

# DPV 789

LITHOGEOCHIMIE DU COMPLEXE RHYOLITIQUE DE LA MINE HUNTER (COMTE D'ABITIBI-OUEST)

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



Licence

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

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 



**MINISTÈRE  
DE L'ÉNERGIE  
ET DES RESSOURCES**

**DIRECTION GÉNÉRALE  
DE LA RECHERCHE GÉOLOGIQUE  
ET MINÉRALE**

**LITHOGÉOCHIMIE DU COMPLEXE  
RHYOLITIQUE DE LA MINE HUNTER  
ABITIBI-OUEST**

**YVES GAGNON**

**RAPPORT PRÉLIMINAIRE**

MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES  
DIRECTION GENERALE DE LA RECHERCHE GEOLOGIQUE ET MINERALE  
DIRECTION DE L'EXPLORATION MINERALE

LITHOGEOCHIMIE DU COMPLEXE  
RHYOLITIQUE DE LA MINE HUNTER,  
ABITIBI-OUEST

RAPPORT PRELIMINAIRE

PAR

Y. GAGNON

1981

DPV-789  
ISBN 2-550-01687-4



TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION .....	1
Localisation et accès .....	1
Physiographie et culture .....	1
Travaux précédents .....	2
Méthodes de travail .....	2
Remerciements .....	2
GÉOLOGIE GÉNÉRALE ET PÉTROGRAPHIE .....	2
Contexte régional .....	2
Description du complexe .....	3
Roches volcaniques felsiques .....	3
Rhyolites massives .....	3
Rhyolites fragmentaires .....	4
Roches volcaniques intermédiaires et mafiques .....	6
Intrusions et autres roches .....	6
Tectonique .....	6
GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE .....	7
Mine Hunter .....	7
Potentiel économique .....	7
GÉOCHIMIE .....	8
Populations .....	8
Corrélations .....	13
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - SiO <sub>2</sub> .....	13
Na <sub>2</sub> O - K <sub>2</sub> O .....	14
MgO - FeO .....	14
TiO <sub>2</sub> - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	14
Ba - K <sub>2</sub> O .....	15
Rb - K <sub>2</sub> O .....	15
MnO - FeO .....	15
Zn - FeO .....	16
Rb - Sr .....	16
ALTÉRATION ET MÉTAMORPHISME .....	16
Carbonatation .....	17
Seuil .....	17
Distribution des éléments majeurs .....	18
Type de carbonate .....	19
Allure régionale .....	20
Chloritisation .....	20
Altération potassique .....	21
Métamorphisme .....	22
LITHOGÉOCHIMIE .....	22
Étude des anomalies .....	22
Rapport Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O .....	22
Indice D.M. .....	23
Rapport Rb/Sr .....	24
Rapport K/Rb .....	24
Roche moyenne normale .....	25
CONCLUSION .....	25
RÉFÉRENCES .....	26
ANNEXES	
1 - Observations pétrographiques .....	28
2 - Analyses chimiques .....	30
3 - Analyses chimiques (SOQUEM) .....	32
4 - Moyennes de Le Maître .....	33
CARTE (1:50 000) .....	hors texte
Carte géologique du complexe rhyolitique de la mine Hunter	



## INTRODUCTION

Ce rapport présente les résultats préliminaires des travaux de terrains effectués au cours de l'été 1979. Ces travaux avaient pour but d'évaluer le potentiel économique des roches acides du complexe de la mine Hunter. Notre étude s'inspire de celles que Valiquette et al. (1978 et 1980) ont réalisées à Normétal et qui ont mis de l'avant le concept de lithogéochimie des roches. L'objectif est d'intégrer les données stratigraphiques, pétrographiques et géochimiques pour tenter d'obtenir le plus de renseignements possible.

### LOCALISATION ET ACCÈS

La zone étudiée se situe au sud-est du lac Abitibi, dans un territoire réservé à la Couronne en vertu de la loi 27 (dossier 1001). Celui-ci, qui couvre 270 km<sup>2</sup> et se situe entre les latitudes 48°32' et 48°42' et les longitudes 79°09' et 79°31', comprend la majeure partie du canton de Roquemaure et une partie, moins importante, des cantons de Palmarolle, d'Hébécourt et de Duparquet (figure 1). Le territoire réservé se situe à une soixantaine de kilomètres au nord de Rouyn-Noranda et à une vingtaine de kilomètres au sud de La Sarre. Elle comprend les villages de Roquemaure, de Saint-Laurent et de Rapide-Danseur.

La route 393 donne accès à la région depuis Duparquet (au sud) et La Sarre (au nord), ces deux villes étant elles-mêmes reliées à Rouyn-Noranda. Une autre route relie Saint-Laurent à la route 393. La région est sillonnée de diverses routes gravelées: routes de rang à tous les 3 km,

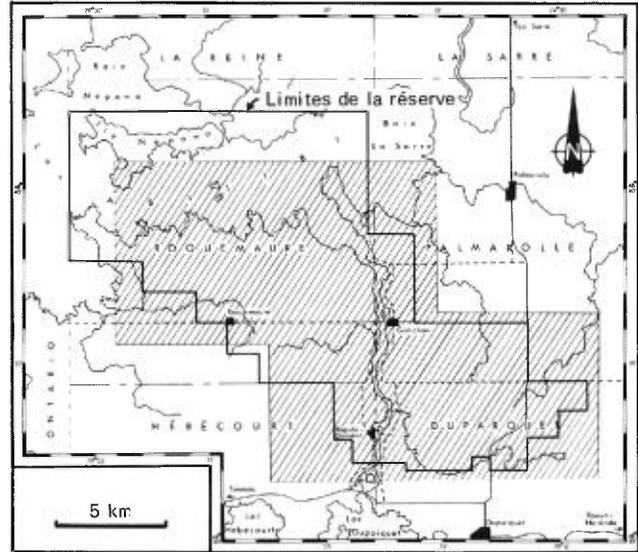


FIGURE 1 - Localisation de la région étudiée (partie de la surface hachurée comprise à l'intérieur de la réserve).

routes sur les deux côtés de la rivière Duparquet et de nombreux chemins forestiers reliant toutes ces routes. Les affleurements sur les rives du lac Abitibi sont accessibles par divers chemins et sentiers ou, plus facilement, par canot, à partir de la rivière Duparquet.

### PHYSIOGRAPHIE ET CULTURE

La région est recouverte d'argile et de dépôts glacio-lacustres; ces dépôts, à granulométrie fine, plus le relief peu accentué, expliquent l'abondance relative de zones marécageuses. L'altitude moyenne, qui se situe à environ 280 m au-dessus du niveau de la mer, atteint rarement 360 m.

La région est bien cultivée, surtout de part et d'autre des routes de rang; les terrains dégagés fournissent ainsi un excellent accès aux affleurements.

## TRAVAUX PRÉCÉDENTS

Notre région a été étudiée, au moins en partie, par plusieurs géologues, notamment Lang et Buffam (1932) et Cooke, James et Mawdsley (1931). Lee (1951) a cartographié une bonne partie de la réserve en 1949; notons, également, que plusieurs travaux entrepris par des sociétés minières aux cours des dernières années ont donné lieu à une cartographie détaillée de certains sites d'intérêt économique.

Plus récemment, Eakins (1972) a cartographié le canton de Roquemaure; son travail nous a été d'une grande utilité. Enfin, Boivin (1974) a préparé une thèse dont le terrain d'étude incluait le sud de la réserve.

## MÉTHODES DE TRAVAIL

La cueillette des informations géologiques a été grandement facilitée par les cartes de compilation géoscientifique du ministère de l'Énergie et des Ressources, lesquelles fournissent une excellente localisation des affleurements. Notre tâche s'est donc résumée à vérifier et à compléter la géologie tout en échantillonnant les zones d'intérêt. Plus de 350 échantillons ont été prélevés, à partir desquels 200 lames minces ont été préparées. Le centre de Recherches minérales du ministère

a effectué l'analyse de la moitié des 200 échantillons ayant fourni les lames minces. Finalement, 39 analyses chimiques, portant sur des échantillons prélevés au cours de l'été 1978, ont été gracieusement mises à notre disposition par SOQUEM.

La carte qui accompagne le rapport est à l'échelle de 1:50 000. Les affleurements ont toutefois été cartographiés à l'échelle de 1:15 000 (échelle des photographies aériennes); certains ont même été cartographiés à l'échelle de 1:1000.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à souligner l'assistance apportée par Gilles Brodeur, Benoît Couture et Raynald Vincent, assistants en second. Nous remercions également Gérard Thériault, de SOQUEM, pour l'accès aux données de la société ainsi que pour les discussions constructives que nous avons eues avec lui. Il faut aussi mentionner la collaboration de Gaston Gélinas, responsable de l'atelier de lames minces de l'École Polytechnique, ainsi que celle de Jos. Gagnon, directeur du service d'analyse et de contrôle du Centre de Recherches minérales du ministère. Signalons, finalement, l'assistance technique de Jules Cimon et de Jean Dugas, de la direction de l'Exploration minérale du ministère.

## GÉOLOGIE GÉNÉRALE ET PÉTROGRAPHIE

### CONTEXTE REGIONAL

Les roches de la région, d'âge Précambrien, se situent dans le Supérieur. Stratigraphiquement, le complexe de la mine Hunter se trouve à la base du groupe de Kinojévis, entre le granite de Palmarolle, au

nord, et les unités tholéitiques Deguisier, au sud (Gélinas et al., 1977). Il se caractérise par l'abondance de roches felsiques, les principales étant des rhyolites et des roches pyroclastiques associées (Boivin, 1974).

Il est impossible de se faire une idée des formations immédiatement antérieures au complexe, le batholite de Palmarolle masquant la base de celui-ci. A remarquer l'analogie entre les complexes de la mine Hunter et de la mine Normétal. Les deux présentent une forme identique: leur épaisseur, qui atteint plusieurs kilomètres dans la partie occidentale, diminue vers l'est. De plus, un batholite granitique entame leur base.

Tectoniquement parlant, la région se caractérise par une faille majeure, la faille de Porcupine-Destor, qui se situe à environ 5 km au sud du complexe. On rencontre, immédiatement au sud du complexe, une zone de cisaillement constituée de plusieurs failles dont les effets sont variables; cette zone semble marquer la limite entre le complexe et les unités tholéitiques Deguisier.

#### DESCRIPTION DU COMPLEXE

Le complexe de la mine Hunter se compose d'une multitude de petites unités - généralement de moins de 10 m d'épaisseur - de composition variable. La cartographie et la pétrographie ont permis de grouper ces unités d'après leurs caractéristiques primaires ou secondaires. La cartographie a, de plus, montré que ces roches sont métamorphosées au faciès des schistes verts. Les observations pétrographiques sont regroupées dans l'annexe 1.

#### ROCHES VOLCANIQUES FELSIQUES

Nous avons divisé les roches volcaniques felsiques en deux groupes, d'après leur mode de gisement: rhyolites massives et rhyolites fragmentaires. Les deux groupes possèdent plusieurs traits distinctifs que nous décrirons ci-après.

#### RHYOLITES MASSIVES

Les observations de terrain montrent que les rhyolites massives sont généralement dures et siliceuses, de couleur blanche à grise et, occasionnellement, tachetées de vert (chlorite). Ces roches contiennent généralement des phénocristaux de quartz ou de feldspath (parfois les deux), la dimension et la quantité de ceux-ci étant très variables. La schistosité est, de façon générale, assez peu manifeste; on trouve, toutefois, certaines rhyolites "massives" dans des zones de cisaillement et il faudrait alors utiliser le terme "homogène" plutôt que celui de "massive". Nous avons observé un débit prismatique dans les rhyolites dites "massives"; les figures 2 et 3 montrent que ces structures semblent témoigner du recoupement de plusieurs schistosités. A noter que ces rhyolites à débit prismatique sont toujours très dures, blanchâtres et ne sont jamais porphyriques.

Le microscope révèle que la plupart des rhyolites sont à prédominance de phénocristaux de feldspath, dont la dimension excède rarement 4 mm. Ces phénocristaux, qui ont une composition plutôt potas-



FIGURE 2 - Débit prismatique dans la rhyolite massive et homogène. Vue vers l'ouest. A proximité de l'échantillon 126.



FIGURE 3 - Débit prismatique dans la rhyolite massive et homogène. Vue vers l'est. A proximité de l'échantillon 9.

sique (orthose, microcline), s'altèrent pour donner de fines paillettes de séricite. On observe les macles de l'albite et de Carlsbad (celles-ci, plus nombreuses), lesquelles, plus le fait que les feldspaths sont idiomorphes, permettent de distinguer les phénocristaux de feldspath de ceux de quartz, qui sont plus limpides. Les roches à prédominance de phénocristaux de quartz sont un peu moins nombreuses; cependant, ceux-ci sont habituellement accompagnés de phénocristaux de feldspath.

Les rhyolites à phénocristaux de quartz seulement sont en effet assez rares, alors que celles à phénocristaux de quartz et de feldspath, ou de feldspath seulement sont abondantes. Les phénocristaux de quartz sont généralement hypidiomorphes (rarement bi-pyramidaux) et ils montrent ordinairement des traces de corrosion (résorption magmatique). La déformation s'y traduit par une extinction ondulante, si la contrainte a été faible; on observe également des "pressure shadows" et, même, un écrasement accentué, si la déformation a été intense.

La matrice est constituée d'un amalgame de quartz-feldspath où les deux

minéraux sont difficiles à distinguer vu que ces roches sont aphanitiques. Nous avons noté, en plusieurs endroits, du mica (muscovite ou séricite) en petites paillettes plus ou moins orientées suivant la schistosité. Chlorite et carbonates sont le produit de l'altération. La chlorite provient occasionnellement de l'altération de la biotite, dont tous les stades sont visibles, depuis la biotite fraîche jusqu'à la chlorite montrant des traces de zircon pléochroïque, en passant par un cristal unique fait de biotite et de chlorite.

Notons, comme minéraux accessoires, des minéraux opaques (hématite, pyrite, etc.), présents en plusieurs endroits, ainsi que du zircon, de la tourmaline ou du sphène en traces.

Ce que nous venons de dire au sujet des rhyolites massives s'applique également aux fragments des rhyolites fragmentaires, lesquels ne seront donc pas décrits de façon aussi détaillée.

#### RHYOLITES FRAGMENTAIRES

Nous regroupons sous le terme de rhyolites fragmentaires les roches autoclásticas (brèches) et les roches pyroclásticas (tufs); les secondes représentent toutefois la majeure partie de ce groupe.

Les brèches, peu nombreuses, sont surtout des brèches de déformation (plus rarement d'écoulement), généralement associées aux rhyolites massives. Les fragments, anguleux ou étirés, baignent dans une matrice aphanitique, qui montre, ici et là, une sorte de structure fluidale.

Vu qu'elles forment la plus grande partie des roches fragmentaires, les roches

pyroclastiques sont d'un grand intérêt. Elles comprennent des tufs fins et des tufs à lapillis. Ces tufs sont, ici et là, bien lités et leur couleur, très variable, dépend des proportions de matrice et de fragments; on observe généralement une coloration grisâtre.

Les tufs possèdent plusieurs caractéristiques intéressantes; ainsi, la figure 4 fait voir la structure délicate d'un tuf fin, laquelle s'apparente à la structure produite par des turbulences en milieu sous-marin. Ce tuf fin est aphanitique et peut être suivie sur plusieurs dizaines de mètres.

Les roches pyroclastiques permettent de détecter des critères de polarité; ainsi, la figure 5 montre un litage entrecroisé entre deux tufs à lapillis (contact érosif) et la figure 6 fait voir une empreinte de charge. Ces deux critères donnent des sommets vers le sud, ce qui sera confirmé plus loin.

Au plan de la minéralogie, les rhyolites fragmentaires s'apparentent aux rhyolites massives, quoique les minéraux micacés (muscovite et séricite) y soient en



FIGURE 4 - Détail d'un tuf fin pratiquement chertueux. A noter les laminations fines et ondulées. Vue vers le sud. A proximité de l'échantillon 8.



FIGURE 5 - Litage entrecroisé entre deux unités pyroclastiques rhyolitiques. Sommet vers le sud (haut). A proximité de l'échantillon 69.



FIGURE 6 - Empreinte de charge sous un fragment moins rhyolitique que la matrice. A noter que les petites laminations disparaissent à la pointe du marteau. Sommet vers le sud. A proximité de l'échantillon 47.

proportions plus élevées. On observe également une altération plus avancée qui se traduit par une forte proportion de chlorite et de carbonates. Cette altération s'explique par la porosité originelle de la roche, laquelle a permis la circulation des fluides hydrothermaux. La minéralisation disséminée (pyrite, surtout) se présente ici et là dans les roches pyroclastiques.

## ROCHES VOLCANIQUES INTERMÉDIAIRES ET MAFIQUES

Vu qu'elles sont plus disséminées que les roches felsiques, les roches volcaniques intermédiaires et mafiques n'ont pas, comme celles-ci, fait l'objet d'une étude détaillée. Toutefois, sur le terrain, elles ont fourni les meilleurs critères de polarité; ainsi, nous avons noté des sommets vers le sud dans les laves mafiques coussinées à l'ouest de l'échantillon 121 (voir carte).

Pétrographiquement parlant, ces laves présentent, en plusieurs endroits, des vacuoles remplies de carbonates, chlorite et quartz; elles contiennent, en quantités importantes, des minéraux, tels que hornblende, épidote et chlorite. La matrice est constituée de feldspath (plagioclase, surtout) et d'un peu de quartz; le grain est un peu plus grossier que dans les rhyolites tout en étant assez fin. Ces roches contiennent, ici et là, des phénocristaux de feldspath et, exceptionnellement, de quartz.

Les unités mafiques sont peu schisteuses; on note la succession normale des faciès massifs, coussinés et bréchiques. L'épaisseur totale d'une telle succession dépasse rarement une dizaine de mètres; il n'est pas rare de rencontrer plusieurs successions sur un même affleurement (par exemple, à l'ouest de l'échantillon 121).

## INTRUSIONS ET AUTRES ROCHES

Diverses intrusions viennent compliquer la cartographie de la région. Signalons, entre autres, les multiples intrusions gabbroïques (ou dioritiques), dont certaines atteignent vraisemblablement plusieurs centaines de mètres d'épaisseur.

Ces intrusions sont très difficiles à interpréter vu qu'elles s'insinuent dans les unités régionales. D'une façon générale, il semble qu'elles soient plus ou moins concordantes avec les autres roches, mais ce n'est là qu'une tendance régionale qui n'a pu être vérifiée à l'échelle de l'affleurement.

La présence du batholite de Palmarolle dans notre région pose un problème intéressant. Nous avons vu que cette intrusion semble masquer les unités sous-jacentes au complexe de la mine Hunter. Notons, cependant, que le batholite paraît se situer à la charnière d'un anticlinal (interprétation de Eakins, 1972). On peut donc se demander si les formations n'ont pas été déformées par l'intrusion. Une étude structurale pourrait nous éclairer là-dessus.

## TECTONIQUE

Les données tectoniques (linéation, schistosité, fracturation, litage, etc.) peuvent permettre d'établir des zones ayant subi les mêmes contraintes. Plusieurs auteurs ont traité cette question (Ramsay, 1967; Hobbs, Means et Williams, 1976); nous avons appliqué leurs techniques aux données recueillies.

Il ressort de l'étude préliminaire que nous avons effectuée que la tectonique de la formation de la mine Hunter est des plus complexes. A priori, il est impossible de corroborer ou d'infirmer les interprétations de Eakins, notamment celle de la présence d'un anticlinal. Nous devons, lors des travaux de 1980, tenir compte de cette tectonique complexe; nous devons, également, vérifier plusieurs mesures, particulièrement dans le secteur de la charnière de l'anticlinal présumé. L'étude structurale

rale devra être approfondie, étant donné l'influence de la tectonique sur la conti-

nuité latérale des unités et, par ricochet, sur les minéralisations.

## GÉOLOGIE ÉCONOMIQUE

Nous faisons ici un bref exposé des facteurs qui ont contrôlé la minéralisation dans l'ancienne mine Hunter et, aussi, des diverses occurrences offrant un potentiel économique.

### MINE HUNTER

Les renseignements sur cette mine sont tirés de Dugas (1957). Les formations ont un pendage au sud dans la partie est des terrains, et un pendage à peu près au nord dans la partie ouest. La géologie de la mine se résume à de la rhyolite accompagnée de lits de tuf et d'agglomérat. Une zone de cisaillement (Lyndhurst-Beattie), parallèle, en gros, au contact rhyolite-andésite, se présente au sud de la mine.

La minéralisation, qui est contenue dans la rhyolite cisailée, se présente en amas de veines irrégulières de chalcopryrite, avec peu de sphalérite et pratiquement pas de pyrite. La chalcopryrite est disséminée sur des largeurs considérables mais est à faible teneur.

Le gisement se compose de trois lentilles convexes vers le haut, en échelon et avec un pendage au sud. La plus grande a approximativement 110 m de longueur sur 90 m de hauteur et 6 m de largeur.

La production à la mine a commencé en janvier 1957 et a pris fin en septembre 1957. Elle a atteint environ 150 000 tonnes à approximativement 1% Cu accompagné d'un peu d'argent.

### POTENTIEL ECONOMIQUE

Les occurrences minéralisées sont assez rares dans la zone étudiée; nous avons cependant rencontré quelques-unes près des sites d'échantillonnage 144 et 418 dans le canton de Palmarolle. Celles-ci, dans lesquelles on avait noté de l'or, ont été étudiées par SOQUEM. Elles contiennent de la chalcopryrite et de la pyrite disséminées.

Il existe également une autre minéralisation intéressante, constituée par une formation de fer contenant du jaspe, de la magnétite et du quartz. On trouve cette formation entre les sites d'échantillonnage 128 et 129 (canton de Roquemaure); elle ne s'étend que sur quelques dizaines de mètres (figure 7).

Enfin, nous avons noté des occurrences de fragments de jaspe dans un tuf



FIGURE 7 - Formation de fer, avec fragments de jaspe (bandes sombres et ondulées), dans une roche pyroclastique plus cu moins rhyolitique. Vue vers l'ouest. A proximité des échantillons 128 et 129.

rhyolitique à lapillis; ces fragments, subarrondis, ont entre 0.5 et 10 cm de diamètre. Ces occurrences se situent stratigraphiquement plus haut dans le complexe de la

mine Hunter. On les rencontre aux endroits suivants: près du site d'échantillonnage 414, au NW du site d'échantillonnage 864, et à proximité des sites 874 et 112.

## GÉOCHIMIE

Sur les 200, échantillons prélevés, 100 ont été analysés pour 27 éléments, soit pour 14 éléments majeurs (13 oxydes, plus S) et 13 éléments-traces. Les résultats des analyses sont présentés à l'annexe 2. SOQUEM a gracieusement mis à notre disposition 39 résultats d'analyse. Nous en présentons 29 à l'annexe 3, les 10 autres n'ayant pas trait au complexe rhyolitique. Ces échantillons ont été analysés pour 20 éléments, dont 13 éléments majeurs (12 oxydes, plus S) et 7 éléments-traces.

Avant de procéder plus avant, précisons qu'il faut entendre par élément majeur, tout élément auquel on attribue l'apparition d'une phase minérale (dont il est un constituant propre) et par élément trace, tout élément qui n'affecte pas la paragenèse minérale et est donc en substitution dans des phases préexistantes. Nous utilisons donc une définition thermodynamique, proposée par Korzhinskii (1959, p. 71), et appliquée également au projet Normétal (Valiquette et al., 1978, p. 52).

Le présent chapitre présente les résultats d'une première phase de traitement des données géochimiques. A l'aide d'histogrammes, nous effectuerons, pour chacun des éléments analysés, un examen détaillé des populations. Nous étudierons ensuite, au moyen de diagrammes binaires, les différentes corrélations significatives.

### POPULATIONS

La population de chacun des éléments analysés est donnée par les histogrammes des figures 8 à 14. Chaque élément sera étudié séparément, mais précisons tout d'abord notre terminologie. Les distributions peuvent obéir à deux lois principales: la loi normale, si les populations se distribuent symétriquement ou la loi log-normale, si la distribution est asymétrique (Davis, 1973). Il est également possible d'observer une foule d'étapes intermédiaires présentant le mélange de deux ou plusieurs distributions obéissant à l'une ou l'autre loi. C'est là qu'entre en jeu la modalité de la population; si celle-ci est constituée d'une seule distribution, on aura un mode ou un seul pic dans l'histogramme (p. ex.,  $\text{SiO}_2$ ) et s'il y a plusieurs distributions, l'histogramme présentera plusieurs modes et plusieurs pics (p. ex.,  $\text{CaO}$ ).

#### $\text{SiO}_2$ (FIGURE 8)

Distribution asymétrique qui, toutefois, semble s'apparenter à une distribution normale. A remarquer l'étalement des échantillons de SOQUEM, relativement marqué par rapport aux nôtres, et qui s'explique par la méthode de prélèvement. L'échantillonnage de SOQUEM a été effectué selon une grille moins serrée (deux ou trois lignes seulement) et a porté sur plu-

sieurs types de roches. Par contre, étant donné notre objectif, notre échantillonnage a surtout porté sur les roches acides (rhyolitiques et rhyodacitiques).

#### Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (FIGURE 8)

Distribution log-normale. Les échantillons de SOQUEM ne sont pas montrés, les résultats de leurs analyses montrant que tout leur fer est sous forme de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (la teneur en FeO n'a pas été déterminée). Ceci fausserait considérablement l'histogramme, un deuxième mode beaucoup plus riche étant ainsi présent.

#### Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (FIGURE 8)

Distribution plutôt log-normale. A remarquer que nos échantillons semblent suivre une loi log-normale, alors que ceux de SOQUEM s'alignent plutôt sur une distribution normale. Ce qui, encore là, s'explique probablement par la méthode d'échantillonnage.

#### FeO (FIGURE 8)

Distribution asymétrique étalée, s'approchant plus de la loi normale que de la loi log-normale.

#### K<sub>2</sub>O (FIGURE 9)

Distribution asymétrique, plutôt normale. L'asymétrie provient du grand nombre de valeurs faibles et de l'étalement des valeurs fortes.

#### Na<sub>2</sub>O (FIGURE 9)

Distribution bimodale, qui, toutefois, tend vers une distribution normale étalée, évidente pour nos échantillons. A remarquer que le deuxième mode de la distribution est dû aux échantillons de SOQUEM.

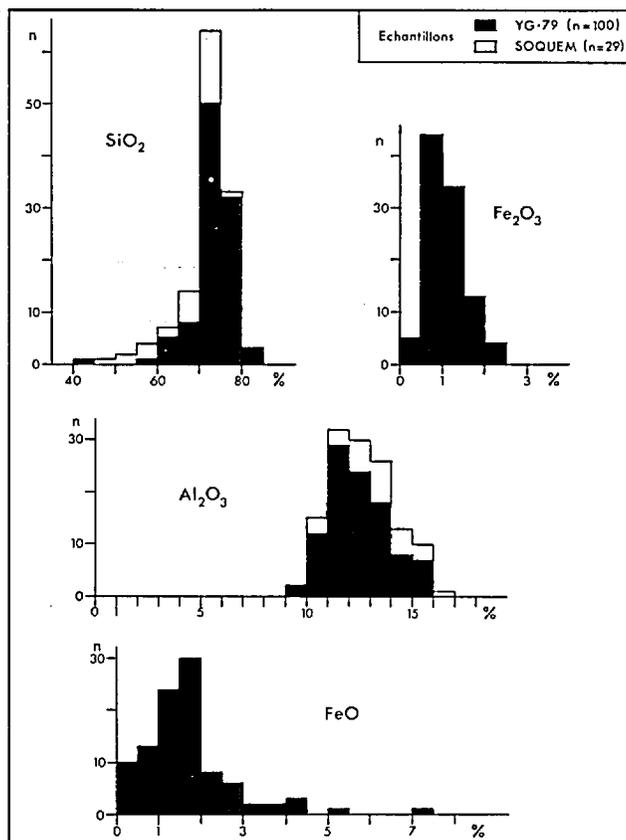


FIGURE 8 - Histogrammes de SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et FeO (Noir: échantillons de l'auteur; blanc: échantillons de Soquem).

#### MgO (FIGURE 9)

Distribution asymétrique étalée. L'étalement témoigne de la présence de roches intermédiaires et mafiques, généralement plus riches en MgO que les rhyolites.

#### TiO<sub>2</sub> (FIGURE 10)

Distribution log-normale étalée. L'étalement s'explique encore une fois par les échantillons plus mafiques (plus riches en TiO<sub>2</sub> que les roches felsiques).

#### CO<sub>2</sub> (FIGURE 10)

Distribution bimodale, tout de même asymétrique et étalée. Nous expliqu-

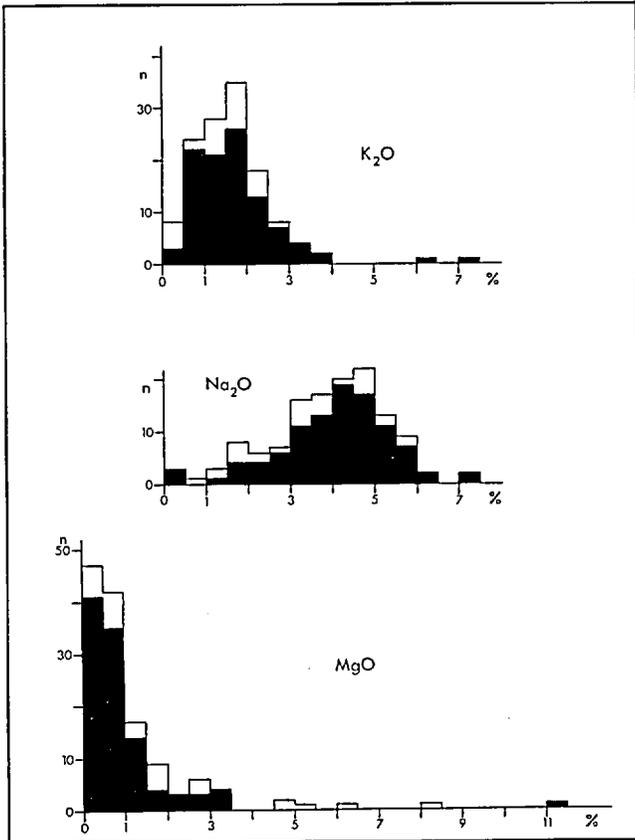


FIGURE 9 - Histogrammes de  $K_2O$ ,  $Na_2O$  et  $MgO$ . Pour légende, voir figure 8.

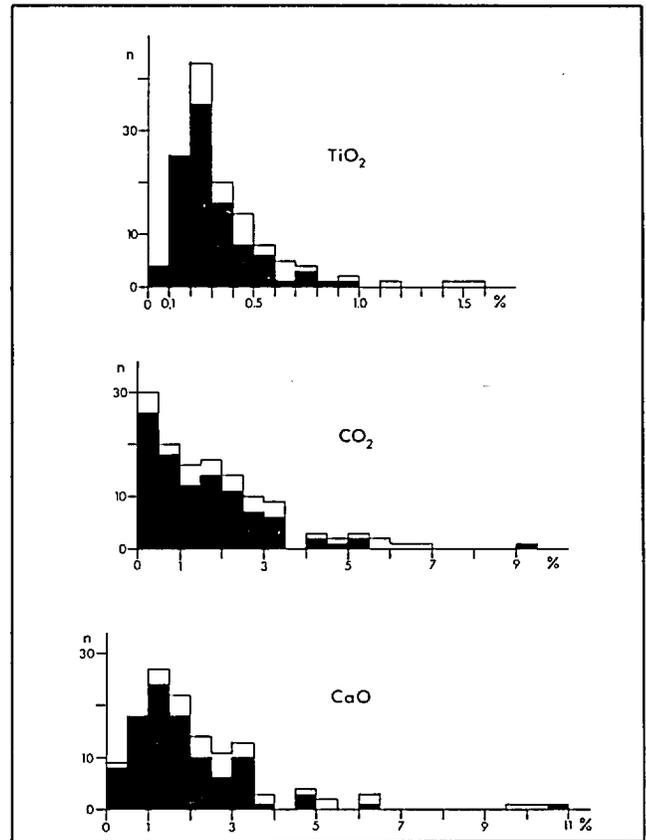


FIGURE 10 - Histogrammes de  $TiO_2$ ,  $CO_2$  et  $CaO$ . Pour légende, voir figure 8.

rons plus loin le deuxième mode de la distribution.

**CaO (FIGURE 10)**

Distribution bimodale étalée. Il s'agit peut-être d'un mélange de deux populations normales, hypothèse qui reste à vérifier.

**$P_2O_5$  (FIGURE 11)**

Distribution asymétrique, bimodale et étalée. Le deuxième mode (0.16%), de même que l'étalement, sont accentués par les échantillons de SOQUEM. L'étalement est vraisemblablement dû aux échantillons plus mafiques.

**S (FIGURE 11)**

Distribution asymétrique étalée. L'étalement témoigne des échantillons faiblement minéralisés en sulfures.

**$H_2O^+$  (FIGURE 11)**

Distribution normale.

**MnO (FIGURE 11)**

Distribution asymétrique, plutôt log-normale et étalée. A remarquer que la distribution de nos échantillons est trimodale et que celle des échantillons de SOQUEM est plus étalée.

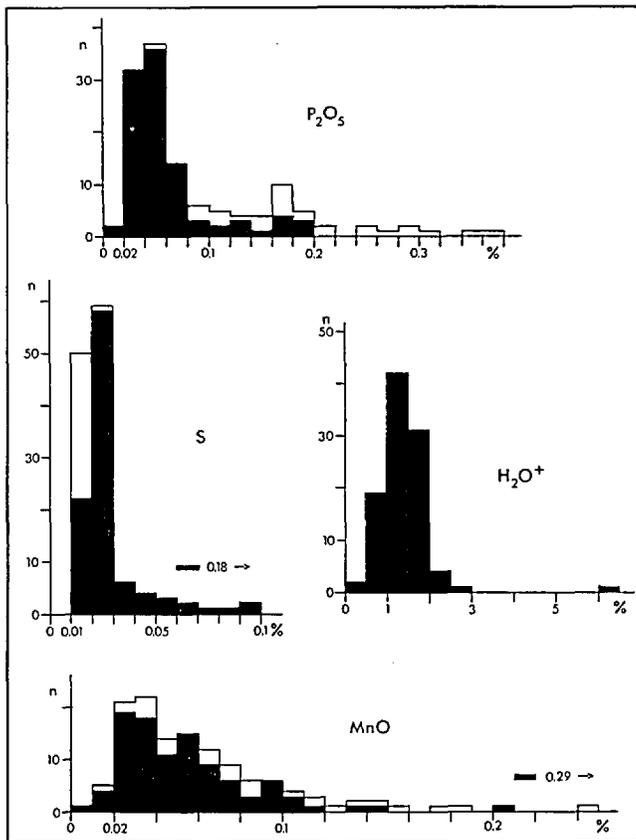


FIGURE 11 - Histogrammes de  $P_2O_5$ , S,  $H_2O^+$  et MnO. Pour légende, voir figure 8.

Pb (FIGURE 12)

Distribution asymétrique. A noter que plus de 80% de nos échantillons sont sous le seuil de détection (0.5 ppm).

Cu (FIGURE 12)

Distribution asymétrique. Quelques échantillons sont un peu plus riches: deux ont titré chacun 140 ppm, et deux autres, respectivement 240 et 550 ppm.

Zn (FIGURE 12)

Distribution trimodale. On peut l'apparenter à une loi normale, mais trop d'irrégularités obscurcissent l'histogramme

pour qu'on puisse tirer une conclusion définitive.

Ni (FIGURE 12)

Distribution asymétrique. A remarquer que 42 échantillons sont sous le seuil de détection (0.2 ppm) et que deux échantillons montrent respectivement des teneurs de 106 et 220 ppm, lesquelles ont vraisemblablement été décelées dans des roches plus mafiques.

Cr (FIGURE 13)

Distribution asymétrique. Onze échantillons sont sous le seuil de détection (0.3 ppm), alors que deux autres tiennent respectivement 95 et 530 ppm.

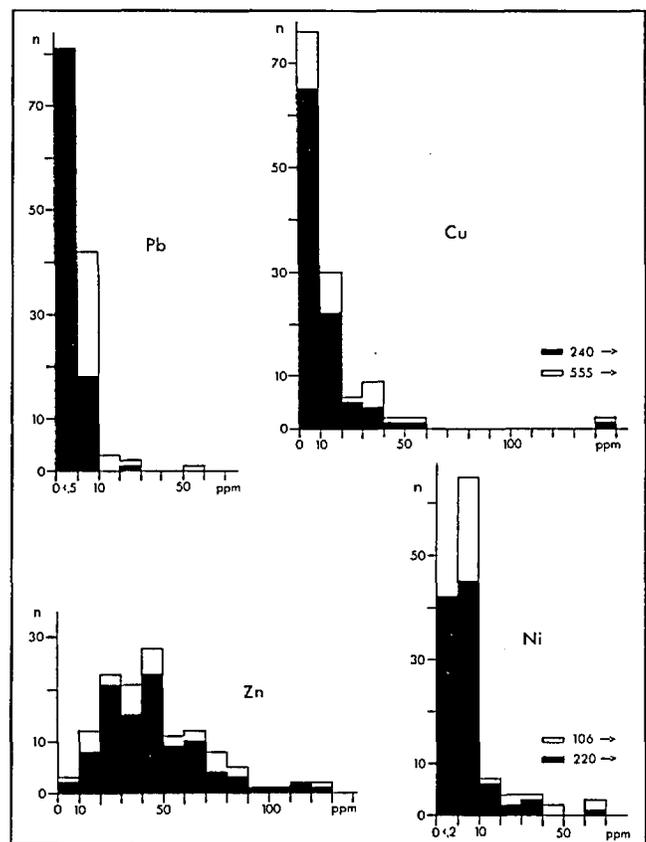


FIGURE 12 - Histogrammes de Pb, Cu, Zn et Ni. Pour légende, voir figure 8.

Li (FIGURE 13)

Distribution asymétrique. Quatorze échantillons sous le seuil de détection (< 1 ppm).

Zr (FIGURE 13)

Distribution multimodale étalée. Trois ou quatre modes différents tendent à produire une dispersion.

Sr (FIGURE 13)

Distribution bimodale. On trouve une distribution à peu près normale, centrée à 75 ppm, et un étalement des fortes teneurs (> 150 ppm).

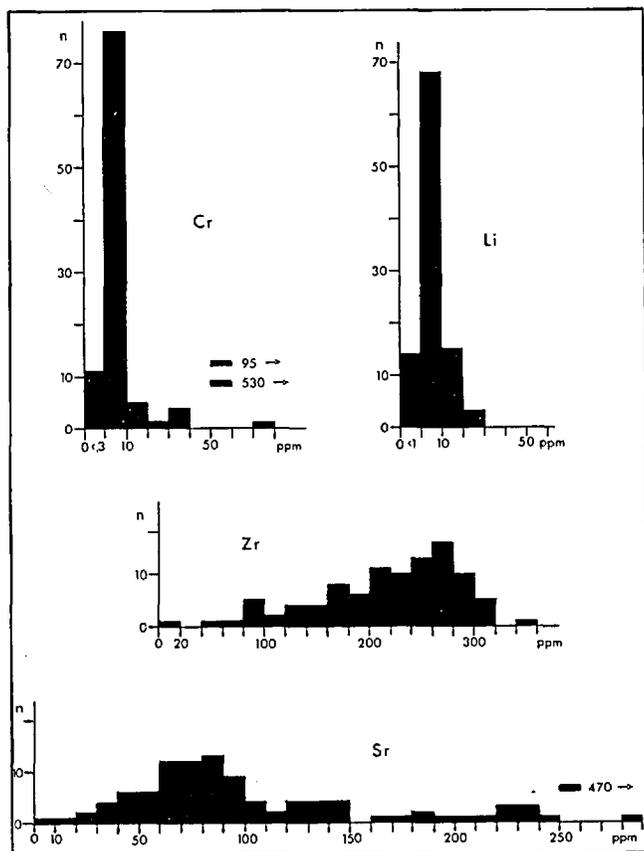


FIGURE 13 - Histogrammes de Cr, Li, Zr et Sr. Pour légende, voir figure 8.

V (FIGURE 14)

Distribution asymétrique. A noter que 65 échantillons sont sous le seuil de détection (3 ppm) et qu'il existe une dispersion marquée des teneurs de plus de 50 ppm.

Ba (FIGURE 14)

Distribution log-normale; il s'agit là d'un très bel exemple de la loi log-normale.

Y (FIGURE 14)

Distribution bimodale. L'un des deux modes est constitué des sept échantillons sous le seuil de détection (3 ppm) et l'autre tend vers une distribution normale.

Rb (FIGURE 14)

Distribution bimodale. L'un des deux modes est une distribution normale (95% des échantillons) et l'autre est difficile à expliquer.

Nb (FIGURE 14)

Distribution multimodale dispersée, dont l'un des modes est constitué des 15 échantillons sous le seuil de détection (4 ppm).

Signalons que les échantillons de SOQUEM n'ont pas été analysés pour FeO, H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, Cr, Li, Zr, Sr, V, Ba, Y, Rb et Nb, mais que, par contre, ils l'ont été pour Co, Ag et Au. Cependant, vu que l'échantillonnage de SOQUEM a couvert d'autres roches en plus du complexe rhyolitique, il ne nous a pas paru utile d'étudier les trois derniers éléments.

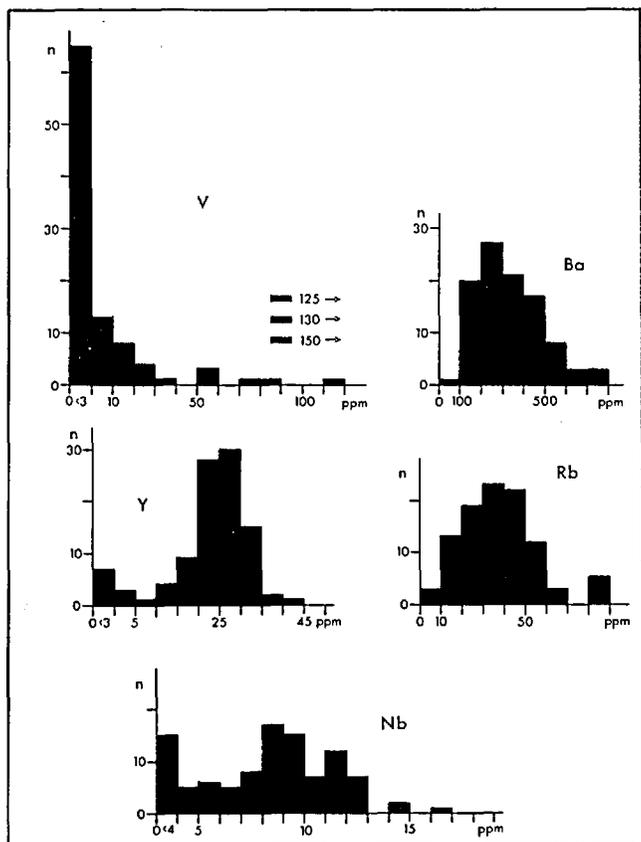


FIGURE 14 - Histogrammes de V, Ba, Y, Rb et Nb. Pour légende, voir figure 8.

En terminant, disons que la plupart des distributions sont assez homogènes et compactes ( $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $K_2O$ , etc.). Par contre, d'autres populations sont plus ou moins étalées ( $FeO$ ,  $Na_2O$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $CO_2$ ,  $CaO$ , etc.); cette dispersion sera analysée et expliquée plus loin.

### CORRELATIONS

Après avoir étudié les populations, il y a lieu de passer à l'examen de certaines corrélations typiques ou simplement significatives. Nous étudierons les corrélations intéressantes à l'aide de diagrammes binaires, ayant toutefois à l'esprit les mises en garde de certains auteurs (Davis, 1973 et Chayes, 1962) au sujet de l'effet de fermeture ("closure effect").

On notera que les graphiques des figures 15 à 18 donnent la composition moyenne de diverses roches, telle qu'établie par Le Maître (1976); ces moyennes, qui sont présentées à l'annexe 4, sont dénotées par R (rhyolites), D (dacites), A (andésites) et B (basaltes).

La figure 15 montre en plus la courbe moyenne de l'Abitibi. Descarreux (1973) a établi cette courbe en se fondant sur un échantillonnage régional, censé être représentatif de l'ensemble de la ceinture volcanique de l'Abitibi.

### $Al_2O_3 - SiO_2$

La figure 15 montre la corrélation négative entre  $Al_2O_3$  et  $SiO_2$ , corrélation excellente si l'on en juge par la densité du nuage de points et par le regroupement selon un axe assez bien défini. Cette corrélation négative, normale, témoigne de l'effet de fermeture (Chayes, 1962); en effet, on note que l'axe du nuage s'oriente vers le pôle du quartz (100%  $SiO_2$ ). A remarquer également les échantillons de composition intermédiaire et mafique ( $< 67.5\% SiO_2$ ) qui se dissocient du nuage des rhyolites et ne s'orientent pas vers le pôle du quartz.

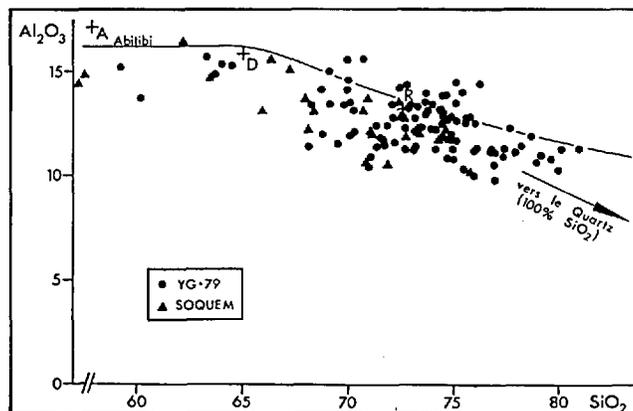


FIGURE 15 - Relation  $Al_2O_3 - SiO_2$ . (Cercles: échantillons de l'auteur; triangles: échantillons de Soquem).

A noter enfin que les moyennes de Le Maître (R, D et A) sont à proximité de la courbe moyenne de l'Abitibi. Le nuage a toutefois tendance à se situer un peu plus bas que la courbe; il s'agit vraisemblablement d'une condition propre à notre complexe rhyolitique. L'échantillonnage de Des-carreaux (1973) ne comprenait, cependant, qu'environ 3.5% de rhyolites et 7.1% de rhyodacites, ce qui expliquerait ce décalage.

#### Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O

La relation Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O (figure 16) montre une situation apparemment complexe. Le nuage de points tend en effet vers une corrélation négative. Il est vaguement défini, les points périphériques étant assez dispersés, notamment dans la partie inférieure (< 2.5% Na<sub>2</sub>O).

De façon générale, il semble que, si on se réfère aux moyennes de Le Maître, nos roches se situent plutôt dans le domaine intermédiaire et mafique (D, A et B); elles sont donc pauvres en K<sub>2</sub>O par rapport à Na<sub>2</sub>O. Nous traiterons, dans la section de la lithogéochimie, des roches à tendance inverse de celle notée ci-dessus.

#### MgO - FeO

La corrélation MgO - FeO (figure 17) est excellente; elle témoigne du comportement semblable de ces deux oxydes. Les points sont disposés de deux façons; ils sont groupés, tout en s'étirant, près du point de la rhyolite moyenne et plutôt dispersés quand la teneur en MgO et FeO augmente.

C'est probablement là le reflet de la carbonatation qui fait que les roches felsiques se comportent comme des roches intermédiaires ou mafiques.

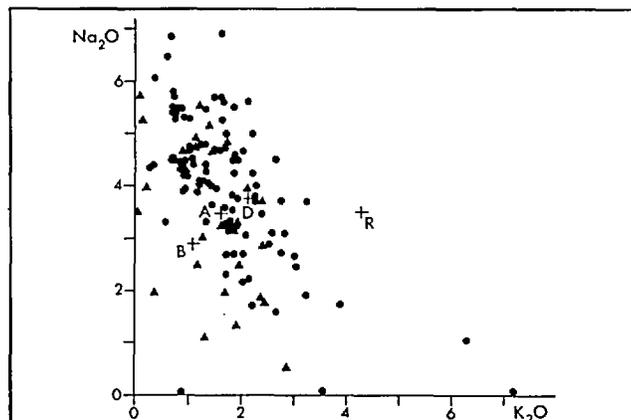


FIGURE 16 - Relation Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O. Pour légende, voir figure 15.

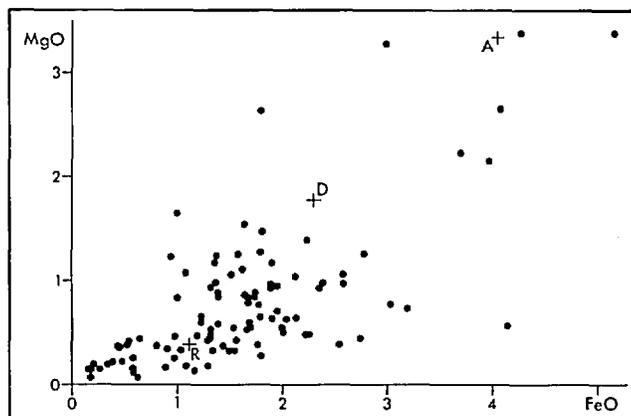


FIGURE 17 - Relation MgO - FeO. Pour légende, voir figure 15.

#### TiO<sub>2</sub> - P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

La corrélation positive entre TiO<sub>2</sub> et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (figure 18) est classique et courante. Signalons un détail intéressant: les échantillons de SOQUEM semblent systématiquement plus riches en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que les nôtres, ce qui fait que le nuage est déformé considérablement.

A prime abord, nos échantillons définissent un nuage assez compact, lequel a toutefois tendance à se disperser, à mesure qu'on s'éloigne du point d'origine. Cette dispersion est d'ailleurs accentuée

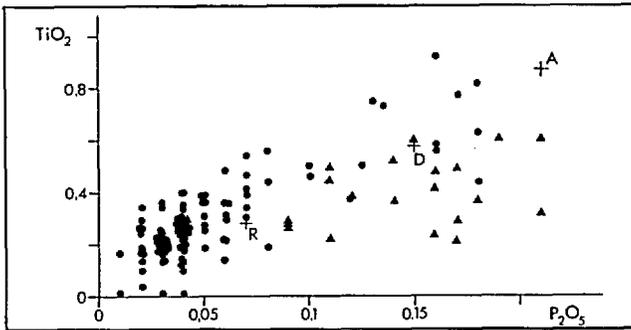


FIGURE 18 - Relation  $TiO_2$  -  $P_2O_5$ . Pour légende, voir figure 15.

par les échantillons de SOQUEM. Le nuage à haute densité (faibles teneurs en  $TiO_2$  et en  $P_2O_5$ ) se situe un peu à gauche du pôle moyen des rhyolites (plus pauvres en  $P_2O_5$ ). On peut se demander jusqu'à quel point la précision des analyses respectives (M.E.R. et Soquem) peut influencer les diagrammes des oxydes dont la concentration est très faible (p. ex.,  $TiO_2$  et  $P_2O_5$ ).

#### Ba - $K_2O$

La corrélation positive entre Ba et  $K_2O$  (figure 19) s'explique par la tendance du baryum à calquer son comportement sur le rubidium et, par ricochet, sur le  $K_2O$ . Ces affinités s'expliquent plus par des rayons ioniques de même ordre de grandeur (1.35 Å pour Ba et 1.48 Å pour Rb) que

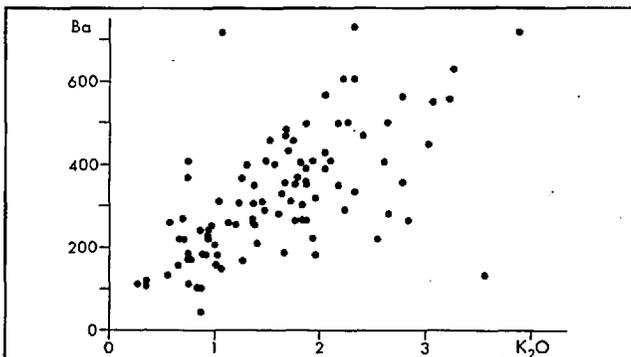


FIGURE 19 - Relation Ba -  $K_2O$ .

par les positions dans le tableau périodique (Ba sous Ca et Rb sous K). On s'explique ainsi la corrélation entre Ba et  $K_2O$  ainsi que l'étendue du nuage.

#### Rb - $K_2O$

La figure 20 montre l'excellente corrélation positive entre Rb et  $K_2O$ . Le Rb se situant directement sous le K dans le tableau périodique, il est normal qu'il se substitue au K dans la structure cristalline des minéraux. La faible dispersion du nuage indique que, dans la pratique, le comportement du Rb se conforme à la théorie. Nous verrons au chapitre de la lithogéochimie de quelle façon cette corrélation est reliée au processus d'altération.

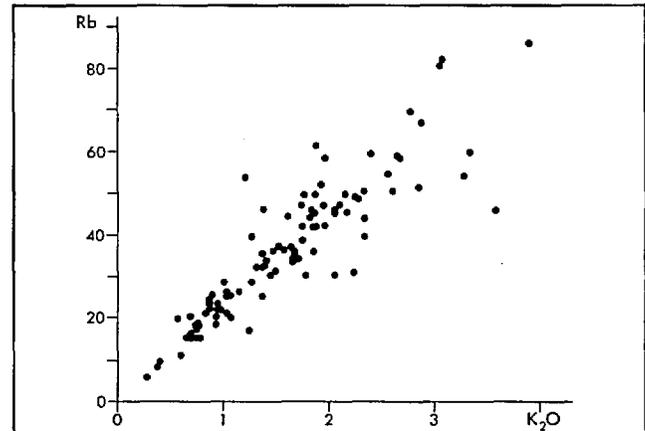


FIGURE 20 - Relation Rb -  $K_2O$ .

#### MnO - FeO

La figure 21 présente la corrélation positive entre Mn et FeO. Celle-ci est modérée car la tendance compacte est assez vague. Par contre, la dispersion du nuage devient évidente avec l'accroissement des teneurs des deux oxydes.

Notons que le Mn a des propriétés chimiques qui font qu'il se substitue au Fe

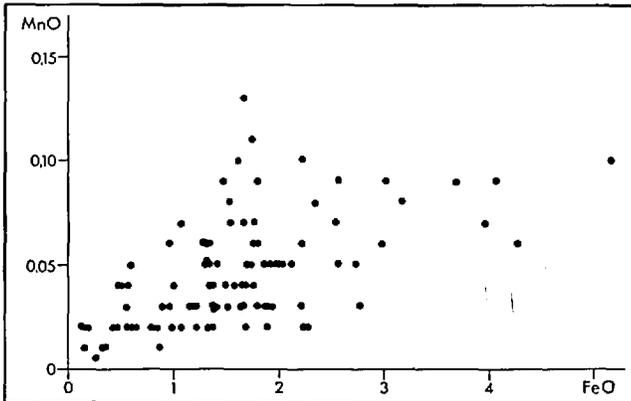


FIGURE 21 - Relation MnO - FeO.

dans les silicates et, parfois en partie, au Mg. Ces substitutions peuvent amener le Mn à se concentrer dans les carbonates, pour peu que ceux-ci soient complexes (voir le chapitre de l'altération).

#### Zn - FeO

La corrélation positive entre Zn et FeO (figure 22) est excellente. Encore ici, on a affaire à un élément (Zn) qui, par sa nature, est porté à se substituer au Fe et, partiellement, au Mg. Remarquons, toutefois, que le nuage est beaucoup plus compact que dans le cas du MnO, où la dis-

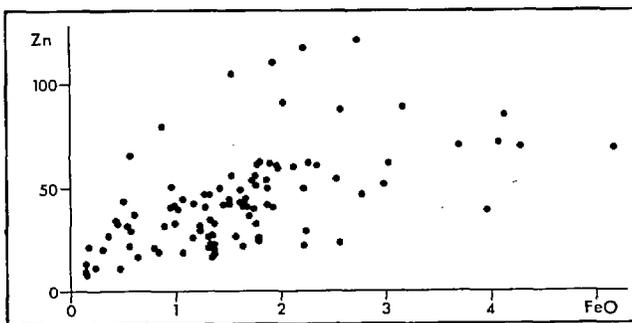


FIGURE 22 - Relation Zn - FeO.

persion s'explique peut-être par la présence de carbonates.

De façon générale, les échantillons ne montrent pas de minéralisation en Zn; tout au plus, pouvons-nous noter quelques teneurs de plus de 75 ppm Zn.

#### Rb - Sr

La relation entre Rb et Sr semble très complexe (figure 23). On distingue une allure vaguement parabolique, mais la corrélation est nettement négative (bien que la dispersion soit très accentuée).

Le comportement de ces deux éléments explique la corrélation négative. On sait que Rb suit  $K_2O$ , que Sr suit CaO et que  $K_2O$  et CaO ont connu des variations lors de l'altération reliée aux gisements volcanogènes. Ce sont ces variations que montre la corrélation Rb - Sr. Nous traiterons de ces variations plus loin (chapters de l'altération et de la lithogéochimie).

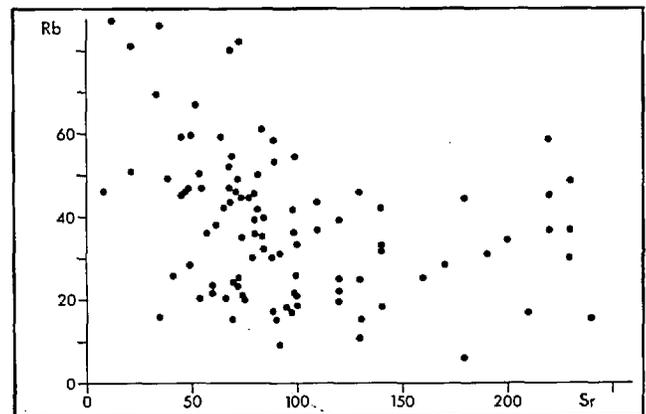


FIGURE 23 - Relation Rb - Sr.

## ALTÉRATION ET MÉTAMORPHISME

Nous venons de voir aux pages précédentes que certaines corrélations ont des

allures parfois complexes. Il semble que dans certains cas, l'altération influence

notablement la distribution et, par conséquent, la corrélation des éléments (p. ex., MnO - FeO ou Rb - Sr).

Nous traiterons, aux pages suivantes, le comportement de certaines altérations et, surtout, l'effet de celles-ci sur les échantillons. Nous utiliserons certains critères, préalablement définis, permettant d'éliminer des échantillons ayant subi une trop forte modification.

Il sera question de séricitisation, de chloritisation mais, avant tout, de carbonatation et, enfin, de l'empreinte laissée dans la région par le métamorphisme.

#### CARBONATISATION

La carbonatation est l'une des altérations les plus répandues dans les roches volcaniques et son effet complique souvent l'interprétation des résultats d'analyses chimiques. Il semble donc difficile de contourner ce problème autrement que par l'élimination, ou, au moins, par l'identification claire, des échantillons affectés.

En conséquence, il nous faudra, par l'étude des distributions de CO<sub>2</sub> et de CaO, établir un seuil de carbonatation. Ce seuil servira à partager les échantillons en deux groupes: carbonatisés et non carbonatisés.

#### SEUIL DE CARBONATISATION

Il est reconnu que, dans les roches volcaniques acides, la teneur normale en CO<sub>2</sub> devrait tendre vers zéro; il serait toutefois irréaliste d'éliminer tous les échantillons contenant du CO<sub>2</sub>. C'est ici qu'entre en jeu le seuil de carbonati-

sation qui sera déterminé par l'histogramme du CO<sub>2</sub> (constituant indispensable des carbonates), ainsi que par la relation CO<sub>2</sub> - CaO (CaO étant un élément majeur des carbonates). Histogramme et relation sont montrés à la figure 24.

On remarquera que l'histogramme du CO<sub>2</sub> possède un pic anormal entre 1.5 et 2.0%. A noter également que les échantillons de SOQUEM se distribuent uniformément alors que les nôtres suivent une distribution décroissante; les méthodes différentes d'échantillonnage expliquent vraisemblablement ces deux distributions.

Si, dans l'histogramme, le seuil est fixé à 1.5% CO<sub>2</sub>, il est par contre

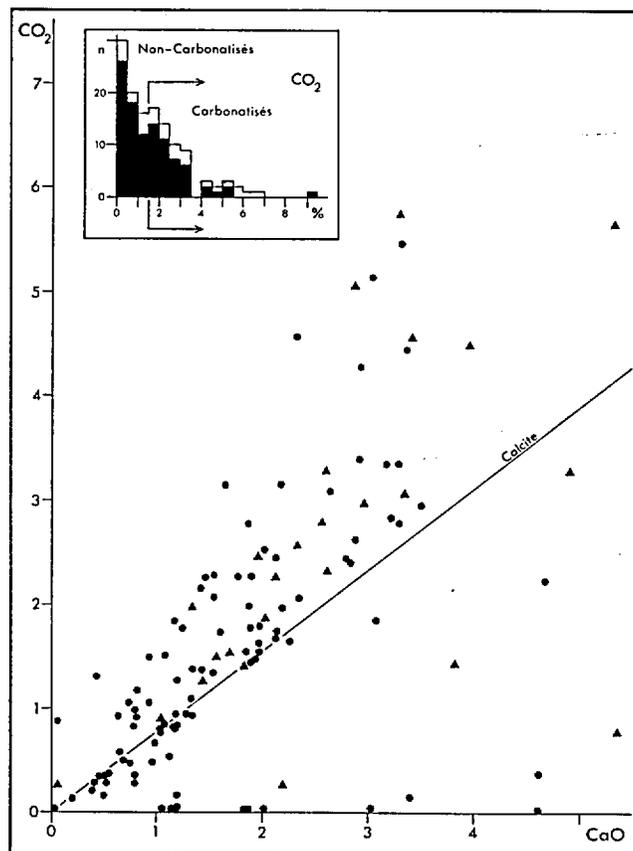


FIGURE 24 - Relation CO<sub>2</sub> - CaO. Le médaillon donne l'histogramme du CO<sub>2</sub>. Pour légende, voir figure 15.

moins évident sur le diagramme  $\text{CO}_2 - \text{CaO}$ . On remarque quand même que le nuage montre une tendance générale à se diviser en deux groupes, dont la limite pourrait être fixée entre 1.3 et 1.6%  $\text{CO}_2$ . Le seuil de 1.5%  $\text{CO}_2$  semble donc adéquat et sera donc utilisé, compte tenu des limites qui le définissent.

#### DISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS MAJEURS

Lorsque nous appliquons le critère défini plus haut à l'ensemble des échantillons prélevés, nous constatons qu'il existe plusieurs comportements parmi les éléments majeurs. Les figures 25 à 28 représentent les distributions, dans les roches non carbonatisées et dans les roches carbonatisées, de chacun des éléments majeurs dont les histogrammes sont illustrés aux figures 8 à 11. On observe ainsi que plusieurs éléments se regrouperont selon la réaction à la carbonatation:

##### $\text{SiO}_2$ et $\text{Al}_2\text{O}_3$ (FIGURE 25)

La carbonatation accentue le pic et le décale vers la gauche; c'est là une autre manifestation de l'effet de fermeture. Un pic accentué caractérise les deux distributions de roches carbonatisées.

##### $\text{FeO}$ ET $\text{MgO}$ (FIGURES 25 ET 26)

La carbonatation augmente les proportions des deux oxydes (décalage vers les fortes teneurs). Les distributions carbonatisées sont asymétriques et très semblables; ces caractéristiques seront mises en corrélation un peu plus loin.

##### $\text{CaO}$ et $\text{CO}_2$ (FIGURE 27)

Ces distributions s'expliquent d'elles-mêmes.

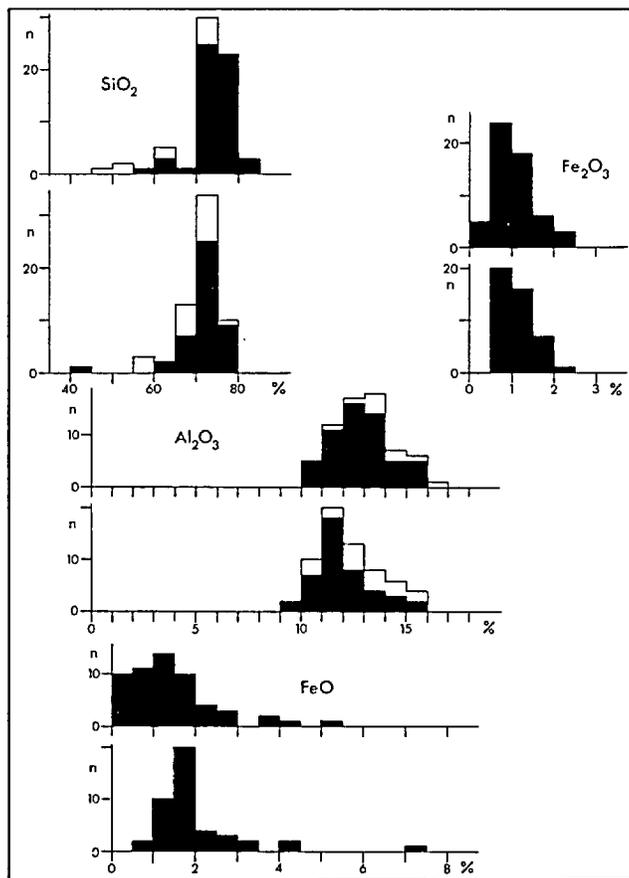


FIGURE 25 - Histogrammes comparatifs de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{FeO}$ . Pour les figures 25, 26, 27 et 28, l'histogramme du haut est pour les roches non carbonatisées, et celui du bas, pour les roches carbonatisées.

##### $\text{Na}_2\text{O}$ et $\text{MnO}$ (FIGURES 26 et 28)

Les distributions sont identiques tant pour les échantillons carbonatisés que pour les échantillons non carbonatisés. Les deux éléments montrent des différences: la carbonatation tend à appauvrir la roche en  $\text{Na}_2\text{O}$  (décalage vers la gauche), alors qu'elle l'enrichit en  $\text{MnO}$  (décalage vers la droite). On se rappellera l'affinité entre  $\text{MnO}$  et  $\text{CaO}$ , laquelle explique un enrichissement normal pour le Mn.

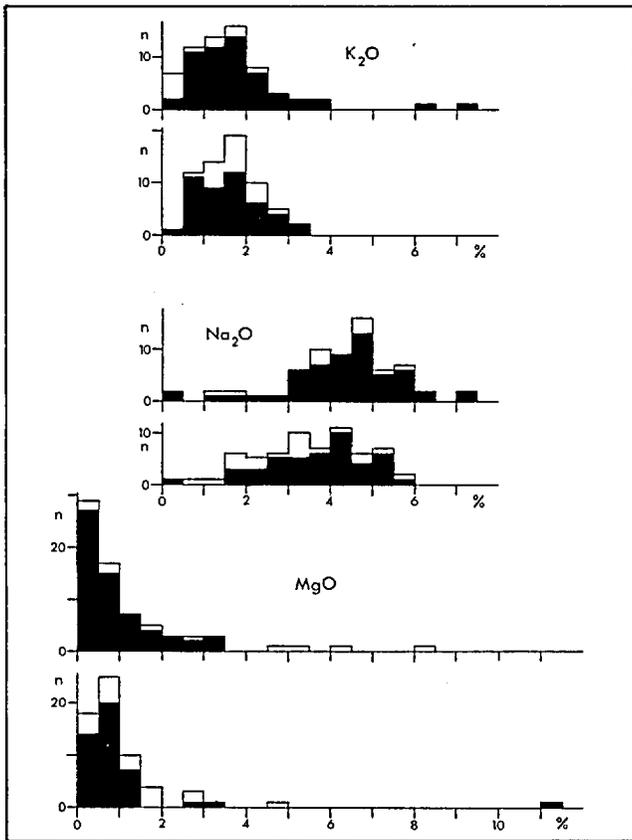


FIGURE 26 - Histogrammes comparatifs de  $K_2O$ ,  $Na_2O$  et  $MgO$ .

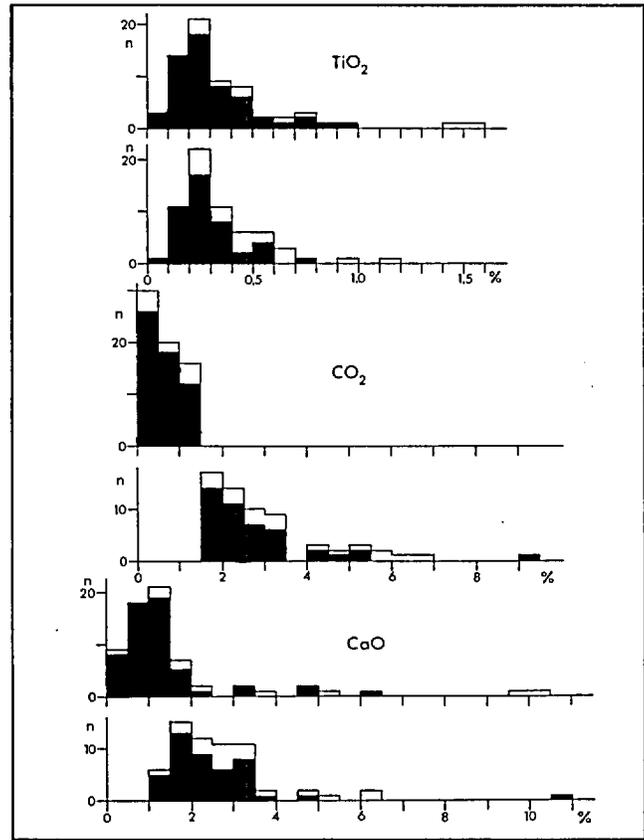


FIGURE 27 - Histogrammes comparatifs de  $TiO_2$ ,  $CO_2$  et  $CaO$ .

$Fe_2O_3$  (FIGURE 25),  $K_2O$  (FIGURE 26),  $TiO_2$  (FIGURE 27),  $P_2O_5$ , S ET  $H_2O^+$  (FIGURE 28)

Ces éléments ne montrent pas d'anomalies dans leurs distributions et nous pouvons supposer qu'ils sont peu (ou pas) affectés par la carbonatation.

Celle-ci a donc pour effet d'augmenter la teneur en  $CO_2$ ,  $CaO$ ,  $FeO$ ,  $MgO$  et  $MnO$  et d'abaisser celle en  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  et  $Na_2O$ ; elle n'influence pas les autres éléments. Tout ceci peut servir à évaluer la composition des carbonates dans les roches.

#### TYPE DE CARBONATE

La figure 24 montre que plusieurs points se situent sur la droite - ou très près - représentant la composition de la calcite. On peut donc affirmer que, pour une partie des échantillons, le rapport  $CO_2/CaO$  se situe autour de 0.30; toutefois, il est à remarquer que ces points se situent autour ou en bas du seuil de carbonatation. L'étude pétrographique avait d'ailleurs montré que quelques échantillons, même s'ils sont sous le seuil de carbonatation, renferment de faibles quantités de carbonates. Ce seuil n'est donc pas absolu et ne sert, somme toute, qu'à éliminer les roches trop carbonatisées.

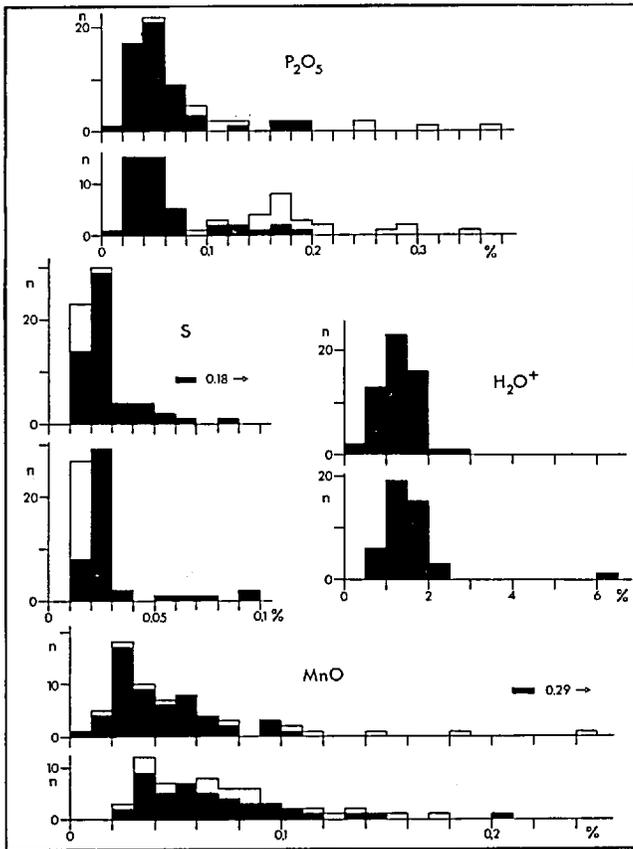


FIGURE 28 - Histogrammes comparatifs de  $P_2O_5$ , S,  $H_2O^+$  et MnO.

Par ailleurs, la même figure montre que le nuage a tendance à se situer au-dessus de la droite de la calcite. Ceci laisse supposer que le CaO n'est pas (en plus du  $CO_2$ ), le seul constituant du carbonate, en tout cas pas dans toutes les roches. Nous avons observé en effet sur le terrain plusieurs roches montrant des surfaces d'altération poreuses et tachetées de rouille. Ceci vient étayer l'hypothèse d'un carbonate à composition généralement complexe, vraisemblablement dans la série de l'ankérite. D'ailleurs, l'enrichissement en FeO, MgO et MnO lors de la carbonatation vient à l'appui de notre hypothèse.

### CARBONATISATION A L'ÉCHELLE RÉGIONALE

On devrait s'attendre, du fait de la nature irrégulière de la carbonatation de ne pas observer, à l'échelle régionale, de relation définie dans la distribution des échantillons carbonatisés. Cependant, comme le montre la figure 29, le sud-est de notre région ne compte que très peu d'échantillons carbonatisés malgré la diversité des types de roches rencontrés. Cette relation n'est pas claire à ce stade-ci; nous y reviendrons plus loin.

Remarquons également l'absence virtuelle du  $CO_2$  près du contact présumé du batholite de Palmarolle (au NE). On observe, en effet, une bande d'environ 1.5 km de largeur, où les échantillons ne sont pas carbonatisés et où, de plus, le  $CO_2$  atteint rarement 0.40%. Signalons, toutefois, que les affleurements sont assez rares dans ce secteur, ce qui expliquerait cette bizarrerie.

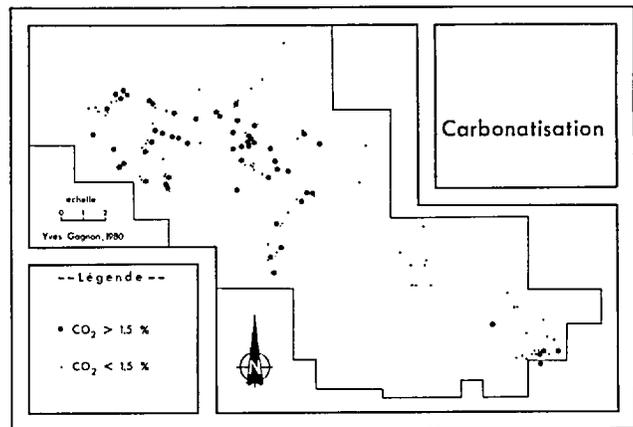


FIGURE 29 - Carbonatation dans la région.

### CHLORITISATION

La chloritisation, courante en Abitibi, est plus particulièrement associée aux gisements volcanogènes de sulfures massifs (Descarreaux, 1973; Spence et De Ro-

sen-Spence, 1975). Cette altération pose toutefois quelques problèmes, surtout dans les rhyolites, du fait de la faible proportion de CaO et MgO. Le rapport de ces deux oxydes est généralement relié au processus de chloritisation et peut donc servir de guide dans l'étude de cette altération.

La figure 30 présente la distribution du rapport CaO/MgO dans la zone étudiée. On remarquera que l'extrémité sud-est est anomalique (chloritisation) alors que le reste de notre région ne montre rien de particulier. Notons que la mine Hunter se situe à 2 km à l'est de cette zone anomale; une étude plus poussée de ce secteur pourrait peut-être expliquer cette altération.

Comme Mellinger (in Valiquette et al., 1978, page 98) l'a déjà signalé, seules les roches non carbonatisées peuvent être étudiées dans un diagramme CaO/MgO si l'on veut tirer des conclusions quant à l'altération hydrothermale des rhyolites. La carbonatation a pour effet d'augmenter la teneur en CaO pour une même teneur en MgO ou de faire augmenter ces deux teneurs à la fois. Aucun de nos échantillons carbonatisés n'a réagi à ce rapport; c'est pour cette raison que tous les points se retrouvent sur le graphique.

Les lames minces ont révélé la présence, fort courante, d'une chlorite provenant de l'altération de la biotite; cette chlorite montre des grains de zircon accentués par un halo pléochroïque. Tous les stades de cette altération ont été observés dans notre région. Notons, finalement, que la chlorite est beaucoup plus répandue que la distribution du rapport CaO/MgO ne le laisse croire (quoique ce rapport ne témoigne pas de la présence de la chlorite, mais plutôt de la chloritisation).

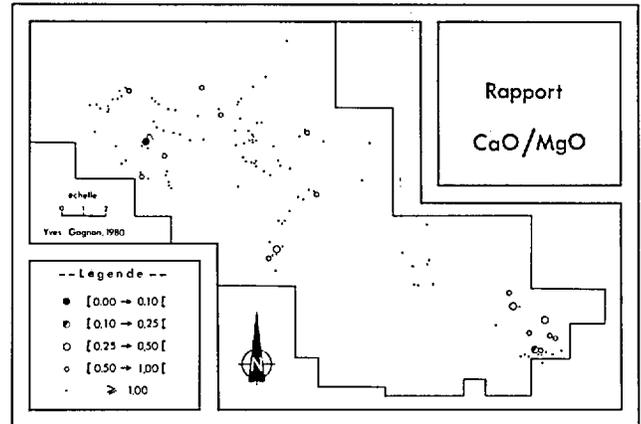


FIGURE 30 - Rapport CaO/MgO dans la région.

#### ALTERATION POTASSIQUE

L'altération potassique, telle qu'étudiée par Mellinger (in Valiquette et al., 1980), se retrouve sous deux formes dans notre région: la séricitisation et une K-feldspathisation rétrograde. Notre région ne montre pas, contrairement à celle de Normétal, de zonations mais plutôt une dispersion générale des deux altérations, notée parfois dans une même lame mince.

La séricitisation, qui est la plus répandue et touche plus de la moitié de nos échantillons, se traduit par la déstabilisation du plagioclase et l'envahissement par la séricite (ou la muscovite). Elle affecte au même degré tous les types de roches - rhyolites massives et fragmentaires - en dépit du fait que les minéraux micacés se forment plus facilement dans les roches fragmentaires. Elle est également reliée aux cheminées d'altération des gisements volcanogènes (Spence et De Rosen-Spence, 1975), d'où l'intérêt qui lui est portée.

La K-feldspathisation ne se rencontre que rarement; cependant, une rétrogradation du feldspath potassique est chose

très répandue. On observe alors une pâte formée d'un agrégat quartzique bourré de fines paillettes de mica blanc (muscovite ou séricite). Ces paillettes sont occasionnellement orientées, de façon préférentielle, suivant les faces cristallines du feldspath potassique préexistant; ces orientations préférentielles donnent un carreautage plus ou moins intense.

#### METAMORPHISME

Les assemblages rencontrés sont les suivants: chlorite-(biotite)-muscovite-quartz et biotite-muscovite-quartz (celui-ci, plus rare). Ces deux assemblages sont caractéristiques du faciès des schistes verts. Le premier, de loin le plus répandu, est celui des schistes verts proprement

dits; il s'est formé (Winkler, 1976) à environ 450°C (entre 400 et 500°C) et à environ 2.5 kb (entre 1 et 4 kb). Le second s'est formé à la fin du faciès des schistes verts, près du début du faciès amphibolite (disparition de la chlorite). Signalons que les échantillons contenant cet assemblage se situent non loin d'intrusions majeures (batholite de Palmarolle, intrusions de diabase ou de diorite); la proximité de telles intrusions explique vraisemblablement ce métamorphisme.

Enfin, signalons que Lakins (1972) a fait état des mêmes assemblages et des mêmes conditions de métamorphisme. Il a même mentionné que le faciès des amphibolites se rencontre ici et là près de contacts avec le batholite de Palmarolle.

### LITHOGÉOCHIMIE

Les données géologiques, pétrologiques et géochimiques exposées jusqu'ici constituent le support d'une étude lithogéochimique, telle que définie par Valiquette et al., 1978, 1980). Il reste maintenant à étudier l'interaction de tous ces facteurs; cette étude permettra d'établir des zones anomaliqes d'après des critères définis dans Valiquette et al. (1978, 1980), Armbrust & Gannicot (1980) et Descarreaux (1973). Nous examinerons également le comportement de différents éléments par rapport à différentes roches. Enfin, nous décrirons à grands traits les roches "normales" de la région et nous tenterons de définir des guides d'exploration.

#### ETUDE DES ANOMALIES

L'étude des corrélations de quelques éléments (majeurs ou traces) révèle

certaines anomalies. Nous traiterons ces relations et les anomalies qui en découlent mais nous tenterons surtout de découvrir les causes de ces anomalies.

#### RAPPORT $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$

L'étude régionale a montré que le rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  permet de détecter les anomalies vu que, pour une altération hydrothermale du type de celle qui nous intéresse ici, on observe un lessivage de  $\text{Na}_2\text{O}$  et un enrichissement en  $\text{K}_2\text{O}$  (Valiquette et al., 1980). Les valeurs du rapport ont été reportées à la figure 31.

Il n'y a que cinq échantillons anomaliqes; on distingue trois zones spécifiques. Les deux anomalies dans la partie nord-ouest sont trop isolées pour qu'on puisse tirer des conclusions valables; par

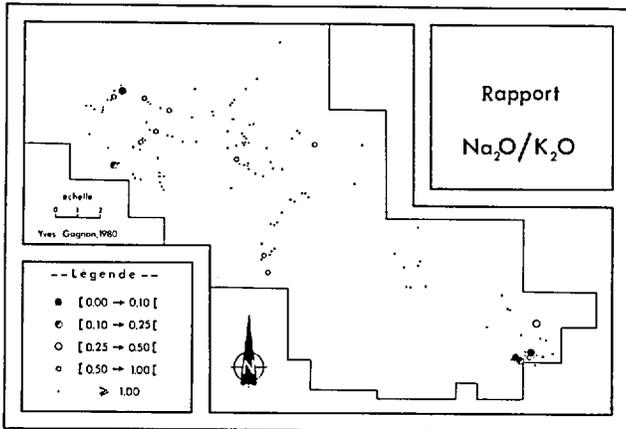


FIGURE 31 - Rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  dans la région.

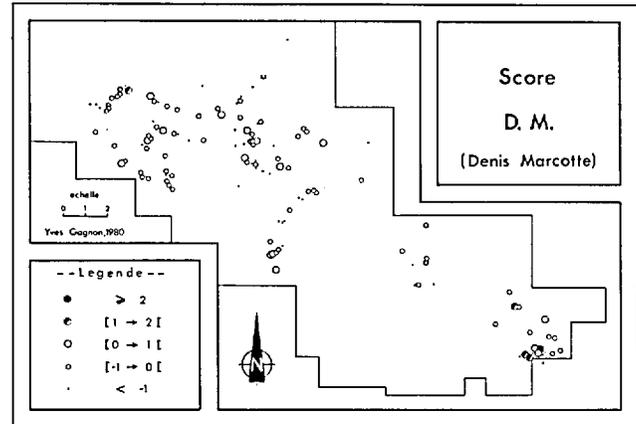


FIGURE 32 - Indice D.M. dans la région.

contre, la zone située à l'extrémité sud-est montre une anomalie beaucoup plus importante, fondée sur trois échantillons vraisemblablement prélevés dans la même unité (rhyolite fragmentaire). La rareté des affleurements ne permet pas d'étendre cette anomalie vers l'ouest; un examen des roches à l'est de la réserve (zone de la mine Hunter) porte à croire, cependant, que l'anomalie se prolonge à l'est.

#### INDICE D.M.

L'indice D.M. (indice discriminant de Marcotte; in Valiquette et al., 1978) est donné, pour chaque échantillon, par:  $1.906 - (0.574 \times \text{Na}_2\text{O}) + (0.301 \times \text{MgO}) - (0.263 \times \text{CaO}) + 1.443 \times \text{TiO}_2 - (0.177 \times \text{FeO total})$  où:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ , etc. sont les teneurs (en % poids) des oxydes dans l'échantillon. On considère comme anormalique un échantillon dont l'indice est positif.

Comme le montre la figure 32, l'indice D.M. donne des valeurs beaucoup plus fortes que le rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ ; à noter que  $\text{K}_2\text{O}$  ne se trouve pas dans l'équation discriminante. Les anomalies sont mineures et beaucoup trop nombreuses et dispersées pour être utilisables. La zone d'intérêt dans la partie sud-est de la

région se révèle accentuée, ce qui ne surprend pas dans le cas de l'indice D.M. Rappelons que celui-ci ne s'applique qu'aux roches renfermant plus de 60%  $\text{SiO}_2$ .

L'indice D.M. et le rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  semblent très bien se compléter; la figure 33 montre que la corrélation est représentée par une courbe exponentielle négative. La zone d'intérêt, située près de l'axe des D.M., ne présente que de rares points. La dispersion assez forte est apparemment imputable à l'indice D.M., celui-ci intégrant cinq oxydes et le rapport  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  ne faisant appel qu'à deux, intimement liés au type d'altération étudié.

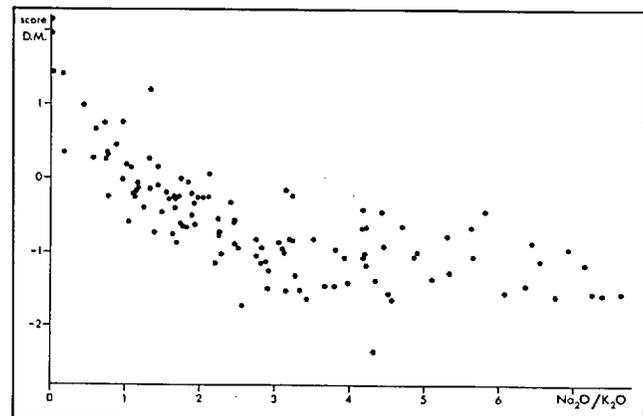


FIGURE 33 - Indice D.M. vs  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ .

### RAPPORT Rb/Sr

L'altération hydrothermale liée aux gisements volcanogènes de sulfures massifs se traduit notamment par un lessivage partiel de CaO et un enrichissement en  $K_2O$ . On sait que Rb calque son comportement sur celui de  $K_2O$  et que Sr fait de même avec CaO. L'augmentation du rapport Rb/Sr est par conséquent lié au degré d'altération atteint par la roche.

La figure 34 fait voir qu'il en est ainsi, notamment dans la zone du sud-est, où trois échantillons sont anormaux. La réponse est assez faible dans le reste de la région et n'indique rien de concluant.

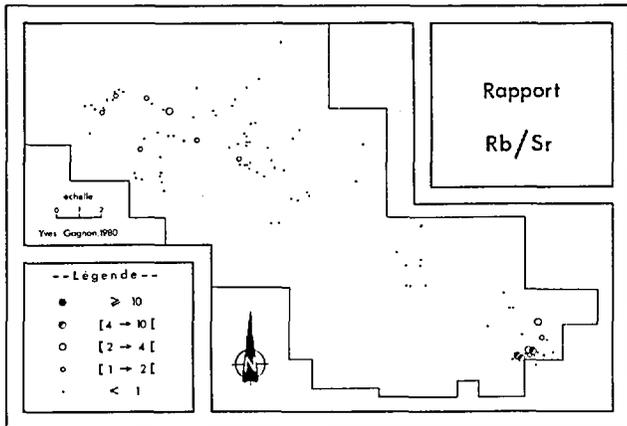


FIGURE 34 - Rapport Rb/Sr dans la région.

### RAPPORT K/Rb

Le rapport K/Rb semble lié au processus d'altération hydrothermale; il est faible pour les solutions magmatiques, alors qu'il est assez élevé dans les eaux météoriques et très élevé dans l'eau de mer. Ceci s'explique par la tendance du potassium à cristalliser dans les minéraux - laissant Rb dans la solution magmatique résiduelle - ainsi que par le fait que Rb est fermement retenu par les particules ar-

gileuses en suspension dans l'eau (météorique ou de mer), et ce, au dépens du potassium. Pour plus de détails, se reporter à Armbrust et Gannicott (1980).

Le rapport K/Rb peut donc indiquer les centres d'activité hydrothermale, si l'on suppose que celle-ci était due à l'eau de mer ( $K/Rb = 3167$ ) ou à l'eau météorique ( $K/Rb = 824$ ). On recherche donc un enrichissement de ce rapport. La figure 35 donne l'histogramme des rapports K/Rb; on remarque une distribution normale dont la régularité est remarquable (la moyenne se situe à environ 363). Par ailleurs, quelques échantillons sont nettement anormaux; ils donnent un rapport K/Rb > 550.

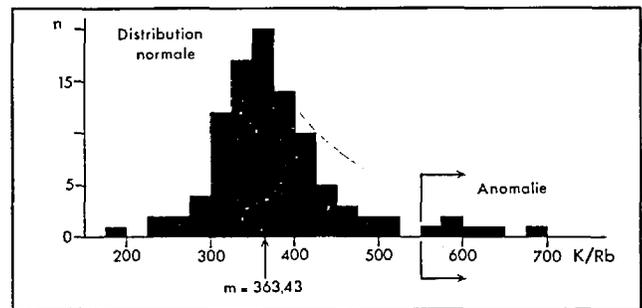


FIGURE 35 - Rapport K/Rb dans la région.

Nous avons reporté les valeurs de K/Rb (figure 36). On constate que la distribution est liée à l'altération hydrothermale. Deux points se trouvent dans la partie nord-ouest de la région, un au centre et trois dans la partie sud-est. Les trois derniers sont faciles à interpréter; ils ne font que confirmer les anomalies déjà signalées. L'échantillon anormalique du centre a été prélevé à proximité de la formation de fer à jaspe et à magnétite; on avait émis l'hypothèse que cette formation était proximale, ce qui, effectivement, semble être le cas. L'interprétation des deux autres anomalies est plus difficile et beaucoup trop complexe pour se prêter à une

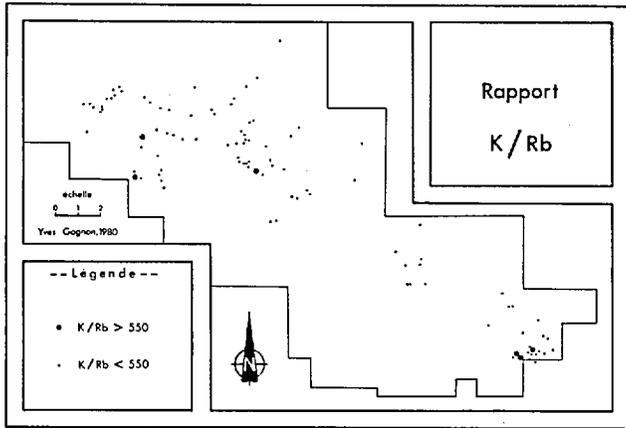


FIGURE 36 - Rapport K/Rb dans la région.

hypothèse, qui, de toute façon, serait hasardeuse.

#### ROCHE MOYENNE NORMALE

L'étude des altération subies par nos roches étant complétée, nous pouvons évaluer la composition moyenne d'une roche normale. Le tableau 1 fournit la composition des roches rhyolitiques, divisées en rhyolites "massives" et en rhyolites fragmentaires. On note que celles-ci sont plus riches en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$  et  $\text{CO}_2$  et que celles-là sont plus riches en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{H}_2\text{O}^+$ . Les autres éléments majeurs ont à peu près les mêmes teneurs dans les deux types de roches.

A priori, il semble que les rhyolites fragmentaires, même normales (non altérées), aient subi une faible altération se traduisant surtout par une augmentation en  $\text{SiO}_2$  (silicification) et en  $\text{CO}_2$  (faible carbonatation). La teneur de ces deux éléments mobiles montre que la roche frag-

mentaire est plus poreuse que la rhyolite massive. Le tableau 2 confirme que les rhyolites fragmentaires sont plus altérées; l'écart de 19% n'est pas négligeable et corrobore notre hypothèse (voir page 5).

Tableau 1 - Composition des rhyolites "massives" et fragmentaires.

ÉLÉMENT MAJEUR	RHYOLITE	
	massive en % n = 36	fragmentaire en % n = 8
$\text{SiO}_2$	74,58	76,78
$\text{Al}_2\text{O}_3$	12,98	11,60
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,95	0,94
$\text{FeO}$	1,20	1,36
$\text{MgO}$	0,61	0,57
$\text{CaO}$	1,16	0,95
$\text{Na}_2\text{O}$	4,59	4,63
$\text{K}_2\text{O}$	1,63	1,08
$\text{H}_2\text{O}^+$	1,22	1,11
$\text{TiO}_2$	0,27	0,28
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,05	0,03
$\text{MnO}$	0,03	0,03•
$\text{CO}_2$	0,69	0,86
S	0,02	0,03•
TOTAL	99,98	100,25

• Moyenne de 7 échantillons

Tableau 2 - Répartition des rhyolites altérées et des rhyolites normales de la région.

	RHYOLITES	
	massives	fragmentaires
TOTAL	69	24
NORMALES	36	8
ALTÉRÉES	33 (48%)	16 (67%)

#### CONCLUSION

Notre étude lithogéochimique permet de définir quelques cibles potentielles. Celle qui est, de loin, la plus inté-

ressante est située dans la partie sud-est de la région. Elle est définie, surtout, par trois échantillons (33, 227 et 228).

Elle répond à tous nos critères et un lien intéressant pourrait vraisemblablement être établi avec la géologie de la mine Hunter, un peu plus à l'est. Des travaux de détail devraient éclaircir son environnement géologique.

Une autre cible est constituée par la formation de fer (jaspe-magnétite) à proximité des échantillons 128 et 129. Cette formation offre déjà de l'intérêt par elle-même et, de plus, l'échantillon 129 donne un rapport K/Rb élevé. Une étude détaillée de cette zone devrait renseigner sur le caractère proximal de la formation de fer.

La zone d'affleurements à l'est de l'échantillon 418 et au nord de l'échantillon 144 constitue une cible intéressante. Toutefois, son intérêt vient d'une minéralisation aurifère signalée lors de travaux

antérieurs par SOQUEM, travaux ultérieurement discontinués. Nous avons pu constater, lors de nos visites dans ce secteur, la complexité des unités, lesquelles s'interpénètrent dans tous les sens. Il y aurait avantage à y effectuer une cartographie très détaillée à la lumière des études récentes réalisées dans la région et ailleurs.

Finalement, la partie nord-ouest de nos terrains offre quelques rares cibles éparses; on pourrait y effectuer d'autres travaux qui expliqueraient probablement quelques-unes de nos anomalies, sinon toutes.

La région couverte par cette étude est donc susceptible d'être l'objet d'une foule d'initiatives dont les résultats tangibles dépendront de l'effort consenti.

## RÉFÉRENCES

ARMBRUST, G.A. - GANNICOTT, R.A., 1980 - K/Rb ratios as a source indicator for hydrothermal fluids at the Seneca volcanogenic massive sulphide deposit, British Columbia. *Economic Geology*; volume 75, pages 466-470.

BOIVIN, P., 1974 - Pétrographie, stratigraphie et structure de la ceinture de "schistes verts" de Noranda, dans les cantons de Hébécourt, de Duparquet et de Destor, Québec, Canada. Université de Clermont, France; thèse de doctorat, 133 pages.

CHAYES, F., 1962 - Numerical correlation and petrographic variation. *Journal of Geology*; volume 70, pages 440-452.

COOKE, H.C. - JAMES, W.F. - MAWDSLEY, J.B., 1931 - *Geology and ore deposits of Rouyn-Harricawan region, Québec*. Commission géologique du Canada; mémoire 166, 314 pages.

DAVIS, J.C., 1973 - *Statistics and data analysis in geology*. John Wiley & Sons, New-York, 550 pages.

DESCARREAU, J., 1973 - A petrochemical study of the Abitibi volcanic belt and its bearing on the occurrences of massive sulphide ores. *CIM Bulletin*; volume 66, pages 61-69.

DUGAS, J., 1957 - Mining property report for 1956: Beattie-Duquesne Mines Ltd: Hunter's property. Ministère des Mines du Québec; document public, GM-5998.

EAKINS, P.R., 1972 - Canton de Roquemaure comté d'Abitibi-Ouest. Ministère des Richesses naturelles, Québec; rapport géologique 150, 69 pages.

GÉLINAS, L. - BROOKS, C. - PERREAULT, G. - CARIGNAN, J. - TRUDEL, P. - GRASSO, F., 1977 - Chemo-stratigraphic divisions within the Abitibi volcanic belt, Rouyn-Noranda district, Québec. IN *Volcanic regimes in Canada*. (Baragar, W.R.A., Coleman, L.C. et Hall, J.M., éditeurs). Association géologique du Canada; special paper 16, pages 265-295.

HOBBS, B.E. - MEANS, W.D. - WILLIAMS, P.F., 1976 - An outline of structural geology. John Wiley & Sons, New-York, 571 pages.

KORZHINSKII, D.S., 1959 - Physicochemical basis of the analysis of the paragenesis of minerals. Consultant Bureau Inc., New-York, 142 pages.

LANG, A.H. - BUFFAM, B.S.W., 1932 - Palmarolle sheet. Commission géologique du Canada; carte 293A.

LE MAITRE, R.W., 1976 - The chemical variability of some common igneous rocks. Journal of Petrology; volume 17, pages 589-637.

LEE, B., 1951 - Rapport préliminaire sur des parties des cantons de Duparquet, d'Hébécourt, de Palmarolle et de Roquemaure, comté d'Abitibi-Ouest. Ministère des Mines du Québec; rapport préliminaire 248.

RAMSAY, J.G., 1967- Folding and fracturing of rocks. McGraw-Hill Book Co., New-York, 568 pages.

SPENCE, C.D. - DE ROSEN-SPENCE, A.F., 1975- The place of sulphide mineralisation in the volcanic sequence at Noranda, Québec. Economic Geology; volume 70, pages 90-101.

VALIQUETTE, G. - MARCOTTE, D. - MELLINGER, M. - SMYTH, E. - WEBER, G.R. - DESCHAMPS, F., 1978 - Recherche des métallotectes dans la région de Normétal. Ministère des Richesses naturelles du Québec; rapport intérimaire, DPV-582, 236 pages.

VALIQUETTE, G. - MELLINGER, M. - GAGNON, Y., 1980 - Lithogéochimie des roches volcaniques de la région de Normétal. Ministère de l'Energie et des Ressources du Québec; DPV-710, 40 pages.

WINKLER, H.G.F., 1976 - Petrogenesis of metamorphic rocks (4th edition). Springer-Verlag Inc., New-York, 334 pages.



Echantillons	Phénos Qlz	Phénos FP	Matrice	Muscovite	Quartz	Plagioclase	Biotite	Chlorite	Carbonates	Epidote	Amphibole	Sphène	Rutile	Zircon	Tourmaline	Opaque	Type	Roche de Schistosité
YG-79-210																		
211																		
212																		
216																		
220																		
223																		
224																		
226																		
227																		
228																		
229																		
230																		
232																		
233																		
237																		
239																		
240																		
241																		
242																		
244																		
246																		
249																		
251																		
253																		
257																		
YG-79-258																		
259																		
260																		
262																		
263																		
264																		
267																		
271																		
273																		
274																		
276																		
277																		
280																		
281																		
283																		
292																		
296																		
297																		
298																		
299																		
300																		
301																		
303																		
306																		
307																		

Echantillons	Phénos Qlz	Phénos FP	Matrice	Muscovite	Quartz	Plagioclase	Biotite	Chlorite	Carbonates	Epidote	Amphibole	Sphène	Rutile	Zircon	Tourmaline	Opaque	Type	Roche de Schistosité
YG-79-312																		
315																		
317																		
318																		
322																		
323																		
324																		
326																		
330																		
336																		
339																		
342																		
346																		
348																		
354																		
360																		
361																		
365																		
366																		
368																		
370																		
371																		
372																		
376																		
377																		
YG-79-379																		
380																		
381																		
385																		
387																		
389																		
390																		
391																		
392																		
394																		
395																		
396																		
398																		
401																		
403																		
410																		
411																		
414																		
417																		
418																		
419																		
420																		
421																		
422																		
424																		

Minéralogie

- 20% et plus
- entre 5 et 20%
- moins de 5% (traces)
- biotite altérée en chlorite

Type de roche

- ! felsique
- || intermédiaire
- ||| mafique
- fragmentaire (à droite dans la colonne)

Schistosité

- faible
- = moyenne
- ≡ forte

ANALYSES CHIMIQUES

es. %	1	5	8	9	19	20	30	33	36	37	42	44	47	50	53	55	57	60	68	69	70	75	80	83	85
SiO <sub>2</sub>	75,00	71,00	76,83	73,13	79,00	76,33	70,00	81,00	68,75	70,03	74,00	73,00	76,00	75,00	76,00	75,50	63,13	74,50	77,00	64,50	74,75	63,38	70,38	73,75	73,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,79	10,94	11,34	12,07	10,63	11,24	14,24	11,40	14,20	14,60	13,49	13,46	12,52	11,17	12,05	10,03	10,39	14,95	13,94	11,10	15,35	12,75	15,71	13,08	13,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,91	1,60	1,01	1,24	0,67	0,68	0,98	0,03	0,90	0,80	1,14	1,22	0,86	0,86	0,71	0,67	0,65	1,64	1,33	0,68	2,03	0,75	2,23	1,14	1,09
FeO	1,51	1,61	0,96	1,67	0,90	1,32	2,54	0,16	1,48	1,80	1,09	1,99	1,70	2,57	1,38	1,77	1,54	1,80	0,80	1,00	3,70	1,42	4,08	2,99	1,58
MgO	0,55	1,10	0,26	0,52	0,33	0,45	0,39	0,08	0,32	0,29	0,17	0,55	0,56	0,97	0,97	1,23	0,31	2,64	0,38	1,65	2,22	0,37	2,64	3,27	1,24
CaO	1,41	2,64	0,75	2,01	1,21	1,85	2,13	0,06	3,51	1,93	0,78	0,99	1,16	1,07	0,57	1,99	3,22	4,69	1,82	1,19	4,62	1,90	4,61	1,17	2,04
Na <sub>2</sub> O	4,20	2,20	4,12	3,95	4,32	4,44	4,52	0,02	4,62	4,86	7,04	4,80	3,03	4,52	4,64	3,32	2,66	3,62	5,32	4,24	4,40	4,28	3,32	2,32	4,36
K <sub>2</sub> O	0,94	2,17	1,20	1,57	0,33	0,83	1,07	3,57	1,60	1,36	0,69	1,26	1,72	0,65	2,05	0,57	1,77	1,46	1,04	1,01	0,36	1,36	1,37	1,73	0,28
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,91	1,89	1,01	1,25	0,85	1,13	1,56	1,72	1,46	1,58	0,52	1,50	1,58	1,43	1,18	1,42	1,42	2,43	0,83	1,54	1,23	1,30	1,78	2,88	1,38
TiO <sub>2</sub>	0,13	0,31	0,10	0,19	0,04	0,04	0,50	0,19	0,53	0,63	0,29	0,35	0,27	0,23	0,23	0,21	0,21	0,44	0,35	0,15	0,75	0,33	0,82	0,46	0,38
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,05	0,02	0,04	0,02	0,01	0,13	0,04	0,16	0,18	0,06	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,18	0,05	0,01	0,13	0,03	0,18	0,07	0,05
MnO	0,03	0,10	0,03	0,07	0,03	0,05	0,07	0,01	0,09	0,09	0,07	0,05	0,02	0,05	0,03	0,11	0,07	0,06	0,02	0,29	0,09	0,05	0,09	0,06	0,04
CO <sub>2</sub>	2,15	3,06	1,05	2,51	0,83	1,54	1,67	0,05	2,95	1,47	0,82	0,66	0,31	0,83	0,37	1,73	2,82	2,22	0,02	0,17	0,37	1,45	0,05	0,03	0,05
S	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,04	0,02	0,06	0,02	0,02	0,05	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02
total	92,63	99,10	93,95	100,32	99,76	100,33	99,92	92,52	100,76	99,47	100,30	99,93	100,63	100,42	99,33	99,26	100,57	99,45	100,63	100,08	99,95	100,33	100,37	99,99	99,34
en ppm																									
Cu	3	26	240	6	4	6	5	5	5	4	3	3	13	20	5	11	4	7	42	7	4	8	7	21	6
Zn	44	43	49	44	31	46	54	8	41	24	15	58	36	23	20	60	55	61	21	32	70	49	71	51	26
Pb	2	2	20	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ni	0,2	0,5	1	0,2	0,2	0,2	0,2	10	0,2	0,2	9	0,3	0,2	0,2	0,2	6	0,2	36	0,2	0,2	30	0,2	20	4	4
Cr	0,3	4	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	19	0,9	2	7	1	2	1	75	4	2	30	1	8	3	3
V	3	3	3	3	3	3	25	3	23	34	3	3	3	3	3	3	3	56	3	3	78	3	125	19	12
Li	2	5	4	2	4	5	10	1	1	1	1	6	4	4	3	5	10	5	6	1	5	8	9	6	
Ea	220	350	400	400	100	100	100	100	220	310	270	370	310	160	570	300	270	260	310	110	120	260	260	460	310
Rb	23	49	32	36	23	21	25	46	44	32	20	39	47	15	30	19	43	36	25	26	8	25	46	42	6
Sr	72	77	54	98	60	74	160	8	180	140	66	80	49	69	79	120	67	470	130	41	280	72	130	31	180
Y	34	23	25	31	26	35	20	20	15	13	28	29	29	29	27	33	33	9	21	30	10	23	11	21	21
Zr	220	250	240	260	210	250	170	130	160	170	300	230	300	260	220	240	250	130	270	150	180	270	160	120	210
Nb	11	11	11	10	11	3	6	5	9	4	9	9	11	11	12	7	3	4	7	9	9	10	5	4	3

en %	88	91	95	97	99	102	104	106	107	110	111	116	119	118	119	123	124	125	126	127	123	129	130	132	136
SiO <sub>2</sub>	77,63	74,22	77,70	74,50	75,63	73,08	77,50	71,83	72,03	72,75	73,75	73,00	56,25	70,82	69,05	74,13	73,50	69,50	74,75	75,00	71,25	63,63	73,33	72,88	71,88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,31	13,27	10,51	12,52	12,78	11,17	10,91	11,60	13,34	12,16	12,89	13,32	15,14	15,59	15,00	11,27	12,19	10,56	11,74	11,56	11,97	11,93	11,35	11,27	12,34
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,95	1,65	0,92	1,33	1,02	0,80	0,85	1,22	1,24	0,79	0,22	1,65	1,67	0,65	1,00	1,74	1,17	1,86	1,00	1,41	0,99	1,01	0,82	0,81	0,61
FeO	0,84	1,09	1,32	1,64	1,00	1,33	0,53	1,74	1,67	1,77	1,87	1,35	5,18	0,51	1,77	1,67	0,96	1,67	1,22	1,03	2,57	3,02	1,93	1,38	1,52
MgO	1,21	1,05	0,34	1,53	0,83	0,53	0,14	0,59	0,79	0,64	1,19	1,17	3,37	0,39	0,33	0,59	0,46	0,82	0,66	0,32	1,06	0,79	0,70	0,84	1,04
CaO	1,13	0,51	1,89	0,80	0,47	3,50	1,42	2,24	1,54	1,93	1,05	3,04	6,11	1,04	2,15	1,55	2,13	3,37	1,18	1,25	2,13	3,30	1,60	1,74	1,48
Na <sub>2</sub> O	3,50	1,72	3,10	4,72	4,60	4,20	5,43	4,04	4,50	4,00	3,31	4,04	5,30	7,12	5,43	1,37	3,80	4,63	3,10	5,24	5,23	4,09	4,54	3,23	2,63
K <sub>2</sub> O	1,20	3,50	1,34	1,06	1,26	1,00	0,86	1,40	1,06	1,45	1,86	1,26	0,72	1,64	1,62	3,23	2,31	1,02	2,60	1,66	0,78	1,23	0,69	1,93	2,05
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,23	2,09	1,20	1,54	1,40	1,08	0,71	1,50	1,65	1,50	1,55	1,18	1,97	1,00	1,65	1,54	1,25	0,92	1,41	0,94	1,23	1,84	1,47	1,27	1,67
TiO <sub>2</sub>	0,25	0,23	0,25	0,44	0,25	0,33	0,35	0,19	0,21	0,25	0,37	0,38	0,92	0,13	0,46	0,17	0,19	0,25	0,15	0,25	0,27	0,25	0,19	0,17	0,31
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,07	0,16	0,04	0,10	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04
MnO	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,10	0,04	0,04	0,07	0,04	0,06	0,13	0,05	0,04	0,09	0,09	0,03	0,04	0,04
CO <sub>2</sub>	0,05	0,25	1,78	0,29	0,35	3,36	1,36	2,40	1,32	1,56	0,31	0,06	0,07	0,79	1,72	2,27	2,44	4,42	1,32	1,73	3,14	2,79	1,72	3,15	1,93
S	0,06	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,06	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,07	0,01	0,02	0,02	0,02
total	100,92	100,47	100,31	99,98	100,23	100,42	100,25	100,28	100,52	99,01	100,12	100,63	100,53	99,90	100,32	100,22	100,28	99,36	99,77	100,73	101,03	99,09	98,95	98,33	98,15
en ppm																									
Cu	17	7	5	7	4	3	12	5	6	3	16	20	32	3	16	3	10	6	8	4	17	12	4	4	4
Zn	13	43	24	42	40	18	21	53	43	53	17	63	43	32	41	33	41	52	39	77	62	4			



## ANALYSES CHIMIQUES (Soquem)

en %	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866
SiO <sub>2</sub>	68,10	74,60	72,60	72,80	70,90	74,50	72,70	75,90	72,40	66,00	66,40	57,50	71,90	71,10	68,40	74,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,07	12,19	12,97	11,82	10,65	13,19	12,96	10,17	13,48	13,01	15,63	14,86	10,56	11,95	13,02	11,59
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,57	2,89	2,83	8,68	3,91	2,69	2,75	1,99	2,78	4,11	3,67	5,77	3,27	3,67	4,66	2,56
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgO	1,16	0,47	0,46	1,94	0,82	0,43	0,45	0,33	0,53	1,03	1,65	2,78	1,59	0,81	1,54	0,39
CaO	3,41	1,34	1,44	0,06	3,30	1,05	2,04	3,37	1,84	5,35	2,12	6,04	3,97	2,62	2,99	1,98
Na <sub>2</sub> O	3,23	2,85	5,19	1,29	1,95	4,70	3,32	3,00	3,93	0,55	3,71	2,45	2,47	4,39	3,26	4,70
K <sub>2</sub> O	1,22	2,43	1,41	1,34	1,69	1,50	1,97	1,33	2,03	2,88	2,40	1,96	1,17	0,90	1,65	1,08
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,63	0,94	0,85	2,13	0,08	0,88	1,85	0,38	1,11	0,48	1,17	1,08	0,00	0,20	0,89	0,09
TiO <sub>2</sub>	0,49	0,26	0,28	0,29	0,29	0,29	0,36	0,21	0,38	0,42	0,52	0,66	0,52	0,48	0,60	0,22
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,09	0,09	0,04	0,17	0,09	0,14	0,17	0,12	0,27	0,14	0,29	0,21	0,16	0,19	0,11
MnO	0,12	0,03	0,01	0,11	0,17	0,03	0,04	0,07	0,02	0,11	0,08	0,08	0,07	0,08	0,06	0,03
CO <sub>2</sub>	4,53	1,95	1,26	0,27	5,71	0,89	1,86	3,03	1,38	5,63	2,23	6,62	4,48	3,26	2,94	2,42
S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
total	100,51	100,05	99,40	100,78	99,65	100,25	100,45	99,96	100,01	99,85	99,73	100,10	100,02	99,63	100,21	99,48
en ppm																
Cu	12	1	4	1	4	5	14	15	2	7	8	37	25	13	19	10
Zn	48	16	9	52	57	33	34	47	14	89	44	61	43	46	76	36
Pb	6	3	2	5	6	3	2	3	2	5	3	10	4	3	5	6
Ni	9	5	4	8	5	2	3	2	2	5	2	41	8	4	16	2
Co	14	6	9	31	11	6	10	9	8	13	11	30	13	10	20	7
Ag	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,7	0,4	0,3	0,4	0,2
Au	0,001	0,040	0,001	0,004	0,003	0,001	0,006	0,005	0,008	0,004	0,003	0,007	0,011	0,021	0,007	0,003

en %	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879
SiO <sub>2</sub>	57,10	71,10	73,20	54,60	63,50	49,60	62,20	55,10	70,60	51,00	71,00	68,00	67,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,36	12,21	12,01	15,08	14,67	14,90	16,31	14,94	13,02	13,38	13,60	13,54	15,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,97	2,80	2,80	10,31	6,09	10,15	5,48	8,10	3,33	14,67	2,85	4,26	4,03
FeO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MgO	2,92	0,73	0,77	6,04	5,36	8,28	2,92	4,69	1,12	4,92	0,55	0,77	1,86
CaO	6,09	2,87	2,61	5,38	2,20	9,64	3,84	4,91	2,58	10,31	1,59	2,34	1,70
Na <sub>2</sub> O	1,37	1,82	1,79	3,98	5,73	3,50	4,62	5,26	3,14	1,97	4,85	5,52	4,93
K <sub>2</sub> O	1,93	2,31	2,42	0,20	0,05	0,02	0,87	0,19	1,84	0,35	1,76	1,22	1,18
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1,24	0,08	1,23	2,41	1,80	3,03	1,42	2,14	1,24	1,32	1,45	0,90	1,18
TiO <sub>2</sub>	1,18	0,36	0,24	1,40	0,49	0,63	0,72	0,92	0,42	1,52	0,44	0,61	0,59
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,34	0,18	0,16	0,25	0,11	0,31	0,25	0,28	0,16	0,36	0,11	0,21	0,15
MnO	0,13	0,06	0,04	0,14	0,07	0,18	0,10	0,15	0,06	0,24	0,04	0,02	0,03
CO <sub>2</sub>	6,09	5,04	2,30	0,78	0,25	0,34	1,40	3,28	2,78	0,25	1,47	2,53	1,51
S	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
total	100,73	99,57	99,58	100,58	100,33	100,59	100,14	99,97	100,30	100,31	99,72	99,93	99,54
en ppm													
Cu	18	3	13	35	53	555	31	42	5	141	8	35	30
Zn	129	11	38	66	39	76	78	84	28	76	25	17	33
Pb	10	4	3	10	8	55	7	22	5	6	3	5	3
Ni	21	5	5	67	42	106	32	65	9	29	5	5	5
Co	32	12	10	50	30	61	31	48	12	64	10	15	12
Ag	0,4	0,3	0,3	0,6	0,3	0,9	0,5	1,1	0,3	0,6	0,2	0,2	0,3
Au	0,006	0,001	0,004	0,003	0,006	0,003	0,001	0,002	0,003	0,003	0,002	0,003	0,005

ROCHES MOYENNES DE LE MAÎTRE (1976)

en %	Rhyolite R	Dacite D	Andésite A	Basalte B
SiO <sub>2</sub>	72,82	65,01	57,94	49,20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,27	15,91	17,02	15,74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,48	2,43	3,27	3,79
FeO	1,11	2,30	4,04	7,13
MgO	0,39	1,78	3,33	6,73
CaO	1,14	4,32	6,79	9,47
Na <sub>2</sub> O	3,55	3,79	3,48	2,91
K <sub>2</sub> O	4,30	2,17	1,62	1,10
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1,10	0,91	0,83	0,95
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,58	0,87	1,84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,15	0,21	0,35
CO <sub>2</sub>	0,08	0,06	0,05	0,11
total	<u>99,59</u>	<u>99,41</u>	<u>99,45</u>	<u>99,32</u>
nombre total d'analyses	670	651	2600	3594
nombre de références	116	80	200	530

