973) et nous avons pu reconnaître les différents faciès des coulées acides.

Les textures de refroidissement rapide et de dévitrification ont aussi attiré notre attention. Dans le premier cas, l'étude a été restreinte au côté descriptif alors que dans le second nous avons étudié les divers stades de dévitrification tels que définis par Lofgren (1971).

Au point de vue stratigraphie, notre terrain est entièrement contenu dans le groupe Blake River tel que défini par Ambrose (1941). La base de ce groupe, située à l'extrémité nord de notre traverse juste au sud de la faille DDM, est marquée par un niveau tholéiitique composé d'andésites à varioles. Sur ces laves variolaires repose une série calco-alcaline que nous croyons répétée par plissements. Le faciès "Nord", appelé série calco-alcaline Renault (Destor R I-II-III), est caractérisé par une succession de coulées massives et de roches pyroclastiques, surtout de composition intermédiaire. Le faciès "Sud", appelé série calco-alcaline Dufault (Dufresnoy R VI-VII), est caractérisé par l'abondance

des rhyolites sous forme de coulées fortement hétérogènes sous l'action des fluides sur la viscosité locale du magma. Au-dessus de cette série calco-alcaline repose la série tholéiitique Dufresnoy avec un éventail complet de basalte à rhyolite dans une structure synclinale.

Les séries tholéiitiques sont caractérisées par un fort enrichissement en fer lors de la différenciation. Les séries calco-alcalines montrent peu ou pas d'enrichissement en fer au début de la différenciation, suivi d'un enrichissement en alcalis avec un rapport Fe/Mg constant.

Les roches volcaniques tholéiitiques et calco-alcalines de l'Abitibi sont pauvres en potasse. Nous avons même trouvé des évidences d'une altération sous forme de lexiviation des alcalis, probablement associée au métamorphisme.

Nos séries volcaniques tholéiitiques et calco-alcalines ont été comparées à des séries récentes et les corrélations les meilleures se font avec les îles océaniques de Raoul ou Tonga pour les séries tholéiitiques et avec l'association basalte, andésite et rhyolite caractéristique des ceintures orogéniques, telles que Nasu au Japon, pour les séries calco-alcalines.

Lors de notre étude nous avons rencontré ce qu'on pourrait appeler une curiosité pétrologique, à savoir les laves variolaires. Les laves variolaires fournissent des évidences certaines de l'occurrence simultanée de deux méta-vitrophyres de composition felsique (varioles) ou basique (matrice) par la présence de textures de dévitrification et dans les varioles et dans la matrice. La cristallisation soudaine de deux liquides est aussi confirmée par l'occurrence simultanée de cristaux à refroidissement rapide. L'hypothèse de l'immiscibilité de deux liquides est renforcée par l'utilisation du diagramme de Roedder avec sa lacune de miscibilité.

Deux faciès de métamorphisme régional ont été reconnus. La partie nord est caractérisée par un métamorphisme d'enfouissement avec des occurrences de prehnite et/ou pumpellyite. L'assemblage minéralogique typique de cette zone est albite-chlorite-épidote-actinote-quartz-(carbonates)-(leucoxène)-pumpellyite-prehnite. L'isograde métamorphique se situe à 8 km au sud de la faille DDM. La partie sud appartient au faciès des schistes verts avec albite-quartz-épidote-chlorite-actinote  $\pm$  séricite  $\pm$  leucoxène. Certaines occurrences locales de stilpnomélane viennent mettre évidence des milieux de haute pression dans la partie supérieure du faciès prehnite-pumpellyite.

Enfin, nous avons dirigé notre intérêt économique d'abord sur les séries calco-alcalines, puis selon la théorie de Descarreux sur les anomalies caractérisées par un contenu anormalement élevé en magnésie ou en potasse. Il apparait que les altérations chimiques liées aux anomalies en  $MgO$  et  $K_2O$  sont caractéristiques des environnements minéralisés en cuivre et zinc.

## R E M E R C I E M E N T S

L'auteur est tout particulièrement reconnaissant au Dr Léopold Gélinas, directeur-consultant de ce mémoire. C'est d'abord lui qui dirigea notre attention sur la ceinture volcanique de l'Abitibi dès 1972. Il ne ménagea jamais son temps et ses efforts tant sur le terrain qu'à l'Ecole Polytechnique durant ces deux ans et ses conseils ont sans cesse guidé notre approche du problème. C'est aussi lui qui est à l'origine de la plupart des programmes pétrochimiques pour ordinateur. Enfin, son acharnement lui a valu une aide du Ministère de l'Education, sous forme de fonds de recherche, qui ont assuré l'automatisation du processus d'analyses chimiques par fluorescence-X et l'installation d'un fichier permanent d'analyses chimiques sur écran cathodique.

Des remerciements vont donc au Ministère de l'Education du Québec pour les fonds de recherche obtenus qui ont allégé notre travail, au Ministère des Richesses Naturelles du Québec qui a patroné notre travail sur le terrain durant l'été et au Conseil National de Recherche du Canada pour son aide financière sous forme de bourses post-grade durant le cours des études de l'auteur.

Nos remerciements vont aussi aux autres professeurs du département de Génie Minéral qui n'ont jamais hésité à nous fournir leurs conseils, au personnel de la bibliothèque, aux techniciens

du laboratoire de préparation des échantillons de l'Ecole Polytechnique, sous la direction de M. Gaston Gélinas, pour leur travail à la fois rapide et d'excellente qualité, aux techniciens du laboratoire de géochimie sous l'habile direction du Dr Guy Perrault et de M. Victor Kubat, à M. André Lacombe, dessinateur, à M. Philippe Albert, technicien en photographie, à Marc Trudeau et Robert Darlington pour leur assistance sur le terrain, à Mlle Josée Beauchemin pour son travail de classification et de perforation.

Des remerciements spéciaux vont aussi au Dr Gaston Pouliot, Robert Darlington et Mme Lucette DeGagné-Daoust pour la mise au point de la méthode d'analyse des rhyolites par diffraction-X, à Guy Daoust pour la mise en marche du fichier permanent d'analyses chimiques, à Yves Beauchemin et Michel Bilodeau pour la construction et la modification des divers programmes pétrochimiques.

L'auteur tient aussi à remercier les étudiants qui l'ont aidé par leur projet de fin d'étude.

Des remerciements sincères s'adressent au Dr Eric Dimroth, géologue au Ministère des Richesses Naturelles, pour sa disponibilité lors de la préparation du projet et sur le terrain, à mes confrères Richard Côté, Franco Grasso et Pierre Trudel pour l'atmosphère de coopération et de bonne humeur du groupe de recherche. Mille mercis à Mme Louise Parent qui a assuré la dactylographie de notre travail.

Enfin, l'auteur tient à remercier de tout son coeur ses parents et sa femme, Danielle, qui n'a pas cessé de le seconder durant les deux dernières années.

## REFERENCES

- ALSAC, C., LAMARCHE, R., 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.
- AMBROSE, J.W., (1941a) Cléricy and La Pause map-areas, Québec. Geol. Sur. Can., Mem. 233.
- AMBROSE, J.W., (1941b) Lake Dufault, Dufresnoy Township, Abitibi County, Que. Geol. Surv. Can., Map 626 A, Ottawa.
- AMBROSE, J.W., (1944). Duparquet-Larder Lake - Rouyn region, Ontario and Quebec. Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can. Paper 44-29.
- AMSTUTZ, G.C., (1968). Les laves spilitiques et leurs gîtes minéraux. Geol. Rundschau, v. 57, no. 3, pp. 936-954.
- ANDERSON, C.A., (1968). Metamorphosed Precambrian silicic volcanic rocks in central Arizona. pp. 9-44. in Coats, R.R., Hay, R.L. and Anderson, C.A. (1968). Studies in volcanology, Geol. Soc. Am., Mem. 116.
- ANDREWS, P., MOXHAM, P.L., RAMAL, K., WILSON, H.D.B., (1965). Archean volcanism in the Canadian Shield. Can. J. Earth Sci., v. 2, no. 3, pp. 161-175.
- ANHAEUSSER, C.R., (1971). Cyclic volcanicity and sedimentation in the evolutionary development of archean greenstone belts of shield areas, Witswatersrand Univ. (Johannesburg). Inform. Circ. 36, pp. 1-13.
- AUGER, P.E., (1942). Advance report of Desveaux Lake area, Dasserat Township. Temiskaming Co., Quebec. Que. Dept. Mines, Geol. Rept. 27, p. 24.
- AUMENTO, F., (1968). The Mid-Atlantic Ridge near 45°N. II: Basalts from the area of Confederation Peak. Can. J. Earth Sc., V, pp. 1-21.
- BARAGAR, W.R.A., (1966). Geochemistry of the Yellowknife volcanic rocks. Can. J. Earth Sci., v. 3, pp. 9-30.
- BARAGAR, W.R.A., (1968). Major element geochemistry of the Noranda volcanic belt, Quebec-Ontario. Can. J. Earth Sci., v. 5, no. 4, Part 1, pp. 773-790.

- BARAGAR, W.R.A., (1969). Geochemistry of Coppermine River basalts. Geol. Surv. Can., Paper 69-44, 43 pp.
- BARAGAR, W.R.A., GOODWYN, A.M., (1969). Andesites and Archean volcanism of the Canadian Shield. Oreg. Dept. Geol. Min. Ind., Bull. 65, pp. 121-141.
- BARTH, T.F.W., (1966). Theoretical petrology. John Wiley & Sons, New York, 416 pp.
- BASS, M.N., (1961). Regional tectonics of part of the Southern Canadian Shield. J. Geol., v. 69, no. 6, pp. 668-702.
- BENETT, F.D., (1972). Shallow submarine volcanism. J. Geophys. Res., 77, pp. 5755-5759.
- BOLDY, J., (1968). Geological observations on Delbridge massive sulphide deposit. Can. Min. Met. Bul., v. 61, no. 677, sept., pp. 1045-54.
- BONATTI, E., (1970). Deep sea volcanism. Naturwissenschaften, 57, pp. 279-304.
- BOYLE, R.W., (1969). Elemental associations in mineral deposits and indicators elements of interest in geochemical prospecting. Geol. Surv. Can., Paper 68-58, 45 pp.
- BRAY, R.C.E., (1940). A comparison of the non-opaque minerals of certain parts of the Waite-Amulet area, Que. M.Sc. thesis, McGill Univ., 56 pp.
- BROTHERS, R.N., SEARLE, E.J., (1970). The geology of Raoul island, Kermadec Group, Southwest Pacific. Bull. Volcanol., vol. 34, pp. 7-37.
- BROWN, G.M., SHAIRER, J.F., (1968). Melting relations of some calcalkaline volcanic rocks. Carnegie Institute, Geoph. Lab., Annual Rept. 1966, pp. 460-463.
- BRYAN, W.B., (1972). Morphology of quench crystals in submarine basalts. J. Geophys. Res., 77, no. 29, pp. 5812-5819.
- BRYAN, W.B., STICE, G.D., EWART, A., (1972). Geology, petrography and geochemistry of the volcanic islands of Tonga. J. of Geoph. Res., vol. 77, no. 8, pp. 1566-1584.
- BUFFAN, B.S.W., (1925). Destor area, Abitibi Co., Que. Geol. Surv. Can., Sum. Rept., pt. C, pp. 82-104.

- CAMPBELL, F.A. (1961). Geology of Quemont mine. Unpublished Report. Cité dans Dugas (1966), The relationship of mineralization to precambrian stratigraphy in the Rouyn-Noranda area, Québec.
- CAMPBELL, F.A., (1962). Age of mineralization at Quemont and Horne mines. Can. Inst. Min. Met., vol. 55, no. 605, pp. 627-630.
- CARLISLE, D., (1963). Pillow breccias and their aquagene tuffs, Quadra Island, British Columbia. J. Geol., 71, pp. 48-71.
- CARMICHAEL, I.S.E., (1964). Petrology of Thingmuli volcano, Iceland. J. Petrol. 5, pp. 435-460.
- CHAYES, F., (1966). Alkaline and subalkaline basalts. Amer. J. Sci., 264, pp. 128-145.
- CLAVEAU, J., (1948). Northern Abitibi, Quebec: Fracture zones and mineral possibilities. Can. Mining J., v. 69, no. 4, pp. 71-82.
- COATS, R.R., (1952). Magmatic differentiation in Tertiary and Quaternary volcanic rocks from Adak and Kanaga Islands, Aleutian Islands, Alaska. Bull. Geol. Soc. Am., 63, pp. 485-514.
- COATS, R.R., (1968). Basaltic andesites in basalts. In: The Poldervaart treatise on rocks of basalts composition. H.H. Hess and A. Poldervaart (Editors), 2, pp. 689-737.
- COATS, R.R., HAY, R.L., ANDERSON, C.A., (1968). Studies in volcanology. Geol. Soc. Am., Mem. 116, 678 pp.
- COOKE, H.C., (1925). Gold and copper deposits of Western Quebec. Geol. Surv. Can., Sum. Rept, pt. C, pp. 28-151.
- COOKE, H.C., (1926). On the origin of the copper ores of Rouyn district, Quebec. Geol. Surv. Can., Rept, pt. C, pp. 48-55.
- COOKE, H.C., (1930a) The Amulet Mine, Que. Trans. Can. Inst. Min. Met., vol. 33, pp. 398-408.
- COOKE, H.C., (1930b) The compound laccolith of Lake Dufault, Que. Trans. Roy. Soc. Can. Sect 24, Ser. 3, v.24, pp. 89-98.
- COOKE, D.L., MOORHOUSE, W.W., (1969). Temiskaming volcanism in the Kirkland Lake area, Ontario, Canada. Can. J. Earth Sci., 6, pp. 117-132.
- COOKE, R.C., JAMES, W.F., MANDSLEY, J.B., (1931). Geology and ore deposits of Rouyn-Harricana region, Québec. Geol. Surv. Can., Mem. 166, Ottawa, 314 pp.

- COPELAND, J.G., (1951). Alteration associated with sulphide mineralization at Waite Amulet Mine, Que. Unpublished M.Sc. Thesis, Univ. of Toronto.
- DALY, R.A., (1933). Igneous rocks and the depths of the earth. McGraw-Hill, New-York, pp. 9-28.
- DARLINGTON, R., (1973). Elaboration de courbes standards par diffraction-X. Travail de recherche, dept. de Génie Minéral, Ecole Polytechnique.
- DAVIDSON, , (1948). Beattie Mine in: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1, pp. 692-700.
- DAWSON, K.R., MAXWELL, J.A., POCOCK, D.M., TETREAU, D., TOMILSON, M.E., (1965). Chemical analyses of canadian rocks, minerals and ores. Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can., Bull., 115, p. 476.
- DE GEOFFROY, J. , WU, S.M., (1970). A statistical study of ore occurrences in the greenstone belts of the Canadian Shield. Econ. Geol., v. 65, pp. 496-504.
- DENIS, T.C., DRESSER, J.A., (1944). Geology of Quebec. Vol. 11, Descriptive geology, Quebec Dept. Mines, Geol. Rept. no. 20, p. 544.
- DENIS, T.C., DRESSER, J.A., (1949). Geology of Quebec. Vol. 111, Economic geology, Quebec Dept. Mines, p. 562.
- DESBIENS, , (1953) Les Gisements de Cu-Zn de l'Abitibi. Ecole Polytechnique, projet de fin d'études.
- DESCARREAU, J., (1973). A petrochemical study of the Abitibi volcanic belt and its bearing on the occurrences of massive sulphide ores. Can. Inst. Min. Met. Bull., Feb., pp. 61-69.
- DIMROTH, E., BOIVIN, P., GOULET, N., LAROUCHE, M., (1973). Tectonic and volcanological studies in the Rouyn-Noranda area. Open file manuscript, Quebec Dept. Nat. Res., pp. 1-60.
- DIMROTH, E., ROCHELEAU, M., BOIVIN, P., LAROUCHE, M., COTÉ, R., (1974). Preliminary report on Stratigraphy and Tectonic work on the Rouyn-Noranda area, counties of Rouyn-Noranda, Abitibi-West and Temiscamingue. Min. Rich. Nat. Que. Prelim. Rept. no.

- DRIVER, H.I., JOHNSTON, R., (1957). Crystal growth of forsterite olivine in magmas and melts. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, v. 63, pt. II, pp. 289-315.
- DUGAS, J., HOGG, W.A., (1962a). An outline of the Rouyn-Noranda area, N.W. Quebec. *Can. Mining J.*, v. 83, no. 4, pp. 101-104.
- DUGAS, J., HOGG, W.A., (1962b). Geological compilation, Rouyn-Noranda area. Prelim. Map U-265, Quebec Dept. Mines.
- DUGAS, J., (1966). The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in the Rouyn-Noranda area, Quebec. pp. 43-55 in Goodwynn (1966b). The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in certain mining areas of Ontario and Quebec.
- EADE, K.E., FARIG, W.F., (1968). Chemical evolution of the Canadian Shield. *Can. J. Earth Sciences*, v. 5, no. 5, oct., pp. 1247-52.
- EWART, A., (1969). Petrochemistry and feldspar crystallisation in the silicic volcanic rocks, Central North Island, New Zealand. *Lithos* 2, pp. 371-388.
- EWART, A., TAYLOR, S.R., CAPP, A.C., (1968). Trace and minor element geochemistry of the rhyolitic volcanic rocks, Central North Island, New Zealand. *Contr. Mineral. and Petrol.*, vol. 18, pp. 76-104.
- FAESSLER, C., (1962). Analysis of rocks of the Province of Quebec. Que. Dept. Mines, Geol. Rept. 103.
- FAESSLER, C., (19 ) Cross-index to the geological illustration of Canada. Vol. IV, 1898-1957. Geol. Illustr. Publ. by Qué. Dept. Mines and Univ. Laval, Fac. Sci., Dept. Geol. et minéralogie, Contribution no 127.
- EDWARDS, R.C.J., (1960). Progress report on the geological interpretation of the Noranda area. Consol. Zinc Corp. Ltd., Company report. 24 pp.
- FISHER, R.V., (1960). Classification of volcanic breccias. *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 71, pp. 973-982.
- FISHER, R.V., (1966). Rocks composed of volcanic fragments and their classification. *Earth Sci., Rev.*, v. 1, pp. 287-298.
- FITCH, F.J., (1967). Ignimbrite volcanism in North Wales. *Bull. Volcanol.*, Tome XXX, pp. 200-219.

- GELINAS, L., (1974). Textural and chemical evidences of liquid immiscibility in variolitic lavas. Trans. Am. Geoph. Union, v. 55, no. 4, pp. 486-487.
- GELINAS, L., BROOKS, C., (1974). Archean quench-texture tholeiites. Can. J. Earth Sci., v. 11, no. 2, pp. 324-340.
- GELINAS, L., TRZCIENSKI, W., BROOKS, C., (1975). Les laves vario-laires de la région de Rouyn-Noranda, évidence d'immiscibilité (en préparation).
- GELINAS, L. et al., (1975). Classification chimique des roches volcaniques (titre provisoire). (en préparation).
- GILBERT, J.E., (1960). Distribution and general characteristics of the massive sulphide deposits of the Province of Quebec. Trans. Can. Inst. Min. Met., vol. LXVIII, pp. 69-76.
- GILL, J.E., (1932). Geology of the Waite-Ackerman, Montgomery property, Duprat and Dufresnoy Twps, Quebec. Trans. Can. Inst. Min. Met., pp. 1-19.
- GILL, J.E., (1948). Vasa Lake Mine in: Structural geology of Canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- GILL, J.E., (1960). The occurrence of massive sulphide deposits in Canada. Part I, Introduction. Trans. Can. Inst. Min. Met., v. 63, pp. 37-38.
- GILL, J.E., (1966). Principles and limitations of Precambrian stratigraphy, pp. 9-19. in: Goodwyn, A.M., (1966b).
- GILMOUR, P., (1965). The origin of the massive sulphide mineralization in the Noranda district Northwestern Quebec. Geol. Assoc. Canada Proc., v. 16, pp. 63-81.
- GLIKSON, A.Y., (1970). Geosynclinal evolution and geochemical affinities of early Precambrian system. Tectonophysics, v. 9, pp. 397-43.
- GLIKSON, A.Y., (1971). Primitive Archean element distribution patterns chemical evidence and geotectonic significance. Earth Planet Sci. Lett., 12, pp. 309-320.
- GOODWIN, A.M., (1961). Some aspects of Archean structure and mineralization. Econ. Geol., v. 54, no. 5, pp. 897-915.

- GOODWIN, A.M., (1962a). Structure stratigraphy and origin of iron formation, Michipicoten area, Algoma District, Ontario, Canada. Geol. Soc. America Bull., v. 73, pp. 561-586.
- GOODWIN, A.M., (1962b). Volcanic complexes and mineralization in Northeastern Ontario. Can. Inst. Min. Met. Bull., April, pp. 62-66.
- GOODWIN, A.M., (1965a). Geology of Pashkokogan Lake- Lake St-Joseph area. Ont. Dept. Mines, Geol. Rept. no. 42, 58 pp.
- GOODWIN, A.M., (1965b). Mineralized volcanic complexes in Porcupine-Kirkland Lake - Noranda Region. Econ. Geol., v. 60, no. 5, Aug., pp. 955-71.
- GOODWIN, A.M., (1966a). Archean protocontinental growth and mineralization. Can. Mining J., v. 87, no. 5, pp. 57-60.
- GOODWIN, A.M., (1966b). The relationship of mineralization to precambrian stratigraphy in certain mining areas of Ontario and Quebec. Geol. Assoc. Can., Spec. paper 3, 144 pp.
- GOODWIN, A.M., (1967a). Volcanic studies in the Birch-Uchi Lakes area of Ontario. Ont. Dept. Mines, Misc. paper 6, 96 pp.
- GOODWIN, A.M., (1967b). Volcanic studies in the Timmins-Kirkland Lake - Noranda region of Ontario and Quebec. Geol. Surv. Can., report of activities, May to Oct., paper 67-1, part 1-1, pp. 138-142.
- GOODWIN, A.M., (1968a). Evolution of the Canadian Shield. Proc. Geol. Assoc. Can., 19, pp. 1-14.
- GOODWIN, A.M., (1968b). Archean protocontinental growth and early crustal history of the Canadian Shield. XXIII Intern. Geol. Congr., vol. 1, pp. 69-89.
- GOODWIN, A.M., (1969). Archean volcanic belts. Geol. Soc. Am. Abstr., part 1, pp. 23-24.
- GOODWIN, A.M., RIDLER, R.H., (1970). The Abitibi orogenic belt. In: Symposium on basins and geosynclines of the Canadian Shield (A.J. Baer, Ed.). Geol. Surv. Can., paper 70-40, pp. 1-31.
- GOODWIN, A.M., RIDLER, R.H., (1971). The Abitibi orogenic belt. Geol. Surv. Can., paper 70-40, pp. 1-24.

- GOODWIN, A.M., RIDLER, R.H., ANNELS, R.M., (1972). Volcanisme précambrien des régions de Noranda-Kirkland Lake-Timmins-Michipicoten et Mainmise Point, Provinces de Québec et d'Ontario. XXIV Congrès géologique International, excursion A 40- C 40, 94 pp.
- GOODWIN, A.M., SHKLANKA, R., (1967). Archean volcano-tectonic basins: form and pattern. *Can. J. Earth Sci.*, v. 4, pp. 777-795.
- GRAHAM, B.R., (1945). Région de Duquesne, partie occidentale du Canton de Destor, Comté d'Abitibi. Prov. de Québec, Can. Dept. des Mines, Division des Gîtes Minéraux, R.P. no 189.
- GRAHAM, R.B., (1954). Parts of Hebecourt, Duparquet and Destor Townships. Que. Dept. Mines, Geol. Rept., no 61, 64 pp.
- GRAHAM, E.P., (1964). Exploiting a small ore body - Vauze Mines Ltd. *Bull. Can. Inst. Min. Met.*, vol. 57, no. 624, pp. 409-412.
- GRASSO, F., (1974). Etude pétrographique et pétrologique de la partie sud de la ceinture volcanique d'Abitibi. Mémoire de maîtrise, Ecole Polytechnique.
- GREEN, N.L., (1973). The Diagram  $MgO/Al_2O_3$  vs  $(Na_2O + K_2O)/(Total FeO + TiO_2)$ : a distinct geochemical separation of the calc-alkaline and tholeiitic rock series (Abstract).
- GREEN, D.H., RINGWOOD, A.E., (1967). Origin of the calc-alkaline igneous rock suite. *Earth Planet Sci. Letters*, 1, pp. 307-316.
- GREEN, D.H., RINGWOOD, A.E., (1962). The genesis of basaltic magmas. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 15, pp. 103-190.
- GREIG, J.W., (1927). Immiscibility in silicate melts. *Am. J. Sci.*, v. XIII, no. 73, pp. 1-44, 133-153.
- GUNN, B.M., DUQUETTE, C., (1969). Geochemistry of the Chibougamau metavolcanics, Quebec. *Can. Mineral.*, v. 10, part 1, p. 135 (abstr.).
- GUNNING, H.C., (1927). Syenite porphyry of Beauchastel Twp, Que. *Geol. Surv. Can., Geol. Surv. Bull.* 46, pp. 31-41.
- GUNNING, H.C., (1937). Cadillac Area, Quebec. *Geol. Surv. Can.*, Mem. 206.

- GUNNING, H.C., (1941). Bousquet-Joannès Area, Quebec. Geol. Surv. Can., Mem. 231.
- GUNNING, H.C., AMBROSE, J.W., (1939). The Temiskaming-Keewatin problem in the Rouyn-Harricana region, Northwestern Quebec. Trans. Royal Soc. of Can., v. XXXIII, sec. IV, pp. 19-47.
- HALET, R.A., (1948). Quesabe Mine in: Structural Geology of Canadian Ore Deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- HALL, J.D., (1939). Geology of the lower "A" ore body, Waite-Amulet. Unpubl. M.Sc. Thesis, McGill Univ., 51 pp.
- HART, E.A., GILL, J.E., (1948). Arntfield Mine in: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- HART, R.A., (1973). A model for chemical exchange in the basalt seawater system of oceanic layer II. Can. J. Sci., 10, pp. 799-816.
- HARVIE, R., (1923). Dufresnoy map area, Abitibi District, Que. Geol. Surv. Can., Sum. rept., pt. C-1, pp. 145-150.
- HAWLEY, J.E., (1948). The Aldermac copper deposit (Quebec) in: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1, pp. 719-730.
- HAWLEY, J.E., (1948). Francoeur Mines in: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- HOLGATE, N., (1954). The role of liquid immiscibility in igneous petrogenesis. J. of Geol., v. 62, pp. 439-480.
- HUGHES, C.J., (1972). Spilites, keratophyres and the igneous spectrum. Geol. Mag., 109(6), pp. 513-527.
- HUTCHINSON, R.W., (1965). Genesis of canadian massive sulphides reconsidered by comparison to Cyprus deposits. Bull. Can. Inst. Min. Met., vol. 68, pp. 286-300.
- HUTCHINSON, R.W. et al (1971). Metallogenic relationships in the Abitibi belt, Canada: A model for Archean metallogeny. Can. Min., Metall. Bull., v. 64, no. 708, pp. 48-57.
- HYNDMAN, D.W., (1972). Petrology of igneous and metamorphic rocks. Intern. Ser. in the Earth and Planetary Sc., McGraw-Hill, 533 pp.

- IRVINE, T.N., BARAGAR, W.R.A., (1971). A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, pp. 523-548.
- JAMES, W.F., (1922). Duparquet map area, Que. *Geol. Surv. Can., Sum. Rept.*, pt. D, pp. 75-96.
- JAMES, W.F., MAMDSLEY, J.B., (1924). Clericy and Kinojevis map areas, Temiscamingue and Abitibi Co., Que. *Geol. Surv. Can., Sum. Rept.*, pt. C, pp. 99-125.
- JAMIESON, B.G., CLARKE, D.B., (1970). Potassium and associated elements in tholeiitic basalts. *J. of Petrol.*, v. 11, pt. 2, pp. 183-204.
- JOLLY, W.T., SMITH, R.E., (1972). Degradation and metamorphic differentiation of the Keweenawan tholeiitic lavas of Northern Michigan, U.S.A. *J. of Petrol.*, v. 13, pt. 11, pp. 273-303.
- JOHNSON, A.E., (1966). Mineralogy and textural relationships in the Lake Dufault ores, N.W. Quebec. Unpublished M.Sc. thesis, University of Western Ontario, pp.49-50.
- KALLIOKOSKI, J., (1965). Metamorphic features in North American massive sulphides deposits. *Econ. Geol.*, v.60, no. 3, pp. 485-505.
- KALLIOKOSKI, J., (1968). Structural features and some metallogenic patterns in the southern part of the Superior Province, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, v. 5, no. 5, pp. 1199-1208.
- KANASEWICH, E.R., FARQUHAR, R.M., (1965). Lead isotope cations from the Cobalt-Noranda area, Canada. *Can. J. Earth Sci.*, v. 2, no. 4, pp. 361-384.
- KAWANO, Y., YAGI, K., AOKI, K., (1961). Petrography and petrochemistry of the volcanic rocks of Quaternary volcanoes of Northeastern Japan. Rept. from the Science Reports of the Tohoku University, sec. III, vol. VII, no. 1, pp. 1-46.
- KELLER, J., (1969). Origin of rhyolites by anatectic melting of granitic crustal rocks. *Bulletin volcanogénique*, tome 33, fasc. 3-4, pp. 942-959.
- KENNEDY, W.Q., (1933). Trends of differentiation in basaltic magmas. *Am. J. Sci.*, Ser. 5, 25, pp. 239-256.

- KRAUSKOPF, K.B., (1967a). Introduction to geochemistry. McGraw-Hill Book Company. 721 pp.
- KRAUSKOPF, K.B., (1967b). Source rocks for metal-bearing fluids. pp. 1-33. In: Barnes, H.L. (ed.), Geochemistry of hydrothermal Ore Deposits. New York, Holt, Rinehart and Winston, 626 pp.
- KUNO, H., (1950). Petrology of Hakone volcano and the adjacent areas. Bull. Geol. Soc. Am., 61, pp. 957-1020.
- KUNO, H., (1960). High-alumina basalt. J. Petrol., v. 1, pt. II, pp. 121-145.
- KUNO, H., (1968a) Differentiation of basalt magmas. In: Basalts, v. 2, H.H. Hess and A. Poldervaart (ed.), pp. 623-688. Interscience, John Wiley and Sons, N.Y., 862 pp.
- KUNO, H., (1968b) Origin of andesite and its bearing on the island arc structure. Bull. Volcanol., Tome XXXII, pp. 141-176.
- LEE, B., (1951). Rapport préliminaire sur des parties des cantons de Palmarolle, de Poularies, de Duparquet et de Destor, comté d'Abitibi-Cuest, province de Québec, Canada. Min. des Mines Qué., Serv. des gîtes minéraux, R.P. no. 261.
- LE MAITRE, R.N., (1968). Chemical variation within and between volcanic rock series - a statistical approach. J. of Petrol., v. 9, pt. II, pp. 220-52.
- L'ESPERANCE, R.L., (1950). Preliminary report on Northeast part of Duprat Township, Rouyn-Noranda County. Prov. of Que., Canada, Dept. of Mines, Mineral Deposits Branch, P.R. no. 241.
- L'ESPERANCE, R.L., (1951a). The geology of Duprat Township and some adjacent areas, N.W. Que. Unpublished Thesis Ph.D., McGill Univ., 316 pp.
- L'ESPERANCE, R.L., (1951b). Rapport préliminaire sur la région de la rivière Dalember - Lac Dufresnoy, cantons de Duparquet et de Destor, comté d'Abitibi ouest. Prov. de Qué., Canada. Min. des Mines, Serv. des Gîtes Minéraux, R.P. no 275.
- L'ESPERANCE, R.L., (1952). Rapport préliminaire sur le quart sud-est du canton de Duprat, comté de Rouyn-Noranda, province de Québec, Canada. Min. des Mines, Serv. des Gîtes Minéraux. Rapport GM 27852.

- LICKUS, R.J., (1965). Geology and geochemistry of the ore deposits, at the Vauze Mine, Noranda District, Quebec. McGill Univ., Ph.D. Thesis. 135 pp.
- LOFGREN, G., (1971a). Experimentally produced devitrification textures in natural rhyolitic glass. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 82, pp. 111-124.
- LOFGREN, G., (1971b). Spherulitic textures in glassy and crystalline rocks. J. Geophys. Res., 76, no. 23, pp. 5635-5648.
- LOFGREN, G., (1974). An experimental study of plagioclase crystal morphology: isothermal crystallization. Am. J. of Sci., v. 274, pp. 243-273.
- MACDONALD, G.A., KATSURA, (1964). Chemical composition of Hawaiian lavas. J. Petrol., 5, pp. 82-133.
- MACGREGOR, J.G., (1928). Structural features of certain Rouyn ore bodies. Can. Mining J., v. 49, pp. 456-460.
- MACGREGOR, J.G., (1929). Exploration in Rouyn Camp. Trans. Can. Inst. Mining Met., v. 32, pp. 41-50.
- MARSHALL, R.R., (1961). Devitrification of natural glass. Geol. Soc. Am. Bull., vol. 72, pp. 1493-1520.
- MASON, B., BERRY, L.G., (1968). Elements of mineralogy. W.H. Freeman, San Francisco, 550 pp.
- MAXWELL, J.A., DAWSON, K.R., TOMILSON, M.E., PACOCK, D.M., TETREAULT, D., (1965). Chemical analysis of Canadian rocks, minerals and ores. Geol. Surv. Can., Bull. 115, 476 pp.
- MCBIRNEY, A.R., (1963). Factors governing the nature of submarine volcanism. Bull. Volcanol., 26, pp. 455-469.
- MCCARTNEY, W.D., POTTER, R.R., (1962). Mineralization as related to structural deformation, igneous activity and sedimentation in folded geosynclines. Can. Mining J., v. 83, no. 4, pp. 83-87.
- MCMURCHY, (1948). Powell-Rouyn Mine. In: Structural geology of Canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- MIYASHIRO, A., (1973). The Trood ophiolitic complex was probably formed in an island arc. Earth and Planetary Sci. Letters, v. 19, pp. 218-224.

- MOORE, J.G., (1962). K/Na ratio of Cenozoic igneous rocks of the Western United States. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 26, pp. 101-130.
- MOORHOUSE, W.W., (1965). Stratigraphic position of sulphides in the Archean. *Can. Inst. Min. Met. Bull.*, vol. 68, pp. 261-264.
- MOORHOUSE, W.W., (1970). Atlas of textures in Archean and modern volcanic rocks. *Geol. Assoc. Can., Spec. paper* 8.
- MURATA, K.J., (1960). A new method of plotting chemical analysis of basaltic rocks. *Am. J. Sci.*, v. 258, pp. 247-253.
- NOCKOLDS, S.R., (1954). Average chemical compositions of some igneous rocks. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 65, pp. 1007-32.
- NOCKOLDS, S.R., ALLEN, R., (1953). The geochemistry of some igneous rock series. *Geoch. et Cosmochim. Acta*, 4, pp. 105-142.
- NORMAN, F.J., (1961). Remanent magnetism and its relation to the age determination of Noranda area Sulphides. Unpublished B.Sc. Thesis, Univ. of Toronto. In: Dugas (1966).
- NORMAN, G.W.H., (1948). Major faults, Abitibi region. In: Structural geology of Canadian ore deposits. *Can. Inst. Min. Met.*, pp. 822-839.
- O'NEILL, J.J., (1932). The Beattie Gold Mine, Duparquet Twp. *Que. Bur. Mines, An. rept.*, pt. C, pp. 3-28.
- O'NEILL, J.J., (1933). Beattie-Galatea map area. *Que. Bur. Mines, An. rept.*, pt. C, pp. 75-114.
- OSBORN, E.F., (1959). Role of oxygen pressure in the crystallization and differentiation of basaltic magma. *Am. J. Sci.*, v. 257, p. 634.
- PARSONS, W.H., (1969). Criteria for the recognition of volcanic breccias: review. *Geol. Soc. Am. Mem.* 115, pp. 263-304.
- PARK, C.F., MACDIARMID, R.A., (1964). Ore deposits. W.H. Freeman, San Francisco, 458 pp.
- PEALE, R., (1930). Some ore deposits of the Rouyn district, Northwestern Que., Canada. Unpubl. Ph.D. Thesis, Harvard Univ.
- PEALE, R., (1931). Geology of the Waite-Ackerman-Montgomery deposit. *Trans. Can. Inst. Min. Met.*, vol. 34, pp. 198-215.

- PRICE, P.R., (1933). Geology of the Horne Mine, Noranda, Que. Unpubl. Ph.D. Thesis, McGill Univ., 288 pp.
- PRICE, P., (1948). The Horne Mine. Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met. Geol. Div., pp. 743-772.
- PRICE, P., (1949). Waite-Amulet Mines Limited. In: Denis, T.C. and Dresser, J.A., (1949). Geology of Québec.
- PRICE, P., (1953a). Noranda Mines Limited (Horne Mine). In: Geology and Mineral Deposits of Northwestern Quebec, Guidebook for field-trip no. 10, Geol. Soc. Am.-Geol. Assoc. Can., pp. 13-14.
- PRICE, P., (1953b). Waite-Amulet Mines Limited. In: Geology and Mineral Deposits of Northwestern Quebec. Guidebook for field-trip no. 10, Geol. Soc. Am.-Geol. Assoc. Can., pp. 1820.
- PRICE, P., BANCROFT, W.L., (1948). Waite-Amulet Mine - Waite section. In: Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., pp. 748-756.
- PRICE, P., TAYLOR, E., (1953). Geology of Noranda, Quemont and Waite-Amulet Mines. In: Geology and Mineral Deposits of Northwestern Quebec. Guidebook for field-trip no. 10, Geol. Soc. Am.-Geol. Assoc. Can., pp. 13-14.
- PURDIE, J.J., (1970). Lake Dufault Mines Limited. Dans: Excursion Géologique Val d'Or et Rouyn-Noranda, 14-18 sept. 1970. Ecole Polytechnique.
- RIDDELL, J.E., (1952). Wall rock alteration around base metal sulphide deposits of Northwestern Que. Unpubl. Ph.D. thesis, McGill Univ. 220 pp.
- RIDDLER, R.H., (1970). Relationship of mineralization to volcanic stratigraphy in the Kirkland-Larder Lakes area, Ontario. Geol. Assoc. Can. Proc., v. 21, pp. 33-42.
- RITTMAN, A., (1958). Il meccanismo di formazione delle lave a pillows e dei cosi detti tufi palagonitici. Bol. Ac. Gio. Sc. Nat., IV, 6.
- RITTMAN, A., (1962). Volcanoes and their activity. Interscience, John Wiley and Sons, New York.
- ROBINSON, W.G., (1940). Preliminary report on Flavrian Lake district, Beauchastel Twp. Que. Bur. Mines. Prelim. rept. no. 145, 7 pp.

- ROBINSON, W.G., (1941). The Flavrian Lake map area and the structural geology of the surrounding district. Unpubl. Ph.D. Thesis, McGill Univ. 99 pp.
- ROBINSON, W.G., (1943). Flavrian Lake Area. Que. Dept. Mines, Geol. rept. no. 13, 21 pp.
- ROBINSON, W.G., (1948). Part of northwest quarter of Beauchastel Twp, Rouyn-Noranda Co. Que. Dept. Mines, Geol. Rept. no. 30, 19 pp.
- ROBINSON, W.G., (1951). Structural geology and ore deposits of Rouyn-Noranda district. Geol. Assoc. Can., v. 4, pp. 61-17.
- ROEDDER, E., (1951). Low-temperature liquid immiscibility in the system  $K_2O-FeO-Al_2O_3-SiO_2$ . Am. Miner., v. 36, pp. 282-286.
- ROMANO, R., (1969). Sur l'origine de l'excès de sodium (Na) dans certaines laves de l'Ile de Pantelleria. Bull. Volcanogénique, Tome 33, fasc. 3-4, pp. 694-700.
- ROSCOE, S.M., (1965a). Geochemical and isotopic studies, Noranda and Mattagami Areas. Bull. Can. Inst. Min. Met., v. 58, no. 641, pp. 965-971.
- ROSCOE, S.M., (1965b). Metallogenic study Sault Ste-Marie to Chibougamau. Geol. Surv. Can., paper 65-1, pp. 153-156.
- ROSEN-SPENCE, A. de (1969). Genèse des roches à cordiérite-anthophyllithe des gisements cupro-zincifères de la région de Rouyn-Noranda, Québec. Can. J. Earth Sci., v. 6, no. 6, pp. 1339-1345.
- ROSS, C.S., SMITH, L.S., (1961). Ash-flow tuffs: their origin, geologic relations and identification. Geol. Survey Can., Prof. paper 366, 81 pp.
- SAKRISON, H.C., (1966). Chemical studies of the host rocks of the Lake Dufault Mine, Que. Unpublished thesis (copy) Ph.D., McGill Univ., 138 pp.
- SCHINDLER, N.R., (1933). Geology of the Waite-Ackerman-Montgomery property, Duprat and Dufresnoy Twp., Que. Unpubl. M.Sc. thesis, McGill Univ., 108 pp.
- SCHINDLER, N.R., (1934). Igneous rocks of Duprat Lake and Rouyn Lake areas, Que. Unpubl. Ph.D. thesis, McGill Univ., 165 pp.

- SCHWARTZ, G.M., (1956). Hydrothermal alteration as a guide to ore. In: Econ. Geol., 50th An. vol., pt. 1, pp. 300-323.
- SCOTT, J.S., (1948). Quemont Mine. In: Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- SHARPE, J.E., (1968). Geology and sulfide deposits of the Matagami area. Que. Dept. Nat. Res., rept. 137, 122 pp. (& maps 1631,1632,1633,1634,1635).
- SHARPE, J.I., (1965). Field relations of Mattagami sulphide masses bearing on their disposition in time and space. Can. Min. and Met. Bull., v. 58, no. 641, sept., pp. 951-64.
- SHARPE, J.I., (1967). Metallogenic portrait of the Noranda area. Can. Inst. Min. Met., Centennial Field Excursion, Northwestern Quebec and Northern Ontario, pp. 62-63.
- SHARPE, J.I., (1968). Mineral deposits map of Rouyn-Noranda area. Que. Dept. Nat. Res., map no. 1653.
- SMITH, A.L., CARMICHAEL, I.S.E., (1968). Quaternary lavas from the Southern Cascades, Western U.S.A. Contr. Mineral. Petrol., v. 19, pp. 212-238.
- SPENCE, C.D., (1970). The Noranda Area. In: Excursion géologique Val d'Or et Rouyn-Noranda, 14-18 sept, Ecole Polytechnique.
- SPENCE, A., (1972). Participation à "Région de Rouyn-Noranda". Dans: Goodwynn et Riddler, Annels (1972).
- SPICHER, A., (1967). Diagrams for the determination of plagioclases using X-Ray powder methods. Bull. suisse de Minér. et Pétrogr., v. 47, no 1, pp. 337-342.
- SUFFEL, G.G., (1948). Waite-Amulet Mine - Amulet section. In: Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., vol. 1, pp. 757-763.
- SUFFEL, G.G., (1965). Remarks on some sulphides deposits in volcanic extrusives. Can. Inst. Min. Met. Bull., vol. 58, no. 642, pp. 1057-1063.
- TAYLOR, B., (1948). Quemont Mine. In: Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- TAYLOR, B., (1953). Geology of Quemont Mining Corporation, Limited. In: Geology and mineral deposits of Northwestern Quebec, guidebook for field-trip no. 10, Geol. Soc. Am.-Geol. Assoc. Can., pp. 15-17.

- TAZIEFF, H., (1968). Sur le mécanisme des éruptions basaltiques sous-marines à faibles profondeurs et la genèse d'hyaloclastites associées. *Geol. Rundschau*, 57, pp. 955-966.
- TAZIEFF, H., (1972). About deep-sea volcanism. *Geol. Rundschau*, 61, pp. 470-479.
- THORNTON, C.P., TUTTLE, O.F., (1960). Chemistry of igneous rocks. 1- Differentiation index. *Am. J. Sc.*, v. 258, pp. 664-684.
- TILLY, C.E., (1950). Some aspects of magmatic evolution. *Quart. J. Geol. Soc. Lond.*, 106, pp. 37-61.
- TILLY, C.E., MUIR, I.D., (1964). Intermediate members of the oceanic basalt-trachyte association. *Real. Form. Stockholm Forh*, 85, pp. 434-443.
- TILLY, C.E., MUIR, I.D., (1967). Tholeiite and tholeiitic series. *Real. Mag.* 104, pp. 337-343.
- TILLY, C.E., YODER, H.S. jr., SCHAIRER, J.F., (1968). Melting relations of igneous rock series. *Carnegie Inst., Geophys. Lab., year book 1966*, pp. 450-458.
- TRUDEL, P., (1975). Etude pétrographique et pétrologique d'une partie de la ceinture volcanique d'Abitibi. Mémoire de maîtrise, Ecole Polytechnique.
- TURNER, F.J., VERHOOGEN, J., (1960). *Igneous and metamorphic petrology*. McGrawHill, New York, 694 pp.
- TUTTLE, O.F., BOWEN, N.L., (1958). Origin of granite in the light of experimental studies. *Geol. Soc. Am., Mem.*, vol. 74.
- WAGER, L.R., DEER, W.A., (1939). The petrology of the Skaergaard intrusion. *Meddl. om Grønland*, 113.
- WALKER, T.L., (1930). Dalmatianite, the spotted greenstone from the Amulet Mine, Noranda, Que. *Univ. of Toronto Studies, Geol. Sur.*, no. 29, pp. 9-12.
- WASHINGTON, H.S., (1903). Chemical analyses of igneous rocks published from 1884 to 1900 with critical discussion of the character and use of analyses. *U.S.G.S. Prof. paper* 14.
- WATERS, A.C., FISHER, R.V., (1971). Base surges and their deposits: Capelinkos and Tail volcanoes. *J. Geophys. Res.*, 76, pp. 5596-5614.

- WEBBER, G.R. Variation in the composition of the Lake Dufault granodiorite. Bull. Inst. Mining Met., v. 1, pp. 84-91.
- WHITE, D.E., (1968). Environments of generation of some base-metal ore deposits. Econ. Geol., v. 63, no. 4, pp. 301-355.
- WILKINSON, J.F.G., (1968). The petrography of basaltic rocks. In: Basalts, vol. 1, H.H. Hess and A. Poldervaart. pp. 163-214. Interscience, John Wiley and Sons, N.Y., 862 pp.
- WILLIAMS, H., TURNER, F.J., GILBERT, C.H., (1954). Petrography. Freeman and Co., San Francisco, 406 pp.
- WILSON, H.D.B., (1964). Composition and structures of the Kermatic volcanic rocks. AAPG Bull. v. 48, no. 4, p. 551.
- WILSON, H.D.B., (1967a). Volcanism and ore deposits in the canadian Archean. Geol. Assoc. Can. Proc., v. 18, pp. 11-31.
- WILSON, H.D.B., (1967b). Volcanology. In: Canadian Upper Mantle Rept. 1967, Geol. Surv. Can., paper 67-41.
- WILSON, H.D.B., ANDERSON, D.T., (1959). The composition of canadian sulphide ore deposits. Trans. Can. Inst. Min. Met., vol. 62, pp. 327-339.
- WILSON, H.D.B., ANDREWS, P., MOXHAM, R.L., RAMLAL, K., (1965). Archean volcanism in the Canadian Shield. Can. J. Earth Sci., 2, pp. 161-175.
- WILSON, M.E., (1908). Lake Oposatika and the height of land. Geol. Surv. Can., Sum. rept., pp. 121-123.
- WILSON, M.E., (1910). Northwestern Quebec adjacent to the inter-provincial boundary and the national transcontinental railway (Can.). Can. Dept. Mines Tech. Surv. Geol. Surv. Can., Sum. rept., pp. 203-207.
- WILSON, M.E., (1911). Kewagama Lake map area Pontiac and Abitibi, Que. Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can., Sum. rept., pp. 273-279.
- WILSON, M.E., (1913). Kewagama Lake map area Que. Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can. Mem. 39, pp. 139.

- WILSON, M.E., (1918). Temiskaming Co. Que. Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can., mem. 103, pp. 197.
- WILSON, M.E., (1933). Amulet Mines, Noranda dist., Que. Can. Dept. Mines Tech. Surv., Geol. Surv. Can., sum. rept., pt. D, pp. 83-120.
- WILSON, M.E., (1934). The multiple and complementary sills and dykes of the Waite-Ackerman-Montgomery Mines: Noranda dist., Que. Trans. Roy. Soc. Can., 3rd series, v. 28, sec. 4, pp. 65-74.
- WILSON, M.E., (1935). Rock alteration at the Amulet Mine, Noranda district, Quebec. Econ. Geol., v. 30, pp. 478-492.
- WILSON, M.E., (1938). The Keewatin lavas of the Noranda districts, Que. Univ. of Toronto Studies, Geol. Ser. no. 41, pp. 75-82.
- WILSON, M.E., (1939). Dufault Area, Dufresnoy and Rouyn Townships, Abitibi and Temiscamingue Counties, Quebec. Map 457A, Ottawa.
- WILSON, M.E., (1941). Noranda District, Quebec. Memoir 229, Geol. Surv. Can., 148 p., 5 cartes.
- WILSON, M.E., (1943). The Early Precambrian succession in Western Quebec. Trans. Roy. Soc. Can., sec. 4, v. 37, pp. 119-138.
- WILSON, M.E., (1945). The regional structural relation of the ore deposit of the Noranda District, Western Quebec. New York Acad. Sc., Dec., Trans. 43-44.
- WILSON, M.E., (1948a). McWatters Mine. In: Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- WILSON, M.E., (1948b). Structural features of the Noranda-Rouyn area. In: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- WILSON, M.E., (1956). Early Precambrian rocks of the Temiskaming region, Quebec and Ontario, Canada. Bull. Geol. Soc. Amer., v. 67, pp. 1397-1430.
- WILSON, M.E., (1962). Rouyn Beauchastel map areas, Quebec. Geol. Survey Can., memoir 315, 140 pp.
- WILSON, M.E., HOPPER, R.V., TRENHOLME, L.S., (1948). Rouyn-Merger Mine. In: Structural geology of canadian ore deposits. Can. Inst. Min. Met., vol. 1.

- WILSON, M.E., LEE, A.C., (1948). Senator-Rouyn Mine. In: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1.
- WILSON, M.E., MCQUARRY, W.R., (1948). Stadacona Mine. In: Structural geology of canadian ore deposits, Can. Inst. Min. Met., vol. 1, pp. 776-782.
- WINKLER, H.G.F., (1967). Petrogenesis of metamorphic rocks. Springer-Verlag, New York, 237 pp.
- YODER, H.S., (1964). Genesis of principal basalt magmas. Carnegie Inst. Wash., Year Book 63, pp. 97-101.
- YODER, H.S. jr. (1969). Calc-alkaline andesites: experimental data bearing on the origin of their assumed characteristics. In: McBirney, A.R. (ed.). Proceedings of the Andesite Conference (Eugene and Bond).
- YODER, H.S. jr. (1973). Contemporaneous basaltic and rhyolitic magmas. Amer. Miner., v. 58, pp. 153-171.
- YODER, H.S., TILLEY, C.E., (1962). Origin of basalt magmas: or experimental study of natural and synthetic rock systems. J. Petrology, 3, pp. 342-532.
- ZAVARITSKY, A.N., (1941). Outline of the analysis of igneous rocks and the determination of their chemical types (in part). Traduit par M.C. Blake jr. Intern. Geol. Rev., v. 6, no. 1, pp. 1-17.

102130

102130

JN-15

## Programme "NØRME"

Le programme NØRME permet de calculer:

- 1.- La norme CIPW
- 2.- Différents rapports d'éléments en traces
- 3.- L'indice de différenciation de Larsen (IDL)  
 $IDL = (1/3SiO_2 + K_2O) - (CaO + MgO + FeO)$
- 4.- L'indice felsique (IF)  
 $IF = (Na_2O + K_2O) * 100 / (MgO + FeO + Fe_2O_3)$
- 5.- L'indice mafique (IM)  
 $IM = (FeO + Fe_2O_3) * 100 / (MgO + FeO + Fe_2O_3)$
- 6.- Les projections AFM  
 $(Na_2O + K_2O) - (FeO + Fe_2O_3) - MgO$
- 7.- Les projections sur les diverses faces du tétraèdre des basaltes: DI-Ne-Fo-Qz.
- 8.- Les projections sur les diverses faces du tétraèdre des granodiorites-granites: An-Qz-Ab-Or.
- 9.- Les projections sur les diverses faces du tétraèdre des roches felsiques: An-Qz-Ne-Ks.

## UTILISATION DU PROGRAMME "NØRME"

1) La première opération consiste à préparer les données.  
(On suppose que cette entrée de données se fait via le support des cartes perforées).

a) Entrer les valeurs dans les champs correspondants et selon le format approprié, tel que spécifié par le document "LE FORMAT D'ENTREE DES CALCULS PETROCHIMIQUES" (voir Appendice I)

NOTE: i) - Cartes d'entrée (voir 1).b))

ii)- Une seule carte des options pour tout le bloc de données (voir Appendice II).

iii)-Une seule carte titre pour tout le bloc de données.

iv)- Une carte blanche (à la fin) pour délimiter le bloc de données au complet.

v) - Le numéro de l'échantillon doit être inscrit dans les six premiers caractères de la carte I pour chaque échantillon.

b) Ajouter les cartes suivantes au début du bloc de données:

- / !JØB... (no. compte, nom, commentaires)
- / !RES TIME=2,CØRE=10
- / !PCL
- / C CR TØ nom du fichier

NOTE: C'est vous qui définissez le nom du fichier. Le nom du fichier est totalement arbitraire (le nombre maximum de caractères est 5; ex.: JCAND).

Ce nom sera utilisé lors de la commande BATCH (phase 2).

b) ). Si le compte PX045 a déjà un fichier qui porte le nom choisi, les données ne seront pas transférées sur

*Daub1*

disque et la "job" qui a voulu créer ce fichier de données va se terminer avec un message d'erreur.

- c) Ajouter la carte suivante à la fin du bloc de données (après la carte blanche):

! FIN

- d) Donner à l'opérateur le bloc de cartes complet pour qu'il le fasse lire physiquement.
- e) Le bloc de cartes revient avec un bout de papier. Vérifier sur ce papier si la copie sur disque a été bien faite. Il devrait normalement n'y avoir que le message suivant:

PCL PROCESSING TERMINATED

NOTE: A la fin de cette étape, le compte PX045 contient un nouveau fichier de données sous le nom spécifié dans les cartes de contrôle (phase 1).b ).

- 2) Pour exécuter le programme NØRME, il faut effectuer les opérations suivantes sur le Terminal:

- a) Entrée en ligne: suivre les règles spécifiées dans le MANUEL DE L'USAGER, soit
- i) "Full duplex" (bouton de contrôle à droite du terminal; s'il existe)
  - ii) BREAK

C'est alors qu'un grand miracle se produit et il vous écrit de façon claire qu'il est à votre disposition. Il écrit

LØGØN PLEASE

Vous devez alors lui répondre en lui soumettant votre numéro de compte, soit

PX045, WØUSSENG, MARTIN

C'est alors que vous faites:

b) BATCH B:NØRME IN=nom du fichier, DIG=nouveau nom du fichier

NOTE: i) Le nom du fichier est le même que celui donné auparavant au bloc de cartes (phase 1).b) ).

ex.: JCAND

ii) DIG=....

ex.: nouveau nom du fichier = nom du fichier + une lettre

JCANDI

Le système retourne un "numéro de job". Il faut attendre que la "job" soit terminée avant de passer à la phase du graphisme (3).

3) Si les options, contenues dans le bloc des cartes de données, exigent le traçage de diagrammes, le programme va fournir dans un fichier spécial (PLTR) tout ce qu'il faut pour effectuer le traçage; mais il ne dessinera rien physiquement. Pour obtenir le traçage lui-même, il faut exécuter la procédure suivante:

a) Entrer en ligne sur le terminal VU - CØM situé à côté du traceur de courbes CØMPLØT (salle réservée aux professeurs et aux employés, D-514 ).

NOTE: Il ne faut pas dépasser la vitesse de 300 bauds (30 sur l'indicateur GANDALF) car c'est la vitesse maximum du CØMPLØT.

i) BREAK

Il vous répondra qu'il est en ligne et à votre disposition en écrivant LØGØN PLEASE

ii) Donner votre numéro de compte:

PX045, WØUSSENG, MARTIN

et il vous répondra OK.

NOTE: Il se peut que le VU-CØM refuse votre LØGØN en retournant toujours le message.

ACCØUNT/ID?

Dans ce cas, faites ESC/U (presser d'abord sur la touche ESCAPE suivie de la touche U), puis donnez votre numéro de compte

PX045, WØUSSENG, MARTIN  
 et il vous répondra OK.

- b) S'assurer que le traceur CØMPLØT est prêt:
- i) Mettre le bouton OPERATE/STANDBY à OPERATE  
 (Ce bouton est situé sur la boîte CØMPLØT au-dessus du terminal VU-CØM).
  - ii) Mettre le traceur en marche (appuyer sur POWER)
  - iii) S'assurer que les 3 contrôles du traceur soient sur les positions suivantes:
    - contrôle de la plume (PEN) à REMOTE
    - contrôle vertical (PEN AXIS) à PLØT
    - contrôle horizontal (CHART AXIS) à PLØT
- NOTE: S'il n'y a pas de plume ou pas de papier, s'adresser à l'opérateur de la salle pour effectuer les corrections.

- c) Donner les commandes suivantes sur le VU-CØM:
- i) Faire CØNTRØL Q (appuyer sur les touches CNTRL et Q en même temps).  
 il vous répondra  
 !
  - ii) Ecrire à la suite de !  
 ! SET F:9/nom du fichier  
N.B. Le nom de fichier est le nouveau nom mis en 2).b) ii)  
 ! PLØT.Ix15
- d) Au bout de quelques instants, le traceur répondra  
 ;:  
 et devrait commencer à dessiner les diagrammes.

e) Lorsque les diagrammes sont terminés, le terminal VU-COM donne le message:

\*\*\* XEQ TERMINE \*\*\*

Effectuer alors la phase terminale du processus;

- i) Faire OFF (ou BYE) pour terminer la session sur ce terminal.
- ii) Pour ce qui est du traçage, on récupère les graphiques de la façon suivante:
  - mettre le contrôle vertical (CHART AXIS) sur SLEW.
  - utiliser les 2 petits boutons noirs sous le bouton de contrôle vertical pour déplacer le papier vers l'extérieur du COMPLØT.
  - lorsque tous les graphiques sont complètement à l'extérieur du traceur, utiliser une pointe de crayon (ou une clé, par exemple) pour couper le papier graphique le long de la rainure prévue à cet effet sur le bord du traceur.
- iii) Fermer le traceur en appuyant à nouveau sur POWER .
- iv) Remercier le Seigneur qui a permis que nos graphiques soient dessinés aussi facilement et demander-Lui ses lumières pour faire votre interprétation.

EN RESUME:

## 1) Bloc de données:

```

!JØB
!RES TIME=2, CØRE=10
!PCL
C CR TØ nom du fichier
Carte-options
Carte-titre
Cartes-données
Carte-blanche
!FIN

```

## 2) Faire lire le bloc par l'opérateur

## 3) Faire sur un terminal quelconque:

```

Full Duplex
BREAK
No. de compte
BATCH B=NØRME IN=nom du fichier, DIG=nouveau nom

```

## 4) Récupérer les sorties à la fin du travail.

## 5) Mettre les appareils en marche pour le tracage (CØMPLØT):

```

OPERATE/STANDBY à OPERATE
POWER
PEN à REMOTE
PEN AXIS à PLØT
CHART AXIS à PLØT

```

## 6) Faire sur le terminal VU-CØM:

```

BREAK ou ESC/U
No. de compte
!CØNTRØL Q
!SET F:9 / nom du fichier (cf nouveau de 3))
!PLØT.1x15

```

7) Lorsque le travail est fait

OFF sur le terminal

CHART AXIS à SLEW sur traceur

récupérer les dessins

POWER

APPENDICE I

FORMAT D'ENTREE DES CALCULS PETROCHIMIQUES

I										II									
T(X)										R(X)									
EM(X)										CARTES DES OPTIONS									
CARTE TITRE																			
I										II									
NO DE L'ECHANTILLON										DU NON DE LA ROCHE									
500003																			
NUMERO										H2O +									
concentrations calcule										H2O -									
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80										AL2O3									
										SiO2									
										F2O3									
										FeO									
										CaO									
										MgO									
										K2O									
										Na2O									
										SR									
										BA									
										LI									
										CS									
										NI									
										CO									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									
										Ag									
										Au									
										Cd									
										Hg									
										Sb									
										Se									
										Te									
										La									
										Eu									
										Y									
										Sc									
										Zr									
										Hf									
										Ta									
										Nb									
										Cr									
										Mn									
										Ni									
										Cu									
										Zn									
										Ga									
										Ge									
										Pb									
										U									
										Th									
										V									
										W									
										Pd									
										Pt									

## APPENDICE II

### Description de la carte-options

La carte des options (cf appendice I) accepte des caractères numériques dans les 30 premiers espaces:

- 1 à 10 pour des opérations sur les éléments-traces T(I)
- 11 à 20 pour des opérations sur les pourcentages-poids des oxydes P(I)
- 21 à 30 pour des opérations sur les pourcentages-poids des minéraux normatifs PM(I)

Effectivement, plusieurs cases sont présentement inactives. Les cases actives sont les suivantes:

- 1 : série A de calculs (rapports) sur les éléments-traces T(I)
- 2 : série B de .....
- 11 : calculs et/ou diagrammes binaires pour Indice de Différenciation de Larsen, Indice Felsique, Indice Mafique, somme des Alcalis.
- 12 : calculs et/ou diagrammes ternaires AFM et CNK
- 23 : calculs et/ou diagrammes pour tétraèdre des basaltes (DI-Ne-Fo-Q2)
- 24 : calculs et/ou diagrammes pour tétraèdre des granites (An-Q2-Al-Or) et des roches felsiques (An-Q2-Ne-Ks)

Pour chaque case active, on peut se servir des caractères suivants:

- 0 - Pas de calcul, pas de diagramme
- 1 - Calculs, pas de diagramme
- 2 - Calculs et diagrammes binaires
- 3 - Calculs et diagrammes ternaires
- 4 - Calculs et diagrammes quaternaires.

APPENDICE III

Code des minéraux normatifs

Qz	=	Quartz	
OR	=	Orthose	
PL	=	Plagioclase	
AN	=	Anorthosite	Décalé de 2x ou 3x
AB	=	Albite	
NE	=	Néphéline	
LE	=	Leucite	
KP	=	Kaliophilite	
Ac	=	Acmite	
Ns	=	Métasilicate de sodium	
KS	=	Métasilicate de potassium	
C	=	Corindon	
Wo	=	Wollastonite	
Diss	=	Diopside SS	
Di	=	Dioside	
HE	=	Hédenbergite	
HY	=	Hypersthène	
EN	=	Enstatite	
FE	=	Ferrosilite	
OL	=	Olivine	
FO	=	Forstérite	
FA	=	Fayalite	
CS	=	Orthosilicate de calcium	
MT	=	Magnétite	
HM	=	Hématite	
IL	=	Ilménite	
SP	=	Sphène	
PF	=	Perovskite	
RU	=	Rutile	
CM	=	Chromite	

AP	=	Apatite
FR	=	Fluorine
PR	=	Pyrite
Nc	=	Carbonate de Sodium
CC	=	Calcite
TH	=	Thénardite
HL	=	Halite
Z	=	Zircon

by the Natural Environment Research Council and submitted to the University of Toronto. This paper was written while I was a Visiting Fellow at the Elliot Lake Laboratory of the Mining Research Centre, Department of Energy, Mines and Resources.

D. M. 1969. A laboratory study of time behaviour and acoustic emission of stressed rocks. Ph.D. thesis, University of London, England, 522 p.

70. A theory of brittle creep in rock under uniaxial compression. *J. Geophys. Res.* **75**, 31-3442.

(in press). The form of the creep law for uniaxial compression. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*

71. and WATSON, G. S. 1951. Testing for correlation in least squares regression. *Biometrika*, **38**, pp. 159-177.

H. 1958. Effect of rate of loading on some mechanical properties of concrete. *In Mechanical Properties of non metallic, brittle materials* (W. H. Walton Editor). Butterworth's, London.

I. 1952. Statistical theory with engineering applications. John Wiley and Sons, New York.

J. R. 1959. Time-dependent deformation and creep of geologic materials. *Quart. Colorado School of Mines*, **54**, pp. 135-175.

K. C. 1962. Elasticity, fracture and flow. *Int. J. Engng. Sci.*, **1**, 208 p.

L. C. and COOK, N. G. W. 1969. Fundamentals of rock mechanics. Methuen, London.

M. K. and MURRELL, S. A. F. 1965. An experimental study of the effect of temperature stress on the creep of rocks. *Geophys. J.R. Soc.* **9**, pp. 509-535.

N. J. 1958. A study of rock properties in uniaxial stress. *In Mechanical Properties of non metallic, brittle materials* (W. H. Walton Editor). Butterworth's, London. 492 p.

O. 1964. A study of time-strain behaviour in measure rocks. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* **1**, pp. 277-303.

P. J. 1962. Errors of observation and their correction. Chapman and Hall, London. 120 p.

Q. B. 1965. The effect of cracks on the uniaxial elastic compression of rocks. *J. Geophys. Res.* **70**, pp. 399-411.

A system is presented whereby volcanic rocks may be classified chemically as follows:

I. Subalkaline Rocks:

A. Tholeiitic basalt series:

Tholeiitic picrite-basalt; tholeiite; tholeiitic andesite.

B. Calc-alkali series:

High-alumina basalt; andesite; dacite; rhyolite.

II. Alkaline Rocks:

A. Alkali olivine basalt series:

(1) Alkalic picrite-basalt; ankaramite; alkali basalt; hawaiiite; mugearite; benmoreite; trachyte.

(2) Alkalic picrite-basalt; ankaramite; alkali basalt; trachybasalt; tristanite; trachyte.

B. Nephelinitic, leucitic, and analcitic rocks.

III. Peralkaline Rocks:

pantellerite, commendite, etc.

### Introduction

In 1966, at the request of the Volcanological Subcommittee of the Associate Committee on Geodesy and Geophysics of the National Research Council of Canada, the authors together with Professor W. W. Moorehouse undertook to prepare a classification of volcanic rocks which might be recommended by the subcommittee for general use in Canada. It was felt that such a classification was needed because (a) several institutions in Canada had begun to produce large numbers of chemical analyses of volcanic rocks with the consequent need for meaningful comparisons of these data by means of a consistent nomenclature; (b) many of the rocks being analyzed were metamorphosed to a degree that precluded classification by conventional mineralogical systems; and (c) there was no existing classification that related in a concise quantitative way long-standing terms such as basalt, andesite, and dacite with newer names such as high-alumina basalt and hawaiiite, which were becoming popular in petrological literature. With Professor Moorehouse's untimely death in 1969, the authors continued the project.

A preliminary draft of their report was distributed to interested parties for criticism and comment in the period 1967-1969. The pres-

ent paper constitutes their final report. It has been formally accepted by the Volcanological Subcommittee,<sup>1</sup> which hopes, by its publication, to establish an acceptable and useful classification of volcanic rocks in Canada.

### Scope and Approach

The term "common volcanic rocks" is intended to cover those compositional types most frequently encountered, whether unaltered or metamorphosed. Only primary rock names are used here, but modifiers such as a "meta-" prefix may be added if appropriate. The proposed classification scheme (Fig. 1) has two major divisions, the subalkaline and alkaline rocks, and a third, minor category, the peralkaline rocks. However, most of the common volcanic rocks fall into three series within the first two divisions—the tholeiitic basalt series, the alkali olivine basalt series, and the calc-alkali series—and it is on these that we shall concentrate. The peralkaline rocks and the other rocks mentioned in Fig. 1 (the nephelinites, leucitites, and analcitic rocks) are given only brief attention, partly because they appear to be rare in Canada, but mostly because they are complex groups outside our experience and

<sup>1</sup>Chaired by Dr. A. M. Goodwin.

+

THESE  
182  
UO  
RF



any comments we might make might be more misleading than helpful. For these same reasons we have avoided the spilites.<sup>2</sup>

The essential aim of the classification is to give chemical definition to conventional rock names, these generally having been originally defined on a mineralogical basis. However, a few petrographic notes are included, and we have tried to accommodate mineralogical factors through the use of the CIPW norm. The norm generally gives a fair approximation of the mineralogical and modal composition of the common volcanic rocks as crystallized at low pressures under relatively anhydrous conditions.

The approach has been to try to find or devise simple graphical plots whereby the different rocks can be distinguished and named according to compositional fields that are reasonably consistent with current usage. The method has limitations because of the difficulties of representing chemically complex systems on graphs, and because many of the better-known, long-standing rock names have not been used in a consistent way over the years (Chayes 1970). However, the diagrams should not lead the user far astray, and if used with a certain amount of discretion, will generally give satisfactory classifications. Distinctions between the major series are based on suites of rocks more than on individual analyses so that, to the extent that the control data are representative and the diagrams discriminating, the dividing lines are fairly "natural boundaries". Subdivisions of series are necessarily more arbitrary, since continuums of compositions are generally involved, and the proposed boundaries tend to be a compromise between usage in the literature and geometric convenience.

<sup>2</sup>The spilite problem was recently reviewed by Amstutz (1968), who concluded that spilites are chemically different from basalts only through the phase separation (mineralogical differentiation) that accompanies the development of their characteristic mineral assemblages, which, he stated, commonly include abundant monomineralic portions of albite, chlorite, epidote, calcite, and amphibole. In the present context, the highly differentiated rocks at least would have to be considered "severely altered" and could not be classified on a magmatic basis. The spilite problem has also been discussed extensively by Vallance (1960, 1965).

The control data are from the references cited in Appendix I. They embody about 2500 analyses of rocks from several dozen different localities or environments, but are limited in time in that they come from rocks of either Precambrian or Cenozoic age.

Many plots of data points are presented to illustrate the basis on which boundaries and divisions are selected and to give an indication of how well the choices agree with current usage. The plots were originally prepared by computer by means of a line printer and are accurate to one-tenth of a graduated division horizontally and one-fifth of a division vertically, the spacings of the printer. The sources of the data shown on each diagram are listed in Appendix I. Appendix II gives a typical analysis of each of the rocks mentioned in Fig. 1, and will serve as a comparative guide either for a quick preliminary classification or for checking final results. Appendix III gives the equations of the proposed dividing lines; these can be used to make the classification by computer.

### Preparation of Chemical Data Prior to Classification

#### *Adjustments for Alteration*

As it is intended that the proposed classification shall apply to metamorphosed as well as unaltered volcanic rocks, some comment on the possibility of chemical changes due to metamorphism or hydrothermal alteration, and on ways of adjusting for these, is in order. This is a complex problem much beyond the scope of this study. However, opinion expressed in the literature (e.g. Miyashiro 1968), and our own experience, indicates that the only constituents for which realistic adjustments can be made, at least in general studies, are the volatiles  $H_2O$ ,  $CO_2$ , and  $O_2$ . The other constituents most likely to have been changed are the alkalis. Assuming that data for severely altered rocks have been avoided or rejected,<sup>3</sup> the following two adjustments of the analytical data are recommended for consideration:

<sup>3</sup>The discrimination here may be based on any of field, petrographic, or chemical criteria; however, the possibilities appear so varied that we feel that the judgment as to where a cut-off should be made must rest with the user.

(1) Adjust the ratio  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  if it appears to have been changed. This ratio can appreciably affect the norm (e.g. Coombs 1963) and so may be critical in classification of the rock. The aim in making this adjustment should be to come as close as possible to the primary composition of the rock. In most cases the adjustment will necessarily be somewhat arbitrary, but it may be guided by (i) petrographic features such as the development of secondary magnetite, or the extent of ilmenite "exsolution" in magnetite, (ii) comparisons with data from less altered rocks in the same suite; and (iii) comparisons with data from fresh rocks of similar gross composition from other parts of the world. In general, oxidation is more common than reduction, so a smaller or limiting value for  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  is usually required. Coombs (1963, p. 233), for example, chose 1.5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  as an upper limit for basalts, and Chayes (1966) rejected analyses with  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  ratios greater than 0.6. In the present work an upper limit on  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  is set according to the following equation (based on the observation that  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  and  $\text{TiO}_2$  generally have similar trends of variation in unaltered volcanic series):

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = \% \text{TiO}_2 + 1.5$$

If the analysis value is less than this, no change is made; if it is greater, the "excess" is converted to FeO. The adjustment yields a more undersaturated norm.

(2) Recalculate the analysis to 100% without  $\text{H}_2\text{O}$  or  $\text{CO}_2$ . This adjustment simply places all comparisons on the same basis.  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  as measured in a rock analysis are not generally of interest in respect to magmatic composition (especially if the rock is metamorphosed), but if they amount to more than 2 or 3% they may significantly affect the values for other constituents simply through "dilution". However, this does not mean that the  $\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{CO}_2$  data should be forgotten—they are still significant chemical indicators of the state of alteration of the rock.

The above adjustments assume, in effect, that the rock was "open" only to volatiles during metamorphism or alteration, rather than to a more complex addition or removal of, say, magnetite, zeolites, or carbonate material. In general this assumption appears to be justified

by the results, but it should always be made with caution. Other adjustments probably should not be attempted without specific information on the nature and extent of the changes that might have occurred. As a rule, it is easier to detect a change than to correct for one, and if the problem appears untenable then the data should be rejected without attempting classification. We will not venture specific suggestions as to how alterations might be detected, except to note that they may be indicated by departures from normal patterns of variation in diagrams such as those presented below.

#### *Adjustments for Phenocrysts and Xenocrysts*

In dealing with highly porphyritic rocks it may be desirable to estimate the percentage and composition of phenocrysts or xenocrysts and calculate them out of the analyses before attempting classification. However, it appears that this is not commonly a problem of major concern (e.g. see Fig. 6).

#### *Norm Calculations*

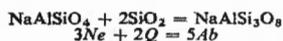
Norms are now generally calculated by computer, so their use is quite routine, and the CIPW conventions have been so widely used as to be preferable for general purposes. However, there is room for choice as to whether the results should be expressed in wt % as in the classical CIPW procedure, or in "percent cation equivalents" as in the so-called "molecular norm" or "Barth-Niggli katanorm" (Chayes and Metais 1964) (here referred to as the "cation norm"). Results derived from the two systems are generally similar, except that the ore-mineral values are only about two-thirds as large in the cation norm. Our computer program calculates both types, but we prefer the cation norm because it is better suited to graphical projection and easier to recast if one wishes to use alternative combining rules for specialized purposes. Also, the ore mineral values, in being smaller, are more like volume percentages and so relate somewhat better to modal data.

The norm notation used here is listed in Table 1. Note that in expressing normative feldspar compositions, *Ne* is recast as *Ab*. In this way the ratio of total *Ab* to *Or* is a true measure of the atomic ratio of sodium to potassium.

TABLE 1. Norm symbols used in the text

<i>Q</i>	— quartz, $\text{SiO}_2$
<i>Or</i>	— orthoclase, $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
<i>Ab</i>	— albite, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
<i>An</i>	— anorthite, $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$
<i>Ne</i>	— nepheline, $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
<i>Lc</i>	— leucite, $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$
<i>Ol</i>	— olivine, = $Fo + Fa \equiv \text{Mg}_2\text{SiO}_4 + \text{Fe}_2\text{SiO}_4$
<i>Opx</i>	— hypersthene, = $En + Fs \equiv \text{MgSiO}_3 + \text{FeSiO}_3$
<i>Cpx</i>	— clinopyroxene (augite) = $Di + He \equiv \text{CaMgSi}_2\text{O}_6 + \text{CaFeSi}_2\text{O}_6$
<i>Ac</i>	— acmite, $\text{NaFe}^{+3}\text{Si}_2\text{O}_6$
<i>Mt</i>	— magnetite, $\text{Fe}_3\text{O}_4$
<i>Il</i>	— ilmenite, $\text{FeTiO}_3$
<i>Hm</i>	— hematite, $\text{Fe}_2\text{O}_3$
<i>Ab'</i>	— $Ab + 5/3 Ne$ (see note)
Normative plagioclase composition	= $100 An / (An + Ab + 5/3 Ne)$ = $100 An / (An + Ab')$
Normative color index	= $Ol + Opx + Cpx + Mt + Il + Hm$

NOTE: This equation converts *Ne* to *Ab* based on the relations:



Thus each unit of *Ne* gives 5/3 units of *Ab*.

### Primary Division of the Major Series

#### *Historical Review and Some Basic Features of the Present Classification Scheme*

The term "calc-alkali" was originally applied to igneous rocks in which the proportions of lime and alkalis (in relation to other constituents) are such that the dominant minerals are feldspars, hornblende, and (or) augite, with alkali-rich minerals such as feldspathoids and sodic pyroxenes and amphiboles being specifically absent (Holmes 1920). It served to contrast these rocks—principally gabbros, diorites, and granodiorites, and their volcanic equivalents—from "alkaline rocks". Peacock (1931) proposed a more specific chemical definition whereby calc-alkali series are those in which  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  exceeds  $\text{CaO}$  at  $\text{SiO}_2$  values between 55 and 61%. However, the more recent tendency, originating with Wager and Deer's (1939) work on the Skaergaard intrusion, has been to identify the series by its trend of variation in the AFM diagram of igneous petrology (see Fig. 2, E and F).

The basic framework of present day classifications was set by Kennedy (1933) and Tilley (1950). Kennedy presented evidence for two primary basalt magmas: an "olivine basalt magma type" parental to an alkaline line of magmatic descent ending with trachyte and phonolite; and a "tholeiitic magma type" leading to a more siliceous association, ending with rhyolite, that he equated with the calc-alkali series. Tilley removed an ambiguity in nomen-

clature by substituting "alkali olivine basalt" for "olivine basalt", and he pointed out that the tholeiitic basalt series is distinctive from the calc-alkali series in that the associated andesite is generally only a minor rock relatively rich in iron, whereas in calc-alkali suites of (Cenozoic) orogenic belts, andesite is the dominant rock and usually has more  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and lower Fe/Mg ratios than its tholeiitic counterpart. However, like Kennedy, Tilley considered the calc-alkali series to be a tholeiitic derivative.

Kuno (1960) postulated that there was a third primary magma, which he called "high-alumina basalt", and he chose to define a high-alumina basalt series comprising andesite, dacite, and rhyolite, distinct from either the tholeiitic basalt or calc-alkali series (see also Kuno 1968). Yoder and Tilley (1962, p. 335) disagreed, being of the opinion that high-alumina basalts occurred as variants of both tholeiitic and alkali olivine basalts. Wilkinson (1968a) took still another view and treated high-alumina basalt as the principal basalt of the calc-alkali series.<sup>4</sup> During the same period, Chayes (1965) reviewed the history of the term "tholeiite" and argued that it should be abandoned, recommending as an alternative "subalkaline basalt". However, Tilley and Muir (1967) defended its use, and judging from its

<sup>4</sup>Wilkinson's view is consistent with earlier work by Nockolds and Allen (1953), who compiled ten analyses of "parental magmas" of calc-alkali series, all of which are high-alumina basalts.

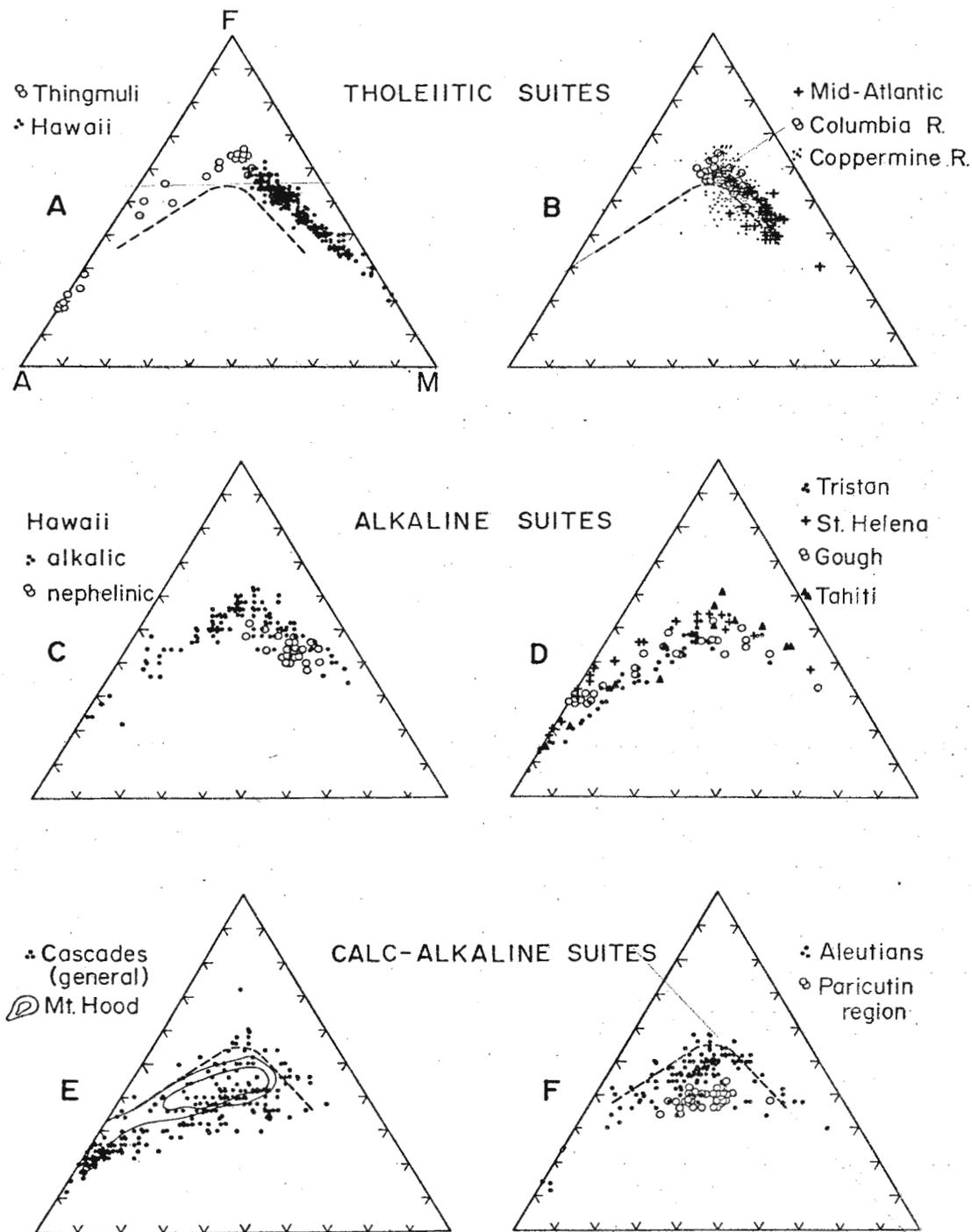


FIG. 2. AFM plots comparing the patterns of variation of suites of generally tholeiitic, alkaline, and calc-alkaline rocks. A =  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ; F =  $\text{FeO} + 0.8998 \text{Fe}_2\text{O}_3$ ; M = MgO, all in weight percent. The dashed line in Plots A, B, E, and F serves to separate tholeiitic and calc-alkaline compositions after alkaline compositions have been eliminated (see Figs. 3, 4, and 5).

continued frequent appearance in the literature, the term has won general acceptance. Wilkinson (1968a) subsequently used "subalkaline" as a more general name for rocks of both the tholeiitic basalt and calc-alkali series (as opposed to alkaline rocks).

In the classification presented here (Fig. 1), which is very like Wilkinson's (1968a), the following features should be noted:

(1) The three main series—the tholeiitic basalt, calc-alkali, and alkali olivine basalt series—are those established by Kennedy (1933) and Tilley (1950). However, no implications are intended as to genesis: the series are used simply because they appear to be natural divisions.

(2) "Subalkaline" is used in the manner of Wilkinson (1968a) to include both the calc-alkali and the tholeiitic basalt series. Employed in this way it is a convenient term to distinguish these rocks from the alkaline and peralkaline rocks, and at the same time its meaning is consistent with that intended by Chayes (1966).

(3) The calc-alkali series is defined on the basis of the AFM diagram, using as typical examples Cenozoic basalt-andesite-dacite-rhyolite suites from the North American Cordillera (Fig. 2, E, F). On this basis most high-alumina basalts fall in the calc-alkali series. There are a few, such as the Skaergaard magma (Wager and Deer 1939) and the Warner basalt in California (Kuno 1968, Fig. 26) that have differentiated along trends of iron-enrichment such as characterize tholeiitic magmas; and these may constitute a different type of high-alumina basalt (Smith and Carmichael 1968, p. 232). However, the differences are not sufficiently great to make the distinction practical in a general classification scheme such as this. Also, we have not been able to distinguish consistently between the more siliceous members of the calc-alkali and tholeiitic basalt series—between the rhyolites especially but, to some extent, the dacites as well. The approach, therefore, is to treat the

tholeiitic basalt and calc-alkali series as being transitional along various alternative "avenues" designed to represent the rock associations observed in volcanic suites. Thus in Fig. 1: (i) the tholeiitic basalt series may end with rhyolite (as in Thingmuli volcano, Iceland; Carmichael 1964); (ii) tholeiitic basalts may be associated with calc-alkaline andesites, dacites, and rhyolites (as in the Yellowknife volcanic suite; Baragar 1966); (iii) tholeiites may be closely associated with high-alumina basalts (as in the Noranda volcanic belt; Baragar 1968); and (iv) high-alumina basalt may "evolve into" an iron-enriched magma (as it did in the Skaergaard intrusion).

(4) The alkali olivine basalt series is split on the basis of  $K_2O/Na_2O$  ratios, following Tilley and Muir (1964), and others.

Finally, we re-emphasize that, although the associations outlined in Fig. 1 may also represent paths of magmatic differentiation, the classification itself is intended to be essentially non-genetic. For example, the fact that high-alumina basalt is shown at the top of the calc-alkali series carries no implication that it is a primary magma, that it is necessarily the parent magma of the calc-alkali series, or even that it must always be present in calc-alkali associations. In the context of this report, a series is distinguished by certain characteristics, not by genesis, and it does not have to be represented by all of its members in order to be identified.

#### *Some General Characteristics of the Major Divisions*

At the present stage of earth history, the calc-alkali series is most prominent in the Circum-Pacific region where it is typified by the basalt-andesite-dacite-rhyolite associations common to the many large "andesitic volcanoes". However, it is also abundant in the eugeosynclinal successions of Archean "greenstone" belts, where it is associated with tholeiitic basalt, and it probably has similar occurrence in volcanic belts of other ages. The tholeiitic basalt series is the dominant series of the large plateau basaltic provinces of the

world (e.g. the Columbia River basalts and the Drakensburg basalt - Karroo dolerite province); it forms some of the major oceanic islands (Hawaii, Iceland); and it apparently underlies much of the ocean floor. It is also the main component of Archean greenstone belts. The alkali olivine basalt series most commonly occurs in small cone volcanoes and is especially prominent in this form on the oceanic islands (where it evidently caps a tholeiitic foundation; MacDonald and Katsura 1964; Engel *et al.* 1965) and along the interior parts of certain island arcs (Kuno 1959, 1966). On the continents it occurs in minor plateau-type flows (e.g. in the Hebrides), as small volcanoes within orogenic belts, and in association with major block faulting (as in the East African rift valleys).

Rocks of the tholeiitic basalt and calc-alkali series typically show *Opx* in the norm and may have *Q*, whereas most rocks in the alkali olivine basalt series and all the nephelinitic and analcitic rocks have *Ne*. Most leucitites also show *Ne*, but there are some leucite-rich volcanic rocks that show *Opx* and even *Q* (e.g. wyomingites; Carmichael 1967). In the AFM diagram, tholeiitic and alkaline suites commonly show a strong trend of iron-enrichment at low levels of  $(K_2O + Na_2O)$ , and then swing to rapid alkali enrichment (Fig. 2A-2D). Calc-alkaline suites trend more directly across the diagram with more gradual enrichment in iron (Fig. 2E, F).

The distinction of the subalkaline and alkaline series is most difficult in the basaltic range, and here the pyroxenes are particularly important. The typical pyroxenes of tholeiitic and calc-alkaline volcanics are Ca-poor types—subcalcic augite, hypersthene, and pigeonite—and in Japan the tholeiitic series has been identified as the "pigeonitic series" and the calc-alkali series as the "hypersthene series", based on a mineralogical contrast that seems mainly to reflect Fe/Mg ratio (Kuno 1968). Rocks of the alkali olivine basalt series generally contain Ca-rich augite, commonly a titaniferous variety characterized by lavender colors. Hypersthene and pigeonite are rare.

Tholeiitic rocks are not generally conspicuously porphyritic; the most common phenocrysts are olivine and pyroxene. In calc-alkaline rocks, plagioclase is the dominant phenocryst, with olivine, hypersthene, and hornblende oc-

curing in subordinate amounts. Alignment of the plagioclase laths may impart a platy appearance. In both series, olivine may show evidence of resorption or reaction to a Ca-poor pyroxene; the groundmass commonly contains interstitial quartz (or other silica minerals, or silica-rich glass); and pegmatitic facies typically contain quartz and may be granophyric.

In the alkali olivine basalt series, the phenocrystic minerals are plagioclase, augite, and olivine, any of which may predominate, and the intermediate to acidic rocks commonly show a strongly trachytic texture due to planar alignment of plagioclase laths. The olivine shows little or no evidence of resorption and may be abundant in the groundmass together with alkali feldspar. Feldspathoids and analcite are common in the groundmass and in pegmatitic schlieren, whereas silica minerals are rare.

The peralkaline rocks, as defined by Shand (1951), have molecular  $(Na_2O + K_2O) > Al_2O_3$ , which means that they will show *Ac* in the norm. Mineralogically, they commonly contain sodic pyroxenes (aegerine and aegerine augite) and sodic amphiboles (richterite, barkevikite), and they may contain other relatively diagnostic minerals such as melanite and eudialyte. Probably the most common peralkaline rocks are high-silica types of grossly rhyolitic composition called pantellerite and commendite. A system of classification for these and associated rocks is given by Noble (1968).

For more detailed information on the physical, mineralogical, and petrographic features of the rocks mentioned above the reader is referred to papers by Wilkinson (1968a) and Brown (1968), to the references listed in Appendix I, and to standard text books.

#### *Alkaline versus Subalkaline Compositions*

Various diagrams have been used in the literature to distinguish alkaline and subalkaline volcanics; three are considered here: (1) a wt % plot of  $(Na_2O + K_2O)$  against  $SiO_2$ ; (2) a tetrahedral diagram with apices at the compositional points of *Ol*, *Cpx*, *Ne*, and *Q*; and (3) a ternary plot, *Ol-Cpx-Opx* (Chayes 1966).

#### *(1) The Alkalies-Silica Diagram*

This diagram is convenient since it makes direct use of the analytical data. It has been established as an effective means of distinguish-

ing alkalic and tholeiitic rock from Hawaii, as illustrated by the Hawaiian data and MacDonald's (1968) dividing line in Fig. 3A (see also Tilley 1950; MacDonald and Katsura 1964), and it has been widely used by other authors (e.g. Kuno 1968).

The diagram has been tested further in this study using data from other volcanic suites, some of which are illustrated in Fig. 3B-3E. Results indicate that the curved line shown in these plots should give somewhat better separation of alkaline and subalkaline compositions for general studies than the Hawaiian line. By means of this curve about 90% of the analyses in our control data are classified satisfactorily, and most suites are placed correctly on a statistical basis. However, there are important exceptions. The Coppermine River lavas, for example, generally have *Opx* in the norm, and commonly *Q*, and certainly are broadly tholeiitic in their overall characteristics; yet more than half of the available analyses fall in the alkaline field (Fig. 3F). It appears therefore that the diagram has definite limitations and should be used with care. The norm plots appear somewhat more dependable, presumably because they reflect the interrelation of more constituents.

#### (2) The *Cpx-Ol-Ne-Q* Tetrahedron

This diagram was introduced by Yoder and Tilley (1962) as a means of classifying basaltic rocks because of its similarity to simplified basalt systems studied in the laboratory. They pointed out that the intermediate plane *Cpx-Ol-Ab*, which they termed "the critical plane of silica undersaturation", is very nearly coincident with a low-pressure liquidus thermal divide that effectively separates the differentiation trends of tholeiitic and alkaline magmas. Since this plane separates compositions with *Ne* in the norm from those with *Opx*, they considered this distinction a practical criterion for classification. However, Poldervaart (1962, 1964) contended that the thermal divide was significantly on the *Opx*-normative side; and this appears to be substantiated in that several major alkali olivine basalt suites trend along the *Ol-Cpx-Ab* plane partly in the *Opx*-normative region, whereas rocks of tholeiitic basalt and calc-alkali suites only rarely show *Ne*. Poldervaart (1964) suggested that a better separation would be given by a plane hinged from the *Cpx-Ol* edge of the tetrahedron, ex-

tending to the point  $Ne_{47}Q_{53}$  on the opposite edge.<sup>5</sup>

As with the alkalis-silica diagram, an attempt has been made to establish a natural division based on data from *suites* of volcanic rocks. For plotting purposes, Poldervaart's lead is followed and the contents of the tetrahedron are projected from *Cpx* onto the basal triangle  $Ol'-Ne'-Q'$ .<sup>6</sup> This view is especially useful because it separates rocks with *Ne*, (*Opx + Ol*), and (*Opx + Q*) in the norm (i.e. the "critically undersaturated", "undersaturated" and "oversaturated" rocks), and because the dividing planes proposed by Yoder and Tilley (1962) and by Poldervaart (1964) are both reduced to lines (Fig. 4). Several of the plots investigated and the line chosen as an effective divider are shown in Fig. 4. The line follows the  $Ol'-Ab$  join along part of its length and then bends into the *Opx*-normative region and extends to *Q*-normative compositions in order to accommodate certain trachytic rocks. The discrimination it gives is generally good. A few of the Coppermine River lavas still fall in the alkaline field (presumably because they are truly alkalic), but the worst offenders are the Hawaiian alkaline rocks and this is due at least partly to the following rather special circumstances:

- (1) The Hawaiian alkaline rocks are uncommonly high in both  $Fe_2O_3$  and  $TiO_2$ ; hence our adjustment limit for

<sup>5</sup>Poldervaart (1964, p. 233) originally defined the surface in wt %, and the coordinate given here has been recalculated for the cation norm.

<sup>6</sup>Using the cation norm the position of *Ab* on the *Ne-Q* join is determined by the equation



which in cation equivalents is written

$$3Ne + 2Q = 5 Ab$$

Thus *Ab* plots at  $Ne_{30}Q_{70}$ , or  $Ne_{60}Q_{40}$ . Similarly, hypsthene is located by the equation



or,  $3Ol + 1Q = 4 Opx$ , and so plots at  $Ol_{75}Q_{25}$ , or  $Ol_{30}Q_{70}$ .

To plot the basal projection of the tetrahedron, *Ab* and *Opx* are recalculated according to the same equations, and the coordinates of the ternary diagram (before normalization to 100%) become:

$$\begin{aligned} Ne' &= Ne + \frac{1}{3} Ab \\ Q' &= Q + \frac{2}{3} Ab + \frac{1}{3} Opx \\ Ol' &= Ol + \frac{1}{4} Opx \end{aligned}$$

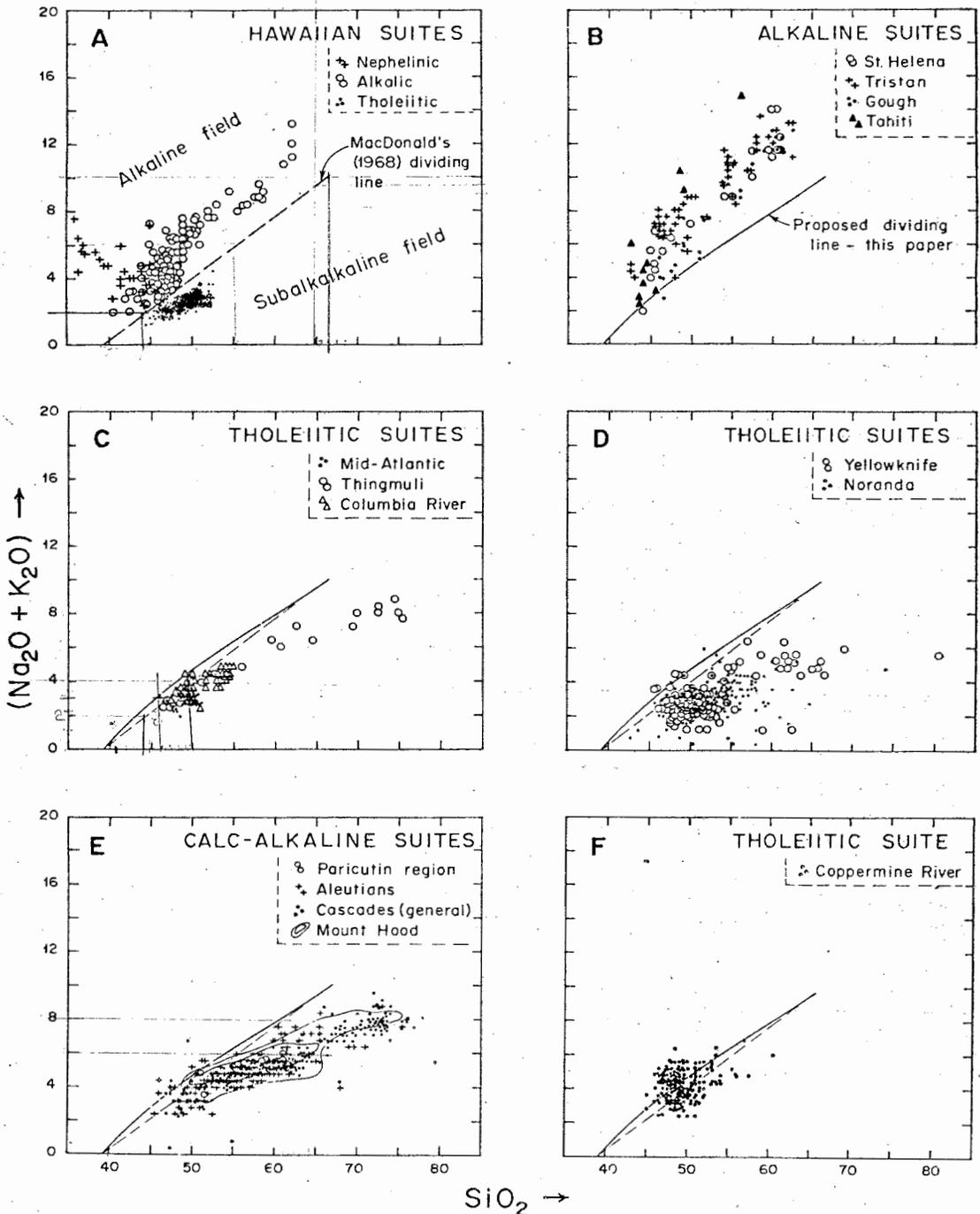


FIG. 3. Alkalies-silica plots comparing suites of predominantly tholeiitic, alkaline and calc-alkaline volcanic rocks. The dashed line is MacDonal's (1968) dividing line for Hawaiian tholeiitic and alkaline rocks (Plot A); the solid curve is the line chosen in the present investigation for making a general distinction between alkaline and subalkaline compositions (Plot B). The classification of each Hawaiian rock in A is that of the original author. Plots in wt %.

$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$

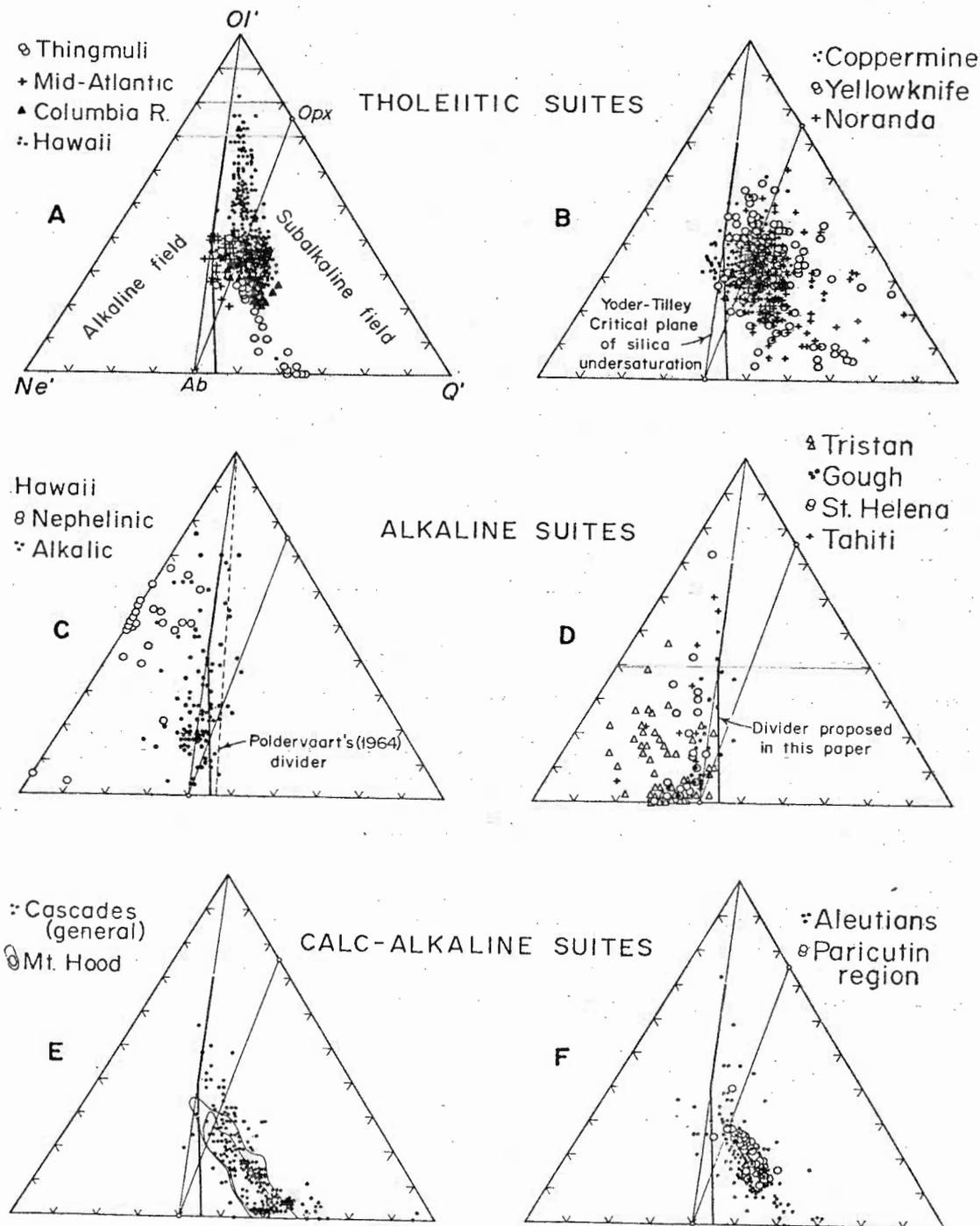


FIG. 4.  $Ol'$ - $Ne'$ - $Q'$  projections of suites of predominantly tholeiitic, alkaline and calc-alkaline volcanic rocks. Note the traces of Yoder and Tilley's (1962) "critical plane of silica saturation" (Plot B) and Poldervaart's (1964) dividing plane for separating tholeiitic and alkaline rocks (Plot C). The heavy solid line is the dividing line for alkaline and subalkaline rocks proposed in this paper (Plot D). Plots in % cation equivalents based on the cation norm.

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  may not be sufficiently stringent for them.

(2) There is a closer physical and stratigraphic association of alkaline and tholeiitic rocks at Hawaii than in most volcanic centers, with the apparent effect that there are more "transitional rocks", most of which have been classed as alkaline. Also, the Hawaiian tholeiites are rather exceptionally high in *Opx*, and consequently the transitional rocks tend also to be high in this component.

### (3) The *Cpx-Ol-Opx Ternary*

This diagram is also a projection of the *Cpx-Ol-Ne-Q* tetrahedron, but of only a part. In suggesting its use, Chayes (1965, 1966) noted that basic volcanics with *Ne* in the norm are almost invariably alkaline, and those with *Q*, subalkaline; the problematical ones are the *Opx*-normative types with  $(\text{Ne} + \text{Q}) = 0$ , and these plot exclusively in the *Cpx-Ol-Opx* ternary. Chayes chose to make the alkaline-subalkaline distinction on a purely empirical basis. He divided his sample of Cenozoic basic volcanics with  $(\text{Ne} + \text{Q}) = 0$  into two groups, depending on whether they were more intimately associated with *Ne*-normative or with *Q*-normative rocks. After rejecting analyses of rocks he considered to be excessively altered, he determined lines that gave the best statistical separation using discriminant functions. The two lines he derived are shown in Fig. 5. The straight one is for the linear discriminant function; the curve, for the linear plus quadratic function. Their equations, respectively, are:

$$X_{\text{Opx}} + 0.134X_{\text{Ol}} = 26.942$$

and

$$(X_{\text{Opx}} + 1.119X_{\text{Ol}}) - (0.006X_{\text{Opx}}^2 + 0.014X_{\text{Opx}}X_{\text{Ol}} - 0.011X_{\text{Ol}}^2) = 32.264$$

where  $X_{\text{Opx}}$  and  $X_{\text{Ol}}$  are the proportions of *Opx* and *Ol* in a wt % ternary plot. If, for a particular analysis, the left-hand side of the equation under consideration is less than the right, the rock is alkaline; if greater, it is subalkaline.

Chayes estimated that the efficiency of the curved line (which gave the best discrimination) was only about 78% within the ternary diagram, but he noted that only a small proportion of all basic volcanics have  $(\text{Ne} +$

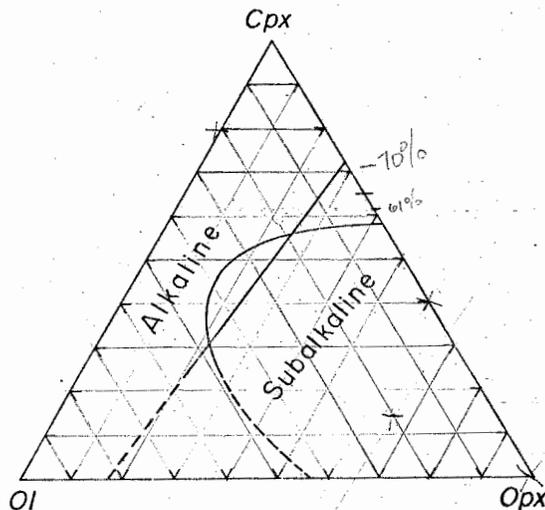


FIG. 5. *Cpx-Ol-Opx* ternary showing the discriminant functions determined by Chayes (1965, 1966) for separating alkaline and subalkaline basic volcanics. Plots in wt %. See text for explanation.

$\text{Q}) = 0$ , so that when an overall sample was considered, the efficiency was about 96%.

We are a little doubtful that the *Cpx-Ol-Opx* projection is the best one in which to make an alkaline-subalkaline distinction, even though it excludes all but the most critical rocks, but Chayes' study of the problem is the most detailed (and most elegant) that has been attempted and on that basis may be the best to use in the final analysis. The main problem area appears to be with basalts from the ocean floor. Many of these that are now called tholeiites would be classed as alkaline using Chayes' discriminants. From a practical viewpoint, one should note that the dividing lines are derived for, and therefore should be applied only to, basic volcanics; they do not pertain to the more acidic (siliceous) rocks.

### The Calc-alkali Series versus the Tholeiitic Basalt Series

The Calc-alkali series generally comprises a large proportion of andesite, dacite, and rhyolite. Chemically, it is most commonly identified by its trend or position in the AFM diagram, where it is separated from the tholeiitic rocks by a dividing line such as the one shown in Fig. 2.

However, the most prominent chemical difference between the more basic members of typical calc-alkali and tholeiitic series of Ceno-

zoic age is in their alumina content. The calc-alkaline basalts and andesites are generally high-alumina types containing 16 to 20%  $Al_2O_3$ , whereas their tholeiitic counterparts have only 12 to 16%. This difference is especially well illustrated by the plots of  $Al_2O_3$  versus normative plagioclase composition in Fig. 6, where a convenient dividing line is drawn from very calcic plagioclase compositions down to about  $An_{35}$  (i.e. to somewhere in the andesite range; see Fig. 7). Within this range this type of diagram appears to provide a more significant separation of the two series than the AFM plot. It is on the basis of Fig. 6 that high-alumina basalt and high-alumina andesite are assigned to the calc-alkali series (Fig. 1).<sup>7</sup>

For the more acidic compositions, extending into the dacite range, iron-enrichment is the dominant feature of contrast and the AFM diagram gives the better separation. However, neither plot successfully separates the rhyolites associated with the two series, and therefore all rhyolites are placed in the calc-alkali series (Fig. 1).

#### *Nephelinitic, Leucitic, and Analcitic Rocks versus the Alkali Olivine Basalt Series*

One supposes that leucitites and analcites can generally be identified petrographically. Nephelinites may present more problems, but judging from the little data we have been able to compile, they fall in reasonably distinctive areas in the alkalis-silica diagram (Fig. 3A), the  $Ol'-Ne'-Q'$  projection (Fig. 4C) and in a plot of normative color index versus normative plagioclase composition (Fig. 10). In general, they are characterized by  $SiO_2$  content less than 45% and normative color indices greater than 50; they have large  $Ne/Ab$  ratios, and in some cases they have  $Lc$  in the norm. Combinations of these features should readily distinguish them from the typical rocks of the alkali olivine basalt series.

As mentioned previously, the detailed classi-

<sup>7</sup>It is perhaps worth emphasizing that an  $Al_2O_3$  content of 16% or greater is not in itself sufficient to categorize a basic volcanic rock as a high-alumina basalt or andesite. As it is defined here, which in essence is the way it was originally defined by Kuno (1960), a high-alumina basalt is a *subalkaline* rock. There are many trachybasalts, tristanites, hawaiites, and mugearites that also contain more than 16%  $Al_2O_3$  (Appendix II), but they are alkaline.

fication of the nephelinites, leucitites, and analcites is not attempted. The reader is referred to standard textbooks and to a few recent papers (e.g. MacDonald and Katsura 1964; MacDonald 1968; Carmichael 1967; and Wilkinson 1968b).

### Subdivision of the Main Series

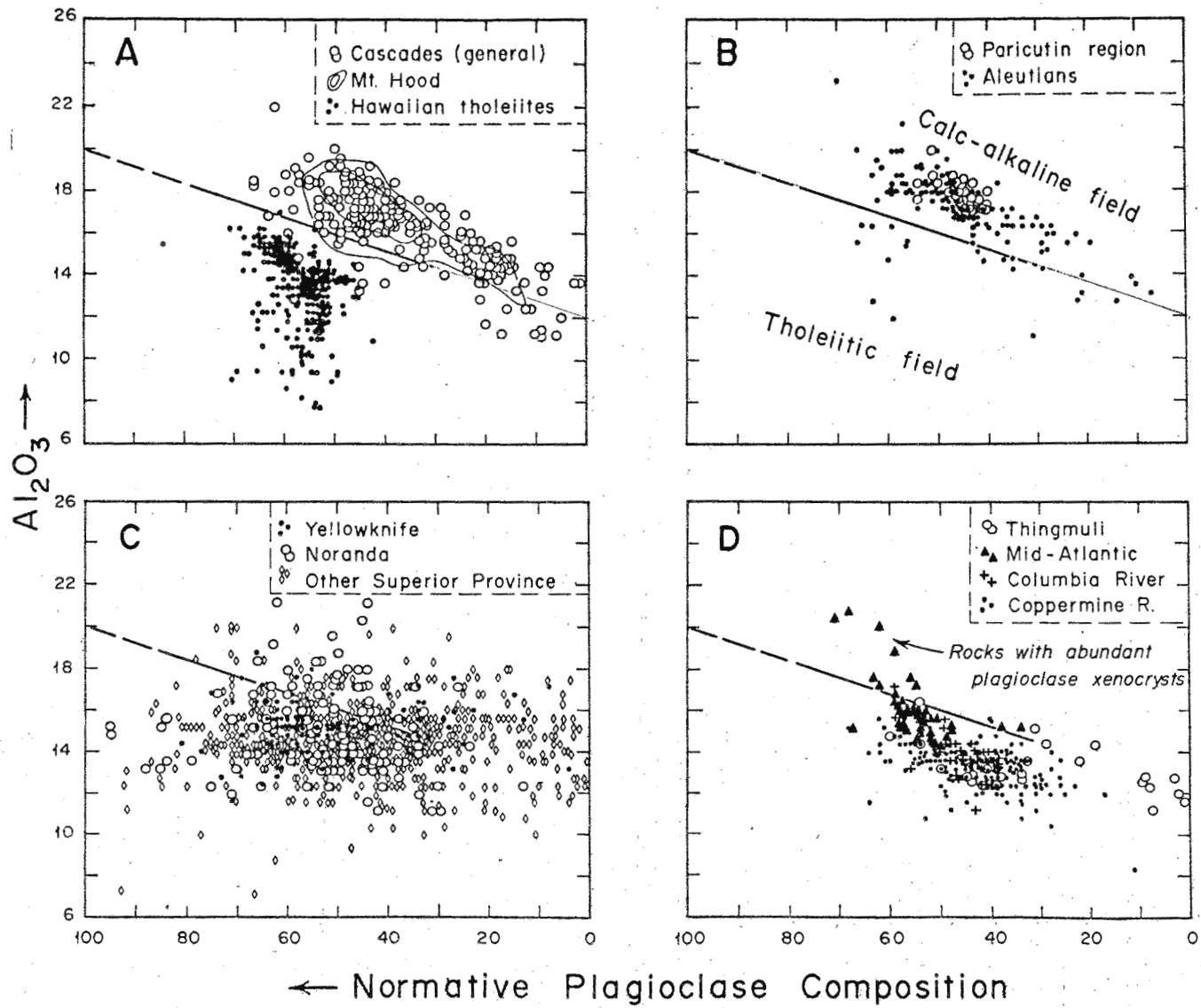
#### *Tholeiitic Basalt Series*

Petrographically, this series is commonly divided into the following rock types: tholeiitic picrite-basalt; olivine tholeiite; tholeiite; quartz tholeiite; and tholeiitic andesite. However, the three kinds of tholeiite cannot be distinguished chemically because (a) many olivine tholeiites are  $Q$ -normative; and (b) the presence of small amounts of  $Ol$  in the norm is no guarantee that olivine is (or was) present modally. Without some petrographic control one can probably only distinguish "undersaturated" and "oversaturated" tholeiites, based on the presence of  $Ol$  or  $Q$  in the norm.

A picrite-basalt by definition carries a large proportion of phenocrystic olivine, a feature that should generally show in the amount of  $Ol$  in the norm. Inspection of the literature suggests that 25%  $Ol$  is a practical minimum, and MacDonald and Katsura (1964, p. 88) specified that feldspar content (in this case, the sum of  $Ab$ ,  $An$ , and  $Or$ ) should be less than 30%. The name oceanite was used in place of tholeiitic picrite-basalt by MacDonald and Katsura (1964, p. 88), but Wilkinson (1968a, p. 201) considered oceanites to be alkaline rocks.

Andesite is defined in this paper on the basis of Fig. 7 (which is discussed in detail in the next section) with the one additional stipulation that it should generally contain at least 5-10%  $Q$  (Chayes 1965, 1969). We have in effect taken Thingmuli volcano, Iceland as the type locality of tholeiitic andesite; and the term is used to cover both the "basaltic andesites" and the "icelandites" of Carmichael (1964, pp. 440-442). The rock is distinguished from calc-alkaline andesites in that it shows more iron-enrichment in the AFM diagram (Fig. 2), and it tends to have more sodic plagioclase at the equivalent color index (Fig. 7).

Icelandite is a very iron-rich variant of andesite or dacite. At Thingmuli it contains 59-65%  $SiO_2$  and 15-25%  $Q$ ; the ratio



Fe/(Fe + Mg) ranges from 0.72 to 0.87; norm plagioclase, from  $An_{15}$ – $An_{30}$ ; and normative color index, from 15 to 25.

It is commonly considered important to distinguish K-rich and K-poor tholeiitic rocks, and some approximate guide lines are suggested in the  $An$ – $Ab'$ – $Or$  projections in Fig. 8.

#### Calc-alkali Series

In the literature, subdivisions of the calc-alkali series are variously based on color index, plagioclase composition, silica content, quartz content, and numerous other petrographic and chemical criteria. Consequently any system of classification that attempts to be consistent with previous usage must be a compromise. The definitions and differences of basalt and andesite have received considerable attention in the recent literature (e.g. Chayes 1969; Coats 1968; Wilkinson 1968a), and Chayes (1970) has given some attention to dacite.

After considerable investigation we have settled on a plot of normative color index versus normative plagioclase composition as a reasonably satisfactory, simple, diagram for classifying all subalkaline basalts, andesites, dacites, and rhyolites (Fig. 7). Further division into K-poor "average", and K-rich types can be made by means of an  $An$ – $Ab'$ – $Or$  projection (Fig. 8). The first diagram has the important feature that the two parameters on which it is based relate fairly closely to the corresponding petrographic quantities; it should therefore be useful for a petrographic-mineralogical classification as well as for chemical classification. Its principal shortcoming is that normative plagioclase composition is strongly dependent on  $Na_2O$  and so may be fairly sensitive to changes imposed by alteration or metamorphism. A plot of color index versus silica would probably be more reliable in this respect, but does not seem to give as good discrimination in terms of the way the various rock types have been named in the literature.

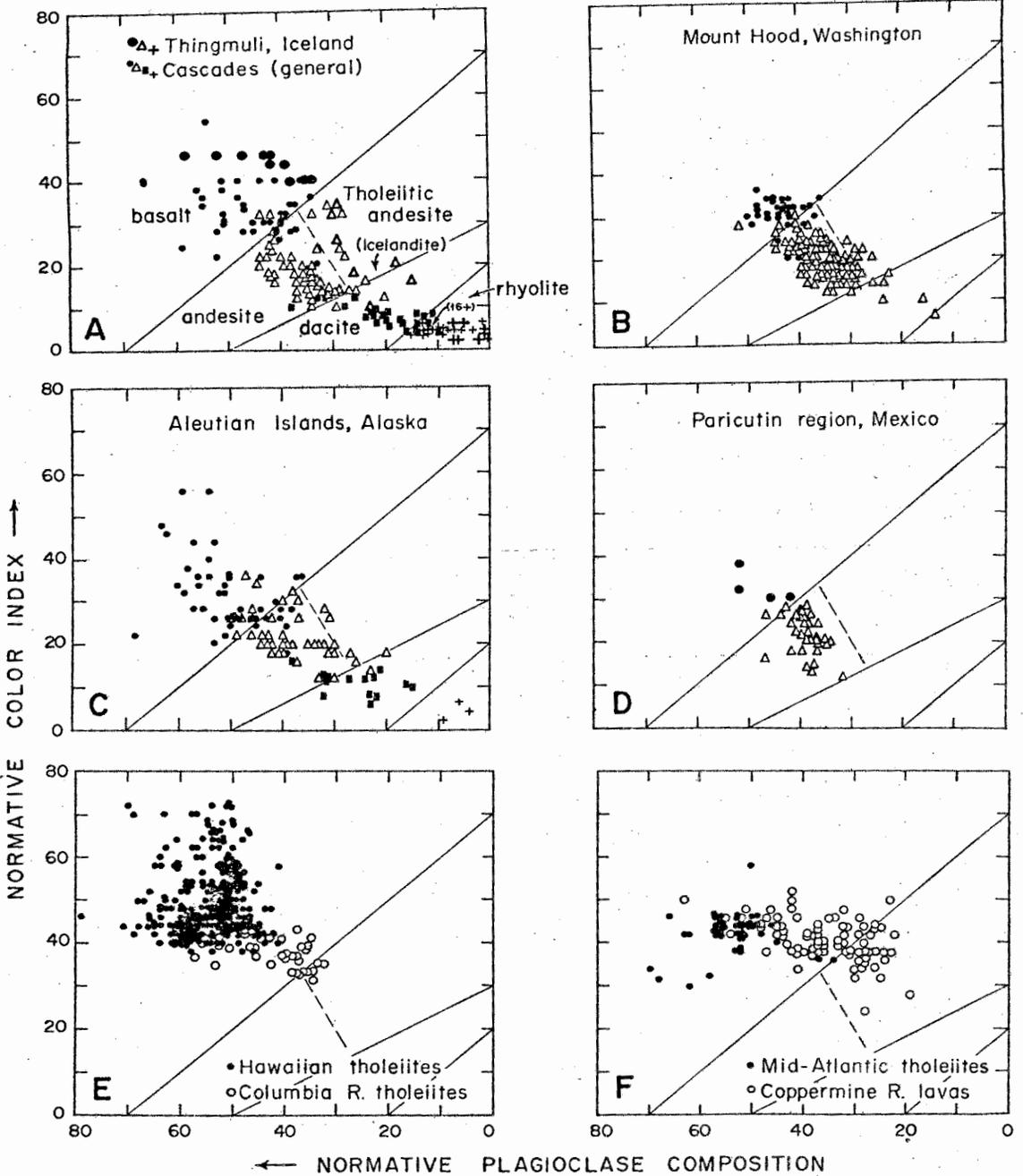
Data from the Cascades and Thingmuli vol-

cano constitute the main control for classification in Fig. 7, but the divisions are reasonably consistent with classifications employed in the Aleutian Islands and in the Paricutin region of Mexico. The proposed basalt–andesite boundary delimits fairly well the range of most tholeiitic basalts. Of particular note is that, because the dividing lines are sloped, both parameters are necessary to enable classification. Previous classifications in which color index and plagioclase composition have been used as a basis have tended to be built on either one or the other. For example, Johannsen (1937) made the basalt–andesite division at an average plagioclase composition of  $An_{50}$ , whereas Shand (1951) put it at a color index of 30. By our system a basalt should be normative plagioclase as sodic as  $An_{30}$  if its color index is as high as 40, or its color index may be less than 20 if its plagioclase is more calcic than  $An_{60}$ .

The term basaltic andesite has been widely used in the literature, but its definition is very obscure. A review by Coats (1968, pp. 692–693) suggests that it should apply to basic volcanics with phenocrysts of labradorite or bytownite and  $SiO_2$  in the range 54–58%; but the analyses he compiled (Coats, 1968, Table 1 and Fig. 4) do not fall in a distinctive field in any plots we have investigated; they simply straddle potential basalt–andesite boundaries along the general trend of the calc-alkali series. It is suggested, therefore, that if the term is to be used, it should be restricted to andesites with relatively calcic normative plagioclase and low color index; it would then be the approximate antithesis of icelandite (Fig. 7).

The most arbitrary dividing line in Fig. 7 is between andesite and dacite—simply because this distinction is extremely vague in the literature (cf. Chayes 1970). Also, we have found no consistency in the use of the term rhyodacite: the name suggests a rock intermediate between dacite and rhyolite, and Williams *et al.* (1954, p. 121) classed the rock as being richer in alkali feldspar than dacite, but neither of

FIG. 6. Plots of wt %  $Al_2O_3$  versus normative plagioclase composition contrasting suites of predominantly tholeiitic and calc-alkaline volcanic rocks and showing a proposed dividing line for the more basic members. Plot C shows that the Canadian Archean volcanics are mainly tholeiitic with some calc-alkaline variants. Note the effect of plagioclase xenocrysts in some of the lavas from the Mid-Atlantic ridge (data from Aumento 1968), and how this effect is not generally apparent in the other data.



● basalts    ▲ andesites    ■ dacites    + rhyolites

FIG. 7. Plots of normative color index versus normative plagioclase composition for suites of subalkaline rocks, showing proposed dividing lines for distinguishing basalts, andesites, dacites, and rhyolites. A provisional field is assigned to tholeiitic andesite. The symbols for the data points are based on the names assigned by the authors from whom the data were obtained (see Appendix I). In only a few cases, where an author was obviously badly out of step with the others, have the available data not been used. Plots in % cation equivalents.

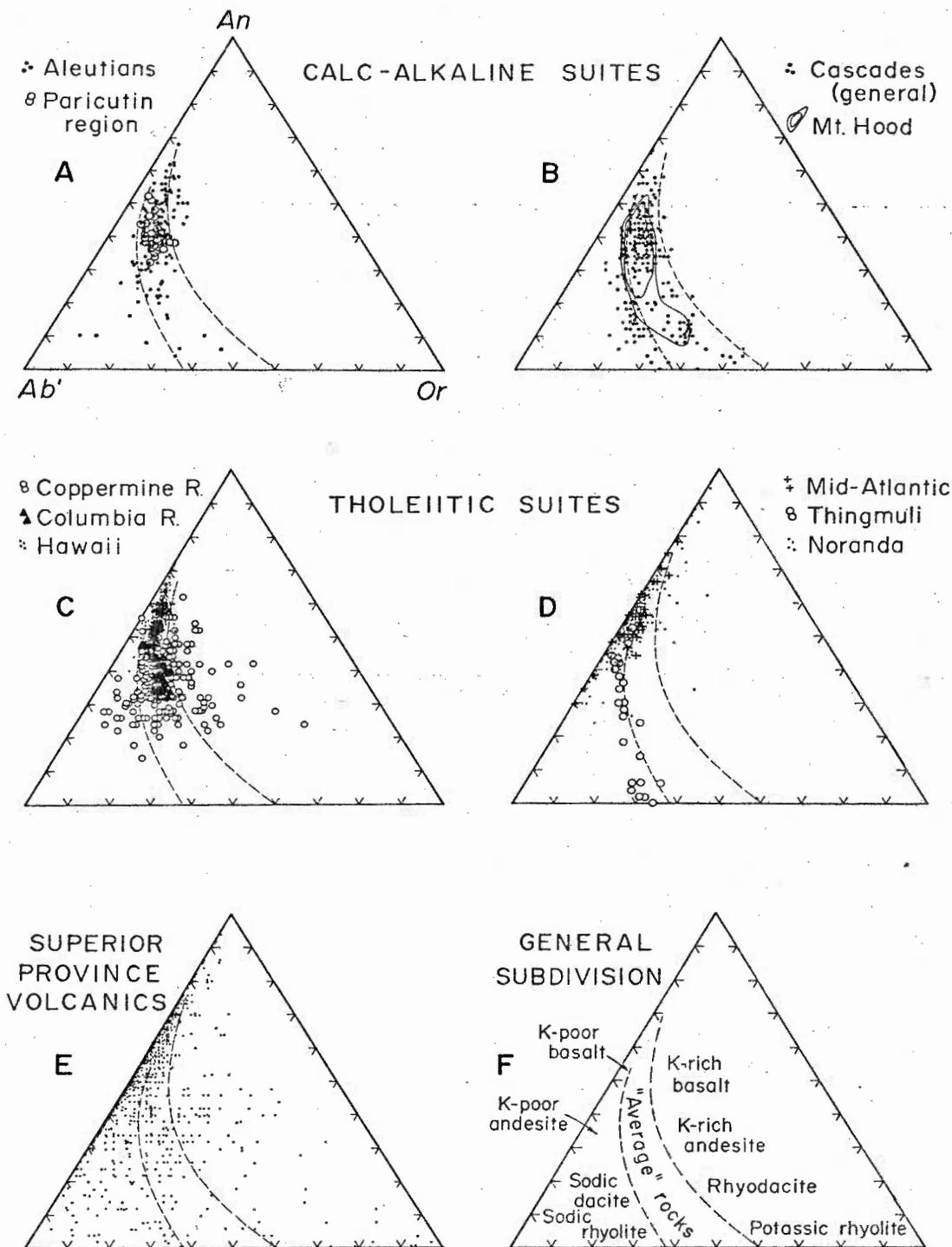


FIG. 8. *An-Ab'-Or* projections of suites of subalkaline rocks showing provisional boundaries for distinguishing K-poor, "common", and K-rich variants. The plot of Superior province volcanics serves to emphasize the need for such classification. Plots in % cation equivalents.

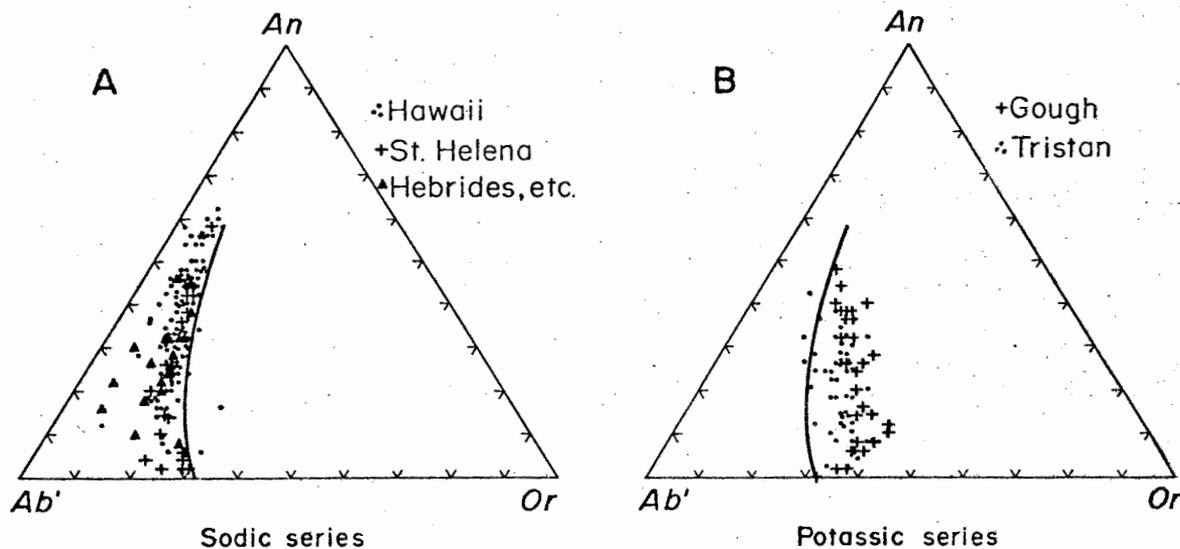


FIG. 9.  $An-Ab'-Or$  projections contrasting the two main alkali olivine basalt series, showing a proposed dividing line. The data for the points labelled "Hebrides, etc." are from the compilation by Muir and Tilley (1961). Plots in % cation equivalents.

these features is evident in the limited chemical data at hand. On the other hand, the name could usefully be applied to  $K_2O$ -rich dacites as suggested in the  $An-Ab'-Or$  plots in Fig. 8F. Rocks of this composition are common in Archean volcanic belts (Fig. 8E) and are very different from the usual calc-alkali dacite.

Rhyolite presents less problem than dacite, the term being generally applied to volcanics with 70–75%  $SiO_2$ , and normative color index and plagioclase composition as in Fig. 7. Most obsidians and pitchstones are rhyolites. Distinction of potassic and sodic types in a manner such as suggested in Fig. 8 appears worthwhile.

#### Alkali Olivine Basalt Series

Two principal series of rocks are currently recognized in association with alkali olivine basalts: a "sodic series", hawaiite–mugearite–benmorite–trachyte, common to the Hawaiian Islands (MacDonald and Katsura 1964; MacDonald 1968) and Hebrides (Muir and Tilley 1961); and a "potassic series", trachybasalt–tristanite–trachyte, typical of Tristan da Cunha (Baker *et al.* 1964) and Gough Islands (LeMaitre 1962). Both series have mafic derivatives as well, called alkalic picrite–basalt and ankaramite, but it is doubtful that they can consistently be distinguished in this part of their range as the rocks involved are rather low in alkalis.

The term "trachyandesite" has commonly been applied to the intermediate rocks in the trachybasalt–trachyte association, but Tilley and Muir (1964) argued strongly against its use and recommended "tristanite" as an alternative. We concur on the grounds that the rocks in question are very different from the oversaturated andesites typical of the calc-alkali and tholeiitic basalt series. The different name helps to avoid confusion.<sup>8</sup>

Three diagrams are used to classify the rocks of the alkali olivine basalt series: an  $An-Ab'-Or$  plot to separate the two series (Fig. 9), and individual plots of normative color index versus normative plagioclase composition to subdivide these (Figs. 10 and 11). The proposed dividing lines are generally consistent with nomenclature used in the reference literature, with the notable exception that the intermediate rocks of St. Helena Island plot in the hawaiite and mugearite fields, whereas Baker (1969) classified them as trachybasalts and trachyandesites (Fig. 9).

An alkali picrite–basalt, like its tholeiitic counterpart, should contain a large amount of modal olivine, and this should show in its norm.

<sup>8</sup>The prefix "trachy" also is undesirable in a chemical classification because of its textural connotation, but its use in trachybasalt has been accepted by most authors, apparently for want of better alternatives.

A minimum of 25% *Ol* appears again to be a practical limit. Ankaramites are very rich in phenocrystic augite and generally carry some olivine phenocrysts. Most of the available analyses of ankaramites show at least 20% *Cpx*.

It may be of interest to make further subdivision of the alkali olivine basalt series on the presence or absence of feldspathoids (Coombs and Wilkinson 1969). In some cases at least this distinction shows in the percentage of *Ne* in the norm: thus among the rocks assigned to the trachybasalt-tristanite-trachyte series, those from Tristan da Cunha are more commonly feldspathoidal and have more *Ne* than the Gough Islands suite (Fig. 9). Note that the feldspathoids tend to reflect the ratio  $K_2O/Na_2O$  and so commonly are different in the two main alkali olivine basalt series (Fig. 1).

There are a few specialized names that can be used for the feldspathoidal rocks: a nepheline-bearing picrite-basalt is an ankaratrite; a nepheline-bearing trachyte is a phonolite; and by definitions given by MacDonald and Katsura (1964, p. 88) an alkali basalt with more than 5% *Ne* containing modal nepheline is a basanite, or if nepheline is not visible, it is a basanitoid. However, for most of the other

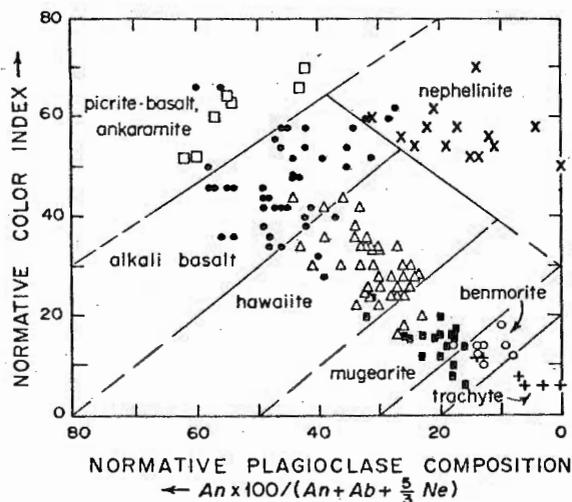


FIG. 10. Plot of normative color index versus normative plagioclase composition for hawaiite - mugearite - benmorite - trachyte suites, showing proposed boundaries for classifying the rocks. A field for nephelinites from Hawaii is also shown. The symbols for the data points are based on the names used by the original authors, and the field boundaries are drawn accordingly. Plots in % cation equivalents.

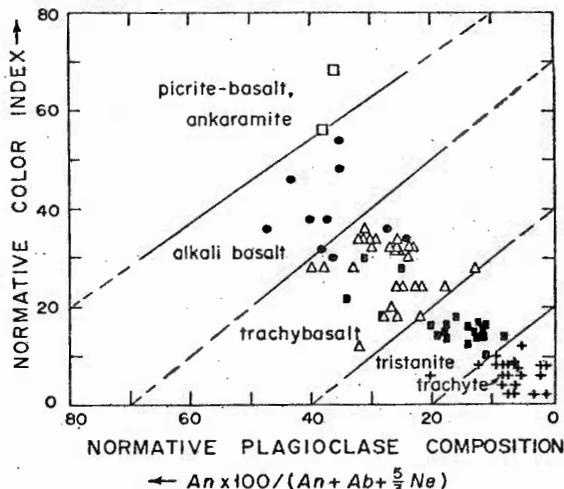


FIG. 11. Plot of normative color index versus normative plagioclase composition for trachybasalt - tristanite - trachyte suites, showing boundaries for classification. Data point symbols based on names used by the original authors. Plots in % cation equivalents.

rocks it seems preferable simply to use the feldspathoid names as varietal modifiers (as in nepheline hawaiite, leucite tristanite, or analcite phonolite). The only modifier we have found in the literature that might be suitable for making the distinction on a purely chemical basis is "critically undersaturated" (Yoder and Tilley 1962), but this is rather lengthy. A handier modifier, if acceptable, might be "sub-silicic".

Coombs and Wilkinson (1969) suggested that alkali olivine basalt series might also be split on the basis of  $MgO - FeO - Fe_2O_3$  characteristics, but this possibility will not be pursued here.

### Summary

A volcanic rock may be classified on the basis of its chemical composition according to the system depicted in Fig. 1 by proceeding as follows:

1. If the rock has *Ac* in its norm, it is probably peralkaline. Refer to Noble (1968) for a guide to more detailed classification. Otherwise, go to Step 2.
2. Classify as subalkaline or alkaline according to the boundary lines suggested in Figs. 3, 4, and 5. (Fig. 3 is simplest; Fig. 4 is considered most reliable for general purposes; and Fig. 5 may be best

for basalts.) If the rock is subalkaline, go to Step 3; if alkaline, go to Step 4.

3. (a) Classify as calc-alkaline or tholeiitic using the boundary lines in Fig. 2A, B, E, and F, and Fig. 6. (Fig. 2 is considered best for andesites and dacites; Fig. 6, for basalts.)

(b) If  $Ol$  is greater than 25%; the rock is a picrite basalt. Otherwise classify as basalt, andesite, dacite, or rhyolite according to Fig. 7. More detailed classification as basaltic andesite, high-alumina andesite, or icelandite may be made if appropriate and desirable, as discussed earlier.

(c) Classify as potassium-rich, "average", or potassium-poor according to guidelines such as those suggested in Fig. 8. Go to Step 5.

4. (a) Decide whether the rock is a nephelinite, leucite, or analcite on the basis of its petrographic characteristics and the various chemical criteria mentioned earlier. If it is one of these refer to the references cited for direction to more specific classifications. Otherwise continue below.

(b) Assign the rock to one of the two alkali olivine basalt series on the basis of its  $K_2O/Na_2O$  ratio, using Fig. 9. Then classify it according to Fig. 10 or Fig. 11, as appropriate.

5. Check the result against the analyses listed in Appendix II and appropriate comparative analyses from the literature. And most important, check the result against the rock's petrographic characteristics. If the rock has been significantly altered chemically or has some exceptional composition, this step will help to avoid erroneous classification.

#### Acknowledgment

We would first acknowledge the contributions of Professor Moorehouse. At the time of his death, the report was at a preliminary stage, and he is in no way responsible for its shortcomings. However, several major revisions were made that were a consequence, directly or indirectly, of his attempts to show a better way, and we are most grateful for his efforts. It is perhaps appropriate to take this opportunity to recommend to the reader Professor Moore-

house's paper "A Comparative Atlas of Textures of Archean and Younger Volcanic Rocks," recently published by the Geological Association of Canada (Special Paper No. 8).

We express our appreciation to those who reviewed our preliminary report for their comments and suggestions, and to Mr. H. Klassen, Mr. E. Hsu, and Mr. J. Z. Fraser for assistance in the data compilation. Dr. A. M. Goodwin and Professor H. D. B. Wilson kindly provided copies of unpublished analytical data for use in testing our results; Dr. R. G. Garrett made available a computer plot subroutine.

AMSTUTZ, G. C. 1968. Spilites and spilitic rocks. *In* Basalts. Vol. 2. H. H. Hess and A. Poldervaart (Editors). pp. 737-753. Interscience, John Wiley and Sons, New York. 862 p.

ANDERSON, C. A. 1933. Volcanic history of Glass Mountain, Northern California. *Amer. J. Sci.* 26, pp. 485-506.

——— 1941. Volcanoes of the Medicine Lake highland, California. *Univ. Calif. Bull. Dept. Geol. Sci.* 25, pp. 347-422.

AUMENTO, F. 1968. The Mid-Atlantic ridge near 45° N. II. Basalts from the area of Confederation Peak. *Can. J. Earth Sci.* 5, pp. 1-21.

BAKER, I. 1969. Petrology of the volcanic rocks of Saint Helena Island, South Atlantic. *Bull. Geol. Soc. Amer.* 80, pp. 1283-1310.

BAKER, P. E., GASS, I. G., HARRIS, P. G., and LEMAITRE, R. W. 1964. The volcanological report of the Royal Society expedition to Tristan da Cunha, 1962. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., Ser. A*, 256, pp. 439-578.

BARAGAR, W. R. A. 1966. Geochemistry of the Yellowknife volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.* 3, pp. 9-30.

——— 1968. Major-element geochemistry of the Noranda Volcanic Belt, Quebec-Ontario. *Can. J. Earth Sci.* 5, pp. 773-790.

——— 1969. Geochemistry of Coppermine River Basalts. *Geol. Surv. Can. Paper* 69-44, 43 p.

BARAGAR, W. R. A. and GOODWIN, A. M. 1969. Andesites and Archean volcanism of the Canadian Shield. *Oreg. Dept. Geol. Miner. Ind., Bull.* 65, pp. 121-141.

BROWN, G. M. 1968. Mineralogy of basaltic rocks. *In* Basalts, Volume 1. H. H. Hess and A. Poldervaart (Editors). pp. 103-162. Interscience, John Wiley and Sons, New York. 482 p.

BYERS, F. M. JR. 1959. Geology of Ummak and Bogoslof Islands, Aleutian Islands, Alaska. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 1028-L, pp. 267-369.

CARMICHAEL, I. S. E. 1964. The petrology of Thingmuli, a Tertiary volcano in Eastern Iceland. *J. Petrology*, 5, pp. 435-460.

——— 1967. The mineralogy and petrology of the volcanic rocks from Leucite Hills, Wyoming. *Contr. Mineral. Petrology*, 15, pp. 24-66.

## LISTE DES APPENDICES

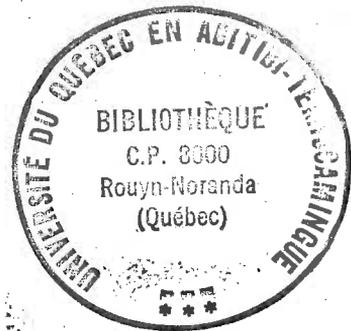
APPENDICE A:	Description de terrain des échantillons recueillis.	301
APPENDICE B:	Photos	321
APPENDICE C:	Liste des abréviations utilisées dans les tableaux de description microscopique.	340
APPENDICE D:	Liste des analyses chimiques.	342
APPENDICE E:	Carte géologique régionale de la région de Rouyn-Noranda.	pochette
APPENDICE F:	Carte de compilation de la région sous étude.	pochette

PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE DES ROCHES  
VOLCANIQUES DES CANTONS DESTOR ET DUFRESNE  
NOY; ABITIBI.

A P P E N D I C E " A "

Jacques CARIGNAN

Description de terrain des échantillons recueillis



APPENDICE A

## Description de terrain des échantillons recueillis

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-1	Lave mafique	Coussins
2A	Lave mafique	Massive
2B	Lave mafique	Massive
3		
4A	Lave mafique	Massive - carbonates - gr. moyens
4B	Lave mafique	Massive
5	Lave acide	Massive
60	Gabbro	
61	Porphyre - F	
62	Lave mafique	Massive - veines carb. & chlorite
63	Lave mafique	Massive - amyg.
64	Lave mafique	Couss.
65	Lave mafique	Massive - très fracturée
66	Lave mafique	Massv. - très schisteuse - injection qz-carbonates - tuff?
67	Lave mafique	Massv. - fracturée et altérée
68	Lave mafique	Massive
71A	Lave mafique	Massive - épidote
71B	Lave mafique	Coussins

## APPENDICE A

(suite 1)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-71C	Dyke mafique	Cubes Py - fracture qz
72A	Lave intermédiaire	Massive
72B	Lave interm.	Massive - yeux qz orientés - tuff?
80A	Hyaloclastites	Bande ~ 15' - tuff à Fx chlor. & épid. ~ 5 mm et moins - all. préfér. - stratif. intrechr. - hor. à Fx plus acides en relief avec vacuoles.
80B	Hyaloclastites	Bande ~ 15' - tuff à Fx chlor. & épid. ~ 5 mm et moins - all. préfér. - stratif. intrus. - hor. à Fx plus acides en relief avec vacuoles.
81	Lave mafique	Massv. - vacuolaire - épid. - sulf.
82	Bx coulée Fx couss.	<u>Mat.</u> tuff hyalocl. avec blocs
83	Gabbro	
84	Lave mafique	Coussins
85	Lave mafique	Massive - sulf. - phéno F $\pi$ - yeux qz
86	Bx maf. Fx acides	Massv. - taches chlor.- yeux de qz → matrice
87	Bx maf. Fx interm.	Vac. - glom. qz
88	Lave mafique	Massv. - épidote - sulf.
89	Porphyre	
90A	Blocs de l. acides	Dans 89
90B		
91A	Lave intermédiaire	Massive - glom. F $\pi$
91B	Lave intermédiaire	Massive - glom. F $\pi$

APPENDICE A

(suite 2)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-92	Lave mafique	Massive
93	Laves acides	Massive - glom. F $\pi$
94	Lave intermédiaire	Coussins glom. - F $\pi$
95A	Lave mafique	Massive - sulf.
95B	Lave mafique	Massive
96	Lave acide	Massive
97	Lave mafique	Coussins
98	Gabbro qz	Sulf. - yeux qz
99	Gabbro	
100	Porphyre qz - F $\pi$	
150	Lave mafique	Coussins - amygd. - vac.
151	Bx coulée Fx coussins	Bordure des blocs en relief coussins Bx Fx coussins petits coussins mat. hyaloclast. vac => volatiles => explosion .. coulées ss-marines avec expl.
152	Bx coulée Fx couss.	Matrice - + de sulf + chlor. que blocs
153	Lave intermédiaire	Coussins
154	Bx à Fx acides	Py - amygd. ? Bx coulée?

## APPENDICE A

(suite 3)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-155	Lave intermédiaire	Coussins
156	Bx rubannée	Fx acides rub. & plissés
157A	L. interm.	Coussins
157B	Bx coulée interm.	Fx arr. - moyens à petits - ds mat. abondante r. en chlorite
158	Bx coulée maf.	Fx très plastiques - veinules de qz
159A	Bx coulée maf.	Phéno qz - veinules qz - tuff lapilli (hyalo.)
159B	Bx coulée maf.	Phéno qz - veinules qz - tuff lapilli (hyalo.)
159C	Bx coulée maf.	Phéno qz - veinules qz - tuff lapilli (hyalo.)
159D	Bx coulée maf.	Matériel laminé
159E	Bx coulée maf.	Fx tordus et plissés (plastiques)
160	Lave mafique	Massive
161A	Laves variolaires	Nodules .2 cm - peu de matrice
161B	Laves variolaires	Nodules .2 cm - peu de matrice
162A	Bx coulée maf.	Mat. tuff hyalo à text. cellulaire lamin. étirées & brisées - N.B. eau + lave basalt. → réaction rapide
162B	Bx coulée maf.	Mat. tuff hyalo à text. cellulaire lamin. étirées & brisées - N.B. eau + lave basalt. → réaction rapide
163	Laves variolaires	Nodules jusqu'à 1.5 cm - mat. abondante altér. des nodules au pourtour en chlor.
164	Gabbro	Gr. fins à moy. - partie méd. + gr. + porph.

APPENDICE A

(suite 4)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-165A	Bx coulée maf.	Fx plast. étirés & plissés - lamination - mat. tuff à lapilli en quantité variable
165B	Bx coulée maf.	Fx plast. étirés & plissés - lamination - mat. tuff à lapilli en quantité variable
165C	Bx coulée maf.	Fx plast. étirés & plissés - lamination - mat. tuff à lapilli en quantité variable
166	Lave mafique	Coussins (centre) - amygd. - structure ch. de qz
167A	Lave mafique	Massive - Py
167B	Bx coulée à couss. isolés	
167C	Tuff acide	Lamine? chert?
167D	Tuff acide	Laminé - yeux de qz - lits de Py
167E	Lave mafique	Massv. - amygd. - vac. - Py - amygd. qz
168A	L. interm.	Coussins - amygd. qz - carb. - sulf. - Py
168B	Echant. qz + actinote?	
169A	L. interm.	Massv. - yeux de qz - amygd. orientés
169B	Bx interm.	Fx acides avec bio.
170	Bx interm.	Matrice
171	L. interm.	Massv. - Py - rosettes chlo.
172	Gabbro	Epidotisé
173	Gabbro	Fract. & alt. - aiguilles qz - phéno Pyrox.

APPENDICE A  
(suite 5)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-174A	L. acides	Massv. - text. d'écoulement - lamin. plissée
174B	L. acides	Massv. - text. d'écoulement - lamin. plissée, Py
175	L. maf.	Massv. - fract. avec qz & chlor.-sulf.
176A	L. variolaires	Mat. tuff type ignimbrite - sulf. ds nod. - réseau de fract. avec qz
176B	L. variolaires	Mat. tuff type ignimbrite - sulf. ds nod. - réseau de fract. avec qz
176C	L. variolaires	Mat. tuff type ignimbrite - sulf. ds nod. - réseau de fract. avec qz
177A	L. maf.	Massv. amygd. calc. - Py - cisailée & silicifiée
177B	L. maf.	Massive
178A	Tuff interm.	Laminé & plissé
178B	Tuff interm.	Laminé & plissé
179A	L. interm.	Massv. - schisteuse
179B	L. interm.	Massv. - amygd. chlor. orientées - Py
179C	L. interm.	Massive
179D	L. interm.	Massv. - schisteuse & laminée
180	Tuff à lapilli	
181A	L. interm.	Massv.
181B	L. interm.	Massv.

APPENDICE A

(suite 6)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-182A	Bx coulée maf.	Mat. tuff à lapilli + blocs étirés + blocs scories
182B	L. maf.	Massv. - avec passées laminées et blocs étirés + blocs scories
182C	Bx coulées maf.	Mat. tuff soudés
182D	L. maf.	Massive
183A	L. acide	Massv. cisailée & alt. - struct. crayon
183B	L. acide	Massv. cisailée
184	Pyrocl. acide	Tuff?
185	Bx interm.	Fx étirés + tordus - mat. scoriacée
186A	Bx acide (coulée)	Fx arr. & étirés - mat. alt. (chl - épi - carb - sulf)
186B	Bx acide (coulée)	Fx arr. & étirés - mat. alt. (chl - épi - carb - sulf)
187	L. acide	Massv. - yeux de qz - carb.
188	L. acide	Massv. - porph. - carb.
189	L. acide	Massv. - lam.
190	L. acide	Massv. - lam. - carb. - séricite
191	L. acide	Massv. - carb. - séricite cellulaire
192	L. acide	Massv. - carb. - séricite cellulaire
193	L. acide	Massv.
194	L. acide	Massv. - carb. - yeux de qz

APPENDICE A

(suite 7)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-195	Bx acide	Fx 3 <sup>o</sup> gén. - yeux de qz - anguleux avec tuff
196	Gabbro	Filon-couche
197A	Bx acide	Yeux de qz
197B	Bx acide	Yeux de qz
197C	Bx acide	Yeux de qz
198	Tuff acide	Vac. - lamin. - cendres?
199	Bx coulée coussins isolés	Suit lave à couss. (somm. N) - grosseur var. des blocs (somm. N)
200	L. maf.	Massv.
201	L. maf.	Coussins - zonés
202A	Bx acides	Fx lam. - mat. à gr. fins porph. qz
202B	Bx acides	Fx lam. - mat. à gr. fins porph. qz
203	Bx acides	Fx lam.
219A	L. acide (Bx ?)	Lamin. & plissée - porph. yeux de qz carb.
219B	L. acide	Lamin. & plissée - porph. yeux de qz carb.
220	L. acide	Lam. - carb.
221	L. acide (Bx ?)	Porph. yeux de qz - lam.
222	L. acide	Massv.
223	L. acide	Massv. - nod. calc.

APPENDICE A

(suite 8)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-224	Bx rhyo.	Lam. - porph. yeux de qz
225	L. acide	Lam. & plissée
226	L. acide	Porph. yeux qz - massv.
227	L. acide	Lam. - porph.
228	L. acide	Lam. - porph.
229A	L. acide	Lam.
229B	L. acide	Lam.
230	L. interm.	Massv.
231	L. interm.	Massv.
232	L. maf.	Couss.
233	L. maf.	Couss.
234A	L. maf.	Couss.
234B	L. maf.	Couss. - épid. - qz
235A	L. maf.	Couss - amygd. - sulf.
235B	L. maf.	Couss. - amygd. - po
235C	L. maf.	Couss. - amygd. - Cpy
236	L. interm.	Massv.
237	L. maf.	Massv. - amygd. qz, carb., sulf., fract. & alt. - épid., qz, carb.
238	L. interm.	Massv. - amygd.
239	L. interm.	Massv. - amygd. all. & orient.
240	Tuff acide	Porph F 77

## APPENDICE A

(suite 9)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-241A	L. maf.	Massv.
241B	Bx coulée maf.	
241C	Gabbro	
242A	Lave variolaire	Nod. ellips. avec > axe orientés// schist. // litage - nod.+ acides
242B	Lave variolaire	Mat. hyalo
242C	Lave variolaire	Nod.
242D	L. maf.	Couss. - qz & héma. sp. ds joints
242E	L. maf.	Couss.
243	Bx interm.	
244	L. interm.	Massv. - vac.
245	L. mafique	Massv. text. cellulaire - lamin.- amygd. qz vac.
246	L. interm. (? tuff)	Py
247	L. interm.	Py
248	L. interm.	Amygd. orientées
249	L. maf.	Coussins - amygd. - fract. & alt.
250	L. maf.	Coussins
251A	L. maf.	Massv.
251B	L. interm.	Massv.
251C	L. interm.	Massv. - amygd. qz - var. - phéno F //
252A	L. interm.	Massv. - amygd. qz - var. - phéno F //
252B	Gabbro	

APPENDICE A

(suite 10)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-253A	L. interm.	Massv.
253B	Gabbro	
253C	L. interm.	Massv.
253D	Gabbro	Qz
253E	L. interm.	Coussins
254	L. maf.	Coussins
255	L. interm.	Massv.
256	L. maf.	Massv.
257	L. interm? tuff?	Massv. - rubannée - amygd.
286	L. acide	Massv. veinules épid. - qz
287	L. interm.	Massv. - qz
288	L. acide	Massv. porph F $\pi$
289	Bx acide	Peu Fx
290	L. acide	Massv. porph. F $\pi$
291	Hyaloclast. Bx coussins isolés	Veinules qz - coussins mal formés
292A	Hyaloclast. Bx coussins isolés	
292B	L. acide	Massv.
301	Gabbro	Gr. moy.
302	L. maf.	Couss. très déf. & cisailée - épid. disp. veinules épid. & qz.
303	L. maf.	Massv. - épid. - veines épid. & qz

## APPENDICE A

(suite 11)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-304	Gabbro	Leuco. & mélando.
305	L. maf.	Massv. - glom. F $\pi$ - sulf.
306	L. maf.	Massv. - sulf.
307	L. acide	Massv. yeux de qz
308	Bx coulée maf (Fx)	Mat. schisteuse (hyalo)
309	L. maf.	Massv.
310	L. maf.	Massv. - veines carb. & epid. - sulf.
311A	Bx interm.	Matrice interm. tuff lam. & Fx acides
311B	Bx interm.	Matrice interm. tuff lam. & Fx acides
312	L. acide	Massv.
313A	Bx acide	Fx soudés - peu mat.
313B	Bx acide	Fx soudés - peu mat.
314	L. acide	Tuffacée - porph. qz - F $\pi$
315	L. maf.	Massv.
316	L. acide	Massv.
317	L. maf.	Massv. glom. F $\pi$
318A	L. acide	Massv.
318B	L. acide	Massv.
319	Tuff acide	Schisteux - yeux de qz
320	Tuff interm.	Schisteux - carb. rouge

## APPENDICE A

(suite 12)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-321	Tuff interm.	Struct. tubulaire - carbon.
322	Tuff interm.	Petits Fx arr.
323	Tuff acide	
324	Tuff acide	All. préfer. - struct. crayon
325	Bx interm.	Carbon. - Fx épid.
326	L. interm. "Tuff"?	Massv.
327	L. maf.	Massv. - cisailée - veines carb & épid.
328A	Bx acide	Fx et mat. acides - veines carb.
328B	Bx acide	Fx et mat. acides - veines carb.
329	L. acide	Massv. avec un peu de Bx
330	L. maf.	Massv. épid.
331	Bx acide	
332	Gabbro	Amygd. carbon.
333	Gabbro	Blocs de lave maf. massv. & Bx maf.
334	L. maf.	Couss.
335A	Bx maf.	Fx maf. ang. ds tuff
335B	Bx maf.	Fx maf. ang. ds tuff.
336	L. maf.	Couss.
337	L. maf.	Massv.
338	L. maf.	Massv.
339	Gabbro	Gr. fins - sulf. - tache chlo.

APPENDICE A

(suite 13)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-340A	Porphyre qz	
340B	Porphyre qz	
340C	Porphyre qz	
341A	L. acide	Massv. porph. F $\pi$
341B	L. acide	Massv. porph. F $\pi$
342	Tuff maf.	
343	Bx acide	
344	Gabbro	Bag. F $\pi$
345A	Gabbro	Zone de trempe
345B	Gabbro	Zone de trempe
346	L. maf.	Couss.
347A	L. maf.	Couss. - glom. F $\pi$ - amygd.
347B	L. maf.	Couss. - homo
348A	Tuff acide	
348B	Tuff acide	
348C	Tuff acide	
349	Tuff acide	"slumping structure"
350	L. acide "tuff"?	Porph. qz - F $\pi$
351	Bx interm.	Fx rhyo lam. - veines acides $\perp$ strat.
352	L. interm.	Couss.
353	Bx coulée Fx couss.	Fx arr. dim. var. - hor. massv. avec var. & amygd. - hor. tuff

APPENDICE A

(suite 14)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-354	L. maf.	Massv. - veines d'épid. - "balles"épid.
355	Bx coulée Fx coussins	
356	Gabbro	Massv.
357	Tuff acide	
358	Tuff acide	Rubann.
359A	Bx coulée Fx couss.	Entre coussins - passe au travers
359B	Bx coulée Fx couss.	Entre coussins - passe au travers
360	L. maf. couss.	"frisson d'amour" - 2 cellules
361	L. maf.	Massv. - lamin. epid. (ibid frisson)
362	Gabbro	Qz - sulf. - grenue
363A	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
363B	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
363C	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
363D	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
363E	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
363F	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
363G	Bx coulée Fx couss.	Perce l. maf. couss.
364	L. maf.	Massv. - lam.
365	L. interm.	Couss. - sulf. Py-Cp-Po - hétéro.
366A	Bx acide	Fx acides ang.
366B	Bx acide	Fx acides ang.

APPENDICE A  
(suite 15)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-367	L. maf.	Massv.
368	L. acide	
369	L. acide	Massv. - joints - F $\pi$ - altér. rose
370	L. acide	Massv. - colonnade - F $\pi$ rose
371A	L. acide	Massv. - joints
371B	L. acide	Massv. - joints
372	L. acide	Massv.
373	Bx acide	
374	Bx coulée maf.	Mat. tuff - Fx arr. avec amygd.
375	L. maf.	Massv.
376	L. maf.	Massv.
377	L. acide	Massv. yeux qz - veinules épid. veines qz
378A	L. acide	Massv. yeux qz - veinules épid. veines qz
378B	L. acide	Massv. yeux qz - veinules épid. veines qz
379	Bx acide	Rec. l. interm. couss.
380	Bx acide	Fx ang.
381	Tuff acide	
382	Pyrocl. interm.	Petits Fx
383	Pyrocl. interm.	Gros Fx
384	Bx coulée acide	Fx rhyo. lam. - matr. interm.

APPENDICE A

(suite 16)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-385A	L. acide	Lam. - Fx ds Bx coulée acide
385B	L. acide	Lam. - Fx ds Bx coulée acide
386	Bx acide	Massv.
387	Bx acide	Massv.
388	Bx acide	Massv.
389	Bx acide	Massv.
390A	Bx acide	Massv.
390B	Bx acide	Massv.
391	Bx acide	Massv.
392	Bx acide	Fx <sup>2</sup> l massv.
393	L. acide	Lam.
394	L. acide	Massv.
395	L. maf.	Massv.
398A	Bx acide	
398B	Bx acide	
400A	L. acide	Massv.
400B	L. acide	Colonnade
401A	Bx coulée maf. Fx	Hyalocl.
401B	L. maf.	Glom. F $\pi$
401C	L. maf.	Glom. F $\pi$
402A	L. acide	
402B	Dyke maf.	

APPENDICE A

(suite 17)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-403A	Bx coulée maf. Fx	Hyalocl. - Fx amygd.
403B	Bx coulée maf. Fx	Hyalocl. - Fx amygd.
404	L. acide	Massv. Qz - F $\pi$
405A	Hyalocl.	Rubann. - ré-injection
405B	Hyalocl.	Rubann. - ré-injection
406	L. interm.	Massv. - gr. moy. - silicif. - carbon.
407	L. interm.	Couss. - aph.- taches chlo.
408	L. interm.	Couss. - sulf. - amygd. carbon.
409A	Pyrocl. acide	Fx rhyo ou chert $\sim$ 6" - mat. gr. clast.
409B	Pyrocl. acide	Fx rhyo ou chert $\sim$ 6" - mat. gr. clast.
410	L. interm.	Massv. - taches chlo. - épid.
411	L. acide	Phéno F $\pi$
412	L. interm.	Couss. - vac.
413	L. maf.	Couss. - cis. - silicif. - veinules qz
414	L. acide	Massv.
415	L. interm.	Massv. - silicif.
416A	Hyaloclast.	
416B	Hyaloclast.	

APPENDICE A

(suite 18)

<u>No</u>	<u>Nom</u>	<u>Remarques</u>
72-416C	L. variolaires	
416D	L. variolaires	
416E	L. variolaires	
417	Bx polygén.	Porph. F $\pi$ - Fx rhyo - Fx mat. vac. - Fx granite - sulf. - Fx porph. F $\pi$
418A	Bx polygén.	Hor. à gr. fins - F $\pi$ porph. peu Fx - struct. "pumices"?
418B	Bx polygén.	Hor. à gr. fins - F $\pi$ porph. peu Fx - struct. "pumices"?
419A	Bx interm. Bx coulée?	Fx rhyo. rubannée - sulf.
419B	Bx interm. Bx coulée?	Fx rhyo. rubannée - sulf.

---

TOTAL: 350 échantillons

A P P E N D I C E " B "

Photos

APPENDICE B

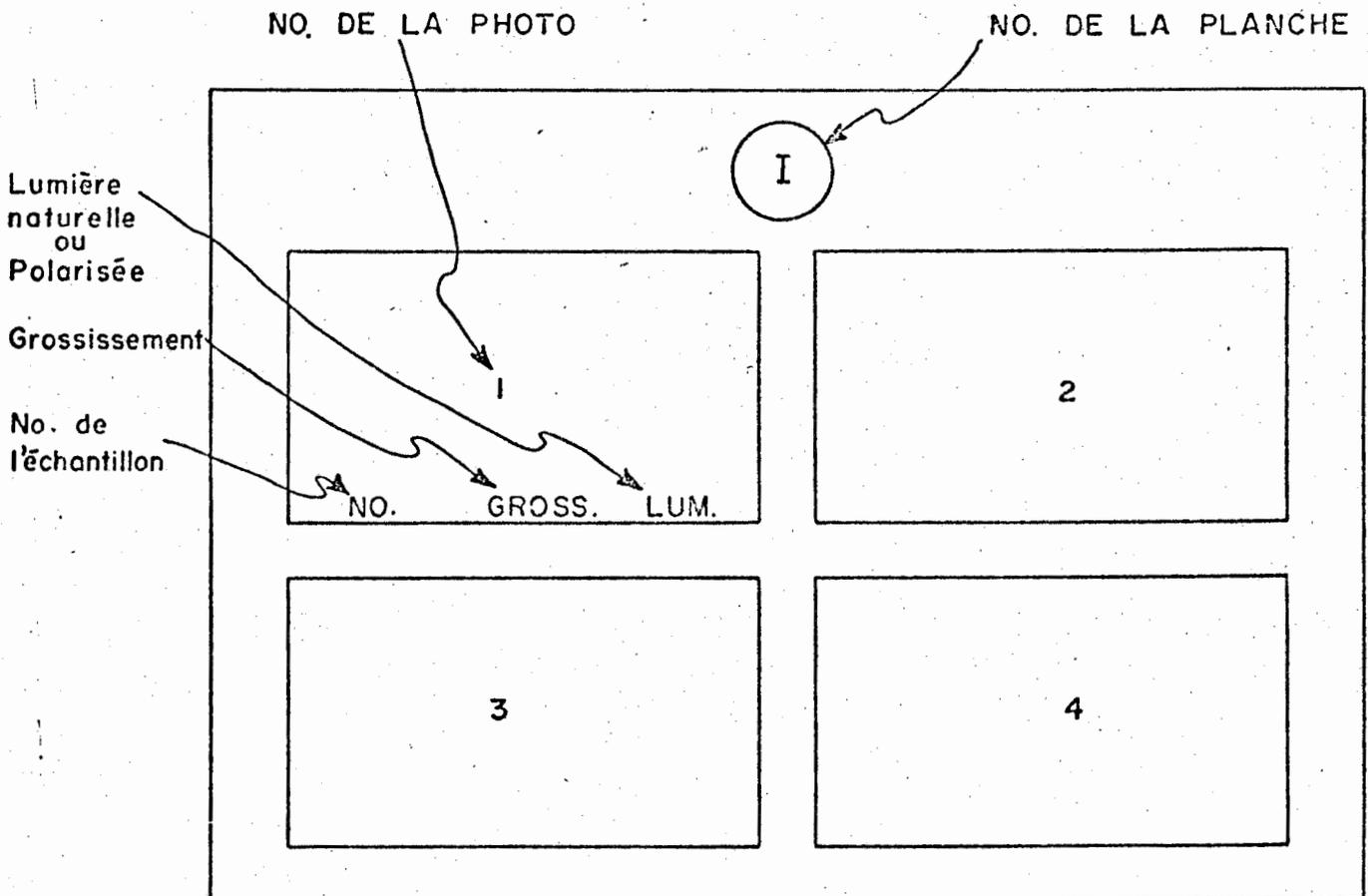
PHOTOS

PHOTOS DE TERRAIN : PLANCHE I A VI

PHOTOS AU MICROSCOPE : PLANCHE VII A XVII

SE REFÉRANT AU TEXTE : ( PLANCHE I - I ) SIGNIFIE PLANCHE  
NO. I , PHOTO NO. I

LES DESCRIPTIONS SONT DONNÉES SUR LA PAGE OPPOSÉE



( SAUF EXCEPTION )

PLANCHE NO 1

PHOTO NO 1 - (72-360). Lave mafique

Coussin très bien formé dans une lave mafique.  
Critère de polarité: le sommet de la formation  
est indiqué par la tête du marteau.

PHOTO NO 2 - (72-358). Lave mafique

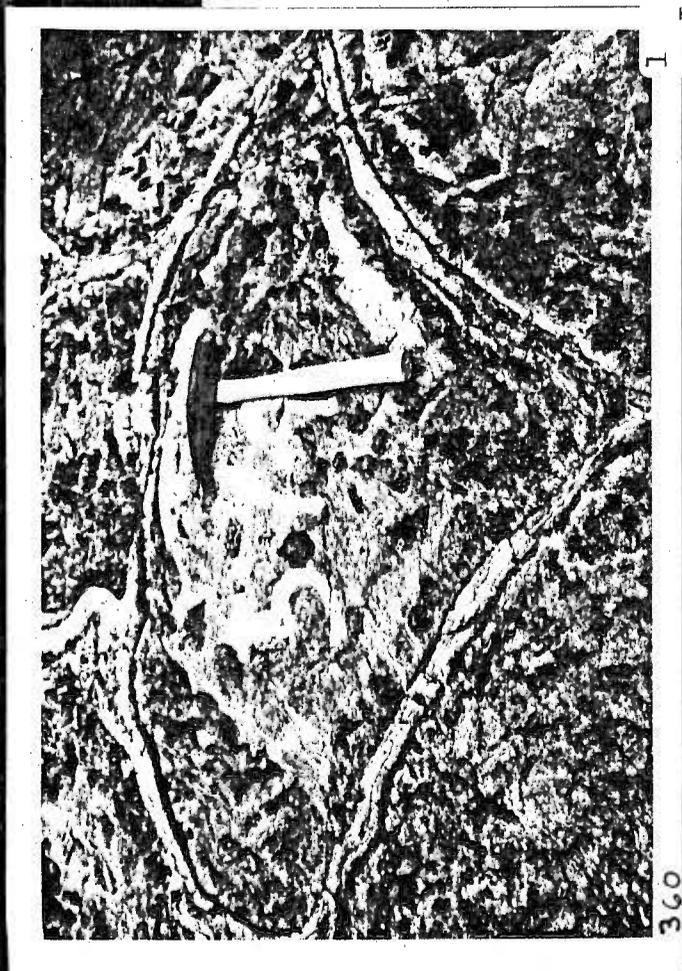
Laminations concentriques dans un coussin de  
lave mafique (type "frisson").

PHOTO NO 3 - (72-338). Lave mafique

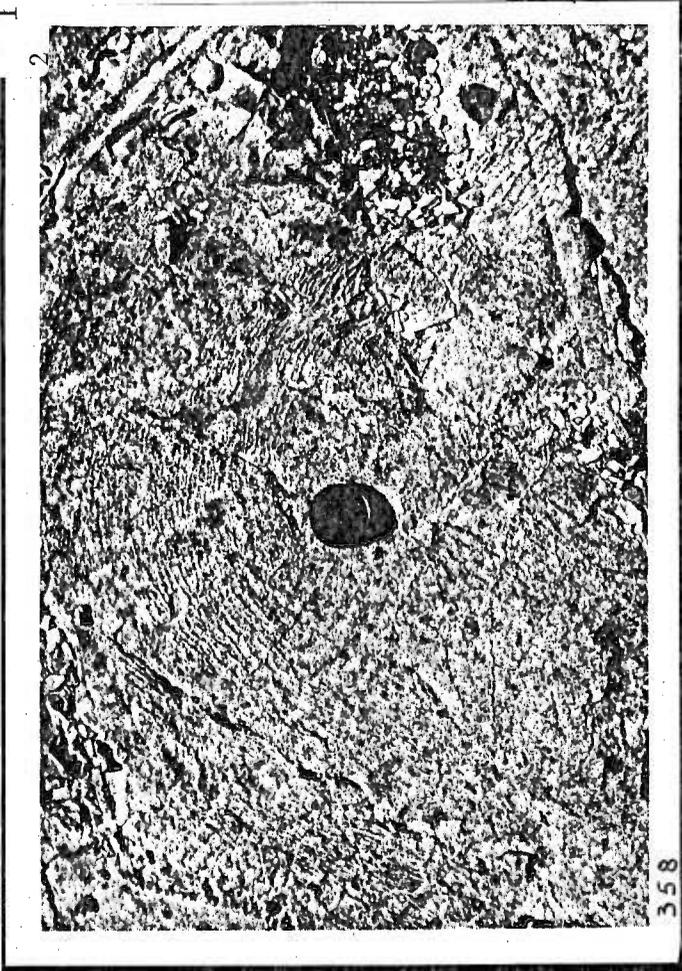
Coussins en coupe dans une lave mafique.  
Critère de polarité: le sommet de la formation  
est à l'opposé de la pointe du marteau.



358



360



358

PLANCHE NO II

PHOTO NO 1 - (72-255). Brèche de coulée mafique.

Brèche de coulée à fragments de coussins  
et matrice hyaloclastique intrusive dans  
une lave à coussins.

PHOTO NO 2 - (72-360). Brèche de coulée mafique.

Brèche de coulée à larges fragments de  
coussins.

PHOTO NO 3 - (72-360). Brèche de coulée mafique.

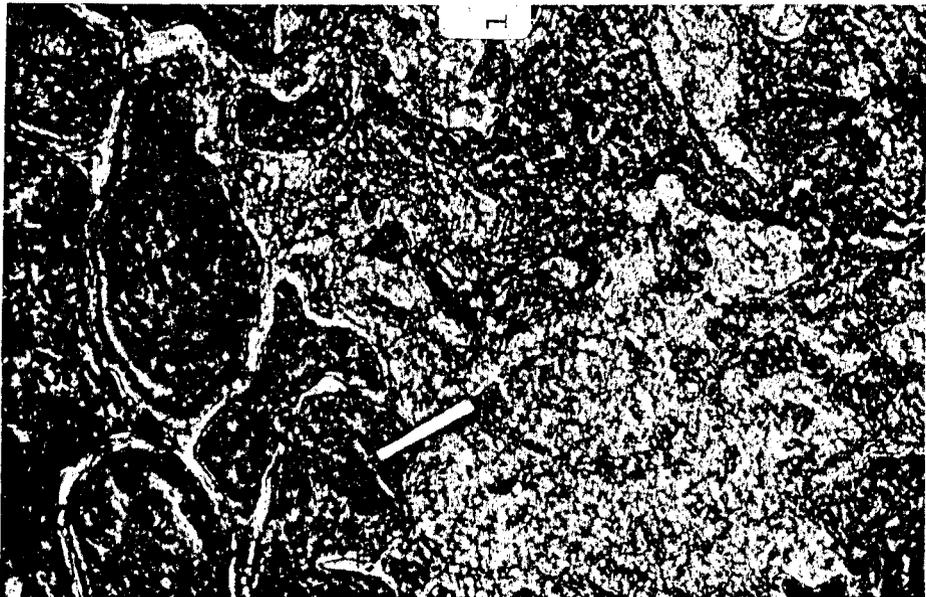
Brèche de coulée à petits fragments de  
coussins.



2 360



360



255

I II 3

PLANCHE NO III

PHOTO NO 1 - (72-163). Lave variolaire

Concentration des varioles pour former une  
bande de composition rhyolitique.

PHOTO NO 2 - (72-163). Lave variolaire

Arrangement concentrique des varioles dans  
une lave.

PHOTO NO 3 - (72-163). Lave variolaire

Evidence de concentration des varioles.



PLANCHE NO IV

PHOTO NO 1 - (72-392). Brèche rhyolitique

Brèche de coulée rhyolitique avec matrice  
séricitisée.

PHOTO NO 2 - (72-381). Rhyolite

Contact entre deux types de rhyolite dont la  
principale différence est l'altération en  
séricite.

PHOTO NO 3 - (72-379). Tuff rhyolitique

Tuff rhyolitique avec fragments à contours irréguliers.

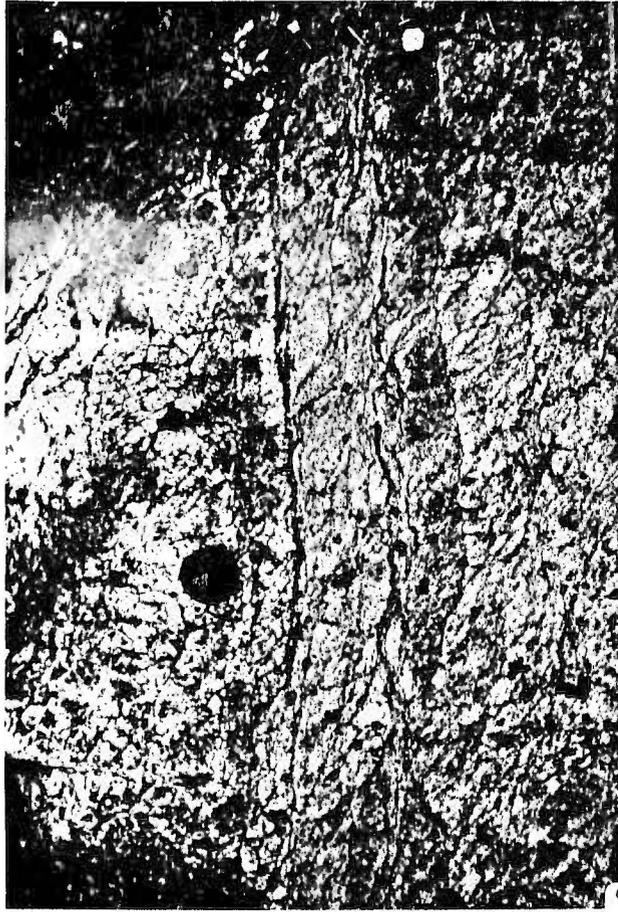
PHOTO NO 4 - (72-392). Rhyolite

Rhyolite laminée.

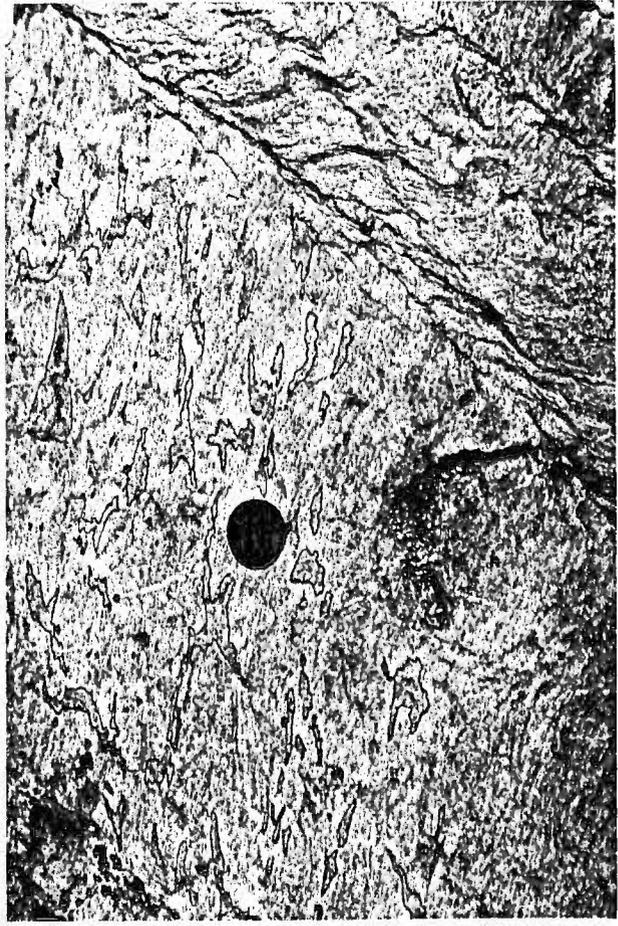


392

1



2 381



379

3



391

IV

4

PLANCHE NO V

PHOTO NO 1 - (72-380). Rhyolite

Fracturation polygonale dans une rhyolite.

PHOTO NO 2 - (72-369). Rhyolite

Rhyolite à colonnade polygonale.

PHOTO NO 3 - (72-369). Rhyolite

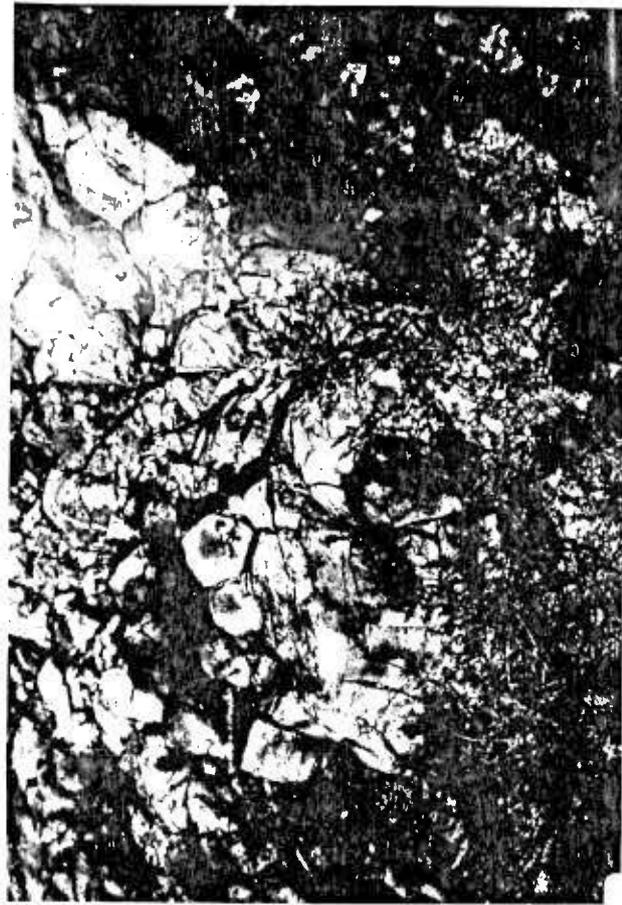
Agrandissement de la photo précédente.

PHOTO NO 4 - (72-369). Rhyolite

Vue en coupe de la rhyolite à colonnade.



380



2 369



369



369

1 3  
V

PLANCHE NO VI

PHOTO NO 1 - (72-159). Brèche rhyolitique

Brèche rhyolitique avec une bande de tuff laminé.

PHOTO NO 2 - (72-94). Lave intermédiaire

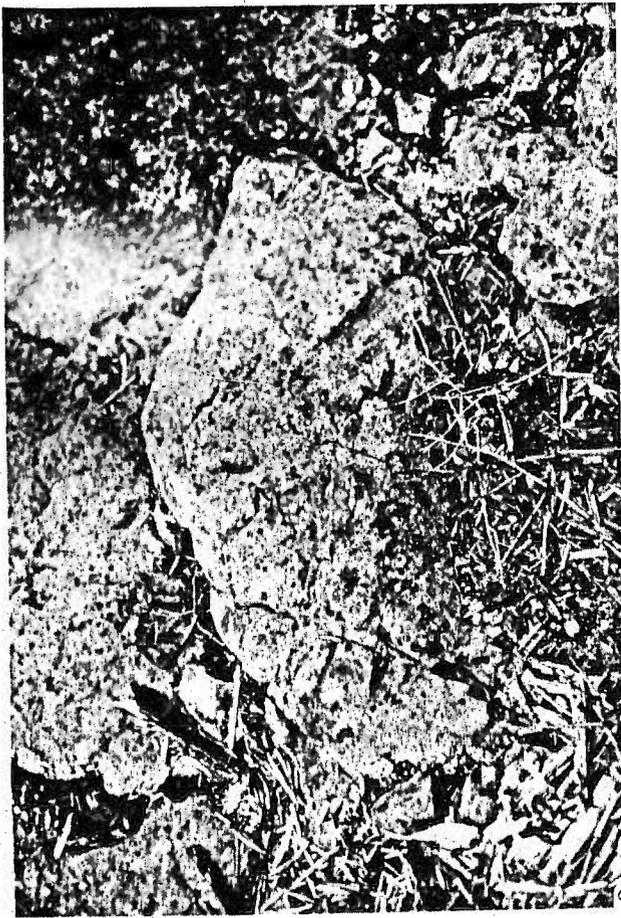
Texture glomérophyrique dans une lave intermédiaire.

PHOTO NO 3 - (72-195). Brèche rhyolitique

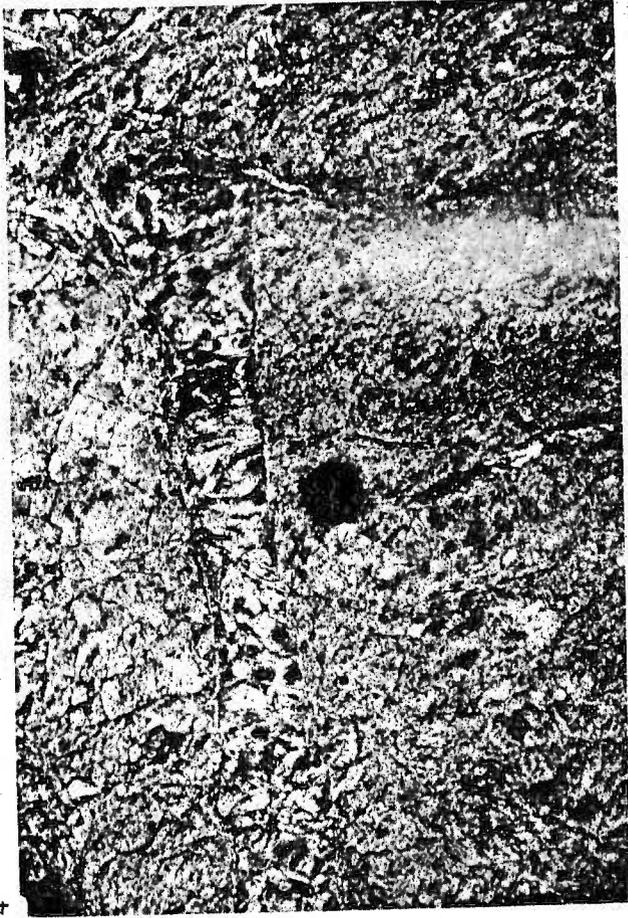
Brèche rhyolitique avec fragments de 3ème génération.

PHOTO NO 4 - (72-401). Hyaloclastite

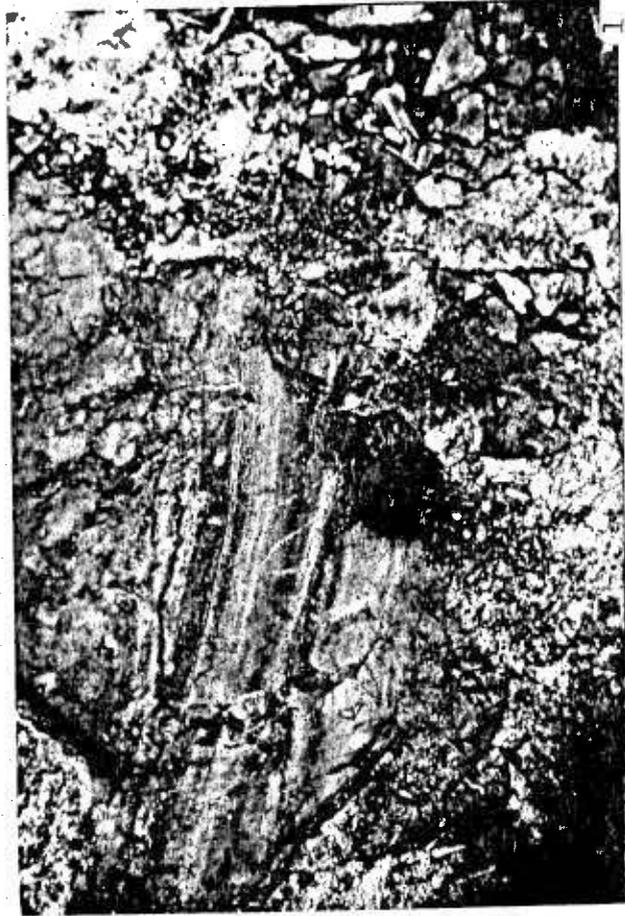
Matériel hyaloclastique et dyke réinjecté.



294



401



1

159



195

VI

3

4

PLANCHE NO VII

PHOTO NO 1 - (72-4A) 2,5 x 1,6 LP Lave mafique massive

Relique d'augite avec couronne d'actinote  
dans une lave mafique.

PHOTO NO 2 - (72-4B) 10 x 1,25 LP Lave mafique massive

Texture plumose dans une lave mafique avec  
intercroissance de feldspath et pyroxène.  
Cette texture est associée à un phénomène de  
refroidissement rapide.

PHOTO NO 3 - (72-84) 10 x 1,25 LP Lave mafique coussinée

Texture plumose avec une gerbe de feldspath et  
pyroxène à l'extrémité d'une baguette de plagioclase.

PHOTO NO 4 - (72-154) Brèche intermédiaire

Matrice d'une brèche intermédiaire avec baguettes et  
sections trapues de plagioclase séricitisé dans  
une matrice de chlorite-épidote.



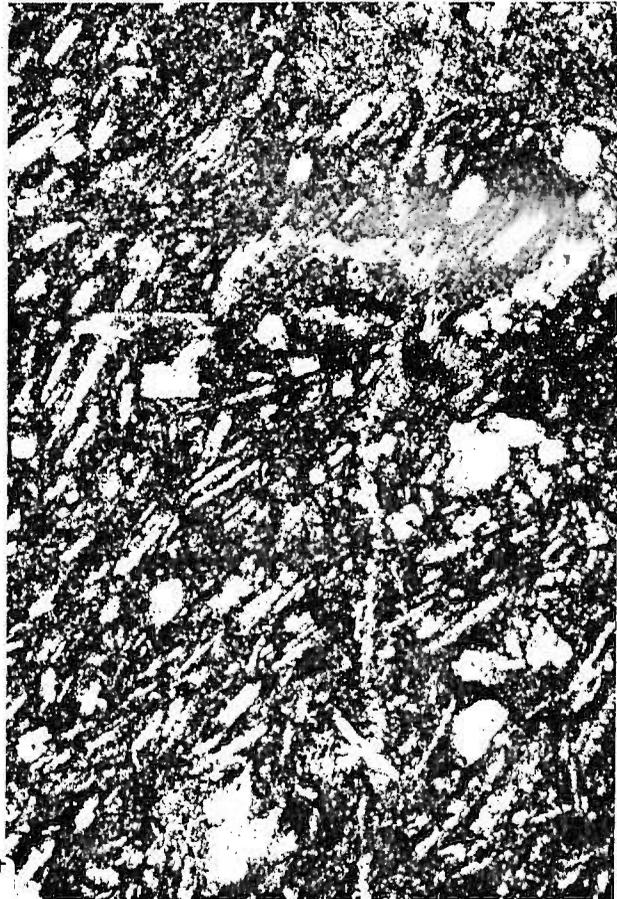
72-4A 50X LP 1



72-4B 160X LP 2



72-84 160X LP 3



72-154 63X LP 4

VII

PLANCHE NO VIII

PHOTO NO 1 - (72-82) 2.5 x 1.25 LN Brèche de coulée à fragments de coussins.

Texture cellulaire caractéristique de la matrice d'une brèche de coulée mafique. La matrice est hyaloclastique.

PHOTO NO 2 - (72-82) 2.5 x 1.25 LN Brèche de coulée à fragments de coussins.

La matrice hyaloclastique montre des fragments plus ou moins anguleux altérés en palagonite verte au centre et en palagonite ferrugineuse en bordure dans une pâte chloriteuse. A noter les fractures conchoïdales avec concentration des minéraux foncés ferrugineux.

PHOTO NO 3 - (72-80B) 2.5 x 1.25 LN Hyaloclastite

Développement caractéristique de "granules" dans une matrice riche en fer. A noter l'abondance de minéraux opaques dans la matrice chloriteuse.

PHOTO NO 4 - (72-80A) 2.5 x 1.25 LN Hyaloclastites

Les fragments montrent la concentration du fer en bordure lors de la transformation de la sideromélané en palagonite.



1  
72-82 40X LP [0.5 mm]



2  
72-82 40X LP [0.5 mm]



3  
72-80B 40X LP [0.5 mm]



4  
72-80A 40X LP [0.5 mm]

VIII

PLANCHE NO IX

PHOTO NO 1 - (72-80A) 2.5 x 2 LN Hyaloclastite

A noter la structure concentrique de la transformation plus ou moins complète de la sidéromélane originale en palagonite. Les divers niveaux sont le résultat d'une concentration de fer.

PHOTO NO 2 - (72-80A) 2.5 x 1.25 LN Hyaloclastite

Les fragments montrent très clairement la bordure ferrugineuse autour du coeur de palagonite.

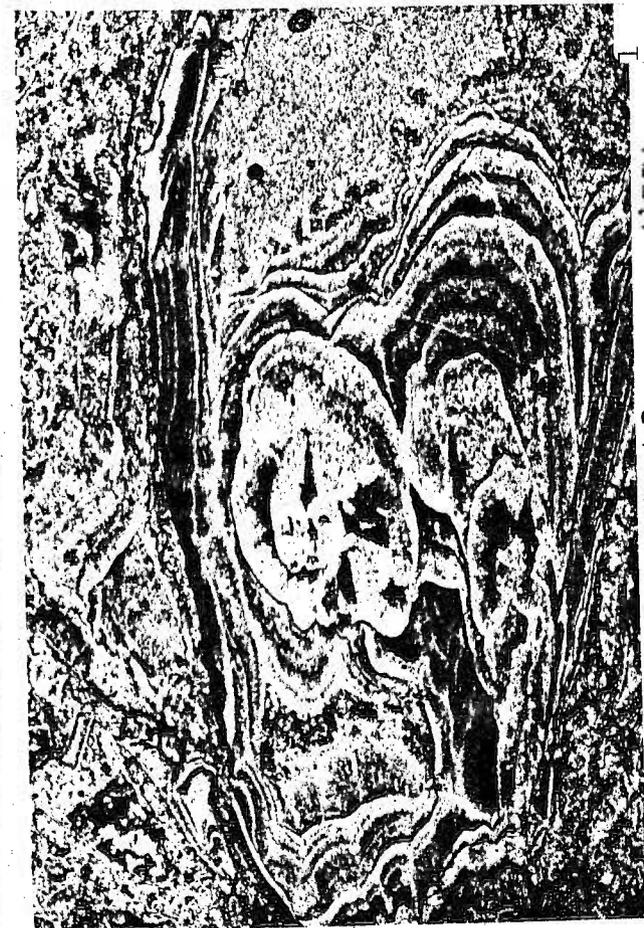
La matrice est chargée de "shards". A noter la présence dans le fragment de quelques bâtonnets de stipnomélane.

PHOTO NO 3 - (72-182A) 20X LN Brèche de coulée à fragments de coussins

La matrice hyaloclastique renferme parfois quelques amygdules de chlorite avec bordure felsique et présence d'opagues.

PHOTO NO 4 - (72-182A) 80X LN Brèche de coulée à fragments de coussins

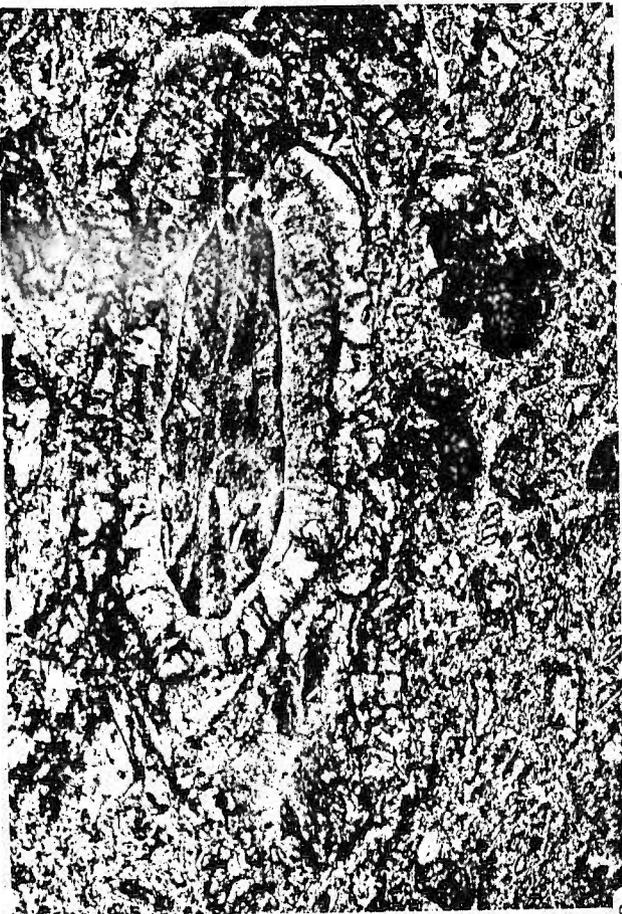
Agrandissement de la photo précédente.



72-80A

63X LP

[1.5 μm scale bar]



72-80A

40X LP

[1.5 μm scale bar]

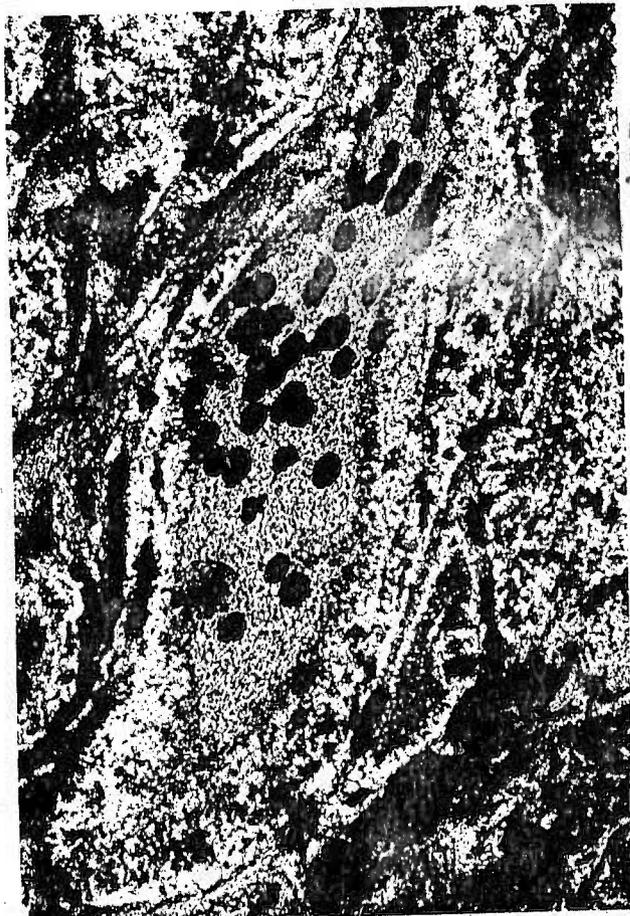
IX



72-182A

20X LN

[1 μm scale bar]



72-182A

80X LN

[1 μm scale bar]

PLANCHE NO X

PHOTO NO 1 - (72-182A) 20X LN Brèche de coulée à fragments de coussins.

Dans certains cas, la matrice prend l'aspect d'un tuff à lapilli avec des fragments quartzo-feldspathiques empilés les uns sur les autres dans une pâte très chloriteuse.

PHOTO NO 2 - (72-94) 2.5 x 1.6 LN Tuff intermédiaire

Le tuff intermédiaire prend l'aspect d'une ignimbrite et toutes les taches pales sont de petites amygdules de quartz + chlorite. A noter la présence de gros phénocristaux de feldspath chargés de clinozoisite et séricite.

PHOTO NO 3 - (72-184) 20X LN Tuff acide

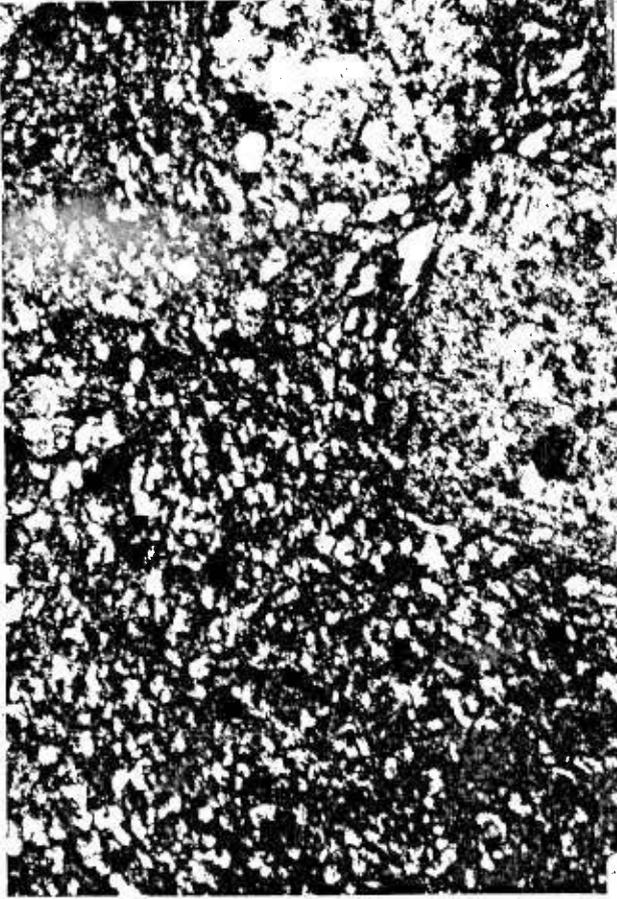
Très bel empilement de cendres volcaniques, composées de petites lentilles quartzo-feldspathiques les unes sur les autres.

PHOTO NO 4 - (72-176A) 80X LP Rhyolite

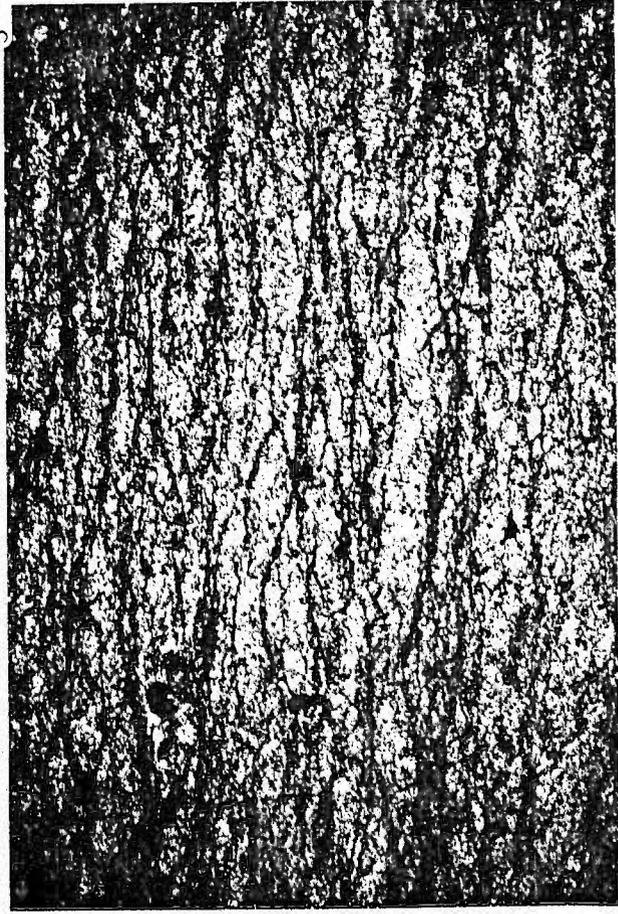
Texture orbiculaire, phénomène de dévitrification.



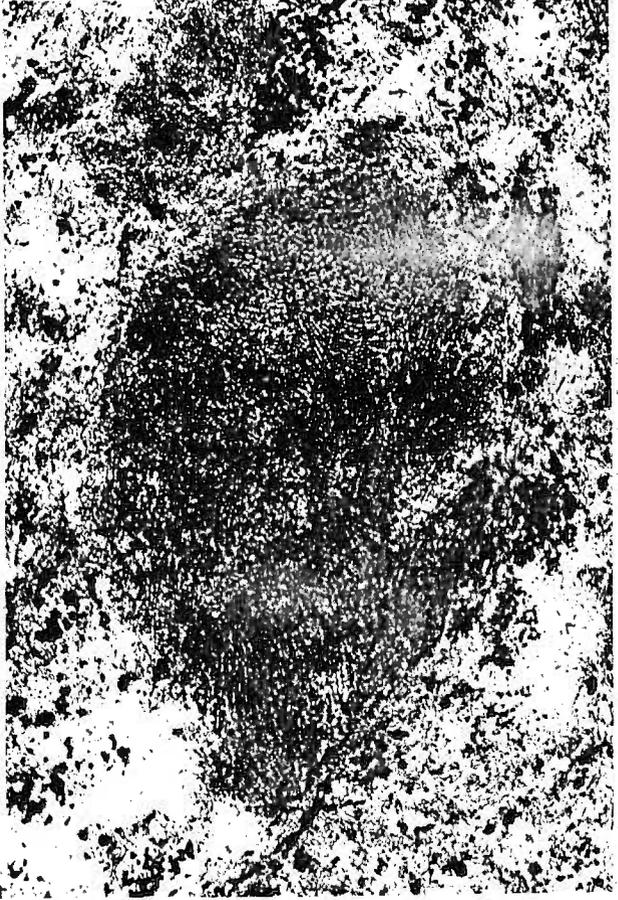
72-182A 20X LM 1



72-94 50X LM 2



72-184 20X LM 3



72-176A 80X LP 4

PLANCHE NO XI

PHOTO NO 1 - (72-199) 2.5X LN Brèche de coulée à coussins isolés

Fragment d'un coussin dans une brèche de coulée à coussins isolés, avec une matrice à grains fins composée de baguettes de plagioclase chloritisé, de grains d'épidote (plages foncées) et plages chloriteuses (taches pâles).

PHOTO NO 2 - (72-151) 2.5 x 1.25 LN Brèche de coulée à fragments de coussins

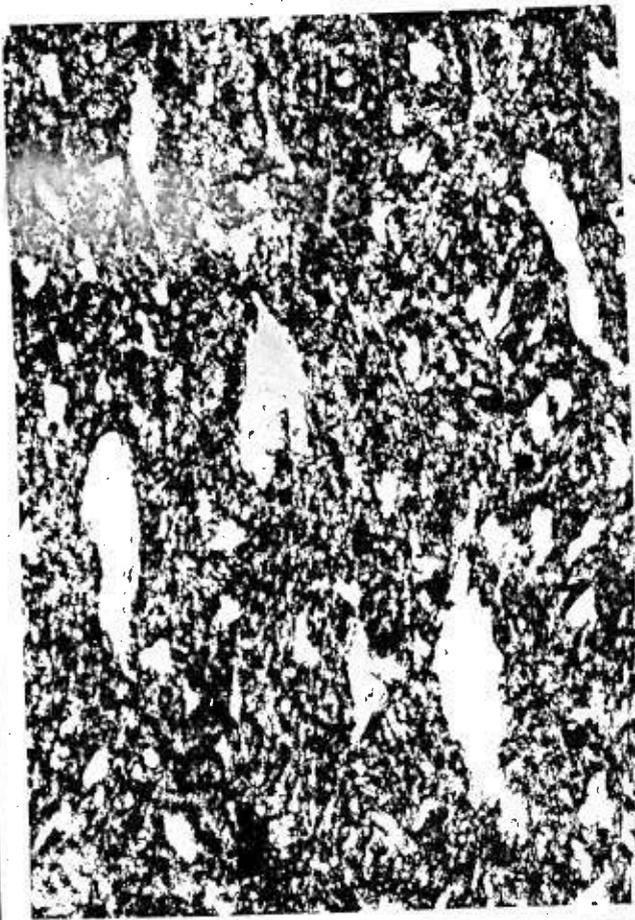
Matrice d'une brèche de coulée à fragments de coussins de composition mafique avec de nombreuses amygdules aplaties, étirées, avec des extrémités tordues, évidence d'une certaine plasticité. Les amygdules ont une bordure de chlorite avec un coeur de quartz.

PHOTO NO 3 - (72-374) 20X LP Brèche de coulée à fragments de coussins

Amygdule d'épidote dans la matrice d'une brèche de coulée à fragments de coussins. Les cristaux d'épidote croissent perpendiculairement aux parois de la cavité.

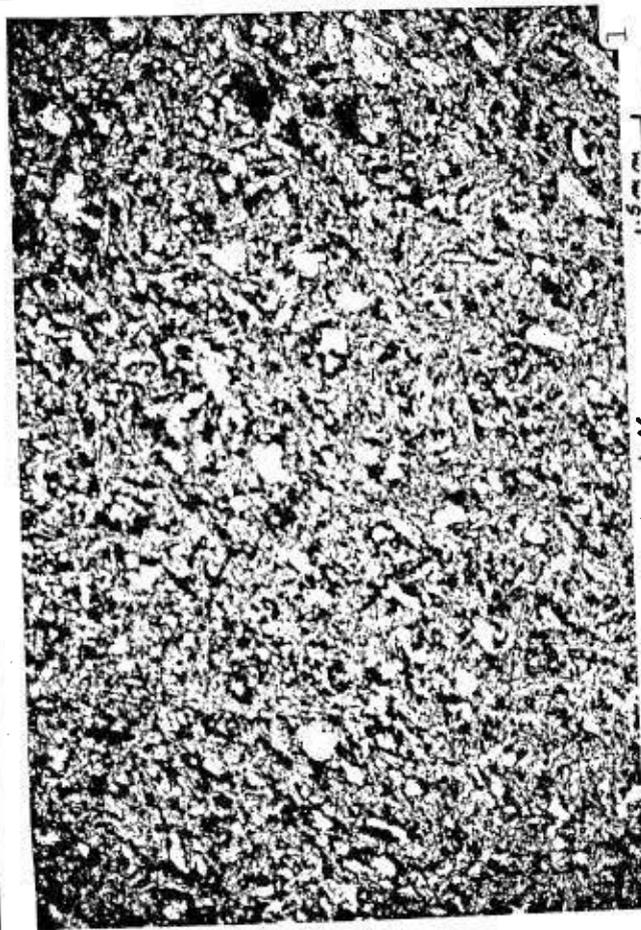
PHOTO NO 4 - (72-235A) 2.5X LP Laves intermédiaires massives

Amygdule complexe de quartz et pumpellyite: les plages foncées sont dues à la pumpellyite et les plages claires au quartz.



2 72-151 40X LM

XI

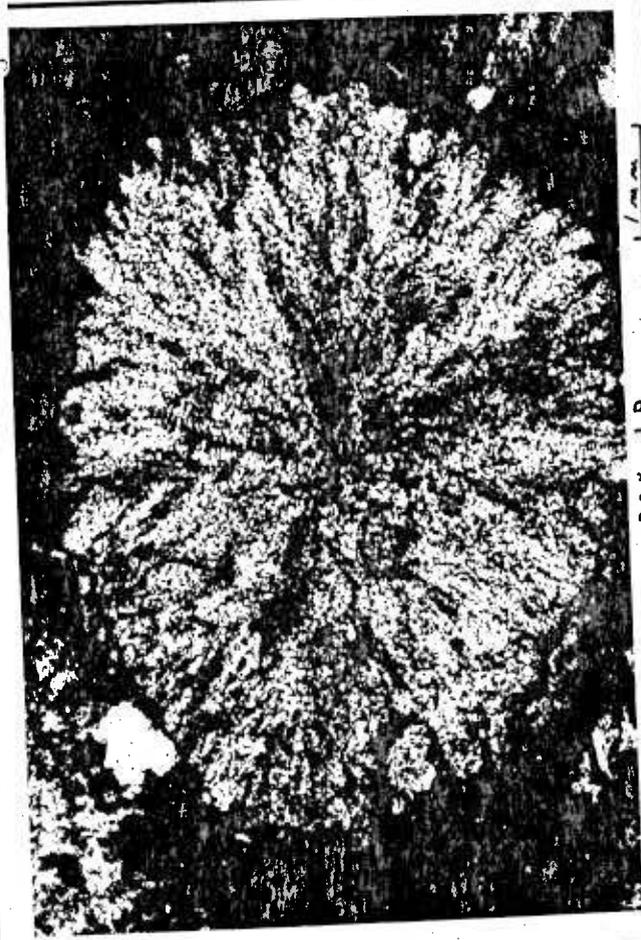


1 72-199 40X LM

3



4 72-235A 40X LP



3 72-374 20X LP

PLANCHE NO XII

PHOTO NO 1 - (72-171) 2.5X LP Lave intermédiaire massive

Matrice composée en grande partie d'un enchevêtrement de baguettes de plagioclase avec intercroissance mineure de chlorite et épidote.

PHOTO NO 2 - (72-155) 2.5 x 1.25 LN Lave intermédiaire coussinée

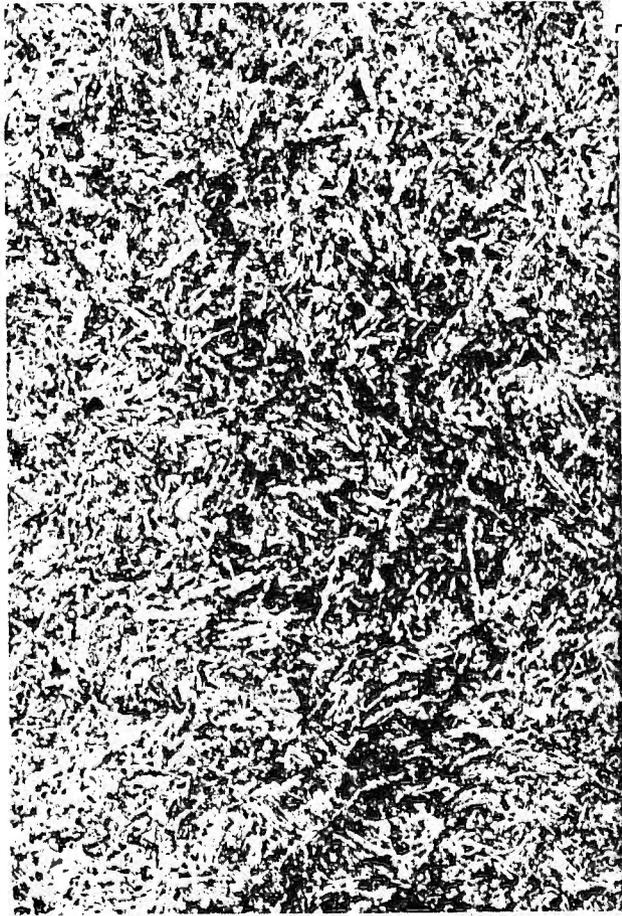
Enchevêtrement de baguettes de plagioclase, parfois tordues, évidence de déformation, dans une matrice de chlorite - épidote - quartz.

PHOTO NO 3 - (72-237) 2.5X LN Lave mafique massive

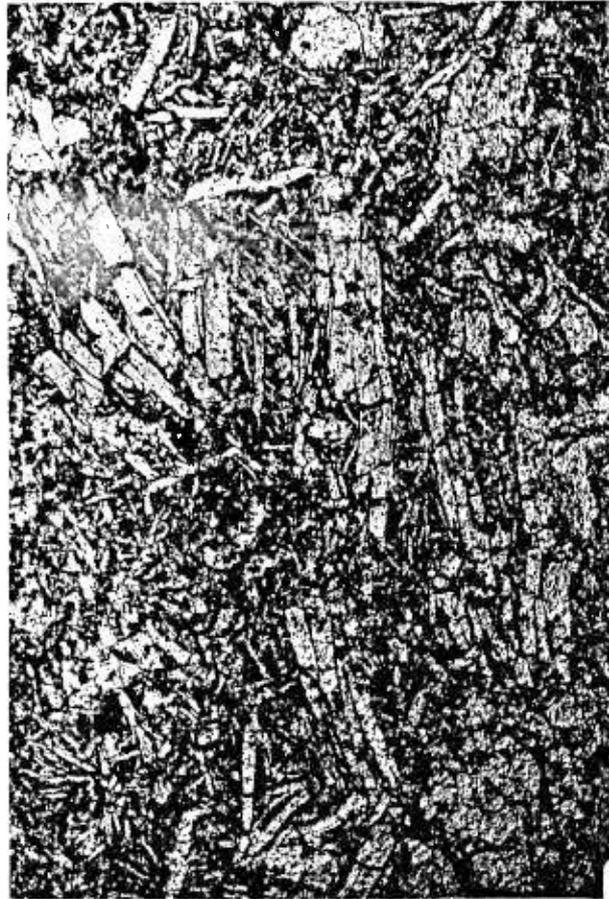
Matrice composée de baguettes de plagioclases, épidote et chlorite avec des plages sombres de leucoxène. A noter la veine de quartz montrant des inclusions fibreuses d'actinote.

PHOTO NO 4 - (72-306) 20X LN Lave mafique massive

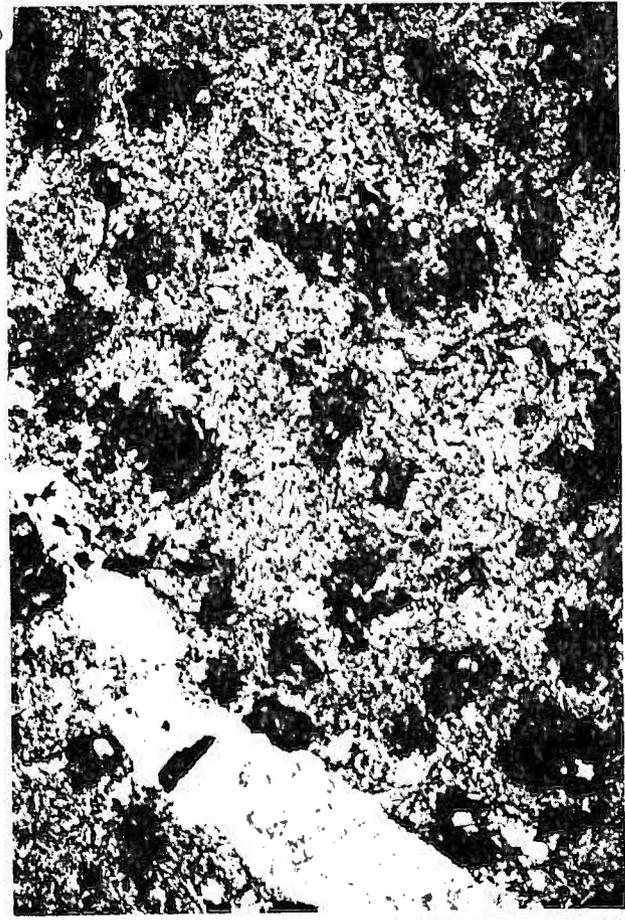
Baguettes de plagioclase tordues dans une lave mafique.



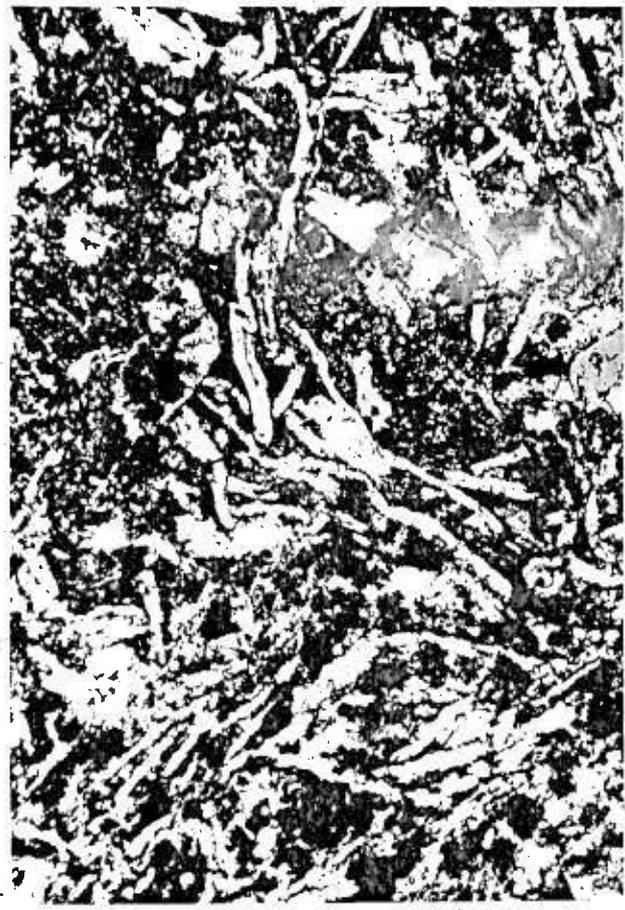
72-171 40X 1-P [0.5 mm scale]



2 72-155 40X 1-N [0.5 mm scale]



72-237 40X 1-N [0.5 mm scale]



72-306 20X 1-N [1 mm scale]

XII 4

PLANCHE NO XIII

PHOTO NO 1 - (72-174B) 10 x 1.25 LN Laves acides massives

Structure cellulaire des laves acides massives.

Les "cellules" quartzo-feldspathiques sont entourées de séricite.

PHOTO NO 2 - (72-187) 2.5X LP Laves acides massives

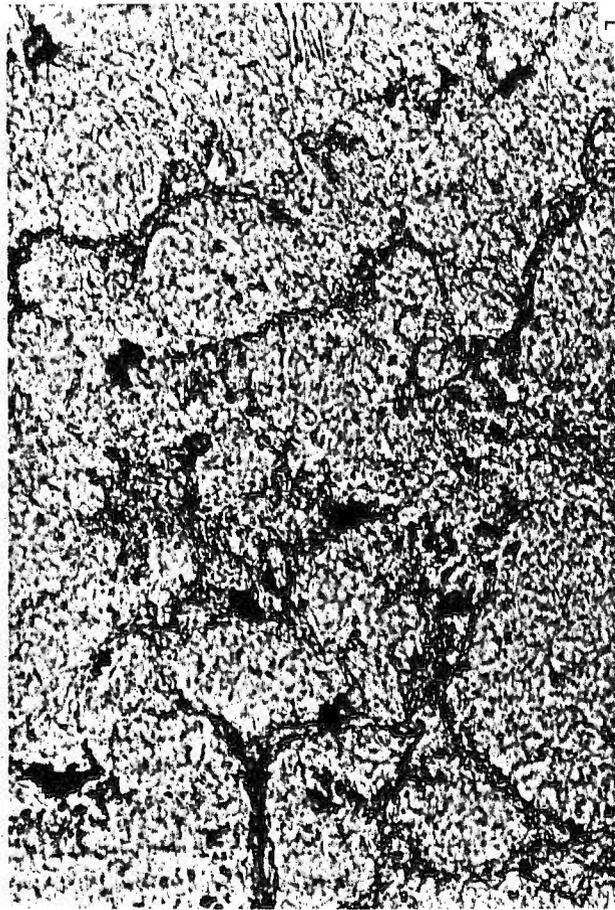
Matrice recristallisée pseudo-sphérulitique, avec séricite intergranulaire.

PHOTO NO 3 - (72-229A) 2.5X LN Laves acides massives

Veinule chloriteuse avec croissance en bordure de fibres de matériel felsique recristallisé. Le phénomène ressemble à une dévitrification le long de fractures.

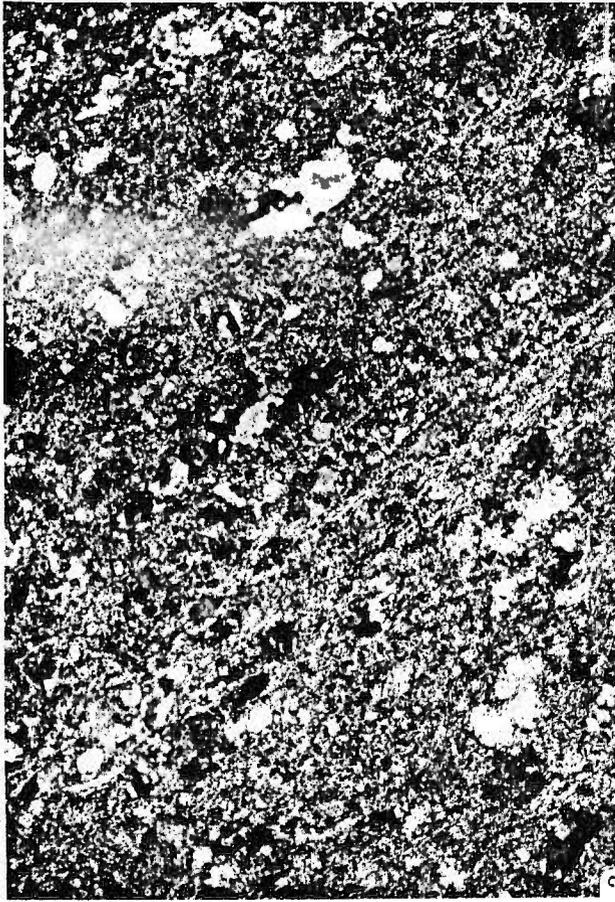
PHOTO NO 4 - (72-228) 2.5X LP Laves acides massives

Agglomération de phénocristaux de feldspath.



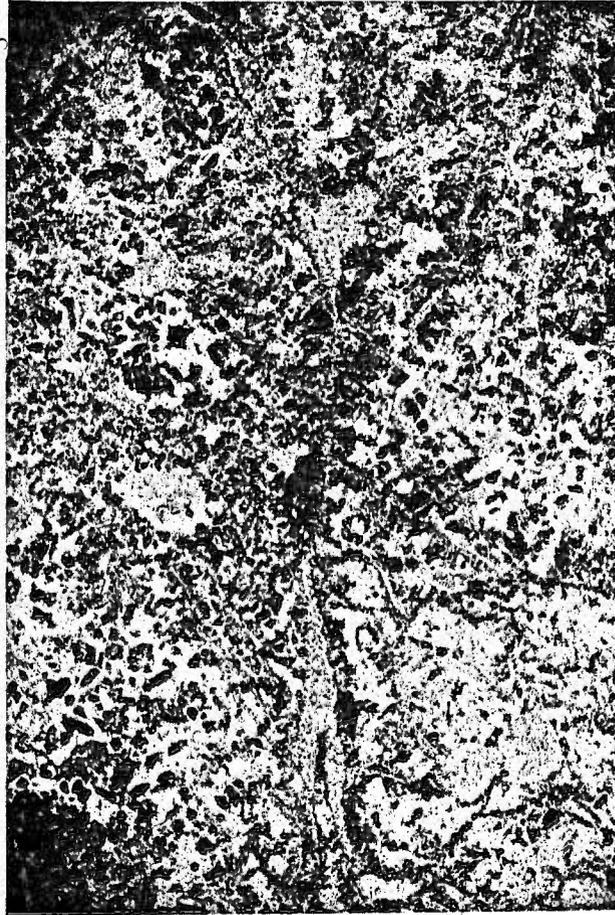
72-174 B 160X LN

1 [1 mm scale]



72-187 40X LP

2 [1.5 mm scale]



72-229 A 40X LN

3 [1 mm scale]



72-218 40X LP

4 [1.5 mm scale]

XIII

PLANCHE NO XIV

PHOTO NO 1 - (72-219A) 2.5X LP Brèche de coulée acide (matrice)

Matrice sphérolitique recristallisée, matériel  
felsique microcristallin intergranulaire.

PHOTO NO 2 - (72-227) 10X LP Lave acide massive

Agrandissement d'une sphérule avec sa structure radiale  
et sa couronne microcristalline.

PHOTO NO 3 - (72-192) 2.5X LP Lave acide massive

Phénocrystal de plagioclase montrant une couronne  
recristallisée dans une matrice sphérolitique avec  
séricite intergranulaire.

PHOTO NO 4 - (72-223) 2.5X LP Lave acide massive

Cristal de quartz partiellement résorbé, montrant  
une couronne felsique recristallisée.



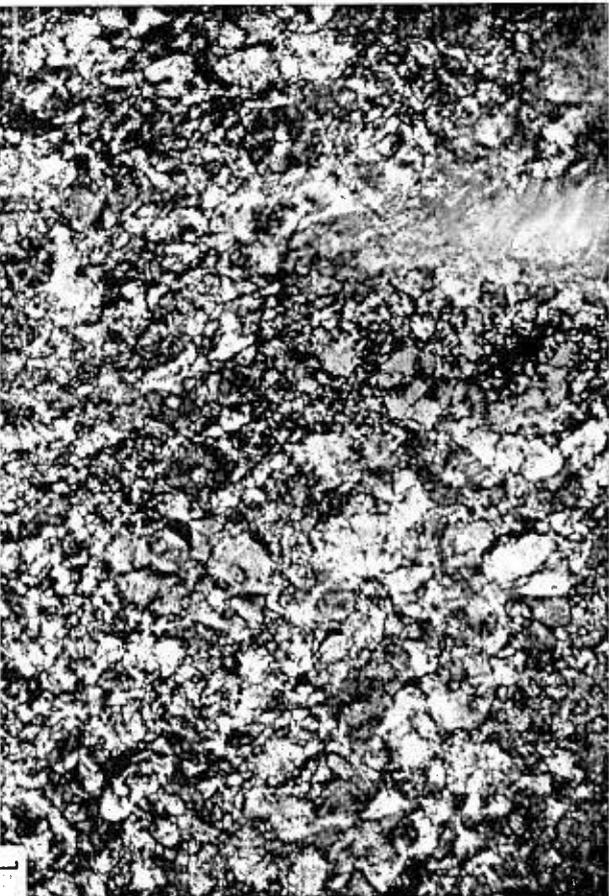
72-192

40X LP

5 mm

3

XIV



72-219A

40X LP

5 mm

1

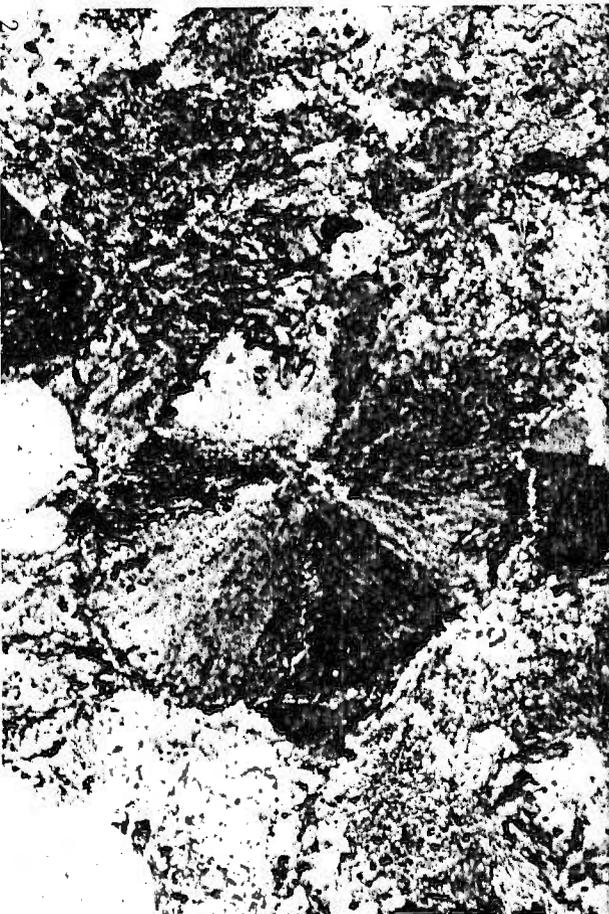


72-223

40X LP

5 mm

4



72-227

40X LP

5 mm

2

PLANCHE NO XV

PHOTO NO 1 - (72-60) 2.5 x 1.25 LN Gabbro

Texture granulaire d'un gabbro montrant l'abondance de cristaux d'augite à sections polygonales et trapues caractéristiques.

PHOTO NO 2 - (72-100) 80X LP Porphyre

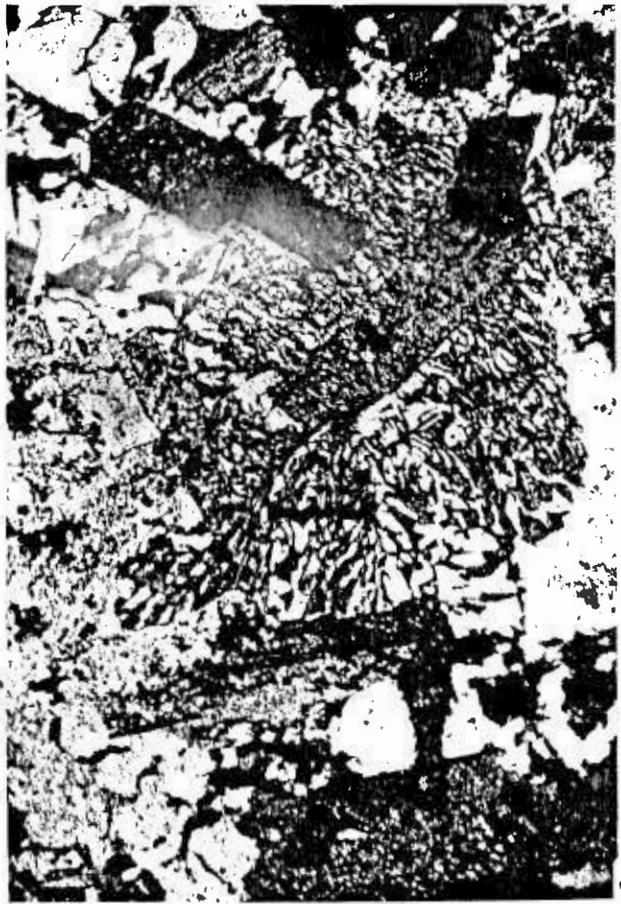
Texture graphique dans un porphyre.

PHOTO NO 3 - (72-100) 2.5 x 1.6 LP Porphyre

Autre texture graphique développée autour d'un feldspath.

PHOTO NO 4 - (72-71C) 2.5 x 2 LN Dyke mafique

Les baguettes foncées sont des amphiboles brunes et les opaques ont des sections ou bien franchement triangulaires ou bien carrées.

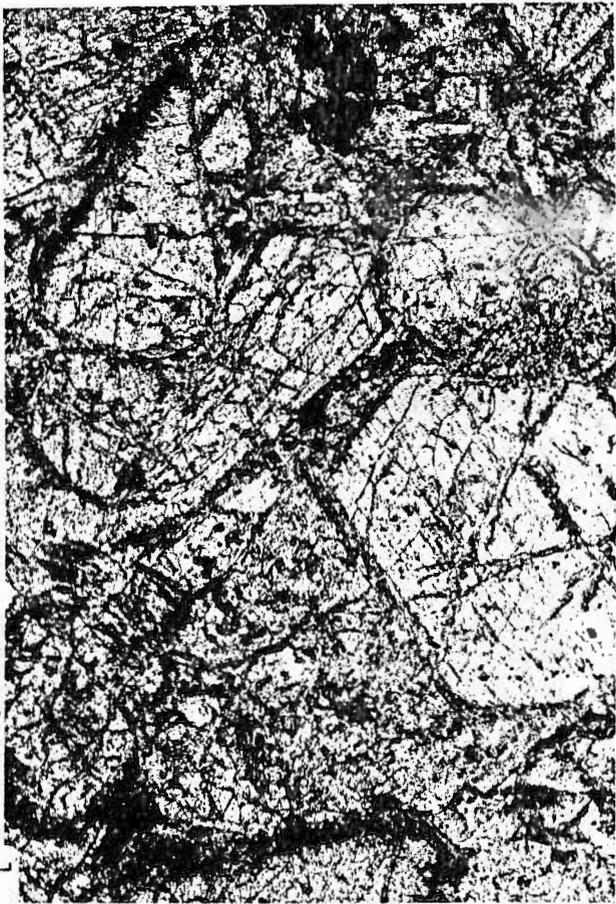


72-100

50X LP

5  $\mu$ m

3



72-60

40X LM

5  $\mu$ m

1

XV

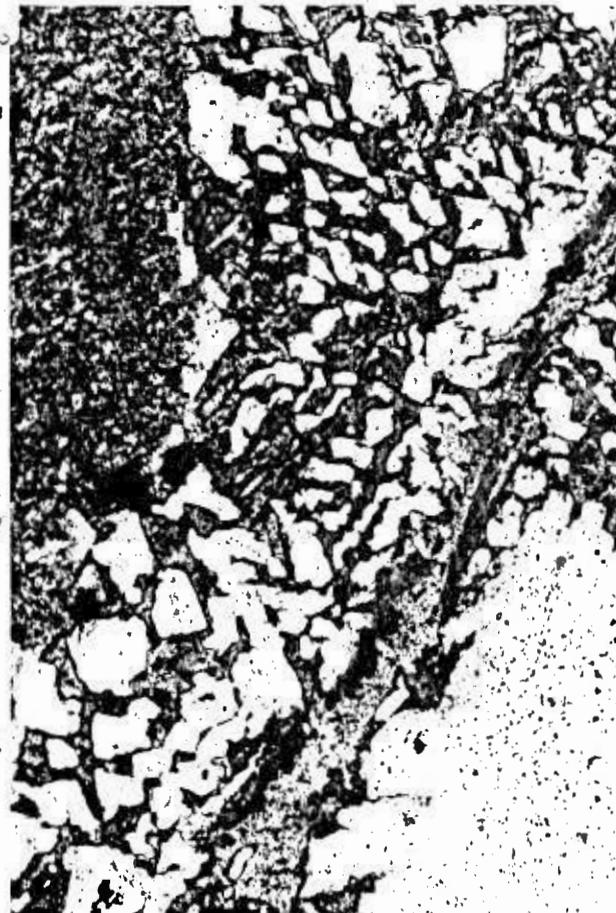


72-71C

63X LM

2  $\mu$ m

4



72-100

80X LP

2  $\mu$ m

2

PLANCHE NO XVI

PHOTO NO 1 - (72-163) 40X LP Laves variolaires

Agglomération de varioles de formes diverses avec leur bordure foncée et un coeur quartzofeldspathique.

PHOTO NO 2 - (72-163) 40X LP Laves variolaires

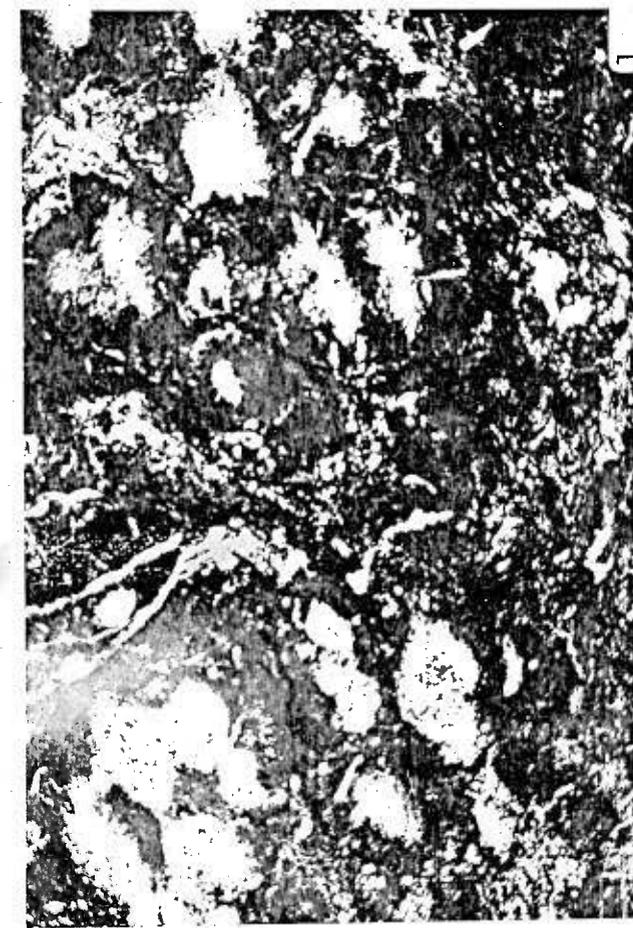
Amalgamation de deux varioles. A noter la bordure plus ou moins opaque et le coeur avec une texture arborescente.

PHOTO NO 3 - (72-163) 40X LP Laves variolaires

Texture de dévitrification de la matrice entre les varioles.

PHOTO NO 4 - (72-163) 160X LP Laves variolaires

Agrandissement de la photo précédente. A noter les "quenches" de pyroxène recourbés.



72-163 40X LP [5mm]

1

XVI



72-163 40X LP [5mm]

2



72-163 40X LP [5mm]

3



72-163 163X LP [1mm]

4

PLANCHE NO XVII

PHOTO NO 1 - (72-163) 160X LP Laves variolaires

"Quench" de pyroxène recourbé dans la matrice.

PHOTO NO 2 - (72-163) 40X LP Laves variolaires

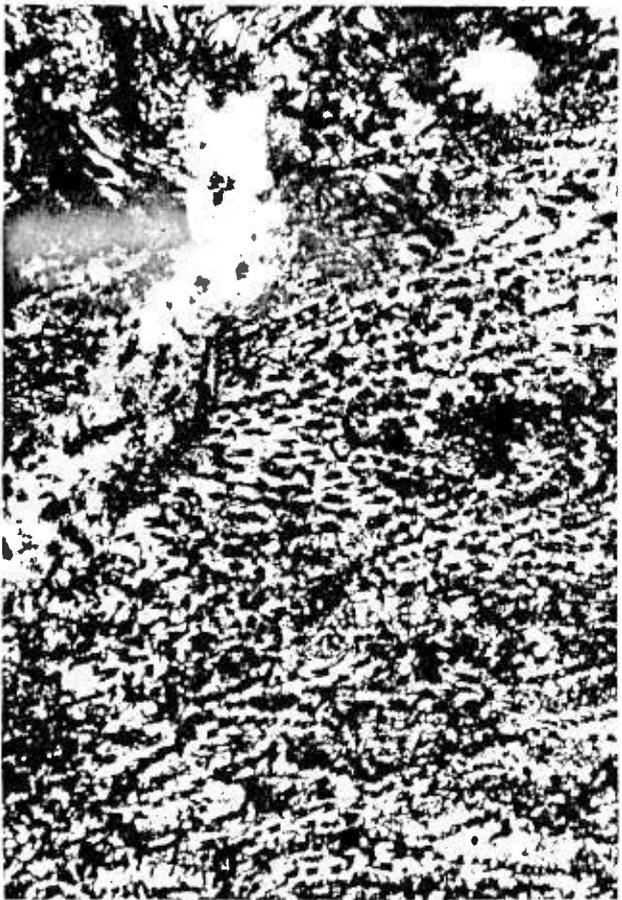
"Quench" de pyroxène avec l'allure typique de  
"queue d'hirondelle".

PHOTO NO 3 - (72-163) 40X LP Laves variolaires

"Quench" de pyroxène en "queue d'hirondelle"  
groupés en chaînes, type "épine dorsale".

PHOTO NO 4 - (72-163) 160X LP Laves variolaires

Sections en coupe caractéristiques des "quench"  
de pyroxène.



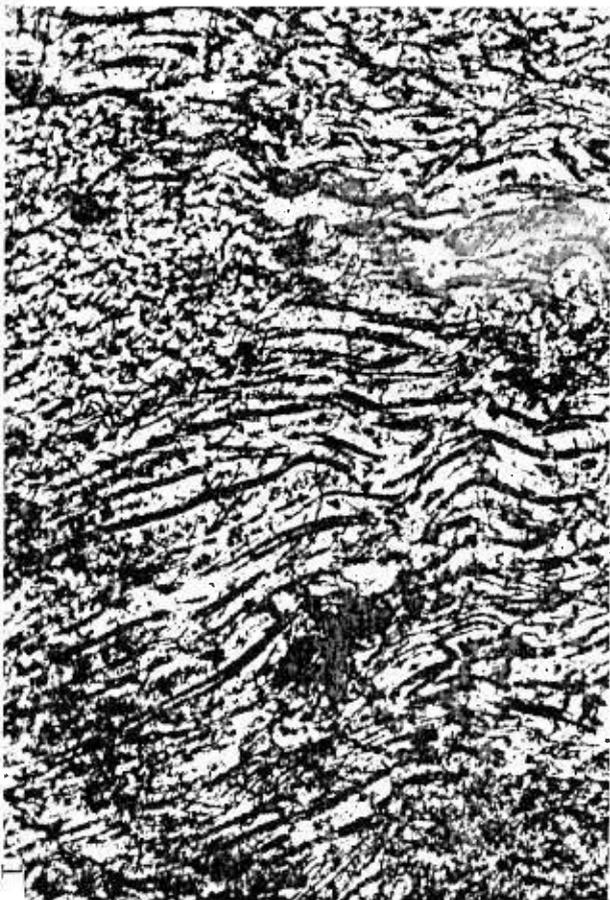
72-163

40X LP

5 microns

3

XVII



72-163

160X LP

1 micrometer

1



72-163

160X LP

1 micrometer

4



72-163

40X LP

5 microns

2

A P P E N D I C E " C "

Liste des abréviations utilisées dans les  
tableaux de description microscopique.

APPENDICE CListe des abréviations utilisées dans les tableaux de  
description microscopique

QTZ	Quartz	MFL	Matrice felsique
FDP	Feldspath	QFA	Quartz-feldspath-actinote
CLI	Clinozoïsite	IDD	Iddingsite
CAR	Carbonates	ALL	Allanite
SER	Sericite	ENS	Enstatite
CHL	Chlorite	OLI	Olivine
ACT	Actinote	PAP	Pâte aphanitique
AUG	Augite	APA	Apatite
EPI	Epidote	LIM	Limonite
LEU	Leucoxène	STI	Stilpnomélane
PUM	Pumpellyite	MAC	Matrice
PRE	Prehnite	MAF	Matrice felsique
VER	Verre	DAT	Datolite
VRD	Verre dévitrifié	TAL	Talc
OPA	Minéraux opaques	CHA	Chabasie
OXF	Oxyde de fer	ORT	Orthose
Q + F	Quartz et feldspath	TOU	Tourmaline
HBD	Hornblende	ZIR	Zircon
HYP	Hypersthène	AUT	Augite titanifère
AMP	Amphybole		

## ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES

	<u>72-062(T)</u>	<u>72-064(T)</u>	<u>72-067(T)</u>	<u>72-068(T)</u>	<u>72-157A (T)</u>
SiO <sub>2</sub>	47.17(49.98)	47.93(52.47)	48.44(52.13)	49.18(53.61)	49.46(59.17)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.95(14.92)	13.63(14.92)	15.46(16.64)	12.91(14.07)	18.59(19.45)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.90( 4.13)	2.97( 3.25)	2.95( 3.17)	2.90( 3.16)	2.60( 2.72)
FeO	6.93( 7.34)	9.32(10.20)	8.46( 9.10)	11.41(12.44)	7.00( 7.32)
FeO T	8.12(11.06)	8.36(13.13)	8.62(11.96)	10.90(15.28)	7.26( 9.77)
MgO	9.02( 9.56)	7.95( 8.70)	7.38( 7.94)	5.19( 5.66)	5.70( 5.96)
CaO	9.08( 9.62)	5.80( 6.35)	7.01( 7.54)	6.37( 6.94)	7.74( 8.10)
Na <sub>2</sub> O	2.33( 2.47)	2.41( 2.64)	1.91( 2.06)	2.01( 2.19)	2.47( 2.58)
K <sub>2</sub> O	0.00( 0.00)	0.00( 0.00)	0.00( 0.00)	0.00( 0.00)	0.12( 0.13)
TiO <sub>2</sub>	0.87( 0.92)	1.09( 1.19)	1.18( 1.27)	1.49( 1.62)	1.32( 1.38)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09( 0.10)	0.10( 0.11)	0.11( 0.12)	0.11( 0.12)	0.16( 0.17)
CO <sub>2</sub>	0.61	3.61	1.64	2.86	0.13
S	0.03	0.15	0.02	0.16	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.31	5.32	5.00	4.92	5.04
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.03	0.06	0.05	0.14
<u>TOTAL</u>	99.33	100.31	99.62	99.45	100.89
Mn(ppm)	1380	1070	1330	1380	1330
Cu(ppm)	115	205	19	125	107
Zn(ppm)	83	93	89	121	103
Ni(ppm)	147	75	105	39	99
Hg(ppb)	5	9	4	4	3
Densité	2.97	2.78	2.87	2.86	2.93
Ind. col.	45	42	38	39	30

CALCUL DE LA NORME

Qz	0.0	4.24	6.40	10.66	6.38
Or	0.0	0.0	0.0	0.0	.75
Pl(An)	54.26(59)	52.93(55)	55.26(66)	49.73(59)	62.73(63)
(Ab)	(41)	(45)	(34)	(41)	(37)
Cσ	0.0	0.0	0.0	0.0	.81
Di(Di)	11.96(71)	1.54(66)	.39(67)	4.21(52)	- -
(He)	(29)	(34)	(33)	(48)	-
Hy(En)	25.61(71)	35.97(66)	32.80(67)	28.94(52)	24.12(69)
(Fe)	(29)	(34)	(33)	(48)	(31)
Ol(Fo)	3.98(71)	- -	- -	- -	- -
(Fa)	(29)	-	-	-	-
Mt	2.62	2.98	3.05	3.41	2.86
Il	1.28	1.67	1.79	2.33	1.94
Ap	.20	.23	.25	.26	.35
Py	.08	.43	.06	.47	.05

## ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES

	<u>72-086(T)</u>	<u>72-088(T)</u>	<u>72-092(T)</u>	<u>72-095A(T)</u>	<u>72-356(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	49.13(52.01)	48.41(50.79)	50.47(52.28)	47.87(50.94)	46.96(49.06)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.33(15.17)	11.17(11.72)	15.10(15.64)	14.72(15.66)	14.74(15.40)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.86( 4.09)	4.27( 4.48)	3.56( 3.69)	3.40( 3.62)	0.45( 0.47)
FeO	9.75(10.32)	10.64(11.16)	8.75( 9.06)	7.52( 8.00)	13.40(14.00)
FeO T	10.28(14.00)	11.26(15.19)	9.29(12.38)	8.23(11.26)	10.73(14.42)
MgO	4.55( 4.82)	7.64( 8.02)	5.20( 5.39)	3.48( 3.70)	6.09( 6.36)
CaO	8.08( 8.55)	9.37( 9.83)	9.33( 9.67)	12.64(13.45)	9.27( 9.69)
Na <sub>2</sub> O	2.01( 2.13)	1.11( 1.16)	1.97( 2.04)	2.21( 2.35)	2.64( 2.76)
K <sub>2</sub> O	0.61( 0.65)	0.03( 0.03)	0.09( 0.09)	0.20( 0.21)	0.14( 0.15)
TiO <sub>2</sub>	1.98( 2.10)	2.30( 2.41)	1.64( 1.70)	1.59( 1.69)	1.81( 1.89)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12( 0.13)	0.16( 0.17)	0.32( 0.33)	0.19( 0.20)	0.09( 0.09)
CO <sub>2</sub>	1.16	0.55	0.44	2.49	0.27
S	0.04	0.22	0.10	0.16	0.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.84	4.36	3.54	2.88	3.62
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.05	0.04	0.04	0.04	0.16
<u>TOTAL</u>	99.51	100.27	100.55	99.39	99.76
Mn	2000	1580	1480	1400	1630
Cu	103	61	83	81	118
Zn	141	109	99	93	91
Ni	33	21	23	27	61
Hg	2	5	3	4	2
Densité	2.96	3.03	3.01	3.01	3.01
Ind.col.	37	51	36	38	44

## CALCUL DE LA NORME

Qz	8.22	9.30	9.17	5.42	0.0
Or	3.94	.19	0.56	1.29	.88
Pl(An)	50.60(61)	38.36(72)	52.89(64)	53.99(60)	54.77(54)
(Ab)	(39)	(28)	(36)	(40)	(46)
Co	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Di(Di)	9.63(55)	17.38(66)	10.29(60)	27.76(56)	14.80(49)
(He)	(45)	(34)	(40)	(44)	(51)
Hy(En)	20.24(55)	26.00(66)	20.19(60)	4.71(56)	15.79(49)
(Fe)	(45)	(34)	(40)	(44)	(51)
Ol(Fo)	- -	- -	- -	- -	10.06(49)
(Fa)	- -	- -	- -	- -	(51)
Mt	3.97	4.31	3.49	3.52	.50
Il	3.01	3.47	2.43	2.42	2.67
Ap	.27	.36	.71	.43	.20
Py	.11	.62	.28	.45	.33

## ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES

	<u>72-354(T)</u>	<u>72-330(T)</u>	<u>72-287(T)</u>	<u>72-286(T)</u>	<u>72-310(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	51.79(53.69)	51.84(53.61)	47.08(49.89)	46.46(49.17)	51.50(53.28)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.69(15.23)	16.58(17.15)	18.99(20.13)	15.64(16.55)	14.97(15.49)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.52( 4.69)	4.70( 4.86)	2.67( 2.83)	4.78( 5.06)	5.63( 5.82)
FeO	8.80( 9.12)	6.24( 6.45)	6.01( 6.37)	8.27( 8.75)	7.68( 7.95)
FeO T	10.00(13.34)	8.14(10.83)	6.54( 8.92)	9.77(13.81)	9.91(13.19)
MgO	3.94( 4.08)	3.72( 3.85)	7.81( 8.28)	6.89( 7.29)	3.28( 3.39)
CaO	7.97( 8.26)	10.26(10.61)	8.38( 8.88)	9.17( 9.71)	9.47( 9.80)
Na <sub>2</sub> O	2.56( 2.65)	1.15( 1.19)	1.93( 2.05)	1.48( 1.57)	1.73( 1.79)
K <sub>2</sub> O	0.13( 0.13)	0.47( 0.49)	0.70( 0.74)	0.00( 0.00)	0.07( 0.07)
TiO <sub>2</sub>	1.75( 1.81)	1.40( 1.45)	0.73( 0.77)	1.62( 1.71)	1.76( 1.82)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21( 0.22)	0.32( 0.33)	0.05( 0.05)	0.15( 0.16)	0.39( 0.40)
CO <sub>2</sub>	0.45	0.48	0.38	0.24	0.45
S	0.10	0.01	0.01	0.02	0.18
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.25	3.37	4.91	4.74	3.59
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.19	0.20	0.19	0.20	0.17
<u>TOTAL</u>	100.35	100.74	99.84	99.66	100.87
Mn	1490	1150	1330	1340	1450
Cu	69	99	65	168	41
Zn	101	97	77	93	153
Ni	31	53	180	39	10
Hg	4	3	4	3	3
Densité	2.97	3.02	2.96	3.01	3.00
Ind.col.	33	29	34	42	32

## CALCUL DE LA NORME

Qz	10.40	14.37	0.0	4.44	14.06
Or	.82	2.97	4.36	0.0	.45
Pl(An)	54.68(55)	52.48(79)	61.62(70)	53.39(73)	52.13(68)
(Ab)	(45)	(21)	(30)	(27)	(32)
Co	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Di(Di)	8.51(51)	8.67(56)	.14(71)	7.34(64)	9.96(47)
(He)	(49)	(44)	(21)	(36)	(53)
Hy(En)	18.61(51)	15.43(56)	29.61(71)	28.46(64)	15.72(47)
(Fe)	(49)	(44)	(21)	(36)	(53)
Ol(Fo)	- -	- -	.61(71)	- (64)	- -
(Fa)	-	-	(21)	(36)	-
Mt	3.63	3.25	2.46	3.53	3.67
Il	2.60	2.09	1.07	2.44	2.64
Ap	.47	0.72	.11	.34	.88
Py	.28	.03	.03	.06	.50

## ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES

	<u>72-315(T)</u>	<u>72-317(T)</u>	<u>72-401C (T)</u>	<u>72-403B (T)</u>	<u>72-405A(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	50.19(52.25)	50.23(52.27)	51.23(53.52)	49.27(53.84)	48.70(50.85)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.51(14.06)	15.69(16.33)	18.93(19.77)	14.93(16.31)	15.51(16.19)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.50( 4.68)	3.83( 3.99)	2.73( 2.85)	1.71( 1.87)	5.61( 5.86)
FeO	10.19(10.61)	9.88(10.28)	4.90( 5.12)	10.10(11.04)	8.23( 8.59)
FeO T	11.07(14.82)	10.36(13.87)	5.72( 7.68)	9.05(12.72)	10.32(13.86)
MgO	4.65( 4.84)	3.84( 4.00)	4.27( 4.46)	4.36( 4.76)	4.90( 5.12)
CaO	8.47( 8.82)	7.81( 8.13)	9.55( 9.98)	5.80( 6.34)	8.91( 9.30)
Na <sub>2</sub> O	2.57( 2.68)	2.43( 2.53)	3.06( 3.20)	3.87( 4.23)	2.35( 2.45)
K <sub>2</sub> O	0.16( 0.17)	0.31( 0.32)	0.11( 0.11)	0.00( 0.00)	0.00( 0.00)
TiO <sub>2</sub>	1.58( 1.64)	1.68( 1.75)	0.87( 0.91)	1.39( 1.52)	1.39( 1.45)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23( 0.24)	0.39( 0.41)	0.07( 0.07)	0.07( 0.08)	0.17( 0.18)
CO <sub>2</sub>	0.21	0.12	0.31	3.47	0.17
S	0.01	0.01	< 0.01	0.02	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.11	3.40	3.06	4.14	3.31
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.15	0.18	0.16	0.20	0.15
<u>TOTAL</u>	99.45	99.80	99.25	99.33	99.46
Mn	1710	1970	1120	1870	1750
Cu	5	11	50	35	85
Zn	123	113	107	105	103
Ni	15	15	58	14	34
Hg	4	4	2	5	2
Densité	3.00	2.99	2.94	2.80	3.01
Ind.col.	41	32	26	33	38

## CALCUL DE LA NORME

Qz	6.31	8.34	5.41	2.41	4.74
Or	1.01	1.96	.68	0.0	0.0
Pl(An)	51.44(52)	56.64(59)	68.15(58)	64.06(40)	56.69(60)
(Ab)	(48)	(41)	(42)	(60)	(40)
Co	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Di(Di)	13.45(49)	4.47(48)	7.82(69)	4.37(49)	9.71(52)
(He)	(51)	(52)	(31)	(51)	(48)
Hy(En)	21.43(49)	21.62(48)	13.90(69)	24.84(49)	23.13(52)
(Fe)	(51)	(52)	(31)	(51)	(48)
Ol(Fo)	-	-	-	-	-
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.46	3.57	2.59	1.97	3.24
Il	2.36	2.51	1.27	2.13	2.08
Ap	.52	.87	.15	.16	.38
Py	.03	.03	.03	.06	.03

## ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES

	<u>72-367(T)</u>	<u>72-306(T)</u>	<u>72-305(T)</u>	<u>72-346(T)</u>	<u>72-048(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	49.18(52.69)	47.73(49.34)	48.91(50.67)	45.75(48.48)	46.65(48.79)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.64(16.76)	14.53(15.02)	15.44(16.00)	14.87(15.76)	14.91(15.59)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.33( 3.57)	- 4.59( 4.74)	5.34( 5.53)	2.99( 3.17)	3.41( 3.57)
FeO	8.23( 8.82)	8.57( 8.86)	8.67( 8.98)	12.05(12.77)	10.48(10.96)
FeO T	8.73(12.03)	9.87(13.13)	10.48(13.96)	11.46(15.62)	10.53(14.17)
MgO	4.35( 4.66)	5.34( 5.52)	5.79( 6.00)	6.95( 7.36)	6.69( 7.00)
CaO	8.70( 9.32)	9.89(10.22)	8.11( 8.40)	7.60( 8.05)	9.04( 9.45)
Na <sub>2</sub> O	2.64( 2.83)	3.27( 3.38)	2.53( 2.62)	1.97( 2.09)	2.45( 2.56)
K <sub>2</sub> O	0.01( 0.01)	0.28( 0.29)	0.01( 0.01)	0.00( 0.00)	0.06( 0.06)
TiO <sub>2</sub>	1.20( 1.29)	1.62( 1.67)	1.48( 1.53)	1.98( 2.05)	1.79( 1.87)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03( 0.05)	0.38( 0.39)	0.25( 0.26)	0.10( 0.11)	0.13( 0.14)
CO <sub>2</sub>	2.30	0.47	0.30	0.14	0.99
S	0.01	0.54	< 0.01	0.16	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.74	2.97	3.86	4.63	4.28
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.18	0.11	0.15	0.21	-
<u>TOTAL</u>	99.54	100.29	100.84	99.40	100.89
Mn	1780	1410	171	1640	1630
Cu	109	147	81	119	121
Zn	87	131	127	120	123
Ni	29	41	13	94	61
Hg	4	4	4	2	6
Densité	2.93	3.01	2.97	3.00	3.02
Ind.col.	44	40	39	44	44

## CALCUL DE LA NORME

Qz	6.04	0.0	3.69	1.73	.06
Or	.06	1.73	.06	0.0	.38
Pl(An)	59.50(56)	55.93(45)	56.63(57)	53.49(64)	54.79(57)
(Ab)	(43)	(55)	(42)	(36)	(43)
Co	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Di(Di)	10.52(54)	18.77(60)	6.66(56)	4.61(58)	12.33(61)
(He)	(45)	(40)	(44)	(41)	(39)
Hy(En)	18.83(54)	12.68(60)	26.93(56)	33.20(58)	25.82(61)
(Fe)	(45)	(40)	(44)	(41)	(39)
Ol(Fo)	- -	2.82(60)	- -	- -	- -
(Fa)	-	(40)	-	-	-
Mt	3.08	3.41	3.30	3.38	3.66
Il	1.82	2.36	2.18	2.91	2.65
Ap	.11	.83	.55	.23	.29
Py	.03	1.47	0.0	.45	.03

## ANALYSE CHIMIQUE DES BASALTES

	<u>72-04A(T)</u>	<u>72-01(T)</u>	<u>72-241A(CA)</u>	<u>72-250(CA)</u>	<u>72-251A(CA)</u>
SiO <sub>2</sub>	47.64(49.37)	46.83(51.46)	49.69(53.42)	46.19(48.59)	50.18(52.28)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.28(15.83)	15.03(16.52)	13.45(14.46)	15.85(16.67)	17.08(17.79)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.36( 3.48)	2.72( 2.99)	4.06( 4.37)	5.13( 5.40)	3.26( 3.40)
FeO	9.98(10.34)	8.73( 9.59)	7.72( 8.30)	8.30( 8.73)	6.11( 6.37)
FeO T	10.32(13.47)	8.69(12.28)	8.84(12.23)	10.04(13.59)	7.03( 9.42)
MgO	6.21( 6.44)	3.96( 4.35)	5.67( 6.10)	6.74( 7.09)	6.63( 6.91)
CaO	9.98(10.34)	7.24( 7.96)	9.01( 9.69)	10.93(11.50)	10.11(10.53)
Na <sub>2</sub> O	2.19( 2.27)	4.33( 4.76)	1 ( 1.71)	.95( 1.00)	2.35( 1.36)
K <sub>2</sub> O	0.05( 0.05)	0.45( 0.49)	0.00( 0.00)	0.00( 0.00)	0.41( .43)
TiO <sub>2</sub>	1.71( 1.77)	1.51( 1.66)	1.39( 1.49)	0.83( .87)	0.67( .70)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09( 0.09)	0.20( 0.22)	0.19( .20)	0.13( .14)	0.18( .19)
CO <sub>2</sub>	0.44	4.32	3.13	0.26	0.62
S	0.01	< 0.01	0.24	0.02	0.05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.59	4.46	4.12	3.69	3.56
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	-	-	0.20	0.21	0.20
<u>TOTAL</u>	100.44	99.78	100.46		
Mn	1560	1290	1150	1430	1130
Cu	101	73	91	107	109
Zn	117	101	89	93	71
Ni	69	41	67	135	105
Hg	10	2	2	3	2
Densité	3.04	2.81	2.89	3.08	3.01
Ind.col.	43	31	39	45	36

CALCUL DE LA NORME

Qz	2.04	0.0	11.48	3.14	7.26
Or	.31	2.93	0.0	0.0	2.55
Pl(An)	54.30(62)	65.26(34)	48.35(67)	51.28(82)	54.07(77)
(Ab)	(38)	(66)	(32)	(18)	(30)
Co	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Di(Di)	14.55(61)	12.69(53)	12.26(63)	12.43(57)	7.99(68)
(He)	(39)	(47)	(37)	(43)	(31)
Hy(En)	22.50(61)	4.09(53)	21.31(63)	28.98(57)	24.22(68)
(Fe)	(39)	(47)	(37)	(43)	(31)
Ol(Fo)	- -	9.11(53)	- -	- -	- -
(Fa)	-	(47)	-	-	-
Mt	3.55	3.14	3.33	2.63	2.39
Il	2.52	2.32	2.14	1.25	.98
Ap	.20	.46	.44	.29	.40
Py	.03	0.0	.69	.06	.14

ANALYSES CHIMIQUES DES BASALTES

	<u>72-253C (CA)</u>	<u>72-199 (CA)</u>
SiO <sub>2</sub>	51.27(53.46)	50.17(52.97)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.85(16.53)	16.00(16.89)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.08( 3.21)	3.45( 3.64)
FeO	7.08( 7.38)	6.62( 6.99)
FeO T	7.66(10.27)	7.56(10.27)
MgO	5.25( 5.47)	6.31( 6.66)
CaO	7.17( 7.48)	7.89( 8.33)
Na <sub>2</sub> O	3.63( 3.79)	2.39( 2.52)
K <sub>2</sub> O	1.01( 1.05)	0.73( .77)
TiO <sub>2</sub>	1.32( 1.38)	1.02( 1.08)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23( .24)	0.12( .13)
CO <sub>2</sub>	0.39	0.56
S	0.01	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.06	3.57
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.17	0.15
TOTAL		
Mn	1590	970
Cu	65	77
Zn	110	119
Ni	44	94
Hg	2	3
Densité	2.92	2.95
Ind. col.	32	35

CALCUL DE LA NORME

Qz	1.82	4.57
Or	6.24	4.59
Pl(An)	59.17(42)	55.57(59)
(Ab)	(58)	(41)
Co	0.0	0.0
Di(Di)	8.45(66)	6.46(68)
(He)	(34)	(32)
Hy(En)	18.79(66)	24.18(68)
(Fe)	(34)	(32)
Ol(Fo)	- -	- -
(Fa)	- -	- -
Mt	3.08	2.80
Il	1.92	1.51
Ap	.50	.27
Py	.03	.06

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDÉSITES

	72-065(T)	72-319(T)	72-320(T)	72-321(T)	72-322(T)
SiO <sub>2</sub>	51.19(55.90)	56.91(60.85)	56.92(60.66)	54.84(58.78)	55.88(59.42)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.27(14.19)	16.59(17.73)	14.98(15.97)	16.29(17.46)	15.74(16.74)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.33( 1.45)	0.81( 0.87)	1.78( 1.90)	1.51( 1.62)	2.89( 3.07)
FeO	10.26(11.20)	8.40( 8.98)	7.72( 8.23)	8.27( 8.86)	8.13( 8.64)
FeO T	8.91(15.51)	7.10( 9.76)	6.90( 9.93)	7.49(10.32)	8.34(11.41)
MgO	4.95( 5.41)	1.44( 1.54)	1.08( 1.15)	1.57( 1.68)	1.15( 1.22)
CaO	5.88( 6.42)	3.99( 4.26)	4.99( 5.32)	5.01( 5.37)	3.93( 4.18)
Na <sub>2</sub> O	2.73( 2.98)	2.07( 2.21)	4.71( 5.02)	3.19( 3.42)	4.45( 4.73)
K <sub>2</sub> O	0.00( 0.00)	1.93( 2.06)	0.34( 0.36)	1.33( 1.48)	0.48( 0.51)
TiO <sub>2</sub>	1.74( 1.90)	0.96( 1.03)	0.88( 0.94)	0.92( 0.99)	0.95( 1.01)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17( 0.19)	0.44( 0.47)	0.43( 0.46)	0.28( 0.30)	0.44( 0.47)
CO <sub>2</sub>	3.27	1.28	1.51	1.25	2.70
S	0.05	0.03	< 0.01	0.04	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.36	4.75	4.39	4.39	2.60
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.17	0.13	0.30	0.14
TOTAL	94.24	99.77	99.36	99.24	99.49
Mn(ppm)	1380	1970	2050	2250	1130
Cu(ppm)	139	33	19	25	21
Zn(ppm)	105	175	171	163	191
Ni(ppm)	45	15	26	19	23
Hg(ppb)	6	3	3	4	5
Densité	2.80	2.81	2.77	2.81	2.81
Ind.col.	45	19	18	19	19

## CALCUL DE LA NORME

Qz	10.29	22.48	12.71	13.27	13.83
Or	-	12.54	2.17	8.91	3.07
Pl (An)	53.99(49)	39.06(48)	65.94(31)	56.50(45)	61.29(29)
(Ab)	(51)	(52)	(69)	(55)	(71)
Co	-	5.88	-	1.32	2.14
Di (Di)	3.66(52)	- -	2.78(24)	- -	- -
(He)	(47)	-	(76)	-	-
Hy (En)	27.27(52)	16.54(26)	12.09(24)	16.12(29)	14.44(24)
(Fe)	(47)	(74)	(76)	(71)	(76)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.55	.93	2.01	1.73	2.77
Il	2.70	1.47	1.32	1.40	1.43
Ap	.40	1.01	.97	.64	1.00
Py	.14	.09	-	.11	.03

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-153(T)</u>	<u>72-160(T)</u>	<u>72-081(T)</u>	<u>72-082(T)</u>	<u>72-085(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	54.01(57.61)	57.87(61.47)	53.87(57.16)	53.90(56.13)	52.87(55.12)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.46(20.76)	12.50(13.28)	12.54(13.31)	12.68(13.20)	13.43(14.00)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.47( 1.57)	2.08( 2.21)	3.46( 3.67)	5.53( 5.76)	3.07( 3.20)
FeO	5.64( 6.02)	9.00( 9.56)	8.94( 9.49)	9.81(10.22)	10.41(10.85)
FeO T	5.41( 7.43)	8.45(11.55)	9.37(12.79)	11.50(15.40)	10.24(13.73)
MgO	1.25( 1.33)	2.23( 2.37)	3.33( 3.53)	3.37( 3.51)	4.53( 4.72)
CaO	4.91( 5.24)	4.68( 4.97)	6.52( 6.92)	7.52( 7.83)	5.59( 5.83)
Na <sub>2</sub> O	2.95( 3.15)	3.63( 3.86)	3.33( 3.53)	1.07( 1.11)	3.28( 3.42)
K <sub>2</sub> O	1.67( 1.78)	0.00( 0.00)	0.23( 0.24)	0.01( 0.01)	0.17( 0.18)
TiO <sub>2</sub>	1.45( 1.55)	1.81( 1.92)	1.77( 1.88)	1.81( 1.88)	1.77( 1.85)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.39( 0.42)	0.16( 0.17)	0.08( 0.08)	0.05( 0.05)	0.19( 0.20)
CO <sub>2</sub>	3.32	0.20	1.47	0.27	0.34
S	0.55	0.01	0.17	0.28	0.60
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.57	3.25	3.31	3.90	3.50
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.15	0.16	0.04	0.06	0.04
TOTAL	100.79	100.38	99.06	100.26	99.79
Mn(ppm)	870	1270	2330	1760	2090
Cu(ppm)	29	51	55	57	49
Zn(ppm)	115	107	137	135	149
Ni(ppm)	19	9	7	9	19
Hg(ppb)	5	4	2	2	5
Densité	2.81	2.80	2.85	2.97	2.91
Ind. col.	13	24	32	34	33

## CALCUL DE LA NORME

Qz	16.59	19.80	12.98	21.56	10.22
Or	10.63	-	1.48	.06	1.07
Pl (An)	52.05(45)	55.03(35)	52.81(38)	43.25(76)	54.04(42)
(Ab)	(55)	(65)	(62)	(24)	(58)
Co	5.65	-	-	-	-
Di (Di)	- -	3.81(39)	11.53(50)	6.34(42)	4.31(54)
(He)	-	(61)	(50)	(58)	(46)
Hy (En)	8.82(42)	15.36(39)	14.13(50)	21.30(42)	22.26(54)
(Fe)	(58)	(61)	(50)	(58)	(46)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.66	2.37	3.72	3.80	3.41
Il	2.18	2.75	2.69	2.77	2.62
Ap	.88	.37	.18	.11	.42
Py	1.54	.51	.48	.80	1.66

A P P E N D I C E " D "

Liste des analyses chimiques

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDÉSITES

	<u>72-303(T)</u>	<u>72-308(T)</u>	<u>72-309(T)</u>	<u>72-175(T)</u>	<u>72-182D (T)</u>
SiO <sub>2</sub>	53.57(56.26)	54.97(56.75)	51.22(54.58)	53.47(56.32)	53.70(57.89)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.67(16.46)	14.31(14.77)	15.83(16.87)	15.34(16.16)	11.78(12.70)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.94( 4.14)	5.17( 5.34)	2.33( 2.48)	2.13( 2.24)	4.59( 4.95)
FeO	7.69( 8.08)	5.29( 5.46)	5.49( 5.85)	10.02(10.55)	8.13( 8.76)
FeO T	8.73(11.80)	7.73(10.26)	5.90( 8.08)	9.28(12.57)	9.53(13.22)
MgO	4.51( 4.74)	4.26( 4.40)	5.42( 5.78)	5.26( 5.54)	2.59( 2.74)
CaO	4.26( 4.47)	7.75( 8.00)	9.83(10.48)	2.56( 2.70)	7.96( 8.58)
Na <sub>2</sub> O	4.07( 4.27)	2.95( 3.05)	2.29( 2.44)	3.63( 3.82)	2.19( 2.36)
K <sub>2</sub> O	0.06( 0.06)	0.00( 0.00)	0.75( 0.80)	0.00( 0.00)	0.00( 0.00)
TiO <sub>2</sub>	1.19( 1.25)	1.64( 1.69)	0.53( 0.56)	2.05( 2.16)	1.63( 1.76)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.25( 0.26)	0.38( 0.39)	0.14( 0.15)	0.41( 0.43)	.13( .14)
CO <sub>2</sub>	0.61	0.20	2.36	1.24	2.20
S	0.01	0.15	0.01	0.07	.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.69	3.13	3.61	4.69	4.19
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.14	0.13	0.13	0.16	.14
TOTAL	99.66	100.33	99.94	101.03	99.30
Mn(ppm)	1270	930	1070	1010	1530
Cu(ppm)	7	175	63	31	39
Zn(ppm)	97	79	81	149	137
Ni(ppm)	15	15	70	25	11
Hg(ppb)	5	3	3	3	4
Densité	2.86	2.92	2.91	2.80	2.89
Ind. col.	29	29	34	33	33

## CALCUL DE LA NORME

Qz	8.90	14.39	6.29	14.05	19.41
Or	.38	-	4.75	-	-
Pl (An)	59.44(35)	55.16(49)	54.93(60)	45.48(23)	47.23(53)
(Ab)	(65)	(51)	(40)	(76)	(47)
Co	2.04	-	-	6.63	-
Di (Di)	- -	8.58(65)	14.71(74)	- -	14.70(41)
(Hc)	-	(35)	(31)	-	(59)
Hy (En)	23.92(55)	14.75(65)	15.92(74)	27.30(57)	11.76(41)
(Fe)	(45)	(35)	(31)	(43)	(59)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	2.98	3.46	2.27	2.38	3.68
Il	1.76	2.41	.79	3.05	2.55
Ap	.55	.84	.31	.91	.31
Py	.03	.41	.03	.19	.35

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDÉSITES

	<u>72-185(T)</u>	<u>72-166(T)</u>	<u>72-167A (T)</u>	<u>72-167E (T)</u>	<u>72-338(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	51.50(56.22)	52.25(56.43)	50.94(55.02)	49.68(54.32)	57.69(60.70)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.79(12.87)	12.72(13.74)	12.89(13.92)	12.70(13.89)	13.29(13.98)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.21( 3.50)	3.03( 3.27)	3.48( 3.76)	3.82( 4.18)	1.34( 1.41)
FeO	7.62( 8.32)	6.52( 7.04)	8.37( 9.04)	8.53( 9.33)	4.74( 4.99)
FeO T	8.17(11.47)	7.19( 9.99)	8.94(12.42)	9.30(13.08)	4.97( 6.26)
MgO	5.03( 5.49)	3.87( 4.18)	3.60( 3.89)	4.17( 4.56)	4.15( 4.37)
CaO	8.00( 8.73)	10.26(11.08)	10.07(10.88)	8.81( 9.63)	8.12( 8.54)
Na <sub>2</sub> O	2.83( 3.09)	2.19( 2.37)	1.61( 1.74)	1.95( 2.13)	3.42( 3.60)
K <sub>2</sub> O	.11( .12)	.13( .14)	.01( .01)	0.00( 0.00)	.36( .38)
TiO <sub>2</sub>	1.32( 1.44)	1.39( 1.50)	1.45( 1.57)	1.47( 1.61)	1.73( 1.82)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.07( .08)	.19( .21)	.10( .11)	.09( .10)	.13( .14)
CO <sub>2</sub>	4.32	3.88	3.79	3.76	2.19
S	.13	.05	.07	.24	.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.76	3.09	4.21	3.81	2.09
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.26	.13	.21	.17	.13
TOTAL	100.95	99.70	99.19	99.20	99.95
Mn(ppm)	830	1450	1810	1450	1330
Cu(ppm)	43	91	83	113	61
Zn(ppm)	81	105	117	111	93
Ni(ppm)	25	25	35	29	36
Hg(ppb)	4	2	2	4	4
Densité	2.83	2.88	2.90	2.88	2.85
Ind. col.	39	35	37	38	29

## CALCUL DE LA NORME

Qz	10.31	14.22	14.91	12.42	15.06
Or	.72	.85	.07	-	2.25
Pl (An)	49.50(43)	48.93(55)	47.49(66)	48.97(60)	53.60(39)
(Ab)	(57)	(44)	(34)	(40)	(61)
Co	-	-	-	-	-
Di (Di)	17.86(62)	22.31(63)	19.18(51)	15.54(54)	16.61(75)
(He)	(37)	(37)	(49)	(46)	(25)
Hy (En)	15.74(62)	7.62(63)	12.20(51)	16.34(54)	7.95(75)
(Fe)	(37)	(37)	(49)	(46)	(25)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.28	3.35	3.46	3.50	1.49
Il	2.04	2.15	2.26	2.31	2.55
Ap	.16	.44	.23	.21	.29
Py	.38	.14	.20	.70	.19

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-327(T)</u>	<u>72-326(T)</u>	<u>72-347B (T)</u>	<u>72-366B (T)</u>	<u>72-365(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	52.73(55.16)	56.85(58.68)	53.53(55.66)	53.70(56.24)	55.84(58.22)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.49(14.11)	16.39(16.92)	16.48(17.14)	16.23(17.00)	17.34(18.08)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.26( 5.50)	2.29( 2.36)	2.51( 2.61)	2.64( 2.76)	1.03( 1.07)
FeO	9.07( 9.49)	5.40( 5.57)	6.18( 6.43)	8.42( 8.86)	5.48( 5.66)
FeO T	10.73(14.44)	5.80( 7.70)	6.56( 8.77)	8.39(11.31)	4.98( 6.63)
MgO	2.27( 2.37)	3.72( 3.84)	4.12( 4.28)	3.16( 3.31)	4.58( 4.77)
CaO	8.97( 9.38)	5.91( 6.10)	7.98( 8.30)	5.82( 6.09)	6.07( 6.33)
Na <sub>2</sub> O	1.09( 1.14)	4.33( 4.47)	3.25( 3.38)	3.80( 3.98)	4.60( 4.80)
K <sub>2</sub> O	0.23( 0.24)	0.48( 0.50)	0.76( 0.79)	0.05( 0.05)	0.00( 0.00)
TiO <sub>2</sub>	1.65( 1.73)	1.27( 1.31)	1.12( 1.16)	1.52( 1.59)	0.77( 0.80)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.77( 0.81)	0.22( 0.23)	0.21( 0.22)	0.08( 0.08)	0.13( 0.14)
CO <sub>2</sub>	0.83	0.41	0.58	0.31	0.10
S	0.06	0.02	0.03	0.07	0.13
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.75	2.94	2.53	3.30	3.00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.32	0.13	0.12	0.19	0.17
TOTAL	100.49	100.36	99.40	99.29	99.25
Mn(ppm)	2130	910	1110	1660	980
Cu(ppm)	43	75	69	23	44
Zn(ppm)	187	71	83	94	73
Ni (ppm)	21	51	60	10	63
Hg(ppb)	3	3	3	4	5
Densité	2.96	2.86	2.92	2.88	2.81
Ind. col.	30	22	27	25	23

## CALCUL DE LA NORME

Qz	20.67	9.98	7.66	9.73	6.42
Or	1.50	2.93	4.70	.31	-
Pl (An)	45.40(76)	64.85(38)	60.06(49)	65.06(44)	70.04(39)
(Ab)	(24)	(62)	(51)	(56)	(61)
Co	-	-	-	-	-
Di (Di)	7.29(34)	3.32(67)	8.45(65)	1.08(49)	2.14(49)
(He)	(66)	(32)	(35)	(51)	(34)
Hy (En)	17.00(34)	14.09(67)	14.20(65)	18.26(49)	18.55(49)
(Fe)	(66)	(32)	(35)	(51)	(34)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.64	2.47	2.75	2.93	1.11
Il	2.54	1.83	1.63	2.25	1.11
Ap	1.78	.48	.46	.18	.28
Py	.17	.05	.08	.19	.35

## ANALYSE CHIMIQUE DES ANDÉSITES

	<u>72-361(T)</u>	<u>72-360(T)</u>	<u>72-352(T)</u>	<u>72-351(T)</u>	<u>72-329(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	55.86(58.75)	55.85(58.01)	54.45(56.83)	54.57(56.81)	57.70(59.50)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.38(13.02)	13.57(14.09)	17.11(17.86)	16.81(17.50)	16.36(16.87)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.73( 3.92)	3.25( 3.38)	1.58( 1.65)	0.63( 0.66)	1.32( 1.36)
FeO	9.16( 9.63)	8.63( 8.96)	5.82( 6.07)	5.97( 6.22)	5.27( 5.43)
FeO T	9.73(13.16)	8.52(12.00)	5.63( 7.56)	5.08( 6.81)	5.02( 6.66)
MgO	3.38( 3.55)	3.66( 3.80)	4.60( 4.80)	5.08( 5.29)	3.92( 4.04)
CaO	6.55( 6.89)	6.61( 6.87)	6.08( 6.29)	7.59( 7.90)	5.55( 5.72)
Na <sub>2</sub> O	1.97( 2.07)	2.51( 2.61)	4.76( 4.97)	3.13( 3.26)	5.15( 5.31)
K <sub>2</sub> O	0.25( 0.26)	0.47( 0.49)	0.35( 1.37)	1.14( 1.19)	0.52( 0.54)
TiO <sub>2</sub>	1.63( 1.77)	1.53( 1.59)	0.97( 1.01)	0.96( 1.00)	0.99( 1.02)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05( 0.05)	0.05( 0.05)	0.12( 0.13)	0.10( 0.10)	0.18( 0.19)
CO <sub>2</sub>	1.75	0.90	0.24	0.21	0.62
S	0.07	0.15	0.02	0.07	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.66	3.07	3.00	2.84	2.42
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.14	0.13	0.17	0.14	0.10
TOTAL	100.63	99.78	99.27	99.24	100.12
Mn(ppm)	1360	1570	1080	1010	630
Cu(ppm)	43	82	73	69	79
Zn(ppm)	125	116	80	84	71
Ni(ppm)	16	33	102	105	73
Hg(ppb)	3	2	5	3	2
Densité	2.88	2.89	2.84	2.90	2.82
Ind. col.	31	30	25	28	22

## CALCUL DE LA NORME

Qz	16.61	27.16	3.35	6.08	6.39
Or	2.97	1.99	2.14	6.99	3.14
Pl (An)	50.16(52)	62.13(22)	69.23(36)	58.71(50)	67.62(30)
(Ab)	(48)	(78)	(64)	(50)	(70)
Co	-	.58	-	-	-
Di (Di)	6.92(52)	- -	4.00(66)	7.10(66)	5.20(65)
(He)	(47)	-	(34)	(34)	(35)
Hy (En)	17.15(52)	6.20(35)	17.86(66)	18.64(66)	14.40(65)
(Fe)	(47)	(64)	(34)	(34)	(35)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.39	1.47	1.71	.68	1.41
Il	2.28	.38	1.40	1.39	1.41
Ap	.11	.06	.26	.22	.38
Py	.42	.03	.05	.19	.05

## ANALYSE CHIMIQUE DES ANDESITES

	72-084(T)	72-097(T)	72-376(T)	72-375(T)	72-364(T)
SiO <sub>2</sub>	52.77(54.16)	52.29(55.11)	53.71(55.80)	53.86(55.87)	55.05(57.65)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.10(15.50)	13.55(14.28)	14.92(15.50)	14.69(15.24)	12.31(12.88)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.38( 3.47)	3.30( 3.48)	3.33( 3.46)	3.59( 3.72)	3.59( 3.76)
FeO	7.64( 7.84)	9.87(10.40)	8.90( 9.25)	8.48( 8.80)	9.22( 9.65)
FeO T	8.28(10.96)	9.98(13.53)	9.25(12.36)	9.10(12.15)	9.68(13.03)
MgO	3.86( 3.96)	3.65( 3.85)	4.22( 4.38)	4.15( 4.30)	3.93( 4.13)
CaO	6.78( 6.96)	6.86( 7.23)	7.69( 7.99)	7.80( 8.09)	7.48( 7.83)
Na <sub>2</sub> O	4.71( 4.83)	2.89( 3.05)	2.01( 2.09)	2.39( 2.48)	2.36( 2.47)
K <sub>2</sub> O	0.04( 0.04)	0.29( 0.31)	0.00( 0.00)	0.01( 0.01)	0.12( 0.13)
TiO <sub>2</sub>	1.89( 1.94)	1.80( 1.90)	1.43( 1.49)	1.39( 1.44)	1.41( 1.48)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20( 0.21)	0.37( 0.39)	0.02( 0.02)	0.02( 0.03)	0.04( 0.04)
CO <sub>2</sub>	0.13	0.95	0.24	0.24	0.65
S	1.06	.02	0.03	0.03	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.46	3.33	3.57	3.57	3.00
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.05	0.05	0.17	0.17	0.13
TOTAL	100.07	99.22	100.24	100.24	99.32
Mn(ppm)	1590	1390	1440	1440	1360
Cu(ppm)	47	85	115	110	77
Zn(ppm)	97	129	103	88	104
Ni(ppm)	19	29	22	20	25
Hg(ppb)	2	2	2	5	3
Densité	2.92	2.91	2.97	2.97	2.94
Ind. col.	27	32	32	32	36

## CALCUL DE LA NORME

Qz	5.20	11.52	15.01	13.44	16.12
Or	.24	1.86	-	.06	.77
Pl (An)	63.83(32)	53.29(47)	53.27(64)	54.16(58)	47.46(52)
(Ab)	(68)	(53)	(36)	(42)	(48)
Co	-	-	-	-	-
Di (Di)	10.16(68)	7.36(49)	5.43(53)	7.83(53)	12.31(49)
(He)	(32)	(51)	(47)	(47)	(51)
Hy (En)	10.98(68)	18.60(49)	20.75(53)	19.12(53)	17.81(49)
(Fe)	(32)	(51)	(47)	(47)	(51)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	- -	- -	- -	- -	- -
Mt	3.62	3.74	3.28	3.22	3.29
Il	2.70	2.72	2.13	2.06	2.13
Ap	.43	.84	.04	.07	.09
Py	2.83	.06	.08	.03	.03

## ANALYSE CHIMIQUE DES ANDÉSITES

	<u>72-02B (T)</u>	<u>72-02A (T)</u>	<u>72.337(T)</u>	<u>72-336(T)</u>	<u>72-334(T)</u>
SiO <sub>2</sub>	51.20(55.02)	49.93(54.80)	53.27(55.50)	56.67(59.20)	52.88(55.06)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.90(13.86)	12.56(13.79)	12.84(12.86)	16.32(17.05)	13.06(13.60)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.14( 3.37)	1.97( 2.16)	4.26( 4.44)	.18( .14)	4.48( 4.66)
FeO	8.42( 9.05)	8.78( 9.64)	9.09( 9.47)	7.17( 7.49)	8.81( 9.17)
FeO T	8.74(12.08)	8.21(11.58)	10.05(13.46)	5.45( 7.61)	9.98(13.37)
MgO	4.60( 4.94)	4.32( 4.74)	4.55( 4.74)	4.61( 4.82)	4.82( 5.02)
CaO	9.27( 9.96)	9.33(10.24)	8.09( 8.43)	6.21( 6.49)	8.24( 8.58)
Na <sub>2</sub> O	1.87( 2.01)	2.43( 2.67)	2.13( 2.22)	3.46( 3.61)	1.87( 1.95)
K <sub>2</sub> O	.09( .10)	.26( .29)	.40( .42)	.32( .33)	.30( .31)
TiO <sub>2</sub>	1.36( 1.46)	1.30( 1.43)	1.60( 1.67)	.72( .75)	1.34( 1.40)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.12( .13)	.11( .12)	.11( .13)	.11( .11)	.17( .18)
CO <sub>2</sub>	3.36	5.34	.21	.21	.83
S	.09	.12	.01	.01	.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.45	4.02	3.25	3.25	3.55
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	-	-	.19	.19	.20
TOTAL	100.87	100.47	99.43	99.43	100.62
Mn(ppm)	1730	1720	1890	990	1430
Cu(ppm)	117	103	58	81	105
Zn(ppm)	123	125	97	62	119
Ni(ppm)	31	29	38	81	33
Hg(ppb)	4	4	4	3	2
Densité	3.09	2.84	2.97	2.85	2.98
Ind. col.	38	39	38	26	38

## CALCUL DE LA NORME

Qz	12.86	8.44	13.11	10.16	12.89
Or	.59	1.72	2.54	1.98	1.91
Pl (An)	47.92(61)	49.78(51)	45.28(54)	61.80(47)	46.44(61)
(Ab)	(39)	(49)	(45)	(52)	(39)
Co	-	-	-	-	-
Di (Di)	16.52(57)	20.60(54)	14.15(53)	1.70(56)	11.55(53)
(He)	(42)	(46)	(47)	(44)	(47)
Hy (En)	16.17(57)	14.51(54)	18.37(53)	22.90(56)	21.43(53)
(Fe)	(42)	(46)	(47)	(44)	(47)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.31	2.31	3.49	.14	3.20
Il	2.10	2.03	2.40	1.05	2.01
Ap	.28	.26	.27	.24	.38
Py	.26	.35	.39	.03	.20

## ANALYSE CHIMIQUE DES ANDESITES

	<u>72-169A (C)</u>	<u>72-170(C)</u>	<u>72-171(C)</u>	<u>72-200(C)</u>	<u>72-201(C)</u>
SiO <sub>2</sub>	53.24(56.12)	56.10(58.17)	58.66(60.74)	56.31(59.67)	53.61(55.83)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.46(17.35)	18.59(19.28)	18.26(18.91)	14.09(14.93)	14.16(14.75)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.39( 1.47)	1.21( 1.25)	1.04( 1.08)	1.27( 1.35)	2.67( 2.78)
FeO	6.71( 7.07)	4.00( 4.15)	4.47( 4.63)	8.04( 8.52)	8.60( 8.96)
FeO T	6.19( 8.39)	3.96( 5.28)	4.20( 5.60)	7.14( 9.73)	8.55(11.46)
MgO	5.76( 6.07)	4.92( 5.10)	3.97( 4.11)	5.63( 5.97)	5.36( 5.58)
CaO	6.09( 6.42)	7.74( 8.03)	2.94( 3.04)	3.45( 3.66)	5.28( 5.50)
Na <sub>2</sub> O	2.79( 2.94)	2.99( 3.10)	6.17( 6.39)	3.61( 3.83)	3.87( 4.03)
K <sub>2</sub> O	1.34( 1.41)	.29( .30)	.01( .01)	.33( .35)	.40( .42)
TiO <sub>2</sub>	.93( .98)	.48( .50)	.95( .98)	1.28( 1.36)	1.58( 1.65)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.06( .06)	.05( .05)	.08( .08)	.35( .37)	.49( .51)
CO <sub>2</sub>	1.62	.21	.35	1.56	.27
S	.09	.07	.03	.01	-
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.86	4.08	2.92	4.00	3.68
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.17	.23	.14	.18	.13
TOTAL	100.51	100.96	99.99	100.11	100.11
Mn(ppm)	910	770	430	1570	1550
Cu(ppm)	87	53	167	55	107
Zn(ppm)	89	65	33	121	125
Ni(ppm)	71	87	69	77	33
Hg(ppb)	3	3	4	3	5
Densité	2.82	2.87	2.75	2.78	2.87
Ind. col.	29	21	18	30	32

## CALCUL DE LA NORME

Qz	6.26	11.19	7.63	13.79	7.08
Or	8.34	1.77	.06	2.08	2.48
Pl (An)	56.37(53)	65.34(59)	70.37(20)	50.31(32)	57.61(35)
(Ab)	(47)	(41)	(80)	(68)	(65)
Co	0.00	0.00	3.26	2.74	0.00
Di (Di)	1.17(67)	1.34(75)	0.00 -	0.00 -	2.45(61)
(He)	(33)	(25)	-	-	(39)
Hy (En)	24.58(67)	18.06(75)	15.99(69)	26.96(61)	24.06(61)
(Fe)	(33)	(25)	(31)	(39)	(39)
Ol (Fo)	- -	- -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.53	1.31	1.10	1.41	2.93
Il	1.37	.69	1.34	1.90	2.31
Ap	.13	.11	.17	.78	1.08
Py	.25	.19	.08	.03	0.00

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-230(C)</u>	<u>72-231(C)</u>	<u>72-232(C)</u>	<u>72-233(C)</u>	<u>72-234A (C)</u>
SiO <sub>2</sub>	58.58(59.85)	52.90(55.33)	56.95(59.15)	52.60(54.23)	60.31(61.70)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.10(16.45)	15.83(16.56)	15.73(16.34)	13.09(13.50)	14.75(15.09)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.77( 1.81)	5.37( 5.62)	5.03( 5.22)	3.44( 3.55)	5.38( 5.50)
FeO	4.25( 4.34)	3.65( 3.82)	2.50( 2.60)	10.05(10.36)	2.38( 2.44)
FeO T	4.54( 5.97)	6.59( 8.87)	5.46( 7.30)	10.22(13.55)	5.61( 7.39)
MgO	2.43( 2.48)	5.91( 6.18)	5.30( 5.50)	4.87( 5.02)	4.30( 4.40)
CaO	10.26(10.48)	6.86( 7.17)	5.49( 5.70)	3.44( 8.70)	4.81( 4.92)
Na <sub>2</sub> O	3.08( 3.15)	3.25( 3.40)	3.42( 3.55)	2.05( 2.11)	3.97( 4.06)
K <sub>2</sub> O	.14( .14)	.38( .40)	.57( .59)	.69( .71)	.28( .29)
TiO <sub>2</sub>	1.12( 1.14)	1.29( 1.35)	1.12( 1.16)	1.49( 1.54)	1.26( 1.29)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.14( .14)	.16( .17)	.16( .17)	.13( .13)	.28( .29)
CO <sub>2</sub>	.17	.53	.30	.13	.47
S	.01	.01	.01	.14	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.32	3.38	2.98	2.00	2.51
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.10	.20	.18	.13	.15
TOTAL	99.47	99.72	99.74	99.25	100.87
Mn(ppm)	1000	1200	890	1870	890
Cu(ppm)	15	49	14	105	68
Zn(ppm)	48	106	62	111	85
Ni(ppm)	45	48	50	43	34
Hg(ppb)	4	3	3	4	2
Densité	2.95	2.89	2.85	3.00	2.82
Ind. col.	23	30	24	39	21

## CALCUL DE LA NORME

Qz	16.57	7.50	13.20	10.10	17.55
Or	.86	2.36	3.51	4.33	1.71
Pl (An)	59.43(52)	59.56(49)	59.04(47)	45.54(57)	59.11(38)
(Ab)	(48)	(51)	(53)	(43)	(62)
Co	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Di (Di)	16.83(64)	4.63(66)	.25(80)	14.06(53)	.36(78)
(He)	(36)	(34)	(20)	(47)	(22)
Hy (En)	2.45(64)	20.61(66)	19.13(80)	19.77(53)	15.82(78)
(Fe)	(36)	(34)	(20)	(47)	(22)
Ol (Fo)	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Ms	1.92	3.07	2.86	3.32	2.98
Il	1.62	1.89	1.63	2.20	1.81
Ap	.30	.35	.35	.29	.60
Py	.03	.03	.03	.39	.05

ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-236(C)</u>	<u>72-237(C)</u>	<u>72-238(C)</u>	<u>72-239(C)</u>	<u>72-244(C)</u>
SiO <sub>2</sub>	57.90(59.75)	53.95(55.75)	56.86(58.20)	55.47(58.11)	56.92(59.21)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.91(15.28)	15.66(16.18)	15.68(16.19)	16.26(17.04)	18.53(19.27)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.83( 1.89)	1.97( 2.04)	2.88( 2.97)	1.75( 1.83)	1.39( 1.45)
FeO	5.98( 6.17)	7.34( 7.58)	5.67( 5.86)	8.10( 8.49)	3.73( 3.88)
FeO T	5.93( 7.87)	7.08( 9.42)	6.42( 8.53)	7.52(10.14)	3.87( 5.18)
MgO	4.05( 4.18)	4.05( 4.19)	3.11( 3.21)	4.45( 4.66)	2.71( 2.82)
CaO	7.38( 7.62)	7.55( 7.80)	9.22( 9.52)	5.20( 5.45)	5.59( 5.81)
Na <sub>2</sub> O	3.14( 3.24)	3.90( 4.03)	2.49( 2.57)	2.35( 2.46)	5.61( 5.84)
K <sub>2</sub> O	.52( .54)	.96( .99)	.03( .03)	.18( .19)	.03( .03)
TiO <sub>2</sub>	1.11( 1.15)	1.18( 1.22)	1.23( 1.27)	1.43( 1.50)	1.34( 1.39)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.17( .18)	.16( .17)	.15( .15)	.25( .26)	.27( .28)
CO <sub>2</sub>	.63	.23	.23	.72	1.13
S	.01	.05	.02	.01	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.04	2.08	2.15	4.14	2.41
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.12	.14	.13	.23	.11
TOTAL	99.79	99.22	99.85	100.54	99.78
Mn(ppm)	1230	1440	1150	1090	670
Cu(ppm)	44	217	76	97	68
Zn(ppm)	21	94	81	87	75
Ni(ppm)	54	24	37	26	117
Hg(ppb)	3	2	2	3	2
Densité	2.89	2.91	2.98	2.87	2.78
Ind. col.	26	30	25	27	14

CALCUL DE LA NORME

Qz	14.62	4.22	17.38	18.82	7.13
Or	3.21	5.88	.19	1.14	.18
Pl (An)	55.30(47)	59.57(39)	56.91(59)	48.38(53)	77.70(33)
(Ab)	(53)	(61)	(41)	(47)	(67)
Co	0.00	0.00	0.00	3.90	0.00
Di (Di)	8.96(61)	11.64(57)	11.19(62)	0.00 -	.56(71)
(Ilc)	(39)	(43)	(38)	-	(29)
Hy (En)	13.90(61)	14.36(57)	9.12(62)	23.09(57)	10.39(71)
(Fe)	(39)	(43)	(38)	(43)	(29)
Ol (Fo)	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	2.00	2.14	3.01	1.96	1.49
Il	1.61	1.71	1.81	2.13	1.92
Ap	.37	.35	.33	.56	.58
Py	.03	.14	.05	.03	.05

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-071A (C)</u>	<u>72-072A (C)</u>	<u>72-251B (C)</u>	<u>72-251C (C)</u>	<u>72-252A (C)</u>
SiO <sub>2</sub>	52.85(55.06)	52.94(55.94)	58.49(61.37)	57.64(59.71)	55.60(58.19)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.42(17.11)	17.73(18.74)	16.74(17.57)	15.74(16.30)	16.02(16.77)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.97( 3.09)	.60( .63)	.71( .75)	1.42( 1.47)	2.76( 2.89)
FeO	5.27( 5.49)	4.56( 4.82)	2.77( 2.91)	5.27( 5.46)	5.34( 5.59)
FeO T	6.18( 8.27)	3.96( 5.39)	2.65( 3.58)	5.09( 6.78)	6.08( 8.19)
MgO	5.37( 5.59)	4.50( 4.76)	2.46( 2.58)	4.29( 4.44)	4.38( 4.58)
CaO	9.30( 9.69)	10.94(11.56)	13.22(13.87)	6.65( 6.89)	6.41( 6.71)
Na <sub>2</sub> O	1.89( 1.97)	2.07( 2.19)	.13( .14)	3.83( 3.97)	3.01( 3.15)
K <sub>2</sub> O	- -	.27( .29)	.03( .03)	.33( .34)	.49( .51)
TiO <sub>2</sub>	1.66( 1.73)	.84( .89)	.51( .54)	1.05( 1.09)	1.18( 1.23)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.25( .26)	.14( .15)	.18( .19)	.23( .24)	.22( .23)
CO <sub>2</sub>	.27	.34	.33	.49	.69
S	.01	.04	.06	.09	.14
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.10	4.29	4.40	2.81	3.64
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.04	.05	.23	.15	.18
TOTAL	100.40	99.31	100.26	99.99	100.06
Mn(ppm)	980	1220	970	1190	1210
Cu(ppm)	17	65	51	103	91
Zn(ppm)	97	75	45	71	75
Ni(ppm)	81	73	119	25	38
Hg(ppb)	3	5	2	3	3
Densité	2.95	2.94	2.98	2.86	2.87
Ind. col.	29	27	21	24	23

## CALCUL DE LA NORME

Qz	14.09	10.27	28.76	12.05	14.11
Or	0.00	1.69	.19	2.02	3.06
Pl (An)	56.44(68)	60.38(67)	49.94(97)	61.32(42)	58.92(52)
(Ab)	(32)	(33)	(03)	(58)	(48)
Co	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Di (Di)	6.93(80)	12.80(70)	16.79(70)	5.56(68)	1.36(72)
(He)	(20)	(30)	(30)	(32)	(28)
Hy (En)	16.22(80)	12.53(70)	2.17(70)	15.25(68)	16.98(72)
(Fe)	(20)	(30)	(30)	(32)	(28)
Ol (Fo)	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.29	.67	.80	1.54	2.96
Il	2.45	1.24	.77	1.52	1.74
Ap	.55	.31	.41	.50	.49
Py	.03	.11	.17	.24	.38

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-253A (C)</u>	<u>72-253E (C)</u>	<u>72-245(C)</u>	<u>72-247(C)</u>	<u>72-248(C)</u>
SiO <sub>2</sub>	58.65(61.29)	54.95(57.81)	57.56(60.04)	57.33(58.57)	53.63(56.76)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.82(16.53)	16.97(17.85)	16.56(17.27)	15.20(15.53)	16.69(17.67)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.73( 1.81)	.97( 1.02)	1.31( 1.37)	3.37( 3.44)	1.62( 1.71)
FeO	4.50( 4.70)	3.80( 4.00)	4.89( 5.10)	3.86( 3.94)	5.27( 5.58)
FeO T	4.71( 6.33)	3.63( 4.92)	4.72( 6.33)	5.36( 7.04)	5.23( 7.12)
MgO	3.42( 3.57)	3.55( 3.73)	4.20( 4.38)	4.15( 4.24)	5.13( 5.43)
CaO	5.59( 5.84)	13.59(14.30)	6.53( 6.81)	5.20( 5.62)	8.74( 9.25)
Na <sub>2</sub> O	4.31( 4.50)	.15( .16)	3.15( 3.29)	4.97( 5.08)	1.91( 2.02)
K <sub>2</sub> O	.48( .50)	- -	.54( .56)	.56( .57)	.63( .67)
TiO <sub>2</sub>	1.07( 1.12)	.74( .78)	.92( .96)	.87( .89)	.66( .70)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.11( .11)	.18( .19)	.20( .21)	.21( .21)	.18( .19)
CO <sub>2</sub>	1.38	.43	.53	.53	1.31
S	.01	.16	.01	1.87	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.59	5.02	3.49	2.16	4.14
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.13	.25	.19	.12	.24
TOTAL	99.79	100.76	100.08	100.70	100.17
Mn(ppm)	1110	930	1130	910	790
Cu(ppm)	83	91	61	55	87
Zn(ppm)	77	75	67	69	77
Ni(ppm)	28	46	38	38	82
Hg(ppb)	3	3	2	5	2
Densité	2.80	2.99	2.84	2.85	2.89
Ind. col.	20	26	21	20	27

## CALCUL DE LA NORME

Qz	13.23	22.52	14.49	9.31	12.35
Or	2.96	0.00	3.34	3.31	3.97
Pl (An)	63.85(37)	50.72(97)	60.47(51)	62.25(28)	55.79(67)
(Ab)	(63)	(03)	(49)	(72)	(33)
Co	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Di (Di)	3.86(69)	17.81(72)	1.37(69)	6.73(90)	6.05(70)
(He)	(31)	(28)	(31)	(10)	(30)
Hy (En)	12.39(69)	5.89(72)	17.08(69)	9.38(90)	18.59(70)
(Fe)	(31)	(28)	(31)	(10)	(30)
Ol (Fo)	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.89	1.09	1.43	2.48	1.81
Il	1.56	1.11	1.34	1.21	.98
Ap	.24	.41	.44	.44	.40
Py	.03	.45	.03	4.88	.06

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-249(C)</u>	<u>72-254(C)</u>	<u>72-255(C)</u>	<u>72-256(2)</u>	<u>72-257(C)</u>
SiO <sub>2</sub>	55.42(58.18)	53.70(56.17)	57.98(59.80)	54.70(56.92)	58.31(61.48)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.85(17.69)	18.69(19.55)	20.24(20.88)	15.91(16.56)	16.10(16.91)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.05( 1.10)	.51( .53)	.89( .92)	4.50( 4.68)	.95( 1.00)
FeO	3.34( 3.51)	5.66( 5.92)	2.83( 2.92)	5.92( 6.16)	4.63( 4.88)
FeO T	3.33( 4.50)	4.04( 6.40)	2.82( 3.75)	7.75(10.37)	4.26( 5.78)
MgO	2.06( 2.16)	4.50( 4.71)	2.53( 2.61)	3.90( 4.06)	4.51( 4.75)
CaO	15.40(16.06)	7.64( 7.99)	5.50( 5.67)	6.39( 6.65)	7.22( 7.61)
Na <sub>2</sub> O	.17( .18)	3.87( 4.05)	3.35( 3.46)	2.79( 2.90)	2.17( 2.29)
K <sub>2</sub> O	- -	.14( .15)	2.45( 2.53)	.29( .30)	.20( .21)
TiO <sub>2</sub>	.63( .66)	.72( .75)	.98( 1.01)	1.42( 1.48)	.62( .65)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.18( .19)	.15( .16)	.19( .20)	.27( .28)	.13( .14)
CO <sub>2</sub>	.49	.46	.45	.62	.51
S	.25	.02	.01	.01	.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.13	4.05	2.81	3.21	3.75
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.23	.21	.07	.15	.17
TOTAL	100.20	100.32	100.33	100.07	99.26
Mn(ppm)	850	890	230	1130	750
Cu(ppm)	125	59	9	37	49
Zn(ppm)	79	79	53	87	69
Ni(ppm)	99	77	13	22	61
Hg(ppb)	2	2	5	3	4
Densité	3.03	2.85	2.84	2.91	2.85
Ind. col.	21	24	12	25	22

## CALCUL DE LA NORME

Qz	23.83	4.63	12.19	14.43	20.07
Or	0.00	.86	14.87	1.82	1.26
Pl (An)	50.60(97)	70.47(49)	57.67(46)	58.47(54)	56.53(63)
(Ab)	(03)	(51)	(54)	(46)	(37)
Co	0.00	0.00	2.84	.04	0.00
Di (Di)	19.09(64)	3.08(63)	0.00(75)	0.00 -	1.17(68)
(He)	(36)	(37)	(25)	-	(32)
Hy (En)	0.00 -	18.99(63)	9.62(75)	19.26(59)	18.67(68)
(Fe)	-	(37)	(25)	(41)	(32)
Ol (Fo)	0.00 -	- -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.19	.55	.96	3.25	1.06
Il	.95	1.04	1.40	2.10	.92
Ap	.41	.33	.41	.60	.29
Py	.70	.05	.03	.03	.03
Wo	3.23				

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDÉSITES

	<u>72-395(C)</u>	<u>72-408(C)</u>	<u>72-406(C)</u>	<u>72-414(C)</u>	<u>72-415(C)</u>
SiO <sub>2</sub>	51.46(54.36)	57.97(60.45)	52.32(55.39)	55.66(57.83)	51.88(54.17)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.35(17.27)	18.32(19.11)	16.88(17.87)	16.22(16.85)	17.09(17.84)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.67( 3.88)	1.35( 1.41)	1.95( 2.06)	1.63( 1.69)	1.91( 1.99)
FeO	7.58( 8.01)	3.02( 3.15)	5.60( 5.93)	5.98( 6.21)	6.75( 7.05)
FeO T	8.47(11.49)	3.29( 4.42)	5.72( 7.79)	5.79( 7.74)	6.58( 8.84)
MgO	3.60( 3.80)	2.92( 3.05)	8.01( 8.48)	3.90( 4.05)	4.37( 4.56)
CaO	7.36( 7.77)	7.44( 7.76)	4.71( 4.99)	7.36( 7.65)	7.44( 7.77)
Na <sub>2</sub> O	2.93( 3.09)	4.13( 4.31)	2.47( 2.62)	3.09( 3.21)	4.17( 4.35)
K <sub>2</sub> O	.01( .01)	.07( .07)	1.72( 1.82)	.32( .33)	.13( .14)
TiO <sub>2</sub>	1.66( 1.75)	.57( .59)	.63( .67)	1.68( 1.75)	1.77( 1.85)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.04( .04)	.06( .06)	.14( .15)	.37( .38)	.25( .26)
CO <sub>2</sub>	.92	.01	.48	.10	.34
S	.01	.04	.02	.03	.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.56	3.01	4.56	2.97	3.22
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.18	.09	.15	.09	.12
TOTAL	99.33	99.00	99.32	99.40	99.46
Mn(ppm)	1830	670	870	1230	1190
Cu(ppm)	30	43	23	107	121
Zn(ppm)	102	51	75	125	117
Ni(ppm)	22	180	95	31	50
Hg(ppb)	3	5	3	2	2
Densité	2.92	2.83	2.84	2.89	2.89
Ind. col.	27	16	33	24	27

## CALCUL DE LA NORME

Qz	10.11	12.63	6.10	13.46	3.36
Or	.06	.43	10.65	1.99	.80
Pl (An)	62.30(54)	70.88(46)	46.80(50)	60.10(51)	67.83(42)
(Ab)	(46)	(54)	(50)	(49)	(58)
Co	0.00	0.00	3.12	0.00	0.00
Di (Di)	4.16(56)	4.38(74)	0.00 -	3.91(65)	6.47(65)
(He)	(44)	(26)	-	(35)	(35)
Hy (En)	17.19(56)	9.16(74)	29.91(78)	15.39(65)	16.28(65)
(Fe)	(44)	(26)	(22)	(35)	(35)
Ol (Fo)	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	3.56	1.46	2.14	1.79	2.08
Il	2.49	.82	.92	2.46	2.57
Ap	.09	.13	.31	.81	.55
Py	.03	.11	.05	.08	.05

## ANALYSES CHIMIQUES DES ANDESITES

	<u>72-412(C)</u>	<u>72-390A (C)</u>	<u>72-390B (C)</u>	<u>72-384(C)</u>
SiO <sub>2</sub>	53.08(55.10)	54.55(56.92)	53.25(55.72)	56.01(58.58)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.82(17.46)	15.27(15.93)	16.90(17.69)	16.11(16.85)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.05( 2.13)	2.00( 2.09)	2.30( 2.41)	.30( .31)
FeO	7.08( 7.30)	7.45( 7.77)	6.90( 7.22)	6.75( 7.06)
FeO T	6.94( 9.21)	7.19( 9.65)	6.97( 9.39)	5.46( 7.34)
MgO	3.54( 3.67)	4.81( 5.02)	4.63( 4.85)	3.74( 3.91)
CaO	6.41( 6.65)	7.27( 7.59)	6.52( 6.82)	6.31( 6.60)
Na <sub>2</sub> O	4.95( 5.14)	2.75( 2.87)	3.01( 3.15)	4.11( 4.30)
K <sub>2</sub> O	.21( .22)	.36( .38)	.79( .83)	.43( .45)
TiO <sub>2</sub>	1.79( 1.86)	1.30( 1.36)	1.20( 1.26)	1.73( 1.81)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.45( .47)	.05( .05)	.05( .05)	.09( .09)
CO <sub>2</sub>	.14	.14	< .01	.27
S	.01	.02	.01	.03
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.59	3.30	3.50	3.22
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.07	.14	.16	.14
TOTAL	99.19	99.41	99.22	99.24
Mn(ppm)	1490	1130	920	1300
Cu(ppm)	129	82	69	114
Zn(ppm)	123	72	60	109
Ni(ppm)	25	38	35	28
Hg(ppb)	2	2	4	5
Densité	2.87	2.90	2.90	2.84
Ind. col.	25	30	26	25

## CALCUL DE LA NORME

Qz	3.12	11.46	8.18	8.54
Or	1.29	2.25	4.92	2.66
Pl (An)	70.03(34)	56.00(53)	60.44(53)	64.00(40)
(Ab)	(66)	(47)	(47)	(60)
Co	0.00	0.00	0.00	0.00
Di (Di)	4.82(59)	6.33(62)	1.48(64)	5.42(57)
(He)	(41)	(38)	(36)	(43)
Hy (En)	14.94(59)	19.66(62)	20.55(64)	16.25(57)
(Fe)	(41)	(38)	(36)	(43)
Ol (Fo)	0.00 -	0.00 -	0.00 -	0.00 -
(Fa)	-	-	-	-
Mt	2.22	2.21	2.54	.33
Il	2.59	1.92	1.76	2.52
Ap	.98	.11	.11	.20
Py	.03	.06	.03	.08

ANALYSES CHIMIQUES DES DACITES

	<u>72-242E</u>	<u>72-246</u>	<u>72-407</u>	<u>72-323</u>	<u>72-150</u>
SiO <sub>2</sub>	61.13(62.58)	60.73(62.80)	59.76(62.04)	61.90(64.66)	59.68(63.15)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.38(16.77)	15.12(15.64)	14.65(15.21)	16.46(17.19)	15.45(16.35)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.54( 1.58)	1.73( 1.79)	1.73( 1.80)	1.01( 1.06)	1.31( 1.39)
FeO	2.96( 3.03)	3.92( 4.05)	5.60( 5.81)	4.66( 4.87)	3.40( 3.60)
FeO T	3.38( 4.45)	4.26( 5.56)	5.56( 7.43)	4.33( 5.82)	3.56( 4.84)
MgO	2.24( 2.29)	3.73( 3.86)	4.15( 4.31)	1.01( 1.06)	1.72( 1.82)
CaO	5.72( 5.45)	6.17( 6.38)	5.38( 5.58)	3.16( 3.30)	6.11( 6.46)
Na <sub>2</sub> O	6.03( 6.17)	2.53( 2.62)	3.11( 3.23)	4.91( 5.13)	5.65( 5.98)
K <sub>2</sub> O	0.20( 0.20)	1.57( 1.62)	0.98( 1.02)	1.26( 1.32)	- -
TiO <sub>2</sub>	1.53( 1.57)	0.85( 0.88)	0.84( .87)	.94( .98)	0.99( 1.05)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.34( 0.35)	0.21( 0.22)	0.11( .11)	.41( .43)	0.15( .16)
CO <sub>2</sub>	1.24	0.36	.10	2.28	3.12
S	0.01	0.01	.02	.01	.05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.69	3.49	2.68	2.08	1.91
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.11	0.19	.06	.12	.12
TOTAL	100.72	100.08	99.17	100.21	99.66
Mn(ppm)	930	970	850	610	770
Cu(ppm)	51	97	59	21	37
Zn(ppm)	79	81	95	133	63
Ni(ppm)	5	35	28	18	101
Hg(ppb)	3	2	3	4	2
Densité	2.76	2.86	2.84	2.74	2.74
Ind. col.	14	19	23	11	16

CALCUL DE LA NORME

Qz	11.56	20.16	17.23	18.05	12.39
Or	1.20	9.69	6.07	7.80	-
Pl (An)	72.15(24)	50.16(53)	53.51(45)	59.81(23)	70.96(25)
(Ab)	(76)	(47)	(55)	(77)	(75)
Co	-	-	-	2.58	-
Di (Di)	5.79(82)	3.32(75)	2.39(65)	- -	10.54(62)
(He)	(18)	(25)	(35)	-	(38)
Hy (En)	4.76(82)	12.70(75)	17.38(65)	8.36(35)	2.75(62)
(Fe)	(18)	(25)	(35)	(65)	(38)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.63	1.89	1.90	1.11	1.44
Il	2.16	1.24	1.23	1.37	1.45
Ap	.72	0.46	0.24	0.90	.33
Py	.03	0.38	0.05	0.03	.14

## ANALYSES CHIMIQUES DES DACITES

	<u>72-387</u>	<u>72-386</u>	<u>72-348C</u>	<u>72-179A</u>	<u>72-181B</u>
SiO <sub>2</sub>	60.11(62.45)	60.97(63.65)	56.78(62.03)	59.44(64.20)	64.26(66.76)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.11(17.77)	16.54(17.27)	15.11(16.51)	11.92(12.88)	12.44(12.92)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.46( 0.48)	1.14( 1.19)	1.23( 1.34)	1.09( 1.18)	1.14( 1.18)
FeO	4.35( 4.52)	3.60( 3.76)	7.59( 8.29)	7.91( 8.54)	5.50( 5.71)
FeO T	3.06( 4.95)	3.60( 4.83)	6.76( 9.50)	6.91( 9.60)	5.07( 6.78)
MgO	3.02( 3.14)	3.62( 7.78)	1.40( 1.53)	1.11( 1.20)	3.10( 3.22)
CaO	7.16( 7.44)	6.36( 6.64)	4.25( 4.64)	6.35( 6.86)	3.25( 3.38)
Na <sub>2</sub> O	2.47( 2.57)	2.28( 2.38)	2.53( 2.76)	1.19( 1.29)	4.41( 4.58)
K <sub>2</sub> O	0.98( 1.02)	0.70( 0.73)	1.27( 1.39)	1.62( 1.75)	- -
TiO <sub>2</sub>	0.52( 0.54)	0.51( 0.53)	0.85( 0.93)	1.59( 1.72)	1.71( 1.78)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07( 0.07)	0.06( 0.06)	0.48( 0.52)	0.36( 0.39)	0.23( 0.24)
CO <sub>2</sub>	0.30	0.44	5.37	5.03	1.35
S	0.01	0.01	0.04	0.11	0.22
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.47	3.10	2.75	2.92	2.37
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.15	0.15	0.12	0.14	0.10
TOTAL	100.18	99.48	99.77	100.78	100.08
Mn(ppm)	520	580	1290	1650	990
Cu(ppm)	45	41	31	21	23
Zn(ppm)	53	66	189	133	121
Ni(ppm)	42	55	5	7	1
Hg(ppb)	3	4	3	5	3
Densité	2.43	2.83	2.83	2.81	2.75
Ind. col.	17	17	18	21	18

## CALCUL DE LA NORME

Qz	19.23	23.44	23.04	29.94	24.38
Or	6.07	4.36	8.42	10.85	-
Pl (An)	57.57(60)	54.49(60)	45.67(44)	37.50(68)	56.38(26)
(Ab)	(40)	(40)	(56)	(32)	(74)
Co	-	0.70	3.67	-	-
Di (Di)	1.98(60)	- -	- -	6.12(25)	0.40(62)
(Hc)	(40)	-	-	(75)	(38)
Hy (En)	13.71(60)	14.83(71)	15.17(25)	10.93(25)	13.99(62)
(Fe)	(40)	(29)	(75)	(75)	(38)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	0.50	1.26	1.44	1.29	1.25
Il	0.76	0.75	1.33	2.51	2.50
Ap	0.15	0.13	1.13	0.85	0.50
Py	0.03	0.03	0.12	-	0.60

ANALYSES CHIMIQUES DE RHYODACITES

	<u>72-096</u>	<u>72-357</u>	<u>72-314</u>	<u>72-179D</u>
SiO <sub>2</sub>	68.45(70.44)	69.71(70.80)	67.60(69.27)	65.25(67.55)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.33(14.75)	14.51(14.74)	15.08(15.45)	11.59(12.00)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.48( 0.49)	1.38( 1.40)	0.96( 0.98)	0.14( 0.14)
FeO	4.37( 4.50)	3.40( 3.45)	3.12( 3.20)	6.02( 6.23)
FeO T	3.73( 4.94)	3.61( 4.71)	3.10( 4.08)	4.78( 6.36)
MgO	0.67( 0.69)	.78( 0.79)	1.66( 1.70)	2.44( 2.53)
CaO	1.06( 1.09)	2.78( 2.82)	2.65( 2.72)	4.52( 4.68)
Na <sub>2</sub> O	4.91( 5.05)	5.26( 5.34)	5.59( 5.73)	4.61( 4.77)
K <sub>2</sub> O	2.10( 2.16)	.33( 0.34)	0.19( 0.19)	- -
TiO <sub>2</sub>	0.60( 0.62)	.27( 0.27)	0.55( 0.56)	1.60( 1.66)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18( 0.19)	.03( 0.03)	0.10( 0.10)	0.24( 0.25)
CO <sub>2</sub>	0.55	.27	0.24	1.34
S	0.02	.01	0.09	0.18
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.66	1.25	1.52	2.76
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.03	.09	0.10	0.12
TOTAL	99.41	100.07	99.45	100.81
Mn(ppm)	930	800	690	1490
Cu(ppm)	11	8	31	27
Zn(ppm)	83	133	195	125
Ni(ppm)	3	15	12	9
Hg(ppb)	2	2	5	3
Densité	2.69	2.74	2.73	2.74
Ind. col.	9	8	10	21

CALCUL DE LA NORME

Qz	25.01	27.16	23.39	23.57
Or	12.84	1.99	1.15	-
Pl (An)	49.85(08)	62.13(22)	63.99(20)	54.74(22)
(Ab)	(92)	(78)	(80)	(78)
Co	2.81	0.58	1.23	-
Di (Di)	- -	- -	- -	8.31(57)
(He)	-	-	-	(43)
Hy (En)	7.67(25)	6.20(35)	7.99(59)	9.89(57)
(Fe)	(75)	(65)	(41)	(43)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-
Mt	0.52	1.47	1.02	0.15
Il	0.86	0.38	0.78	2.33
Ap	0.39	0.06	0.21	0.52
Py	0.05	0.03	0.24	0.49

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES THOLEIITIKES

	<u>72-090A</u>	<u>72-090B</u>	<u>72-292B</u>	<u>72-290</u>	<u>72-289</u>
SiO <sub>2</sub>	75.74(76.78)	73.77(75.47)	72.85(74.39)	72.49(74.06)	71.67(73.14)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.28(12.45)	13.17(13.47)	13.31(13.59)	13.87(14.17)	14.31(14.60)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.40( 1.42)	1.02( 1.04)	0.35( 0.36)	1.35( 1.38)	0.71( 0.72)
FeO	1.09( 1.10)	1.67( 1.71)	2.85( 2.91)	1.92( 1.96)	2.81( 2.87)
FeO T	1.83( 2.38)	2.01( 2.65)	2.46( 3.23)	2.44( 3.20)	2.68( 3.52)
MgO	0.37( 0.38)	0.55( 0.56)	1.03( 1.05)	0.63( 0.64)	0.79( 0.81)
CaO	2.14( 2.17)	1.35( 1.38)	0.76( 0.78)	1.27( 1.30)	1.50( 1.53)
Na <sub>2</sub> O	4.55( 4.61)	5.35( 5.47)	5.30( 5.41)	5.75( 5.87)	5.20( 5.31)
K <sub>2</sub> O	0.56( 0.57)	0.47( 0.48)	0.93( 0.95)	0.40( 0.41)	0.72( 0.73)
TiO <sub>2</sub>	0.41( 0.42)	0.31( 0.32)	0.42( 0.43)	0.18( 0.18)	0.20( 0.20)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09( 0.09)	0.08( 0.08)	0.12( 0.12)	0.01( 0.01)	0.06( 0.06)
CO <sub>2</sub>	0.34	0.48	0.01	0.41	0.51
S	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.86	1.00	1.16	1.22	1.18
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.02	0.04	0.10	0.10	0.10
TOTAL	99.77	99.27	99.20	99.60	99.78
Mn(ppm)	320	350	590	660	700
Cu(ppm)	5	71	45	4	7
Zn(ppm)	19	31	45	55	112
Ni(ppm)	1	1	12	7	15
Hg(ppb)	4	6	5	2	2
Densité	2.70	2.68	2.68	2.69	2.71
Ind. col.	3	5	8	5	7

CALCUL DE LA NORME

Qz	40.19	34.85	31.97	31.19	30.85
Or	3.40	2.85	5.63	2.42	4.36
Pl (An)	52.33(20)	55.74(11)	51.79(06)	59.19(16)	55.03(13)
(Ab)	(80)	(89)	(94)	(82)	(87)
Co	0.58	1.79	2.78	1.89	2.67
Di (Di)	- -	- -	- -	- -	- -
(He)	-	-	-	-	-
Hy (En)	1.16(91)	3.03(51)	6.57(44)	3.58( 50)	5.86(38)
(Fe)	(09)	(49)	(56)	( 50)	(62)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.51	1.10	.37	1.44	.76
Il	0.59	0.44	.60	.26	.29
Ap	0.19	0.17	.26	.02	.13
Py	0.05	0.03	.03	.03	.05
He	-	-	-	-	-

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES THOLEITTIQUES

	<u>72-288</u>	<u>72-312</u>	<u>72-316</u>	<u>72-318A</u>	<u>72-373</u>
SiO <sub>2</sub>	72.07(73.82)	71.53(72.67)	73.60(74.99)	73.50(75.52)	73.58(74.69)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.87(14.21)	13.58(13.80)	13.34(13.59)	12.82(13.17)	13.31(13.51)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11( 0.11)	1.29( 1.31)	0.74( 0.75)	1.18( 1.21)	1.41( 1.43)
FeO	3.28( 3.36)	2.24( 2.28)	2.49( 2.54)	2.04( 2.10)	1.47( 1.49)
FeO T	2.47( 3.46)	2.64( 3.45)	2.45( 3.22)	2.41( 3.19)	2.13( 2.78)
MgO	.80( 0.82)	0.60( 0.61)	0.41( 0.42)	0.27( 0.28)	0.96( 0.97)
CaO	1.35( 1.38)	2.41( 2.45)	0.55( 0.56)	1.45( 1.49)	1.59( 1.61)
Na <sub>2</sub> O	5.84( 5.98)	5.15( 5.23)	6.47( 6.59)	5.31( 5.46)	5.23( 5.31)
K <sub>2</sub> O	0.10( 0.10)	1.10( 1.12)	0.09( 0.09)	0.54( 0.55)	0.54( 0.55)
TiO <sub>2</sub>	0.19( 0.19)	0.45( 0.46)	0.39( 0.40)	0.19( 0.20)	0.19( 0.19)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01( 0.01)	0.07( 0.07)	0.05( 0.05)	0.01( 0.01)	< 0.01( 0.21)
CO <sub>2</sub>	0.52	0.28	0.41	1.04	0.21
S	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.07	0.98	1.06	1.14	0.98
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.07	0.06	0.10	0.10	0.08
TOTAL	99.29	99.75	99.72	99.60	99.57
Mn(ppm)	870	390	590	570	540
Cu(ppm)	8	15	9	1	7
Zn(ppm)	102	33	29	89	53
Ni(ppm)	10	5	1	3	13
Hg(ppb)	3	3	3	4	3
Densité	2.69	2.71	2.68	2.70	2.70
Ind. col.	7	6	5	4	5

CALCUL DE LA NORME

Qz	29.49	29.00	30.59	34.47	34.29
Or	0.60	6.64	.54	3.30	3.25
Pl (An)	60.45(11)	58.17(19)	61.51(04)	56.73(13)	54.53(12)
(Ab)	(89)	(81)	(96)	(87)	(88)
Co	1.93	-	1.91	1.00	1.93
Di (Di)	- -	0.66(47)	- -	- -	- -
(He)	-	(53)	-	-	-
Hy (En)	7.09(32)	3.33(47)	3.96(29)	2.90(27)	3.72(73)
(Fe)	(68)	(53)	(71)	(73)	(27)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	0.12	1.38	.79	1.28	1.50
Il	0.27	.64	.55	.27	.27
Ap	.02	.15	.11	.02	.45
Py	.03	.03	.05	.03	.05
He	-	-	-	-	-

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES THOLEIITIKES

	<u>72-372</u>	<u>72-371A</u>	<u>72-371B</u>	<u>72-400</u>	<u>72-370</u>
SiO <sub>2</sub>	71.98(74.49)	72.07(73.83)	72.27(74.31)	73.42(74.75)	69.42(72.46)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.62(13.06)	13.23(13.55)	13.04(13.41)	13.41(13.65)	12.72(13.28)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.91( 0.94)	0.44( 0.45)	0.93( 0.96)	1.80( 1.83)	0.63( 0.66)
FeO	1.90( 1.97)	3.20( 3.28)	1.90( 1.95)	1.80( 1.83)	3.03( 3.16)
FeO T	2.11( 2.81)	2.18( 3.68)	2.13( 2.81)	2.66( 3.48)	2.80( 3.75)
MgO	0.69( 0.71)	0.49( 0.50)	0.53( 0.54)	0.40( 0.41)	0.65( 0.68)
CaO	2.07( 2.14)	1.10( 1.13)	1.57( 1.61)	1.21( 1.23)	3.26( 3.40)
Na <sub>2</sub> O	5.90( 6.11)	6.80( 6.97)	6.81( 7.00)	5.55( 5.65)	5.16( 5.39)
K <sub>2</sub> O	0.35( 0.36)	0.06( 0.06)	- -	0.41( 0.42)	0.71( 0.74)
TiO <sub>2</sub>	0.19( 0.20)	0.20( 0.20)	0.19( 0.20)	0.20( 0.20)	0.21( 0.22)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 0.01( 0.01)	< 0.01( 0.01)	< 0.01( 0.01)	0.01( 0.01)	< 0.01( 0.01)
CO <sub>2</sub>	1.82	1.10	1.44	0.01	2.64
S	< 0.01	< 0.01	0.01	0.01	< 0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.70	0.52	0.54	0.83	0.92
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.06	0.06	0.06	0.01	0.68
TOTAL	99.21	99.27	99.29	99.09	99.43
Mn(ppm)	770	630	680	550	1270
Cu(ppm)	7	11	15	11	14
Zn(ppm)	67	43	52	105	93
Ni(ppm)	3	3	3	9	1
Hg(ppb)	4	4	3	4	5
Densité	2.68	2.66	2.67	2.69	2.70
Ind. col.	7	7	6	5	10

## CALCUL DE LA NORME

Qz	29.21	25.35	26.50	33.79	27.26
Or	2.14	.36	-	2.48	4.40
Pl (An)	61.92(12)	67.67( 8)	67.53( 8)	57.11(10)	58.49(17)
(Ab)	(88)	(92)	(92)	(90)	(83)
Co	-	-	-	1.86	-
Di (Di)	2.72(49)	- -	2.21	- -	5.59(31)
(He)	(51)			-	(69)
Hy (En)	2.71(49)	5.81(24)	2.44(42)	2.61(43)	3.22(31)
(Fe)	(51)	(76)	(58)	(57)	(69)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	.98	.47	.99	1.82	.69
Il	.27	.28	.27	.29	.31
Ap	.02	.02	.02	.02	.02
Py	.03	.03	.03	.03	.03
He	-	-	-	-	-

ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES THOLEIITTIQUES

	<u>72-369</u>	<u>72-368E</u>	<u>72-167C</u>
SiO <sub>2</sub>	72.55(74.89)	70.78(73.75)	75.85(78.24)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.87(13.28)	12.40(12.92)	9.44( 9.74)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.36( 1.40)	0.54( 0.56)	0.88( 0.91)
FeO	1.67( 1.72)	2.91( 3.03)	4.69( 4.84)
FeO T	2.25( 2.99)	2.64( 3.54)	4.26( 5.65)
MgO	0.46( 0.47)	0.84( 0.88)	2.33( 2.40)
CaO	1.79( 1.85)	2.76( 2.88)	0.73( 0.75)
Na <sub>2</sub> O	5.13( 5.30)	5.27( 5.49)	0.95( 0.98)
K <sub>2</sub> O	0.84( 0.87)	0.27( 0.28)	1.67( 1.72)
TiO <sub>2</sub>	0.19( 0.20)	0.18( 0.19)	0.34( 0.35)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01( 0.01)	0.01( 0.01)	0.02( 0.02)
CO <sub>2</sub>	1.58	2.15	0.70
S	0.01	0.01	0.04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.94	1.81	2.55
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.08	0.10	0.13
TOTAL	99.48	99.93	100.32
Mn(ppm)	770	830	710
Cu(ppm)	45	30	27
Zn(ppm)	48	61	181
Ni(ppm)	1	1	15
Hg(ppb)	3	2	5
Densité	2.70	2.68	2.75
Ind. col.	4	9	15

CALCUL DE LA NORME

Qz	32.97	29.84	55.58
Or	5.16	1.67	10.64
Pl (An)	57.01(16)	59.34(17)	12.96(29)
(Ab)	(84)	(83)	(71)
Co	.33	-	5.64
Di (Di)	- -	3.56(37)	- -
(He)	-	(63)	-
Hy (En)	2.73(48)	4.69(37)	13.52(51)
(Fe)	(52)	(63)	(49)
Ol (Fo)	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-
Mt	1.48	.59	.99
Il	.27	.26	.51
Ap	.02	.02	.05
Py	.03	.03	.11
He	-	-	-

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES CHALCO-ALCALINES

	<u>72-411</u>	<u>72-393</u>	<u>72-394</u>	<u>72-385B</u>	<u>72-380</u>
SiO <sub>2</sub>	77.30(78.33)	71.00(74.98)	73.21(74.93)	78.10(79.42)	79.79(80.25)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.91(13.08)	11.57(12.22)	12.76(13.06)	10.58(10.76)	10.58(10.91)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.09( 1.10)	0.88( 0.93)	0.19( 0.19)	1.02( 1.04)	0.96( 0.99)
FeO	0.77( 0.78)	1.70( 1.80)	1.55( 1.59)	1.00( 1.02)	0.77( 0.79)
FeO T	1.36( 1.77)	1.94( 2.63)	1.33( 1.76)	1.49( 1.95)	1.27( 1.69)
MgO	0.39( 0.40)	1.11( 1.17)	0.59( 0.60)	0.86( 0.87)	0.87( 0.90)
CaO	0.34( 0.34)	3.79( 4.00)	2.18( 2.23)	2.88( 2.93)	1.69( 1.74)
Na <sub>2</sub> O	3.71( 3.76)	2.07( 2.19)	5.87( 6.01)	3.64( 3.70)	2.93( 3.02)
K <sub>2</sub> O	1.59( 1.61)	2.28( 2.41)	0.35( 0.36)	0.12( 0.12)	1.00( 1.03)
TiO <sub>2</sub>	0.34( 0.34)	0.24( 0.25)	0.78( 0.80)	0.08( 0.08)	0.11( 0.11)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04( 0.04)	0.04( 0.04)	0.19( 0.19)	0.05( 0.05)	0.04( 0.04)
CO <sub>2</sub>	0.46	3.58	0.96	0.10	1.50
S	0.20	< .01	0.04	0.01	0.20
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.00	1.60	0.70	0.92	0.77
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.05	0.11	0.06	0.08	0.07
TOTAL	100.19	99.97	99.43	99.44	99.28
Mn(ppm)	310	450	610	420	520
Cu(ppm)	25	9	9	8	21
Zn(ppm)	29	41	51	46	75
Ni(ppm)	9	3	1	5	5
Hg(ppb)	3	2	3	3	3
Densité	2.70	2.71	2.67	2.70	2.67
Ind. col.	3	8	5	5	4

## CALCUL DE LA NORME

Qz	46.22	40.48	30.86	47.33	50.99
Or	9.68	14.60	2.11	.74	6.24
Pl (An)	35.78( 4)	37.00(46)	61.52(12)	46.63(27)	36.38(24)
(Ab)	(96)	(54)	(88)	(73)	(76)
Co	5.13	-	-	-	1.96
Di (Di)	- -	2.60(65)	1.75(59)	1.49(76)	- -
(He)	-	(35)	(41)	(24)	-
Hy (En)	1.11(100)	3.83(65)	1.93(59)	2.46(76)	2.56(98)
(Fe)	-	(35)	(41)	(24)	(02)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	.57	1.00	.20	1.11	1.06
Il	.40	.36	1.11	.12	.16
Ap	.49	.09	.41	.11	.09
Py	.54	.03	.11	.03	.55
He	-	-	-	-	-

ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES CHALCO-ALCALINES

	<u>72-378A</u>	<u>72-377</u>	<u>72-174A</u>	<u>72-174B</u>	<u>72-187</u>
SiO <sub>2</sub>	81.12(82.66)	81.55(82.32)	69.19(72.39)	75.11(77.23)	82.59(85.06)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.88(10.07)	11.08(11.18)	11.77(12.31)	11.18(11.49)	8.46( 8.71)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.22( 0.22)	0.47( 0.47)	1.19( 1.25)	0.50( 0.51)	0.94( 0.97)
FeO	0.87( 0.89)	0.50( 0.50)	6.34( 6.63)	1.47( 1.51)	0.58( 0.60)
FeO T	0.52( 1.09)	0.72( 0.93)	5.76( 7.75)	1.49( 1.97)	1.11( 1.47)
MgO	0.41( 0.42)	0.54( 0.55)	0.92( 0.96)	1.55( 1.59)	- -
CaO	1.07( 1.09)	- -	1.58( 1.65)	1.19( 1.22)	0.94( 0.97)
Na <sub>2</sub> O	3.13( 3.19)	2.47( 2.49)	3.97( 4.15)	5.41( 5.56)	1.77( 1.86)
K <sub>2</sub> O	1.26( 1.28)	2.34( 2.36)	0.30( 0.31)	0.47( 0.48)	1.54( 1.59)
TiO <sub>2</sub>	0.10( 0.10)	0.11( 0.11)	0.30( 0.31)	0.25( 0.26)	0.19( 0.20)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02( 0.02)	< 0.01 -	0.01( 0.01)	0.01( 0.01)	0.08( 0.08)
CO <sub>2</sub>	0.94	0.07	1.69	2.00	1.62
S	0.06	0.01	0.01	0.12	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.60	1.04	2.17	0.45	0.78
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.05	0.10	0.11	0.05	0.06
TOTAL	99.73	100.29	99.55	99.76	99.56
Mn(ppm)	180	140	1010	370	250
Cu(ppm)	8	7	21	7	45
Zn(ppm)	11	35	129	41	43
Ni(ppm)	9	5	20	2	1
Hg(ppb)	5	4	4	3	3
Densité	2.67	2.68	2.73	2.67	2.69
Ind. col.	3	3	14	7	1

CALCUL DE LA NORME

Qz	52.98	55.04	35.37	34.75	64.36
Or	7.78	14.34	1.90	2.86	9.78
Pl (An)	34.79(16)	23.01(-)	46.57(18)	54.93(9)	21.55(21)
(Ab)	(84)	(100)	(82)	(91)	(79)
Co	1.68	5.08	2.42	-	2.78
Di (Di)	- -	- -	- -	.83(76)	- -
(He)	-	-	-	(24)	-
Hy (En)	2.18(54)	1.83(84)	11.90(14)	5.40(76)	- -
(Fe)	(46)	(16)	(86)	(24)	-
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	.24	.51	1.33	.54	.99
Il	.15	.16	.45	.36	.28
Ap	.04	-	.02	.02	.18
Py	.16	.03	.03	.32	.03
He	-	-	-	-	.04

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES CHALCO-ALCALINES

	<u>72-189</u>	<u>72-193</u>	<u>72-194</u>	<u>72-220</u>	<u>72-221</u>
SiO <sub>2</sub>	76.90(78.63)	73.48(76.44)	81.61(82.84)	75.30(77.37)	74.87(78.51)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.52(11.78)	11.72(12.19)	8.90( 9.03)	10.39(10.68)	9.59(10.06)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.27( 0.28)	0.87( 0.91)	1.09( 1.11)	0.55( 0.57)	0.61( 0.64)
FeO	1.24( 1.27)	2.24( 2.33)	2.16( 2.19)	3.73( 3.83)	2.50( 2.62)
FeO T	1.15( 1.52)	2.35( 0.14)	2.44( 3.19)	2.51( 4.34)	2.37( 3.20)
MgO	0.23( 0.24)	0.56( 0.58)	- -	0.35( 0.36)	0.67( 0.70)
CaO	1.24( 1.27)	1.83( 1.90)	0.51( 0.52)	2.11( 2.17)	2.86( 3.00)
Na <sub>2</sub> O	5.83( 5.96)	3.63( 3.78)	3.89( 3.95)	3.71( 3.81)	8.04( 3.19)
K <sub>2</sub> O	0.29( 0.30)	1.51( 1.57)	0.07( 0.07)	0.99( 1.02)	1.04( 1.09)
TiO <sub>2</sub>	0.26( 0.27)	0.27( 0.28)	0.21( 0.21)	0.19( 0.20)	0.16( 0.17)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01( 0.01)	0.01( 0.01)	0.06( 0.06)	< 0.01 -	0.01( 0.01)
CO <sub>2</sub>	2.16	1.81	0.44	1.67	2.41
S	0.01	0.01	0.01	< 0.01	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.34	1.28	1.09	1.15	1.23
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.08	0.08	0.05	0.07
TOTAL	100.34	99.30	100.12	100.19	99.07
Mn(ppm)	350	570	450	1110	1310
Cu(ppm)	16	23	19	10	20
Zn(ppm)	51	85	71	83	100
Ni(ppm)	1	3	1	1	1
Hg(ppb)	4	3	2	4	4
Densité	2.67	2.70	2.68	2.69	2.68
Ind. col.	3	6	4	8	8

## CALCUL DE LA NORME

Qz	36.60	39.80	54.96	41.46	45.32
Or	1.76	9.46	.43	6.16	6.62
Pl (An)	58.20( 8)	44.12(22)	38.80( 6)	44.35(21)	39.61(26)
(Ab)	(92)	(78)	(94)	(79)	(74)
Co	-	.94	1.88	-	-
Di (Di)	1.38(32)	- -	- -	1.43(16)	4.03(36)
(He)	(68)	-	-	(84)	(64)
Hy (En)	1.35(32)	4.26(38)	2.38( -)	5.71(16)	3.44(36)
(Fe)	(68)	(62)	(100)	(84)	(64)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	.29	.96	1.19	.61	.69
Il	.37	.40	.31	.28	.24
Ap	.02	.02	.13	-	.02
Py	.03	.03	.03	-	.03
He	-	-	-	-	-

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES CHALCO-ALCALINES

	<u>72-219A</u>	<u>72-219B</u>	<u>72-222</u>	<u>72-223</u>	<u>72-224</u>
SiO <sub>2</sub>	76.21(78.20)	76.50(77.70)	75.45(77.37)	73.10(75.42)	82.50(84.24)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.50(11.80)	12.02(12.21)	11.43(11.72)	12.58(12.98)	8.53( 8.71)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.16( 0.16)	0.28( 0.28)	0.62( 0.64)	1.00( 1.03)	0.09( 0.09)
FeO	1.73( 1.78)	2.27( 2.31)	2.76( 2.83)	2.88( 2.97)	1.35( 1.38)
FeO T	1.46( 1.92)	1.93( 2.56)	2.58( 3.40)	2.94( 3.90)	1.11( 1.46)
MgO	0.20( 0.21)	0.28( 0.28)	0.36( 0.37)	0.78( 0.80)	0.12( 0.12)
CaO	1.62( 1.66)	1.06( 1.08)	0.83( 0.85)	0.88( 0.91)	0.65( 0.66)
Na <sub>2</sub> O	5.80( 5.95)	5.24( 5.32)	4.67( 4.79)	3.86( 3.98)	2.15( 2.20)
K <sub>2</sub> O	0.01( 0.01)	0.54( 0.55)	1.15( 1.18)	1.56( 1.61)	2.37( 2.42)
TiO <sub>2</sub>	0.20( 0.21)	0.24( 0.24)	0.22( 0.23)	0.23( 0.24)	0.15( 0.15)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01( 0.01)	0.01( 0.01)	0.01( 0.01)	0.03( 0.03)	0.01( 0.01)
CO <sub>2</sub>	1.33	0.99	0.78	0.64	0.78
S	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.50	0.83	0.62	1.66	0.66
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.05	0.87	0.08	0.04
TOTAL	99.32	100.32	99.22	99.30	99.41
Mn(ppm)	620	500	570	660	400
Cu(ppm)	20	10	134	11	40
Zn(ppm)	83	86	77	77	141
Ni(ppm)	3	1	1	1	1
Hg(ppb)	2	2	2	3	4
Densité	2.65	2.68	2.67	2.71	2.67
Ind. col.	4	4	6	7	3

## CALCUL DE LA NORME

Qz	36.30	37.66	38.23	28.75	57.29
Or	.06	3.27	7.06	9.67	14.83
Pl (An)	59.13( 9)	53.52(10)	47.81( 9)	40.74(11)	23.79(14)
(Ab)	(91)	(90)	(91)	(89)	(86)
Co	-	1.02	1.15	3.45	1.47
Di (Di)	2.19(20)	- -	- -	- -	- -
(He)	(80)	-	-	-	-
Hy (En)	1.81(20)	3.83(21)	4.67(22)	5.84(39)	2.26(15)
(Fe)	(80)	(79)	(78)	(61)	(85)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	.17	.30	.67	1.10	.10
Il	.29	.34	.32	.34	.22
Ap	.02	.02	.02	.07	.02
Py	.03	.03	.05	.05	.03
He	-	-	-	-	-

## ANALYSES CHIMIQUES DES DACITES

	<u>72-177B</u>	<u>72-179C</u>	<u>72-181A</u>	<u>72-182B</u>	<u>72-388</u>
SiO <sub>2</sub>	59.15(62.73)	61.67(64.47)	64.07(66.70)	58.98(66.51)	60.46(63.28)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.59(13.35)	12.95(13.54)	12.53(13.05)	12.88(13.65)	17.37(18.18)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.65( 1.75)	4.04( 4.22)	1.40( 1.46)	1.98( 2.10)	1.00( 1.05)
FeO	6.18( 6.55)	4.61( 4.82)	5.01( 5.22)	6.16( 6.53)	3.24( 3.39)
FeO T	5.96( 8.13)	6.41( 8.62)	4.87( 6.53)	6.17( 8.42)	3.22( 4.33)
MgO	2.44( 2.59)	2.13( 2.23)	3.01( 3.13)	3.03( 3.21)	2.85( 2.98)
CaO	6.15( 6.52)	4.01( 4.19)	3.41( 3.55)	4.95( 5.25)	6.85( 7.17)
Na <sub>2</sub> O	3.97( 4.21)	4.09( 4.28)	4.45( 4.63)	4.05( 4.29)	1.98( 2.07)
K <sub>2</sub> O	0.07( .07)	- -	- -	0.16( 0.17)	1.18( 1.24)
TiO <sub>2</sub>	1.67( 1.77)	1.78( 1.86)	1.73( 1.80)	1.80( 1.91)	0.53( 0.55)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.20( .21)	0.20( .21)	0.23( .24)	0.22( .23)	0.06( 0.06)
CO <sub>2</sub>	3.41	1.66	1.59	2.36	0.17
S	.23	0.17	0.21	0.14	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.52	2.47	2.67	3.02	3.44
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	.12	0.12	.12	.15	.14
TOTAL	100.35	99.90	100.43	99.98	99.29
Mn(ppm)	1510	1090	105	1190	580
Cu(ppm)	19	73	25	43	48
Zn(ppm)	75	103	109	121	60
Ni(ppm)	12	9	3	7	47
Hg(ppb)	3	4	4	2	3
Densité	2.78	2.78	2.75	2.89	2.85
Ind. col.	23	17	18	23	14

## CALCUL DE LA NORME

Qz	19.19	25.06	24.47	18.73	23.33
Or	0.45	-	-	1.02	7.39
Pl (An)	55.97(32)	57.38(32)	56.93(26)	56.80(31)	54.48(65)
(Ab)	(68)	(68)	(74)	(69)	(35)
Co	-	-	-	-	0.61
Di (Di)	11.10(54)	1.38(65)	1.01(67)	5.70(61)	- -
(He)	(46)	(35)	(33)	(39)	-
Hy (En)	7.84(54)	8.95(65)	12.44(67)	11.96(61)	12.11(69)
(Fe)	(46)	(35)	(33)	(39)	(31)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-	-
Mt	1.86	3.66	1.54	2.22	1.11
Il	2.51	2.65	2.53	2.69	0.78
Ap	0.45	0.45	0.51	0.49	0.13
Py	0.64	0.47	0.57	0.39	0.06

## ANALYSES CHIMIQUES DE RHYOLITES CHALCO-ALCALINES

	<u>72-225</u>	<u>72-226</u>	<u>72-227</u>	<u>72-228</u>
SiO <sub>2</sub>	82.80(84.86)	77.10(78.71)	78.00(80.22)	79.95(80.99)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.45( 8.66)	11.03(11.26)	10.67(10.97)	10.25(10.38)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50( .51)	0.90( .92)	1.18( 1.21)	0.24( .24)
FeO	0.63( .65)	1.98( 2.02)	0.96( .99)	1.90( 1.92)
FeO T	0.84( 1.11)	2.17( 2.85)	1.57( 2.08)	1.31( 2.14)
MgO	0.11( .11)	0.11( .11)	0.14( .14)	0.20( .20)
CaO	1.22( 1.25)	0.96( .98)	1.43( 1.47)	1.27( 1.29)
Na <sub>2</sub> O	2.41( 2.47)	4.93( 5.03)	3.82( 3.41)	3.95( 4.00)
K <sub>2</sub> O	1.28( 1.31)	0.71( .72)	1.30( 1.34)	0.76( .77)
TiO <sub>2</sub>	0.15( .15)	0.21( .21)	0.19( .20)	0.18( .18)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01( .01)	0.01( .01)	0.01( .01)	< 0.01 -
CO <sub>2</sub>	1.47	1.62	1.37	1.23
S	0.01	0.01	0.03	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.62	0.41	0.79	0.58
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.04	0.03	0.05	0.04
TOTAL	99.70	100.01	99.94	100.56
Mn(ppm)	480	560	340	430
Cu(ppm)	20	9	13	13
Zn(ppm)	38	26	27	56
Ni(ppm)	1	1	2	2
Hg(ppb)	2	3	5	3
Densité	2.67	2.69	2.68	2.67
Ind. col.	2	4	2	4

## CALCUL DE LA NORME

Qz	59.97	40.63	49.15	47.67
Or	8.04	4.34	8.10	4.65
Pl (An)	29.36(22)	50.70(10)	38.88(29)	43.26(15)
(Ab)	(78)	(90)	(71)	(85)
Co	1.05	.49	1.41	.70
Di (Di)	- -	- -	- -	- -
(He)	-	-	-	-
Hy (En)	.75(43)	2.52(12)	.78(53)	3.17(18)
(Fe)	(57)	(88)	(47)	(82)
Ol (Fo)	- -	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-	-
Mt	.56	.97	1.30	.26
Il	.22	.30	.28	.26
Ap	.02	.02	.02	-
Py	.03	.03	.08	.03
He	-	-	-	-

ANALYSES CHIMIQUES DES INTRUSIFS

	<u>72-333</u>	<u>72-164</u>	<u>72-083</u>	<u>72-402B</u>	<u>72-345B</u>
SiO <sub>2</sub>	52.71(54.63)	43.25(45.20)	44.46(46.85)	47.71(50.11)	41.63(44.31)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.07(13.55)	17.86(18.67)	15.27(16.09)	15.68(16.47)	17.11(18.21)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.89( 5.07)	3.24( 3.89)	2.82( 2.97)	2.41( 2.53)	3.97(4.23)
FeO	8.49( 8.80)	8.75( 9.15)	11.21(11.81)	9.84(10.37)	13.00(13.84)
FeO T	10.02(13.36)	9.07(12.19)	10.68(14.49)	9.34(12.64)	12.88(17.64)
MgO	4.85( 5.03)	8.90( 9.30)	10.18(10.73)	6.55( 6.88)	8.37( 8.91)
CaO	8.15( 8.45)	10.65(11.13)	6.71( 7.07)	8.67( 9.11)	3.98( 4.24)
Na <sub>2</sub> O	2.35( 2.44)	1.65( 1.72)	2.09( 2.20)	2.93( 3.08)	2.98( 3.17)
K <sub>2</sub> O	0.34( .35)	- -	0.48( .51)	0.17( .18)	0.34( .36)
TiO <sub>2</sub>	1.37( 1.42)	1.22( 1.28)	1.51( 1.59)	1.16( 1.22)	2.06( 2.19)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.15( .16)	0.14( 0.15)	0.14( .15)	0.05( .05)	0.26( .28)
CO <sub>2</sub>	0.28	0.26	0.34	0.24	0.45
S	0.12	0.02	0.02	0.01	0.26
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	3.18	4.68	5.13	3.63	5.94
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.17	0.18	0.10	0.17	0.28
TOTAL	100.02	100.80	100.46	99.22	100.63
Mn(ppm)	1390	1370	1660	1780	1950
Cu(ppm)	115	89	73	103	109
Zn(ppm)	107	91	111	92	125
Ni(ppm)	33	221	175	43	122
Hg(ppb)	2	4	5	3	4
Densité	3.00	3.04	2.97	2.99	2.92
Ind. col.	39	41	44	40	42

CALCUL DE LA NORME

Qz	10.26	-	-	-	-
Or	2.14	-	2.99	1.06	2.15
Pl (An)	48.22(53)	58.85(74)	52.40(62)	58.61(53)	47.96(40)
(Ab)	(47)	(26)	(38)	(47)	(60)
Co	-	-	-	-	6.11
Di (Di)	13.09(53)	8.88(70)	1.27(68)	11.46(60)	- -
(He)	(47)	(30)	(32)	(40)	-
Hy (En)	20.38(53)	11.12(70)	21.43(68)	19.30(60)	19.59(61)
(Fe)	(47)	(30)	(32)	(40)	(39)
Ol (Fo)	- -	16.02(70)	16.21(68)	5.06(60)	15.83(61)
(Fa)	-	(30)	(32)	(40)	(39)
Mt	3.20	2.98	3.11	2.66	3.98
Il	2.04	1.78	2.22	1.71	3.07
Ap	.33	.31	.31	.11	.58
Py	.33	.05	.05	.03	.72

ANALYSES CHIMIQUES DES INTRUSIFS

	<u>72-253B</u>	<u>72-253D</u>	<u>72-339</u>
SiO <sub>2</sub>	51.53(53.85)	51.35(53.26)	48.68(51.99)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.41(14.01)	14.11(14.63)	15.45(16.50)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.48( 3.64)	3.37( 3.50)	2.65( 2.83)
FeO	10.79(11.27)	9.78(10.14)	8.72( 9.31)
FeO T	10.82(14.55)	9.96(13.29)	8.63(11.86)
MgO	3.46 ( 3.62)	5.00( 5.19)	7.04( 7.52)
CaO	7.73( 8.08)	6.87( 7.13)	5.74( 6.13)
Na <sub>2</sub> O	1.57( 1.64)	1.83( 1.90)	3.59( 3.83)
K <sub>2</sub> O	0.26( 0.27)	0.55( 0.57)	0.02( 0.02)
TiO <sub>2</sub>	2.25( 2.35)	2.15( 2.23)	1.54( 1.64)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.15( 1.20)	1.13( 1.17)	0.19( 0.20)
CO <sub>2</sub>	0.20	0.26	1.24
S	0.07	0.28	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.08	4.10	4.77
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.20	0.22	0.27
TOTAL	100.18	101.00	99.92
Mn(ppm)	1910	1330	1050
Cu(ppm)	51	47	97
Zn(ppm)	99	65	73
Ni(ppm)	7	1	78
Hg(ppb)	4	2	2
Densité	2.97	2.93	2.86
Ind. col.	31	32	37

CALCUL DE LA NORME

Qz	17.66	14.46	.61
Or	1.68	3.48	.13
Pl (An)	46.96(67)	46.18(62)	62.14(45)
(Ab)	(33)	(38)	(55)
Co	-	.84	-
Di (Di)	1.81(46)	- -	1.07(67)
(He)	(54)	-	(33)
Hy (En)	21.64(46)	24.76(60)	30.33(67)
(Fe)	(54)	(40)	(33)
Ol (Fo)	- -	- -	- -
(Fa)	-	-	-
Mt	3.98	3.77	2.96
Il	3.43	3.21	2.29
Ap	2.63	2.53	.42
Py	.20	.78	.06