



HAL
open science

**Etude pétrographique et structurale de la série
cristallophyllienne de Grenville : région du lac
Macgillivray, Québec**

Gérard Pourret

► **To cite this version:**

Gérard Pourret. Etude pétrographique et structurale de la série cristallophyllienne de Grenville : région du lac Macgillivray, Québec. Pétrographie. Université de Grenoble, 1968. Français. NNT : . tel-00777985

HAL Id: tel-00777985

<https://theses.hal.science/tel-00777985>

Submitted on 18 Jan 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Doctorat de 3ème Cycle

N° d'ordre

THESE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE GRENOBLE

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR DE 3^{ème} CYCLE

Spécialité : Sciences de la Terre

Mention : Géologie appliquée

par

Gérard POURRET

ETUDE PETROGRAPHIQUE ET STRUCTURALE
DE LA SERIE CRISTALLOPHYLLIENNE DE GRENVILLE
REGION DU LAC MAC GILLIVRAY, - QUEBEC -

Soutenu le 7-12-1968 devant la Commission d'Examen

Messieurs : R. BARBIER Professeur Président
R. MICHEL
P. GIRAUD Professeurs | Examineurs.

R. BERGERON Invité Directeur de l'Exploration
géologique du Ministère des Richesses Naturelles - (Quebec)



y'a pas d'Elans par ici!

AVANT-PROPOS,

Ce mémoire, marquant la fin de mes études universitaires me permet de remercier les personnes qui contribuèrent de diverses façons à sa réalisation.

Ma plus grande reconnaissance va tout d'abord à Monsieur le professeur Pierre GIRAUD qui a bien voulu diriger mon travail. Il y porta un intérêt constant, ne ménageant ni son temps ni ses conseils. Il fût pour moi plus qu'un professeur et je l'en remercie vivement.

Je ne saurais oublier le Docteur Robert BERGERON, directeur du service d'exploration géologique au Ministère des Richesses Naturelles du Québec qui m'accepta deux étés comme stagiaire au sein de ses équipes et qui dirigea mon travail en collaboration avec Monsieur Pierre GIRAUD.

Je remercie les docteurs Myke JACOBY et Myke KATZ qui me firent connaître le Grenville et je garde un excellent souvenir des géologues qui travaillèrent avec moi au cours des deux étés.

Madame Nicole VATIN-PERIGNON pour les déterminations minéralogiques et Monsieur Pierre VIALON pour les problèmes de structurologie doivent être remerciés pour leur accueil toujours agréable et l'aide qu'ils m'ont apportée.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur Yves VIALETTE du laboratoire de géologie de Clermont-Ferrand qui accepta spontanément d'effectuer les datations radiométriques.

Je remercie également tous les techniciens de l'Institut Dolomieu qui furent souvent mis à contribution et fournirent leur part dans la réalisation de ce travail.

Enfin je voudrais remercier ici toutes les personnes de l'Institut Dolomieu qui assurèrent ma formation.

TABLE DES MATIERES

	pages
CHAPITRE I : INTRODUCTION	1
I - Situation géographique	1
II - Cadre géologique	2
III - Travaux antérieurs	2
IV - Géologie et tectonique du bouclier canadien	3
1) Subdivision du Précambrien vers l'année 1952	
2) Géochronologie du bouclier canadien en 1967	
 CHAPITRE II - PETROGRAPHIE DES SCHISTES CRISTALLINS DE LA SERIE DE GRENVILLE	 8
I - L'ensemble gneissique à biotite et amphibole	8
A) Les gneiss à biotite	8
a) les gneiss hololeucocrates	
b) les gneiss à biotite s. str.	
B) Les gneiss à biotite, amphibole et grenat	15
C) Les gneiss à biotite et amphibole	16
D) Conclusion	18
II - Les leptynites	22
A) Leptynites non orientées	22
B) Leptynites orientées	24
C) Conclusion	28
III - Les gneiss à pyroxène	28
IV - Amphibolites et pyroxénites	32
1) Amphibolite sans pyroxène	
2) Amphibolite à pyroxène	
a) amphibolite à pyroxène	
b) amphibolite à pyroxène et grenat	
3) Pyroxénite	
a) pyroxénite à amphibole	
b) pyroxénite à scapolite	
V - Les métagabbros	38
VI - Conclusion à l'étude pétrographique	41
 CHAPITRE III : ETUDE PETROCHIMIQUE. CARACTERES DE LA SEDIMENTATION ET DU METAMORPHISME	 43
I - Introduction	43
II - Etude pétrochimique	43
1) Gneiss à biotite et amphibole	
2) Les leptynites	
3) Les gneiss à pyroxène	
4) Amphibolites, pyroxénites, métagabbro	
III - Caractères de sédimentation	58
IV - Caractères du métamorphisme	59
1) Type et degré du métamorphisme	
2) Les grenats	
3) Le problème du feldspath potassique	

	pages
V - Conclusion	63
CHAPITRE IV : PEGMATITES ET DIABASES. GISEMENT, PETROGRAPHIE, CHIMISME.	
I - Les pegmatites	65
A) Direction majeure des filons	65
B) Etude pétrographique	68
1) Pegmatites calcosodiques	
2) Pegmatites potassiques	
C) Etude pétrochimique	71
II - Les diabases (ou dolérites)	72
A) Etude pétrographique générale	72
B) Etude détaillée d'un filon et de son encaissant	73
C) Etude chimique	75
III - Chronologie relative des filons de pegmatites et de diabases	77
CHAPITRE V : ETUDE TECTONIQUE	79
Introduction	79
I - Les grandes unités structurales	79
1) Carte aéromagnétique	
2) Carte photogéologique	
3) Données de terrain	
4) Conclusion : tectonogramme de la région du lac Mac Gillivray	
II - Analyse structurale	90
1) Dôme de "Dube Mountain"	
2) Antiforme du lac Mac Gillivray	
3) Les structures mineures	
4) Conclusion	
III - "Petrofabric"	100
1) Diagramme des biotites	
2) Diagramme des quartz	
3) Conclusion	
IV - Conclusion	103
CHAPITRE VI : LES AGES RADIOMETRIQUES	104
I - Mesures de la Commission Géologique du Canada	105
II - Mesures nouvelles du laboratoire de Géochronologie de Clermont-Ferrand	108
1) Méthodes utilisées .	
2) Résultats des mesures	
3) Interprétation des résultats	
III- Conclusions	110
CHAPITRE VII : CONCLUSIONS GENERALES	111
I - Méthodes utilisées	111
II - Histoire géologique de la région du lac Mac Gillivray	111
1) Sédimentation	
2) Métamorphisme	
3) Tectonique	
III - Datation des phénomènes	116

LISTE DES PLANCHES

numéros		pages
1	carte des provinces du Précambrien canadien	6
2	carte toponymique de la région du lac Mac Gillivray	7
3	gneiss à biotite (lames minces)	20
4	gneiss à biotite et amphibole (lames minces)	21
5	les leptynites (lames minces)	27
6	amphibolites, pyroxénites, métagabbros (lames)	40
7	les dolérites (lames minces)	74
8	carte aéromagnétique (deux pages)	80
9	photo aérienne et son interprétation (2 pages)	82, 83
10	carte photogéologique	85
11	carte des foliations	87
12	tectonogramme de la région du lac Mac Gillivray	89
13	structure de "Dube Mountain"	91
14	structure du lac Mac Gillivray	94
15	structure du lac Mac Gillivray	95
16	les structures mineures	98
17	diagrammes de "pétrofabric"	102
18	carte des âges radiométriques	106
19	courbe de répartition des âges radiométriques	107

LISTE DES TABLEAUX

I	le bouclier précambrien et ses divisions en 1952	4
II	géochronologie du Précambrien canadien	5
III	chimie des gneiss à biotite et amphibole	45
IV	chimie des leptynites	49
V	chimie des gneiss à pyroxène	52
VI	chimie des amphibolites	56
VII	évolution du métamorphisme	63
VIII	chimie des pagmatites	70
IX	chimie des diabases (dolérites)	76

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

numéros		pages
1	Gneiss à biotite. Noter la régularité du débit comparable à celui d'une roche sédimentaire	9
2	Gneiss à biotite avec petits niveaux très réguliers d'amphibolite	13
3	Gneiss à biotite et amphibole. Noter l'alternance très régulière de niveaux plus tendres phylliteux et de niveaux massifs	16
4	Alternance de bancs de leptynite et d'amphibolite. L'origine sédimentaire apparaît vraisemblable.....	24
5	Banc de leptynite (partie supérieure) reposant sur des gneiss à biotite	25
6	Gneiss à pyroxène. Noter en bas à droite un ancien filon de pegmatite déformé	31
7	Métagabbro. Noter la linéation des amphiboles due au métamorphisme	38
8	Filons de pegmatite recoupant les gneiss. On peut noter en un point la pegmatite pénétrant dans la foliation	66
9	Enclave de gneiss au sein des pegmatites d'orientation méridienne.....	67
10	Filonnet de diabase recoupant les paragneiss	75
11	Pegmatite calcosodique à sphène recoupant un filon de diabase	78

LISTE DES FIGURES

1	Quartz pénétrant les plagioclases par des golfes profonds	11
2	Quelques aspects de grenats	12
3	Chloritisation des biotites	14
4	Structures diablastiques	18
5	Feldspath potassique envahissant les plagioclases	23
6	Transformation des pyroxènes en calcite	37
8,9	Diagrammes des gneiss à biotite et amphibole.....	47
10 et 11	Diagrammes des leptynites	50
12 et 13	Diagrammes des gneiss à pyroxène	53
14 et 15	Diagrammes des amphibolites	57

numéros		pages
16 et 17	Diagrammes des faciès métamorphiques	60
18	Diagramme de répartition des pegmatites	65
19	Diagramme triangulaire des pegmatites	71
20	Emplacement des échantillons étudiés (filon de diabase)	73
21	Représentation d'une "limite de zone"	84
22	Un pli et ses cassures	96
23	Diagramme synthétique (lac Mac Gillivray)	97
24	Diagramme synthétique (structures mineures et "Dube Mountain")	99
25	Déformation d'un lit de biotites	101

Hors -texte : une carte géologique au 1/50 000

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Ce mémoire représente la synthèse des études pétrographiques et tectoniques effectuées sur un terrain dont le lever cartographique au 1/50 000 fut réalisé au cours de l'été 1967, au sein d'une équipe de la direction de l'Exploration géologique du Ministère des Richesses Naturelles du Québec.

I - SITUATION GEOGRAPHIQUE

La région de Chapeau, objet de cette étude, est située dans la province du Québec (Canada). La petite localité de Chapeau se trouve dans la partie sud ouest de la province, au Nord de la ville de Pembroke et à environ 200 km à l'Ouest d'Ottawa

Ce terrain est entièrement situé au Nord de la rivière Ottawa, affluent gauche du St Laurent. C'est au confluent de ces deux grandes rivières que s'est construite la ville de Montréal

Le territoire exploré d'une superficie d'environ 450 km², s'inscrit à l'intérieur des coordonnées suivantes :

- au Nord le parallèle 46°15'
- à l'Est le méridien 77°00'
- à l'Ouest le méridien 77°15'

Quant à la limite sud elle correspond à la rivière Ottawa, laquelle constitue la "frontière" entre les provinces d'Ontario et du Québec

Deux secteurs à topographie très différente peuvent être distingués du point de vue géomorphologique, de part et d'autre d'une ligne E-W passant à environ 4 km au Nord de la rivière Ottawa

- Au Sud les "Basses terres" correspondent au plat et large bassin de l'Ottawa avec son remplissage sableux au sein duquel s'observent d'anciens méandres ; seuls quelques pointements du bed-rock apparaissent ici et là

- Au Nord les "Hautes terres" débutent par un escarpement d'environ 100 m de haut. Elles correspondent à l'apparition des formations cristallines du Bouclier canadien. Le relief est moutonné, sans grandes dénivellations (au maximum de l'ordre de 100 m). La couverture végétale (épinettes, bouleaux, fougères, mousses, lichens, myrtilles, etc.) est très dense et rend très difficile la pénétration dès qu'on s'écarte des pistes aménagées pour l'exploitation forestière, ou des berges des lacs, fort appréciées des géologues autant pour les coupes qu'elles permettent de faire que pour pêcher des truites et des brochets. L'aspect si particulier de ces "Hautes terres" est dû aux longues périodes de glaciation au cours desquelles

le socle a été puissamment raboté, l'érosion s'appliquant de façon différentielle selon certains caractères pétrographiques et structuraux des diverses formations.

Du point de vue économique les "Basses terres" permettent l'élevage des bovins et quelques cultures vivrières. Les villages vivent des industries du bois provenant des vastes forêts couvrant les "Hautes terres".

Les "Hautes terres" quant à elles font l'objet de l'exploitation systématique des forêts de la part de grandes sociétés propriétaires de superficies considérables. On y rencontre seulement des villages temporaires de bûcherons, mais aussi, sur le bord des lacs de petits groupes de maisons en bois construites par les trappeurs de plus en plus rares, ou par les touristes qui viennent, en jeep ou hydravion, pratiquer la chasse et la pêche.

II. - CADRE GEOLOGIQUE

Le secteur étudié est situé au Nord de la ligne de "Glint", dans le domaine du Bouclier canadien et plus précisément dans la partie sud de la "province de Grenville" séparée de la "province du Supérieur" au NW par le fameux front du Grenville.

Toutes les formations géologiques rencontrées dans cette région ne font pas partie de la "série de Grenville" faite de terrains métamorphiques plissés et de roches éruptives d'âge précambrien. En effet dans les "Basses terres" sous les formations alluviales déposées par la rivière Ottawa affleurent localement des terrains sédimentaires cambro-siluriens parfaitement horizontaux. Nous verrons par la suite que cette plaine d'Ottawa s'est installée dans un fossé d'effondrement limité au Nord par un jeu de failles sensiblement E-W. Cet effondrement récent a permis ainsi de conserver quelques fragments de la couverture paléozoïque du socle précambrien. *Isocline négative.*

III. - TRAVAUX ANTERIEURS

Avant la campagne de reconnaissance organisée en 1967 sous la direction du docteur KATZ, seules quelques observations avaient été effectuées sur les bordures sud et est de la région étudiée. Au Sud, LOGAN en 1845-46 remontait la rivière Ottawa jusqu'au lac Temiscamisque. En 1907, R. N. ELLS refaisait le même itinéraire.

A l'Est, Fritz CIRKAL, M. E., en 1909 remonte la rivière Gatineau et en 1932, à la suite de la prospection de la rivière Noire, limite orientale approximative de cette étude est établie une carte très sommaire par RETTY.

Ainsi on peut dire qu'il s'agissait d'un territoire pratiquement vierge mais on pouvait aisément avancer qu'il était constitué de formations cristallines précambriennes appartenant à la "province de Grenville" définie, comme nous le verrons au prochain paragraphe, par différentes méthodes : géographique, stratigraphique, orogénique ou géochronologique, ce qui conduit à de nombreuses confusions.

Toujours est-il que l'équipe géologique dirigée par le docteur KATZ dont j'étais l'un des assistants fut chargée de procéder pendant l'été 1967 au lever de la carte géologique au 1/400 000 d'un territoire d'une superficie de l'ordre

de 3 600 Km² environ. Et c'est seulement la partie centrale de cette vaste région qui me fut confiée pour en établir la carte géologique au 1/50 000 et pour me servir par la même occasion de sujet de thèse de 3e Cycle.

IV. - GEOLOGIE ET TECTONIQUE DU BOUCLIER CANADIEN

Comme le souligne justement J. M. HARRISSON (in C. H. STOCKWELL, 1965), il règne une grande confusion quant à la signification des termes utilisés pour la subdivision des terrains précambriens du Bouclier canadien. Les raisons en sont nombreuses. Il y a d'abord la superficie considérable de ce bouclier dont la cartographie systématique est loin d'être achevée. Ensuite les méthodes d'étude et les principes de subdivision des formations cristallines ont évolué depuis les premières reconnaissances qui remontent à plus d'un siècle. Enfin certains termes définis initialement dans un sens bien précis et dans une région bien délimitée ont été utilisés dans un autre sens et étendus à des surfaces considérables distantes parfois de plus de 1 000 km de la région type.

Nous n'allons pas, ici, faire l'historique de tous les travaux qui traitent des diverses subdivisions lithologiques, stratigraphiques, chronologiques du Précambrien canadien. Nous nous contenterons d'abord de donner le tableau schématique des ensembles que la majorité des auteurs admettaient vers les années 1950. Puis nous donnerons en second lieu le tableau des subdivisions tel qu'il a été proposé vers 1961 à la suite du grand nombre de mesures radiométriques systématiques effectuées depuis les années 1950.

1) Subdivision du Précambrien vers les années 1950

Le tableau suivant résume de façon très schématique ce qui était admis par la majorité des auteurs vers 1950-1954.

Les différents termes qui y figurent peuvent avoir un sens chronologique (ère archéenne, ère protérozoïque) ou un sens litho-stratigraphique (Animikie) ou les deux (période huronienne ou série huronienne).

Dans la partie droite du tableau sont schématisées quelques-unes des interprétations quant à la position du Grenville.

Selon A, le Grenville représente l'Archéen le plus ancien.

Selon B (J. T. WILSON, 1949) la sédimentation huronienne s'est faite au détriment des montagnes du Grenville, tout au moins au Nord du lac Huron et de Sudbury.

Selon C (COLLINS et QUIRKE) les roches du Grenville sont les équivalents granitisés des formations huroniennes.

Cet exemple montre la complexité à laquelle on était arrivé vers les années 50. En 1954 la Société royale du Canada n'admettait comme termes applicables à tout le Bouclier canadien que ceux d'archéen et de protérozoïque.

Il était ainsi apparu avec évidence la nécessité d'utiliser une seule et même méthode pouvant donner des résultats à valeur chronologique satisfaisante.

T A B L E A U 1

PRECAMBRIEN RECENT	série HURONNIENNE	ALGOMIEN	PROTEROZOIQUE	sup	KEWEENAVIEN	} sup moy inf	QUELQUES POSITIONS DU GRENVILLE
				moy			
PRECAM. ANCIEN	série des gneiss LAURENTIENS	ARCHEEN TYPE	ARCHEEN	inf	HURONIEN	} sup moy inf	C
					TEMISCAMIEN		
					KEEWATIN		A

Ⓐ Discordance: interalle ep Archéen de A.C. LAWSON
pale-plaine préHuronienne de M.E. WILSON

2) Géochronologie du Bouclier canadien en 1967

Les résultats des très nombreuses mesures effectuées par la méthode K/Ar depuis 1950 sont spectaculaires. En effet on constate des groupements d'âges qui se répartissent d'une façon tellement régulière qu'il est difficile de ne pas leur accorder une signification géologique, même si leur caractère "absolu" peut être discuté.

Trois groupements majeurs s'individualisent (C. H. STOCKWELL, 1962, 1963 et R. BERGERON, 1966) : 2 600-2 400 M. A. ; 1 800-1 600 M. A. ; 1 100-850 M. A. (voir tableau n° 2).

Ces groupements permettent de faire des coupures qui sont de nature orogénique (sans doute la phase de surrection ?). On distingue ainsi l'orogénèse kénoraniennne d'environ 2 500 M. A. ; l'orogénèse hudsonienne d'environ 1 700 M. A. ; l'orogénèse grenvillienne d'environ 950 M. A.

Entre ces coupures d'ordre orogénique on a les unités chronologiques suivantes :

- avant 2 500 M. A. : Archéen
- entre 2 500-1 700 M. A. : Protérozoïque inférieur
- entre 1 700-950 M. A. : Protérozoïque moyen
- entre 950-600 M. A. : (Cambrien) Protérozoïque supérieur

Outre ces subdivisions d'ordre orogénique et chronologique les géologues canadiens utilisent la notion de "Province métamorphique". Une province métamorphique est une vaste portion du Bouclier canadien dont les formations ont fourni des âges se répartissant autour de 2 500 M. A. , de 1 700 M. A. ou de 950 M. A.

Ainsi dans toute la province du Supérieur on trouve les traces de l'orogénèse kénoramiennne c'est-à-dire des âges voisins de 2 500 M. A.

Dans la province du Churchill la majorité des âges se situent aux alentours de 1 700 M. A. Certains sont plus anciens (intermédiaires entre 2 500 et 1 700) mais on n'y trouve pas d'âges plus récents.

La province du Grenville est caractérisée par une majorité d'âges proche des 950, mais localement on peut y trouver des âges plus anciens (intermédiaires entre 2 500 M. A. et 1 700 M. A. ; de 1 700 ; intermédiaires entre 1 700 et 950 M. A.).

Comme pour d'autres boucliers précambriens se pose le problème de la signification des âges intermédiaires. En ce qui concerne le Grenville par exemple on peut émettre l'hypothèse (encore gratuite en l'état actuel des connaissances) qu'il est constitué en partie de formations homologues à celles du Supérieur mais reprises lors de la dernière grande orogénèse précambrienne de 950 M. A. Ce qui n'empêcherait pas qu'il puisse être constitué par ailleurs de formations déposées, métamorphisées et plissées entre 1 700 et 950 M. A. *Sutton*

En définitive nous avons là un nouvel exemple particulièrement remarquable de l'intérêt des méthodes de détermination des âges absolus basées sur le principe de désintégration de certains éléments radioactifs dans l'étude de vastes régions occupées par des formations cristallines. Il nous paraîtrait souhaitable d'abandonner complètement les anciennes subdivisions exposées au premier paragraphe et de n'utiliser que celle schématisée dans le tableau 2

TABLEAU 2

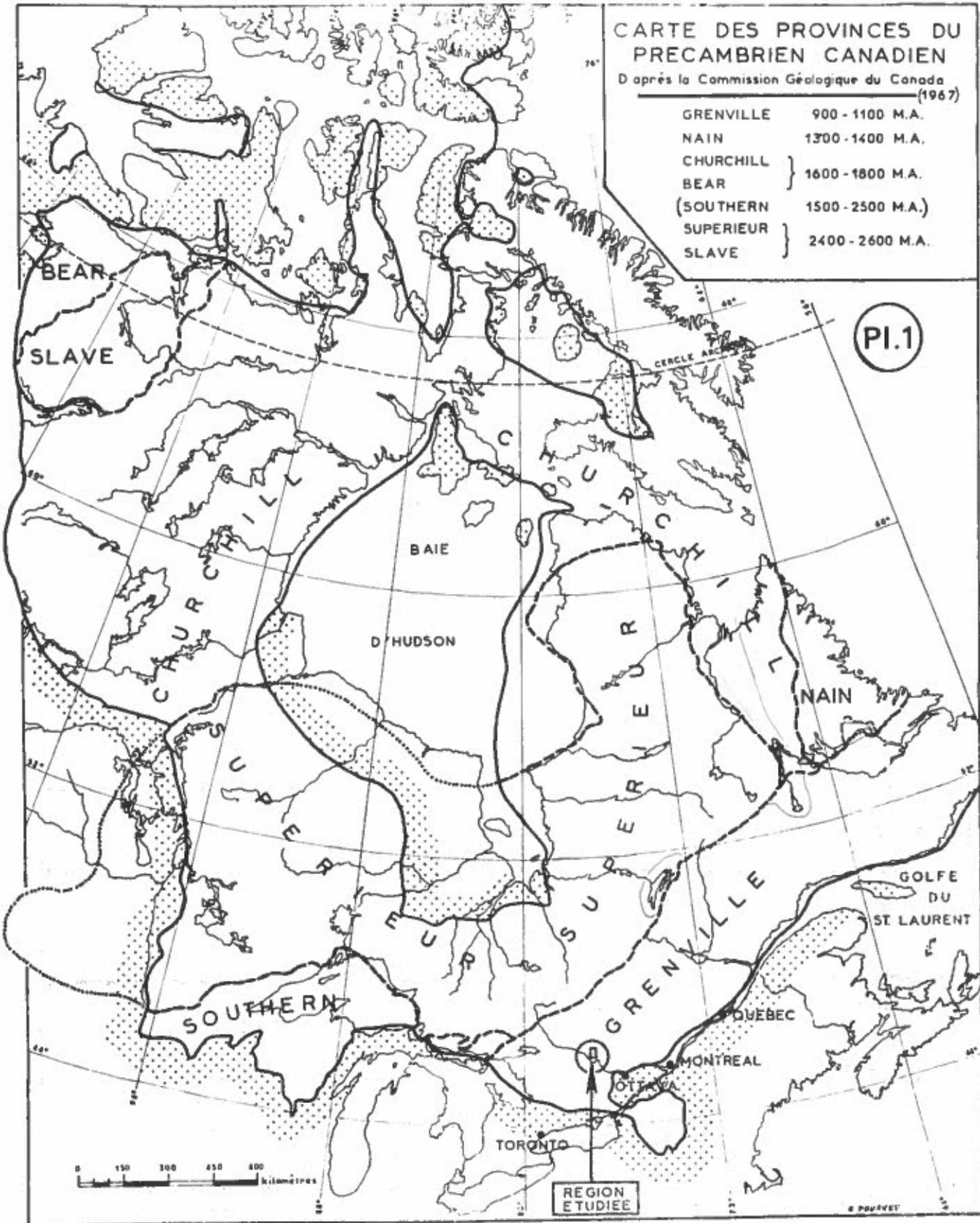
OROGENESES	UNITES CHRONOLOGIQUES	PROVINCES METAMORPHIQUES
---570-600---	CAMBRIEN	
	PROTEROZOIQUE SUPERIEUR	
950 (GRENVILIENNE)	PROTEROZOIQUE MOYEN	GRENVILLE
1700 (HUDSONIENNE)	PROTEROZOIQUE INFERIEUR	CHURCHILL (DE L'OURS) (DU NAIN)
2500 (KENORAMIENNE)	ARCHEEN	SUPERIEUR (DE L'ESCLAVE)

CARTE DES PROVINCES DU PRECAMBRIEN CANADIEN

D'après la Commission Géologique du Canada
(1967)

GRENVILLE	900 - 1100 M.A.
NAIN	1300 - 1400 M.A.
CHURCHILL	} 1600 - 1800 M.A.
BEAR	
(SOUTHERN SUPERIEUR	} 1500 - 2500 M.A.)
SLAVE	} 2400 - 2600 M.A.

PI.1



PI. 2

LEGENDE



Lacs



Municipalités



Routes et Pistes

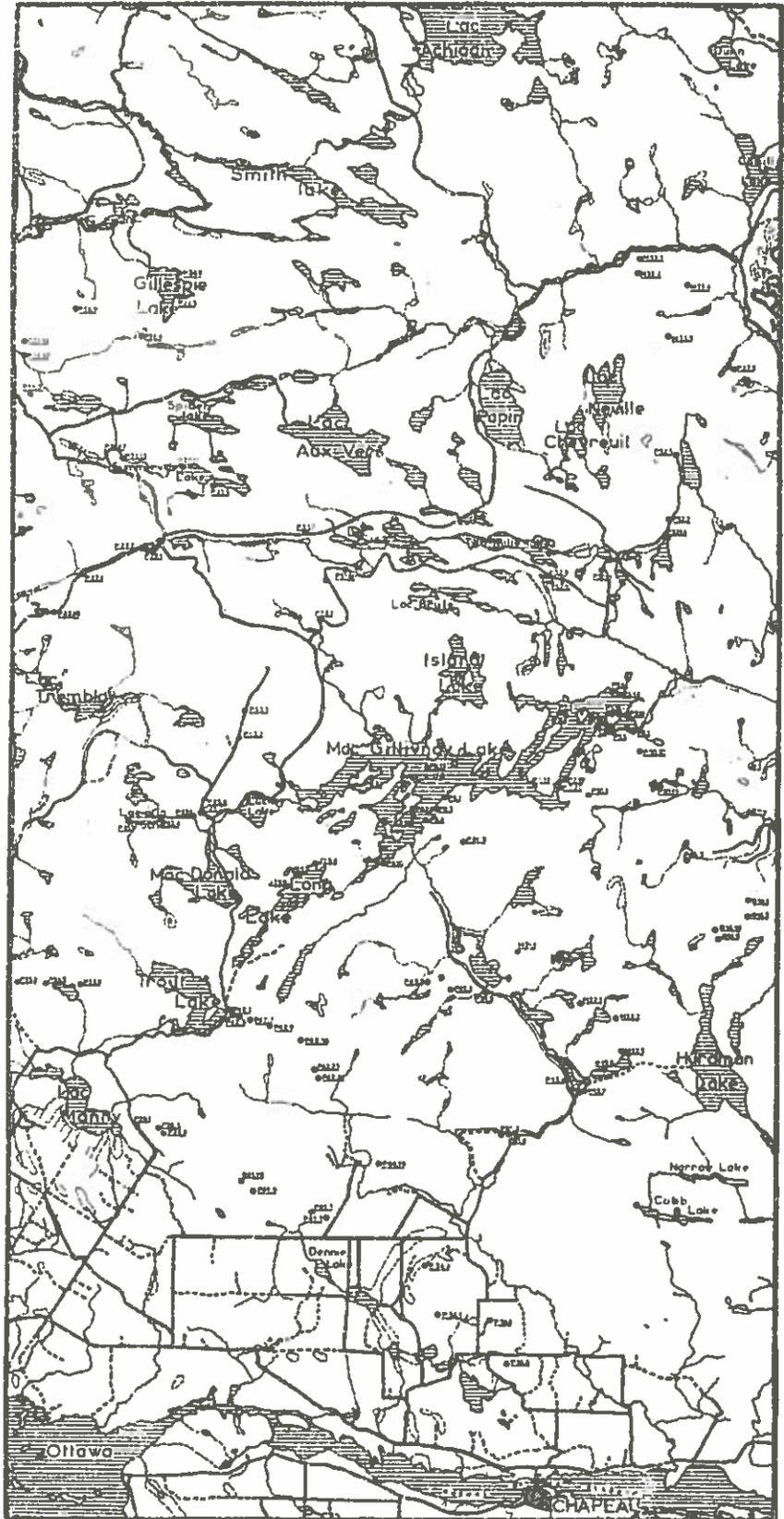


P22-10 Points de prélèvement des échantillons

E C H E L L E



G POURRET



CARTE TOPONYMIQUE DE LA REGION DU LAC MAC GILLIVRAY

CHAPITRE II

PETROGRAPHIE DES SCHISTES CRISTALLINS DE LA SERIE DU GRENVILLE

Introduction

La série cristallophyllienne du Grenville est représentée dans la région du lac Mac Gillivray par un grand nombre de faciès pétrographiques. Les plus abondants sont les gneiss à biotite et amphibole dont diverses variétés ont été individualisées en fonction des proportions relatives des minéraux dominants et en fonction de la présence de certains minéraux accessoires tels que le grenat. Au sein de cet ensemble sont interstratifiés des niveaux de puissance et d'extension variables constitués par des leptynites, des gneiss à pyroxène, des amphibolites et des pyroxénites. On note enfin la présence de quelques masses de métagabbros qui, du fait de leur orthogneissification, seront traités dans ce chapitre. Par contre les roches filoniennes (pegmatites, granites, diabases) qui recourent ces schistes cristallins seront traités ultérieurement.

Pour chacune des grandes catégories de roches cristallophylliennes ci-dessus nous en donnerons les descriptions pétrographiques synthétiques. Leur étude pétrochimique sera abordée au chapitre suivant.

I. - L'ENSEMBLE GNEISSIQUE A BIOTITE ET A AMPHIBOLE

L'essentiel des formations du Grenville est représenté, pour cette région, par un complexe de gneiss qu'on peut diviser du point de vue purement pétrographique en trois grandes catégories :

- gneiss à biotite,
- gneiss à biotite, amphibole et grenat,
- gneiss à amphibole.

Cette subdivision est un peu arbitraire en raison surtout du fait qu'il est très malaisé de l'utiliser sur le terrain pour la cartographie. Ces trois faciès sont en effet étroitement imbriqués les uns dans les autres, passent de façon progressive les uns aux autres, si bien que l'utilisation qui en a été faite du point de vue cartographique comme niveaux repères est loin d'être toujours rigoureuse.

A) LES GNEISS A BIOTITE

Leur mode de gisement sur le terrain est très variable. Ils peuvent se débiter facilement en lits de quelques centimètres d'épaisseur et présentent alors une patine rouille constante (photo n° 1). Dans d'autres cas ils forment des bancs massifs de plusieurs décimètres à plusieurs mètres d'épaisseur et leur couleur est gris clair. Ce débit facile soit en petits lits soit en bancs plus massifs est dû à la présence de niveaux plus riches en biotite c'est-à-dire à la foliation. Mais cette dernière apparaît à première vue dans la plupart des cas conforme

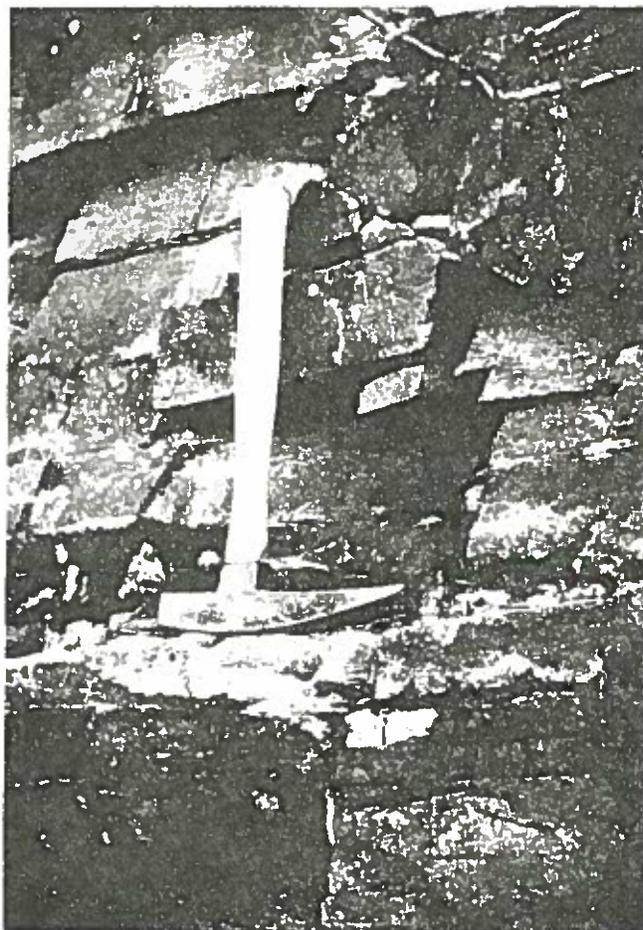
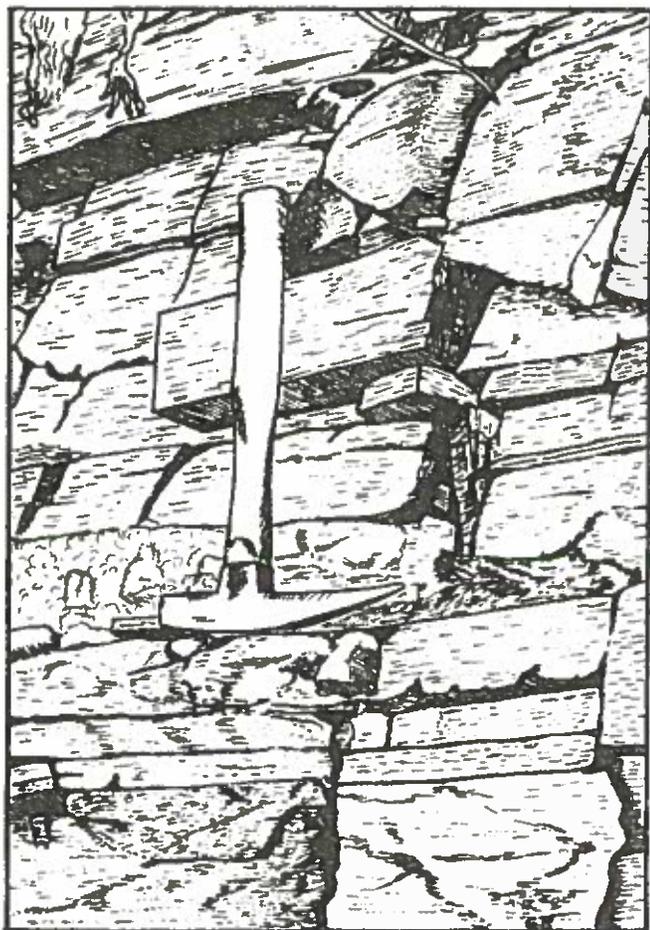


Photo n° 1 : Gneiss à biotite. Noter la régularité du débit comparable à celui d'une roche sédimentaire.

au litage originel, à la stratification de la série sédimentaire primitive. En effet l'alternance régulière des niveaux gneissiques de composition minéralogique variable reflète très certainement la différenciation originelle de la série sédimentaire avant sa recristallisation. ???

Au sein de ces gneiss à biotite il est possible de distinguer d'une part des gneiss hololeucocrates qui renferment moins de 5 % de biotite et d'autre part des gneiss à biotite proprement dits qui peuvent en renfermer plus de 10 %.

a) Les gneiss hololeucocrates (planche n° 3, fig. 1, 2 et 3).

- Gisement est aspect macroscopique : ils forment en général des niveaux épais et durs qui donnent de beaux polis très lisses. En surface et à la

cassure leur couleur est soit rouille, soit plus généralement gris clair. La foliation est peu marquée, soulignée seulement soit par de minces lits discontinus de biotite, soit par des yeux (ou amandes) étirés de quartz.

- Pourcentage volumétriques: ce type de roche étant en général peu altéré les calculs des pourcentages volumétriques des minéraux en ont été facilités. Trois échantillons typiques ont fait l'objet d'un comptage de points :

	P42-2	G12-7	P34-5
quartz	57,20	58,60	59,50
plagioclase	36,90	29,70	3,24
microcline	-- --	2,70	31,20
biotite	0,16	1,68	4,55
amphibole	-- --	5,45	-- --
grenat	4,00	-- --	-- --
mineral	1,50	2,20	1,35
apatite	trace	trace	0,07
zircon	trace	trace	trace

On note les caractères suivants : abondance du quartz ; variation des pourcentages respectifs de plagioclase et de microcline, mais avec un total de feldspaths à peu près constant. En outre les biotites sont plus abondantes dans l'échantillon riche en microcline que dans l'échantillon qui en est dépourvu. Enfin au vu de ces trois résultats on peut en déduire que les sédiments originaux ayant donné ces gneiss avaient des teneurs en Na_2O , CaO et K_2O variant dans d'assez fortes proportions.

Structure : en général il s'agit d'une structure granolépidoblastique, isogranulaire. Toutefois il n'est pas rare de voir se développer de gros cristaux soit de quartz, plus ou moins allongés, soit de grenat.

Minéralogie : le quartz est, comme nous l'avons vu, l'élément prédominant (plus de 50 %). Il forme des cristaux xénomorphes et globuleux. Parfois ils se réunissent pour former des plages à contour amiboïde. Quand ils existent, les gros cristaux allongés s'insinuent entre les autres minéraux et parfois même y pénètrent (fig. n° 1).

Toutes les plages de quartz sont à extinction roulante.

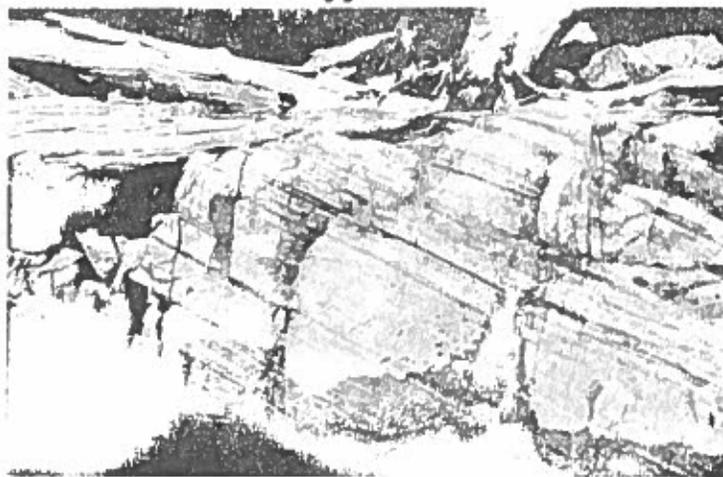


Photo n° 2 : Gneiss à biotite avec petits niveaux très réguliers d'amphibolite.

Le plagioclase, quand il n'est pas trop séricitisé a pu être déterminé comme oligoclase An 25. Il forme des plages de petite taille, xénomorphes, avec des macles très fines. Elles sont souvent pénétrées par des golfes de quartz (fig. n° 1) ou bien sont envahies par du microcline, soit perthitique soit finement quadrillé. Il s'agit là d'une pseudomorphose caractéristique des gneiss de la région. La signification de ce phénomène sera abordée ultérieurement.

Le feldspath potassique est du microcline¹ soit finement perthitique (string

1. Dans cette étude le terme de microcline ne sera pas utilisé dans son sens strict, c'est-à-dire de 0 à 30 % d'anabite, mais au sens large. En effet la détermination de la composition chimique du "microcline" d'après les seuls caractères optiques est très délicate et aurait nécessité des contrôles par des méthodes chimiques ou radiocristallographiques qu'il ne nous a pas été possible de mettre en oeuvre.

perthite) soit "frais" avec des macles polysynthétiques $Ab+Pk$ donnant un moirage très régulier. Comme l'indique le tableau des pourcentages volumétriques donné ci-dessus ce microcline peut être absent. En outre on peut constater qu'au fur et à mesure qu'augmente son pourcentage celui de la biotite croît également tandis que diminuent les pourcentages de plagioclase, de grenat ou d'amphibole. Il nous paraît que de telles variations s'expliquent plus facilement par des différences de composition chimique au sein de la série sédimentaire originale que par des apports extérieurs de potassium dans une formation parfaitement homogène.

La biotite, en fines paillettes, se dispose dans les plans de foliation. Son pléochroïsme est jaune pâle selon Np et brun soutenu selon Ng . Elle paraît donc être riche en fer (ou en titane).

L'amphibole est soit absente soit présente et alors uniquement dans de très minces lits intercalés dans les gneiss à biotite normaux. Il s'agit de hornblende verte.

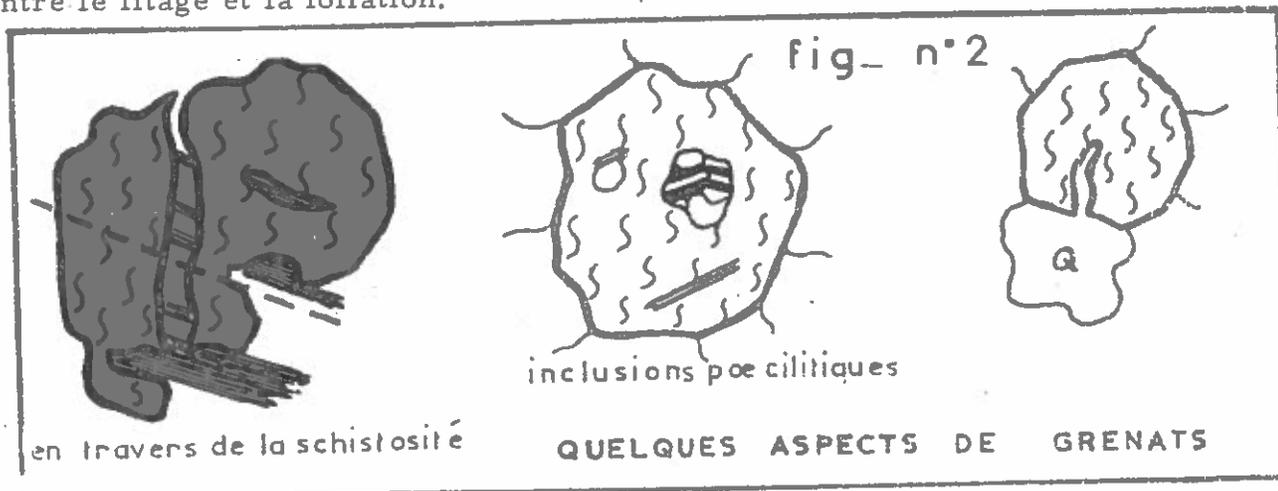
Le grenat qui se rencontre parfois dans certains niveaux privilégiés est de l'almandin-pyrope. Les grosses plages qu'il forme, globulaires, ou à section hexagonale, sont soit poecilites (inclusions de quartz, plagioclase et biotite) soit "perforées" par des golfes de quartz (fig. n° 2).

Enfin on note la présence d'un peu de muscovite (ou séricite) en fines paillettes entre les autres minéraux.

b) Les gneiss à biotite s. str. (planche n° 3 fig. n° 4 et 5)

On peut les considérer comme l'encaissant des gneiss hololeucocrates, lesquels ne sont que des faciès secondaires du point de vue volumétrique.

- Gisement et aspect macroscopique : on a soit de petits bancs homogènes, rouillés, de quelques centimètres d'épaisseur et se débitant très facilement (photo n° 1) soit des bancs massifs, cohérents, de 20 cm à 1 m de puissance constitués de niveaux centimétriques alternativement clairs (très riches en quartz et feldspath) et sombres (à biotite abondante) (photo n° 2). Ces deux types de débit, très réguliers, paraissent indiquer une conformité entre le litage et la foliation.



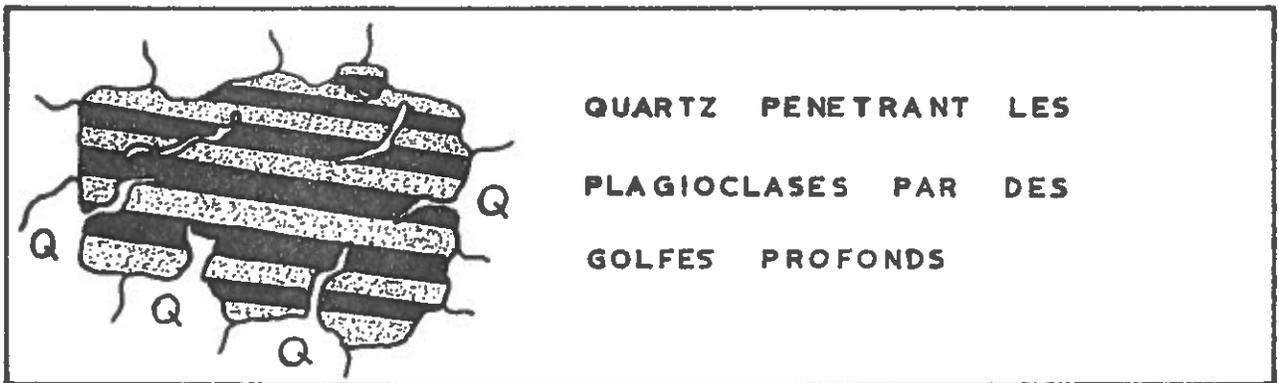
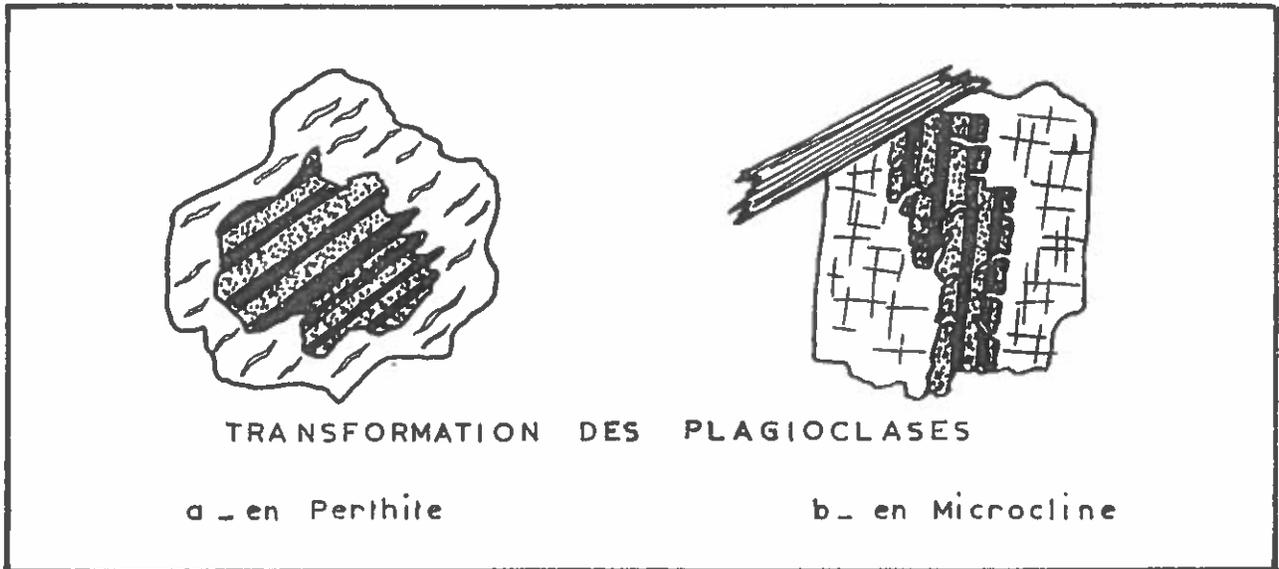


figure 1

- Pourcentages volumétriques : voici les résultats de comptages de points effectués sur deux échantillons caractéristiques :

	P23-5	G14-9
quartz	57,60	53,75
plagioclase	18,70	16,86
feldspath K	-- --	21,78
muscovite	trace	-- --
biotite	20,20	6,16
amphibole	0,08	-- --
grenat	2,90	-- --
minerali	0,34	1,43

- Etude microscopique (planche n° 3 fig. 4 et 5)

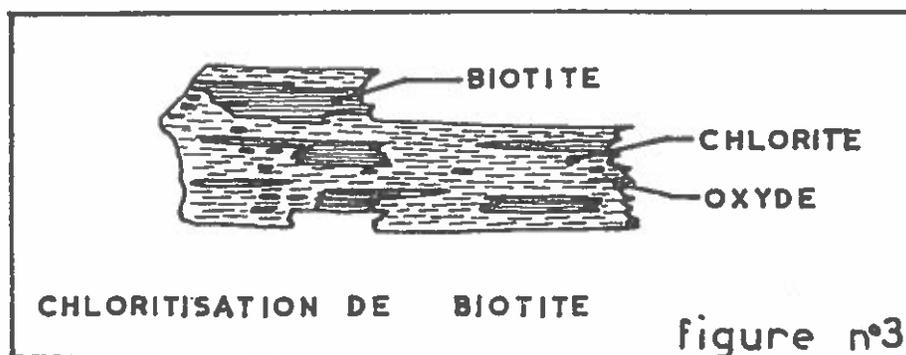
La structure est en général granoblastique, isogranulaire. Mais parfois on voit s'individualiser de grandes plages amiboïdes de quartz à extinction roulante.

Comme l'indique le tableau ci-dessus, on constate là encore la richesse en quartz de ce type de formation. Il forme parfois soit des amas, soit des lits. Mais le plus souvent il est régulièrement réparti en plages globulaires d'extinction franche ou en lentilles disposées dans le plan de foliation.

Le plagioclase est de l'oligoclase An₂₅. Son pourcentage volumétrique moyen est plus faible que dans les gneiss hololeucocrates. Il forme des plages en général globulaires, parfois antiperthitiques. On note encore fréquemment sa pseudomorphose plus ou moins avancée par des feldspaths potassiques (microcline franc ou perthitique). Au contact de ce dernier la myrmékite n'est pas rare. Enfin on voit souvent se développer de fines paillettes de séricite (s. lat.).

Les phyllites sont représentées essentiellement par la biotite parfois abondante (plus de 20 %). C'est elle qui souligne les plans de foliation. Parfois dans les lits qu'elle constitue certaines plages sont tordues ce qui témoigne de formations secondaires, postérieures à leur cristallisation. Leur pléochroïsme est très prononcé : selon Ng elle est brun rouge très vif ce qui indique une teneur élevée en fer (ou titane). L'altération secondaire en chlorite, plus ou moins poussée, est assez courante (fig. n° 3).

A côté de la biotite on rencontre parfois, en faible proportion, de la muscovite en lamelles flexueuses groupées en petits amas.



Dans cette catégorie de gneiss à biotite il a été rencontré très exceptionnellement de la hornblende verte mais toujours à titre subsidiaire.

Par contre le grenat (almandin) est assez courant (2,90 % dans P23-5). Il forme des plages globulaires, à cassures remplies d'oxydes de fer et à inclusions poecilitiques (quartz, plagioclase, biotite), parfois entourées d'une auréole de biotite.

A titre accessoire il faut enfin citer les minéraux opaques, apatite, zircon.

B) LES GNEISS A BIOTITE, AMPHIBOLE ET GRENAT
(planche n° 4 fig. 1)

- Gisement et aspect macroscopique : l'individualisation de cette formation a été faite car on a pu l'utiliser du point de vue cartographique comme niveau repère. En effet elle est suffisamment puissante et ses limites sont nettes. Elle se marque bien du point de vue géomorphologique par le léger relief qu'elle détermine vis-à-vis des gneiss à biotite au sein desquels elle est interstratifiée. Ses affleurements sont facilement identifiables : abondants produits de désagrégation où dominent les cristaux d'amphibole et de grenat ; les échantillons frais sont caractérisés par des mouchetures blanches d'agrégats de feldspaths et de petits points rouges abondants de grenats qui se détachent sur un fond sombre amphibolique.

- Pourcentages volumétriques : l'échantillon P36-6 peut être pris comme type moyen de cette formation.

quartz	43,00	grenat	4,83
plagioclase	22,60	minerai	0,75
biotite	1,00	apatite	0,16
hornblende	27,60	zircon	0,06

On note, comparativement avec les gneiss à biotite étudiés précédemment, une forte baisse de la teneur en quartz. Par contre la hornblende dépasse 25 %. Le plagioclase a un pourcentage moyen un peu plus faible.

- Structure : elle est granoblastique. Mais parfois s'individualisent de gros cristaux de quartz.

Ce dernier donne en général des plages nombreuses, de petite taille, le plus souvent globulaires, à extinction franche. Par contre les grands cristaux ont une extinction onduleuse.

Le plagioclase est plus calcique : An35-40. Il est bien maclé : albite fine et parfois péricline.

La biotite, toujours brun rouge vif selon Ng, est peu abondante.

L'amphibole est une hornblende verte :

$$C/z = 14^\circ \quad 2Vz = 72-88^\circ$$

Le grenat est relativement peu abondant (4 à 5 %). Parfois il est absent.

Quand il existe il s'agit de petits cristaux bien formés. Leurs plages globulaires apparaissent toutefois souvent éclatées et renferment des inclusions de quartz, de plagioclase, etc. (fig. n° 2 , p. n° 12).

A côté des minéraux opaques on a zircon et apatite.

C) LES GNEISS A BIOTITE ET AMPHIBOLE

Il s'agit d'une série compréhensive continue allant de termes très riches en éléments blancs (90-95 %) jusqu'à des termes où la proportion des éléments colorés peut dépasser 40 %, mais la seconde catégorie l'emporte largement, quant à son importance volumétrique, sur la première. Les divers faciès rangés sous cette appellation de gneiss à biotite et amphibole sont étroitement associés sur le terrain et passent insensiblement de l'un à l'autre par variation progressive des pourcentages des divers minéraux (photo n° 3).



Photo n° 3 : Gneiss à biotite et amphibole. Noter l'alternance très régulière de niveaux plus tendres phylliteux et de niveaux massifs.

Le faciès dominant et caractéristique se présente sous forme de bancs épais, massifs, formant relief par rapport aux gneiss à biotite encaissants. En surface ces bancs sont de couleur gris sombre à noir, alors qu'à la cassure apparaît une couleur verte. Enfin la foliation est peu marquée, voire absente.

- Pourcentages volumétriques : cinq échantillons ont été passés à la platine intégratrice. Les résultats sont les suivants :

	J36-9.	M31-2	P23-12	M32-3	P34-1
quartz	79,00	69,20	46,30	43,30	37,83
plagioclase	16,35	21,00	19,40	14,50	25,16
perthite	---	---	13,30	---	---
biotite	0,77	1,10	3,99	6,45	14,41
hornblende v.	3,50	6,00	0,85	34,80	22,25
grenat	---	---	3,90	---	---
muscovite	trace	trace	trace	trace	trace
minerai	0,17	2,80	2,99	1,33	1,16

On note une très forte différence entre les trois premières colonnes et les deux autres. Les trois premières correspondent à des faciès très leucocrates au sein de l'ensemble qui est à dominante mésocrate (hornblende+biotite ou grenat = 41,25 % pour M32-3 et 36,66 % pour P34-1). Ce sont des faciès semblables à ces deux échantillons qui représentent l'essentiel de la formation individualisée sous l'appellation de "gneiss à biotite et amphibole".

- Structure : elle est granonématoblastique, isogranulaire.

- Minéralogie : le quartz, pour les faciès caractéristiques, est moins abondant que dans les ensembles étudiés précédemment. Il se présente soit sous forme de petits cristaux globulaires à extinction franche, soit en grandes plages monocristallines à extinction roulante, soit en agrégats de petits cristaux ayant chacun une extinction droite, soit en véritables lits lesquels sont alors bordés de plagioclases.

Le plagioclase a une teneur en anorthite constante (An28-32) indépendante de son pourcentage volumétrique et de celui des autres minéraux. Il forme des plages à tendance circulaire, maclées constamment, albite et en plus parfois péricline. La séricitisation (s. lat.) est fréquente et d'intensité variable. Enfin là encore on observe dans le faciès à feldspath potassique que ce dernier (microcline ou perthite) pseudomorphose le plagioclase.

La biotite en paillettes fines, brun rouge vif selon Ng, souligne parfois les microplis affectant la foliation.

L'amphibole est une hornblende verte.

$$C \wedge z = 14^\circ \quad 2Vz = 72-88^\circ$$

Elle est répartie de façon irrégulière dans la roche. Elle présente fréquemment une structure diablastique (fig. n° 4). Enfin on note parfois sa transformation en biotite qui tend à se faire d'abord le long des clivages.

Là encore à côté des minéraux opaques on a de l'apatite et du zircon à titre accessoire.

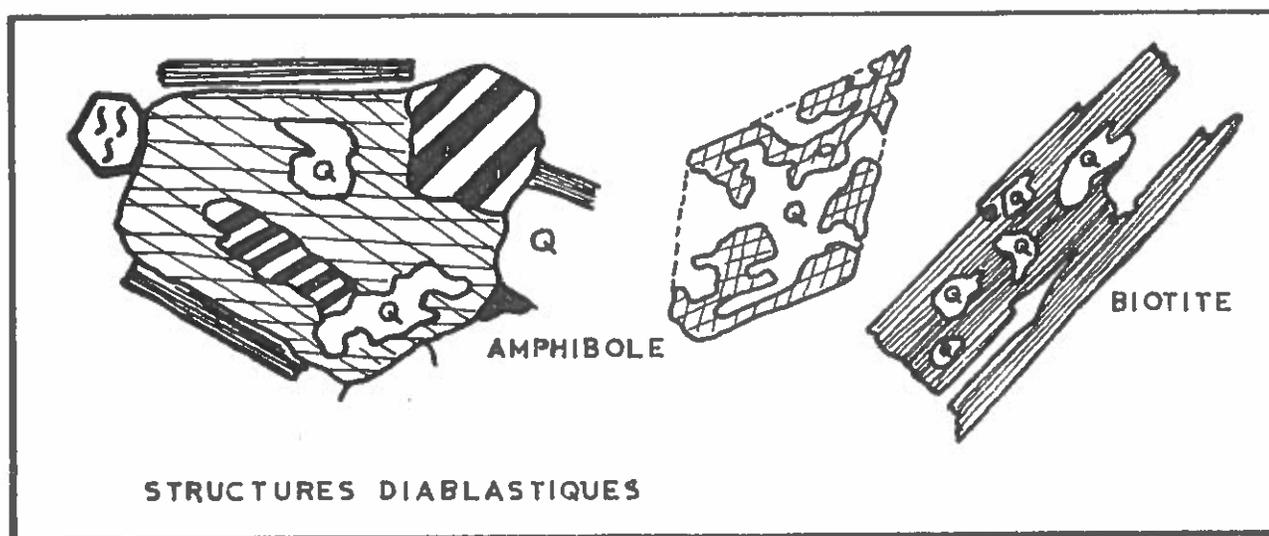


figure n° 4

D) CONCLUSION

L'étude pétrographique de l'ensemble gneissique à biotite et amphibole (grenat) a conduit à faire des subdivisions qui peuvent paraître quelque peu arbitraires. En effet la nature des minéraux est en gros identique, les structures sont voisines et seuls les pourcentages volumétriques varient :

- quartz de 37,83 % à 79,00 % ;
- plagioclase de An25 dominant à An40 avec des pourcentages variant de 3,24 % à 36,90 % ;

- microcline "frais" ou perthitique, souvent absent, mais pouvant atteindre 31,20 % en volume ;
- biotite caractéristique avec une belle couleur brun rouge vif selon Ng ;
- hornblende verte soit absente soit abondante (27,60 % dans P36-6) ;
- almandin-pyrope jamais totalement absents dans les diverses formations individualisées ;
- enfin constance de l'apatite.

En fait ce sont surtout des considérations d'ordre cartographique qui nous ont conduit à faire cette subdivision. En l'absence de bons niveaux repères tels que quartzite, amphibolite ou calcaire cristallin, ce sont les critères suivants qui ont permis d'établir un semblant de "stratigraphie" au sein de cette série monotone : estimation "à l'oeil" des pourcentages des minéraux, mode d'altération, débit, patine, caractères morphologiques. Avec de tels critères il est bien certain qu'on ne doit pas s'attendre à ce que la carte géologique élaborée coïncide parfaitement avec la vérité

D'ailleurs compte tenu des recouvrements morainiques et végétaux il nous apparaît qu'en doublant le kilométrage des itinéraires au sol l'image obtenue de la réalité géologique de la région aurait été encore bien floue et déformée.

Des observations microscopiques effectuées on peut semble-t-il en tirer diverses considérations quant aux processus de cristallisation.

1) Durant une première phase ont dû se former quartz, plagioclase, biotite, hornblende verte, grenat (tardif) Cette cristallisation semble s'être faite sous une pression non orientée, la belle foliation régulière et constante apparaissant conforme à la stratification originelle.

2) Une deuxième phase de néogénèse doit, à notre avis, être individualisée. Au cours de celle-ci se seraient produits les phénomènes suivants :

- développement de gros cristaux de quartz à caractère porphyroblastique et dont l'extinction par bandes successives perpendiculaires à l'axe d'allongement indique une croissance sous tension, c'est-à-dire durant une phase de plissement ;

- "invasion" de certains niveaux par des feldspaths potassiques (microcline bien quadrillé ou perthitique) qui pseudomorphosent souvent les plagioclases ou qui y développent de la myrmékite. Ce phénomène de mobilisation s'apparente à un début de palingénèse mais il n'est guère possible de dire s'il a nécessité un apport métasomatique ou si le potassium était initialement présent

On note fréquemment, en même temps que cette "invasion" du feldspath potassique, une biotitisation des amphiboles qui matérialise encore la grande mobilité du potassium ;

PLANCHE n°3

Gneiss à Biotite

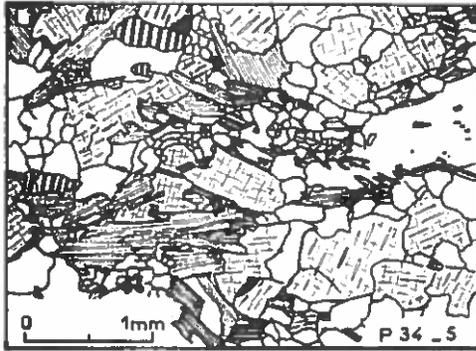


fig. 1

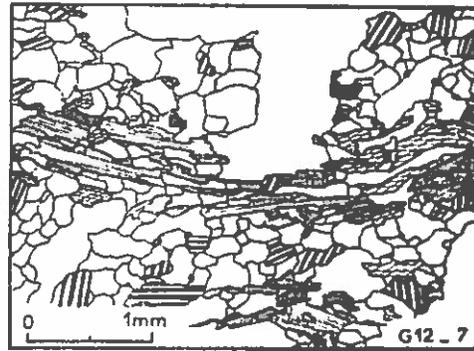


fig. 2

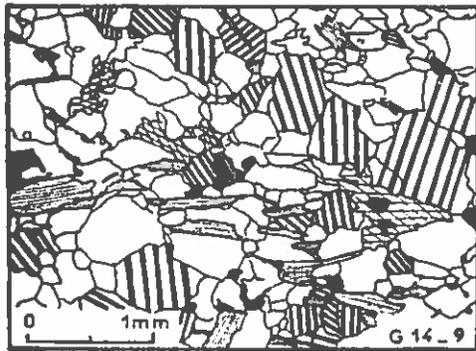


fig. 3

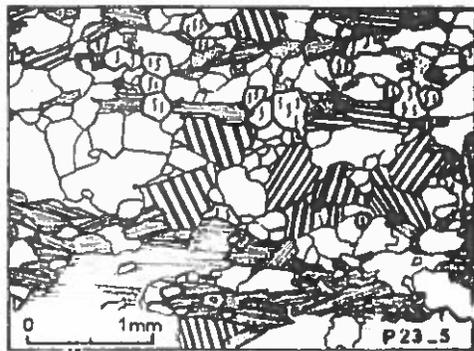


fig. 4

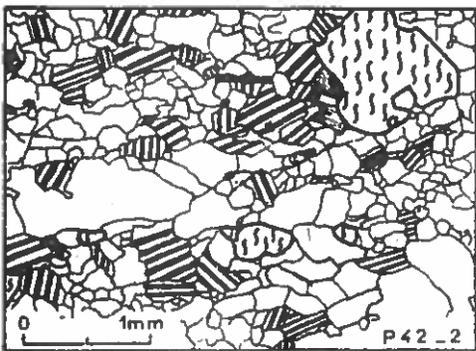


fig. 5

LEGENDE

	Quartz		Grenat
	Plagioclase		Minerai
	Microcline		
	Biotite		
	Amphibole		

PLANCHE n°4

GNEISS A BIOTITE ET AMPHIBOLE

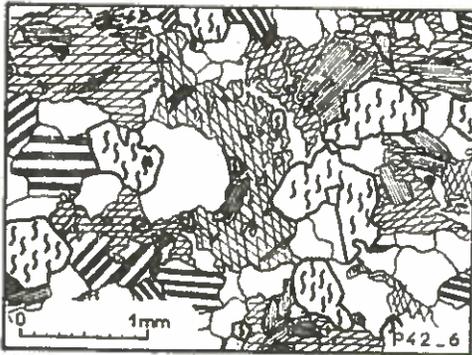


fig. 1

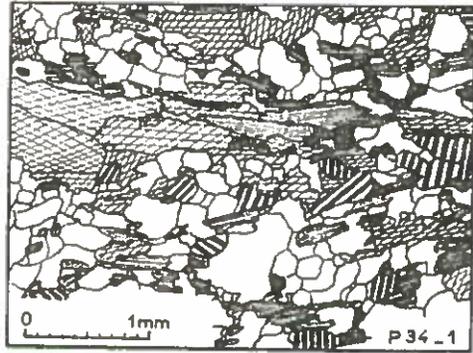


fig. 2

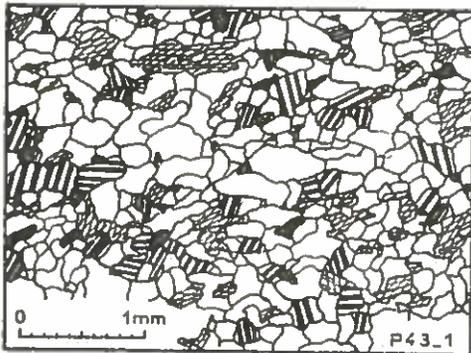


fig. 3

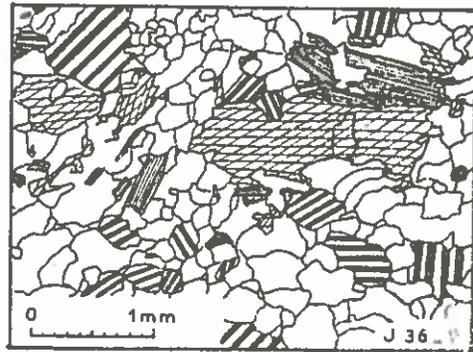


fig. 4

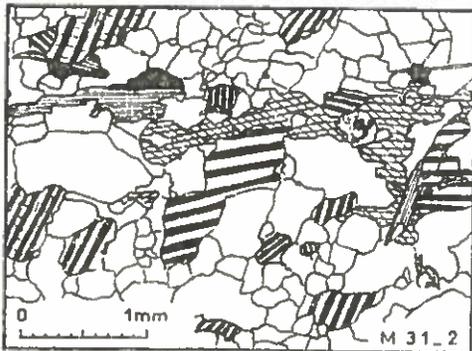


fig. 5

LEGENDE

 Quarz	 Amphibole
 Plagioclase	 Grenat
 Biotite	

3) enfin certains réajustements épimétamorphiques s'observent et doivent correspondre à une phase finale : chloritisation des biotites, séricitisation des plagioclases (ou plus exactement, développement de phyllites dont les caractères optiques sont ceux de la séricite).

Si donc il semble apparaître trois phases de néogénèse, il n'est pas possible toutefois de dire si elles font, ou non, partie d'un même cycle ni quels en sont les âges respectifs.

II. - LES LEPTYNITES

Au sein des divers gneiss à biotite, amphibole et grenats décrits précédemment sont interstratifiés des niveaux de taille variable, caractérisés par leur richesse en minéraux felsiques, leur texture massive, leur plus grande résistance à l'érosion et leur couleur blanche à rose pâle.

Deux catégories ont été distinguées : leptynites non orientées et leptynites orientées.

A) LEPTYNITES NON ORIENTÉES (planche n° 5 fig. 1 et 2)

Elles se rencontrent essentiellement au coeur du grand anticlinal du lac Mac Gillivray. D'autres affleurements plus réduits s'observent ici et là mais il est à noter que tous se localisent au coeur de structures anticlinales.

Il s'agit de minces niveaux, très durs faisant saillie par rapport aux gneiss encaissants. Les surfaces d'altération sont lisses et de couleur rose à gris rose. La cassure est également rose. La texture est massive. Les minéraux de taille moyenne ne présentent aucun arrangement privilégié si ce n'est parfois quelques plages de biotite qui marquent une foliation ténue.

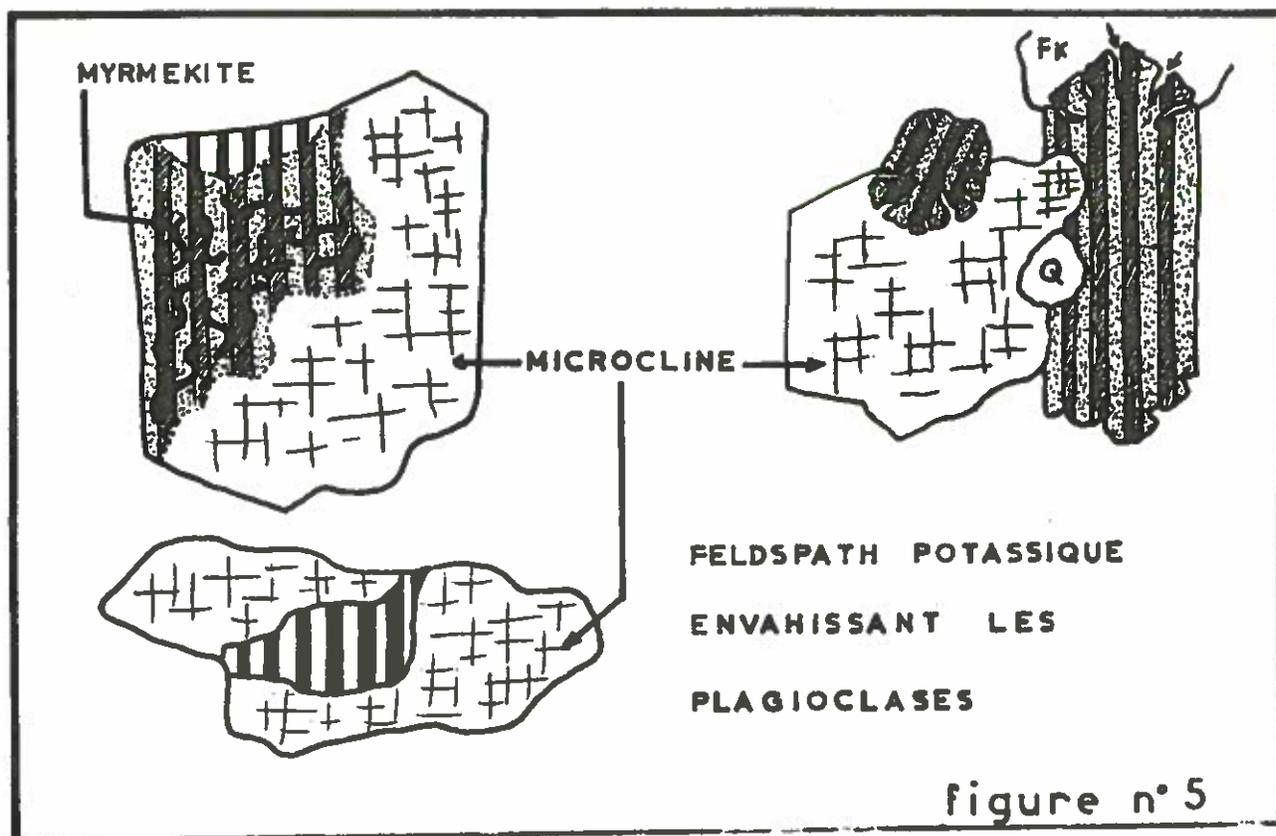
- Pourcentages volumétriques : deux échantillons ont fourni les pourcentages volumétriques suivants :

	M30-2	P35-5
quartz	52,76	43,00
plagioclase	9,93	4,66
microcline	33,55	2,08
perthite	2,03	48,50
biotite	1,14	1,50
mineral	0,57	0,25
muscovite	trace	trace
grenat	trace	trace
zircon	trace	trace
allanite	trace	trace

- Structure : elle est granoblastique. Parfois quartz et plagioclase tendent à s'orienter selon une direction privilégiée.

- Minéralogie : le quartz est l'élément dominant. Il se présente soit en plages globulaires isolées soit en petits amas polycristallins.

Le plagioclase est beaucoup plus "acide" que précédemment. Il s'agit en effet d'albite (An5-7). La taille des plages qu'elle forme est généralement plus faible que celle des autres minéraux. Elle renferme parfois des lamelles de séricite. Dans une lame a été observée la pseudomorphose d'un plagioclase par du feldspath potassique (fig. n° 5)



Les feldspaths potassiques sont très abondants (35, 58 % et 50, 58 %) ce qui caractérise justement ces leptynites. Ils sont de deux types là encore : microcline (s. lat.) régulièrement maclé et homogène, microcline perthitique.

Les plages qu'ils forment tous deux sont souvent à tendance porphyroblastique.

La biotite est différente de celle décrite au paragraphe I. Son pléochroïsme va du brun verdâtre à vert jaunâtre très clair. Ces teintes indiqueraient, d'après MIYASIRO, 1967, un rapport $Fe_2O_3/Fe_2O_3 + FeO$ assez élevé et une faible teneur en TiO_2 .

B) LEPTYNITES ORIENTEES (planche n°5 fig. 3, 4, 5)

Ce faciès est nettement plus fréquent que le précédent mais il reste toujours subsidiaire par rapport aux gneiss à biotite au sein desquels il est interstratifié.

- Gisement et aspect macroscopique : ces leptynites orientées s'individualisent de diverses façons :
- minces niveaux (1,5 à 2 cm d'épaisseur) très réguliers, alternant avec des niveaux amphiboliques de même épaisseur (photo n° 4) :

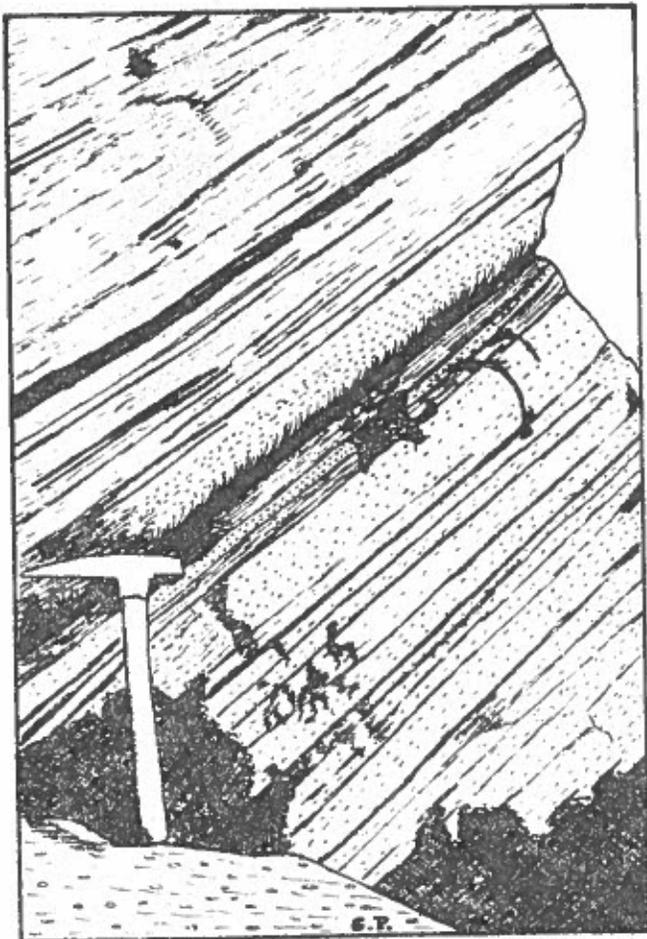


Photo n° 4 : Alternance de bancs de leptynite et d'amphibolite. L'origine sédimentaire apparaît vraisemblable.

- bancs de 20 à 150 cm de puissance, également réguliers, interstratifiés dans les gneiss à biotite (photo n° 5) :

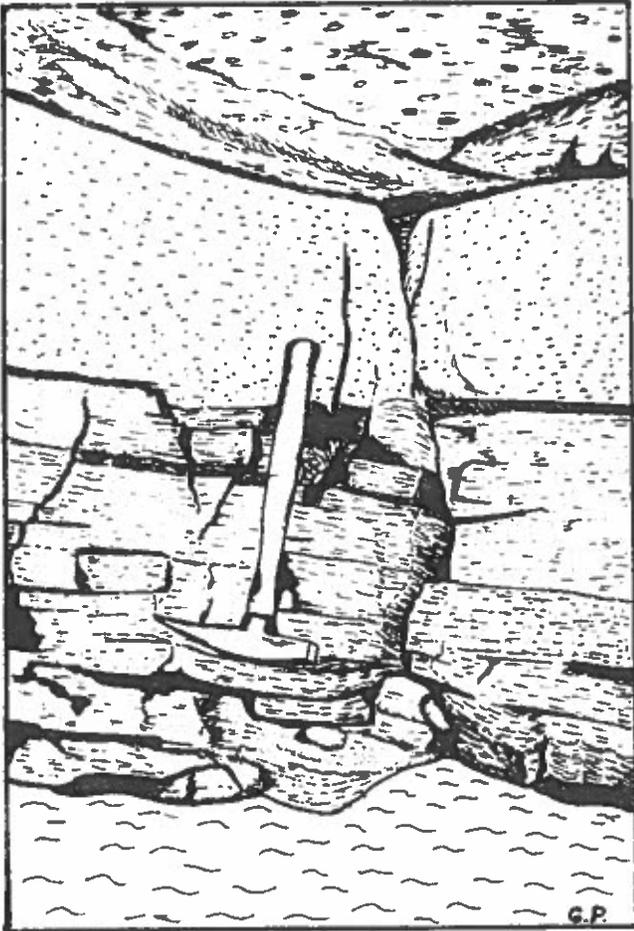


Photo n° 5 : Banc de leptynite (partie supérieure) reposant sur des gneiss à biotite.

- Grosse masse représentant une surface d'environ 20 km². Cet affleurement se situe au NW du lac Mac Gillivray mais ne se traduit par aucun caractère particulier sur les photographies aériennes. De plus cette masse semble posséder quelques zones de leptynites non orientées qui n'ont pu être localisées de façon correcte et avec une certitude suffisante pour en tenir compte ici.

La texture de ces roches, plus résistantes à l'érosion que leur encaissant, est massive. Leur légère orientation est due à la répartition dans quelques plans parallèles discontinus des biotites et des amphiboles ou bien, dans la masse du lac Mac Gillivray, à la disposition des quartz en feuillets, lentilles ou amandes parallèles.

- Pourcentages volumétriques : trois comptages des points ont été faits sur des échantillons moyens caractéristiques :

	K14-11	P5-13	P41-10
quartz	70,57	78,90	66,64
plagioclase	13,47	18,06	13,79
microcline	13,47	-- --	14,69
perthite	-- --	0,25	3,00
biotite	1,57	0,12	1,05
muscovite	0,41	trace	trace
grenat	0,09	trace	trace
amphibole	-- --	2,62	-- --
sphène	-- --	-- --	0,08
mineral	0,33	0,12	0,48

- Structure : elle est en général granoblastique, mais la disposition des biotites peut laisser apparaître une foliation.

- Minéralogie : le quartz est particulièrement abondant, beaucoup plus que dans les leptynites non orientées. Il forme soit de petites plages globulaires à extinction franche soit des amas polycristallins à extinction roulante.

Le plagioclase est là encore assez "acide". Il s'agit en effet d'oligoclase (An10-15). Son pourcentage est assez constant (de 13 à 18 %). Ses plages sont de la taille de celles des quartz globulaires. Il est souvent soit partiellement soit entièrement séricitisé.

Le feldspath potassique est là encore soit du microcline homogène soit du microcline perthitique. Son pourcentage est variable : pratiquement absent dans P5-13 il atteint 17,69 % dans P41-10. Les phénomènes de pseudomorphose

PLANCHE n° 5

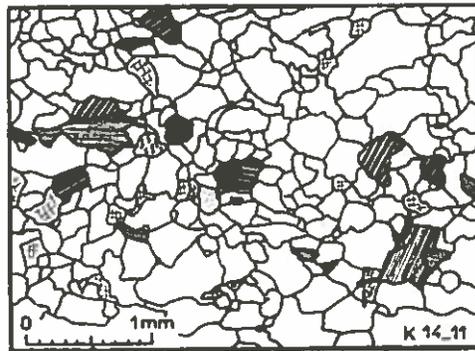
Les Leptynites



0 1mm fig.1 P 35_5



0 1mm fig.2 M 30_2



0 1mm Fig.3 K 14_11



0 1mm fig.4 P 41_10



0 1mm fig.5 P 5_13

LEGENDE

 Quartz	 Biotite altérée
 Plagioclase	 Minerai
 Microcline	 Apatite
 Plagia. altéré	 impuretés recouvrant la lame
 Micro. perthitique	
 Biotite	
 Amphibole	

du plagioclase par ce feldspath potassique sont courants.

La biotite montre toujours une teinte brun vert selon Ng. Dans certains échantillons elle est chloritisée. Bien qu'elle soit peu abondante c'est elle qui détermine la plupart du temps la foliation ténue observée à l'affleurement. Il faut noter que là où elle est quasiment absente (P5-13) elle est remplacée par de la hornblende verte.

Enfin à titre accessoire, on peut rencontrer des minéraux opaques qui se localisent toujours près des lames de biotite, de petites paillettes flexueuses de muscovite, quelques cristaux de grenat ou de sphène.

C) CONCLUSION

Les caractères distinctifs des leptynites par rapport aux gneiss à biotite sont les suivants :

- pourcentages beaucoup plus élevés des minéraux felsiques par rapport aux minéraux mafiques ;
- teneur en anorthite plus faible des plagioclases (An5-7 et An 10-15) contre An25 à An40 ;
- biotite brun vert et non brun rouge vif ce qui traduit pour la première un rapport $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ plus élevé et une teneur en TiO_2 plus faible.

Ces différences sont dues très vraisemblablement aux compositions chimiques originelles respectives de ces deux ensembles. Elles ne traduisent pas des conditions thermodynamiques différentes lors des cristallisations lesquelles se sont sans doute effectuées sous les mêmes conditions thermodynamiques et selon le même ordre.

Dans un premier temps se sont formés quartz, plagioclase, biotite, (amphibole), muscovite, (grenat), sphène) minéral.

Dans un deuxième temps on aurait eu développement des gros cristaux de quartz ainsi qu'envahissement du feldspath potassique qui s'effectue souvent au détriment du plagioclase dont le caractère "résiduel" est très bien marqué.

Enfin il y a eu séricitisation (s. lat.) des plagioclases et chloritisation des biotites, phénomènes à caractère épizonal.

III. - GNEISS A PYROXENE

Bien que leur importance volumétrique soit faible, au point qu'ils n'ont pas pu être individualisés sur la carte géologique, ces gneiss à pyroxène méritent de faire l'objet d'un paragraphe spécial en raison de la signifi-

-tion qu'ils peuvent avoir du point de vue de l'histoire des phénomènes géologiques dont la région a été le siège.

Leurs rapports stratigraphiques et structuraux avec l'ensemble gneiss-leptynites n'ont pas pu être établis avec précision en raison de la trop grande discontinuité des affleurements. Il a semblé toutefois qu'il s'agissait de masses interstratifiées au sein des gneiss à biotite et amphibole, mais sans contours nets. Les directions et pendages relevés sur chacun de ces amas paraissent concorder avec ceux de leur encaissant.

- Pourcentages volumétriques : trois échantillons représentatifs des différents types de ces gneiss à pyroxène ont fait l'objet de comptages de points :

	G11-1	P5-1c	G14-1
quartz	44,60	7,31	8,40
plagioclase	29,20	51,87	65,90
scapolite	-- --	4,00	1,00
biotite	0,83	-- --	0,32
hornblende v	14,20	25,09	17,20
pyroxène	3,30	9,04	1,20
grenat	-- --	1,28	-- --
muscovite	1,65	trace	trace
apatite	1,65	-- --	-- --
minerai	3,65	1,37	0,10

Comme on le voit ces trois échantillons sont très différents. Il a donc paru utile d'utiliser la classification modale de J. JUNG et R. BROUSSE (1959) et de calculer les différents indices :

	G11-1	P5-1c	G14-1
SAT	60,50	12,30	11,30
COL	26,20	40,82	25,70
FEL	00,00	00,00	00,00

- G11-1 et G14-1 sont donc des roches leucocrates fortement quartziques, holoplagioclasiques.

- P5-1c est une roche mésocrate, peu quartzique.

Compte tenu du fait que ces "gneiss à pyroxène" renferment fréquemment de l'orthopyroxène et que certains autres caractères permettent de les rapprocher des roches à caractère charnockitique, on peut utiliser la classification proposée par P. GIRAUD, 1964. G11-1 et G14-1 seraient alors des gneiss plagioclasiques à pyroxène et hornblende brun vert, P5-1c serait un gneiss à pyroxène et hornblende brun vert.

- Structure : elle est granolépidoblastique.

- Minéralogie : le quartz est en proportion extrêmement variable (de 7,31 à 44,60 %). Il forme en général des plages à tendance globulaire mais il donne parfois des amas polycristallins à extinction onduleuse.

Le plagioclase est toujours abondant : de 29,20 à 65,80 %. Sa teneur en anorthite varie, semble-t-il, en fonction directe de son abondance. :

- G11-1 An25
- F16 An35-40
- P5-1c An45-50

A la macle de l'albite toujours bien développée se surajoute souvent celle du péricline qui est le plus souvent fusiforme. Il est parfois altéré en séricite (s. lat.). Enfin il peut également être scapolitisé (comme dans la lame P43-1). On peut observer les différents stades de transformation et il est à noter que celle-ci n'affecte qu'une des deux séries des individus de macle.

La scapolite, minéral absent des formations étudiées jusqu'à maintenant, apparaît donc dans les roches à pyroxène sous forme de plages au sein des plagioclases mais aussi en cristaux bien individualisés au même titre que les quartz et les pyroxènes.

Les pyroxènes dont la présence a conduit à individualiser ce groupe spécial n'est toutefois jamais très abondant (de 1,20 à 9,04 %). Les nombreuses mesures faites à la platine théodolite ont donné les valeurs suivantes :

$$2Vz = 55^\circ \text{ à } 65^\circ$$

$$z \wedge C = 44^\circ \text{ à } 48^\circ$$

Les teintes de pléochroïsme étant par ailleurs vert pâle selon Np à rose saumon selon Ng il s'agirait d'un terme de la série diopside-hedenbergite.

En outre, à côté de ce clinopyroxène apparaît dans un certain nombre d'échantillons un orthopyroxène dont la composition n'a pu être définie par mesures optiques.

CONCLUSION

Les problèmes posés par la présence de ces gneiss à pyroxène dont les caractères se rapprochent de ceux des gneiss charnockitiques rencontrés

fréquemment dans le Grenville sont difficiles à résoudre en raison de leur importance volumétrique réduite et du manque d'informations concernant leurs rapports exacts avec les gneiss à biotite et à biotite et amphibole encaissants.

Dans l'état actuel on peut simplement envisager quelques hypothèses :

- il s'agit d'un fragment d'une série plus ancienne que celle ayant donné l'ensemble gneiss à biotite-leptynites. A l'appui de cette hypothèse on peut signaler l'observation suivante : un ancien filon pegmatitique, déformé et ayant acquis une foliation secondaire est visible dans un affleurement de gneiss à pyroxène (photo n° 6) Ceci n'a jamais été noté au sein des ensembles gneissiques à biotite. Or on sait que de telles figures ont permis lors de l'étude de socles cristallins la mise en évidence de deux cycles orogéniques surperposés.

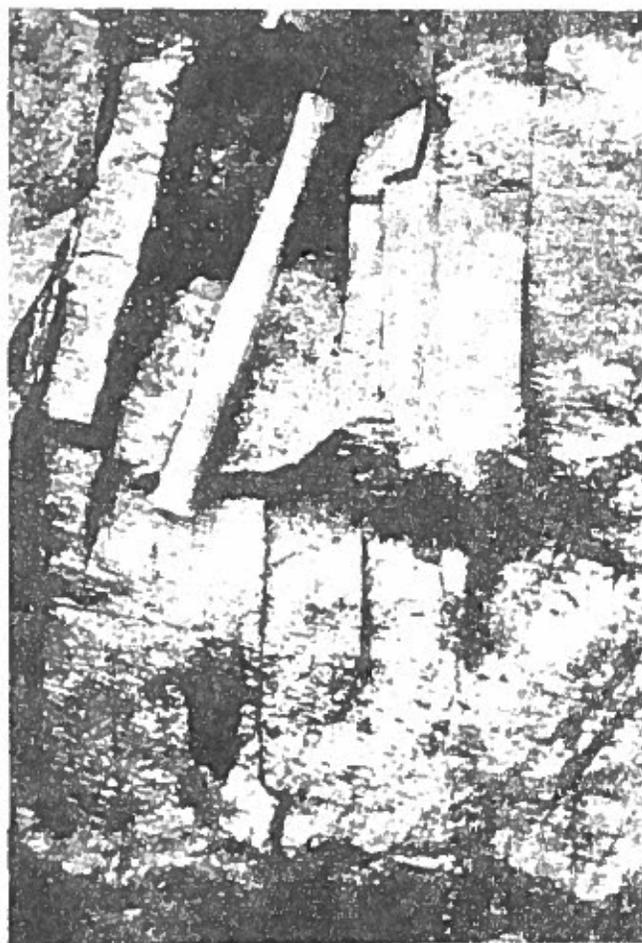


Photo n° 6 : Gneiss à pyroxène. Noter en bas à droite un ancien filon de pegmatite déformé.

- Gneiss à pyroxène et ensemble gneiss à biotite-leptynites appartiennent à une même série mais les premiers représentent des septas non rétro-morphosés.

- Gneiss à pyroxène et ensemble gneiss à biotite-leptynites forment une même série, les premiers, de plus haut grade métamorphique (faciès granulite à hornblende), ne constituent que des "accidents" très localisés.

- Il s'agissait au début d'une même série bien différenciée, affectée par un métamorphisme d'égale intensité. Les paragenèses observées dans les gneiss à pyroxène qui se rapprochent de celles du faciès granulite à hornblende, étant simplement dues à une composition chimique particulière, peut-être une plus faible teneur en eau.

Parmi ces hypothèses, non limitatives, il n'est pas pour l'instant possible de trancher. Il serait intéressant à cet égard d'effectuer une série de déterminations d'âges radiométriques sur divers minéraux des deux ensembles et par des méthodes différentes.

IV. - AMPHIBOLITES, PYROXENITES

Ce sont des roches facilement identifiables sur le terrain en raison de leur couleur sombre : vert foncé à noir. Il s'agit soit de niveaux très minces (1 à 3 cm) alternant avec des leptynites soit de bancs plus épais (1 à 3 m) interstratifiés dans les gneiss à biotite et à biotite et amphibole.

Du point de vue volumétrique ces faciès basiques sont très subsidiaires et il a même été impossible de les individualiser sur la carte géologique au 1/50 000.

Les variétés en sont nombreuses, depuis des amphibolites franches jusqu'à des pyroxénites avec différents termes de passage. Trois groupes ont ainsi été distingués :

- amphibolites sans pyroxène
- amphibolites à pyroxène
- pyroxénites.

Pour chacun de ces groupes il a été calculé les indices de J. JUNG et R. BROUSSE (1959) qui permettent de se rendre compte des proportions relatives des minéraux et de calculer les "équivalents éruptifs". Pour tous les faciès l'indice feldspathique est nul, c'est-à-dire qu'ils sont tous "holoplagioclastiques".

1) Amphibolites sans pyroxène (planche n° 6 fig. 1 et 2)

- Gisement : elles forment des niveaux de 1 à 3 m d'épaisseur qui se débitent en feuillets de 2 à 3 cm. Leur couleur est noire aussi bien sur les surfaces altérées qu'en cassure. Certains feuillets présentent parfois une teinte soit vert sombre soit vert clair.

- Pourcentages volumétriques : deux comptages de points ont été exécutés sur des échantillons représentatifs :

	P7-21	P17-1
plagioclase	35,45	39,60
amphibole v.	60,07	50,40
biotite	3,61	7,94
minerai	0,16	2,31
zircon	trace	trace
apatite	trace	-- --
=====		
SAT	00,00	00,00
COL	64,55	60,40
FEL	00,00	00,00

L'équivalent éruptif de ces deux amphibolites est un mélagabbro (ou méla-basalte).

- Structure : elle est granoblastique. On note une alternance de lits constitués essentiellement d'amphibole et d'un peu de plagioclase et de lits uniquement plagioclasiques.

- Minéralogie : le feldspath, en plages granoblastiques de petite taille, est de l'andésine An35. Il est parfois "séricitisé".

La hornblende en cristaux de plus grande taille que celle des plagioclases a le pléochroïsme suivant : selon Ng et Nm vert olive à vert brunâtre, selon Np vert jaune clair.

$$2Vz = 82^\circ \text{ à } 87^\circ$$

$$z \wedge C = 24^\circ$$

La biotite est parfois présente (jusqu'à près de 8 %). Elle donne des plages très allongées, parallèles entre elles, se disposant dans les plans de foliation visible sur les échantillons. Selon Ng elle montre une belle couleur brun rouge intense ce qui témoigne d'une teneur élevée en Fe_2O_3 (et/ou en TiO_2).

Les minéraux opaques peuvent être relativement abondants (2,31 % dans P17-1). Ils se rencontrent essentiellement dans les lits micacés ou amphiboliques.

La chlorite se développe parfois aux dépens des biotites et des amphiboles.

2) Amphibolites à pyroxène (planche n° 6 fig. 3 et 4)

Deux catégories ont été distinguées selon l'absence ou la présence de grenat.

a) Amphibolites à pyroxène (planche n° 6 fig. 3)

Gisement. Aspect macroscopique : il s'agit de roches

massives, sans foliation, vert noirâtre à noir aussi bien en altération qu'en cassure.

Ce sont des niveaux interstratifiés dans les gneiss allant de 50 cm à 1 m d'épaisseur.

- Pourcentages volumétriques : deux échantillons représentatifs des termes extrêmes de ce groupe ont fait l'objet d'un comptage de points :

	J40-5	P8-3a
plagioclase	0,27	40,74
amphibole v.	75,83	38,35
biotite	trace	trace
pyroxène	23,42	20,00
mineral	0,49	0,90
=====		
SAT	00,00	00,00
COL	99,63	59,26
Py/Amp	23,62	34,30

On note les caractères suivants : teneur en plagioclase variant très fortement (de 0,27 % à 40,74 %) ; total plagioclase + amphibole à peu près constant ; teneur en pyroxène à peu près semblable.

L'équivalent éruptif dans la classification de J. JUNG et R. BROUSSE (1959) est, pour J40-5, une amphibolite (roche mésocrate) et pour P8-3a, un basalte (roche holomélanocrate).

-Structure hétérogranulaire granoblastique.

-Minéralogie : le plagioclase est de l'andésine (An35-40). Les macles polysynthétiques fines et nombreuses, sont parfois tordues. Les cristaux sont soit d'aspect frais soit totalement séricitisés.

Le pyroxène est un élément à pourcentage constant dans cette formation :

$$2Vz = 55^\circ \text{ à } 65^\circ \quad z \wedge C = 44^\circ \text{ à } 48^\circ$$

Il s'agit d'un terme de la série diopside-hedenbergite.

Les cristaux sont de grosse taille et sont tous craquelés. Ils n'ont jamais leurs formes propres ce qui permet de penser que ce sont des restes partiellement détruits au moment du métamorphisme. La transformation en hornblende verte très courante se fait le long des clivages.

L'amphibole qui présente un pourcentage variable (de 32,19 % à 75,83 %) est en général de la hornblende verte.

$$2Vz = 72^\circ \text{ à } 88^\circ$$

$$z \wedge C = 14^\circ$$

Ng et Nm = vert olive à vert brunâtre

Np = jaune, vert clair

Ce sont des cristaux de petite taille situés aux environs des cristaux de pyroxène.

Certaines roches (P8-3a) possèdent une hornblende brune de taille identique à celle des pyroxènes.

Le pléochroïsme est le suivant : selon Ng et Nm vert brunâtre et selon Np jaune brunâtre clair.

Les minerais, peu nombreux, se trouvent toujours au contact entre les cristaux de pyroxène et d'amphibole.

b) Amphibolite à pyroxène et grenat (planche n°6 fig. 3)

Un seul affleurement de ce faciès a été reconnu. Il se situe au NW du lac Summerville. Il s'agit d'une roche très résistante à l'érosion. De très nombreux petits points rouges de grenat se détachent sur un fond noir. Il n'a pas été possible de préciser son mode de gisement ni son extension.

- Pourcentages volumétriques : à titre indicatif deux comptes de points sont donnés ci-dessous :

	K14-7	P9-34
plagioclase	11,38	22,81
hornblende v.	-- --	64,65
hornblende b.	40,91	07,29
pyroxène	8,36	1,63
grenat	37,93	3,35
mineral	1,41	0,27

COL	0	0
SAT	88,62	77,19
Py/Amp	16,96	2,22

Les équivalents éruptifs dans la classification de J. JUNG et R. BROUSSE (1959), sont des mélagabbros (ou des mélabasaltes). Pour la première on note une grande abondance de grenat (37,93 %) et une teneur assez élevée en pyroxène (8,36 %). Pour la seconde grenat et pyroxène sont moins abondants mais par contre le total des amphiboles (71,94 %) et la teneur en plagioclase

(22,81 %) sont nettement plus élevés que dans la précédente.

- Structure : elle est granoblastique.

- Minéralogie : le plagioclase est de l'andésine (An35-40). Il ne forme pas de lits mais parsème la surface de la lame. Il est parfois entièrement "séricitisé".

La hornblende est différente dans les deux échantillons : en K14-7 il s'agit d'une hornblende brune avec $z \wedge C = 8 \text{ à } 12^\circ$; en P9-34 il s'agit d'une hornblende verte avec $z \wedge C = 26^\circ$.

Le pyroxène est de l'augite ($2Vz = 66^\circ$ et $x \wedge C = 48^\circ$). En lumière naturelle il est incolore ou légèrement verdâtre mais non pléochroïque. Il est souvent entouré ou pénétré le long de ses clivages par de l'amphibole. Parfois on a l'impression que les plages de pyroxène, tout en conservant leurs clivages caractéristiques "verdissent" du fait d'une amorce d'ouraltisation.

Le grenat est de l'almandin. Sa proportion et sa taille sont variables. Parfois il forme de véritables "lits" de grenatite au sein de l'amphibolite. A la différence des grenats rencontrés dans les gneiss, ceux-ci sont très "frais", sans inclusion ni craquelure.

3) Pyroxénites

Deux types ont été distingués : pyroxénite à amphibole et pyroxénite à scapolite.

a) Pyroxénite à amphibole : un seul affleurement est à signaler. Il s'agit d'une roche massive, résistante et de coloration noire. En cassure on ne note aucune disposition privilégiée des minéraux dont la taille est de l'ordre de 2 mm. L'échantillon étudié est noté P50-20.

- Pourcentages volumétriques :

- diopside	69,70 %
- hornblende	29,00 %
- oxyde de fer	1,30 %

- Structure : elle est à tendance grenue hétérogranulaire.

- Minéralogie : le pyroxène est du diopside
 $z \wedge C = 35 \text{ à } 42^\circ$ $2Vz = 44 \text{ à } 64^\circ$

La réfringence est la suivante : $x > 1,660$
 $y < 1,700$

Parfois il s'altère en amphibole.

La hornblende a les caractères optiques suivants : pléochroïsme vert olive selon Ng et Nm, jaune vert clair selon Np ; $z / C = 10^\circ$; $2Vz = 66^\circ$ à 84° . Il est difficile de dire si toutes les plages de hornblende dérivent des pyroxènes.

Les minerais paraissent provenir de l'ouralitisation des pyroxènes qui auraient ainsi exsudé du fer (et peut-être du titane ?).

b) Pyroxénite à scapolite : il s'agit d'un échantillon prélevé sur les berges de Long lake au SW du lac Mac Gillivray, dans un banc interstratifié dans les gneiss à biotite et amphibole. La roche est massive, cohérente, de couleur sombre mais avec une légère teinte beige.

- Pourcentages volumétriques : il s'agit de l'échantillon J35-9 :

pyroxène	35,57		calcite	5,12
scapolite	49,63		quartz	2,19
sphène	2,19		chlorite	1,32
mineral	3,73		oxydes	trace

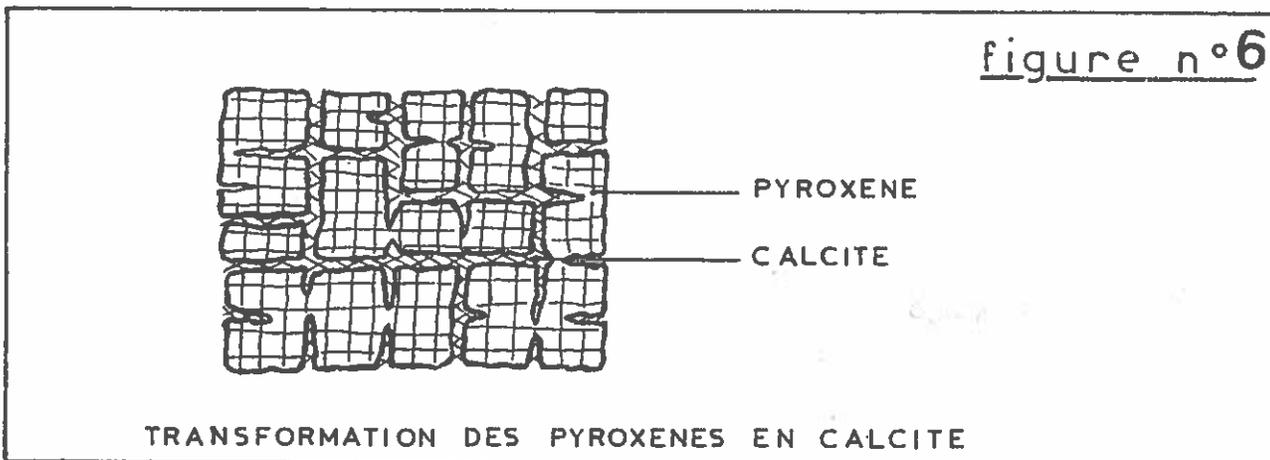
Il s'agit d'une roche où dominant en premier la scapolite puis le pyroxène.

- Structure : elle est à tendance granoblastique et hétérogranulaire.

- Minéralogie : le pyroxène est du diopside

$$2Vz = 44^\circ \text{ à } 64^\circ \quad z / C = 35^\circ \text{ à } 42^\circ$$

Le long des clivages hl et gl on observe de la calcite (fig. n° 6) :



La scapolite, très abondante, se présente sous forme de très gros cristaux automorphes, très frais.

Le sphène, en plages de grande taille, craquelées, atteint 2,19 %. Il est accompagné de minéraux opaques.

Il est difficile de dire si la scapolite est primaire ou secondaire. Dans cette lame aucun résidu de plagioclase n'a été rencontré ce qui ferait penser à une cristallisation primaire. Mais dans des lames d'autres faciès de la série on a rencontré des plagioclases en voie de scapolitisation.

V. - LES METAGABBROS (planche n° 6 fig. 5)

Il s'agit de roches éruptives basiques orthogneissifiées qui ont été rencontrées d'une part à l'Ouest de Shenboro sur une superficie de l'ordre de 0,5 km² et d'autre part sur la piste qui longe la rive ouest du lac Papin (NW de la carte) sous forme d'affleurement isolé.

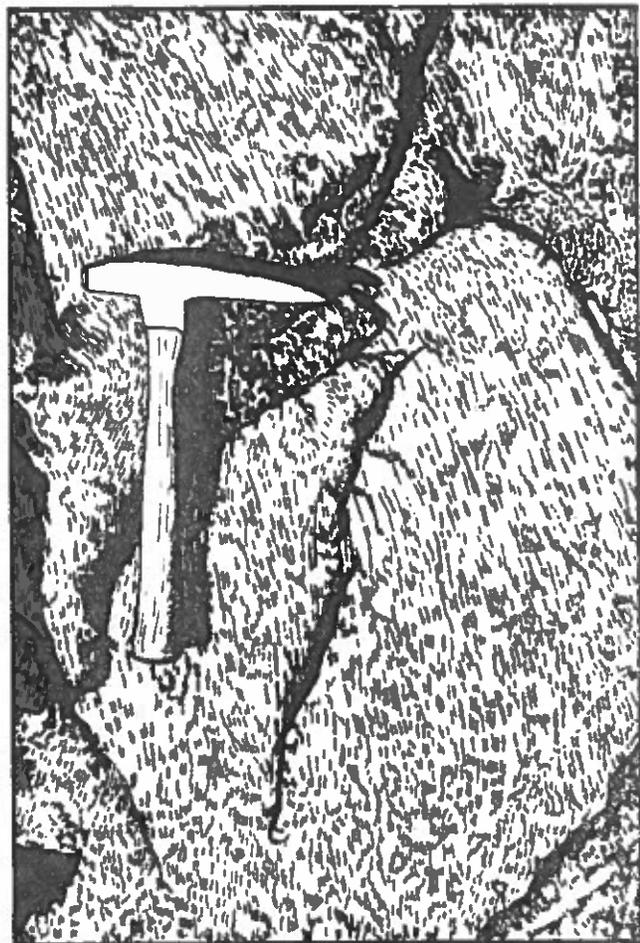


Photo n° 7 : Métagabbro - Noter la linéation des amphiboles due au métamorphisme.

Dans le premier cas il s'agit d'un massif bien délimité, de forme grossièrement lenticulaire, son plus grand allongement étant parallèle à la foliation des gneiss encaissants.

Dans le second cas il n'a pas été possible de préciser le mode de gisement.

La roche est massive et donne de beaux polis glaciaires. Les taches blanches de plagioclase contrastent avec celles noires d'amphibole. Parfois le grenat s'observe sur l'échantillon (photo n° 7).

- Pourcentages volumétriques : Ces roches étant très fraîches les comptages de points ont été faciles. A titre d'exemple est donné celui réalisé sur l'échantillon K30-6 :

andésine(An25)	69,96
hornblende verte	25,40
biotite	1,39
grenat (almandin)	3,45

SAT	0
COL	30,04

- Structure : elle est grenue franche, isogranulaire.

- Minéralogie : le plagioclase est de l'andésine (An25)
 $2V_z = 78^\circ$; angle d'extinction des sections perpendiculaires à $gl = 25^\circ$.

Les macles polysynthétiques sont bien développées.

Le minéral ferromagnésien est une hornblende verte :

$$z / C = 24^\circ \quad 2V_x = 88^\circ$$

Certaines plages renferment de fins granules d'ilménite et d'autres se transforment sur les bordures en biotite.

La biotite présente un pléochroïsme intense (brun rouge selon Ng) ce qui laisse supposer une assez forte proportion de titane. Elle est localement chloritisée.

Le grenat se concentre dans la roche de façon anarchique. Les plages, de grande taille, de couleur rouge soutenu, sont souvent craquelées. En outre les minéraux qui les entourent sont affectés de petites cassures rayonnantes semblant indiquer une cristallisation du grenat postérieure à celle des autres minéraux. Ils renferment fréquemment des inclusions(plagioclases, amphiboles).

Les grenats de l'échantillon K30-6 ont été extraits puis analysés. Les résultats sont donnés dans le paragraphe de l'étude pétrochimique mais on peut donner ici sa composition calculée. Il s'agit d'un grenat composé de 38,40 % d'almandin, de 37,40 % de pyrope, de 23,40 % de grandite (grossulaire + andradite) et de seulement 0,80 % de spessartine.

PLANCHE n° 6

Amphibolites, Pyroxénite, Metagabbro

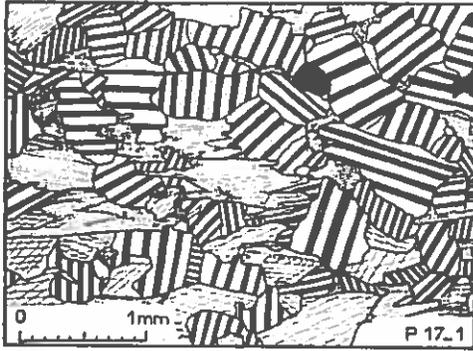


fig. 1

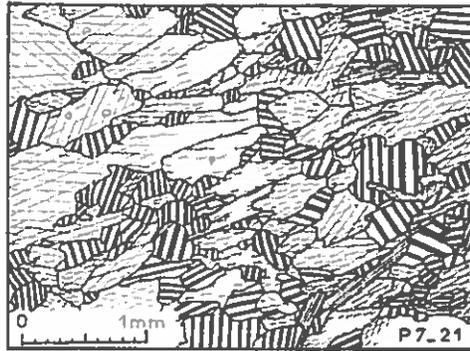


fig 2

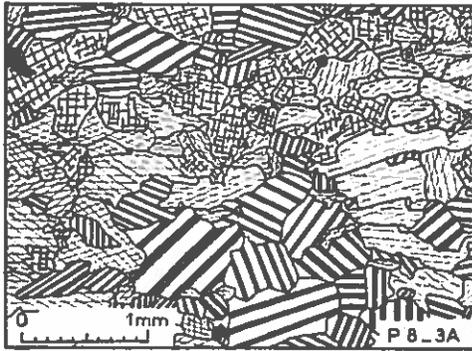


fig. 3

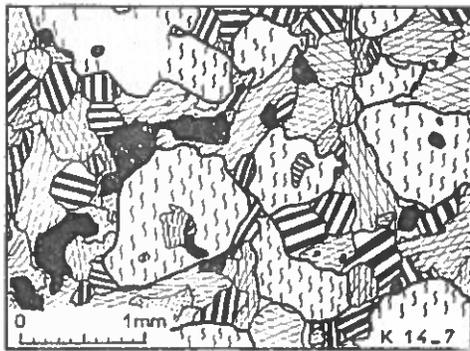


fig.4

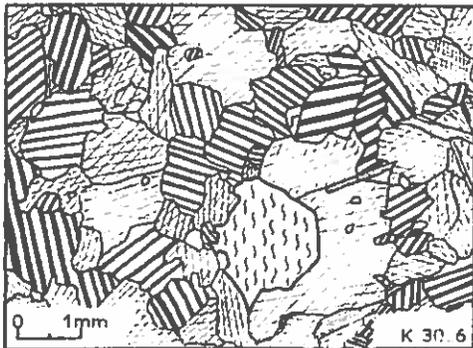


fig. 5

LEGENDE

	Plagioclase		Grenat
	Biotite		Mineral
	Amphibole		
	Pyroxène		

Conclusion

Il s'agit d'une roche éruptive en raison de son gisement et de sa structure grenue encore bien reconnaissable. Les paramètres de J. JUNG et R. BROUSSE calculés à partir du comptage de points donnent SAT = 00 et COL = 30,04 ce qui la rangerait, compte tenu de la nature du plagioclase (An₂₅) dans la famille des diorites.

Toutefois il s'agit d'une roche qui a subi un métamorphisme se manifestant en particulier par une linéation secondaire très nette et par la cristallisation très vraisemblablement secondaire du grenat.

VI. - CONCLUSION A L'ETUDE PETROGRAPHIQUE

La série cristallophyllienne du Grenville dans la région du lac Mac Gillivray est constituée par une alternance de bancs de gneiss à biotite ou à biotite et amphibole (largement dominants), de leptynites (seuls niveaux utilisés comme repères sur le terrain), de gneiss à pyroxène et de roches amphibolo-pyroxéniques. Ces deux dernières catégories n'occupent que des superficies minimales. A ces divers schistes cristallins on peut y joindre quelques masses lenticulaires d'orthogneiss basiques : les métagabbros.

Pour l'ensemble gneissique les paragenèses ne sont pas très variées. On peut en dégager les caractéristiques essentielles suivantes :

- quartz abondant à très abondant, appartenant à deux générations ;
- plagioclase dont la teneur en anorthite est comprise entre 25 et 30 % ;
- microcline très fréquent et caractéristique de cet ensemble car il pseudomorphose presque toujours, à des degrés divers, les plagioclases ;
- biotite avec un pléochroïsme très prononcé (brun rouge vif selon Ng) ;
- hornblende verte ;
- grenat (almandin-pyrope) irrégulièrement réparti dans les divers faciès ;
- absence de minéraux alumineux tels que la sillimanite.

Pour les leptynites on note l'abondance de quartz et de microcline là encore à caractère envahissant. Le plagioclase est de l'albite (An₅₋₇ ou 10). Biotite et amphibole sont accessoires.

Les gneiss à pyroxène dont les relations avec les gneiss à biotite ne sont pas claires constituent une série depuis les termes riches en quartz jusqu'à des termes très plagioclasiques.

Le plagioclase va de An₂₅ à An₅₀. Le pyroxène le plus courant est du diopside auquel s'associe parfois un orthopyroxène. L'amphibole est une hornblende brun vert rencontrée dans les roches charnokitiques du faciès granulite à hornblende. La scapolitisation des plagioclases est fréquente.

Enfin le microcline est toujours absent.

Quelques faciès basiques sont intercalés dans les gneiss ou les leptynites. Il s'agit d'amphibolites franches à pyroxène et de pyroxénites à amphibole. Le plagioclase est ou non présent. L'amphibole est de deux sortes : hornblende verte commune et hornblende brune. Le pyroxène est du diopside. Dans un échantillon s'associe au diopside de la scapolite qui semble ici être primaire.

Quant aux métagabbros, certains de leurs caractères "plutoniques" sont encore discernables mais la foliation régulière qui les affecte atteste qu'ils ont été repris pendant une phase de déformation accompagnée de recristallisations, en particulier du grenat.

CHAPITRE III

ETUDE PETROCHIMIQUE

CARACTERES DE LA SEDIMENTATION ET DU METAMORPHISME

I. - INTRODUCTION

L'étude pétrographique a permis de reconnaître au sein de la série cristallophylienne de la région du lac Mac Gillivray plusieurs faciès pétrographiques. Il convient maintenant, à l'aide des analyses chimiques qui ont pu être effectuées, d'aborder le problème de l'origine de ces divers faciès et celui des caractères du métamorphisme qu'ils ont subi.

En ce qui concerne l'origine de ces faciès, leur mode de gisement a conduit à envisager pour la majorité d'entre eux une origine sédimentaire. On note en effet de façon constante une alternance régulière de niveaux riches en biotite ou à biotite et amphibole en bancs réguliers très semblables à celui des formations sédimentaires.

Un certain nombre d'analyses chimiques a donc été effectué sur des échantillons aussi représentatifs que possible des principaux faciès. Mais elles ne peuvent pas évidemment donner une idée des caractères chimiques de l'ensemble de la série.

A chaque analyse correspond une lame mince dont il a été fait état au chapitre précédent et sur laquelle a été pratiqué en général un comptage de points.

II. - ETUDE PETROCHIMIQUE

Pour chacune des quatre grandes catégories de roches individualisées du point de vue pétrographique (gneiss à biotite et amphibole ; leptynites ; gneiss à pyroxène ; amphibolites ; pyroxénites) nous donnerons d'abord les résultats des analyses réalisées. Puis après calcul et report sur des diagrammes triangulaires des paramètres ACF et A'KF (P. ESKOLA et H. G. F. WINKLER) nous situons les divers échantillons par rapport à la courbe de PETITJOHN (1959), établie d'après les valeurs du total $Fe_2O_3 + FeO + MgO$ en fonction de SiO_2 . Cela permettra ainsi d'émettre une hypothèse sur l'origine des divers faciès.

1) Gneiss à biotite et amphibole

Cet ensemble largement dominant du point de vue volumétrique avait été subdivisé en diverses catégories d'après des critères pétrographiques qui apparaissent quelque peu arbitraires. Or d'après les résultats des analyses effectuées les distinctions se justifient également du point de vue chimique.

A la lecture du tableau n° 3 on peut distinguer trois groupes de roches d'après

5. échantillon P42-2 : gneiss à biotite
x = 77° 10' 60" y = 46° 01' 20"
analyse chimique n° 242 par B. USELLE à Grenoble (mai 1968)
6. échantillon P8-1 : gneiss à biotite
x = 77° 06' 40" y = 46° 04' 10"
analyse chimique n° 245 par B. USELLE à Grenoble (mai 1968)
7. échantillon P42-3b : gneiss à biotite
x = 77° 10' 60" y = 46° 01' 20"
analyse chimique n° 244 par B. USELLE à Grenoble (mai 1968)
8. échantillon P41-3b : gneiss à biotite et amphibole
x = 77° 09' 00" y = 46° 58' 50"
analyse chimique n° 287 par B. USELLE à Grenoble (septembre 1968)
9. échantillon J35-14 : gneiss à biotite, amphibole et grenat
x = 77° 09' 20" y = 46° 02' 90"
analyse chimique n° 297 par F. KELLER à Grenoble (octobre 1968)
10. échantillon F35 : gneiss à biotite et amphibole
x = 77° 04' 80" y = 46° 05' 60"
analyse chimique n° 298 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)
11. échantillon J36-9 : gneiss à biotite et amphibole
x = 77° 13' 40" y = 46° 08' 00"
analyse chimique n° 301 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)
12. échantillon P23-13 : gneiss à biotite, amphibole et grenat
x = 77° 11' 70" y = 46° 08' 70"
analyse chimique n° 303 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)
13. échantillon P7-4 : gneiss à biotite, amphibole et grenat
x = 77° 04' 60" y = 46° 04' 30"
analyse chimique n° 304 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)

Tableau n° 3

LA SERIE PARAGNEISSIQUE

	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	65,60	59,60	60,55	54,45	63,20	73,75	70,80	56,00	55,80
Al ₂ O ₃	15,70	17,10	18,35	17,75	17,00	12,40	13,85	17,05	19,60
Fe ₂ O ₃	0,90	1,80	1,65	5,05	1,65	1,30	1,20	3,40	2,75
FeO	3,90	4,00	4,80	3,75	3,15	1,90	1,45	6,70	4,25
MgO	2,50	2,40	3,05	3,25	1,45	1,20	1,00	1,25	1,80
CaO	4,35	3,25	2,65	5,95	1,80	4,50	3,30	5,20	6,00
Na ₂ O	3,45	4,15	2,95	4,10	2,50	3,60	2,85	3,00	3,55
K ₂ O	1,95	4,00	4,70	2,25	7,65	0,90	4,55	4,55	3,65
TiO ₂	0,30	0,70	0,15	1,05	0,50	0,55	0,35	0,65	0,70
P ₂ O ₅	0,05	0,45	0,35	0,45	0,10	0,15	0,15	0,50	0,35
MnO	0,15	0,10	0,20	0,20	0,10	0,05	0,05	0,15	0,15
H ₂ O ⁺	0,90	1,95	0,20	0,65	0,25	0,10	0,15	0,40	1,10
H ₂ O ⁻	0,20	0,35	0,10	0,50	0,20	0,20	0,30	0,45	0,30
Total	99,95	99,85	99,70	99,40	99,55	100,60	100,00	99,30	100,30
=====									
A	30,17	29,64	33,92	33,23	18,22	34,26	32,31	32,80	35,44
C	27,30	20,42	14,51	27,56	22,88	38,39	37,41	29,09	31,35
F	42,53	49,94	51,56	39,29	58,74	27,35	30,28	38,10	33,21
A'	4,52	5,34	18,73	5,40	00,00	00,00	00,00	00,00	4,05
K	14,19	39,88	21,38	14,10	50,00	14,36	51,36	31,26	25,70
F	81,30	54,78	59,88	80,50	50,00	85,64	49,64	68,74	70,25

le pourcentage en silice :

- groupe renfermant plus de 70 % de SiO_2 (10 et 11) qui correspond aux gneiss hololeucocrates ;
- groupe renfermant entre 65 et 60 % de SiO_2 (5, 6, 7, 9) qui correspond aux gneiss à biotite ;
- groupe avec teneur en SiO_2 voisine de 55 % (8, 12, 13) qui correspond aux gneiss à biotite, amphibole et grenat.

On peut constater également qu'en moyenne la teneur en K_2O est assez élevée pour des gneiss (par exemple 7, 65 % dans 9).

a) Diagrammes ACF et A'KF : les valeurs des paramètres ACF et A'KF ont été reportées sur les diagrammes de H. G. F. WINKLER, 1965, donnant l'aire de répartition des différentes roches magmatiques et séimentaires.

La lecture de la figure n°8 conduit à distinguer deux grandes catégories de "roches mères" possibles et un cas particulier ,

- 5, 6, 7 se situent sur ACF dans l'aire des "argiles et argiles schisteuses" contenant moins de 35 % de carbonate et dans celle des grauwackes*. Sur le diagramme A'KF on note des valeurs de A' voisines mais des variations très sensibles pour K_2O . Alors que 5 est dans le domaine des grauwackes, 6 et 7 se situent entre ces dernières et les granites calco-alcalins. Du point de vue pétrographique ces trois échantillons sont des gneiss à biotite (sans amphibole) ;

- 8, 10, 11, 12, 13 : sur ACF ces cinq gneiss à biotite et amphibole se situent dans la zone des "argiles et argiles schisteuses" contenant plus de 35 % de carbonates, et pour 8, 12, 13 en bordure de l'aire des "grauwackes". Sur A'KF, toutes ces roches à l'exception de 8 ont A' négatif. On peut les reporter sur la droite KF afin de "visualiser" la grande variation de la teneur en K déjà notée pour la catégorie précédente ;

- la roche n° 9, quant à elle occupe des positions particulières : sur ACF son point représentatif tombe à la limite "grauwackes-roches basaltiques et andésitiques" tandis que sur A'KF (A' étant négatif et en ramenant $\text{K} + \text{F} = 100$) on constate qu'elle se situe à mi-distance de K et F.

b) Diagramme de PETTIJOHN (figure n° 9) : le rapport des points représentatifs des analyses du tableau 3 sur le diagramme de PETTIJOHN établi en fonction du total $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}$ par rapport à SiO_2 montre les points suivants : 8, 12, 6, 9, 11, se situent à peu près exactement sur la courbe entre les points moyens des granites et au delà de celui des schistes ; 7, 5, 10 par contre se situent au delà de la "courbe idéale", mais sur une ligne parallèle à la précédente, passant à mi-distance entre les "schistes" et "grauwackes", et aboutissant si on la prolonge vers le haut au point "basalte" ; quant à 13 elle se situe de l'autre côté mais à proximité du point représentatif des schistes.

* Bien que WINKLER, 1965, ne précise pas dans quel sens il utilise le terme de grauwacke il semble qu'il s'agisse de tous les grès à ciment détritique (et non diagénétique)

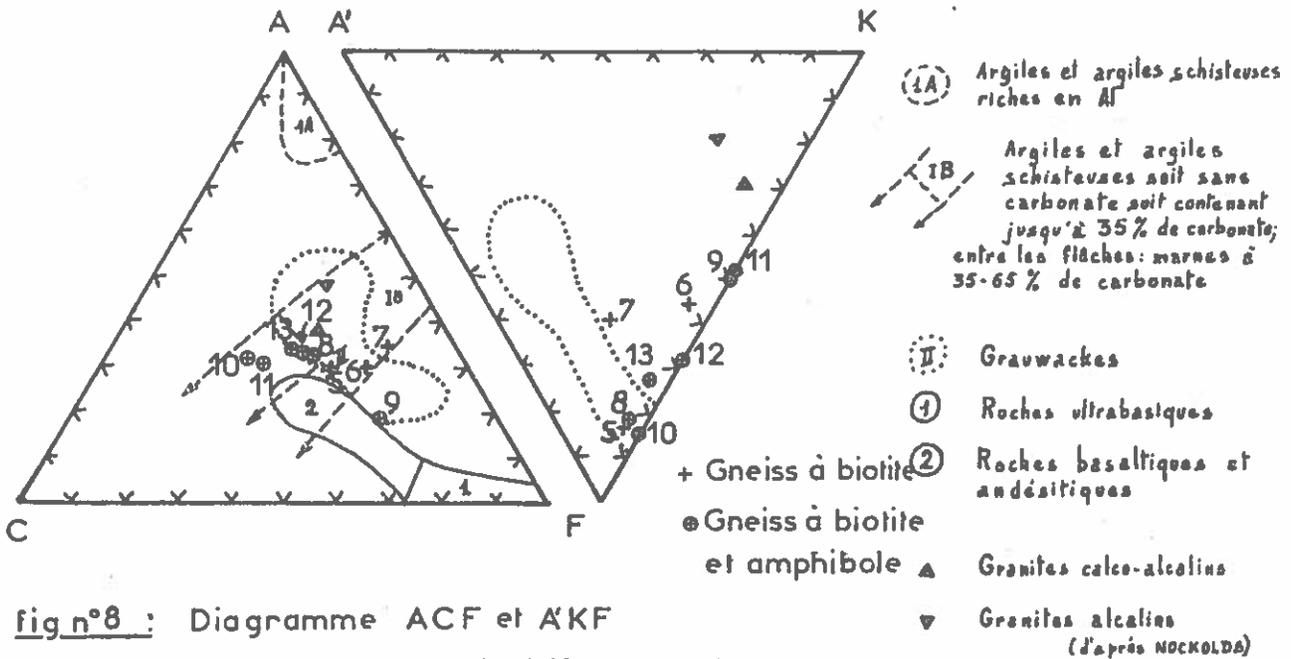


fig n°8 : Diagramme ACF et A'KF

Composition chimique de différentes roches magmatiques et sédimentaires

(WINKLER "La genèse des roches métamorphiques")

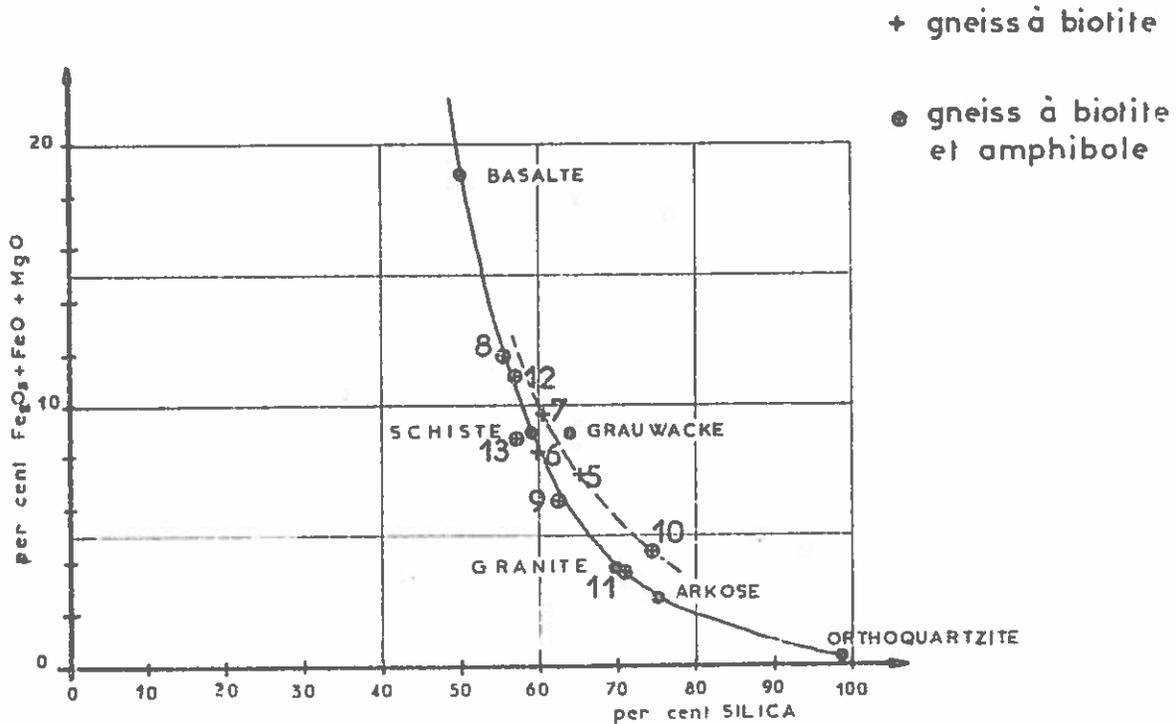


fig n°9 : Relation entre les oxydes de fer et magnésium et l'oxyde de silicium

(PETTIJOHN "Sedimentary rocks" 1949)

c) Conclusion : à la lecture des diagrammes ACF et A'KF de WINKLER et de celui de PETTIJOHN il paraît bien que les gneiss à biotite et à biotite et amphibole qui constituent l'essentiel de la région étudiée dérivent d'une série sédimentaire constituée essentiellement de schistes argileux, en général pauvres en Al_2O_3 . Certains renfermaient moins de 35 % de carbonate et ont donné les gneiss à biotite seule, d'autres plus de 35 % et dans ce cas l'amphibole est apparue à côté de la biotite ; on note également que certains faciès sont très quartzeux (10 et 11) ce qui conduit à admettre l'existence d'anciens grès interstratifiés dans les schistes. Enfin on doit souligner l'abondance relative en K_2O de certains faciès qui se manifeste minéralogiquement par la présence de microcline. Il est difficile alors de dire si la roche initiale se rapprochait d'une arkose ou bien si le matériel argileux était représenté surtout par de la kaolinite.

2) Les leptynites

Deux types avaient été distingués au point de vue pétrographique : leptynite non orientée et leptynite orientée. Une analyse chimique a été faite sur un échantillon moyen de la leptynite non orientée (4), trois autres sur des échantillons représentatifs des faciès orientés (1, 2, 3). Les résultats sont donnés dans le tableau n° 4.

-
- 1 - Echantillon n° P5-13 $x = 77^{\circ} 03' 00''$
 $y = 46^{\circ} 05' 80''$
leptynite orientée à amphibole
Analyse chimique n° 275 par B. USELLE à Grenoble (septembre 1968)
- 2 - Echantillon n° K14-11 $x = 77^{\circ} 10' 70''$
 $y = 46^{\circ} 03' 00''$
leptynite orientée
Analyse chimique n° 291 par F. KELLER à Grenoble (octobre 1968)
- 3 - Echantillon n° J40-3 $x = 77^{\circ} 04' 50''$
 $y = 46^{\circ} 03' 30''$
leptynite orientée
Analyse chimique n° 300 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)
- 4 - Echantillon n° P35-5 $x = 77^{\circ} 14' 30''$
 $y = 46^{\circ} 01' 70''$
leptynite non orientée
Analyse chimique n° 284 par B. USELLE à Grenoble (septembre 1968)

Tableau n°4
LES LEPTYNITES

	1	2	3	4
SiO ₂	73,80	75,70	74,05	75,50
Al ₂ O ₃	12,25	12,25	12,85	12,50
Fe ₂ O ₃	1,05	0,50	1,15	0,75
FeO	1,15	1,10	1,00	0,50
MgO	2,05	1,05	0,65	0,65
CaO	0,60	1,20	1,60	1,50
Na ₂ O	2,75	2,50	2,80	3,10
K ₂ O	5,00	4,90	5,20	4,60
TiO ₂	0,30	0,10	0,05	0,15
P ₂ O ₅	0,15	0,10	0,05	0,05
MnO	0,05	0,05	0,05	trace
H ₂ O ⁺	0,75	0,15	0,25	0,20
H ₂ O ⁻	0,50	0,10	0,20	0,05
Total	100,40	99,70	99,90	99,55
=====				
A	27,70	33,33	35,94	37,32
C	7,35	20,89	30,15	33,07
F	64,95	45,78	33,91	29,60
A'	13,57	9,04	4,56	1,65
K	37,85	50,53	61,28	79,33
F	48,57	40,63	34,16	19,01

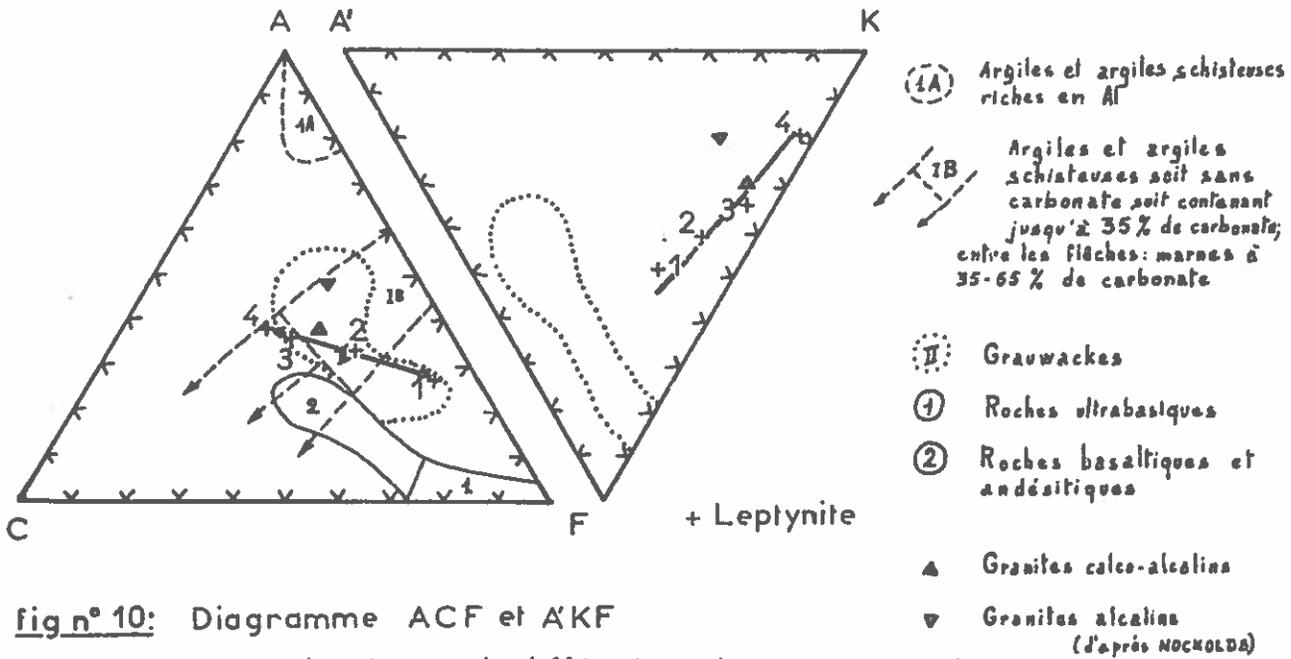


fig n° 10: Diagramme ACF et A'KF

Composition chimique de différentes roches magmatiques et sédimentaires

(WINKLER "L'origine des roches métamorphiques")

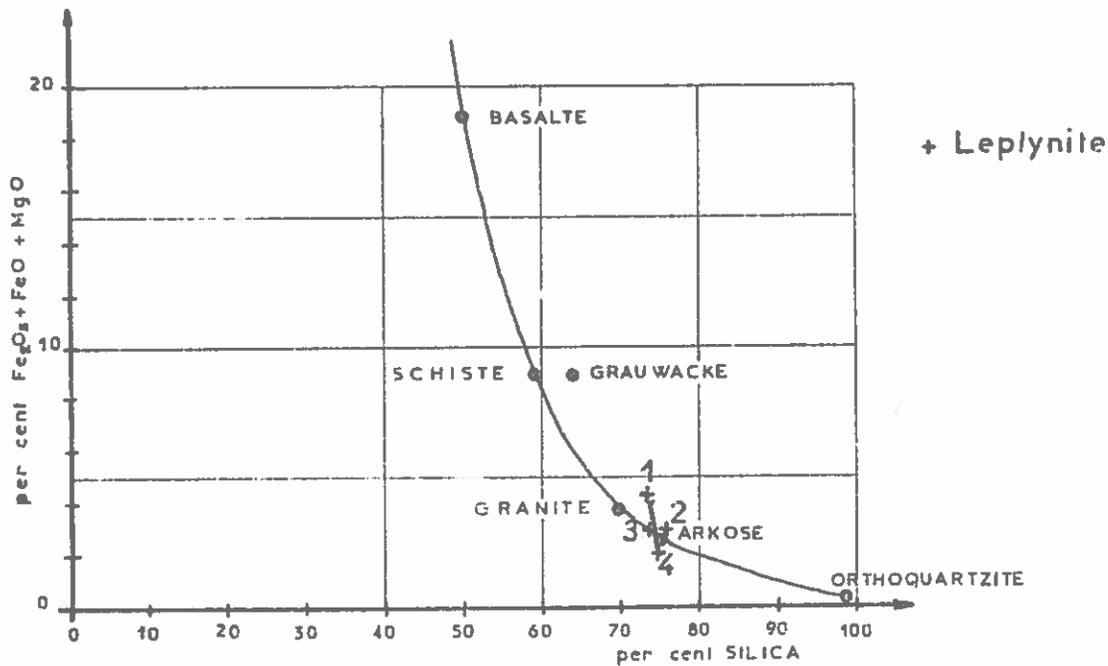


fig n° 11: Relation entre les oxydes de fer et magnésium et l'oxyde de silicium

(PETTIJOHN "Sedimentary rocks" 1949)

Tout d'abord il ressort de ce tableau qu'il s'agit de roches très quartzueuses : entre 73,80 et 75,70 % de SiO_2 . En outre la répartition de tous les autres éléments dont le total est proche de 25 % est très irrégulière et on constate une proportion relativement faible d' Al_2O_3 (environ 12 %) et par contre une proportion élevée de K_2O (environ 5 %).

a) Diagramme ACF et A'KF : sur le triangle ACF de la figure n° 10 on constate que les leptynites orientées (1, 2, 3) tombent dans l'aire des "grauwackes" et que 4 se situe en bordure. Mais il est curieux que les quatre points représentatifs se situent sur une droite qui a pour extrémités les points 1 (A = 27 ; C = 8 ; F = 65) et 2 (A = 37 ; C = 33 ; F = 30). Il semble donc qu'il s'agisse d'une suite continue caractérisée par des proportions en carbonates et ferromagnésiens variant en sens opposé, l'alumine comparativement restant à peu près constante. Sur le triangle A'KF de la figure n° 10 on constate encore que les quatre points se disposent sur une ligne qui prolongée aux deux extrémités passerait d'une part en K = 100 et d'autre part sur A'F en A' = 20. Là encore on note la relative constance de la richesse en Al_2O_3 de ces quatre roches. Par contre K et F varient au sens opposé (K = 80 à K = 40 %). Enfin le point 3 est très proche du point représentatif moyen des granites calco-alcalins.

b) Diagramme de PETTIJOHN (fig. n° 11). Il permet de bien visualiser la richesse en SiO_2 des quatre échantillons qui par ailleurs sont relativement bien groupés. 1 est assez proche du "granite" tandis que 2, 3 et 4 sont autour du point "arkose". Rappelons que parmi les gneiss à biotite vus précédemment, 10 et 11 ont des positions proches du granite tandis que toutes les autres se situent autour des schistes et grauwackes.

c) Conclusion : les leptynites de la région du lac Mac Gillivray qu'elles soient ou non orientées apparaissent avoir pour origine des roches riches en SiO_2 , relativement pauvres en Al_2O_3 , et avec des teneurs en CaO, FeO, MgO d'une part et K_2O d'autre part variables. Il s'agissait vraisemblablement de grès dont certains proches des arkoses avec des impuretés plus ou moins carbonatées ou ferromagnésiennes.

3) Les gneiss à pyroxène

Deux analyses seulement ont été faites sur ces roches, qui du point de vue pétrographique sont très variées. La première (14) porte sur un faciès riche en minéraux ferromagnésiens, la seconde (15) sur un terme "moyen" de cette catégorie. Les résultats sont donnés au tableau n° 5.

Par rapport aux gneiss à biotite et amphibole on note immédiatement une plus faible teneur en SiO_2 , de fortes teneurs par contre en Fe_2O_3 , FeO, MgO et surtout en CaO. K_2O quant à lui n'atteint pas 1 %.

a) Diagramme ACF et A'KF (figure n° 12) : sur ACF, 15 se situe dans le domaine des marnes (argile à plus de 35 %) de même que 14. Mais ce point est aussi à l'intérieur de l'aire des roches basaltiques et andésitiques.

Tableau n° 5

LES GNEISS A PYROXENE

	14	15
SiO ₂	49,65	52,25
Al ₂ O ₃	15,70	21,30
Fe ₂ O ₃	6,55	2,65
FeO	6,55	3,05
MgO	5,80	3,50
CaO	10,90	8,95
Na ₂ O	2,75	3,30
K ₂ O	0,35	1,90
TiO ₂	0,70	0,50
P ₂ O ₅	0,20	0,20
MnO	0,20	0,10
H ₂ O ⁺	0,15	1,35
H ₂ O ⁻	0,25	0,30
Total	99,75	99,35
=====		
A	25,30	34,66
C	33,10	35,40
F	41,60	29,94

14 - échantillon M31-1 gneiss à pyroxène
 x = 77° 05' 20" y = 46° 01' 80"
 analyse chimique n° 293 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)

15 - échantillon G14-1 gneiss à pyroxène
 x = 77° 00' 50" y = 46° 02' 80"
 analyse chimique n° 302 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)

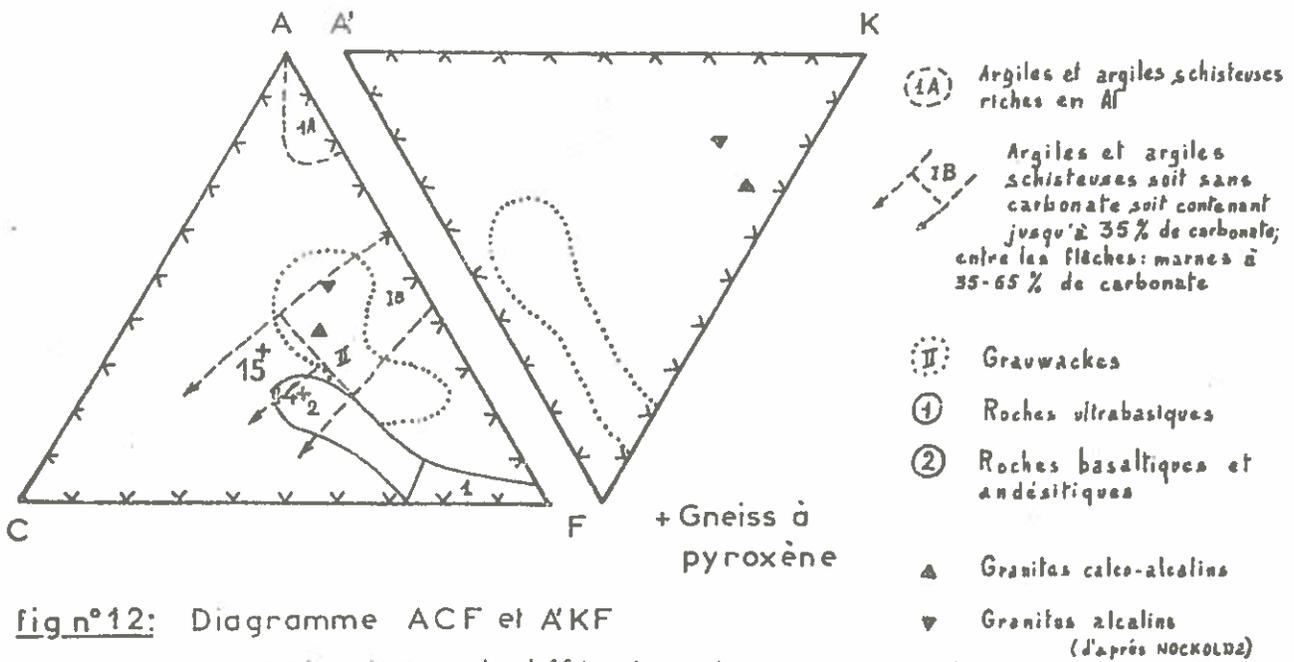


fig n°12: Diagramme ACF et A'KF

Composition chimique de différentes roches magmatiques et sédimentaires
 (WINKLER "La genèse des roches métamorphiques")

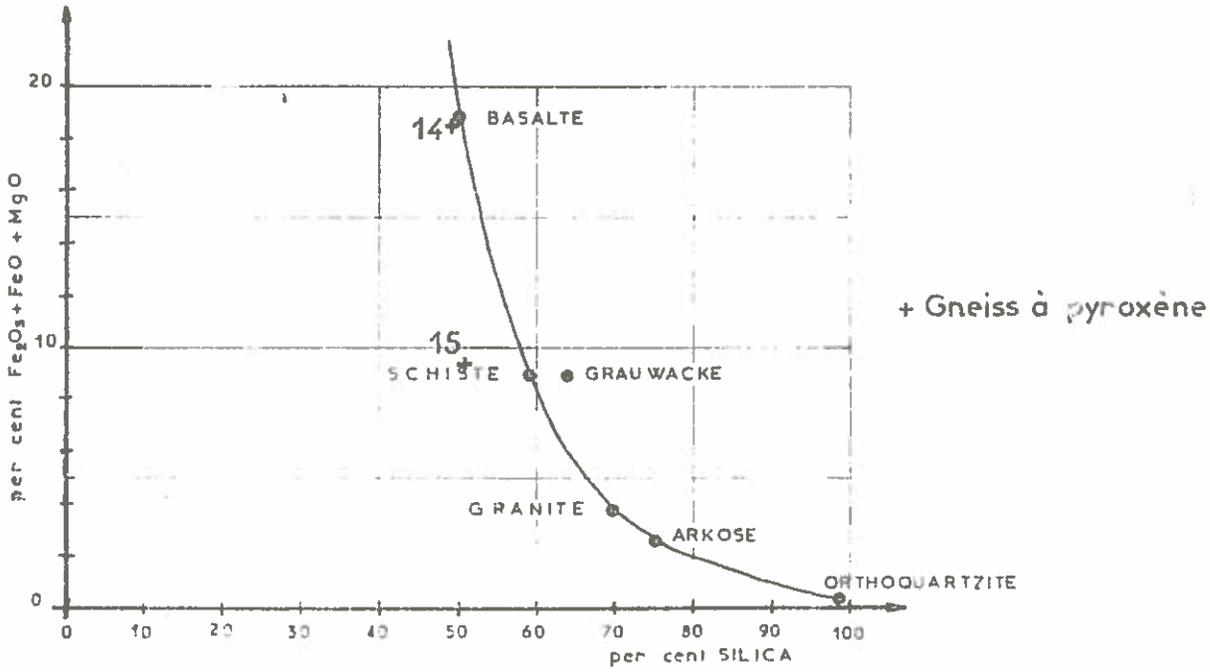


fig n°13: Relation entre les oxydes de fer et magnésium et l'oxyde de silicium
 (PETTIJOHN "Sedimentary rocks" 1949)

b) Diagramme de PETTIJOHN (figure n° 13)

On note que 14 est très proche du point moyen des basaltes (ce qui n'est quand même pas un argument péremptoire quant à l'origine volcanique de la roche correspondante), tandis que 15 est assez loin de la courbe et du côté où l'on a un déficit en SiO_2 par rapport au total $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}$.

c) Conclusion

Si l'échantillon 15 a une composition chimique qui le rapproche de certains gneiss à biotite et amphibole (tels que 10 et 11 sur ACF par contre l'échantillon 14 n'a pas d'équivalent parmi les autres roches analysées. Il s'agit soit d'une ancienne marne soit d'une ancienne lave à caractère basique. La forte teneur en CaO ferait pencher pour la première hypothèse.

4) Amphibolites, pyroxénites, métagabbro

Bien que le métagabbro ait été étudié à part en raison de son mode de gisement en massif et de ses caractères pétrographiques propres, l'analyse chimique qui en a été pratiquée (20) sera néanmoins comparée à celles effectuées sur quelques échantillons du groupe "amphibolite-pyroxénite" qui elles font plus étroitement partie de la série gneissique (16, 17, 18, 19).

Les résultats de ces cinq analyses sont donnés dans le tableau n° 6, et on peut en tirer les constatations suivantes : la teneur en SiO_2 est inférieure à 50 % sauf pour 17 qui en renferme 55,95 % ; le métagabbro (20) est le plus alumineux ; les teneurs en Fe_2O_3 , FeO , MgO , CaO varient dans d'assez larges proportions ; le total des alcalins est du même ordre de grandeur entre 3,00 % et 5,35 %, mais 16, 17, 18 sont plus potassiques que 19 et 20. Voyons maintenant la position respective de cinq analyses sur les diagrammes ACF, A'KF et sur la courbe de PETTIJOHN.

a) Diagrammes ACF et A'KF (figure n° 14)

- 16 et 17 qui sont des amphibolites sans pyroxène sont très proches l'une de l'autre et se situent près des limites d'une part entre "grauwackes" et "roches basaltiques" (ou andésitiques) et d'autre part entre argile à moins de 35 % de carbonate et argile à plus de 35 % de carbonate. Compte tenu de leurs conditions de gisement en petits bancs parfaitement interstratifiés dans les gneiss et de leur relative richesse en K_2O qui paraît excessive pour des laves basiques on peut raisonnablement avancer qu'il s'agit d'anciennes marnes, 17 étant par ailleurs plus siliceuse que 16.

- 18 (amphibolite à pyroxène et grenat) et 19 (pyroxénite à amphibole, sans plagioclase) se situent toutes les deux en dehors du champ des marnes, dans l'aire des roches basaltiques (ou andésitiques). Mais si pour 19 une origine éruptive est probable (ancienne pyroxénolite) par contre 18 dériverait plutôt d'une marne.

Tableau n° 6

LES AMPHIBOLITES

	16	17	18	19	20
SiO ₂	45,80	55,95	43,85	48,95	47,95
Al ₂ O ₃	17,10	16,45	15,15	12,50	20,50
Fe ₂ O ₃	6,80	3,05	4,65	2,95	4,25
FeO	7,05	4,65	12,65	7,80	4,90
MgO	6,55	5,45	6,85	10,95	5,70
CaO	8,40	6,60	11,45	11,45	10,90
Na ₂ O	2,90	3,90	1,60	2,70	3,30
K ₂ O	1,65	1,45	1,40	0,45	0,95
TiO ₂	1,15	0,75	1,40	0,70	0,70
P ₂ O ₅	0,35	0,30	0,15	0,25	0,25
MnO	0,20	0,10	0,25	0,20	0,15
H ₂ O ⁺	1,65	0,50	0,30	0,50	0,45
H ₂ O ⁻	0,25	0,35	0,20	0,20	0,10
Total	99,85	99,50	99,90	99,60	100,10
=====					
A	26,25	24,60	19,80	13,65	29,00
C	25,75	26,70	29,20	29,35	33,40
F	48,00	48,70	51,00	57,00	37,60

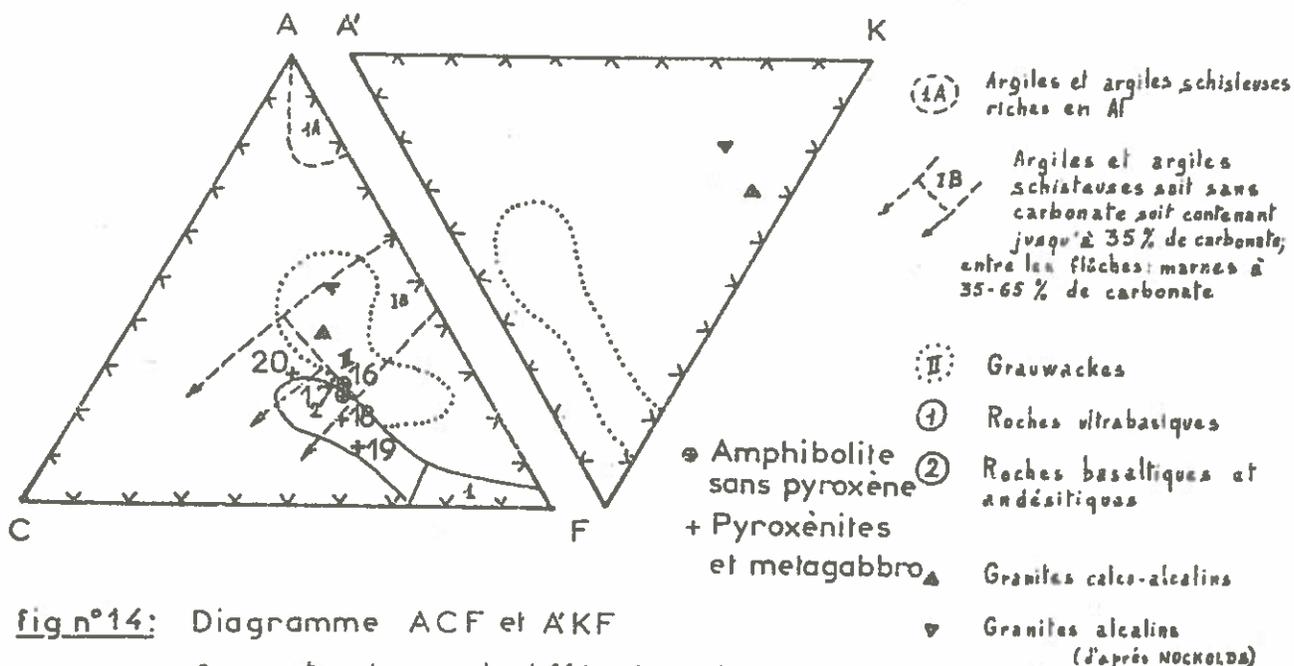


fig n°14: Diagramme ACF et A'KF

Composition chimique de différentes roches magmatiques et sédimentaires
 (WINKLER "La genèse des roches métamorphiques")

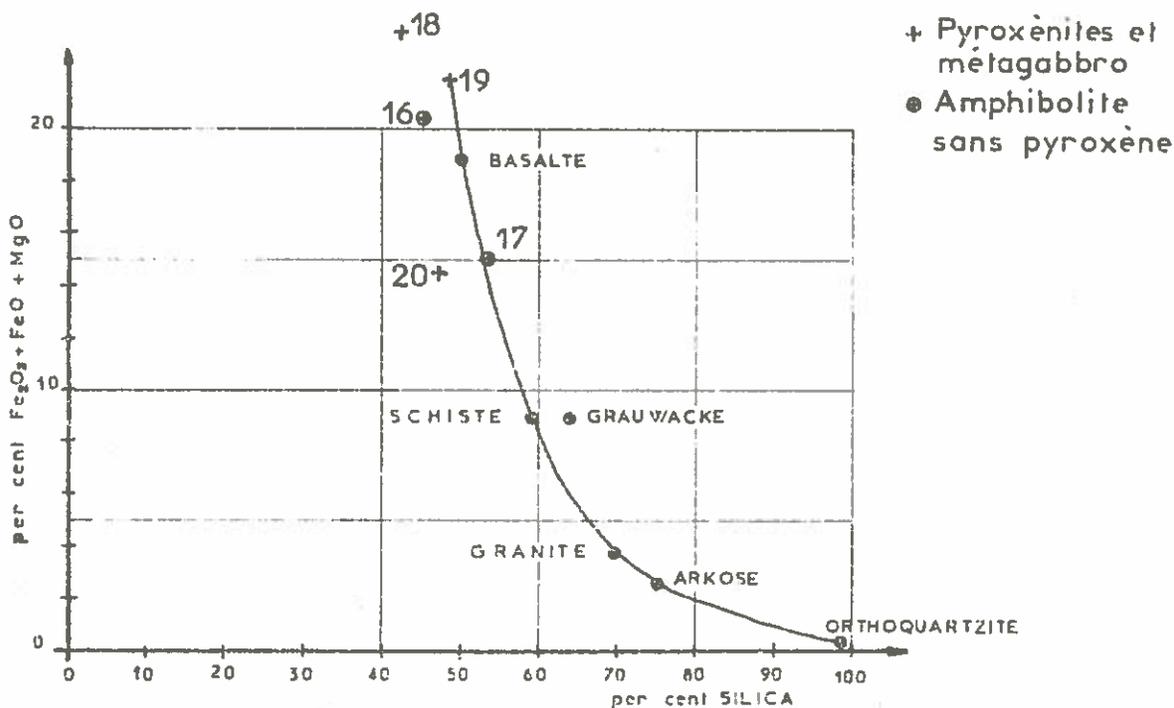


fig n°15: Relation entre les oxydes de fer et magnésium et l'oxyde de silicium
 (PETTIJOHN "Sedimentary rocks" 1949)

c) Conclusion : alors que la pyroxénite à amphibole (19) et que le métagabbro (20) proviennent tous deux de roches plutoniques basiques, à savoir pour la première d'une pyroxénolite et pour la seconde d'un gabbro, par contre les diverses variétés d'amphibolites trouvées en intercalation dans la série gneissique et représentées par les analyses 16, 17, 18, dérivent très vraisemblablement de marnes en raison de leur gisement, de leur relative richesse en K_2O et de leurs positions sur le diagramme ACF voisines des gneiss à biotite et amphibole.

II - CARACTERES DE SEDIMENTATION

Le mode de gisement et les caractères pétrographiques des différents faciès de la série cristallophyllienne du lac Mac Gillivray avaient conduit à envisager pour l'essentiel de celle-ci une origine sédimentaire. Cette hypothèse paraît bien confirmée par l'étude pétrochimique.

En effet à l'exception de deux types de roches basiques (métagabbro, 20, et pyroxénite, 19) dont l'origine plutonique apparaît évidente tous les points représentatifs des divers échantillons analysés se situent, sur le diagramme ACF dans les différents domaines suivants : schistes argileux à moins de 35 % de carbonate ou marnes à plus de 35 % de carbonate, ou grauwackes. On note dans tous les cas une teneur en Al_2O_3 faible (A et A' ne dépassent pas respectivement 40 et 20 %).

Autre caractère important en ce qui concerne les gneiss (et à fortiori les leptynites) c'est la relative abondance du quartz. Quant au potassium il varie dans de larges proportions mais pour certains gneiss K oscille autour de 50 % et pour les leptynites entre 40 et 80.

Ainsi il paraît que cette portion de la série cristallophyllienne du Grenville dérive d'une série sédimentaire d'origine essentiellement marine, sans doute peu profonde.

Les faciès gréseux (soit arkosiques, soit à ciment argileux, soit à ciment calcaréo-argileux) étaient fréquents. En outre les roches à scapolite peuvent représenter d'anciens faciès à cachet lagunaire (par exemple les marnes gypsifères).

Dans cette optique on pourrait alors envisager que sous les formations cristallophylliennes décrites dans cette étude, et à une profondeur relativement faible, existerait une série plus ancienne jouant vis à vis des premières le rôle de socle, tout au moins au Sud de l'anomalie magnétique orientée ENE-WSW (voir chapitre IV).

Par contre au Nord de cette anomalie le "socle" de la série cristallophyllienne du Grenville serait plus profond. Malheureusement nous ne dis-

posons pas suffisamment de données sur les formations situées au Nord de cette anomalie linéaire (qui pourrait représenter une importante faille du socle supposé) pour savoir si effectivement elles représentent des faciès plus profonds.

III - CARACTERES DU METAMORPHISME

Nous avons vu que les paragenèses observées sont peu variées. Voyons d'abord sous quelles conditions physicochimiques elles ont pu se développer.

1) Type et degré du métamorphisme

Il s'agit bien sûr d'un métamorphisme général, mais il n'est pas possible de dire s'il est de type "Abukuma" ou "Barrow" ou intermédiaire. En effet les différents faciès qui ont été analysés se sont révélés pauvres en Al_2O_3 . De ce fait il n'a pas pu se développer certains minéraux caractéristiques de l'un des types de métamorphisme.

Par contre on peut dire que le degré de métamorphisme est celui de la mésozone, ou de la "zone des gneiss inférieurs" de J. JUNG et M. ROQUES ou du sous-faciès almandin-diopside-hornblende de TURNER, les paragenèses étant les suivantes :

- quartz-plagioclase-(microcline)-biotite-(almandin)-(muscovite)
- quartz-plagioclase-(microcline)-biotite-hornblende-(almandin)-muscovite)
- (quartz)-plagioclase-(almandin)-hornblende-(diopside).

Compte tenu de ces paragenèses on s'aperçoit qu'on peut reporter (voir fig. 16 et 17) les points représentatifs des échantillons analysés sur les diagrammes ACF et A'KF de H. G. WINKLER aussi bien du faciès amphibolite à almandin, subfaciès sillimanite-almandin-orthose (type Barrow) que du faciès amphibolite-cordiérite, subfaciès sillimanite-cordiérite-muscovite (type Abukuma). On constate là encore que les roches initiales étaient trop pauvres en Al_2O_3 pour donner aussi bien de la sillimanite que de la cordiérite.

Pour mieux cerner ce problème des conditions du métamorphisme nous avons commencé une étude systématique des grenats qui pourraient servir de minéraux-repères.

2) Les grenats

Dans l'état actuel nous ne disposons que de quatre analyses chimiques de grenats provenant de faciès divers (tableau n° 7). Elles seront complétées ultérieurement par des études radiocristallographiques en cours.

Les premières constatations suivantes peuvent être faite : il s'agit de grenats pauvres en spessartine, avec des teneurs en almandin toujours supérieures à 35 %. Ce sont les pourcentages moléculaires d'une part en pyrope

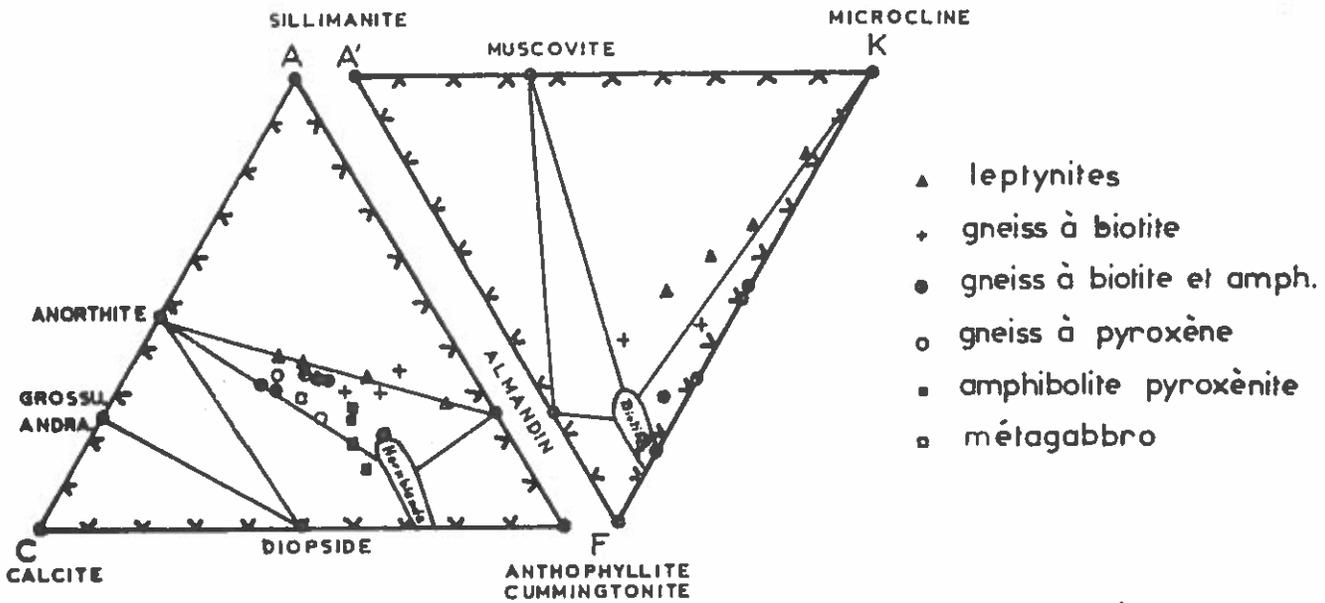


figure n°16: (B2-3) facies Almandin - Amphibolite (Type Barrowien)
sub facies sillimanite - almandin - orthose (H.G.F. WINKLER)

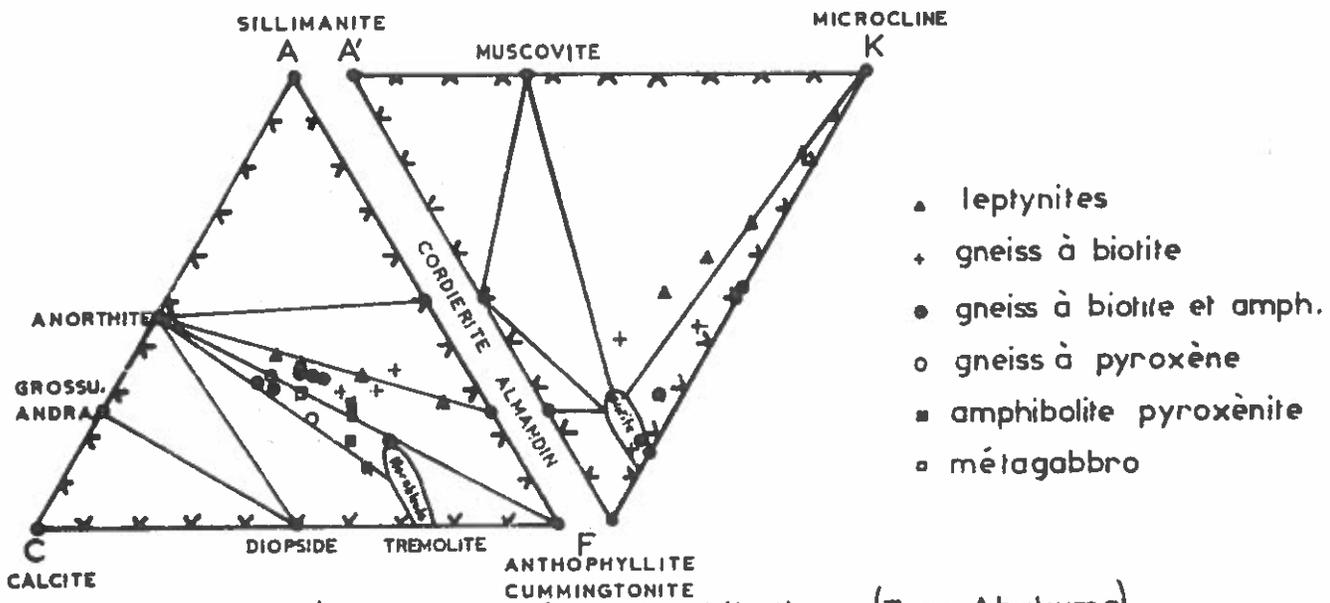


figure n°17: (A2-2) facies Cordiérite - Amphibolite (Type Abukuma)
subfacies sillimanite - cordiérite - muscovite - almandin
(H.G.H. WINKLER)

Tableau n° 7a

ANALYSE DES GRENATS

	I	II	III	IV
SiO ₂	36,04	37,06	33,94	36,66
Al ₂ O ₃	20,06	21,07	20,69	21,12
Fe ₂ O ₃	22,35	20,35	19,95	14,76
FeO	10,05	12,20	13,15	12,92
MgO	3,85	7,33	1,68	7,00
CaO	7,61	2,01	9,38	5,99
Na ₂ O	0,11	0,04	0,05	0,05
K ₂ O	0,09	0,07	0,08	0,07
TiO ₂	0,18	0,32	0,14	0,05
P ₂ O ₅	0,05	0,00	0,00	0,00
MnO	0,35	0,05	0,13	0,26
H ₂ O ⁺	--- --	--- --	--- --	--- --
H ₂ O ⁻	0,10	0,28	0,32	0,24
Total	100,84	100,78	99,51	99,12
=====	=====	=====	=====	=====
almandin	36,68	43,24	46,42	38,40
pyrope	25,31	46,77	10,61	37,40
gross. + andra.	36,76	9,81	42,44	23,40
spessartite	1,25	0,18	0,53	0,80

- I - échantillon P7-4 gneiss à biotite et amphibole
analyse faite au laboratoire de Chambéry (mai 1968)
- II - échantillon J35-14 gneiss à biotite et amphibole
analyse faite au laboratoire de Chambéry (mai 1968)
- III - échantillon P23-13 gneiss à biotite
analyse faite au laboratoire de Chambéry (mai 1968)
- IV - échantillon K30-6 métagabbro
analyse faite au laboratoire de Chambéry (mai 1968)

(Pour les coordonnées voir les tableaux numéros 3 et 6)

d'autre part en grossulaire-andradite, qui varient surtout en sens opposé. I et III proviennent de roches riches en CaO (6 %) ce qui peut entraîner une assez forte proportion de grossulaire-andradite. Le grenat II par contre qui est extrait d'un gneiss à biotite plus pauvre en CaO a une teneur en pyrope élevée. Quant au IV, il provient d'un métagabbro et on note une teneur assez élevée en pyrope.

Pour l'instant il n'est guère possible d'utiliser de ces quelques grenats analysés en tant que minéraux indicateurs des conditions physico-chimiques de leur cristallisation et donc de celle des roches qui les renferment. Tout au plus peut-on dire que les compositions calculées ne sont pas contradictoires avec un métamorphisme de faciès amphibolite à almandin (soit à des températures supérieures à 550°C pour des pressions pouvant varier dans de très larges limites). On doit noter toutefois que le grenat II, avec ses 46,77 % de pyrope se rapprocherait en fait des grenats du faciès granulite.

3) Le problème du feldspath potassique

Il a été très souvent constaté qu'il existait trois types de microclines (s. lat.) dans de très nombreuses lames minces: un microcline en petites plages souvent cassées, sans inclusion, un autre perthitique avec inclusions, un troisième quadrillé avec inclusions. Les deux derniers pseudomorphosant quasi constamment les plagioclases.

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ces observations :

a. - les gneiss de la série du Grenville ont subi une métasomatose potassique en plusieurs temps. Mais aucune preuve ne peut être fournie quant à l'existence effective d'un apport de potassium ;

b. - la série sédimentaire initiale était relativement riche en feldspaths ou argiles potassiques. Dans ce cas, qui nous paraît le plus vraisemblable, deux possibilités sont envisageables :

- ou bien il y a eu deux phases de cristallisation sensiblement sous les mêmes conditions physico-chimiques ; la première donnant quartz, plagioclase, microcline quadrillé non "envahissant", biotite, etc. La seconde permettant la recristallisation d'une partie du quartz sous forme d'amas lenticulaires et d'une partie du microcline initial en microcline à inclusion (perthite ou non). Ce dernier, doué d'une certaine "mobilité", serait venu pseudomorphoser les plagioclases ;

- ou bien ce développement secondaire du microcline est le signe d'une amorce d'anatexie, c'est-à-dire que les gneiss de la région auraient été localement portés à des températures de l'ordre de 650°.

Dans l'état actuel des recherches c'est cette hypothèse qui paraît la plus plausible car, comme nous le verrons dans le chapitre suivant, il existe au sein des gneiss une masse et de nombreux filons pegmatitiques qui matérialisent de façon plus nette la fusion anatectique subie par quelques secteurs privilégiés de la région.

IV - CONCLUSION

La suite des néogénèses produites dans les diverses formations de la région du lac Mac Gillivray a été résumée dans le tableau schématique n° 7.

Dans un premier temps, sous les conditions du faciès amphibolite à almandin (ou du faciès amphibolite-cordiérite ?) sont apparus quartz, plagioclase, biotite, hornblende, pyroxène, grenat, muscovite et très certainement une première génération de feldspath potassique.

Dans un deuxième temps soit sous des conditions thermiques plus élevées proches de l'anatexie, le quartz recristallise en partie et le microcline, mobilisé, vient pseudomorphoser les plagioclases.

Enfin un épisode épimétamorphique léger se manifeste par le développement de séricite (s. lat) ou de chlorite.

T A B L E A U n° 7

	facies Amphibolite à Almandin	2 ^{ème} phase de recristallisation ou début d'anatexie	phase terminale épimétamorphique
Quartz			
Plagioclase		(Pseudomorphosé par le microcline)	
Microcline			
Biotite			
Hornblende		(localement pseudomorphosée par la biotite)	
Pyroxène			
Grenat			
Muscovite			
Sericite			
Chlorite			

CHAPITRE IV

PEGMATITES ET DIABASES

GISEMENT, PETROGRAPHIE, CHIMISME

Les roches cristallophylliennes du Grenville sont recoupées, dans la région du lac Mac Gillivray par des filons de roches éruptives de deux catégories : pegmatites et diabases*.

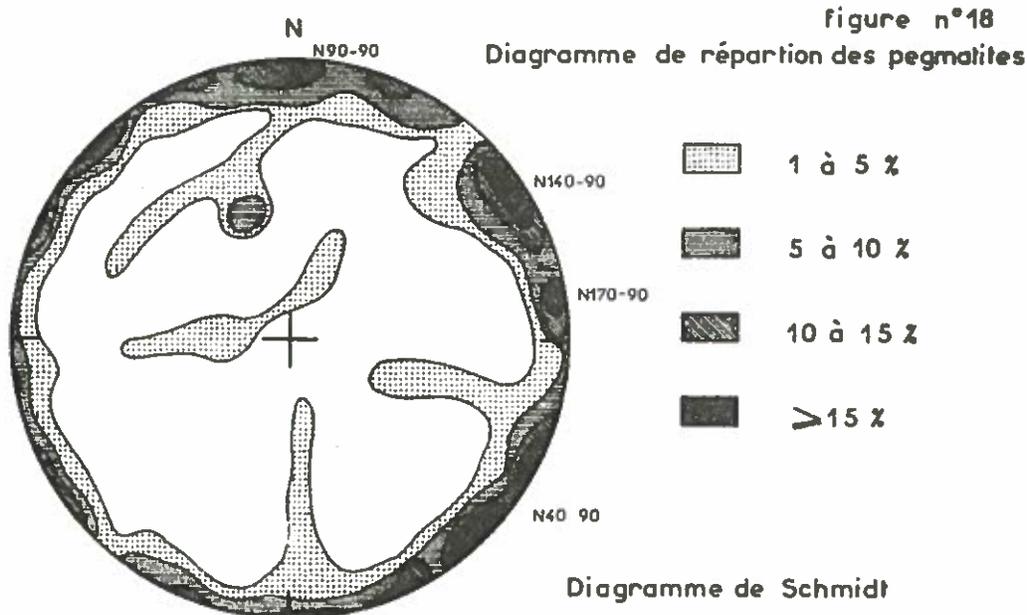
I - LES PEGMATITES

Il s'agit très généralement de filons de 10 cm à 2 ou 3 m de puissance, dont il est malheureusement impossible d'estimer la longueur en raison du recouvrement. Dans certains cas, comme sur un flot lu lac Mac Gillivray il semble qu'on ait à faire à une masse sans orientation privilégiée.

A - Directions majeures des filons

L'étude statistique de la répartition des filons conduit à individualiser quatre directions majeures, orthogonales deux à deux :

N00-90 et N90-90
N40-90 et N140-90 (voir fig. n° 18)



* Le terme de diabase désigne comme nous le verrons des roches doléritiques. Il a été employé dans le seul but de respecter le nomenclature nord américaine.

On voit sur le diagramme que N40 et N140 présentent une faible fourchette d'étalement laquelle est beaucoup plus large que N90 et que N100 montre une forte concentration.

1) Filons N40 et N140 : selon ces directions on a des filons de puissance irrégulière à épontes rarement rectilignes. On note qu'ils se recoupent très souvent mais il est impossible de dire quelle est leur chronologie relative. On a l'impression qu'il y a eu mise en place simultanée dans un réseau de fractures quasi orthogonales. De plus on peut observer que le matériel pegmatitique mis en place selon ces deux directions s'injecte aussi dans les plans de foliation des gneiss ce qui conduit à la formation, localisée, de migmatites hétérogènes (photo n° 8).

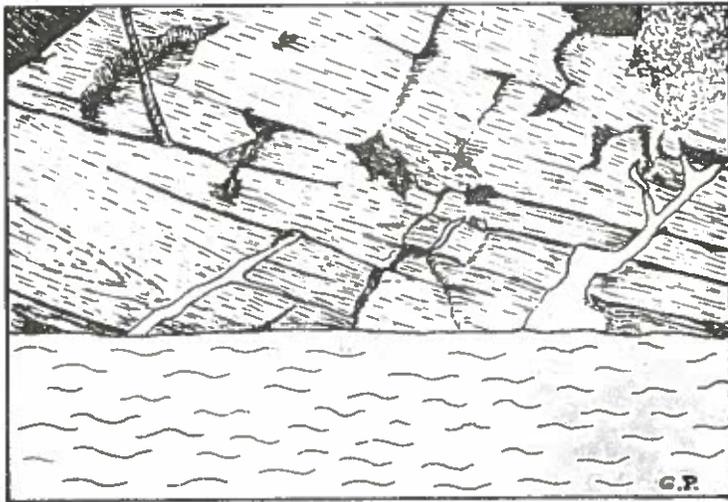
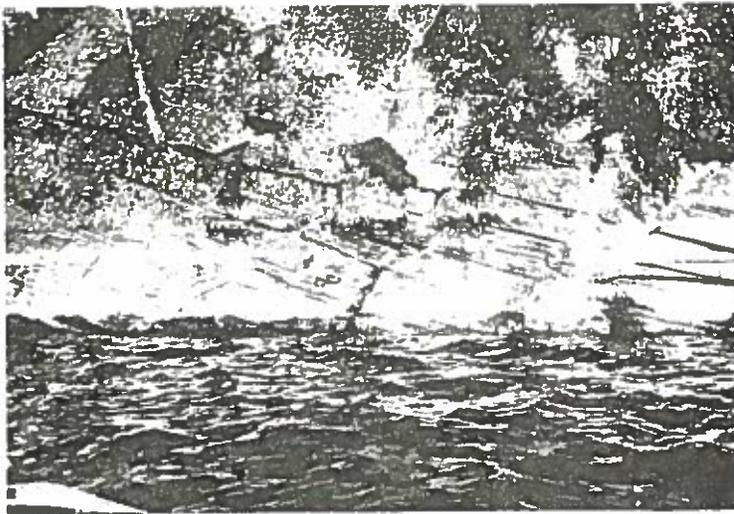


Photo n° 8 : Filons de pegmatite recoupant les gneiss. On peut noter en un point la pegmatite pénétrant dans la foliation.

2) Filons N00 : leur répartition est assez régulière dans la région. Ils recoupent franchement les gneiss sans pénétrer dans leur plan de foliation et, point important, ils recoupent également les filons N40 et N140.

A cette génération postérieure à la première décrite paraît appartenir la grosse masse citée plus haut sur une petite île du lac Mac Gillivray. Cet flot de 50 m de diamètre est constitué d'un matériel à composition granitique très hétérogène du point de vue structural au sein duquel "flottent" des enclaves de gneiss pouvant atteindre le demi mètre cube et dont la direction de foliation est identique à celle des gneiss encaissants soit N30 et N40 (photo 9).

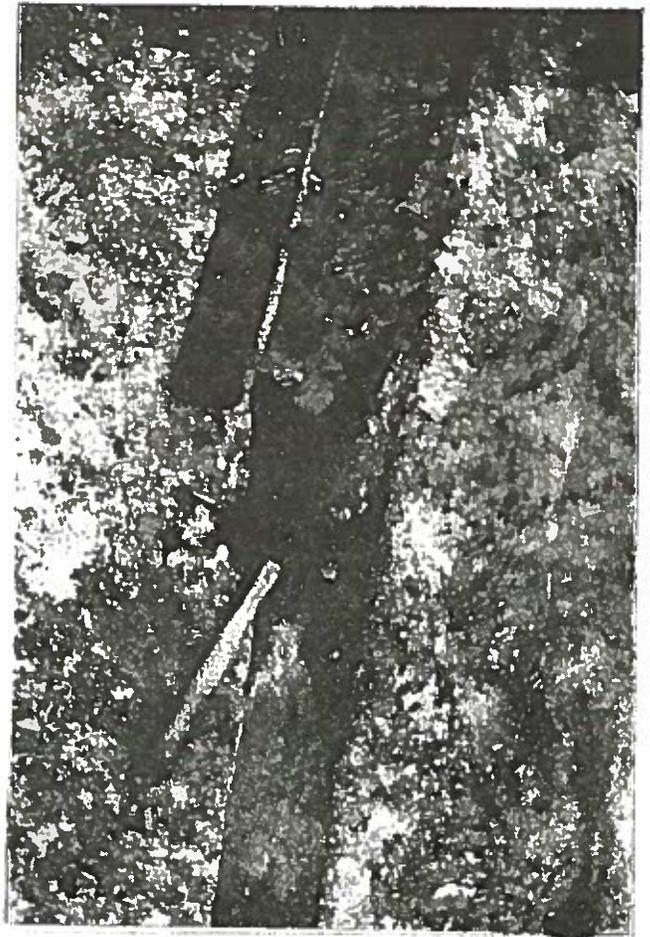
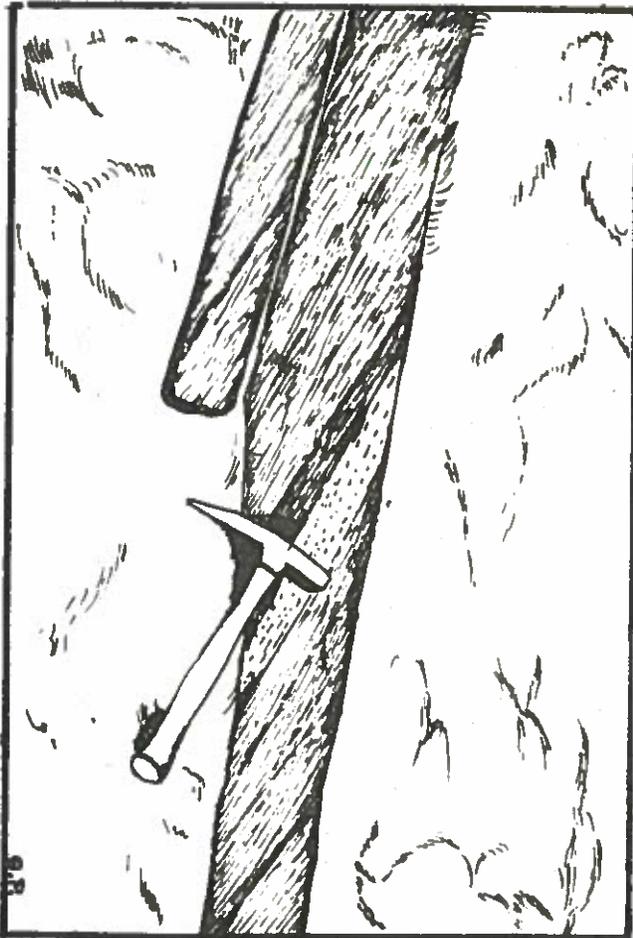


Photo n° 9 : Enclave de gneiss au sein des pegmatites d'orientation méridienne.

Toutes les petites fies environnantes constituées surtout par des gneiss sont riches en filons de pegmatite orientés N00-90.

Ainsi on a l'impression d'avoir eu mise en place simultanée d'une assez grosse masse pegmatitique ressemblant en petit à un massif granitique intrusif et d'un chevelu filonien selon la direction privilégiée N00.

3) Filons N90 : ils sont à épontes nettes et rectilignes comme les précédents. Ils recourent également les filons N40 et N140. Aux intersections on note des renflements importants.

Alors que les filons précédents étaient faits de pegmatite de couleur rose pâle et cohérente, ceux orientés est-ouest sont gris noirâtres, très friables et riches en grandes plages de biotite brun noir, tordues et cassées.

B - Etude pétrographique

Du point de vue pétrographique deux variétés ont été distinguées : les pegmatites calcosodiques, les pegmatites potassiques.

1) Pegmatites calcosodiques : ce sont elles qui constituent les filons orientés autour de N90. Quartz et feldspath mesurent de 2 à 3 cm tandis que les plages de biotite tordues ou cassées, avec souvent des cristaux de quartz en inclusion de 0,5 cm, peuvent atteindre 10 cm.

Leur composition minéralogique est la suivante :

quartz	muscovite
plagioclase	minéraux opaques
biotite	zircon
(microcline)			

Le quartz est en général globuleux, d'aspect vitreux et de couleur bleu-tée, peut atteindre 1 à 1,5 cm. En lame mince il a en général une extinction franche mais parfois cette dernière est un peu "roulante".

Le plagioclase est abondant. Les dimensions sont de l'ordre de 3 à 4 cm. Macroscopiquement il est blanc grisâtre et on note fréquemment des cassures perpendiculaires à son allongement. Au microscope il a été déterminé comme de l'oligoclase (An15-20). Les macles polysynthétiques fines sont très souvent tordues. Sa transformation en séricite (s. lat.) est fréquente. Il est parfois bordé par une association de petits cristaux de quartz à extinction ondulante et de microcline à moirage parfait.

La biotite abondante présente un fort pléochroïsme : brun rouge, orangé vif, jaune clair. Elle est parfois chloritisée (pennine), phénomène qui s'est accompagné d'une exsudation d'oxydes métalliques qui se disposent le long des plans de clivage.

La muscovite peu abondante forme soit des plages relativement grandes associées à celles des biotites soit des paillettes disposées le long des plans de macle des plagioclases ou en bordure de ceux-ci.

Le zircon peut atteindre des tailles bien supérieures à celles qui sont habituelles dans les granites.

2) Pegmatites potassiques

Elles constituent les filons de directions N00, N40 et N140. Macroscopiquement elles sont caractérisées par leur couleur rose. En ce qui concerne la taille de leurs cristaux on note que ceux-ci mesurent de 1 à 1,5 cm dans les filons N00 et N140 et peuvent atteindre 10 à 30 cm dans les filons N40.

Leur composition minéralogique est la suivante :

quartz	biotite
feldspath K	muscovite
plagioclase	minéraux opaques
	zircon
	pyrite

(allanite : filon N00)

Le quartz abondant, de forme globulaire montre parfois une faible coloration bleutée. En lame mince son extinction est franche.

Le feldspath potassique est du microcline présentant un moirage régulier remarquable.

Le plagioclase en général de taille plus réduite est altéré. En bordure, au contact du microcline, la myrmékite est fréquente.

Les pegmatites de direction méridienne montrent souvent un microcline perthitique et un plagioclase antiperthitique.

La biotite, peu abondante, en grandes plages montre un pléochroïsme du brun au vert identique pour les pegmatites N00, N40 et N140. Elle est souvent chloritisée.

Comme minéraux accessoires il a été noté dans tous les filons des minerais, zircon et pyrite. Par contre seuls les filons méridiens renferment de l'allanite.

Tableau n° 8

LES PEGMATITES

	21	22	23
SiO ₂	72,95	73,95	70,80
Al ₂ O ₃	13,75	12,80	14,05
Fe ₂ O ₃	0,70	0,90	1,10
FeO	0,80	0,60	1,05
MgO	1,20	0,90	1,15
CaO	1,25	0,95	1,50
Na ₂ O	2,50	2,60	2,35
K ₂ O	5,70	6,10	6,75
TiO ₂	0,15	0,10	0,20
P ₂ O ₅	0,05	0,05	0,05
MnO	trace	trace	trace
H ₂ O ⁺	0,40	0,50	0,50
H ₂ O ⁻	0,05	0,15	0,25
Total	99,50	99,60	99,75
=====			
A	30,15	34,00	33,65
C	21,00	22,40	24,59
F	41,00	43,60	41,76
A'	8,95	4,30	6,75
K	68,00	77,30	58,18
F	23,05	18,40	35,09

- 21 - échantillon F1 pegmatite d'orientation N180
 $x = 77^{\circ} 06' 90''$ $y = 46^{\circ} 04' 50''$
 analyse chimique n° 290 par F. KELLER à Grenoble (septembre 1968)
- 22 - échantillon G14-1 pegmatite
 $x = 77^{\circ} 00' 50''$ $y = 46^{\circ} 02' 80''$
 analyse chimique n° 292 par F. KELLER à Grenoble (octobre 1968)
- 23 - échantillon P34-1 pegmatite
 $x = 77^{\circ} 06' 50''$ $y = 45^{\circ} 57' 20''$
 analyse chimique n° 299 par B. USELLE à Grenoble (octobre 1968)

C - Etude pétrochimique

Les trois analyses dont les résultats figurent au tableau n° 8 ont été exécutées sur des pegmatites potassiques. Les échantillons 21, 22, 23 proviennent de filons orientés respectivement N00, N40 et N40.

Ce tableau montre l'abondance de SiO_2 et par rapport aux éléments restants celle de Na_2O et surtout de K_2O .

Il semble intéressant de calculer les paramètres ACF et A'KF et de les reporter sur les diagrammes de H. G. WINKLER, afin de comparer ces pegmatites aux roches cristallophylliennes encaissantes.

Les constatations suivantes peuvent ainsi être faites :

- il n'y a pas de différences sensibles du point de vue chimique entre les pegmatites N00, N40 et N140 bien qu'elles ne se soient certainement pas mises en place exactement en même temps, que leurs caractères géométriques ne soient pas identiques et que celles orientées N00 présentent une texture beaucoup plus grossière et renferment de l'allanite (les éléments n'ont pas été dosés).

- Si on compare les diagrammes ACF et A'KF d'une part des leptynites (fig. n° 10) d'autre part des pegmatites (fig. n° 19) on est frappé du fait que les points représentatifs de ces deux catégories de roches sont très proches les uns des autres. En conséquence on peut se demander s'il n'y a pas un lien génétique entre pegmatites et leptynites, les premières représentant par exemple les produits d'une fusion de type anatéctique des secondes.

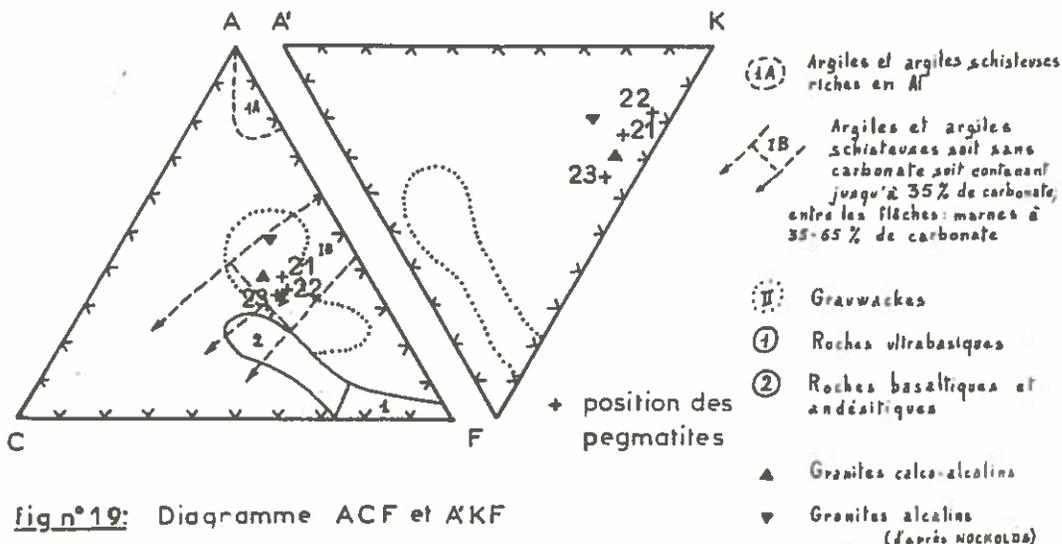


fig n°19: Diagramme ACF et A'KF

Composition chimique de différentes roches magmatiques et sédimentaires

(WINKLER "La genèse des roches métamorphiques")

Cette hypothèse ne nous apparaît pas invraisemblable car lors de l'étude pétrochimique des divers schistes cristallins certains signes d'une amorce d'anatexie différentielle avaient été observés ; par exemple le développement secondaire d'yeux et d'amandes de quartz accompagné d'une recristallisation du matériel silico-potassique sous forme de microcline envahissant les plagioclases. Il n'en demeure pas moins que si les pegmatites peuvent résulter d'une fusion anatectique partielle de leptynites (et peut-être aussi de certains gneiss) celle-ci a dû s'effectuer à une certaine profondeur par rapport au niveau actuel de l'érosion et le matériel "fondu" s'est injecté dans un matériel plus ou moins induré à la faveur de cassures d'orientations diverses.

II - LES DIABASES (OU DOLERITES)

Les filons de diabases sont relativement nombreux dans la région du lac Mac Gillivray. Ils recourent franchement les diverses formations étudiées selon une direction est-ouest constante. Leur présence se manifeste sur le terrain par un relief supérieur à celui de leur encaissant. Quand leurs épontes ont pu être observées elles étaient verticales.

A - Etude pétrographique générale

Plusieurs lames effectuées sur des échantillons provenant de divers filons ont permis de définir les caractères pétrographiques de ces diabases.

Pourcentages volumétriques :

plagioclase	30 à 40 %
pyroxène	30 à 40 %
minéral	5 à 10 %
biotite et olivine :	accessoires.

Structure : elle est essentiellement doléritique intersertale. Localement on note des sortes de nodules présentant une structure poecilitique (gros cristaux de pyroxène renfermant des lattes de plagioclase). Enfin on observe localement une disposition fluidale des lattes de plagioclase.

Minéralogie : le plagioclase est un labrador (An55-60). L'angle que fait $\bar{V}p$ avec la trace (010) sur les sections perpendiculaires à (010) est de 30° . $2Vx = 100$ à 105° . Il donne de belles plages rectangulaires, allongées, maclées albite. Quand elles sont plus trapues, à la macle Ab s'ajoute celle du péricline.

Le pyroxène est de l'augite ($2Vx = 30$ à 40° ; $z \wedge C = 44^\circ$ à 47°). En lumière naturelle il est incolore soit légèrement rose ou vert clair, mais sans pléochroïsme. Il est parfois maclé suivant le plan (100). Certaines plages montrent, le long des plans de clivage un début d'ouralitisation en une amphibole de la série trémolite-actinote.

L'olivine observée dans quelques lames est peu abondante. Les plages qu'elles forment sont globuleuses et craquelées. Elles se disposent à l'intérieur des pyroxènes mais à proximité de leurs bordures.

Comme autres minéraux accessoires il faut citer un peu de biotite en petites plages et du minerai (magnétite) qui, lui, est peu abondant.

B - Etude détaillée d'un filon et de son encaissant (planche n° 7)

Dans la partie nord est du lac Mac Gillivray de bonnes conditions d'affleurement ont permis de faire une coupe transversale détaillée d'un filon de diabase et de ses épontes. Le plan schématique de la figure n° 20 indique l'emplacement des échantillons étudiés. Il s'agit là d'un exemple illustrant le phénomène de paroi froide avec un léger métamorphisme de contact.

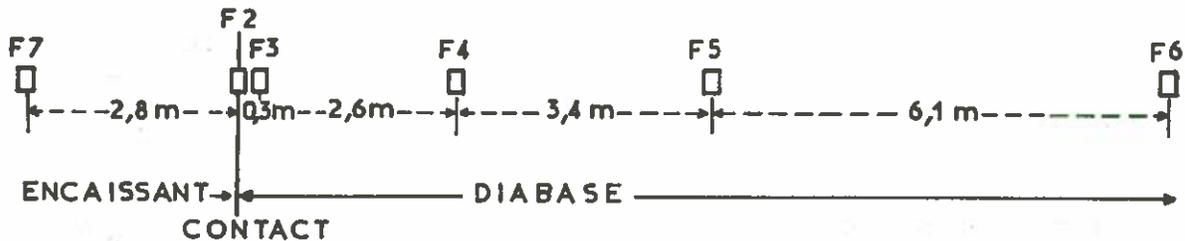


figure n°20: emplacement des échantillons étudiés

1) Les gneiss encaissants : au contact même du filon et sur une épaisseur de 1 à 2 mm le gneiss a été broyé, partiellement fondu et paraît avoir recristallisé en cristaux très petits qui semblent être du pyroxène et du plagioclase. L'aspect de cette frange de contact est celui d'une mylonite. En s'éloignant peu à peu du contact vers l'extérieur on voit se développer dans les plans de foliation du gneiss des cristaux de diopside. Il est à noter que les gneiss de ce secteur ne renferment que de l'amphibole. On peut donc penser que du fait du réchauffement produit par la diabase lors de sa mise en place l'amphibole a recristallisé en diopside. Il y aurait donc eu un certain métamorphisme de contact sur une distance relativement importante, de l'ordre de 2 à 3 m.

2) Le filon : en partant de la mince frange d'aspect mylonitique citée précédemment et en se dirigeant vers le centre du filon on a d'abord une roche faite essentiellement d'un agglomérat de fins granules de minéraux opaques au sein desquels s'observent de petites lattes de plagioclase maclées finement albite et de petits cristaux de pyroxène parfois cernés d'une auréole un peu moins opaque.

Il faut noter que ce type de roche observé en bordure du filon se rencontre également sous forme de filonnets à l'intérieur de la masse des gneiss (photo n° 10). Ces filonnets ont d'ailleurs des directions identiques aux gros filons.

Tableau n° 9

LES DIABASES

	24	25	26	27
SiO ₂	49,05	49,30	49,10	43,30
Al ₂ O ₃	13,75	13,90	16,30	8,95
Fe ₂ O ₃	4,25	4,55	4,45	3,85
FeO	9,20	8,25	8,20	9,90
MgO	7,55	7,90	5,75	24,60
CaO	11,90	12,05	11,85	7,05
Na ₂ O	2,00	2,05	1,90	0,70
K ₂ O	0,20	0,20	0,25	0,10
TiO ₂	1,45	1,40	1,50	0,10
P ₂ O ₅	0,15	0,10	0,20	0,05
MnO	0,20	0,20	0,20	0,25
H ₂ O ⁺	0,20	0,15	0,35	0,45
H ₂ O ⁻	0,50	0,45	0,35	0,25
Total	100,40	100,50	100,40	99,55
=====				
A	19,40	19,70	24,80	10,00
C	31,90	32,40	33,40	12,70
F	48,70	47,90	41,80	77,30
=====				

Paramètres CIPW

p	IV	III	III	IVd
q	5	5	4c	9
r	4	4	4	9
s	5	5	5b	3
m	1,476	1,728	1,263	4,456

- 24 - échantillon F3 diabase (en bordure d'un filon)
 x = 77° 02' 95" y = 46° 05' 40"
 analyse chimique n° 286 par B. USELLE à Grenoble (septembre 1968)
- 25 - échantillon F6 diabase (au centre du même filon)
 x = 77° 02' 95" y = 46° 05' 40"
 analyse chimique n° 285 par B. USELLE à Grenoble (septembre 1968)

26 - échantillon P34-2 diabase
x = 77° 06' 50" y = 45° 57' 80"
analyse chimique n° 289 par B. USELLE à Grenoble (septembre 1968)

27 - échantillon P45-5 lherzolite
x = 77° 06' 90" y = 46° 01' 60"
analyse chimique n° 296 par F. KELLER à Grenoble (octobre 1968)

III - CHRONOLOGIE RELATIVE DES FILONS DE PEGMATITES

ET DE DIABASES

Il convient ici de tenter un essai de chronologie relative des pegmatites entre elles et de celles-ci avec les diabases.

En ce qui concerne les pegmatites trois catégories doivent être distinguées : celles orientées N40 et N140, celles allongées selon N-S et celles proches de E-W.

- Les filons N40 et N140 se sont sans doute mis en place en même temps comme il a été dit précédemment. De plus il est important de noter que ces deux directions correspondent, comme nous le verrons au chapitre suivant, aux deux principales directions de plissement des gneiss encaissants. On est ainsi tenté d'établir une relation entre ces deux types de phénomènes et de proposer l'interprétation suivante : au cours du plissement d'axe majeur N140, certaines portions profondes de la série cristallophyllienne ont été affectées par une anatexie différentielle et une partie du matériel fondu s'est injectée soit dans un réseau de joints de distension orthogonaux (N40 et N140) soit dans les plans de foliation des gneiss (photo n° 11).

- Les filons de pegmatite plagioclasique orientés E-W ont été vus en plusieurs points recoupant les filons N40 et N140 et en un seul point un filon méridien. Ils paraissent donc être les derniers mais il n'est pas possible de les dater ni par rapport aux accidents est-ouest responsables en particulier de l'effondrement post-paléozoïque de la plaine d'Ottawa ni par rapport aux filons de diabase eux aussi est-ouest.

- les filons méridiens sont, nous venons de le voir, antérieurs aux filons est-ouest, mais il n'est pas possible de les situer par rapport aux filons N40 et N140 dont ils se différencient également par leur texture plus grossière et par la présence d'allanite. Le seul point particulier à souligner à leur égard est qu'ils se situent au coeur de l'antiforme du lac Mac Gillivray. Dans ce secteur on note également dans les gneiss une grande quantité de feldspath potassique. On peut donc là encore envisager une mise en place liée à une anatexie différentielle pendant une phase de plissement.

Quant aux diabases, leur orientation est constamment E-W. Or cette direction est celle des failles responsables de l'effondrement, après le paléozoïque, de la plaine d'Ottawa. On peut aussi se demander si ces diabases ne seraient pas elles aussi post paléozoïques. Toutefois rien ne permet de l'affirmer car si dans le Nord des Appalaches les diabases ont été datées de 300-350 M. A. , par contre, dans la province du Supérieur d'autres ont donné des âges de 1120 M. A. et de 2095 M. A.

En ce qui concerne les relations entre diabases et pegmatites, les premières recoupent constamment les secondes. En un point, sur une berge du lac Mac Gillivray on a observé un filon pegmatitique recoupant une diabase (photo n° 11). Mais il semble que cette pegmatite calcosodique à sphène et minéral, d'orientation N160-10E n'appartienne à aucune des catégories précédemment décrites.

- Pour terminer cette étude concernant les caractères pétrochimiques et de gisement des roches filoniennes recoupant les schistes cristallins de la région du lac Mac Gillivray disons qu'elles ne présentent aucun phénomène de boudinage, aucune recristallisation et qu'en conséquence elles n'ont pas été englobées dans un cycle orogénique postérieur à leur mise en place. Les âges radiométriques de pegmatites qui seront donnés dans le chapitre IV dateront ainsi la fin du dernier cycle orogénique dont la région aura été le siège.



Photo n° 11 : Pegmatite calcosodique à sphène recoupant un filon de diabase.

CHAPITRE V

ETUDE TECTONIQUE

INTRODUCTION

Pour mettre en évidence les éléments structuraux de la région et à partir de ceux-ci pour tenter de reconstituer son histoire tectonique, divers outils et méthodes ont été utilisés :

- carte aéromagnétique réalisée par la Division Géophysique des Mines et des Relevés Techniques ;

- carte interprétative des photographies aériennes exécutées par la Division de la photographie aérienne du Ministère de l'énergie des Mines et Ressources du Canada ;

- levés de terrain qui, outre la reconnaissance et l'échantillonnage des différents faciès lithologiques ont permis de mesurer de façon systématique divers éléments géométriques et de prélever un certain nombre d'échantillons orientés.

De la sorte ont été rassemblées des données de valeur très variable, utilisables à des échelles différentes, se complétant mutuellement, données qu'il convient d'une part d'exposer et d'autre part de confronter et d'interpréter.

I - LES GRANDES UNITES STRUCTURALES

1) Carte aéromagnétique

Tout le territoire canadien a été couvert par des levés aéromagnétiques qui ont conduit à l'élaboration de cartes à diverses échelles ; de tels documents synthétiques constituent, pour les régions du bouclier précambrien à relief mou et à couverture forestière très dense, un outil de travail très précieux et particulièrement bien adapté à la reconnaissance géologique. Mais il va de soi que de telles cartes ne sont que des outils. Les données qu'elles fournissent doivent être contrôlées au sol et on ne peut guère s'attendre à ce que telle zone à magnétisme constant corresponde à une seule et même formation géologique. En fait l'intérêt le plus évident de cette carte aéromagnétique est d'ordre structural. Une reproduction simplifiée est donnée planche n° 8.

On note tout d'abord une zone à faible magnétisme (1 100 à 1 400 milligalls) orientée WNW-ESE qui découpe la région en deux domaines très différents l'un de l'autre.

- Zone sud : toutes les intensités magnétiques y sont représentées et on peut s'attendre à des faciès lithologiques très variés.

Mais le plus important est la possibilité de déceler un style tectonique. Si on prend par exemple comme niveau repère la zone d'intensité 1 600-1 800 on voit se dessiner des formes d'allure souple qu'on peut assimiler à des plis dont les directions se répartissent autour des valeurs suivantes :

N35 à N55 et N125 à N145.

PLANCHE 8

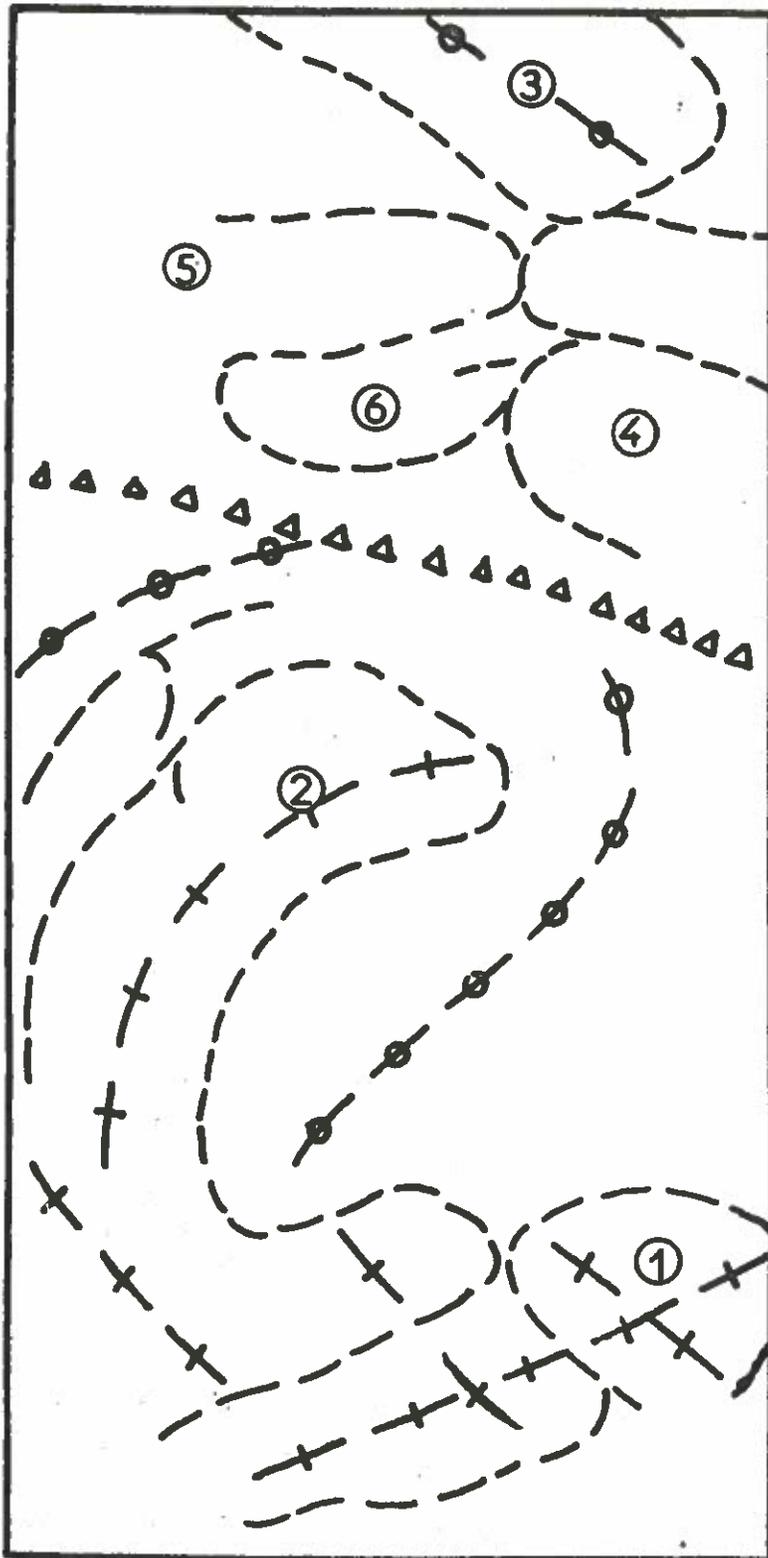
structures:

- ① Dube mountain
- ② Lac Mac Gillivray
- ③ Lac Achigan
- ④ Lac Neville
- ⑤ Lac Gillespie
- ⑥ Lac Papin

--- limite de structure

—x— Antiforme

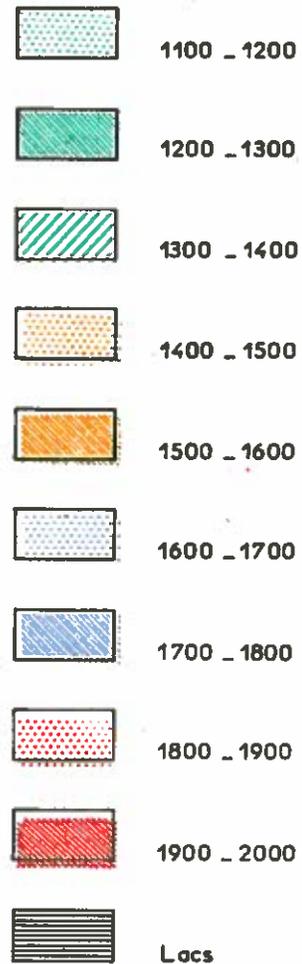
—●— Synforme



INTERPRETATION DE LA CARTE AEROMAGNETIQUE

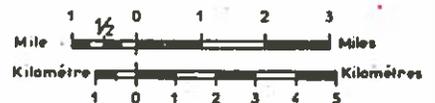


LEGENDE



Pour la toponymie voir la
Carte I

ECHELLE



CARTE AEROMAGNETIQUE DE LA REGION
DU LAC MAC GILLIVRAY

- Zone nord : à la différence de la précédente toute la gamme des intensités/magnétiques n'est pas représentée. De plus le style tectonique est moins net. On peut toutefois esquisser des formes structurales en utilisant la zone d'intensité 1 600-1 800. Leurs directions d'allongement se situent aux alentours de N120-N140.

- Quant à la zone linéaire à faible magnétisme orientée WNW-ESE qui sépare les deux domaines précédents on peut également la considérer comme un trait tectonique important mais sa signification ne peut être appréciée valablement : faille unique, zone mylonitique, réseau de fractures ?

En définitive la carte aéromagnétique simplifiée donnée ici, sans nous renseigner sur la constitution géologique de la région met néanmoins en évidence plusieurs structures orientées selon deux groupes de directions moyennes N35-N55 d'une part et N120-N145 d'autre part. En outre une discontinuité structurale proche de E-W sépare deux domaines à style tectonique différent.

2) Carte photogéologique

La couverture des photographies aériennes de notre terrain est, pour la partie nord, à l'échelle de 1 pouce pour 3 000 pieds soit approximativement au 1/36 000 et pour la partie sud à l'échelle de 1 pouce pour un quart de mille soit approximativement au 1/16 000.

Malgré l'abondance de la végétation les photos aériennes constituent des documents valables pour la mise en évidence de nombreuses données géologiques, surtout d'ordre structural. Ces données peuvent être soulignées par des différences de végétation ou bien par le chevelu hydrographique ou par des alignements de relief.

En effet cette région a été profondément pénéplanée durant une longue période d'émersion et a en outre subi un intense rabotage durant la période glaciaire. De ce fait les roches les plus tendres ont été affouillées tandis que les niveaux les plus durs restent en relief sous forme de crêtes qui soulignent ainsi la foliation*.

Quant aux accidents tectoniques (joints et failles) le long desquels la roche est en général plus ou moins broyée ils apparaissent eux aussi très bien sur les photos aériennes sous forme de dépressions occupées par des rivières, des zones marécageuses ou des chapelets de lacs très allongés. Ces éléments linéaires dus à des cassures se distinguent aisément de ceux dus à la foliation ou au litage car ils sont rectilignes et recoupent selon diverses

* Au cours des levés de terrain il fut impossible de distinguer de façon certaine entre "stratification" (ou litage) et "foliation". Aussi nous utiliserons de façon systématique le terme de "foliation" pour désigner tous les plans de débit de la roche qu'ils soient d'origine stratigraphique ou qu'ils soient dus à des recristallisations effectuées sous tension. D'ailleurs dans la plupart des cas il semble bien que la foliation (ou schistosité cristallogénétique) soit parallèle à la stratification.

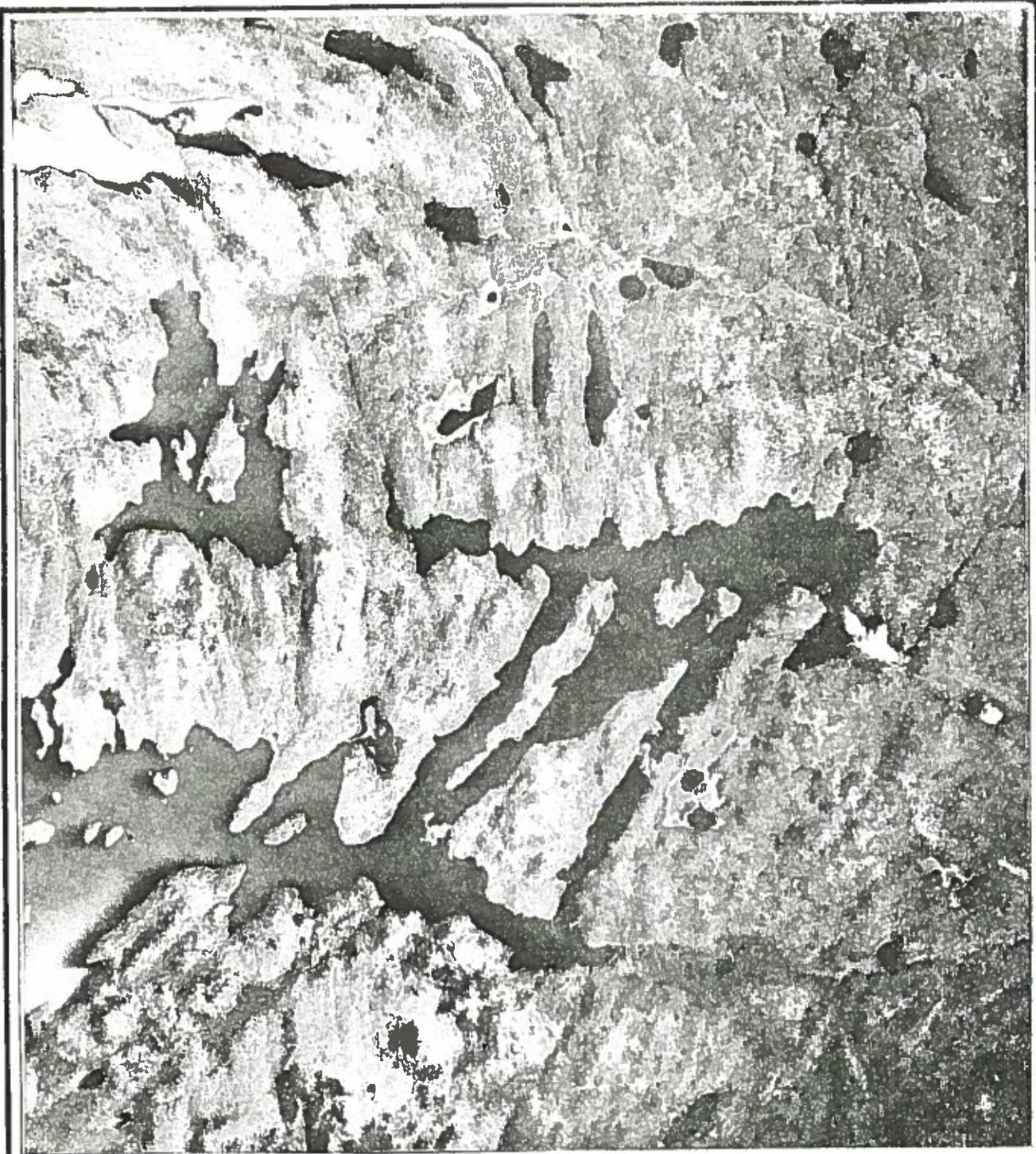
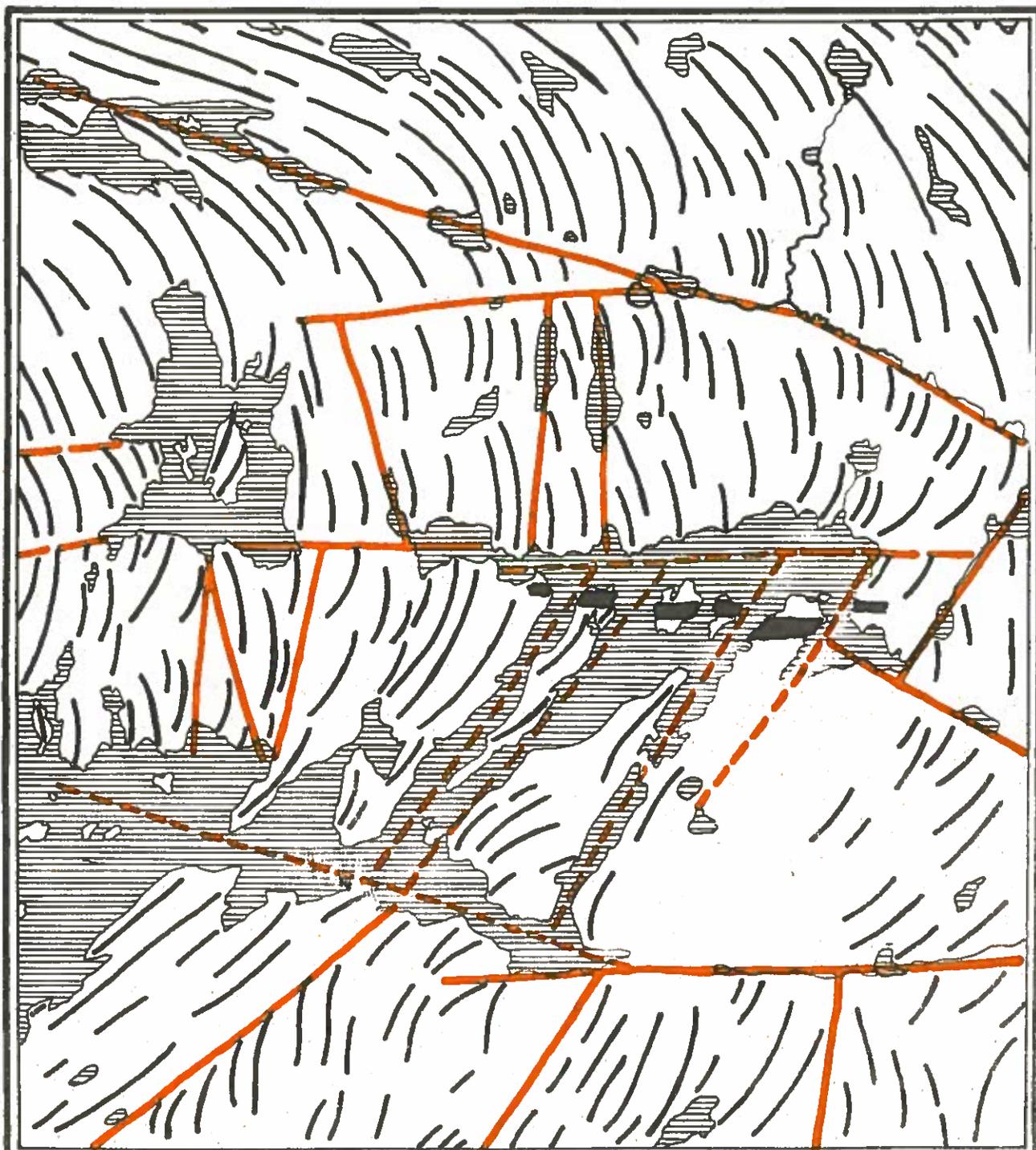


Photo n° 12459_191

AIR PHOTO DIVISION

ENERGY, MINES and RESOURCES - CANADIAN GOV.



— LEGENDE —



FOLIATION

JOINTS

DIABASE



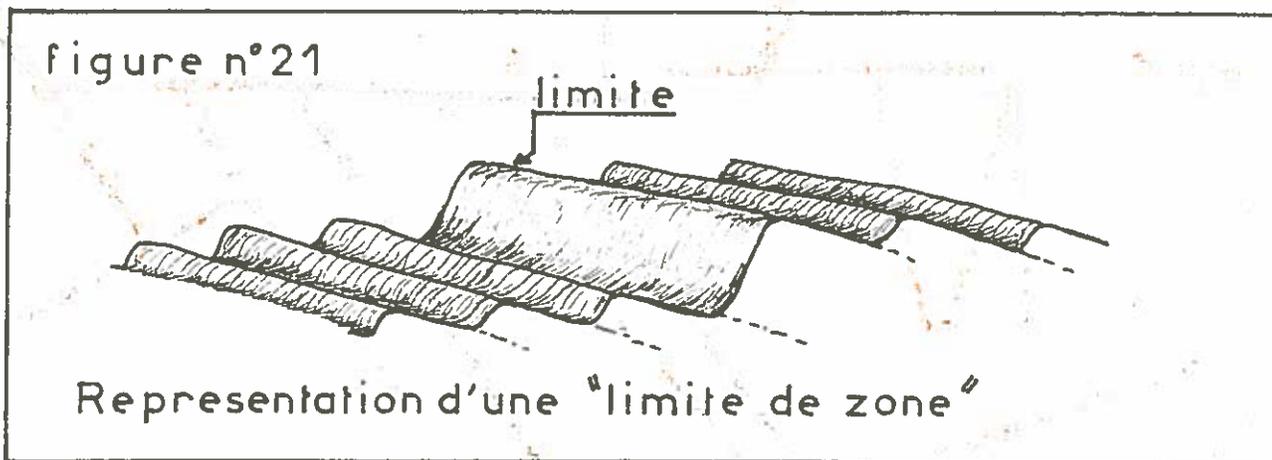
LACS



G.P.

directions les seconds. A titre d'exemple nous donnerons la photo n° 12459-191 et son interprétation. On note en particulier que la forme très complexe du lac Mac Gillivray est due en grande partie à la conjugaison des plans de foliation et des plans de cassure. Dans la partie nord l'alignement de plusieurs lacs et d'une zone marécageuse qui recoupe la foliation est sans aucun doute dû à un plan de cassure de plus de 6 km de long.

Nous pouvons également distinguer ce que nous appelons des "limites de zones" c'est-à-dire des limites entre deux régions de terrain d'altitude très nettement différente. Ce ne sont pas des limites dues à des joints puisqu'elles ne sont pas rectilignes mais suivent en général la foliation apparente. Il est vraisemblable que ces lignes correspondent à des limites d'ordre stratigraphique (fig. n° 21).

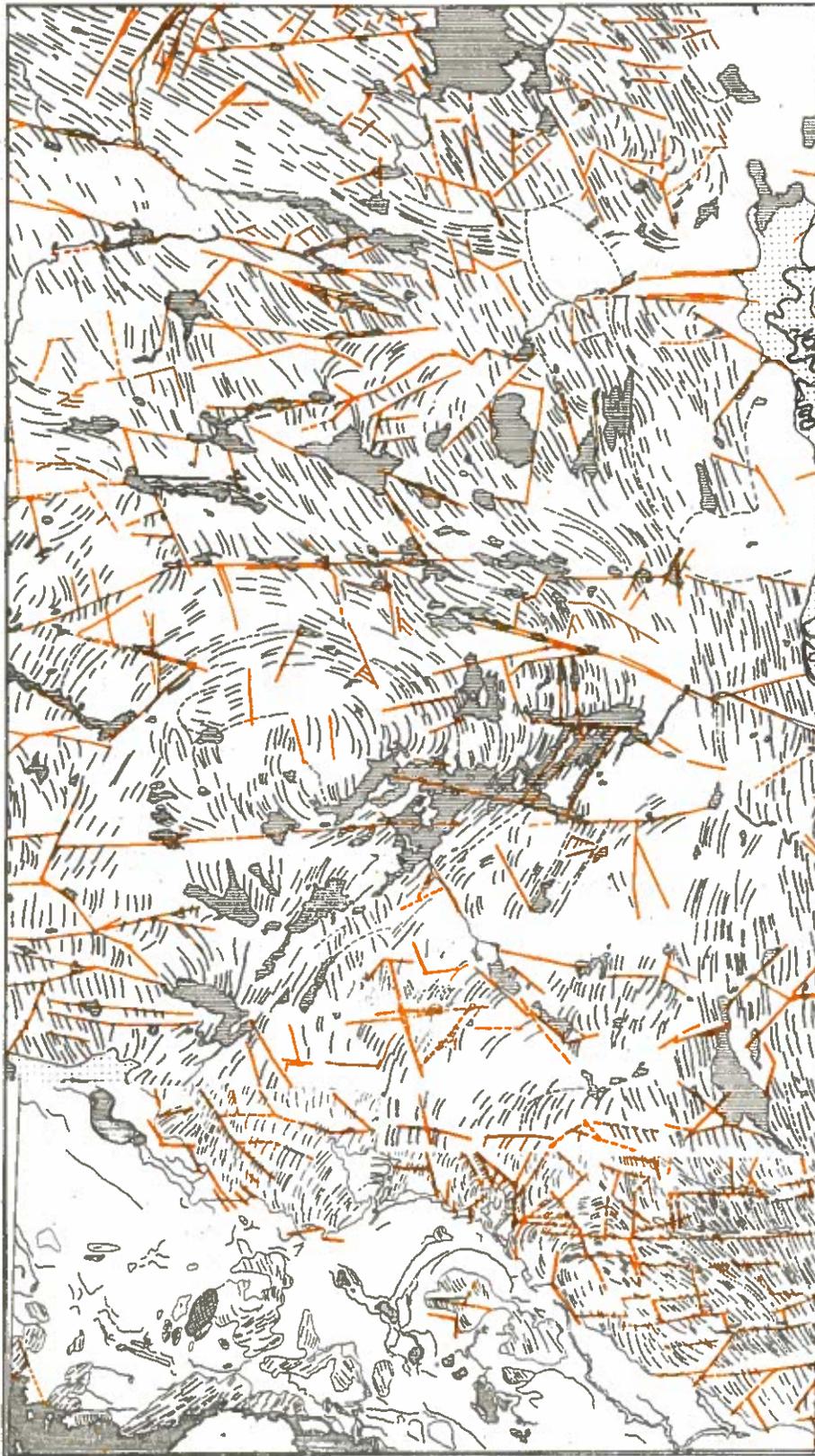


Enfin on peut observer parfois des zones rectilignes à fort relief, parallèles à certaines cassures mais recoupant la foliation, comme au centre est de la photo. Il s'agit là, comme l'étude au sol l'a montré, d'un filon de diabase lui-même découpé et décalé par des cassures postérieures.

Ansî l'examen stéréoscopique systématique de toutes les photographies aériennes couvrant notre région a permis d'établir une carte interprétative dont la reproduction est donnée ci-contre. Elle a permis de dégager diverses structures. Les plus évidentes sont les suivantes :

- structure du lac Achigan. Elle se situe à l'extrême nord de la région. Son orientation est N140. Cette structure se développe largement au delà, en direction du lac St Patrick ;

- structure du lac Mac Gillivray : c'est la plus remarquable de par sa taille (de l'ordre de 100 km²) et de par sa forme arquée, de direction N30 au Sud elle passe progressivement à N80 au Nord du lac Mac Gillivray. Cette structure presque complètement "fermée" est en fait comme nous le



LEGENDE



-  TRACE DE FOLIATION
-  LIMITE DE ZONES
-  JOINTS
-  METAGABBRO
-  DIABASE
-  REBORD DE TERRASSE ALLUVIALE
-  ZONE ALLUVIALE
-  LACS

ECHELLE



C. FOURNET

**CARTE INTERPRETATIVE DES PHOTOS AERIENNES
REGION DU LAC MAC GILLIVRAY**

verrons par la suite plus complexe qu'il n'apparaît au premier abord ;

- structure de Dube Mountain : à l'extrême sud est de la carte. Il s'agit de la terminaison NW d'une structure orientée N140 qui se poursuit au SE en dehors de la carte.

Les raccords entre ces trois structures majeures sont loin d'être évidents. On peut toutefois noter les points suivants :

- à l'extrême est se trouve une zone à direction dominante N-S ;
- entre les structures du lac Achigan et du lac Mac Gillivray on a deux groupes dominants de directions N40 et N140 mais elles apparaissent très anarchiques ;
- entre les structures Mac Gillivray et Dube Mountain la dominante est N40. On note aussi pour cette région deux directions majeures N40 et N140 et une troisième N-S, localisée à l'extrême est.

Rappelons que l'examen de la carte aéromagnétique avait permis d'individualiser deux groupes majeurs de directions d'une part N35 à N55 et d'autre part N125 à N145.

Quant aux accidents cassants, groupés sous le vocable de "joints"* ils constituent des réseaux très denses. Les plus nombreux en même temps que les plus continus en direction sont ceux orientés selon E-W (ou proches de E-W). Les autres de longueur plus faible sont de directions très variées. Les rapports de ces joints avec les structures mises en évidence seront abordés ultérieurement.

Disons enfin que la zone linéaire WNW-ESE à faible magnétisme qui apparaissait sur la carte aéromagnétique ne semble pas correspondre, d'après l'étude photogéologique, à un accident majeur. On note toutefois la présence de cassures E-W et WNW-ESE un peu plus denses qu'ailleurs. Mais il n'y a pas obliquité des lignes structurales de la zone nord par rapport à celle de la zone sud.

3) Données de terrain

Si les cartes aéromagnétiques et photogéologiques ont permis de dégager certaines structures elles ne nous renseignent pas sur leur valeur anticlinale ou synclinale. Sur les photos aériennes il n'a pas été possible en effet d'apprécier de façon certaine le pendage des foliations. Seules des mesures au sol ont permis de lever l'indétermination. Leur résultat est donné dans la planche n° 11.

* Nous groupons sous le terme de "joints" toutes les cassures qui sont mesurables. Elles peuvent être soit des joints de distension apparaissant au cours d'un plissement, soit des cassures satellites d'accidents majeurs, soit de petites failles que nous ne pouvons pas considérer comme telles car les rejets ne sont pas mesurables.



LEGENDE

N

PI.11

-  Foliation
-  pendage non déterminé
-  pendage vertical
-  pendage horizontal
-  Linéation

 Limites approximatives des structures

 Zone de cassures

 Lacs

 Routes et pistes

ECHELLES

1 0 1 2 3 4 kilomètres

1 0 1 2 3 miles

G. POURRET

CARTE DES FOLIATIONS DE LA REGION DU LAC MAC GILLIVRAY

- Synforme du lac Achigan : cette structure régulière et calme dont l'axe est orienté N140 a une forme synclinale. Ses deux flancs sont pentés de 30° vers le coeur.

- Antiforme du lac Mac Gillivray. C'est une structure à peu près fermée de forme anticlinale déversée vers le nord. En effet sur son flanc NW les pendages oscillent entre 80°W et 80°E alors que l'autre flanc est penté régulièrement 30°SE.

En outre le coeur de cet antiforme dont l'axe passe progressivement de N10 au sud à N80 au NE se découpe en deux petits dômes dont la signification sera discutée dans le paragraphe "analyse structurale".

- Zone de passage entre le synforme du lac Achigan et l'antiforme du lac Mac Gillivray. La mesure systématique des plans de foliation n'a pas permis de dégager les rapports exacts entre ces deux structures majeures. Il semble toutefois qu'on ait une série de petites structures de raccord ou moins déversées.

- Antiforme de "Dube Mountain". Les mesures de pendage faites sur les flancs de la terminaison nord ouest de la structure qui se poursuit en dehors de notre terrain d'étude montrent que cette structure est de forme anticlinale. Les couches sont pentées de 60° en moyenne vers l'extérieur d'un pli d'axe N140.

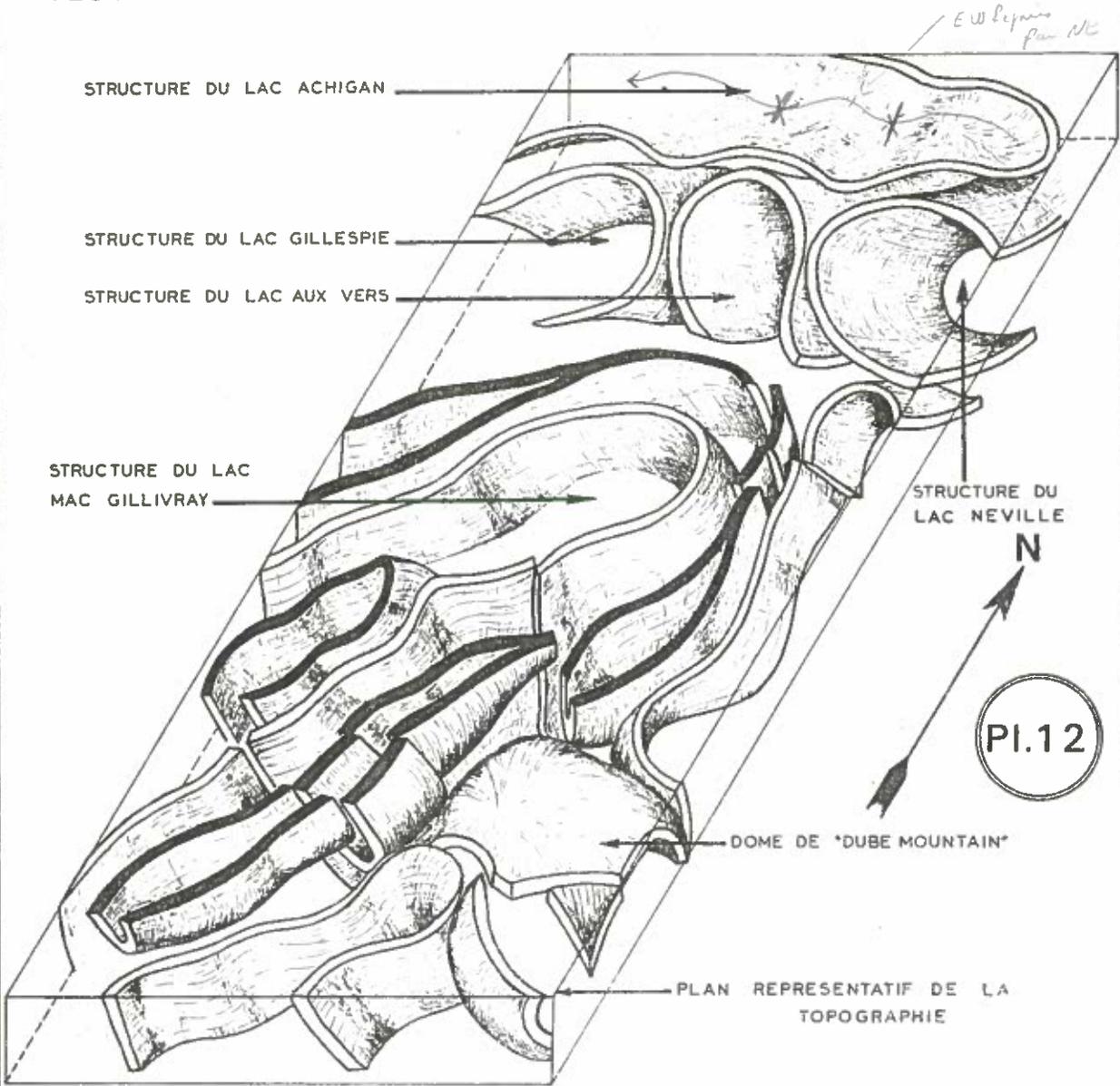
- Bande orientale subméridienne, les mesures au sol tendraient à montrer qu'il s'agit du flanc occidental d'un synclinal dont l'axe passerait en dehors de notre terrain. En effet les pendages sont régulièrement pentés vers l'Est avec une valeur moyenne de 60°.

4) CONCLUSION : Tectonogramme de la région du lac Mac Gillivray

Avant d'exposer les résultats obtenus par l'emploi des méthodes d'analyse structurale il convient de comparer ceux déjà acquis grâce à l'emploi des cartes aéromagnétiques et photogéologiques et grâce au classique report des éléments géométriques sur fonds topographiques. Un tectonogramme permet en outre d'en faire la synthèse.

Il est évident que de simples levés géologiques même à plus petite échelle que celle utilisée n'auraient pas permis de cerner exactement l'architecture d'ensemble d'une région à couverture végétale et morainique aussi dense. Seules les cartes aéromagnétique et photogéologique pouvaient fournir un canevas permettant l'intégration des observations et des mesures ponctuelles au sol. Mais ces dernières étaient évidemment indispensables non seulement pour connaître les caractères pétrographiques des formations mais aussi pour savoir si les structures avaient valeur synforme ou antiforme.

TECTONOGRAMME DE LA REGION DU LAC MAC GILLIVRAY



PI.12



PLAN REPRESENTANT
LES LEPTYNITES *placés*
sur carte on ne suit
pas les Niveaux.

NIVEAU REPERE SUPPOSE
UTILISE POUR COMPRENDRE
LA TECTONIQUE

Ainsi l'emploi simultané de ces trois méthodes, complémentaires l'une de l'autre a permis d'avoir une connaissance globale de la région du point de vue structural.

On peut déjà avancer, à la simple vue de l'antiforme courbe du lac Mac Gillivray que cette région a subi deux plissements, le premier d'axe N40 et le second orienté N140.

Pour synthétiser les diverses données géométriques fournies par les cartes aéromagnétiques et photogéologiques et celles récoltées sur le terrain, un tectonogramme interprétatif est donné (planche n° 12). L'interprétation des deux plissements est bien visible, les structures qui étaient primitivement N40 ont été gauchies autour d'un axe N140.

Ce tectonogramme montre nettement les différentes structures déterminées par les méthodes précédentes. Le dessin géométrique, basé sur les mesures de pendage, nous permet en outre de lever les dernières indéterminations. Ainsi la zone comprise entre le synforme du lac Achigan et l'antiforme du lac Mac Gillivray montre en fait une série de petites structures d'axe N40 déversées vers le NW qui sont actuellement plissées autour de l'axe N140 du synforme du lac Achigan. En outre la zone comprise entre le dôme du lac Mac Gillivray et celui de Dube Mountain apparaît comme un synforme. Il est également possible enfin de voir que les grandes cassures E-W déterminées par photo aérienne ont des conséquences apparemment faibles quant à la position finale des structures. Des rejets peuvent exister mais ils ne peuvent pas être mesurés avec précision car les niveaux repères sont quasiment inexistant, seul le niveau de leptynites représenté sur le tectonogramme permet d'apprécier le déplacement produit par quelques-unes de ces fractures.

II - ANALYSE STRUCTURALE

Après avoir mis en évidence les structures majeures de la région qui paraissent avoir produit deux phases de plissements, il convient d'abord de contrôler cette interprétation et ensuite d'apporter des précisions supplémentaires sur la chronologie des phénomènes tectoniques par l'emploi des méthodes de l'analyse structurale.

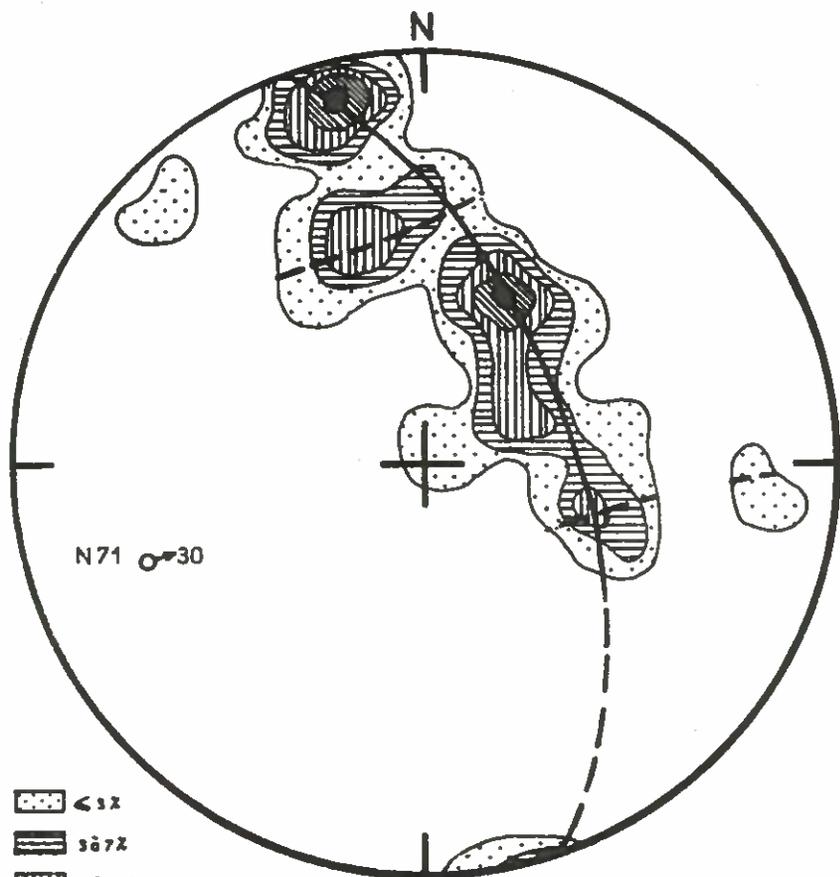
Deux structures seulement ont fait l'objet d'une étude détaillée : les antiformes de Dube Mountain et du lac Mac Gillivray. Nous fournirons également les données récoltées sur quelques autres structures mais il convient tout de suite de préciser qu'elles sont trop fragmentaires pour fournir une interprétation valable.

1) Dôme de "Dube Mountain"

Il faut noter tout d'abord qu'il s'agit d'un relief conforme et que les foliations sont partout pentées vers l'extérieur.

Structure de Dube Mountain

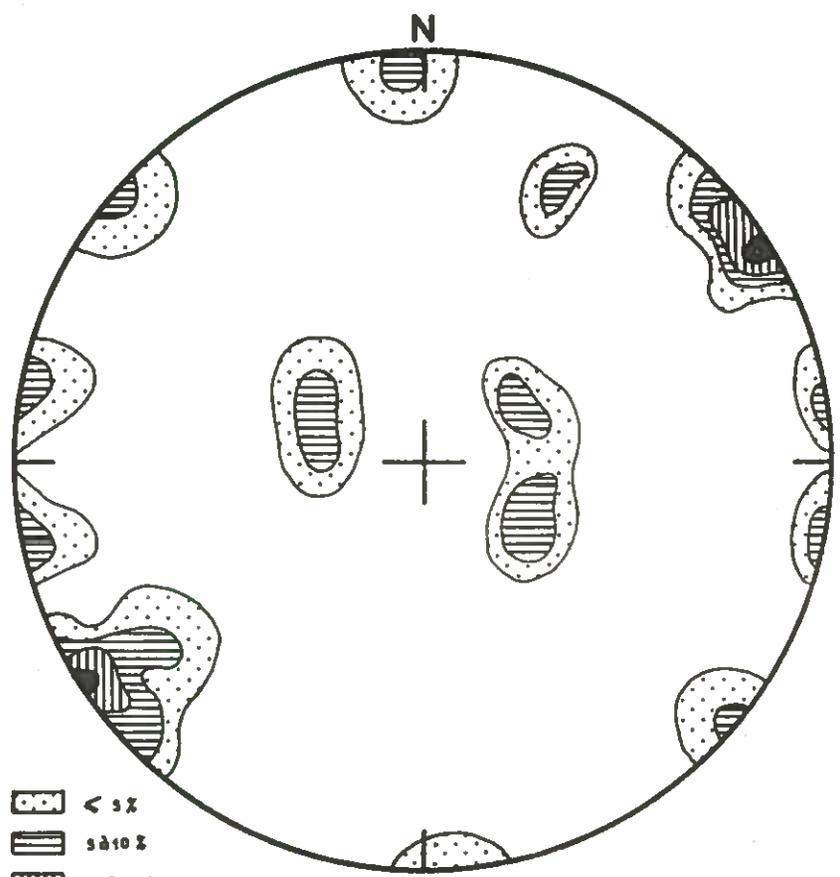
PLANCHE n°13



N71 ϕ 30

-  <math>< 5^\circ</math>
-  $5 \text{ à } 7^\circ$
-  $7 \text{ à } 10^\circ$
-  $10 \text{ à } 15^\circ$
-  > 15^\circ

DIAGRAMME DES FOLIATIONS



-  <math>< 5^\circ</math>
-  $5 \text{ à } 10^\circ$
-  $10 \text{ à } 15^\circ$
-  > 15^\circ

DIAGRAMME DES JOINTS

a) Diagramme^x des foliations (planche n° 13 fig. 1)

Les zones où les pôles des plans de foliation sont les plus denses s'inscrivent sur un grand cercle et matérialisent un plissement majeur d'axe N72-30NE. Du fait que ces plans décrivent un mouvement cylindrique on peut en déduire que le plissement qui en est responsable est un plissement primaire.

En outre de part et d'autre du grand cercle on observe deux amorces de déformation des foliations autour d'un axe approximativement NW-SE. Ce plissement qui tend à étaler les plans de foliation primaire est forcément plus jeune.

Ainsi le diagramme des foliations apporte des renseignements complémentaires sur cette structure dont l'étude antérieure avait conduit à lui donner une valeur antiforme de direction N140. Elle est due en fait à la superposition de deux plissements :

- le premier d'axe N72-30NE
- le second d'axe NW-SE

b) Diagramme des joints

Malgré le nombre trop élevé des mesures on peut en tirer des informations intéressantes. Deux groupements majeurs des pôles s'observent :

- N90-90 : il s'agit des grandes fractures E-W mises en évidence lors de l'étude photogéologique. Cette direction est parallèle aux failles responsables de l'effondrement de la plaine d'Ottawa. Il est vraisemblable qu'elles sont les plus récentes car elles affectent le paléozoïque.

- N138-90 : il s'agit sans nul doute de joints de distension nés durant le plissement N140. Etant bien "groupés" et bien rectilignes on peut dire que ce plissement N140 n'a pas été repris par une phase de déformation ultérieure.

A côté de ces deux concentrations de points on en trouve un certain nombre qui se répartissent sur un cercle d'axe N130. Il est très vraisemblable qu'il s'agit des anciens joints de distension parallèles aux plis d'axe N72 enroulés autour d'un axe N130 au cours du plissement le plus jeune.

c) En conclusion nous pouvons dire que cette structure a subi deux plissements successifs :

- le premier d'axe N72-30NE
- le second d'axe NW-SE.

Toutes ces données seront reprises plus loin lors de l'étude générale de la région pour établir la chronologie des déformations.

* Tous les diagrammes de statistique présentés dans cette partie sont des diagrammes équatoriaux de SCHMIDT avec projection sur l'hémisphère supérieur. Par contre les diagrammes de synthèse sont des diagrammes équatoriaux de WULF avec, pour eux aussi projection sur l'hémisphère supérieur.

2) Antiforme du lac Mac Gillivray

C'est la structure la plus vaste et la plus complète de notre terrain d'étude. Il s'agit d'un antiforme déversé vers le Nord dont l'axe est courbe. Au coeur de cet antiforme il est curieux de noter la présence de deux petits dômes annexes dont l'un est orienté E-W et l'autre environ N-S. Les mesures de foliation ont été très nombreuses sur cette structure de telle sorte que l'étude statistique conduit à des résultats plus valables que pour les autres structures.

a) Diagrammes des foliations (planche n° 14) :

1/ diagramme général (fig. n° 1) aucun renseignement ne peut être tiré de sa lecture. De la sorte nous avons été conduit à découper la structure en deux parties correspondant l'une au dôme est, la seconde au dôme ouest.

2/ Diagramme de la zone est : il apparaît la possibilité de deux plissements superposés : le plus ancien orienté N90-20E étalé par un second d'orientation N130 à N140.

3/ Diagramme de la zone ouest : comme sur le précédent, on observe un plissement N70-10E (au lieu de N90) et un plus récent, à tracé flou, qui a une valeur moyenne N140. En outre un fait nouveau apparaît puisque nous avons une troisième direction possible de plissement qui a un axe d'orientation moyenne N40-15SW

b) Diagramme des linéations (planche n° 15) : il montre en premier lieu une forte concentration N84-15E qui indique une première direction de cristallisation orientée en gros E-W au cours de laquelle se sont formés la plupart des microplis de même qu'ont cristallisé les minéraux allongés.

De part et d'autre de cette zone à forte densité les linéations s'étalent de façon régulière selon un cercle qui matérialise un plissement d'axe N60 postérieur au précédent. Les linéations primaires (E-W) ont été "enroulées" autour de cet axe.

En outre on note divers groupements dont deux qui se situent sur des petits cercles et qui admettent comme pôle la valeur N140 à N150.

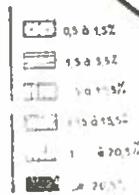
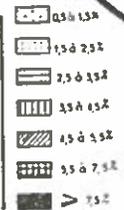
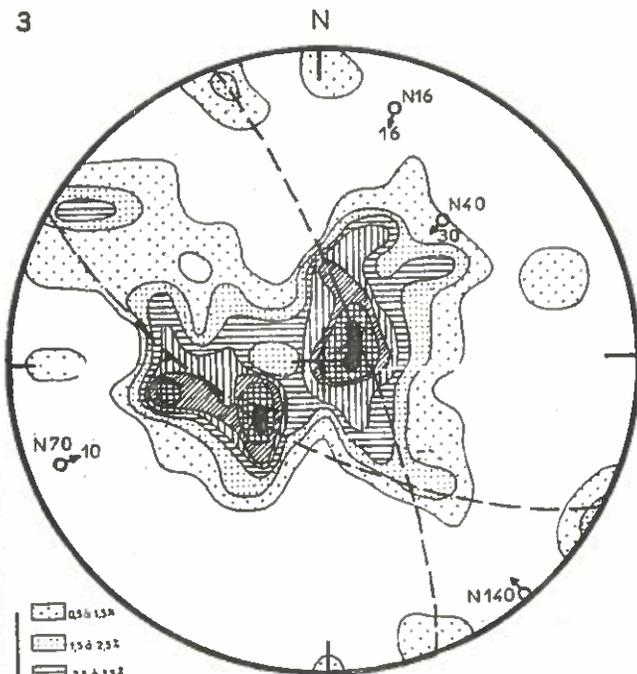
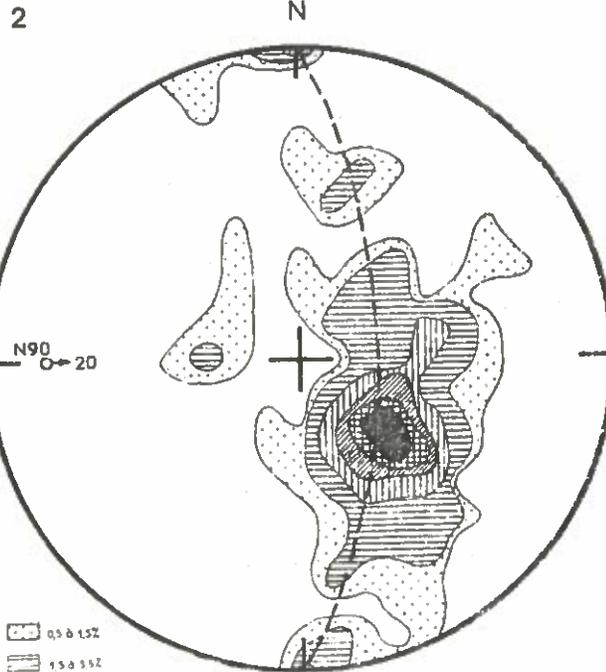
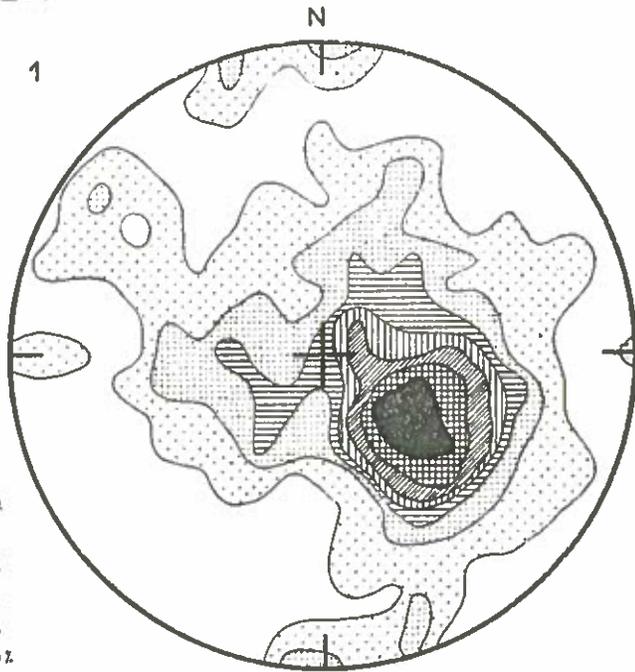
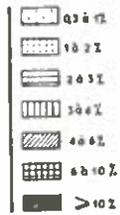
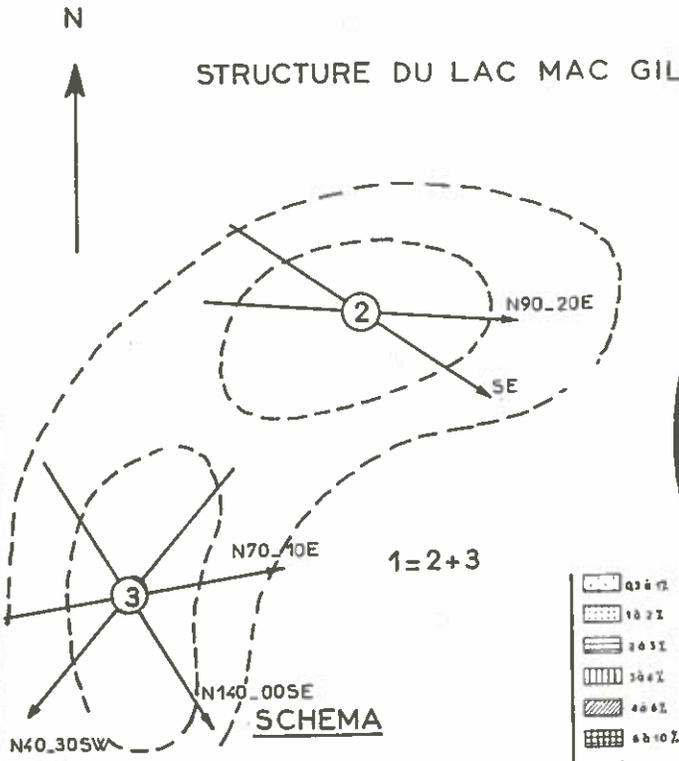
c) Diagramme des joints (planche n° 15) : il reste maintenant à faire l'étude des joints très nombreux qui ont été relevés dans ce domaine. Il faut observer que les joints les plus abondants correspondent à la direction des cassures limitant le bassin d'effondrement de la rivière Ottawa c'est-à-dire N82-90.

Nous avons ensuite un pôle correspondant aux cassures d'orientation N140-90, orientation qui est parallèle au dernier plissement. Ce sont sans doute les joints de distension qui se sont développés au cours de celui-ci.

Nous avons ensuite des pôles d'importance moindre correspondant aux directions de cassures suivantes :

PLANCHE n° 14

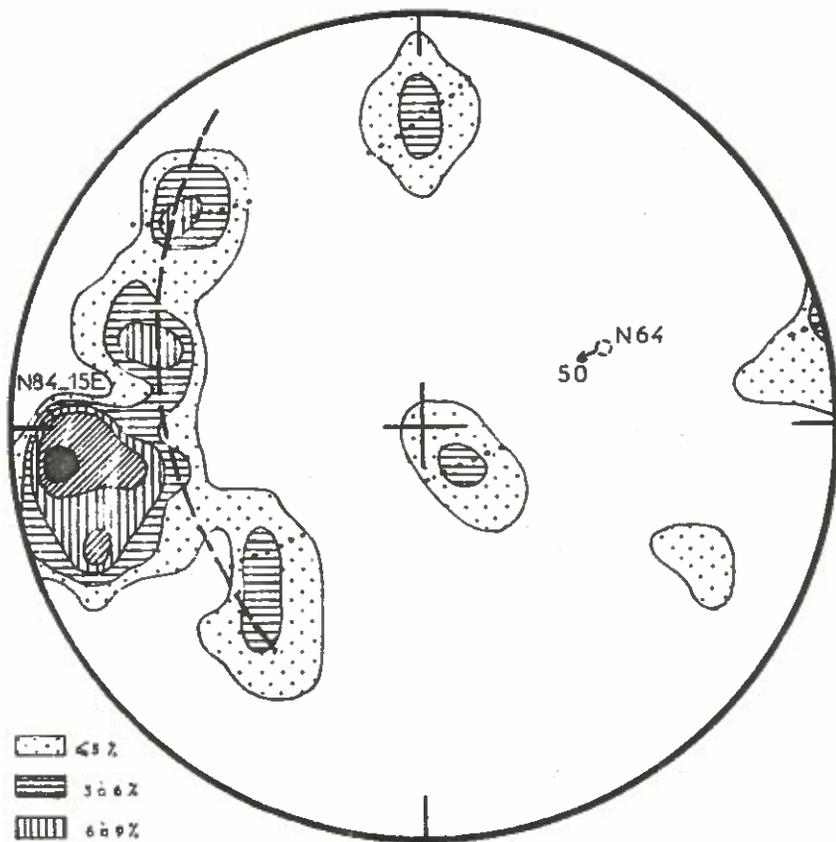
STRUCTURE DU LAC MAC GILLIVRAY



Diagrammes de SCHMIDT

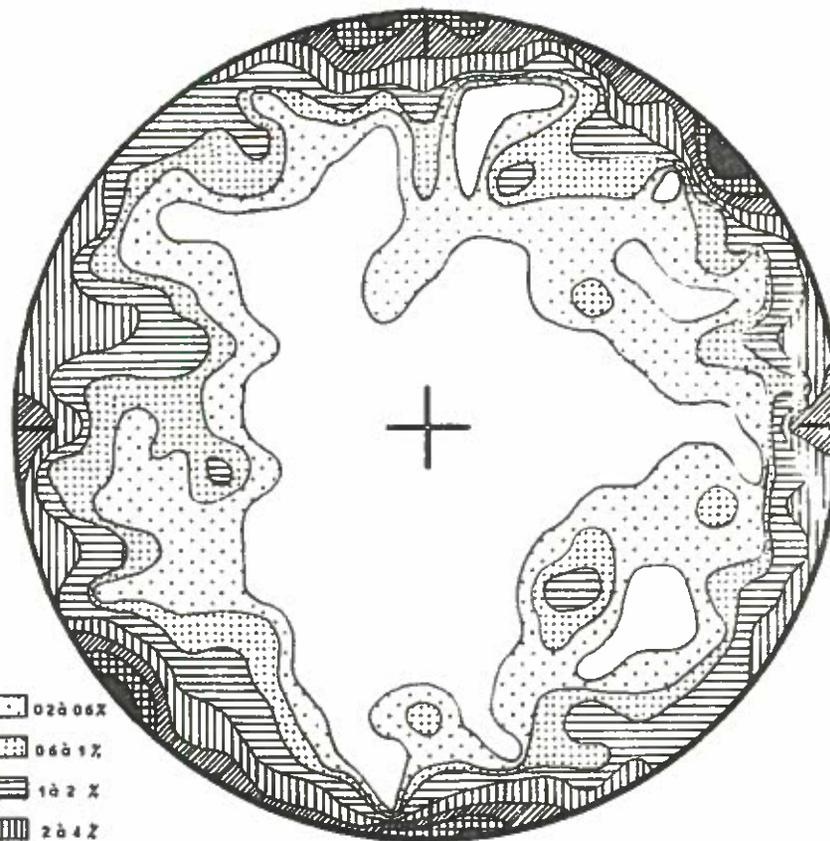
STRUCTURE DU LAC MAC GILLIVRAY

PLANCHE n° 15



- 45 Z
- 50-6 Z
- 60-9 Z
- 90-12 Z
- > 12 Z

DIAGRAMME DES LINEATIONS



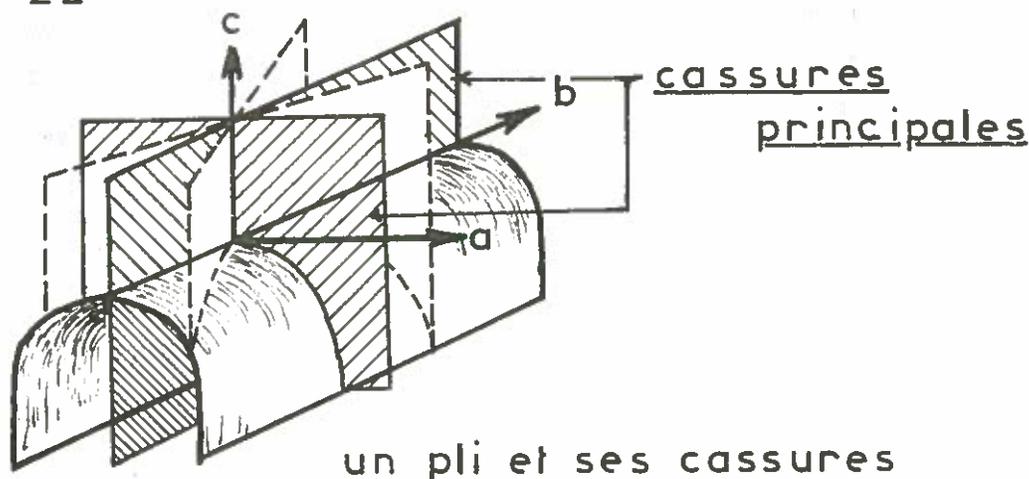
- 020-06 Z
- 060-17 Z
- 10-2 Z
- 20-4 Z
- 40-6 Z
- 60-8 Z
- > 8 Z

DIAGRAMME DES JOINTS

- N48-45 NW : direction qui est très proche d'une direction de plissement étudié sur le diagramme de foliation. Nous aurions alors les joints de distension parallèles à l'axe de ce plissement. Ces points semblent d'ailleurs s'enrouler autour d'un axe N140, axe du dernier plissement.

- N180-90 : direction que nous ne pouvons rattacher à aucun phénomène, mais qui peut être tout simplement une réplique d'une des autres directions si nous admettons qu'au cours d'un plissement quatre directions de cassures apparaissent. La principale qui est parallèle à l'axe b et une autre qui lui est perpendiculaire. Les deux autres directions plus ténues se placent à 45° des précédentes (fig. n° 22).

figure n° 22

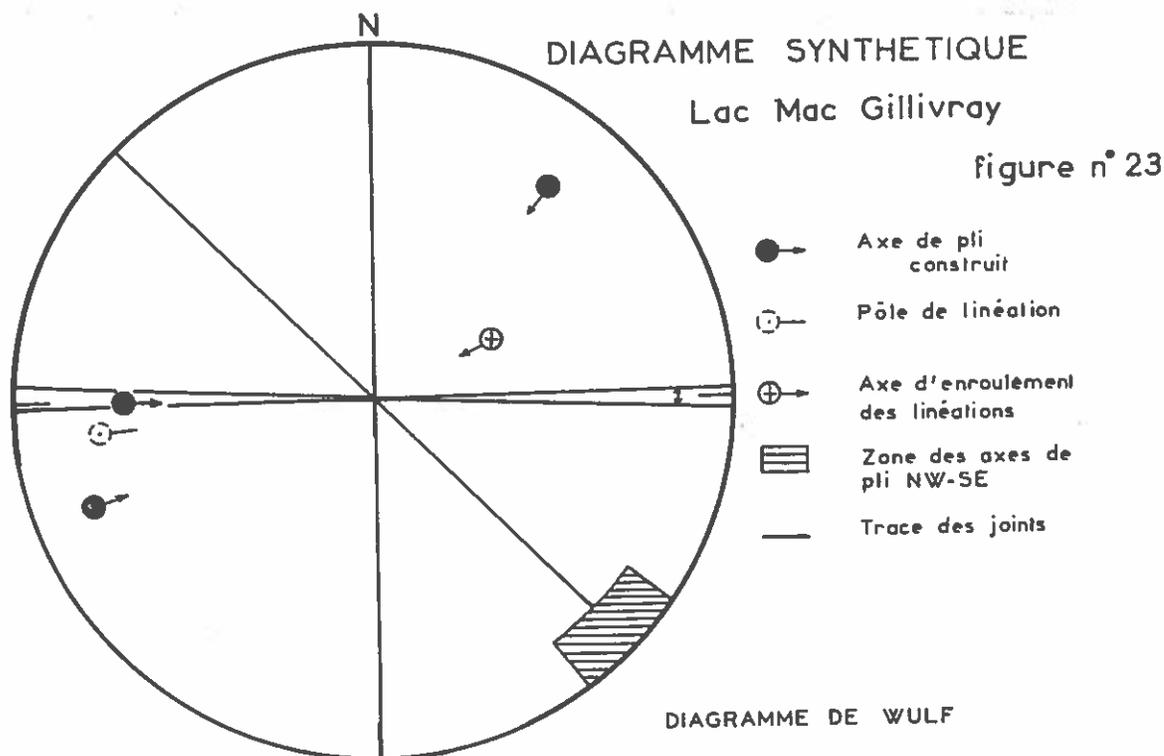


d) le diagramme synthétique résumant toutes les données accumulées par la structurologie sur cette structure nous permet d'avoir une idée assez valable quant à son histoire. Nous pouvons déterminer trois phases successives avec assez de précision.

- Un plissement N90 à N80 avec un axe à peu près horizontal. Il correspond également à des cristallisations, en particulier des quartz et feldspaths qui se matérialisent par un pôle net sur le diagramme des linéations. Les pôles présentés ont une concentration assez remarquable (fig. n° 23).

- Un second plissement d'orientation moyenne N40 avec pendage vers le SW est également marqué par un axe de pli et un axe d'enroulement des linéations précédentes. Dans ce cas les deux axes déterminés sont assez éloignés. Un plus grand nombre d'axes permettrait d'avoir une valeur moyenne avec plus de précision.

- Enfin le dernier plissement d'axe N130 à N140 n'est pas observable sur ces différents diagrammes mais il peut se déduire du fait que les pôles de foliation tendent à s'étaler le long de grands cercles qui admettent pour axe des valeurs N130 à N140. De plus nous avons un grand nombre de diaclases parfaitement rectilignes qui présentent cette même valeur moyenne.



En résumé nous avons la succession suivante :

- 1/ plissement d'axe N80 à N90
- 2/ plissement d'axe N50 à N40
- 3/ plissement d'axe N130 à N140.

3) Les structures mineures

Il existe un certain nombre de structures mineures situées pour la plupart au Nord du lac Mac Gillivray et pour lesquelles nous avons des mesures de foliation. Un report rapide des mesures de quatre de ces structures nous permettra d'avoir une idée globale sur la géométrie des structures et la chronologie des évènements tectoniques de la région.

(Pour les diagrammes voir planche n° 16).

a) Lac Achigan : en fait seule l'extrémité SE d'une immense structure est prise en considération. Le diagramme nous révèle un axe de plissement N127-4NW parfaitement déterminable. Mais un léger étalement des pôles de foliation laisse supposer une autre direction NE-SW.

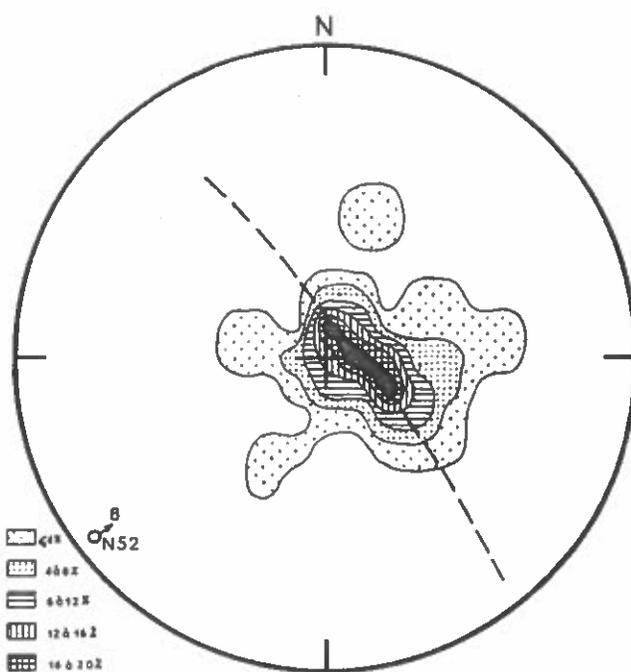
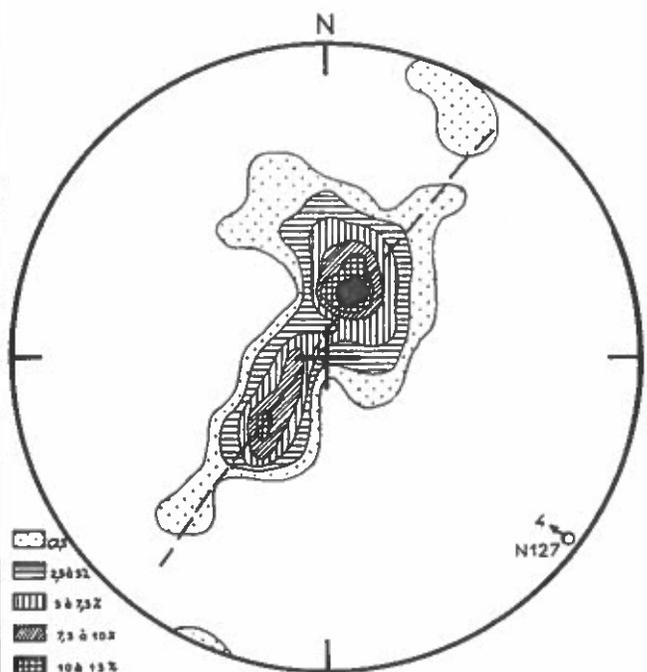
b) Lac Neville : cette petite structure sur laquelle nous avons très peu de mesures est plus difficilement délimitable de façon géométrique sur le terrain. Cependant nous arrivons à déterminer un axe de plissement N52-8NE, avec ici aussi un étalement des pôles de linéation qui semble indiquer un second plissement d'axe SE-NW. Il est à remarquer que la totalité des mesures se répartit sur une zone bien délimitée du diagramme car il fut impossible de parcourir toute la structure.

PLANCHE n° 16

Les structures mineures

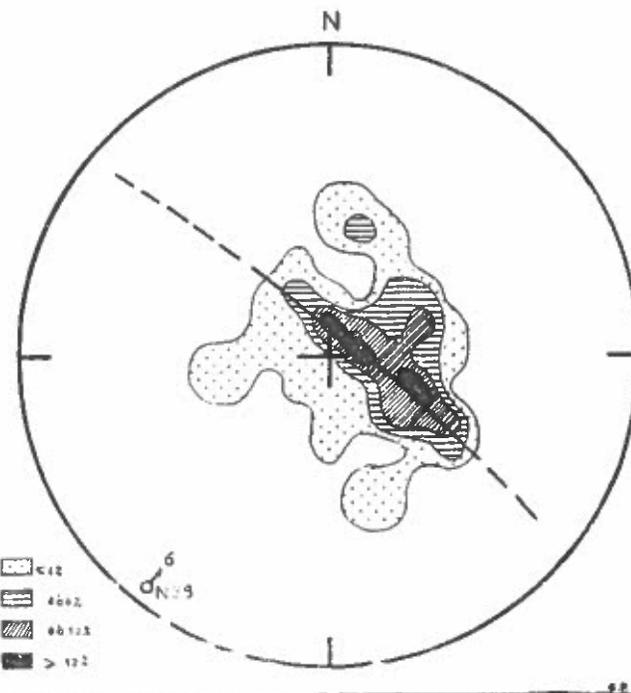
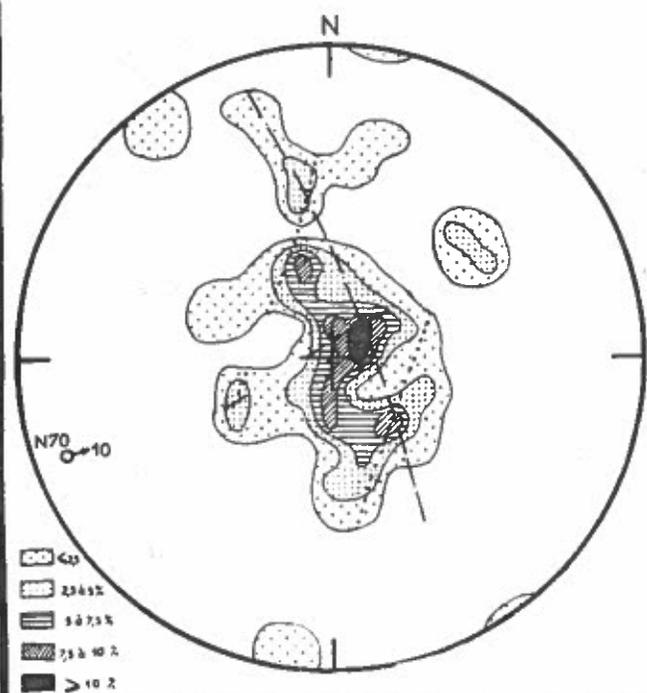
LAC ACHIGAN

LAC NEVILLE



LAC GILLESPIE

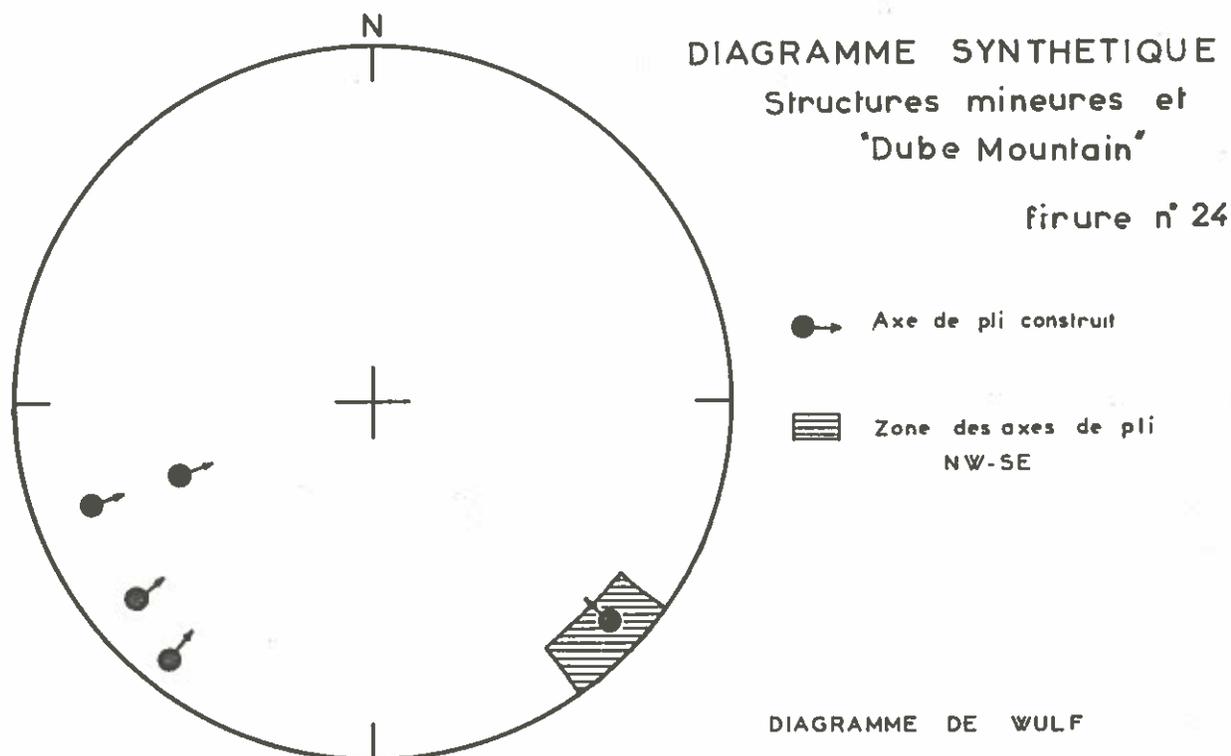
LAC PAPIN - LAC AUX VERS



c) Lac Gillespie : cette structure est très bien développée mais complexe du point de vue géométrique. Elle fut cependant mieux étudiée que la précédente ce qui entraîne un diagramme de foliation plus complet. Il possède lui aussi un axe de plissement N70-10E qui est cependant assez mal déterminable car un étalement assez général autour d'un axe moyen NW-SE masque le précédent.

d) Lac Papin-Lac aux vers : c'est une petite structure pour laquelle il est très difficile d'avoir une idée correcte sur le terrain. Son diagramme de foliation est quant à lui plus explicite puisque nous pouvons observer très nettement un axe de plissement N38-6NE qui a une direction assez semblable à celle que nous avons déterminé sur les autres diagrammes. Nous avons également un étalement des pôles de foliation qui indique la présence d'un second plissement d'axe moyen N140.

Pour toutes ces structures il est à regretter que nous n'ayons que peu de mesures des foliations. Mais le diagramme synthétique sur lequel sont reportés les axes déterminés dans ces structures et les données de la structure de Dube Mountain permet néanmoins de retrouver les différents axes de plissement déterminés au cours de l'étude de la structure du lac Mac Gillivray (figure n° 24).



4) Conclusion : chronologie des déformations

L'étude structurologique que nous venons d'exposer permet de vérifier et aussi de confirmer les interprétations tirées précédemment des cartes aéromagnétique et photogéologique et des données de terrain.

Compte tenu de l'échelle des levés et du nombre insuffisant des mesures il est bien certain qu'on ne peut donner une idée parfaitement exacte de la structure de la région et de retracer son histoire tectonique de façon certaine.

Toutefois il semble bien que plusieurs phases tectoniques sont identifiables :

- plissement N60 à N90 au cours duquel s'effectue le métamorphisme général et se développe une linéation ;
- plissement N60 à N40 qui ne semble pas avoir été accompagné de recristallisations mais qui déforme la linéation précédente ;
- plissement N120 à N150 qui reprend vigoureusement l'ensemble des structures précédentes et qui entraîne également la recristallisation de certains minéraux, en particulier le quartz à caractère porphyroblastique. Les joints de tension qui l'accompagnent ne sont pas déformés.

III- "PETROFABRIC"

A la suite des études précédentes et surtout des études d'analyse structurale qui permettent de préciser le style tectonique et la chronologie des événements il est bon de faire une étude, même sommaire, de "Pétrofabric" pour préciser le comportement des minéraux au cours de tous les événements qu'ils ont subis.

L'étude de Pétrofabric portera elle aussi sur des échantillons orientés provenant de la structure du lac Mac Gillivray. Ils furent prélevés sur les rivages NE de ce lac dans un secteur où la foliation est orientée N30 avec un pendage moyen de 30° vers le SE.

Sur chacun des échantillons deux lames minces furent taillées, chacune perpendiculairement à un des axes déterminés, soit NE-SW et NW-SE. Les diagrammes* présentés sont les synthèses des mesures faites sur chacune de ces lames.

Cette étude de Petrographic comporte des mesures d'orientation de plans (plan 001 des biotites) et de lignes (axe d'allongement des quartz). 200 mesures ont été faites pour chacun des diagrammes.

* Nous utilisons les diagrammes stéréographiques équatoriaux de SCHMIDT avec projection sur l'hémisphère supérieur.

1) Diagramme des biotites

Sur ce diagramme on observe en premier lieu une forte concentration de points qui indique un plissement d'orientation moyenne N40 et N50 pour un plongement à peu près nul. Il est certain que nous devrions avoir un grand cercle complet admettant cette valeur pour axe. Le demi-cercle est dû au fait que l'échantillon prélevé ne possède pas de micropli d'orientation N50 et les biotites ont une orientation moyenne très proche de la foliation c'est-à-dire N30-30SE.

En second lieu nous avons une dispersion de ces biotites qui dessinent alors un grand cercle qui admet un axe N132-10 NW. Nous avons là un second stade de plissement qui déforme les lits de biotite, comme le montre ci-dessous la lame mince P7-21 (fig. n° 25), mais ne provoque pas de recristallisation de celles-ci. (Diagramme planche n° 17).



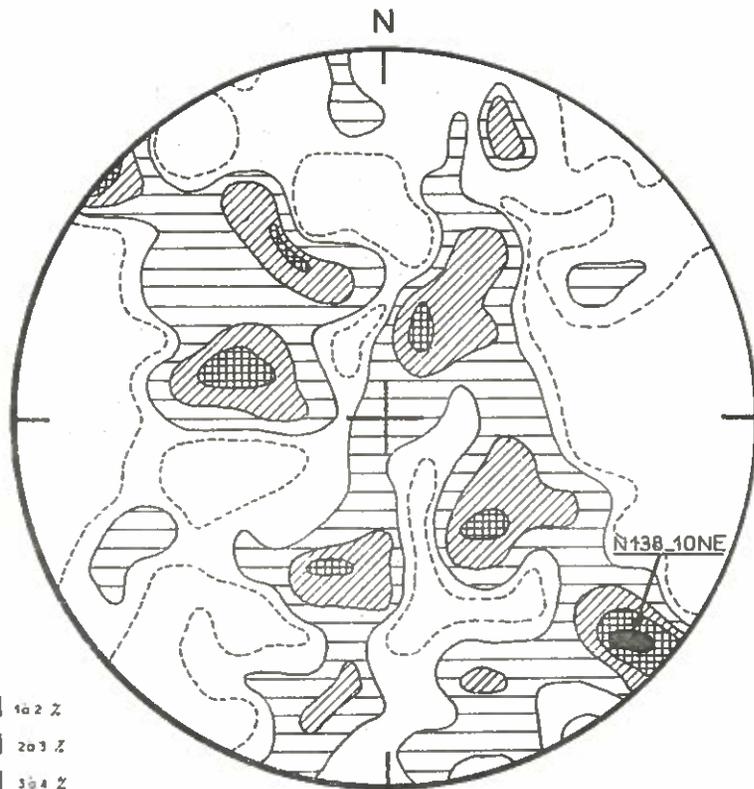
2) Diagramme des quartz fig. n° 25

Nous constatons une forte dispersion des axes d'allongement des quartz, dispersion qui indique qu'il y a eu recristallisation partielle de ceux-ci à chacune des phases tectoniques qu'a subi la série métamorphique.

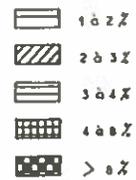
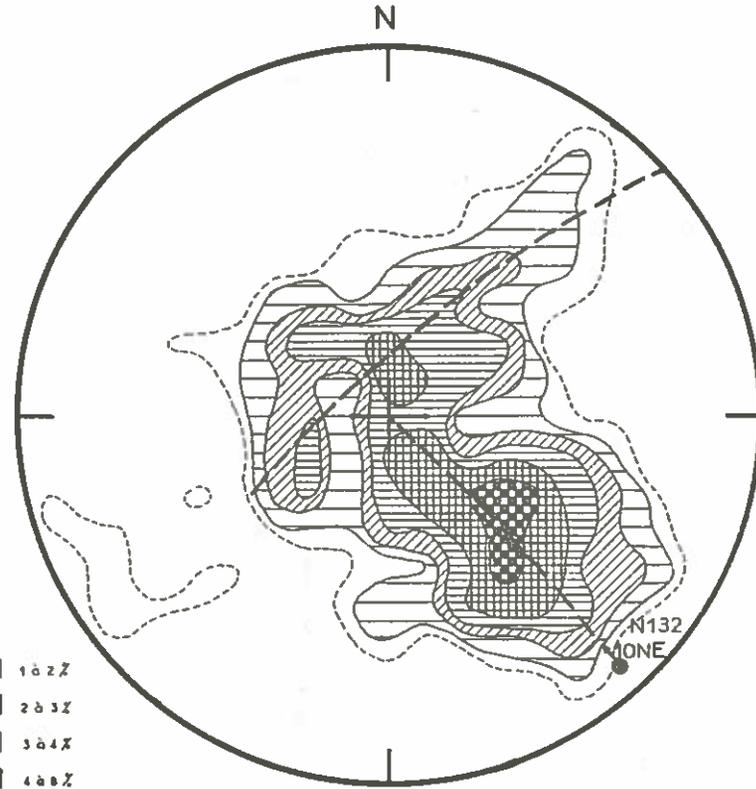
Nous n'avons en fait qu'un pôle bien marqué de valeur N138-10NE qui correspond au dernier plissement au cours duquel ont recristallisé les quartz porphyroblastiques. Il faut noter que la plupart des quartz d'orientation N138 présentent l'extinction par panneau ce qui peut expliquer la dispersion des plongements observés dans ce cas. Il est à peu près certain que dans des quartz l'axe d'allongement de direction N138 présente un pendage progressif depuis NW à une extrémité jusqu'à SE à l'autre extrémité.

DIAGRAMMES DE 'PETROFABRIC'

PLANCHE n° 17



AXES (Z) DES QUARTZ



PLANS (001) DES BIOTITES

Diagrammes de SCHMIDT

Il serait peut-être possible de voir un enroulement de vieux quartz d'orientation N30 autour de cet axe N138. Mais, étant donné la dispersion, il est très hasardeux de vouloir affirmer une telle chose.

3) Conclusions

Nous avons une fois de plus, avec cette méthode, observé deux plissements successifs :

N40-00 le plus ancien que nous puissions déterminer

N130-10 NE le plus récent.

Il est indéniable que le plissement N40-00 a orienté une première fois les biotites mais il n'est pas certain que ce plissement soit la cause de leur cristallisation.

Le dernier plissement a une fois de plus déformé les plans de biotite sans aucune recristallisation.

Par contre à chacun des événements les quartz ont eu la possibilité de recristalliser ce qui confirme le fait que ceux-ci cristallisent très aisément dans tous les cas.

IV - CONCLUSION

Après avoir exposé les résultats concernant l'architecture de la région, obtenus par des méthodes très diverses (interprétations de la carte aéromagnétique, de la carte photogéologique, des données de terrain, de l'analyse structurale et de pétrofabric) il convient d'en faire la synthèse. Il est remarquable de constater d'une part l'absence de résultats contradictoires et d'autre part la complémentarité des méthodes les unes par rapport aux autres. On peut donc souhaiter que pour les nombreuses études restant à effectuer sur le bouclier canadien il soit fait appel de façon systématique à toutes ces méthodes, et de façon plus intensive à celles de l'analyse structurale.

On a été amené à proposer la succession chronologique suivante des événements tectoniques dont la région a été le siège.

- Dans un premier temps s'est produit un plissement d'axe N90. Le métamorphisme général majeur semble l'avoir précédé mais il a dû se poursuivre durant cette phase comme en témoignent les linéations mesurées autour du lac Mac Gillivray. Toujours est-il que les traces de cette phase tectonique ont été bien souvent oblitérées par les événements ultérieurs.

- Dans un deuxième temps s'est produit un plissement d'axe N40 à N60. Les traces en sont nettement discernables aussi bien sur les cartes

aéromagnétique et photogéologique que sur les diagrammes de foliation. Il s'accompagne d'une recristallisation partielle du quartz et d'une déformation (avec ou sans recristallisation ?) des lits micacés.

- Dans un troisième temps s'est effectué un plissement d'axe N130 à N150 dont les traces sont particulièrement nettes puisque c'est le dernier. Il ne semble pas s'être accompagné que d'une recristallisation partielle du quartz. Toutefois il n'est pas impossible que ce soit au cours de cette dernière phase tectonique que se sont effectués séricitisation (s. lat.) des plagioclases et chloritisation des biotites.

- L'évènement tectonique le plus récent est à caractère purement cassant. Il s'agit des failles de direction proche de E-W qui sont responsables de l'effondrement de la plaine d'Ottawa et le long desquelles ont pu se mettre en place des filons de dolérites. Leur âge est postpaléozoïque.

Cette reconstitution de l'histoire tectonique de la région du lac Mac Gillivray doit être considérée comme une ébauche assez sommaire. Elle peut quand même servir de canevas pour les études ultérieures.

CHAPITRE VI

AGES RADIOMETRIQUES

Dans le premier chapitre de ce mémoire nous avons souligné les difficultés rencontrées par les géologues travaillant sur le bouclier précambrien canadien pour établir des subdivisions valables et reconstituer son histoire du point de vue stratigraphique, métamorphique et tectonique. Mais nous avons dit qu'à partir des environs de 1950 s'était peu à peu élaborée, grâce à l'emploi de méthodes géochronologiques et l'interprétation d'un très grand nombre d'âges radiométriques ainsi calculés, une nouvelle classification de nature orogénique qui paraît de plus en plus pouvoir s'appliquer à la totalité de l'immense bouclier au NE de l'Amérique du Nord.

Nous ne tiendrons compte ici que des âges obtenus d'une part sur diverses formations de la partie SW de la province de Grenville (planche n° 18) et publiés par la Commission Géologique du Canada, d'autre part sur quatre échantillons de biotite extraits de pegmatites situées sur notre terrain d'étude, âges obtenus au laboratoire de géochronologie de Clermont-Ferrand et non encore publiés.

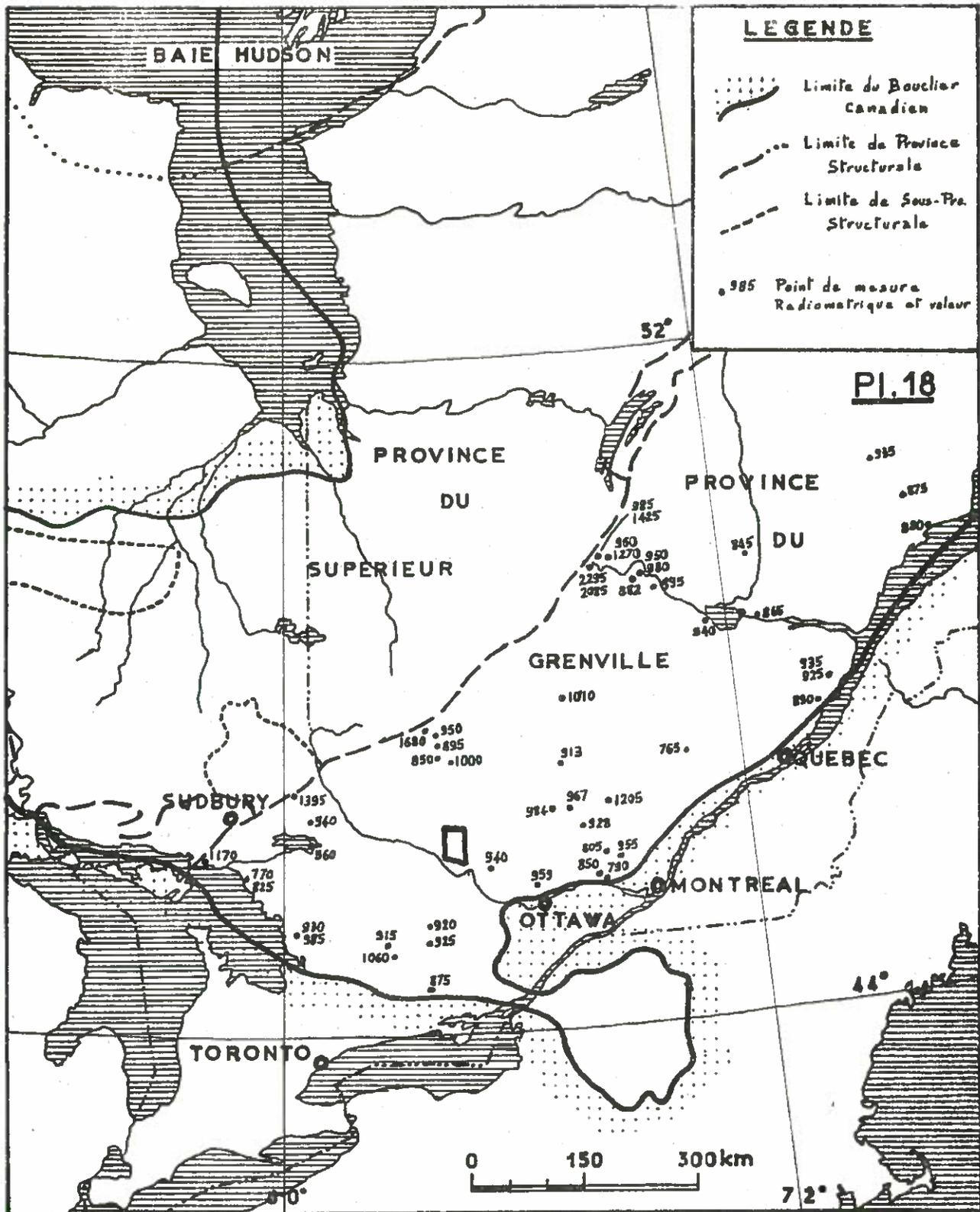
I - MESURES DE LA COMMISSION GEOLOGIQUE DU CANADA

La Commission Géologique du Canada (Geological Survey) avait publié en 1967 (Paper 66-17) 1146 mesures d'âge se rapportant à des roches disséminées sur toutes les provinces du Canada.

Tous ces âges furent obtenus en utilisant la méthode K_{40}/Ar_{40} essentiellement sur des biotites et accessoirement sur des muscovites, des lépidolites ou des roches totales. Tous les détails des principes et des techniques employés sont donnés dans les articles publiés par le "Geological Survey of Canada" dans sa série de "Papers" allant de 61-17 à 66-17. On peut citer en particulier la note de R. K. WANCESS, R. D. STEVENS, G. R. LACHANCE et R. Y. H. RIMSALT, 1964-1967.

Sur la planche n° 18 n'ont été reportés que les âges obtenus entre les Grands Lacs au SW et le lac St Jean au NE. On note qu'ils varient entre deux valeurs extrêmes isolées (560 M. A., âge obtenu sur une carbonatite intrusive et 2 295 M. A., datation effectuée sur une granodiorite à proximité du Front de Grenville). En fait la majorité des âges se répartit entre 850 M. A. et 1 000 M. A., comme l'indique bien la courbe de répartition de la planche n° 19, avec deux pics (relatifs) vers 900 et 950 M. A.

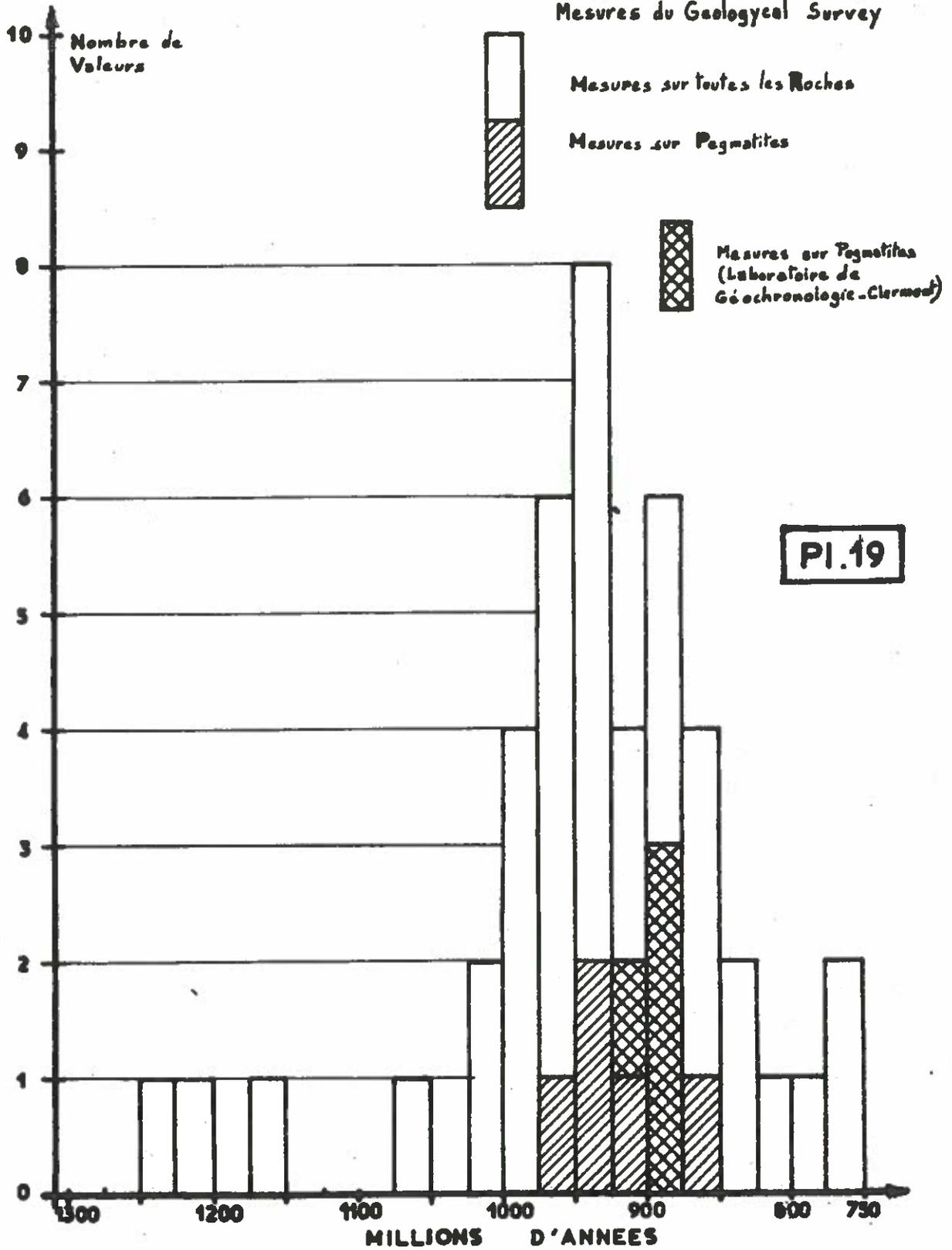
Il est remarquable que ces âges, affectent des roches très variées (gneiss, granodiorites, anorthosites, pegmatites, etc.) et se répartissent sur une superficie considérable, de l'ordre de 150 000 km² depuis les



CARTE DES AGES RADIOMETRIQUES (K/Ar)
(Geological Survey of Canada 1967)

COURBE DE REPARTITION DES AGES RADIOMETR.

Mesures du Geological Survey



Grands Lacs jusqu'à l'Atlantique. Il est ainsi indéniable qu'entre 850 et 1 000 M. A. s'est produit un phénomène géologique très important, dont la nature exacte peut prêter à discussion. En effet plusieurs hypothèses sont envisageables :

- il peut s'agir soit de la phase métamorphique finale, soit de la phase de surrection d'un cycle orogénique complet en l'occurrence le cycle grenvillien, compris entre 1 650 M. A. et 900 M. A. ;

- il peut s'agir également d'un vieux matériel affecté déjà par une ancienne orogénèse, kénoramienne (2 500 M. A.) ou hudsonienne (1 650 M. A.), mais affecté par un rajeunissement. Ce rajeunissement pourrait être dû soit à une réactivation tectonique dans le sens envisagé par W. Q. KENNEDY, 1964 et Gr. ROCCI, 1964, 1965, soit à une activité magmatique, par exemple, mise en place des complexes anorthosiques dont certains ont été datés de 850 M. A. - 955 M. A., soit à la montée d'un flux thermique lié à une orogénèse dont le matériel déposé, métamorphisé, et plissé aurait été décapé par l'érosion.

En ce qui concerne la région du lac Mac Gillivray, les caractères pétrographiques et structuraux des schistes cristallins qui la constituent, nous incitent à penser que ceux-ci appartiennent à un seul et même cycle, le cycle grenvillien lequel aurait comporté diverses phases plus ou moins importantes de métamorphisme et de déformation.

II - MESURES NOUVELLES DU LABORATOIRE DE GEOCHRONOLOGIE DE CLERMONT-FERRAND

Yves VIALETTE (laboratoire de géochronologie de l'Université de Clermont-Ferrand) a bien voulu effectuer quatre mesures, par la méthode Rb/Sr, sur des biotites extraites de pegmatites recoupant les gneiss de la région du lac Mac Gillivray.

1) Méthode utilisée : les détails sur les principes de la méthode Rb/Sr et les techniques de mesures utilisées à Clermont-Ferrand sont donnés dans plusieurs articles et thèses de doctorat d'Etat parus dans la série Géologie et Minéralogie des Annales de la Faculté des Sciences de Clermont Ferrand (numéros 5, 6, 25, 26, 36).

2) Résultats des mesures : nous donnerons pour les quatre échantillons de biotite sur lesquels ont été dosés Rb87, Sr87 et Sr moderne, leur coordonnées, les caractères pétrographiques et géométriques des pegmatites et les résultats communiqués par Y. VIALETTE.

Les lames de biotite furent d'abord extraites et triées sur le terrain et mises en sacs étanches. Au laboratoire de Grenoble un tri manuel fut

opéré. Puis les biotites furent broyées dans un mortier en corindon. Enfin elles furent purifiées par deux passages, à deux jours d'intervalle, au séparateur magnétique Franz.

F31 : pematite du lac Mac Gillivray

x = 77° 05'80" Ouest

y = 46° 05'15" Nord

Direction : N85°. Pendage vertical. Puissance variable, sur 20 m de direction, varie de 50 cm à 1 m. Epontes peu nettes.

(D. S. - 2665*)

Teneur en Rb = 806 microgrammes/gramme de biotite

" 87 Sr = 3,058

" en Sr moderne = 29,31

Age = 894 M. A.

P32-2a = pegmatite du lac brûlé

x = 77°05'80"

y = 46°05'25"

Direction : N84°. Pendage vertical.

Il s'agit de tout un réseau filonien de 2 cm à 10 cm de puissance chacun. Les filonnets à épontes nettes sont parallèles entre eux.

(D. S. 2666)

Teneur en Rb = 545 microgrammes/gramme de biotite

" 87 Sr = 2,022

" en Sr moderne = 11,86

Age = 878 M. A.

P43-4 : pegmatite du lac à la roche

x = 77°10'40"

y = 46°00'80"

Direction : N44°. Pendage non mesurable.

Une seule éponte fut observée, l'autre étant sous la végétation.

Puissance supérieure à 1,50 m.

(D. S. 2667)

Teneur en Rb = 1112 microgrammes/gramme de biotite

" 87 Sr = 4,284

" en Sr moderne = 15,13

Age = 917 M. A.

P43-5 : pegmatite du lac à la roche

x = 77°10'60"

y = 46°00'80"

Direction : N144°. Pendage 70NE. Epontes nettes. Se suit sur 4 m avec une puissance de 30-50cm.

* Numéro de référence du laboratoire de Géochronologie de Clermont-Ferrand.

(D. S. 2668)

Teneur en Rb = 661 microgrammes/gramme de biotite

" 87 Sr = 2,481

" en Sr moderne = 11,57

Age = 893 M. A.

Chaque détermination a fait l'objet de deux mesures sur deux attaques chimiques distinctes. La précision obtenue sur la valeur des âges est très bonne puisqu'elle est de l'ordre de 2 %.

3) Interprétation des mesures sur les pegmatites

On constate d'abord que les quatre âges fournis par le laboratoire de Clermont-Ferrand sont du même ordre de grandeur que ceux du laboratoire d'Ottawa (voir planche n° 19) pour des pegmatites très éloignées de celles de notre région. La concordance est d'autant plus remarquable que les méthodes utilisées sont différentes.

On peut donc avancer que ces pegmatites se sont mises en place vers 900 M. A., c'est-à-dire lors de l'orogénèse grenvillienne, et semble-t-il un peu après un phénomène majeur produit aux environs de 950 M. A. Pour la région du lac Mac Gillivray il n'a pas été possible d'individualiser deux venues pegmatitiques comme la courbe de répartition des âges semblait le suggérer, à savoir 850 et 930 M. A.

En fait d'après les huit mesures dont nous disposons sur les pegmatites de la partie SW de la province de Grenville, leur mise en place a dû s'échelonner entre 975 et 850 M. A. Cet étalement est peut-être dû aux erreurs des deux méthodes utilisées (de l'ordre de 5 à 10 %) mais il n'est pas interdit d'émettre l'hypothèse qu'il traduit une certaine réalité géologique. On peut envisager que la constitution, lors d'un phénomène anatectique régional, d'un matériel pegmatitique mobile et sa mise en place à la faveur de cassures ou de plans de foliation, soit n'aient pas eu lieu exactement en même temps sur toute l'étendue de la province de Grenville, soit se soient effectuées en plusieurs "pulsations" successives. D'après les caractères relevés sur le terrain c'est cette dernière hypothèse qui apparaît la plus vraisemblable.

III- CONCLUSION

D'après les divers âges radiométriques dont nous disposons à l'heure actuelle on peut avancer que les formations constituant la région du lac Mac Gillivray ont été englobées vers 900 M. A. dans un phénomène géologique d'une importance considérable mais dont la nature exacte n'est pas encore bien établie. Pour notre part l'hypothèse qui paraît s'accorder le mieux avec les observations pétrographiques et structurales est celle de la sur-recton d'une chaîne de montagnes dont l'élaboration a débuté après l'oro-

genèse hudsonienne de 1 650 M. A. , surrection qui s'est accompagnée de la mise en place d'un matériel pegmatitique, produit final de l'activité thermique et dynamique du cycle orogénique grenvillien.

Il n'est évidemment pas impossible qu'au sein de ces formations déposées, métamorphisées et plissées entre 1 650 et 950 M. A. subsistent des fragments de chaînes plus anciennes, mais rien ne permet de l'affirmer. Il serait nécessaire, pour contrôler cette hypothèse de pratiquer un grand nombre de mesures géochronologiques en utilisant de façon simultanée plusieurs méthodes sur différents minéraux extraits des faciès pétrographiques caractéristiques et de poursuivre les études structurales permettant de faire l'inventaire et la chronologie relative des diverses phases tectoniques.

CHAPITRE VII

CONCLUSIONS GENERALES

Au terme de cette étude consacrée à la géologie de la région du lac Mac Gillivray il convient d'en faire à la fois un résumé et une synthèse. Mais au préalable il a paru utile de consacrer un paragraphe aux méthodes qui ont été utilisées et qui ont permis d'arriver aux résultats donnés dans les précédents chapitres.

I - METHODES MISES EN OEUVRE

L'inventaire géologique d'une région comme celle du lac Mac Gillivray dont le sous-sol est constitué de formations cristallophylliennes précambriennes et dont le recouvrement morainique et végétal est important pose de nombreux problèmes et nécessite l'emploi conjugué de diverses méthodes d'investigation.

Au départ le Ministère des Richesses Naturelles avait fourni les cartes topographiques, les photos aériennes dont une première interprétation avait été faite avant la campagne de terrain et aussi la carte aéromagnétique au 1/63 360 (1 pouce au mille). Ces documents ont permis de dégager les grands traits structuraux de la région qui ont constitué ainsi le schéma directeur de l'exploration au sol. Celle-ci fut menée de façon classique le long des pistes forestières ou des rivières, sur les berges des lacs très nombreux et aussi par "traverses" en pleine forêt. A côté de l'examen pétrographique des affleurements et de l'échantillonnage, un intérêt particulier fut porté aux caractères structuraux par mesure systématique des éléments géométriques et localement par prélèvements de roches orientées.

Au laboratoire il fut fait appel aux techniques micrographiques, structurologiques, chimiques et radiocristallographiques. Le tri de biotites sur quatre échantillons de pegmatite fut exécuté pour permettre au laboratoire de Géochronologie de Clermont-Ferrand de procéder aux mesures d'âge par la méthode Rb/Sr.

Les multiples données très disparates ainsi rassemblées, valables à des échelles différentes furent confrontées et la synthèse qui en a été tentée fait l'objet de ce mémoire. Il semble qu'on doive insister tout particulièrement sur la "rentabilité" de l'emploi simultané pour la compréhension structurale des formations cristallophylliennes précambriennes, des méthodes photogéologiques, aéromagnétiques, d'analyse structurale et de structurologie.

Et il est satisfaisant de constater que les divers résultats ainsi obtenus ne se contredisent pas entre eux, mais au contraire s'intègrent parfaitement

pour donner une idée, encore approchée, de l'évolution tectonique de la région.

II - HISTOIRE GEOLOGIQUE DE LA REGION DU LAC MAC GILLIVRAY

Il convient ici de tracer un tableau de la suite des divers évènements géologiques qui ont marqué la région en reprenant les conclusions partielles avancées dans les chapitres précédents.

1) La sédimentation originelle

Bien qu'il soit souvent osé de se prononcer sur l'origine exacte des schistes cristallins il semble quasi certain que ceux de notre région d'étude sont d'origine essentiellement sédimentaire. Leur débit en bancs très régulièrement superposés, les variations de faciès pétrographiques très semblables à celles observées dans les séries sédimentaires et les caractères pétrochimiques mis en évidence constituent à notre avis de solides arguments en faveur du caractère para des diverses variétés de gneiss, des leptynites et de certaines amphibolites.

La série sédimentaire primitive était représentée surtout par des schistes argileux renfermant entre 20 et 50 % de carbonate et accessoirement par des grès fréquemment arkosiques et pauvres en ciment argileux ou calcaréo argileux. Seuls quelques rares affleurements de pyroxénites et de métagabbros témoignent d'une activité magmatique très réduite.

L'originalité de la sédimentation semble tenir aux caractères suivants : teneur moyenne en quartz élevée, teneur en Al_2O_3 relativement faible et grande fréquence des roches riches en feldspath potassique. Ainsi il semble s'agir d'une série sédimentaire d'origine marine, peu profonde et qu'en conséquence le "socle" sur lequel elle s'est déposée ne doit pas être très éloigné de la surface topographique actuelle. Cette présence sous-jacente proche s'individualiserait au Sud de l'importante anomalie magnétique "négative" E-W qui ressort nettement (planche n° 8).

Il n'est évidemment pas impossible que des fragments de ce "socle" aient été incorporés sous forme d'écaillés dans cette série, mais rien ne permet de l'affirmer. Seules les quelques roches à caractère charnockitique, trouvées localement, et dont la signification n'est pas claire pourraient en être des lambeaux.

2) Le métamorphisme général

S'il apparaît évident que la série sédimentaire a subi un métamorphisme général il n'est pas possible de dire si celui-ci est de type Abukuma (basses pressions, hautes températures) ou de type Barrow (hautes pressions, basses températures) ou de type intermédiaire. La raison essentielle est que les faciès primitifs étaient trop pauvres en Al_2O_3 pour permettre la cristallisa-

tion de certains minéraux caractéristiques.

Le degré de ce métamorphisme général est, dans la classification de J. JUNG et M. ROQUES celui de la zone des gneiss inférieurs, et dans la classification en faciès métamorphique et subfaciès (P. ESKOLA, TURNER, H. G. F. WINKLER) soit celui du subfaciès sillimanite-almandin-orthose du faciès amphibolite à almandin s'il s'agit d'un métamorphisme de type Barrow, soit celui du subfaciès sillimanite-cordiérite-muscovite du faciès amphibolite-cordiérite s'il s'agit d'un métamorphisme de type Abukuma.

En effet les principales paragenèses observées sont les suivantes :

- quartz-plagioclase-(microcline)-biotite-(almandin)-(muscovite)
- quartz-plagioclase- (microcline)-biotite-hornblende-(almandin)-(muscovite)
- (quartz)-plagioclase-(almandin)-hornblende-(diopside)

Une étude radiocristallographique en cours sur les grenats permettra sans doute d'en connaître les caractères chimiques exacts et de préciser les conditions thermodynamiques de leur cristallisation.

A côté de ce métamorphisme général, topochimique on note les traces d'une amorce d'anatexie, postérieure aux néogenèses principales, qui se manifeste par la recristallisation partielle du quartz et le développement "envahissant" de deux types de feldspath potassique qui pseudomorphosent les plagioclases formés initialement. Ce phénomène ne nous paraît pas avoir nécessité aucun rapport extérieur. Il peut s'expliquer plus simplement par une remise en mouvement au sein même des roches d'une partie du matériel silico-alumino-potassique sous l'effet conjugué d'une augmentation de la température et de la tension.

Ce phénomène d'anatexie différentielle n'est ici qu'amorcé car aucune véritable migmatite n'a été observée. Mais il a dû être plus intense en profondeur car il semble que le matériel pegmatitique mis en place dans les plans de foliation et des cassures en est une manifestation directe.

3) L'évolution tectonique

L'interprétation des cartes aéromagnétique et photogéologique et des divers diagrammes (de foliation, de linéation, de fractures, d'orientation cristallographique) et la confrontation des divers résultats conduisent à retracer la suite chronologique des divers phénomènes tectoniques de la façon suivante.

Un premier plissement dont les traces n'ont été décelées qu'autour du lac Mac Gillivray et dont l'orientation était E-W semble avoir accompagné la fin du métamorphisme général topochimique, lequel serait donc pour l'essentiel antétectonique.

Dans un deuxième temps s'est produit un plissement d'axe NE-SW bien visible sur les cartes aéromagnétique, photogéologique et sur les diagram-

mes de foliation.

Dans un troisième temps un plissement à peu près orthogonal au précédent, soit NW-SE, particulièrement bien visible puisque c'est le dernier, reprend les structures déjà existantes. Il en résulte en particulier la formation de nombreux dômes et l'allure incurvée si caractéristique de l'antiforme du lac Mac Gillivray. Cette phase s'est accompagnée en outre de la recristallisation partielle du quartz et du feldspath potassique, et aussi très certainement de la mise en place des pegmatites à éponges diffuses, orientées NE-SW et NW-SE. Et ce serait durant cette phase que se serait produite, en profondeur, l'anatexie différentielle.

Après ce plissement qui s'accompagne déjà de phénomènes cassants (joints de distension parallèles et orthogonaux à l'axe b et le long desquels se sont mises en place les pegmatites), du fait sans doute d'une diminution de la charge, la région n'est plus affectée que par des fractures.

Celles orientées N-S, paraissent suivre de très près le dernier plissement car elles ont servi de piège à des pegmatites potassiques à allanite, à éponges nettes.

Quant aux cassures E-W, bien visibles sur les photographies aériennes il n'est pas possible de dire si elles se sont toutes produites dans un même temps. En effet le long de certaines d'entre elles se sont mises en place soit des pegmatites calco-sodiques, soit des diabases, tandis que d'autres sont "sèches". Enfin certaines sont responsables de l'effondrement, après le dépôt paléozoïque, de la plaine de l'Ottawa. Il serait donc intéressant de calculer les âges radiométriques des pegmatites calco-sodiques et des diverses diabases pour savoir si elles sont post paléozoïques ou si elles se sont mises en place antérieurement le long de fractures qui auraient rejoué par la suite.

Toujours est-il que les cassures E-W ont été accompagnées (ou suivies) de cassures d'orientation moyenne N30 qui affectent les filons de diabase avec un faible déplacement latéral. C'est le long d'une de ces fractures qu'a pu se mettre en place le filon de pegmatite plagioclasique à sphène observée en un seul point.

4) Datation des phénomènes

Si nous ne disposons pour notre région d'étude que de quatre mesures d'âges radiométriques effectuées par le laboratoire de Géochronologie de Clermont-Ferrand sur des biotites extraites de pegmatites, nous pouvons essayer toutefois de situer les phénomènes géologiques décrits précédemment par rapport aux grands événements que les géologues canadiens ont mis en évidence et ont datés par l'emploi systématique des méthodes géochronologiques.

Notre région s'inscrit d'abord dans la partie SW de la province de Grenville où un phénomène géologique majeur s'est produit vers 900 M. A. Sur la nature exacte de ce phénomène le débat est encore ouvert.

Pour notre part, en ce qui concerne la seule région étudiée, nous sommes partisans de l'hypothèse suivante.

Les schistes cristallins de la région du lac Mac Gillivray appartiennent à un seul et même cycle, le cycle grenvillien, c'est-à-dire qu'il s'agit d'anciens sédiments déposés, métamorphisés et plissés entre 1 650 M. A. et 900 M. A. En effet, bien que trois phases de plissement aient été reconnues il nous est apparu qu'elles ont du se succéder au cours d'une même orogénèse car du point de vue pétrographique aucune trace de véritable polymorphisme n'a été observé. En outre ce n'est qu'en un point dans les gneiss à pyroxène qu'a été noté un "vieux" filon pegmatitique plissé et recristallisé.

Il n'est certes pas impossible que quelques fragments du socle sur lequel se sont déposés les sédiments originels aient été incorporés à ceux-ci après leur métamorphisme et pendant leur plissement (peut-être les gneiss à pyroxène ?) mais il n'est pas possible de l'affirmer.

Quant à la signification des âges obtenus sur les pegmatites (878, 893, 894 et 917 M. A.) on peut admettre qu'ils datent le dernier plissement, orienté NW-SE, qui a été accompagné de joints de distension cicatrisés par du matériel pegmatitique et qui est responsable de la surrection finale de la chaîne grenvillienne.

Cette thèse de 3e Cycle effectuée par un jeune géologue français sur un terrain bien différent de celui qui a servi de cadre à ses études universitaires n'a pas la prétention de reproduire fidèlement sa constitution fort complexe ni de donner des interprétations définitives sur les divers phénomènes qui s'y sont déroulés.

Elle lui aura surtout permis de mettre en pratique diverses techniques dont certaines toutes nouvelles et de confronter la réalité géologique avec les connaissances théoriques. L'expérience ainsi acquise, dans des conditions parfois pénibles, fut à divers points de vue très fructueuse.



Je Rentrerais bien, si je pouvais!

BIBLIOGRAPHIE

G. S. C. : Geological Survey of Canada

M. R. N. : Ministère des Richesses Naturelles (Québec)

M. M. : Ministère des Mines (Québec)

-
- BERGERON (R.), 1965. - The New York academy of Sciences. Geology and mineral resources of the Labrador Trough.
- BERGERON (R.) et DELAND (A.), 1968. - Exposé sommaire de la géologie du Québec. M. R. N.
- BERTHELSEN (A.), 1960. - Structural study in the pre-cambrian of Western Greenland. Part II : Geology of Tovqussat Nuna-Kjøbenhavn. Bianco lunos bogtrykkeri A/S.
- BLACKADAR (R. G.), . - Basic intrusions of the Queen's Elisabeth islands, district of Franklin. G. S. C. Bul. n°97.
- BLACKADAR (R. G.), . - Geology of Mingo lake Mac Donald island map-area, Baffin island, district of Franklin. G. S. C., mem. 345.
- BOWEN (N. L.), 1956. - The evolution of igneous rocks.
- DEER (W. A.), HOWIE (R. A.) and ZUSSMAN (J.), 1963. - Rock-forming minerals.
- DIMROTH (E.), 1966. - Deformation in the Grenville Province between Gati-neau and Petite Nation rivers, Quebec. N. Jb Miner, Ab. 105
- ELLS (R. W.), 1907. - Report of geology and natural resources of the area included in the Northwest quarter-sheet, number 122 of the Ontario and Quebec series compressing portions of the countries of Pontiac Carlton and Renfrew. G. S. C.
- FAESSER (C.), 1962. - Analyse des roches de la province de Québec (compilation). M. N. R., Rapport géologique n° 103
- FRITZ CİRKEĻ (M. E.), 1909. - Report on the Iron deposits along the Ottawa (Quebec side) and Gatineau rivers. Canada, departement of mines, mines branch.
- GIRAUD (P.), 1964. - Essais de classification modale des roches à caractère charnockitique. Bull. du B. R. G. M. n° 4.
- GIRAUD (P.), Les roches à caractère charnockitique de la série d'In Ouzal en Ahaggar (Sahara central) ; essai de nomenclature de séries charnockitiques. XXII Session du Congrès géol. International.
- GIRAUD (P.), 1968. - Note préliminaire sur la série cristallophyllienne d'Ivrée entre les rivières de Sesia et Toce. Bull. suisse de Min. et Pétr., Bund 48, heft 1, rapport scientifique n° 20, symposium "zone Ivrea-Verbanò".
- GREGORY (A. F.), 1960. - Geological interpretation of aerodiometric data. G. S. C., bull. 66
- GREGORY (J. W.) and BARRETT (B. H.), 1925. - Report on the geology of the lake of the Woods region. - Journ. of Geol. vol. 35 p. 141.

- HALL (A. J.), . - The relation between colour and chemical composition in biotite. The American Mineralogist, 6, p. 29
- HARRY (W. T.), 1961. - Gneisses of the Kipawa district, western Quebec, Grenville sub-province of Canadian shield. G.S.C., bull. 64.
- HIETANEN (A.), 1966. - On the facies series in various types of metamorphism. U.S. Geol. Survey, Menlo Park, California.
- JACOBY (R. S.), 1966. - Région du réservoir Baskatong (moitié est). Comté de Labelle et de Montcalm. M. R. N. n° 558
- JUNG (J.), 1963. - Précis de pétrographie.
- JUNG (J.) et BROUSSE (R.), 1959. - Classification modale des roches éruptives utilisant les données fournies par le compteur de points.
- KATZ (M. B.), 1966. - Région de Cousineau-Rolland Comté de Montcalm, de Terrebonne et de Joliette (partie sud du parc du Mont Tremblant). M. R. N., R. P. n° 558.
- KATZ (M. B.), 1965. - Région de Legendre Comté de Montcalm et de Joliette (parc du Mont Tremblant). M. R. N., R. P. n° 541.
- KATZ (M. B.) . - Une partie du Comté de Pontiac. Manuscrit d'un R. P.
- KRETZ (R.), 1959. - Chemical study of garnet, biotite and hornblende from gneisses of southwestern Quebec, with emphasis on distribution of elements in coexisting minerals. Jour. of Geol., vol. 67, p. 371.
- KRETZ (R.), 1960. - The distribution of certain elements among coexisting calcic pyroxenes, calcic amphiboles, and biotites in skarns. Geochim. and Cosmochim. Acta Journ. of Geol. vol. 20, p. 161.
- KRETZ (R.), 1961. - Some applications of thermodynamics to coexisting minerals of variable composition. Examples: orthopyroxene-clinopyroxene and orthopyroxene-garnet. Journ. of Geol., vol. 69, p. 361.
- LANDES (K. K.), 1933. - Origine and classification of pegmatites. The American Mineralogist, vol. 18, n° 2.
- LAWSON (A. C.), 1966. - The correlation of the pre-cambrian rocks of the region of the Great lakes. University of California, public. vol. 10, n° 1.
- LAWSON (A. C.), 1930. - The classification and correlation of the pre-cambrian rocks. Univ. of California, public. vol. 19 n° 11.
- LEECH (G. B.), LOWDON (J. A.), STOCKWELL (C. H.) et al., 1963. - Age determinations and geological studies (including isotopic ages - Report 4). G. S. C. paper 63-17.
- LOWDON (J. A.), 1961. - Age determinations by the geological survey of Canada report 2 isotopic ages. G. S. C. paper 61-17.
- LOWDON (J. A.), STOCKWELL (C. H.), TIPPER (H. W.) et al., 1963. - Age determinations and geological studies (including isotopic ages - report 3).

- LOGAN (W. E.), 1847. - Exploration géologique du Canada. Rapport de progrès pour l'année 1845-46.
- OSBORNE (F. F.), 1934. - The Chatam-Grenville composite stock, Quebec. The Transaction of the Royal Société of Canada, vol. XXVIII, section IV.
- OSBORNE (F. F.), 1944. - Region de l'île Calumet Comté de Pontiac. M. M. rapport géologique 18.
- PARRAS (K.), 1958. - On the charnockites in the light of a highly metamorphic rock complex in southwestern Finland. Bull. Com. géol. Finlande, Helsinki, n° 181.
- PETTIJOHN (F. J.), 1949. - Sedimentary rocks.
- QUIRKE (T. T.), 1924. - Correlation of Huronian and Grenville rocks. Jour. of Geol., vol. 32, p. 316.
- RILEY (G. C.), 1960. - Petrology of the gneisses of Cumberland sound, Baffin island, Northwest Territories. G. S. C. , bul. 61.
- ROUBAULT (M.), 1963. - Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant.
- SEDERHOLM (J. J.), . - On migmatite and associated pre-cambrian rocks of Southwestern Finland. Bull. Com. géol. Finlande
- TEIL (E.), Präkambrium. Stratigraphische geologie, B. D. XIII.
- TRÖGER (W. E.), Optische Bestimmung der gesteinsbildenden mineral. Teil 1, Bestimmungstabellen.
- TURNER (F. J.), 1948. - Mineral and structural evolution of the metamorphic rocks. - The geol. Soc. of America, mem. 30
- TURNER (F. J.) and VERHOOGEN (J.), 1960. - Igneous and metamorphic petrology.
- TURNER (F. J.) and WEISS (L. E.), 1963. - Structural analysis of metamorphic tectonites.
- VENNOR (H. G.), 1876-77. - Rapport progressif des explorations et études faites durant les années 1875 et 1876 dans les comtés de Renfrew, Pontiac et Ottawa. Rapport géol. Canada.
- VIALETTE (Y.), 1962. - Contribution à l'étude géochronologique par la méthode au strontium des principaux massifs de granites et de migmatites du Massif Central français. Thèse doc. ès Sc. nat. Fac. de Clermont-Ferrand.
- VIALON (P.), 1965. - Travaux pratiques de Minéralogie et Pétrographie. Détermination des minéraux en lames minces.
- VIALON (P.), 1955. - Méthode de l'analyse structurale. Application à la géologie alpine. Thèse doc. ès Sc. nat. Fac. Grenoble (deuxième sujet).
- WILLIAMS (H.), TURNER (F. J.) and GILBERT (C. M.), 1955. - Petrography and introduction to the study of rocks in thin sections.
- WILSON (M. E.), 1965. - The precambrian of Canada : the canadian shield.

- WANLESS (R. K.), STEVENS (R. D.), LACHANCE (G. R.) et al., 1964. -
Age determinations and geological studies isotopic
ages, report 5. G.S.C., paper 64-17.
- WANLESS (R. K.), STEVENS (R. D.), LACHANCE (G. R.) et al., 1966. -
Age determinations and geological studies K-Ar
isotopic ages, report 7. G.S.C., paper 66-17.
- WINKLER (H. G. F.), 1960. - La genèse du granite et des migmatites
par anatexie. G.P.G.D.
- WINKLER (H. G. F.), 1965. - La genèse des roches métamorphiques.
- WYART (J.), 1945. - Action de l'eau et de solutions potassiques agissant
sous pression sur les différentes formes de silice.
C. R. A. S. Paris, 220.

Vu
Grenoble, le
Le Président de la Thèse
R. BARBIER

Vu
Grenoble le
Le Doyen de la Faculté des Sciences
E. BONNIER

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de
Grenoble

M. NIVEAU