Caractères généraux des roches de facès éclogitique de la zone de Sesia-Lanzo (Alpes italiennes)

Claire Liebaux

▶ **To cite this version:**

Claire Liebaux. Caractères généraux des roches de facès éclogitique de la zone de Sesia-Lanzo (Alpes italiennes). Pétrographie. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 1945. Français. NNT : . tel-00823578

HAL Id: tel-00823578

https://theses.hal.science/tel-00823578

Submitted on 17 May 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.

GEOLOGIE GRENOBLE UJF
D 050 032608 7

LIEBAUX(Cl)

Claire LIEBEAUX

CARACTERES GENERAUX DES ROCHES DU FACIES ECLOGITIQUE DE LA ZONE DE SESIA - LANZO

(ALPES ITALIENNES)

4 JUIN 1976

UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE et MÉDICALE de GRENOBLE
INSTITUT DOLOMIEU
Rue Maurice-Gignoux
38 - GRENOBLE

LABORATOIRE DE PETROGRAPHIE
UNIVERSITE PARIS VI

THESE 3e Cycle - 1975

THESE PRESENTEE A

L'UNIVERSITE DE PARIS VI

POUR L'OBTENTION DU

DOCTORAT DE 3e CYCLE

Spécialité : GEOLOGIE

Mention : PETROGRAPHIE

Par Claire LIEBEAUX

Sujet de Thèse :

CARACTERES GENERAUX DES ROCHES DU FACIES ECLOGITIQUE DE LA ZONE DE SESIA-LANZO (Alpes Italiennes)

Soutenue le : mars 1975, devant la commission composée de :

M.	J. RAVIER	Président
M.	G. GUITARD	Examinateur
M.	B. VELDE	Examinateur
M.	J.-R. KIENAST	Rapporteur
M.	R. MICHEL	Invité

10149333

UNIVERSITÉ ... et MÉDICALE ... GRENOBLE
INSTITUT FOURIER
Rue Maurice Gignoux
38 - GRENOBLE

4 JUIN 1976

AVANT PROPOS

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Pétrographie de l'Université de PARIS VI où Monsieur le Professeur J. RAVIER m'a accueillie ; qu'il trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

Je remercie J.-R. KIENAST qui a dirigé ce travail tout au long de son élaboration.

Je suis reconnaissante à P. SALIOT de m'avoir confié, au début de cette étude, les échantillons qu'il avait prélevés à Sesia-Lanzo, ainsi que leur localisation.

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce mémoire, et plus spécialement Mesdames CHARPENTIER et VITALI, Monsieur BERTHET qui en ont fait l'impression, Monsieur BLEMONT qui a accepté de le relire.

De nombreux conseils toujours utiles m'ont été donnés par C. TRIBOULET et H. SABATIER.

Je ne saurais enfin oublier ceux de mes camarades d'étude qui m'ont si souvent aidée par les discussions constructives que nous avons eues ensemble, les remarques, les critiques qu'ils ont pu me faire et le soutien moral qu'ils m'ont apporté.

INTRODUCTION

Ce travail a pour but l'étude de quelques problèmes posés par les roches éclogitiques de la zone de Sesia-Lanzo, "Alpes-internes".

La première partie comprendra l'étude des relations entre les différentes roches sur le terrain, puis leur étude au microscope ; le chimisme de ces roches et des minéraux qui les composent suivra cet examen.

On essayera ensuite de mettre en évidence les différentes paragenèses, afin de montrer qu'il y a eu une ou plusieurs phases de métamorphisme.

La seconde partie sera consacrée à l'étude des minéraux des différentes roches, et à leur comparaison.

Le chimisme de ces minéraux à l'équilibre ou appartenant à plusieurs phases successives de métamorphisme permettra de montrer, dans un système de représentation choisi, les équilibres et les réactions.

J'étudierai ensuite la distribution de certains éléments pour quelques couples de minéraux à l'équilibre.

Dans la dernière partie, nous essaierons de reconstituer l'histoire métamorphique de la zone de Sesia-Lanzo et d'y établir une zonéographie détaillée.

I - CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE (Fig. 1)

La zone de Sesia-Lanzo s'étend en direction NE-SW, sur une longueur de 90 kilomètres, de la Stura de Lanzo au Sud Ouest, à la vallée de la Mastallone au Nord Est; (Fig.1) la largeur maximum, au niveau du Val Gressoney, est d'une vingtaine de kilomètres environ.

La zone de Sesia-Lanzo est limitée :

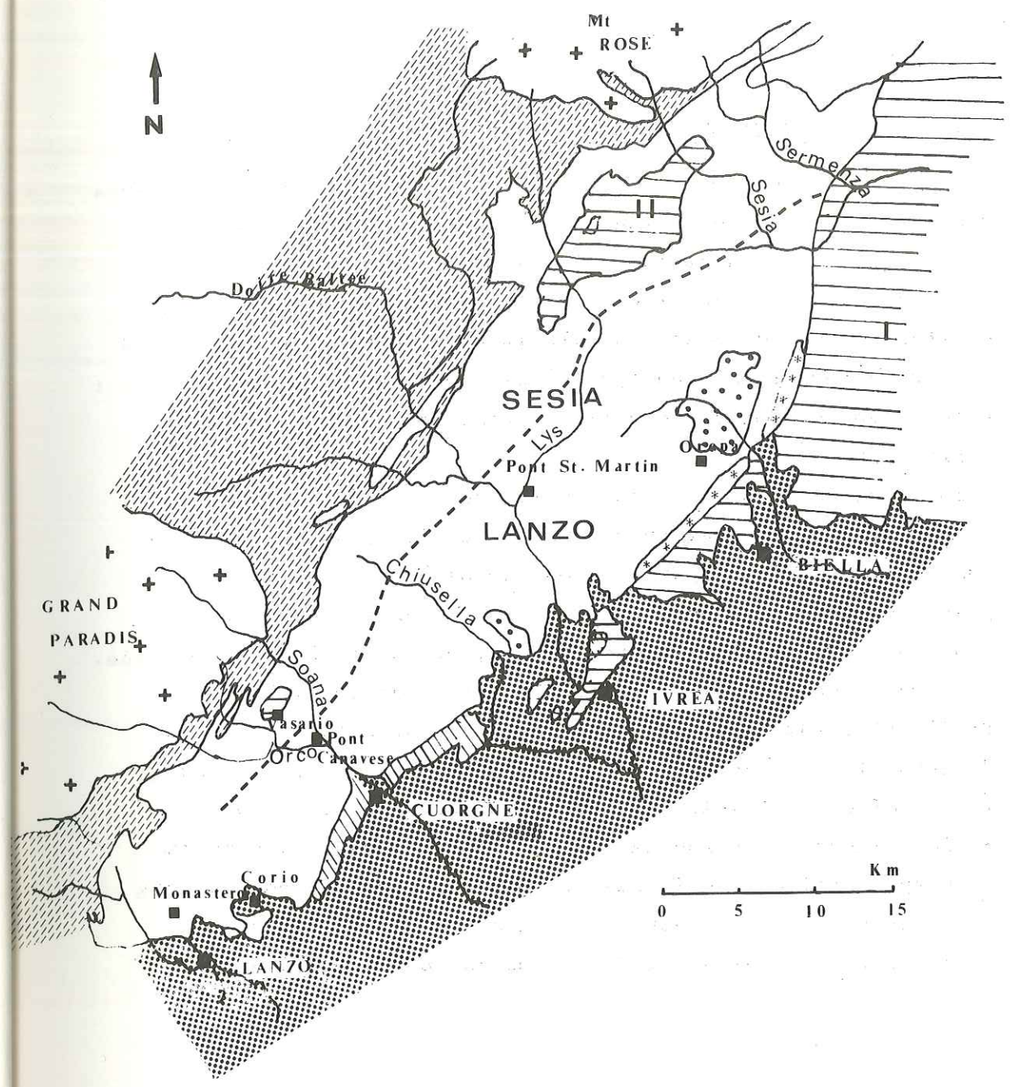
- au NW par le Mont Rose
- au SW par le Grand Paradis et la plaine du Pô
- au NE par la zone du Canavèse puis la zone d'Ivrée.

Elle est entaillée par de nombreuses vallées orientées SE-NW. Du point de vue tectonique, Sesia-Lanzo est interprétée classiquement comme une unité inférieure de l'Austro-Alpin, et comme étant la zone de racine de la Dent-Blanche.

La partie étudiée, celle des "éclogites et des micaschistes éclogitiques", constitue la zone la plus interne de Sesia-Lanzo ; elle se trouve en contact avec la zone d'Ivrée, et domine la plaine du Pô. Ces "micaschistes éclogitiques" sont limités à l'Ouest par les schistes verts, étudiés par D. Lattard (1974). La limite entre ces deux groupes de roches est souvent difficile à observer, car elle peut être progressive, ou encore compliquée par des intercalations tectoniques (comme à Ingria).

II - PROBLEME DE L'AGE DU METAMORPHISME DE HAUTE PRESSION ET BASSE TEMPERATURE

L'âge du métamorphisme de haute pression et de relativement basse température a longtemps été contesté. On a d'abord essayé de se référer à la petite série d'andésite et de trachyandésite de Biella, dans laquelle on a trouvé des blocs de micaschistes éclogitiques (Ahrend, 1969). Cette série était permienne pour les uns ou carbonifère pour les autres (Novarèse, 1943 ; Bianchi et Dal Piaz, 1963 ; Carrero, 1973 ; Viterbo Basani et Blackburn, 1968). Des arguments paléontologiques et radiochronologiques nouveaux semblent établir définitivement l'âge alpin de ce métamorphisme (Dal Piaz, Hunziker, Martinotti, 1972 ; Scheuring et al., 1973) : on a trouvé dans les tufs de Biella une flore tertiaire ; d'autre part, les mesures potassium-argon donnent un âge de 90 à 57 millions d'années pour le métamorphisme à glaucophane de la zone de Sesia-Lanzo. Ultérieurement est intervenue la phase Lépontienne (29 à 33 millions d'années) qui a donné naissance aux schistes verts de la partie occidentale de la zone (D. Lattard. 1974).



Massifs cristallins internes

Intrusions tertiaires

Zone du Canavèse

Zone de Sesia-Lanzo

andesites tertiaires

Alluvions (Plaine du Pô)

Schistes lustrés et ophiolites

Zone d'Ivrée (I), 2ème zone dioritokinzigitique (II), massif de Vasario

limite micaschistes éclogitiques-schistes verts

Fig. 1: SCHEMA GEOLOGIQUE DE LA ZONE DE SESIA-LANZO
d'après Hermann (1937), Dal Piaz, Gosso, Martinotti (1971)

III - DIVISIONS ETABLIES DANS LA SERIE

Depuis longtemps la beauté et la particularité de certaines roches de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo ont attiré l'intérêt des géologues et surtout des pétrographes.

Avant I953, Franchi et Novarèse avaient décrit des micaschistes éclogitiques et des éclogites. R. Michel en I953, dans la partie méridionale de Sesia-Lanzo, décrivait deux ensembles :

- le groupe de Sparone constitué principalement de gneiss albitiques,
- le groupe de Cuorgne avec les micaschistes éclogitiques.

Depuis, on a distingué dans ce dernier groupe (Dal Piaz, Hun ziger, Martinotti, I972) des gneiss à pyroxène et/ou à glaucophane, et des éclogites. C'est la bande orientale, à cause de l'originalité de ses roches, qui a été la plus étudiée.

Des études locales (Viterbo, I96I ; Maffeo, I970, Martinotti, I970), ou purement minéralogiques (Calligari et Viterbo, I966 ; Novarèse, Obnigen et Viterbo, I967 ; Obnigen, I968 ; Kienast et Velde, I970 ; Velde et Kienast, I973 ; Saliot, I968) ou pétrochimiques (Viterbo, Basani, Blackburn, I968) ont précisé le chimisme de cette zone et mis en évidence une zonéographie. Une étude pétrographique a été récemment réalisée par D. Lattard (I974) dans la zone occidentale.

C H A P I T R E I

APERCU GENERAL SUR LES ROCHES ET LE METAMORPHISME DE LA ZONE ECLOGITIQUE :

types de gisements et types de roches

La zone éclogitique est formée principalement de gneiss et de micaschistes, associés à des éclogites et des glaucophanites. Ces roches ne contiennent jamais de reliques de roches sédimentaires ; elles comportent très rarement des structures de roches ignées : je n'en ai trouvé que deux exemples qui seront décrits séparément.

Le premier groupe de roches que j'étudierai est constitué par celles qui ne contiennent pas de reliques ignées. Elles se divisent en fonction de leur teneur en silice, en deux grands groupes.Un premier type où l'on peut constater qu'il existe des roches basiques dont la teneur en silice est à peu près égale à la teneur de la moyenne des basaltes du monde.

Un second type de roches dont les teneurs varient de 60 à 70 % que j'appellerai acide :
- les gneiss, de 60 à 65 %
- les micaschistes, de 65 à 70 %.

Dans le diagramme Ab Q Or, les gneiss se placent au niveau du minimum ternaire (métagranite) (Fig. 2 et 3).

On trouve :1) - Roches basiques :
- Eclogites
- Omphacitites et jadéitites
- Amphibolites à glaucophane
- Grenatites
- Epidotites
- Amphibolites vertes à grenat

2) - Roches acides :
- Gneiss et micaschistes éclogitiques
- Gneiss et micaschistes non-éclogitiques.

3) - Marbres, éventuellement "à minéraux".

Le seconde groupe de roches comprend celles qui contiennent des reliques de structures ignées ; il est représenté par :

1) - Des tufs métamorphiques, possédant des quartz corrodés reliques.
2) - Des porphyres métamorphiques, caractérisés par des vestiges de grands feldspaths perthitiques.

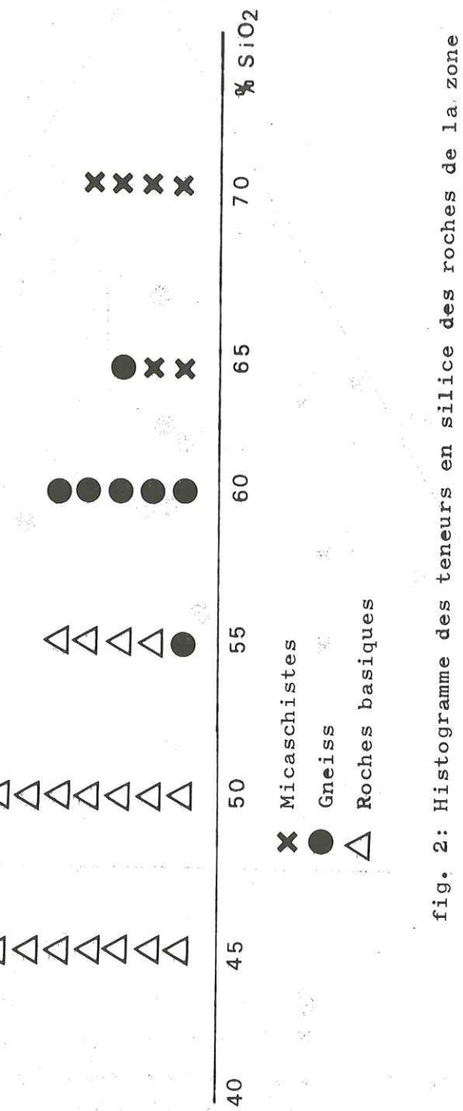
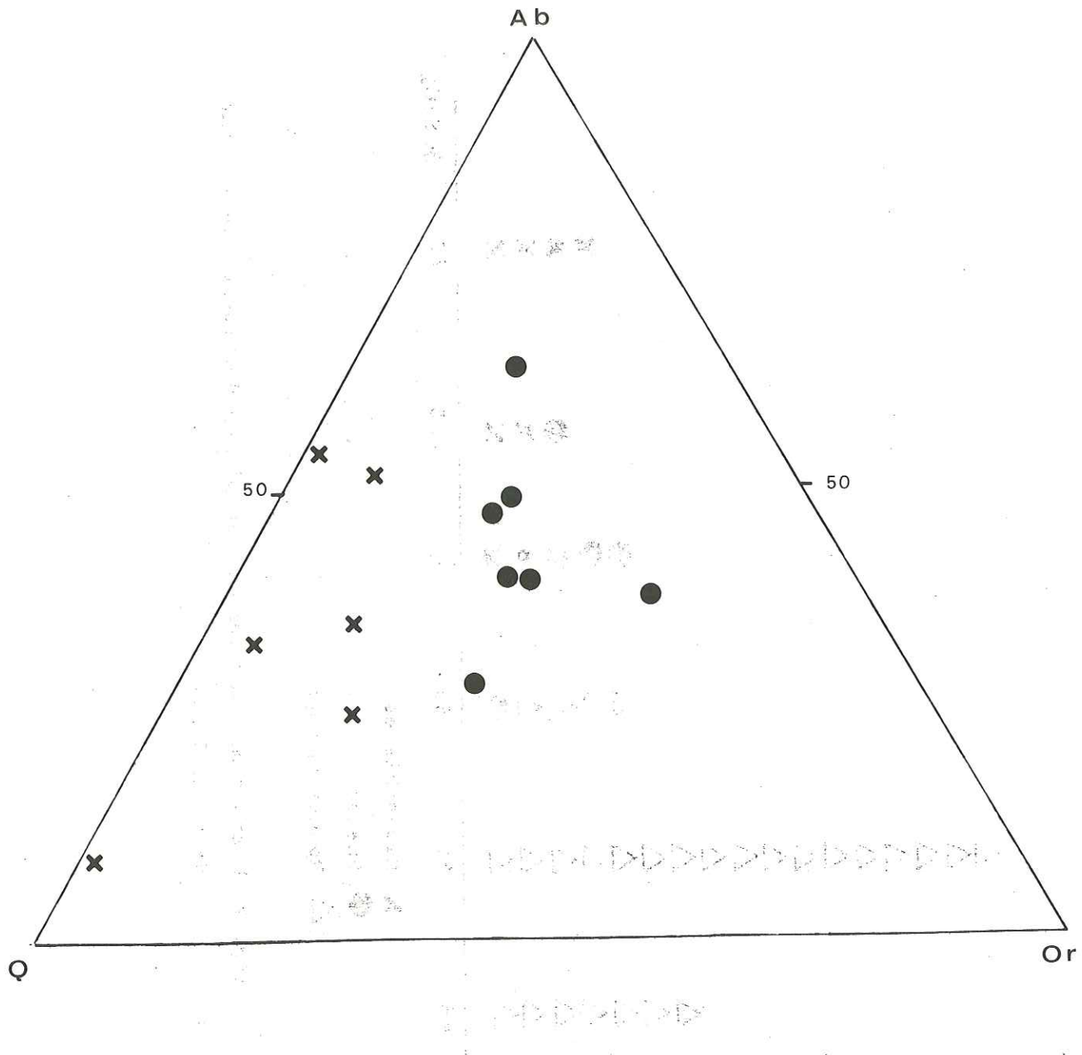


fig. 2: Histogramme des teneurs en silice des roches de la zone de Sesia-Lanzo.



● Gneiss
✖ Micaschistes

fig. 3: Place des gneiss et des micaschistes éclogitiques dans le diagramme Q-Ab-Or.

ROCHES NE CONTENANT PAS DE RELIQUES IGNEES

I - LES ROCHES BASIQUES

1) - Les éclogites

Elles existent tout au long de la zone, soit en nodules (1 cm à quelques m) dans les gneiss et les micaschistes, soit en bancs (de quelques cm à quelques m). Le contact entre les nodules et l'encaissant est toujours très net ; on observe souvent une zone enrichie en micas blancs à la périphérie des nodules, (Viterbo et al., 1968).

Les vraies éclogites répondant à la définition d'Haüy (1822) sont extrèmement rares ; en effet, on observe généralement, outre le pyroxène vert et le grenat, de la glaucophane, de l'épidote, des micas blancs, un peu de quartz et d'albite.

D'après l'étude microscopique, nous avons distingué deux groupes d'éclogites :

- Les éclogites à pyroxène-grenat-glaucophane à l'équilibre (éclogite à glaucophane primaire),
- Les éclogites où la glaucophane, quand elle existe, est secondaire.

Le plus souvent, la structure de ces éclogites est granoblastique et isogranulaire ; il existe cependant des éclogites où pyroxène, grenat, et éventuellement glaucophane, constituent des symplectites. La taille des minéraux est très variable, et tous les intermédiaires existent entre les éclogites à gros grain (1 cm) et les éclogites à grain fin.

2) - Les omphacitites et les Jadéitites

On passe des éclogites aux omphacitites ou aux jadéitites par un enrichissement progressif en pyroxène par rapport au grenat et éventuellement à la glaucophane. D'après l'étude microscopique et chimique, j'ai distingué deux types :

- les omphacitites
- les jadéitites,

qui se différencient par la nature du pyroxène.

Elles sont présentes tout au long de la zone (les nodules de jadéitite sont cependant inexistants au Nord), mais sont moins fréquentes que les éclogites. Elles possèdent les mèmes types de gisements que celles-ci.

Les omphacitites sont des roches de couleur vert-foncé ; le pyroxène est presque toujours associé à des micas blancs et à des épidotes (zoisite et clinozoisite), avec plus ou moins de quartz et d'albite.

Les jadéitites, elles, sont de couleur vert-grisàtre; elles sont beaucoup plus rares que les omphacitites. Ici aussi, le pyroxène est presque toujours associé à des micas blancs et à des épidotes.

L'un et l'autre type présente rarement un enrichissement en mica blanc à la périphérie des nodules.

3) - Les amphibolites à glaucophane

Tous les intermédiaires existent entre les éclogites à glaucophane et ces amphibolites, qui en dérivent, en quelque sorte, par un enrichissement en glaucophane et un appauvrissement en pyroxène et en grenat. Les amphibolites peuvent ètre soit primaires soit secondaires. Dans le premier cas, elles ont cristallisé en même temps que les éclogites, dont elles se distinguent par leur composition chimique ; elles peuvent comprendre alors, outre la glaucophane, pyroxène, grenat, zoisite, lawsonite, micas blancs, quartz, albite ; les amphibolites secondaires proviennent au contraire de la rétromorphose d'éclogites : le pyroxène et la lawsonite lorsqu'ils existent, n'y sont plus qu'à l'état de reliques.

Les gisements et les structures sont de même type que ceux des roches précédentes.

II - LES ROCHES ACIDES

Ce sont des gneiss et des micaschistes "éclogitiques", c'est à dire contenant en quantité variable les minéraux caractéristiques des éclogites : pyroxène, grenat, ainsi que glaucophane, lawsonite et zoisite.

Ces roches forment des bancs d'épaisseur très variable (de quelques cm à quelques m). On peut, très rarement, aussi observer des nodules de roches acides dans les roches basiques (avant l'Alto Biellese).

III - LES MARBRES

Dans la zone étudiée, les marbres sont assez fréquents. Il existe de nombreuses carrières, exploitées ou abandonnées (Val d'Orco, Val Soana, Quoassolo).

Ces marbres constituent des bancs, d'épaisseur très variable, associées aux roches acides comme aux roches basiques. Ils contiennent souvent des nodules de roches basiques, particulièrement d'omphacitites (Quoassolo).

Les marbres peuvent être purs, mais le plus souvent contiennent des minéraux de métamorphisme : omphacite, grenat, micas, amphiboles, épidotes.

ROCHES CONTENANT DES RELIQUES DE ROCHES IGNEES

I - "TUFS METAMORPHIQUES"

Je ne les ai trouvés qu'en deux endroits, à l'occasion de cette étude. Ils sont intéressants car ils peuvent apporter des renseignements sur l'origine des autres roches de la série.

L'un d'eux forme un banc d'un mètre d'épaisseur dans des gneiss (route de Perloz) ; l'autre est en nodule (50 cm environ) également dans les gneiss (Andrate).

Ces tufs sont de couleur verte, avec une patine rougeâtre ; au microscope, on reconnait une structure de roche volcanique : anciens phénocristaux de quartz plus ou moins corrodés dont certains possédent des formes en virgule; des minéraux de recristallisation (ancienne pâte microlitique ou vitreuse) se détachent sur le fond resté plus fin.

II - "PORPHYRES METAMORPHIQUES"

Ces roches constituent des niveaux de gneiss oeillés associés aux roches acides de la série. Elles ont été étudiées, sous le terme de métagranite, par Compagnoni et Maffeo (1973) dans la région d'Oropa.

Elles sont caractérisées par des porphyroblastes de feldspath alcalin perthitique. Dans la partie Nord de la zone de Sesia-Lanzo (Oropa, route de Campiglia), les exsolutions sont formées d'albite, alors que dans la partie Sud de la zone (route d'Alpette), elles sont constituées de l'assemblage jadéite + quartz (Saliot, communication personnelle). Dans l'un et l'autre cas, le feldspath alcalin possède une auréole d'albite exsolvée.

HISTOIRE METAMORPHIQUE DE LA SERIE : SON POLYPHASAGE

A l'intérieur de tous ces grands groupes de roches, on peut reconnaître l'existence de deux ou trois paragenèses successives.

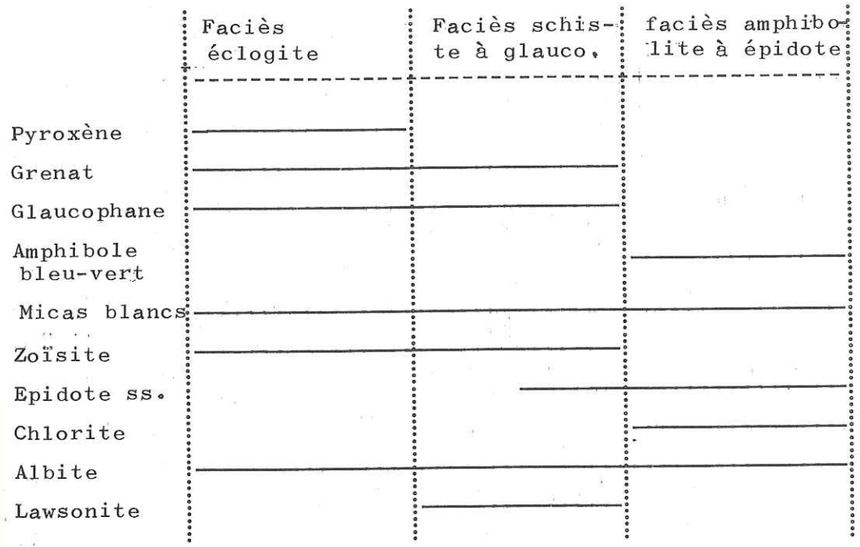
La paragenèse initiale de toutes ces roches correspond aux conditions du faciès éclogite.

Une deuxième paragenèse, fréquemment présente, indique une rétromorphose sous les conditions du faciès schiste à glaucophane (lawsonite).

Enfin, la plupart des roches montrent des recristallisations tardives dans les conditions du faciès amphibolite à épidote.

Les chapitres suivants seront consacrés à l'étude détaillée de ce polyphasage.

Le tableau suivant schématise la répartition des principaux minéraux dans ces différents faciès métamorphiques :



C H A P I T R E I I

DESCRIPTION

DES ROCHES ET DES MINERAUX

LEUR CHIMISME

LES ROCHES BASIQUES

I - LES ECLOGITES

A - DESCRIPTION DES ROCHES

Les minéraux appelés accessoires par Haüy ont presque toujours une certaine importance : glaucophane, micas blancs, épidotes (s.l.), quartz, albite; ainsi avons-nous tenu compte pour classer les éclogites des minéraux primaires à l'équilibre avec pyroxène et grenat. (Coleman et al., I965, Viterbo et al., I968 ; Mottana, I972 ; Smulikovski, I964$_a$) ; c'est pourquoi, on distinguera des éclogites où la glaucophane est primaire, des éclogites sans amphibole en première paragenèse.

1) - Les éclogites à glaucophane primaire

a) - Description

Ces roches sont d'une grande beauté, surtout quand elles sont grenues. La glaucophane forme des aiguilles bleue - foncé, se détachant sur un fond rouge et vert, formé par le pyroxène et le grenat.

L'échantillon décrit (894) (Photo. I) a été prélevé sur la route qui monte vers Perloz, à partir de Pont Saint Martin, dans le premier virage après Marine.

L'éclogite forme un banc de deux à trois mètres d'épaisseur encadré par des gneiss à pyroxène et glaucophane ; le contact entre la roche basique et l'encaissant est très net. Il s'agit d'une éclogite à grain moyen (2 à 3 mm).

Au microscope, on observe un structure granoblastique :

- en première paragenèse : pyroxène, grenat, glaucophane, mica blanc (quartz),
- en seconde paragenèse : mica blanc , chlorite, zoïsite, amphibole bleu-vert, amphibole verte, albite.
- minéraux accessoires : rutile, minéraux opaques.

L'omphacite se présente en gros cristaux trapus, légèrement verdâtres. Elle est très fissurée et contient de nombreuses inclusions de minéraux opaques. On observe parfois des macles polysynthétiques.

Le grenat forme des cristaux légèrement rosés, plus ou moins automorphes, avec de nombreuses craquelures ; une petite couronne de chlorite en partie oxydée (biréfringence élevée) (Chatterjee, I966), se forme à sa périphérie. Certains sont évidés et sont alors remplis de quartz ou de mica blanc. Comme les pyroxènes, les grenats contiennent de nombreuses inclusions de minéraux opaques et de rutile.

La glaucophane est très légèrement pléochroïque (bleu-violacé à incolore) ; lorsqu' elle est poecilitique, elle contient des petits cristaux de zoïsite. Elle peut être maclée.

Les micas blancs, abondants, sont de deux générations : celui de la première paragenèse est en grandes lattes ; le mica tardif apparaît en petites paillettes, en symplectites avec les amphiboles vertes et bleu-vert.

La zoïsite est peu abondante.

b) - Le polyphasage

Dans cette roche les minéraux primaires subissent une rétromorphose en albite, zoïsite, amphibole bleu-vert, mica blanc (passage du faciès éclogite au faciès amphibolite à épidote). Le pyroxène se transforme, en particulier à sa périphérie, en petits micas blancs, amphibole bleu-vert et verte.

Ce phénomène de polyphasage est général dans les éclogites à glaucophane primaire. Cependant, de nombreuses variations sont à noter dans les paragenèses primaires et secondaires pour ce type de roches.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : plalour@ujf grenoble.fr

c) - Variations paragénétiques observées dans les éclogites à glaucophane

* Paragenèses primaires	N°	Provenance
- omp, gt, gl, ± (q, ab)	963	Oropa
- omp, gt, gl, micas blancs, ± (q, ab)	825	Frassinetto
- omp, gt, gl, zoïsite, ± (q, ab)	552	Montestrutto, sous le Château
- omp, gt, gl, zoisite, micas blancs ± (q, ab)	436	Borgofranco

* Paragenèses secondaires		
- amp,bv,ab,micas blancs,épi (sl.)amp,v	645	Ivery
- amp,bv,ab,micas blancs,épi (sl.)	72	Vallée du Lys
- amp,bv,ab,micasblancs,épi (sl.)	481	route avant Andrate
- amp,bv,ab,micas blancs,épi (sl.) amp,v, biotite verte	883	Perloz
- amp, chlorite	894	Perloz
- chlorite, ab, micas blancs	52	Cuorgne
- amp, bv, chlorite, ab	577	Settimo Vittone
- amp, bv, épi (sl.), chl,	436	Borgofranco

2) - Les éclogites sans glaucophane primaire

Comme les précédentes, ces éclogites existent tout au long de la zone. Certains gisements sont remarquables : Perloz, Oropa, Quoassolo, carrières au bord de l'Orco.

a) - Description

Nous décrirons l'échantillon 1345 (Photo. 1), prélevé au dessus de Quincinetto, en montant à la carrière de marbre abandonnée.

Cette éclogite forme un nodule au sein d'un gneiss éclogitique à grenat, pyroxène, glaucophane, épidote. Une zone constituée uniquement de mica blanc sépare le nodule du gneiss encaissant.

A l'oeil nu, on distingue le pyroxène, vert foncé, et le grenat, brun rouge, ainsi que de la glaucophane entourant le pyroxène. Celle-ci semble donc secondaire.

Au microscope, la structure est granoblastique, la taille des grains étant de 1 à 2 mm. On distingue :
- en première paragenèse : omphacite, grenat, mica blanc, (quartz)
- en seconde paragenèse : glaucophane, zoïsite
- en troisième paragenèse: chlorite, amphibole bleu-vert, calcite, albite.

Les accessoires sont : des minéraux opaques, de l'apatite, du rutile entouré parfois de sphène.

L'omphacite se présente en cristaux vert-pâle sensiblement équidimentionnels, très poecilitiques : ils contiennent de nombreuses inclusions de rutile, de quartz, de mica blanc et de zoïsite. A leur périphérie et dans leurs fissures se développent des cristaux de glaucophane, appartenant à la deuxième paragenèse. La calcite remplit également certaines cavités du pyroxène.

Le grenat est en quantité légèrement inférieure à celle du pyroxène ; il se présente en grains rosés, de même taille que le pyroxène, extrèmement poecilitiques et fissurés. Il englobe rutile, calcite et minéraux opaques. Les fissures sont envahies par de la chlorite verte.

Les micas blancs sont abondants et peuvent contenir les mêmes inclusions que les pyroxènes et les grenats, les clivages étant souvent soulignés par des minéraux opaques. Ces micas comblent les vides entre les minéraux de la première paragenèse.

La glaucophane qui a un pléochroïsme intense (bleu-violet à incolore) croît à la périphérie et dans les fissures de l'omphacite. Elle se transforme elle-même en amphibole bleu-vert plus albite à son pourtour. La glaucophane contient souvent des inclusions de rutile entouré de sphène et de minéraux opaques.

La zoïsite est en cristaux zonés.

La calcite est interstitielle et parfois associée à des minéraux opaques.

b) - Le polyphasage

Dans cet exemple, les minéraux de la paragenèse éclogitique sont rétromorphosés dans le faciès des schistes à glaucophane ; puis cette seconde paragenèse se transforme elle-même dans le faciès des schistes verts.

Comme pour les roches précédemment décrites, on observe des variations dans les paragenèses tout le long de la zone.

c) - Variations paragénétiques observées dans les éclogites sans glaucophane primaire

* Paragenèses primaires	N°	Provenance
- px, gt, ± (q, ab) (1)	ɳ36	Oropa
- px, gt, , micas blancs, zoïsite, ± (q, ab)	1323	Carema
- px, gt, micas blancs, zoïsite, ± (q, ab)	ɳ55	Sous le Pont romain de Chiara

* Paragenèses secondaires		
- gl, chl, ab, micas blancs	597	Torre Daniele
- gl, ab, épidote (sl.)	1358	Val Chiusella
- gl, ab, zoïsite, micas blancs	1340	Albard

On observe de plus les mêmes paragenèses secondaires que celles des éclogites à glaucophane primaire, car le stade des schistes à glaucophane peut ne pas exister.

Je n'ai jamais observé deux générations d'amphibole bleue dans la même roche.

---

(1) Remarque : les parenthèses dans l'énumération des paragenèses signifient l'existence éventuelle de certains minéraux.

B - CHIMISME DES ECLOGITES (Tableaux I, II, III et IV)

Les éclogites sans glaucophane primaire ont été analysées par voie humide ou par fluorescence X ; afin de rechercher l'origine des éclogites avec ou sans glaucophane primaire et d'établir des comparaisons avec les éclogites étudiées par d'autres auteurs (Viterbo et al., 1968 ; Angel, 1957), j'ai placé les analyses des tableauxI et II dans différents diagrammes. Les compositions des principaux types d'éclogites se retrouvent dans les basaltes. C'est pourquoi j'utiliserai certains diagrammes établis pour les basaltes, en faisant un certain nombre de restrictions sur la valeur que peuvent avoir ces diagrammes pour des roches métamorphiques. En effet, il est impossible de savoir quel était l'état de la roche au début du métamorphisme. Ainsi Aumento et al. (1972) placent dans certains de ces diagrammes des basaltes de la ride médio-atlantique. Dans le diagramme Dio-Ol-Hyp, le degré d'oxydation secondaire étend la zone occupée par les basaltes. Si l'on tient compte de ce fait, le champ de leurs vrais basaltes diminue.

Jolly et Smith (1972) montrent qu'il existe une variation de la composition suivant le degré de métamorphisme. Ainsi, dans le cas des éclogites, il peut paraître aléatoire d'utiliser certains diagrammes dans la mesure où l'on ne connait pas l'état des basaltes originels (basaltes altérés, métabasaltes, basaltes spilitiques, basaltes frais.)

Cependant, il me semble indispensable de rechercher l'origine des éclogites de Sesia-Lanzo, en les comparant aux roches volcaniques, bien que ceci soit dans certains cas erroné.

I) - Diagramme de Yoder et Tilley (Fig. 4)

J'ai placé dans le tétraèdre normatif Hyp-Ne-Ol-Dio-Q les analyses d'éclogites de Sesia-Lanzo : ces roches ne sont pas toutes sous-saturées ; la majorité se plaçant dans le champ des basaltes alcalins, on peut constater que très peu se placent dans le champ des basaltes tholéiitiques. Les éclogites provenant d'Ivozio se trouvent près du pôle olivine. Cette particularité sera discutée ultérieurement. Dans l'ensemble, on observe donc un groupe important d'éclogite à néphéline normative et quelques éclogites à quartz normatif.

Tableau I : Analyses des éclogites à glaucophane:

	945	535	552	539	036
SiO_2	47,96	50,63	51,40	45,91	49,65
Al_2O_3	16,82	18,35	12,61	14,33	16,52
Fe_2O_3	5,55	2,24	4,58	3,35	6,63
FeO	4,77	1,61	5,57	7,58	2,49
MnO	-	-	-	0,11	0,03
MgO	5,38	7,73	11,90	8,26	8,95
CaO	11,18	13,15	7,83	14,61	11,17
Na_2O	2,84	2,87	3,75	2,55	3,32
K_2O	1,54	0,24	tr	0,12	0,27
TiO_2	1,91	0,42	0,34	1,22	0,73
P_2O_5	-	-	-	-	0,03
H_2O^+	1,18	2,04	2,10	1,88	0,64
H_2O^-	tr	0,03	0,07	0,20	0,08
Total	99,13	99,30	100,15	100,12	100,51
		NORMES C. I. P. W.			
Or	9,10	1,42		0,71	1,60
Ab	24,03	24,29	31,73	12,64	28,09
An	28,60	36,48	17,58	27,30	29,38
Ne				4,84	
Di	21,08	22,44	16,87	36,49	20,12
Hy	0,84	7,01	17,04		5,26
Ol	2,62	1,56	7,47	8,89	5,40
He					2,49
Mt	8,05	3,25	6,64	4,86	6,01
Il	3,63	0,80	0,65	2,32	1,39
Ap					0,07
H_2O T	1,18	2,07	2,17	2,08	0,72
Total	97,95	97,25	97,98	98,05	99,81
A	21,81	21,17	14,53	12,21	16,57
F	51,39	26,21	39,34	50,00	42,11
M	26,79	52,62	46,12	37,79	41,32

945 : après Perloz vers Marine - 1) zoi, omp, gt, gl mica,(q, ab)
2) mica, chl
Analyste - M. LENOBLE (1973)

535 : Ivozio - 1) omp, gl, gt, (q, ab)
2) zoi, gl
Analyste - M. LENOBLE (1973

552 : Montestrutto - 1) gl, omp, gt, (q, ab)
2) chl, zoi, mica
Analyste - M. LENOBLE (1973)

539 : Ivozio - 1) gt, gl, omp, mica, (q, ab)
2) zoi, amp bleu-vert, chl
Analyste A. BERARD-NETILLARD (1973)

036 : Oropa - 1) omp, gt, gl, zoi, mica, (q,ab)
Analyste - N. VASSARD (1973)

Tableau II : Analyses des éclogites à glaucophane primaire (Viterbo et al. 1968)

	7	8	9
SiO_2	52,43	45,77	49,78
Al_2O_3	16,93	14,45	15,64
Fe_2O_3	1,52	2,57	3,03
FeO	5,61	8,62	6,24
MgO	6,49	9,75	10,37
CaO	9,96	9,60	5,74
Na_2O	3,23	2,73	4,20
K_2O	0,99	0,47	1,20
MnO	0,09	0,16	0,10
TiO_2	1,08	2,20	1,44
P_2O_5	0,21	0,04	0,23
CO_2	0,76	0,71	0,84
H_2O^+	1,09	2,97	1,50
H_2O^-	0,06	0,00	0,11
Total	100,45	100,04	100,42
		NORMES C. I. P. W.	
Or	5,85	2,78	7,09
Ab	27,33	23,10	35,54
An	28,77	25,79	20,28
Di	15,57	17,40	5,34
Hy	16,07	1,20	1,96
Ol		18,10	20,09
Mt	2,20	3,73	4,39
Il	2,05	4,18	2,73
Ap	0,49	0,09	0,53
C	1,15	2,97	0,95
Total	99,68	99,34	98,90
A	23,65	13,26	21,57
F	39,97	46,35	37,02
M	36,38	40,39	41,41

920 - Après Perloz vers Marine

1) - gt, omp, ab, q

2) - amp bleu-vert

Analyste : M. LENOBLE (I973

597 - Torre Daniele

1) - gt, omp, mic, (q,ab)

2) - zoi, gl

3) - amp bleu-vert, chl

Analyste : M. LENOBLE (I973)

η27 - Perloz

1) - omp, gt, mica, (q,ab)

2) - cc

Analyste : N. VASSARD (I973)

521 - Route vers Campiglia

1) - gt, omp, zoi, a, ab

2) - gl

3) - chl, amp bleu-vert, amp verte

Analyste : N. VASSARD (I973)

532 - Ivozio

1) - omp, gt, chl

2) - zoi, gl, mica

Analyste : N. VASSARD (I973)

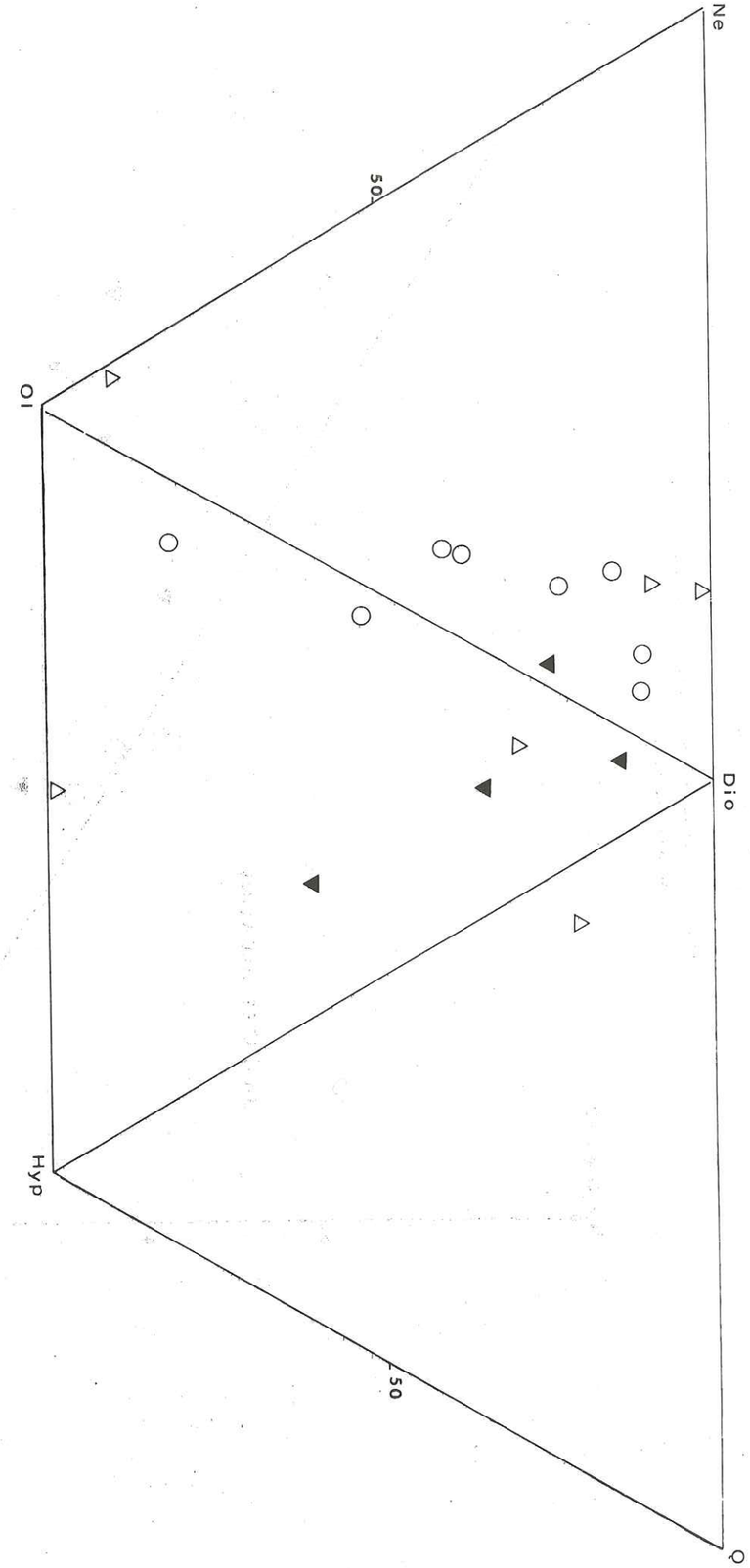
Remarque : dans tous les tableaux d'analyses qui vont suivre le - indique que la teneur en un élément est nul, un blanc indique que cet élément n'a pas été dosé.

Tableau III: Analyses des éclogites sans glaucophane

	920	597	η27	521	532
SiO_2	50,47	48,33	51,54	48,64	46,47
Al_2O_3	15,68	15,27	12,75	18,88	19,06
Fe_2O_3	5,34	5,82	2,37	4,37	1,76
FeO	6,61	5,93	3,95	6,53	5,05
MgO	4,86	6,52	6,49	4,74	11,29
CaO	10,73	9,23	13,72	5,70	6,41
Na_2O	3,55	3,94	5,94	3,37	3,88
K_2O	0,19	0,52	0,26	2,82	0,38
MnO	-	-	0,03	0,03	0,05
TiO_2	1,49	2,20	0,77	2,07	0,20
P_2O_5	-	-	0,11	0,20	0,02
H_2O^+	1,27	1,95	1,72	2,94	4,70
H_2O^-	0,10	tr	0,08	0,25	0,21
Total	100,29	99,71	99,73	100,54	99,48
		NORMES C. I. P. W.			
Q	2,28	-	-	-	-
Or	1,12	3,07	1,54	16,67	2,25
Ab	30,04	33,34	24,79	28,52	29,83
An	26,29	22,45	7,36	26,97	31,67
Ne	-	-	13,80	-	1,62
Di	21,73	18,45	42,53	-	-
Wo	-	-	2,76	-	-
Hy	6,89	2,57	-	6,90	-
Ol	-	5,27	-	7,17	25,56
Mt	7,74	8,44	3,44	6,34	2,55
Il	2,83	4,18	1,46	3,93	0,38
Ap	-	-	0,25	0,46	0,05
C	-	-	-	0,40	0,66
H_2O T	1,37	1,95	1,80	3,19	4,91
Total	100,29	99,72	99,73	100,55	99,48
A	18,20	19,62	32,61	28,36	19,05
F	58,15	51,69	33,25	49,83	30,46
M	23,65	28,68	34,14	21,71	50,49

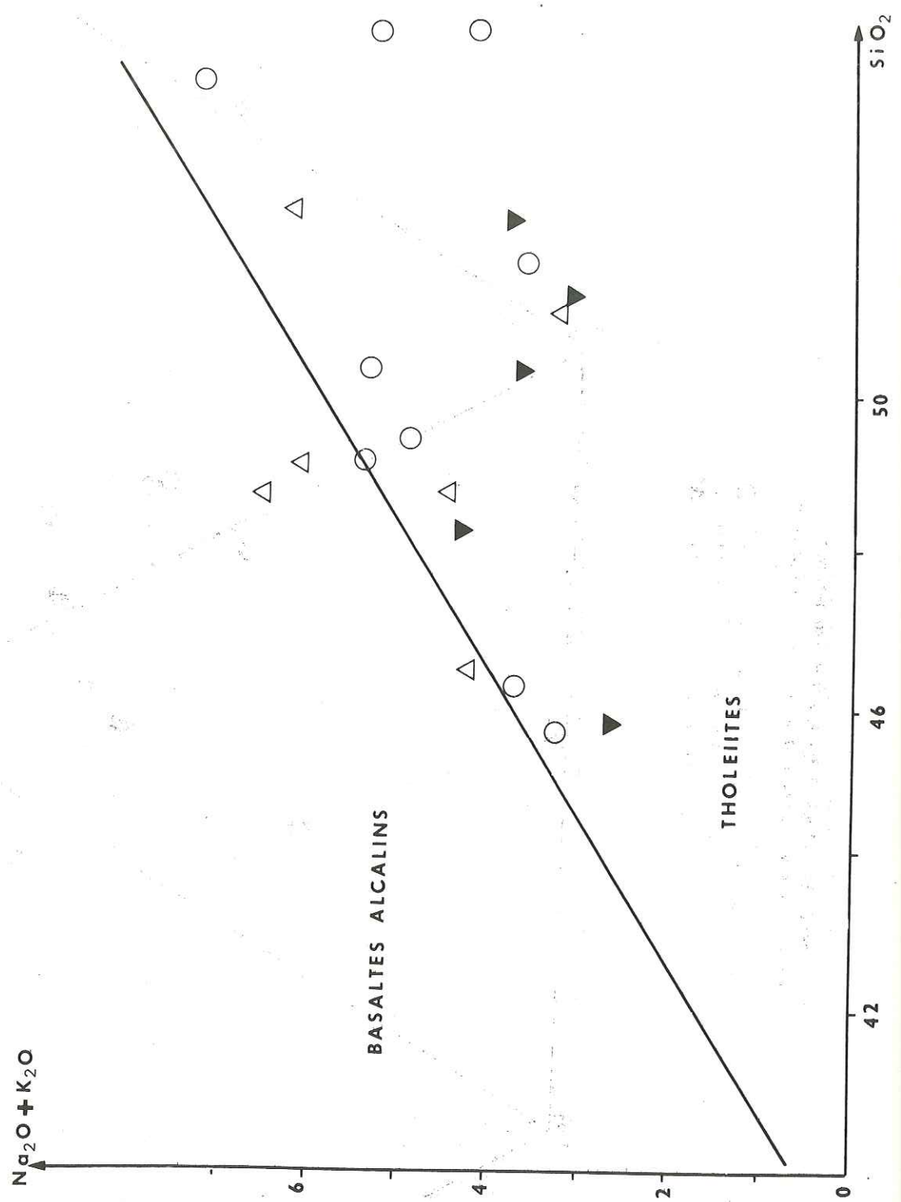
Tableau IV: Analyses des éclogites sans glaucophane (Viterbo et al, I

	1	2	3	4	5	6
SiO_2	49,03	48,74	53,80	53,16	46,26	44,28
Al_2O_3	15,43	15,11	13,46	17,75	16,67	16,25
Fe_2O_3	1,94	3,29	3,01	2,87	1,97	3,56
FeO	7,52	8,55	5,11	5,14	11,44	10,30
MnO	0,17	0,04	0,17	0,17	0,22	0,16
MgO	6,86	5,14	6,24	3,90	5,79	3,94
CaO	11,14	10,97	11,25	7,13	10,91	15,10
Na_2O	4,52	5,26	5,25	6,39	3,52	2,64
K_2O	0,28	0,22	0,11	1,03	0,23	0,06
TiO_2	2,42	1,75	0,56	0,65	1,97	2,20
P_2O_5	0,14	0,32	0,29	0,39	0,21	0,32
CO_2	0,35	-	n.d	0,20	n.d	0,35
Total	100,06	99,92	99,71	99,58	99,72	100,04
			NORMES C. I. P. W.			
Or	1,65	1,30	0,65	6,09	1,36	0,35
Ab	26,76	27,86	39,85	43,74	22,37	13,17
An	20,99	16,97	12,84	16,71	29,01	32,31
Ne	6,22	9,02	2,48	5,60	4,02	4,97
Di	27,01	29,04	33,08	13,15	19,74	33,81
Ol	9,08	6,37	4,26	7,00	15,61	4,12
Mt	2,81	4,77	4,36	4,16	2,86	5,16
Il	4,60	3,32	1,06	1,23	3,74	4,18
Ap	0,32	0,74	0,67	0,90	0,49	0,74
H_2O T	0,26	0,53	0,46	0,85	0,50	0,86
Total	99,70	99,92	99,71	99,43	99,70	99,67
A	22,73	24,40	27,18	38,39	16,34	13,17
F	44,79	52,72	41,18	41,44	58,43	67,61
M	32,48	22,89	31,64	20,18	25,23	19,22



◀ Eclogites à glaucophane primaire
△ Eclogites sans glaucophane primaire
○ Eclogites analysées par Viterbo et al. (1968)

Fig. 4: Place des éclogites de Sesia-Lanzo dans le diagramme QUARTZ-DIOPSIDE-HYPERSTHENE-OLIVINE-NEPHELINE.



▶ Eclogites à glaucophane primaire
◁ Eclogites sans glaucophane primaire
○ Eclogites analysées par Viterbo et al. (1968)

fig.5: Diagramme de Mac Donald et Katsura (1964) pour les éclogites de Sesia-Lanzo.

2) - Diagramme de Mac Donald et Katsura (I964)(Fig. 5)

Comme les éclogites étudiées par Church (I967), celles de Sesia-Lanzo se répartissent de part et d'autre de la limite entre basaltes alcalins et basaltes tholéitiques déterminée par Mac Donald et Katsura (I964) par les roches d'Hawai.

On peut remarquer que les teneurs en alcalins des éclogites de Sesia-Lanzo, comparées à celle de certains basaltes sont normales, c'est-à-dire qu'il ne semble pas indispensable de faire intervenir une métasomatose sodique à grande échelle comme l'avait suggéré R. Michel (I953). Je n'ai d'ailleurs jamais observé au microscope de preuve d'un tel phénomène. Une éventuelle métasomatose à petite échelle sera envisagée plus loin(chapitre IV).

Il apparaît donc vraisemblable de donner aux éclogites de Sesia-Lanzo une origine ignée, ces roches ayant été des basaltes alcalins ou tholéiitiques.

3) - Diagramme A-F-M (Fig. 6)

Si les roches de Sesia-Lanzo sont comparées à la lignée de différenciation définie par Kuno et al. (I957), elles correspondent à certains basaltes alcalins et tholéiitiques.

Aucune différence de composition n'apparaît entre les éclogites avec ou sans glaucophane primaire.

4) - Diagramme Na_2O-K_2O (Fig. 7) (Church, I967)

Ne sont placées dans ce diagramme que les éclogites à néphéline normative ou à forte proportion d'olivine normative. (ce qui, comme nous l'avons vu, ne s'applique pas à toutes les éclogites de Sesia-Lanzo).

Dans leur grande majorité,ces roches se placent dans les champs des spilites et des basaltes riches en alumine.

Là encore, aucune différence n'apparaît entre les éclogites avec ou sans glaucophane primaire.

5) - Diagrammes Na_2O - CaO - FeO - Al_2O_3 - Na_2O (Fig. 8)

Ce diagramme est utilisé afin de comparer les éclogites de Sesia-Lanzo avec des basaltes transformés, comme ceux du Keweenaw (Jolly et Smith, 1972).

Les éclogites de Sesia-Lanzo se superposent avec les "basaltes à pumpellyite plus ou moins albitisés" de ces auteurs, et avec les basaltes tholéiitiques. Ceci semble confirmer l'origine ignée des éclogites de Sésia-Lanzo.

Comme dans les figures précédentes, aucune différence n'apparaît entre les deux types d'éclogites.

Ainsi les éclogites de Sesia-Lanzo semblent provenir du métamorphisme de roches basiques volcaniques (basaltes alcalins et tholéiitiques ; les roches à quartz normatif étant rares). Comme jamais la preuve d'une métasomatose à grande échelle n'a été faite, il me paraît difficile de donner une origine sédimentaire à ces éclogites.

D'autre part, on n'observe pas de différence de composition chimique entre les deux types d'éclogites à glaucophane et sans glaucophane précédemment définis. Comme elles ne sont pas spécifiquement localisées et qu'elles ne forment pas de gisements spéciaux et différenciés, il semble qu'il faille faire intervenir une différence dans la pression d'eau à la formation de ces éclogites ; si la pression d'eau est faible seuls des minéraux anhydres (pyroxène-grenat) pourront se former ; par contre si elle augmente, l'amphibole apparaît, nous verrons que ce phénomène est général pour toutes les roches éclogitiques de Sesia-Lanzo.

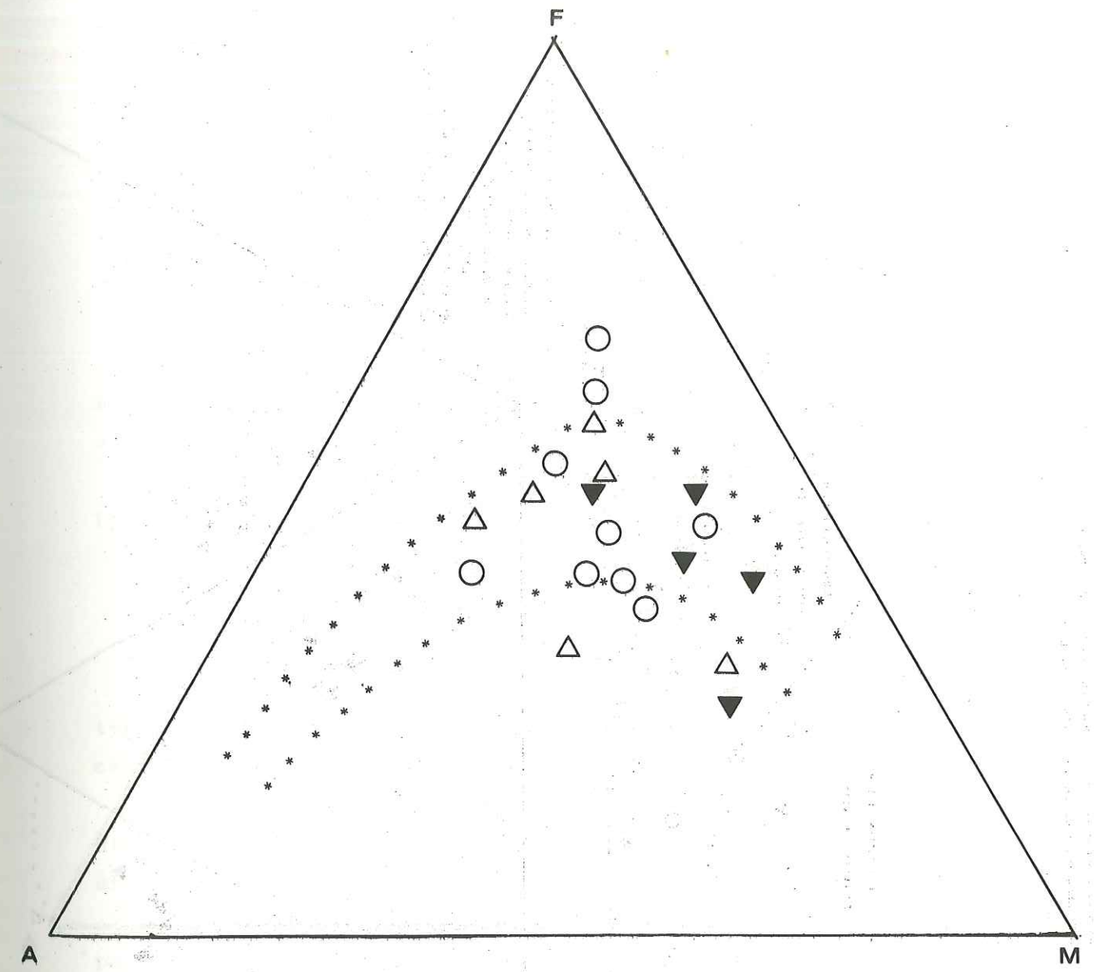


Fig. 6: représentation dans le triangle A-F-M des éclogites de Sesia-Lanzo.
** lignée de différenciation déterminée par Kuno et al. (1957) pour les roches d'Hawai.
Même légende que dans la figure 5.

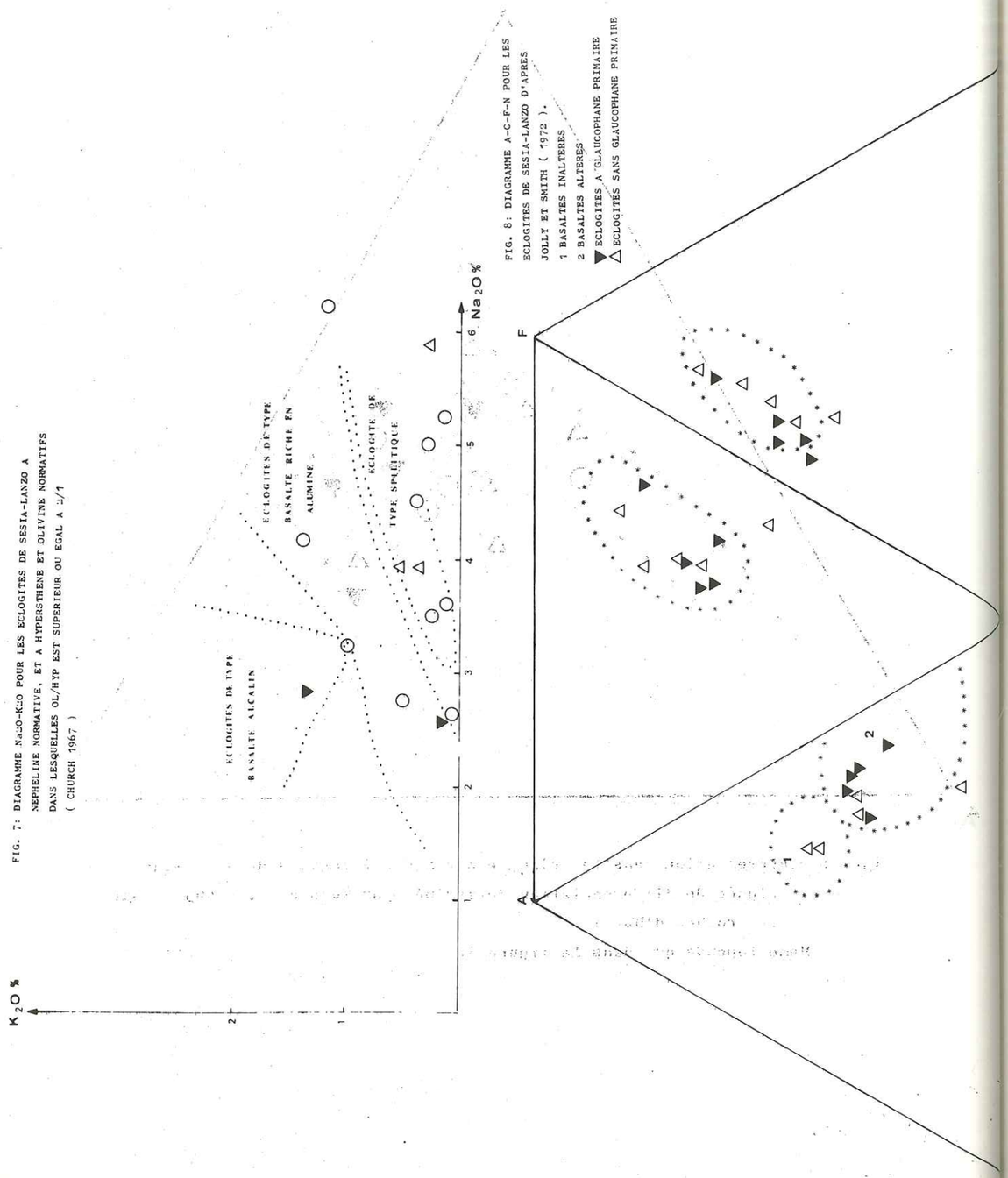


FIG. 7: DIAGRAMME Na_2O-K_2O POUR LES ECLOGITES DE SESIA-LANZO A NEPHELINE NORMATIVE, ET A HYPERSTHENE ET OLIVINE NORMATIFS DANS LESQUELLES OL/HYP EST SUPERIEUR OU EGAL A 2/1 (CHURCH 1967)

FIG. 8: DIAGRAMME A-C-F-N POUR LES ECLOGITES DE SESIA-LANZO D'APRES JOLLY ET SMITH (1972).
1 BASALTES INALTERES
2 BASALTES ALTERES
▶ ECLOGITES A GLAUCOPHANE PRIMAIRE
△ ECLOGITES SANS GLAUCOPHANE PRIMAIRE

C - LES MINERAUX DES ECLOGITES

1) - Les pyroxènes : (Cf. conditions d'analyses : chap. III)

Dans certaines éclogites (ex. Perloz) ils forment à eux seuls des petits niveaux. Dans ces roches seuls des pyroxènes primaires ont été observés.

a) - Le pyroxène des éclogites à glaucophane primaire (Tableau V)

Ils sont : soit incolores, soit vert pâle en lames minces. leur taille, leur biréfringence, leur degré de transformation peuvent varier considérablement d'une roche à l'autre.

Certains de ces pyroxènes présentent une zonation (945) (Cf. Chapitre III).

b) - Les pyroxènes des éclogites sans glaucophane primaire (Tableau VI)

Les zonations, lorsqu'elles existent, sont du même type que précédemment (809, 76). Ces pyroxènes sont semblables à ceux des éclogites à glaucophane primaire.

J'ai placé les pyroxènes dans le diagramme jadéite-aegyrine-diopside-augite. (Dobretsov, 1970). Les points sont très groupés et leur pourcentage en jadéite varie entre 45 % et 60 % (Fig. 9)

Sur une carte schématique de la zone de Sesia-Lanzo, les pourcentages en jadéite des pyroxènes à l'équilibre avec l'albite, ont été reportés afin d'établir une zonéographie (Kienast et Velde, 1970 ; Velde et Kienast, 1973) Cf. Chapitre III (Fig.10).

2) - Les grenats

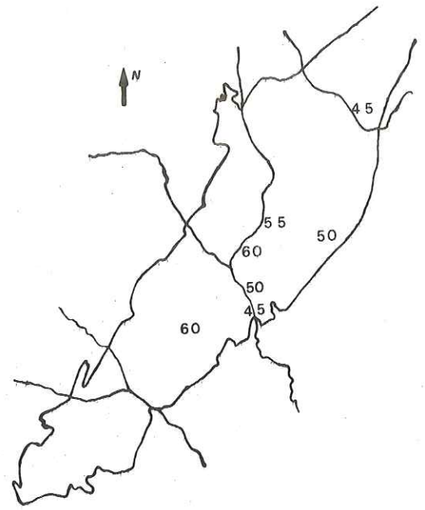
Ils sont, soit incolores, soit rosés en lame mince ; leur taille et leur degré de transformation sont très variables. Comme les pyroxènes (Perloz), il peut former des nodules ou des filonnets.

Tableau V : Analyses des pyroxènes primaires des éclogites à glaucophane

	Θ 36	552	535	945P	945C
SiO_2	55,06	56,28	56,06	56,40	55.78
Al_2O_3	11,57	11,81	11,95	11,37	12,00
Fe_2O_3	2,56	2,93	4,13	4,46	5,53
FeO	0,87				
MnO	tr	0,08	0,03	0,01	0,01
MgO	8,12	9,34	9.98	8.19	7,68
CaO	14,84	14,01	14.23	13,55	13,12
Na_2O	5,82	6,74	6,27	6,68	7,50
K_2O	0,14				
TiO_2	0,45				
P_2O_5	0,05				
H_2O^+	0,30				
H_2O^-	0,08				
Total	99,64	101,19	102,65	100,66	101,62
Si	1,960	1,969	1,945	1 992	1,996
Al^{IV}	0,040	0,031	0,055	0,008	0,034
Al^{VI}	0,445	0,456	0,434	0,457	0,464
Fe^{3+}	0,068	0,086	0,120	0,132	0,163
Fe^{2+}	0,025				
Mn	-	0,002	0.001	-	-
Mg	0,430	0,487	0,516	0.431	0,403
Ca	0,566	0,525	0,529	0,513	0,495
Na	0,400	0,457	0.422	0.457	0,512
K	0,004				
Ti	0,011				
P	-				
Total	3,913	4,013	4,022	3,998	4,037

Remarque : dans les tableaux d'analyses de minéraux C signifie centre, P périphérie ; dans les figures, ces analyses sont reliées par un trait.

FIG. 10: CARTE SCHEMATIQUE DES TENEURS EN JADEITE DES PYROXENES DES ECLOGITES DANS LA ZONE DE SESIA-LANZO.



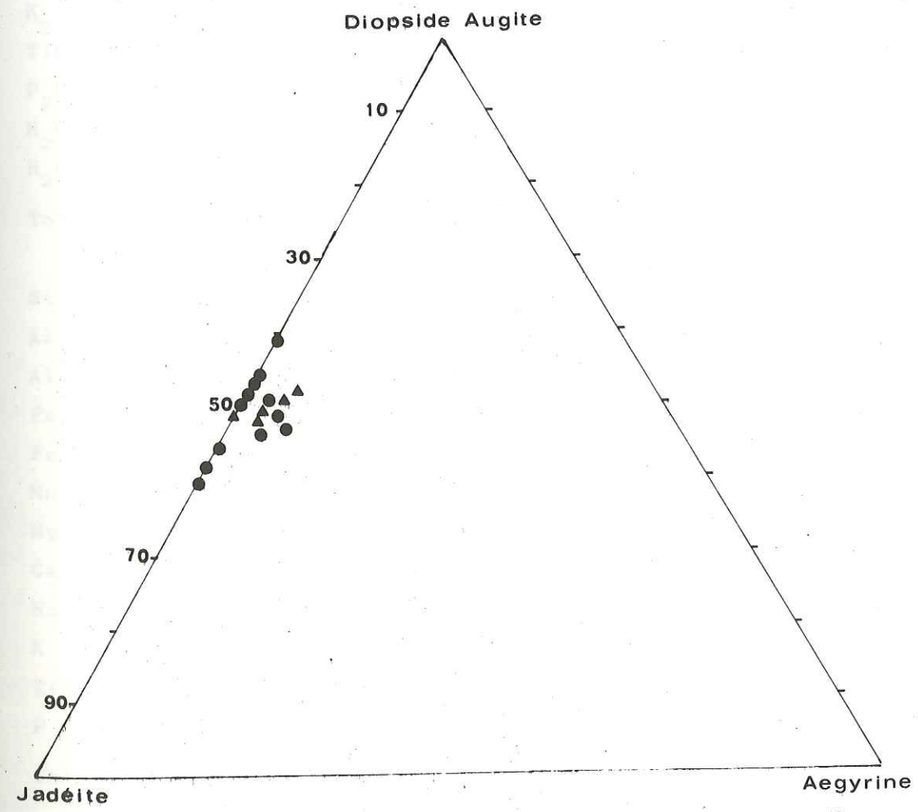


FIG. 9: POSITION DES PYROXENES DES ECLOGITES DANS LE DIAGRAMME DIO,AUG-JD-AEG (DOBRETSOV 1970).
● PYROXENES DES ECLOGITES A GLAUCOPHANE PRIMAIRE
▲ PYROXENES DES ECLOGITES SANS GLAUCOPHANE PRIMAIRE

Tableau VI : Analyses des pyroxènes primaires des éclogites sans glaucophane

	1559	7127	521	597	809C
SiO_2	51,82	54,93	55,15	55,45	56,12
Al_2O_3	13,35	11,59	11,11	12,44	12,87
Fe_2O_3	4,90	4,58	5,48	4,50	5,27
FeO		1,65			
MnO	0,54	0,02	0,01	-	0,05
MgO	7,13	7,14	7,90	7,63	7,31
CaO	15,06	12,23	13,16	12,52	11,37
Na_2O	7,17	7,22	7,27	7,61	7,07
K_2O		0,01			
TiO_2	-	0,19	-	-	0,05
P_2O_5		tr			
H_2O^+		0,38			
H_2O^-		0,06			
Total	99,99	100,00	100,07	100,15	100,12
Si	1,878	1,962	1,976	1,970	1,987
Al^{IV}	0,122	0,038	0,024	0,030	0,023
Al^{VI}	0,448	0,450	0,445	0,491	0,133
Fe^{3+}	0,197	0,123	0,164	0,134	0,156
Fe^{2+}		0,048			
Mn	0,018	-	-	-	0,002
Mg	0,385	0,380	0,422	0,404	0,386
Ca	0,585	0,468	0,505	0,476	0,431
Na	0,501	0,498	0,505	0,524	0,485
K		0,004			
Ti	-	0,004	-	-	-
P					
Total	4,134	3,971	4,041	4,029	4,046

Tableau VI : suite

	920	1057	809P	76P	76C	1357
SiO_2	59,40	55,49	55,29	54,15	53,78	54,63
Al_2O_3	14,34	12,19	11,89	11,96	13,45	12,61
Fe_2O_3	0,110	0,417	0,485	7,05	7,02	3,53
FeO						
MnO	-	0,05	-	-	0,06	-
MgO	6,50	8,10	8,35	6,49	6,02	8,89
CaO	11,70	12,82	12,80	11,36	8,03	13,04
Na_2O	7,46	6,85	6,66	7,23	8,03	6,76
K_2O						
TiO_2	-	-	0,08	0,12	0,07	–
P_2O_5						
H_2O^+						
H_2O^-						
Total	99,50	99,76	99,92	98,36	99,18	99,46
Si	2,052	1,974	1,970	1,976	1,948	1,947
Al^{IV}		0,026	0,030	0,024	0,052	0,053
Al^{VI}	0,584	0,485	0,470	0,490	0,522	0,477
Fe^{3+}	0,030	0,124	0,145	0,215	0,212	0,105
Fe^{2+}						
Mn	-	0,001	-	-	0,002	-
Mg	0,334	0,429	0,444	0,353	0,325	0,472
Ca	0,433	0,488	0,489	0,444	0,417	0,498
Na	0,499	0,472	0,460	0,512	0,564	0,467
K						
Ti			0,002	0,003	0,002	
P						
Total	3,935	3,999	4,010	4,049	4,044	4,019

Tableau VII : Analyses des grenats des éclogites à glaucophane

	552	945P	945C	⊖36	539	535
SiO_2	36,95	37,81	37,17	38,79	38,41	39,23
Al_2O_3	25,39	24,75	25,64	23,34	21,32	22,89
FeO T	22,32	23,97	24,29	21,58	22,98	18,30
MnO	0,62	0,24	0,24	0,14	0,23	0,50
MgO	6,69	2,29	1,63	8,26	6,45	10,53
CaO	7,85	11,45	12,26	8,52	9,35	8,58
Na_2O				0,12	0,09	
K_2O				0,05	0,06	
TiO_2				-	0,30	
Total	99,83	100,52	101,23	100,81	99,19	100,06
Si	2,835	2,921	2,863	2,937	3,094	2,958
Al^{IV}	0,165	0,079	0,137	0,053		0,042
Al^{VI}	2,132	2,175	2,191	2,029	1,749	1,990
Fe	1,432	1,549	1,565	1,365	1,547	1,152
Mn	0,040	0,015	0,015	0,006	0,014	0,002
Mg	0,765	0,263	0,187	0,930	0,772	1,184
Ca	0,645	0,948	1,012	0,689	0,806	0,689
Na				0,013	0,009	
K				0,004	0,004	
Ti					0,018	
Total	8,014	7,950	7,970	8,026	8,013	8,017
Py	26,5	9	7	31	24	39
Alm	50	56,5	56	46	49	38
Gross	22	34	36,5	23	26	23
Spess	1,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0

Tableau VIII : Analyses des grenats des éclogites sans glaucophane primaire à la microsonde

	920	597 P	597C	1057	521P	521C
SiO_2	35,90	36,68	34,43	37,47	37,86	37,33
Al_2O_3	24,49	25,09	25,46	22,14	23,66	24,04
FeO T	25,16	24,51	23,69	24,41	25,26	25,60
MnO	1,23	0,37	1,52	0,28	0,15	2,77
MgO	1,33	3,34	1,68	2,27	3,08	1,64
CaO	12,30	9,72	11,34	12,90	10,35	8,87
Total	100,41	99,70	98,13	99,47	99,36	100,26
Si	2,828	2,854	2,761	2,959	2,956	2,930
Al^{IV}	0,172	0,146	0,239	0,041	0,044	0,070
Al^{VI}	2,101	2,160	2,168	2,020	2,064	2,154
Fe	1,641	1,592	1,589	1,612	1,584	1,680
Mn	0,073	0,024	0,103	0,018	0,010	0,184
Mg	0,156	0,384	0,200	0,267	0,358	0,192
Ca	1,002	0,812	0,965	1,091	0,866	0,746
Total	7,973	7,972	8,025	8,008	7,902	7,956
Py	5,5	14	7	9	13	7
Alm	57	57	56	54	56	60
Gross	35	29	34	36,5	31	27
Spess	2,5	1	4	0,5	0,3	5

Tableau VIII : Suite

	76P	76C	809P	809C	39	1559
SiO_2	38,06	38,59	38,25	37,54	37,75	38,14
Al_2O_3	22,19	22,31	21,07	20,78	21,92	23,61
FeO T	25,67	22,74	24,42	22,87	25,83	20,91
MnO	0,55	2,15	0,11	1,87	0,78	2,38
MgO	1,25	0,65	2,91	1,94	1,80	0,90
CaO	13,98	13,99	11,90	12,34	12,09	15,72
Total	101,67	100,43	98,67	97,34	100,18	101,65
Si	2,964	3,018	3,032	3,031	2,978	2,939
Al^{IV}	0,036				0,024	0,061
Al^{VI}	1,998	2,056	1,969	1,977	2,014	2,183
Fe	1,672	1,488	1,619	1,544	1,704	1,348
Mn	0,036	0,142	0,008	0,128	0,052	0,155
Mg	0,146	0,076	0,344	0,233	0,212	0,103
Ca	1,166	1,172	1,011	1,067	1,022	1,296
Total	8,018	7,952	7,983	7,980	8,006	8,025
Py	5	5	11,5	8	7	3,5
Alm	55	52	54	52	57	46,5
Gross	39	41	34	36	34	45
Spess	1	3	0,5	4	2	5

a) - Les grenats des éclogites à glaucophane primaire

(Tableau VII Fig. 11.)

Ce sont des grenats riches en almandin et en grossulaire (50 à 75 %). Les zonations sont fréquentes (945). Le grenat s'enrichit en pyrope vers sa périphérie ; parallèlement, il s'appauvrit en spessartine, ce qui est un phénomène général pour les grenats de ce genre de roche (Atherton, I968).

b) - Les grenats des éclogites sans glaucophane primaire.

(Tableau VIII)

Là encore, les zonations sont fréquentes (597, 521, 76, 809, 39). Elles sont identiques aux précédentes.

Le pourcentage en CaO est légèrement supérieur à celui des grenats des éclogites à glaucophane primaire.

Dans le diagramme grossulaire-pyrope- almandin de Coleman et al. (I965), Cf. fig. 12, les grenats de Sesia-Lanzo se trouvent dans le champ des grenats des éclogites (éclogites liées aux schistes à glaucophane) déterminés par ces auteurs.

D'autres diagrammes ont été tracés : Mg, Mn, Fe, Ca Mn Fe, afin de comparer avec des grenats de faciès différents (zone orientale de Sesia-Lanzo, D. Lattard, schistes pélitiques, (Sturt, I962) et de mettre en évidence les zonations. Ils seront commentés à la fin de l'étude de tous les grenats de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo (Cf. chapitre III).

3) - Les amphiboles des éclogites (Tableau IX)

a) - Les amphiboles primaires

Ce sont toujours des glaucophanes (η36, 552, 535) associées à des amphiboles bleu-vert ou vertes de la paragenèse secondaire. Deux générations de glaucophane n'ont jamais été observées dans une même roche. La glaucophane primaire devant rester stable lors du premier changement des conditions du métamorphisme.

Ces deux amphiboles peuvent être zonées (552).

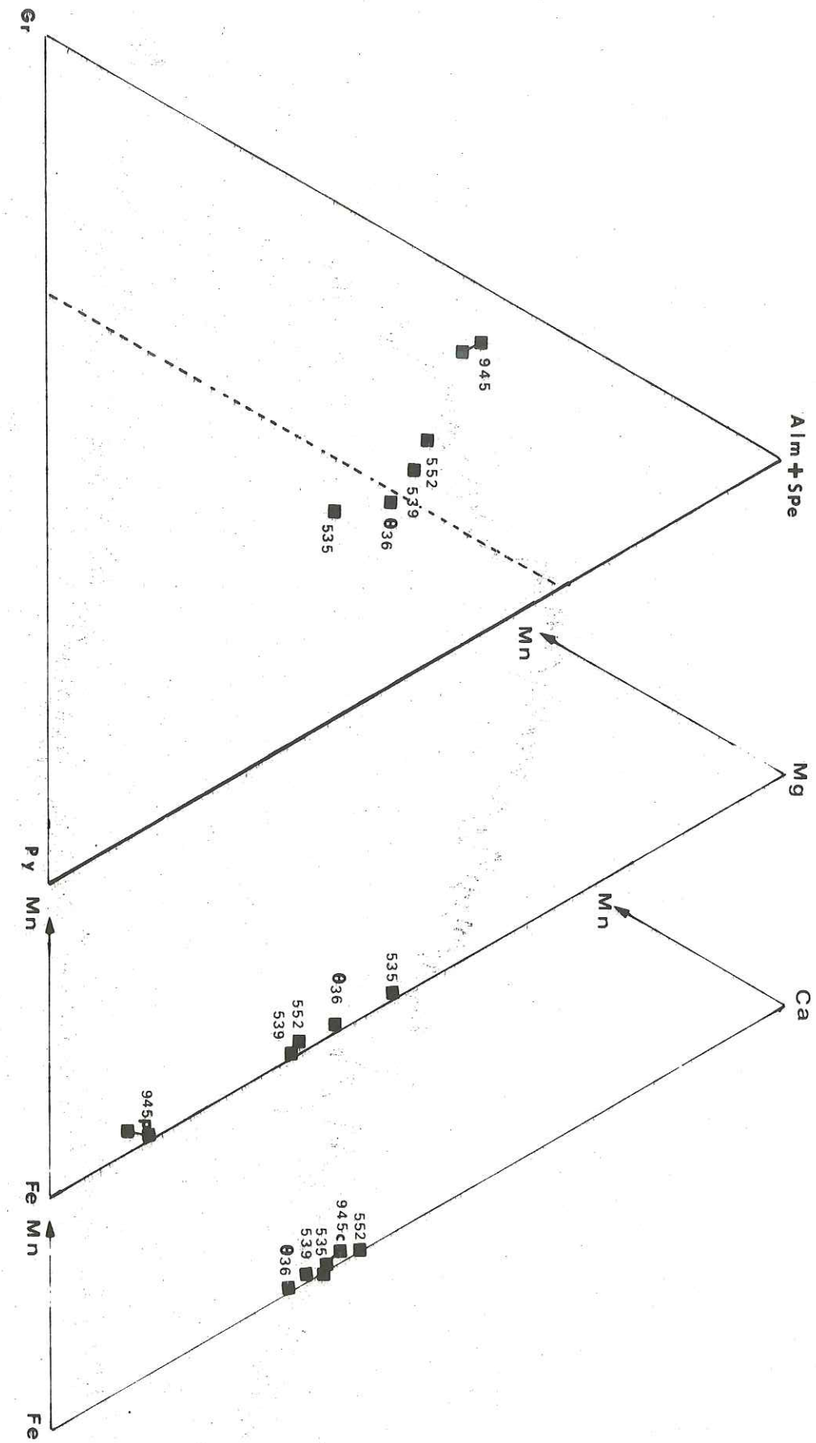


fig. 11: Position des grenats des éclogites à glaucophane primaire dans les triangles:

Almandin+Spessartine-Pyrope-Grossulaire (Coleman et al. 1965)

-- Limite des grenats des éclogites du groupe C de ces auteurs.

Mg-Mn-Fe

Ca-Mn-Fe

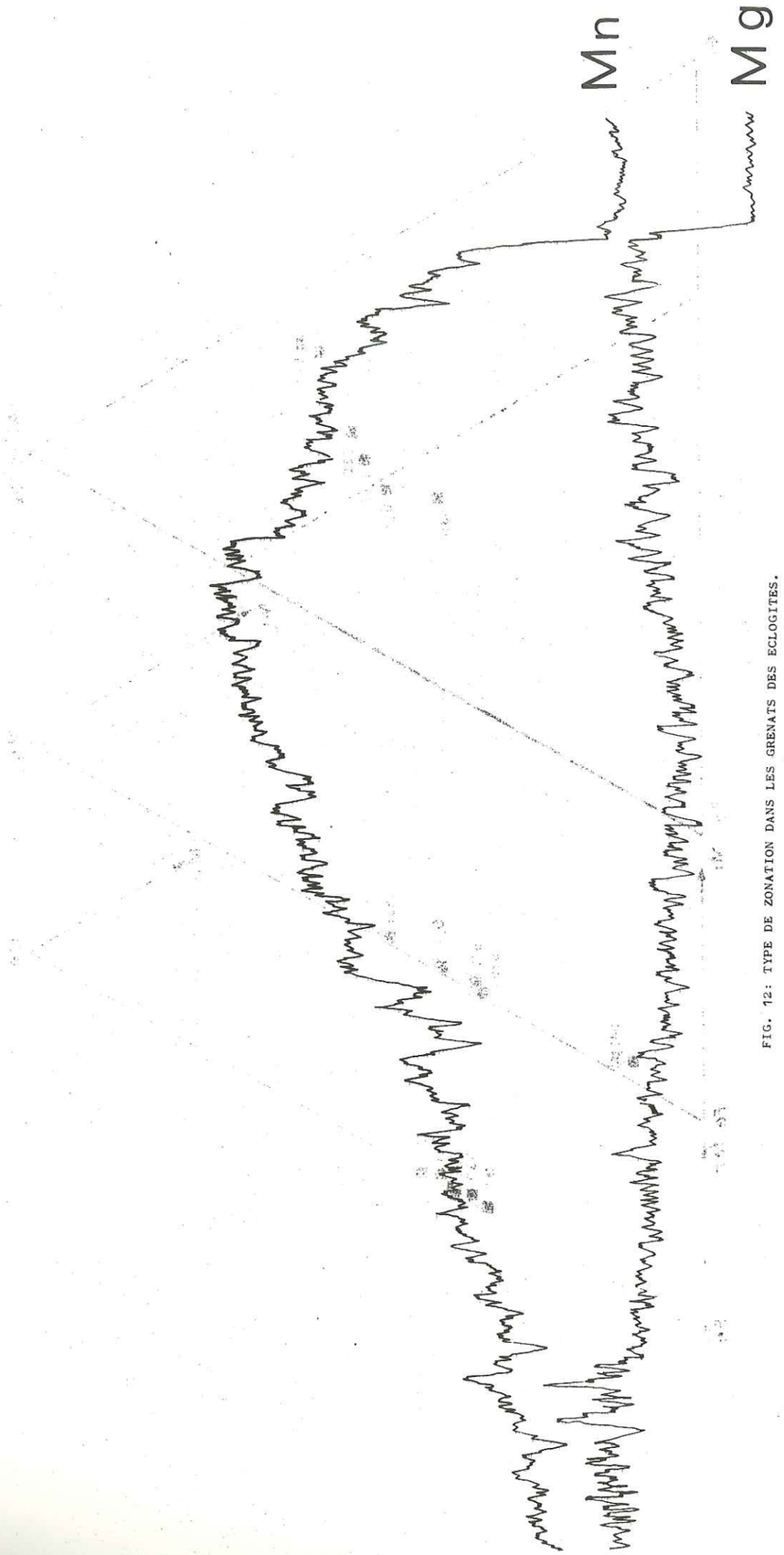


FIG. 12: TYPE DE ZONATION DANS LES GRENATS DES ECLOGITES.

b) - Les amphiboles secondaires

Ce sont des glaucophanes (809), des amphiboles bleu-vert, ou des amphiboles vertes. On observe souvent l'amphibole bleu-vert autour de la glaucophane, parfois autour du pyroxène. Le chimisme des amphiboles des éclogites sera étudié plus précisément dans le chapitre suivant.

4) - Les micas des éclogites

Ce sont toujours des micas blancs : phengites, ou paragonites, ou des solutions solides phengite-paragonite (RX et microsonde). Lorsqu'il existe plusieurs générations de micas dans une même roche, il est parfois difficile de les différencier.

5) - Les épidotes

Les éclogites à zoïsite sont fréquentes dans la zone de Sesia-Lanzo, c'est pourquoi Viterbo et al. (1968) en avaient fait un type spécial.

Lorsque l'épidote est secondaire, ce peut être de la zoïsite ou de la clino-zoïsite, éventuellement de la pistachite. Ces épidotes sont très souvent zonées : clinozoïsite à la périphérie, zoïsite au coeur.

l'allanite peut parfois apparaître.

6)- La chlorite verte

Elle est fréquente comme minéral de rétromorphose du grenat, du pyroxène, et de la glaucophane.

7) - L'albite

La présence d'albite dans les éclogites de Sesia-Lanzo est fréquente. On la trouve rarement en phase primaire à l'équilibre avec le pyroxène, le grenat et la glaucophane (quand elle existe), le plus souvent en phase secondaire comme minéral de rétromorphose des minéraux précédents.

L'équilibre pyroxène-albite sera commenté dans le chapitre III au paragraphe des pyroxènes.

Tableau IX : Analyses des amphiboles des éclogites

	536	552c	552p	535	521	809	809bv
SiO_2	52,71	56,96	55,71	54,73	55,70	53,23	42,31
Al_2O_3	9,35	10,14	7,88	13,14	14,93	13,59	9,86
Fe_2O_3	3,69	6,77	7,41	10,44	12,09	7,94	18,96
FeO	3,06						
MnO	0,01	0,03	0,06	0,05	0,05	0,04	0,60
MgO	16,39	14,43	15,77	12,31	9,28	12,88	10,81
CaO	9,71	2,73	6,64	2,30	0,53	1,25	9,84
Na_2O	3,03	6,52	4,57	5,57	7,62	6,72	2,50
K_2O	0,20	0,03	0,14	0,21	0,16	0,03	0,08
TiO_2	0,18						
P_2O_5	0,02						
H_2O^+	1,86						
H_2O^-	0,12						
Total	100,33	97,61	98,17	98,76	100,36	95,78	94,97
Si	6,951	7,780	7,682	7,498	7,539	7,446	6,592
Al^{IV}	1,049	0,220	0,318	0,502	0,461	0,544	1,408
Z	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000
Al^{VI}	0,384	1,413	0,962	1,619	1,920	1,698	0,404
Fe^{3+}	0,364	0,774	0,854	1,196	1,368	0,930	2,470
Fe^{2+}	0,336						
Mn	-	0,003	0,006	0,005	0,005	0,004	0,080
Mg	3,218	2,939	3,241	2,514	1,873	2,706	2,450
Ti	0,001						
Y	4,302	5,129	5,063	5,334	5,164	5,338	5,404
Ca	1,371	0,399	0,980	0,338	0,077	0,188	1,642
Na	0,768	1,726	1,220	1,418	2,000	1,822	0,756
K	0,031	0,004	0,023	0,037	0,027	-	0,010
X+A	2,170	2,129	2,223	1,793	2,104	2,010	2,407

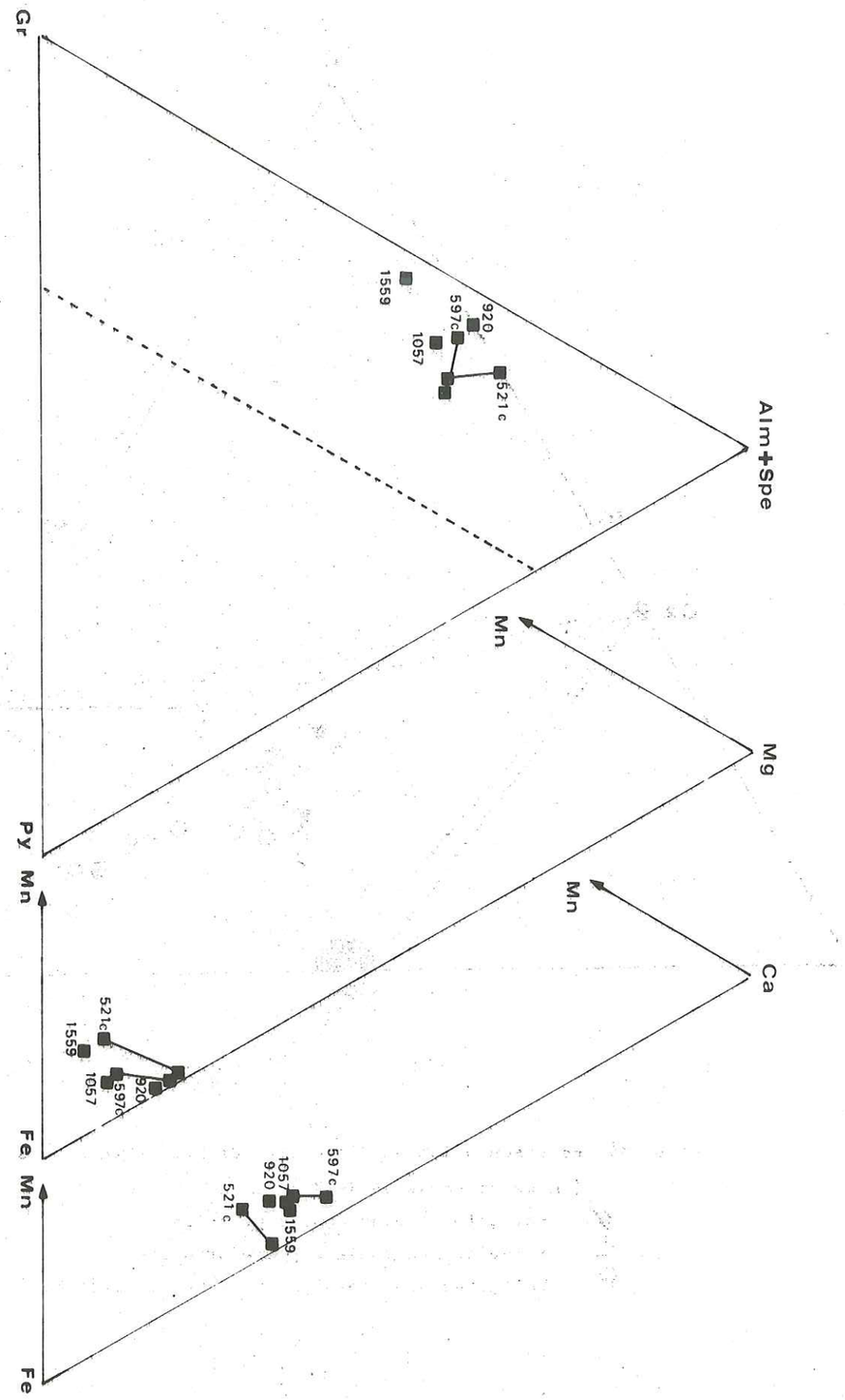


fig. 13: Position des grenats des éclogites sans glaucophane primaire dans les triangles:
Almandin+Spessartine-Pyrope-Grossulaire (Coleman et al. 1965)
Mg-Mn-Fe
Ca-Mn-Fe

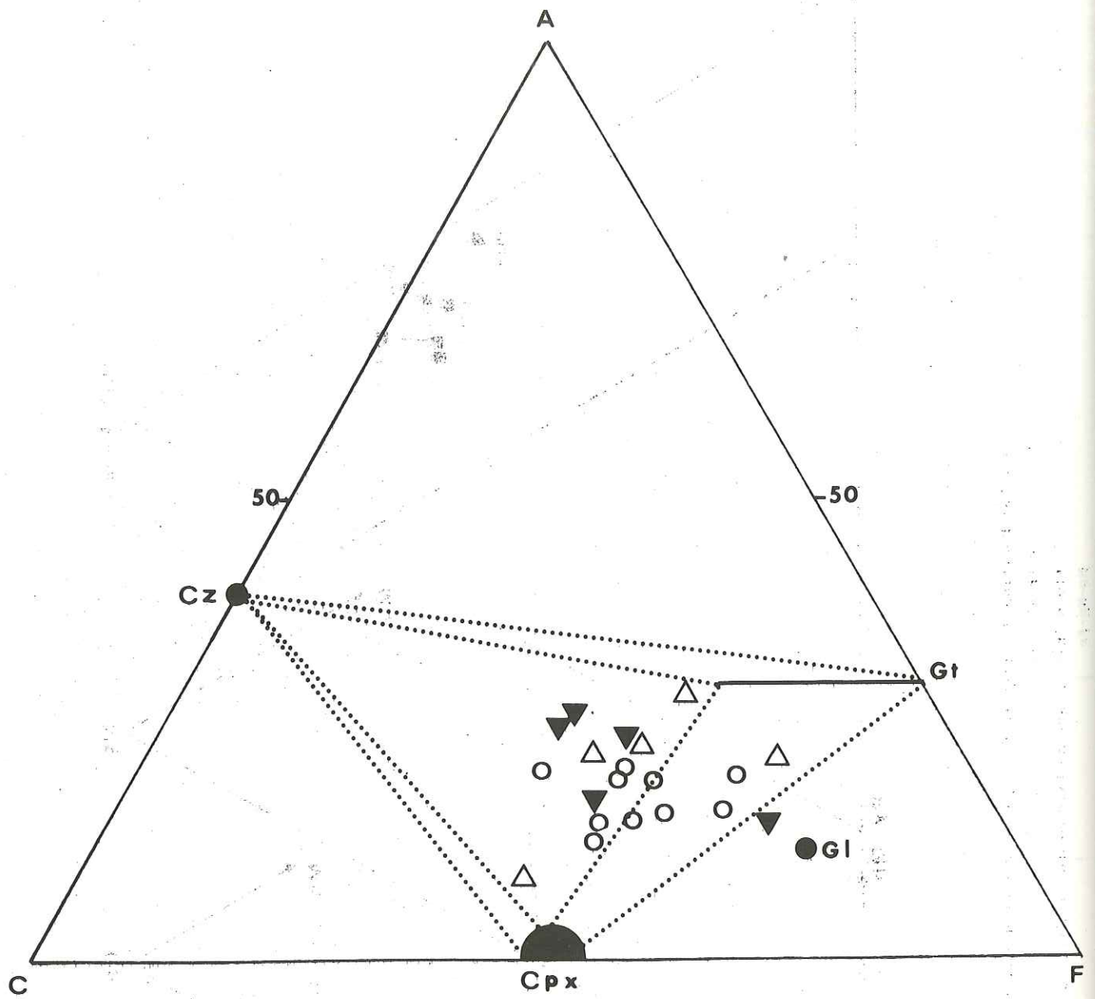


fig. 14: Représentation des éclogites de Sesia-Lanzo dans le triangle A-C-F
(Kiss et Lockwood 1968)

▼ Eclogites à glaucophane primaire
△ Eclogites sans glaucophane primaire
O Eclogites analysées par Viterbo et al.(1968)

CONCLUSION A L'ETUDE DES ECLOGITES ET DES MINERAUX QUI LES COMPOSENT

Les éclogites semblent provenir du métamorphisme de roches basiques d'origine magmatique. Si les principaux minéraux primaires (omphacite, grenat, glaucophane, épidote s.l.) sont placés dans le diagramme ACF (Fig. 14), les éclogites de Sesia-Lanzo tombent dans le champ des éclogites à clinozoïsite (Kiss et Lockwood, 1968).

L'apparition de la glaucophane dans la paragenèse éclogitique ne semblent pas liée à la composition chimique des roches.

Par contre, la teneur en calcium du grenat doit varier en fonction de la présence ou de l'absence de cette amphibole. Ce phénomène sera mis en évidence dans le chapitre III.

II - LES OMPHACITITES ET LES JADEITITES

Tous les intermédiaires entre les éclogites et les omphacititites (la jadéitè n'a pas été trouvée dans les éclogites, Cf. plus loin) ont été observées dans la zone de Sesia-Lanzo ; le pourcentage modal du pyroxène augmentant aux dépens du grenat et de la glaucophane, lorsqu'elle est présente, quand on passe des éclogites aux omphacititites.

Les pyroxènites sodiques pures sont extrèmement rares ; il existe presque toujours un peu de mica blanc, d'épidote, d'amphibole, de grenat, de quartz, et d'albite.

Les omphacititites sont assez fréquentes tout au long de la zone ; elles sont souvent associées aux marbres dans lesquels elles forment des nodules de dimensions variables (Quincinetto, Quoassolo, carrière du Val d'Orco).

Les jadéititites sont beaucoup plus rares et localisées dans le sud de la zone de Sesia-Lanzo.

A - DESCRIPTION DES ROCHES

1) - Les omphacititites

a) - Description

Je décrirai l'échantillon 604 (Cf. photo. 3) le long de la route de Ronc de Vacca à Albard di Donnaz, dans le dernier virage avant Plan. Cette roche forme un nodule d'une dizaine de centimètres dans les gneiss à pyroxène. A l'oeil nu les cristaux d'omphacite sont vert-foncé et atteignent 1 à 2 cm de longueur.

Au microscope on observe :

- en première paragenèse de l'omphacite verdâtre trapue et très cassée. Elle est envahie par des symplectites d'albite et d'amphibole bleu-vert, auxquelles s'ajoutent en paragenèse secondaire

de la chlorite et quelques grains de zoïsite.

L'amphibole forme des petites baguettes très pléochroïques sur le fond d'albite. Les rares cristaux de zoïsite sont liés à l'albite et à l'amphibole.

b) - Le polyphasage

Le polyphasage de cette roche est très net : la première paragenèse, à omphacite seule, doit vraisemblablement appartenir au faciès éclogite, tandis que la seconde appartient au faciès amphibolite à épidote. Le stade des schistes à glaucophane n'apparaît pas lors de cette rétromorphose.

Un certain nombre de variations minéralogiques sont observées dans les paragenèses primaires et celles de rétromorphose tout au long de la zone.

c) - Variations paragénétiques

⁂ Paragenèses des omphacititites	N°	Provenance
- omp, (gl, gt)	83	Grangia
- omp, (gl, gt, q, ab)	748	Quoassolo
- omp, (gl, q, ab)	1232	Tey
- omp, (gl, q, ab)	743	Quoassolo
- omp, micas blancs	750	Tunnel de Quoassolo
- omp, zoïsite (q, ab)	1326	Ivozio
- omp, chl (ab)	531	Ivozio
⁂ Paragenèse secondaires		
- micas blancs, amphibole bleu-vert, ab	η41	Perloz
- amphibole bleu-vert, ab, chl,	1231	Tey
- amphibole bleu-vert, ab, clinozoïsite	983	Oropa
- gl, aegyrine, micas blancs, épidotes, ab	1334	Quoassolo
- gl, gt, (épidote (sl.) micas blancs)	738	Quoassolo
- ab, amphibole bleu-vert (zoïsite, chl)	604	Albard
- zoïsite, micas blancs calcite	1	Autoroute après le tunnel de Quoassolo
- amphibole bleu-vert, micas blancs, gt, épi (sl.)	η18	Frassinetto
- gl, chl, épi	1334	Quoassolo

Dans l'échantillon 1334, on voit apparaître un pyroxène (secondaire), qui se développe autour de l'omphacite primaire en même temps que la glaucophane ; il est fortement coloré en vert et pléochroïque.

2) - Les jadéitites

Elles sont généralement plus rétromorphosées que les omphacitites, et il n'existe plus que des reliques ou des pseudomorphoses de pyroxène qui ont même composition minéralogique : ab, chl, amphibole bleu-vert, parfois glaucophane $\pm$ aegyrine.

a) - Description de l'échantillon N° 31

L'échantillon décrit (photo. N° 4) provient de la route qui monte à Frassinetto. Il forme un nodule de 50 cm environ dans les micaschistes éclogitiques.

L'échantillon est vert grisâtre à l'oeil nu et présente des zones enrichies en grenat, qui forment parfois des petits filonnets. En lame on peut voir :

- en paragenèse primaire : jadéite (q, gt), mica blanc,
- en paragenèse secondaire : glaucophane, zoïsite, aegyrine, ab,
- en troisième paragenèse : chlorite, amphibole bleu-vert, zoïsite,
- minéraux accessoires : minéraux opaques, rutile.

Le pyroxène incolore n'existe plus que sous forme de reliques ; sa biréfringence ne dépasse jamais le jaune du premier ordre. Cependant certaines jadéites associées à du quartz ne sont pas pseudomorphosées ; elles semblent blindées par lui ; il se transforme en albite, zoïsite, amphibole-vert dans les autres cas.

La glaucophane est très pléochroïque et se transforme en amphibole bleu-vert à sa périphérie ; elle envahit l'ancien pyroxène. Elle est associée à un pyroxène de couleur vert, qui à les propriétés de l'aegyrine (nous verrons plus loin que c'est un pyroxène intermédiaire entre la jadéite et l'aegyrine).

Le mica blanc peu abondant, est systématiquement entouré par de la zoïsite.

Le grenat à l'équilibre avec le pyroxène se transforme en petite épidote légérement verte et en chlorite verte.

L'amphibole bleu-vert entoure la glaucophane.

b) - Le polyphasage de l'échantillon N° 31

Dans cet exemple, on observe la transformation d'une roche à jadéite dans un faciès à glaucophane et pyroxène aegyrinique, puis dans le faciès amphibolite à épidote. On observe tout au long de la zone de Sesia-Lanzo une variation des paragenèses primaires et de rétromorphose dans ces jadéitites

c) - Paragenèses des jadéitites

	N°	Provenance
* Paragenèses primaires		
- jd, $\pm$ (q, ab)	132	Tour Est de Pont Canavèse
- jd, (gt, $\pm$ q, ab)	1001	Oropa
- jd, micas blancs, zoïsite ($\pm$ q, ab)	798	Navetta
- jd, gl, $\pm$ (q, ab)	584	Settimo Vittone
* Paragenèses secondaires		
- gl, zoïsite, micas blancs, $\pm$(q, ab)	798	Navetta
- gl, aegyrine, ab, zoïsite	1001	Oropa
- gl, zoïsite, ab	753	Quoassolo

B - CHIMISME DES PYROXENITES SODIQUES (Tableau X)

Deux de ces omphacites (échantillon N° 533 et 1) ont été analysées par fluorescence X ; deux autres analyses en sont données par Viterbo et al. (1968). Ces quatre analyses sont trop peu nombreuses et montrent une trop grande variété pour que l'on puisse en tirer quelque conclusion ; en particulier, en ce qui concerne les teneurs en silice et en sodium qui varient de plus de 10 %.

Tableau X : Analyses des omphacitites

	1	533
SiO_2	59,53	42,58
Al_2O_3	12,21	18,21
Fe_2O_3	1,39	3,00
FeO	1,85	4,11
MgO	5,95	11,54
CaO	10,73	11,52
Na_2O	7,23	2,88
K_2O	tr	1,41
TiO_2	0,13	0,39
H_2O^+	0,22	4,42
H_2O^-	tr	0,06
Total	99,24	100,12

I - Sesia-Lanzo : Quoassolo
1°) Px, micas (q, ab)
Analyste : M. LENOBLE (1973)

533 - Sesia-Lanzo : Quoassolo dans la carrière de marbre
1°) Px, micas q(ab), cc
Analyste : M. LENOBLE (1973)

C - LES MINERAUX DES OMPHACITITES ET DES JADEITITES

1) - Les pyroxènes

Il existe, comme nous l'avons vu précédemment, deux générations de pyroxènes :
- les pyroxènes primaires (omphacite ou jadéite)
- les pyroxènes secondaires (aegyrine)

a) - Les pyroxènes primaires (Tableau XI)

Ils sont incolores ou vert pâle, quelques fois maclés et zonés. La rétromorphose est plus ou moins marquée (présence de pseudomorphoses fréquentes). Le pyroxène, lorsqu'il est zoné (1) s'appauvrit en sodium du centre à la périphérie (diminution du pourcentage en jadéite).

L'étude des deux échantillons 1334 et 753 montre l'existence de deux pyroxènes primaires possédant des pourcentages en jadéite très différents(60 % et 90 % environ), dans la même roche.

b) - Le pyroxène secondaire (tableau XII)

Il apparaît quelquefois un pyroxène de rétromorphose de l'omphacite (1001, 1334) toujours de couleur verte ; sa composition, assez variable, dénote cependant une forte teneur en aegyrine. Dans la roche 1334, l'omphacite est à l'état relique et s'enrichit elle-même en aegyrine vers sa périphérie) ; dans la roche 1001, il n'existe plus que des pseudomorphoses du pyroxène primaire.

L'aegyrine peut également être zonée (1334).

Sur la carte schématique de Sesia-Lanzo, les teneurs en jadéite diminuent plus nettement du Nord au Sud (90 % au Sud ; 45 % au Nord) et d'Est en Ouest. (Les roches à deux pyroxènes primaires étant, comme il a été dit, intermèdiaires).(Fig. 15).

Dans le diagramme Dio-Aug-Jd-Aeg. (Dobretsov,1970) les pyroxènes analysés (Fig. 16) se séparent en deux groupes, de part et d'autre de jad 60 % - 85 % (voir chapitre III)

Tableau XI : Analyses des pyroxènes primaires des pyroxènites sodiques

	1334_1	1334_2	$\eta 14$	1P	1C
SiO_2	55,64	56,09	55,61	55,25	56,31
Al_2O_3	13,68	18,27	12,02	12,62	14,92
Fe_2O_3	6,79	6,86	3,18	2,79	3,02
FeO					
MnO	0,04	-	0,01	0,04	0,02
MgO	5,92	1,90	8,56	8,72	6,59
CaO	10,16	5,11	13,67	13,22	10,62
Na_2O	8,23	12,49	6,90	7,11	8,67
K_2O					
TiO_2	0,06	0,05	-	-	-
Total	100,53	100,77	99,96	99,76	100,15
Si	1,976	1,971	1,971	1,958	1,974
Al^{IV}	0,024	0,029	0,029	0,042	0,026
Al^{VI}	0,548	0,728	0,473	0,485	0,588
Fe^{3+}	0,202	0,202	0,094	0,082	0,088
Fe^{2+}					
Mn	0,001	-	-	0,001	0,001
Mg	0,313	0,099	0,452	0,460	0,344
Ca	0,386	0,192	0,519	0,502	0,448
Na	0,567	0,852	0,474	0,488	0,584
K					
Ti	0,001	0,001	-	-	-
Total	4,018	4,074	4,012	4,018	4,053

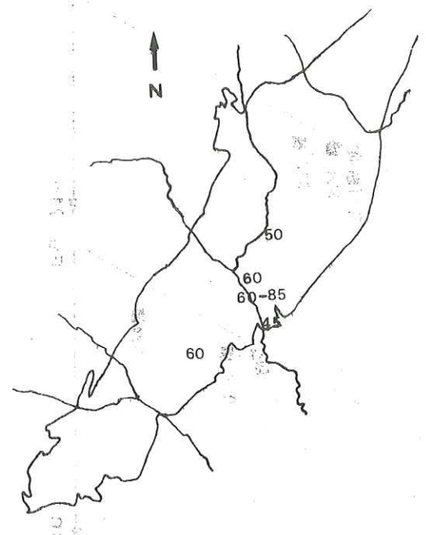
Tableau XI : suite

	533	753_1	753_2	604
SiO_2	55,21	55,08	53,99	54,20
Al_2O_3	12,09	22,16	13,89	10,04
Fe_2O_3	3,44	2,26	6,50	7,30
FeO				
MnO	0,03	0,03	0,06	0,02
MgO	9,34	0,96	5,67	8,53
CaO	13,69	1,71	10,12	13,87
Na_2O	6,91	16,02	9,42	6,31
K_2O				
TiO_2	-	-	-	0,10
Total	100,72	99,68	99,64	100,37
Si	1,948	1,918	1,946	1,958
Al^{IV}	0,042	0,082	0,054	0,042
Al^{VI}	0,460	0,900	0,546	0,375
Fe^{3+}	0,101	0,063	0,196	0,220
Fe^{2+}				
Mn	0,001	0,001	0,001	0,001
Mg	0,481	0,044	0,304	0,459
Ca	0,517	0,068	0,390	0,537
Na	0,473	1,064	0,658	0,442
K				
Ti				0,003
Total	4,023	4,140	4,085	4,047

Tableau XII : Analyses des pyroxènes secondaires des pyroxénites sodiques

	1001	1334C	1334P
SiO_2	49,01	50,62	52,74
Al_2O_3	2,27	8,47	7,27
Fe_2O_3	19,56	13,51	16,04
FeO			
MnO	0,59	0,15	0,18
MgO	5,49	6,09	5,37
CaO	18,59	11,33	12,42
Na_2O	3,89	8,79	7,03
TiO_2	-	-	-
Total	99,40	98,96	101,06
Si	1,950	1,929	1,977
Al^{IV}	0,050	0,071	0,023
Al^{VI}	0,601	0,309	0,298
Fe^{3+}	0,651	0,430	0,503
Fe^{2+}			
Mn	0,020	0,004	0,005
Mg	0,326	0,346	0,300
Ca	0,793	0,462	0,499
Na	0,300	0,650	0,511
Ti			
Total	4,147	4,201	4,116

FIG. 15: CARTE SCHEMATIQUE DES TENEURS EN JADEITE DES PYROXENES DES OMPHACITITES DANS LA ZONE DE SESIA-LANZO.



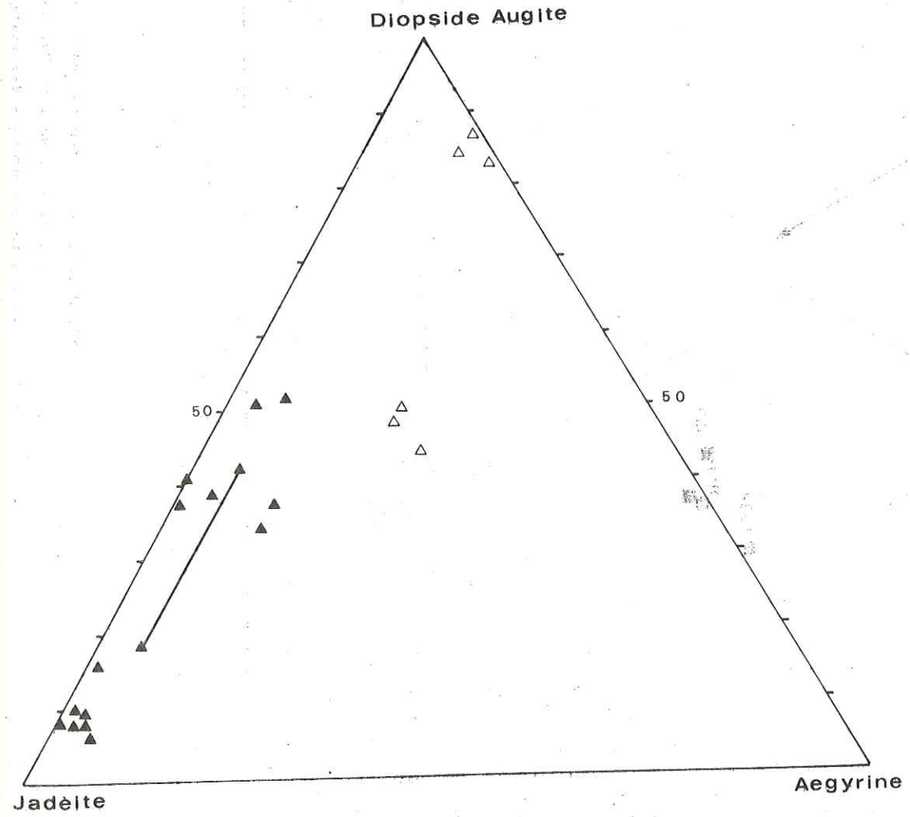


FIG. 16: POSITION DES PYROXENES DES OMPHACITITES DANS LE DIAGRAMME DIO,AUG-JD-AEG (DOBRETSOV 1970).
▲ PYROXENES PRIMAIRES
△ PYROXENES SECONDAIRES

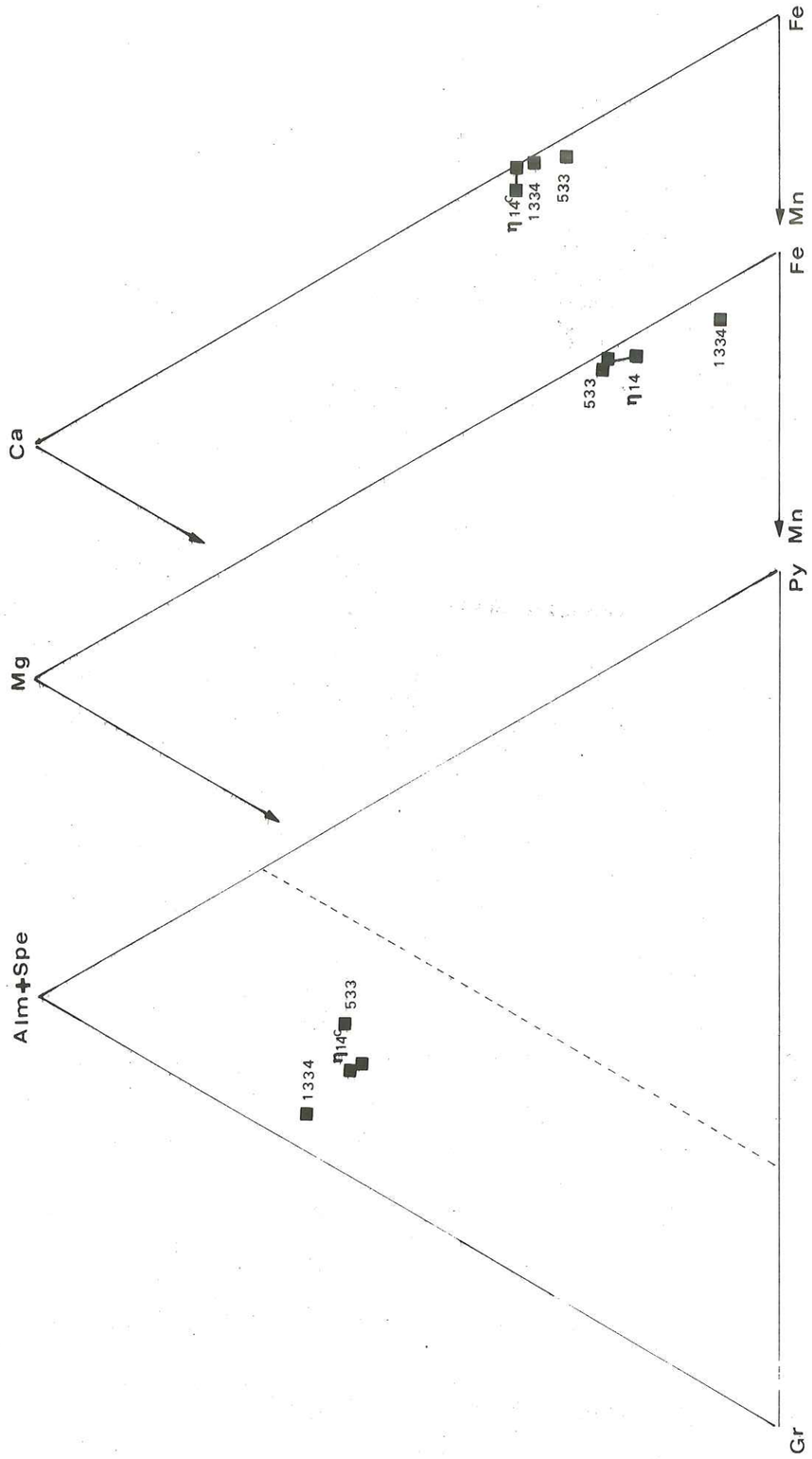


fig. 17: Position des grenats des omphacitites dans les triangles:
Almandin+Spessartine-Pyrope-Grossulaire (Coleman et al. 1968)
-- Limite des grenats des éclogites du groupe C de ces auteurs
Mg-Mn-Fe
Ca-Mn-Fe

2) - Les grenats (tableau XIII)

Au microscope, ils sont incolores ou légèrement rosés. Ce sont les minéraux les plus ateints par la rétromorphose : souvent on ne les trouve que sous forme de reliques.

Ces grenats sont parfois zonés (N14) , : Mno et CaO diminuent, FeO et MgO augmentent légèrement du coeur à la périphérie. (Brown, I967, I969).

Dans le diagramme de Coleman et al. (I965), les grenats des pyroxènites sodiques se trouvent dans le champ des éclogites C (Fig. 17).

3) - Les amphiboles (tableau XIV)

Quand elles sont primaires (rarement) ce sont toujours des glaucophanes ; le plus souvent les amphiboles sont secondaires : ce sont alors soit des glaucophanes (1334), soit des amphiboles bleu-vert (604). Dans les deux cas, elles peuvent être zonées : Les différentes amphiboles seront étudiées en détail dans le chapitre III.

4) - Les micas

Ce sont toujours des micas blancs, phengite ou paragonite (1) ou des solutions solides entre ces deux micas. Il existe très rarement des biotites verte issues de la rétromorphose des micas blancs et du grenat.

	N° I		
SiO_2	49,73	Si	6,153
Al_2O_3	38,62	Al^{IV}	1,847
FeO T	0,60	Al^{VI}	3,785
MgO	0,53	Fe	0,061
Na_2O	7,17	Mg	0,098
K_2O	0,68	Na	1,892
TiO_2	0,04	K	0,I07
		Ti	0,003
Total	97,39	Total	13,946

Tableau XIII : Analyses des grenats des omphacitites à la microsonde

	η^{14P}	η^{14C}	533	1334
SiO_2	36,62	36,64	37,54	37,17
Al_2O_3	23,17	23,76	24,07	23,79
FeO T	24,71	24,80	25,05	26,03
MnO	0,25	1,03	0,61	0,41
MgO	4,12	3,37	4,23	0,90
CaO	10,70	10,92	8,05	11,80
Total	99,58	100,53	99,54	100,10
Si	2,878	2,862	2,925	2,914
Al^{IV}	0,222	0,138	0,075	0,086
Al^{VI}	1,924	2,049	2,135	2,131
Fe	1,624	1,620	1,632	1,800
Mn	0,017	0,068	0,040	0,025
Mg	0,483	0,392	0,491	0,103
Ca	0,901	0,914	0,671	0,917
Total	8,049	8,043	7,969	7,966
Py	14	13	17,5	4
Alm	55	54	57	63
Gross	30,5	30,5	24	32
Spess	0,5	2,5	1,5	1

Tableau XIV : Analyses des amphiboles des omphacitites à la microsonde

	1334c	1334p	604c	604p
SiO_2	53,52	52,56	50,80	54,48
Al_2O_3	10,68	12,39	6,28	2,24
FeO T	18,22	17,99	18,02	15,19
MnO	0,02	-	0,25	0,34
MgO	7,33	6,45	12,21	14,84
CaO	0,75	1,20	6,89	8,85
Na_2O	6,95	6,83	3,35	1,23
TiO_2	-	-	0,08	0,06
K_2O	0,02	-	-	-
Total	97,45	97,32	97,87	97,23
Si	7,709	7,579	7,446	7,892
Al^{IV}	0,291	0,421	0,554	0,108
Z	8,000	8,000	8,000	8,000
Al^{VI}	1,582	1,671	0,530	0,274
Fe T	1,967	2,168	2,210	1,840
Mn	-	-	0,030	0,042
Mg	1,573	1,387	2,668	3,204
Ti			0,008	0,006
Y	5,122	5,226	5,438	5,360
Ca	0,115	0,185	1,082	1,372
Na	1,940	1,909	0,952	0,344
K	0,003	-		
X + A	2,058	2,094	2,042	1,722

5) - Les épidotes (sl.)

Les épidotes primaires ne sont représentées que par la zoïsite. Lorsqu'elles sont secondaires, il peut aussi apparaître de la clinozoïsite, parfois de la pistachite, très rarement une épidote rosée (allanite).

6) - Les chlorites

Si elles appartiennent à la première paragenèse, ce sont toujours des chlorites incolores et très magnésiennes (533, 534) ; elles sont alors à l'équilibre avec le pyroxène. Le plus souvent les chlorites des omphacitites et des jadéitites sont vertes et proviennent de la rétromorphose du pyroxène, ou du grenat quand celui-ci existe.

533

SiO_2	26,94	Si	5,379
Al_2O_3	20,23	Al^{IV}	0,621
FeO T	16,52	Al^{VI}	4,139
MnO	0,28	Fe	2,758
MgO	24,44	Mn	0,047
		Mg	7,275
Total	88,42	Total	20,219

7) - L'albite

Comme dans les éclogites, l'albite peut être primaire ou secondaire. (La présence d'albite à l'équilibre avec le pyroxène sera commentée dans le chapitre III).

III - LES AMPHIBOLITES A GLAUCOPHANE

On passe des éclogites à glaucophane primaire aux amphibolites à glaucophane par une diminution des pourcentages modaux de pyroxène et de grenat au profit de l'amphibole. (Tous les intermédiaires ont été observés dans la zone de Sesia-Lanzo).

L'amphibole bleue est toujours associée à du grenat, de la zoïsite, (du pyroxène), de la lawsonite, (du quartz, de l'albite).

On a vu précédemment l'existence d'éclogites à glaucophane primaire. Par conséquent, l'assemblage glaucophane-grenat peut avoir cristallisé aussi bien sous les conditions du faciès éclogite que sous celles du faciès amphibolite à glaucophane : nous désignerons les roches correspondantes par "amphibolite à glaucophane primaire". En revanche, lorsqu'il existe du pyroxène à l'état de relique, on peut considérer que l'assemblage glaucophane-grenat s'est formé sous les conditions du faciès amphibolite à glaucophane. Nous désignerons les roches correspondantes sous le nom d' "amphibolite à glaucophane secondaire".

En fonction des minéraux associés à la glaucophane, je distinguerai trois types d'amphibolites bleues :

- les amphibolites à glaucophane et grenat où l'amphibole bleue peut être primaire ou secondaire,
- les amphibolites à glaucophane et zoïsite (primaires ou secondaires)
- les amphibolites à lawsonite (ou pseudomorphoses de lawsonite) où glaucophane et lawsonite sont toujours primaires.

A - DESCRIPTION

1) - Description d'une amphibolite à glaucophane primaire et grenat (Photo. N° 5)

L'échantillon 90 a été pris dans la carrière sur le bord de l'Orco, avant Pont-Canavèse ; il forme le centre d'un nodule

d'éclogite, dans un gneiss à pyroxène. Il est de couleur bleue et l'on observe à l'oeil nu de grandes aiguilles d'amphibole (3 à 4 mm) bleu-foncé.

Au microscope on distingue :

- en première paragenèse : glaucophane + grenat,
- en seconde paragenèse : amphibole bleu-vert, chlorite, albite,
- les minéraux accessoires : rutile, apatite, minéraux opaques.

La glaucophane est peu pléochroïque ; les minéraux opaques envahissent son coeur. Elle se transforme à sa périphérie en petits grains d'amphibole bleu-vert, assez peu colorée.

Le grenat se présente sous forme de gros grains très craquelés. Il se rétromorphose, dans les fissures et à sa périphérie, en chlorite vert-pâle.

Ce type d'amphibolite à glaucophane est courant dans la zone de Sesia-Lanzo (amphibolites à glaucophane et grenat primaires, les plus fréquentes, ou amphibolites à glaucophane secondaire). Dans cette roche, on observe la rétromorphose d'une amphibolite à glaucophane dans le faciès "schiste vert".

2) - Description d'une amphibolite à glaucophane secondaire et zoïsite (Photo. N° 6)

L'échantillon N° 145 a été prélevé sur les bords de l'Orco, a deux Km en aval de Cuorgne. Il forme un nodule aplati, d'une vingtaine de cm de diamètre, au sein d'un gneiss à glaucophane, pyroxène, zoïsite. La roche est de couleur bleu-foncé, avec quelques taches vertes de pyroxène rétromorphosé et quelques taches jaune-verdâtre de zoïsite.

En lame mince, on distingue :

- en paragenèse primaire : omphacite, seule relique de cette paragenèse.
- en paragenèse secondaire : glaucophane, zoïsite,
- en paragenèse tertiaire : micas blancs, amphibole bleu-vert, calcite, chlorite, albite,
- les minéraux accessoires : minéraux opaques, sphène.

Le pyroxène relique, se présente en petits cristaux verdâtres complètement déchiquetés pénétrés par de la glaucophane et de l'amphibole bleu-vert.

La glaucophane est légèrement pléochroïque et forme tout le fond de la lame. Elle est souvent poecilitique et contient des inclusions de minéraux opaques et de sphène. Dans les fissures et à son pourtour elle se transforme en amphibole bleu-vert, rarement en chlorite et en petits micas blancs.

La zoïsite est à l'équilibre avec l'amphibole. Elle présente une légère zonation.

La calcite et l'albite sont en grandes plages poecilitiques englobant indifféremment tous les autres minéraux. On observe dans cette roche un polyphasage net :

1) : stade à omphacite
2) : stade à glaucophane
3) : stade à albite, amphibole bleu-vert, chlorite.

Ce type d'amphibolite est aussi fréquent que celui précèdemment décrit.

3) - Description d'une amphibolite à glaucophane primaire et à lawsonite (Photo. 7)

La roche 1423 provient du lit de la Soana, sous Pont Canavèse ; elle forme un banc d'environ 1 m d'épaisseur, entre des gneiss et des micaschistes éclogitiques. A l'oeil nu, on remarque des prismes (1 à 2 cm) plus ou moins losangiques, de couleur beige-clair, se détachant sur un fond bleu-foncé.

En lame mince on observe :

- en première paragenèse : glaucophane, lawsonite actuellement pseudomorphosée, grenat,
- en seconde paragenèse : chlorite, micas blancs, albite, zoïsite, amphibole bleu-vert, amphibole verte.
- Les minéraux accessoires : rutile (entouré de sphène), apatite, minéraux opaques.

La glaucophane est en grands cristaux reliques très peu pléochroïques. Seul le coeur du minéral reste intact ; la périphérie est remplacée par de la chlorite verte et de l'amphibole bleu-vert.

Le grenat, peu abondant, est en petits grains automorphes qui se transforment en chlorite verte à leur périphérie et dans les fissures.

Les pseudomorphoses de lawsonite forment le reste de la roche. La forme du minéral originel est parfaitement conservée ; ces pseudomorphoses se composent en majeure partie de zoïsite, d'un peu de chlorite, de micas blancs, de petites amphiboles vertes et d'albite. Ces pseudomorphoses seront interprétées dans le chapitre IV.

On peut citer de plus dans cette roche quelques filons albitiques. Dans l'échantillon décrit, on observe le passage du faciès à glaucophane - lawsonite au faciès amphibolite à épidote.

Ces amphibolites à glaucophane primaire et lawsonite sont peu nombreuses dans la zone de Sesia-Lanzo ; elles sont localisées uniquement au Sud de la zone étudiée.

4) - Variations paragénétiques des 3 types d'amphibolites à glaucophane.

	N°	Provenance
⁂ Paragenèses à glaucophane primaire		
- gl, px, gt, ± micas blancs, q, ab, zoïsite	598	Torre Daniele
- gl, gt, ± micas blancs, q, ab, zoïsite	831	Frassinetto
- gl, law, gt, ± micas blancs, q, ab, zoïsite	1423	Val Soana
- gl, zoïsite	537	Ivozio
⁂ Paragenèses à glaucophane secondaire		
- gl, gt, micas blancs, ± q, ab	898	Route de Pont St Martin à Perloz
- gl, zoïsite, micas blancs, ± q, ab	1176	Rassa, Val Sesia
- gl, gt, zoïsite, micas blancs, ± q, ab	702	Près Grand Vert
⁂ Paragenèses succédants aux amphilotites à glaucophane		
- amphibole bleu-vert, chl, épidote, (sl.) q,	130	Perloz
- amp., micas, zoïsite, chl, ab, amphibole verte	1423	Val Soana

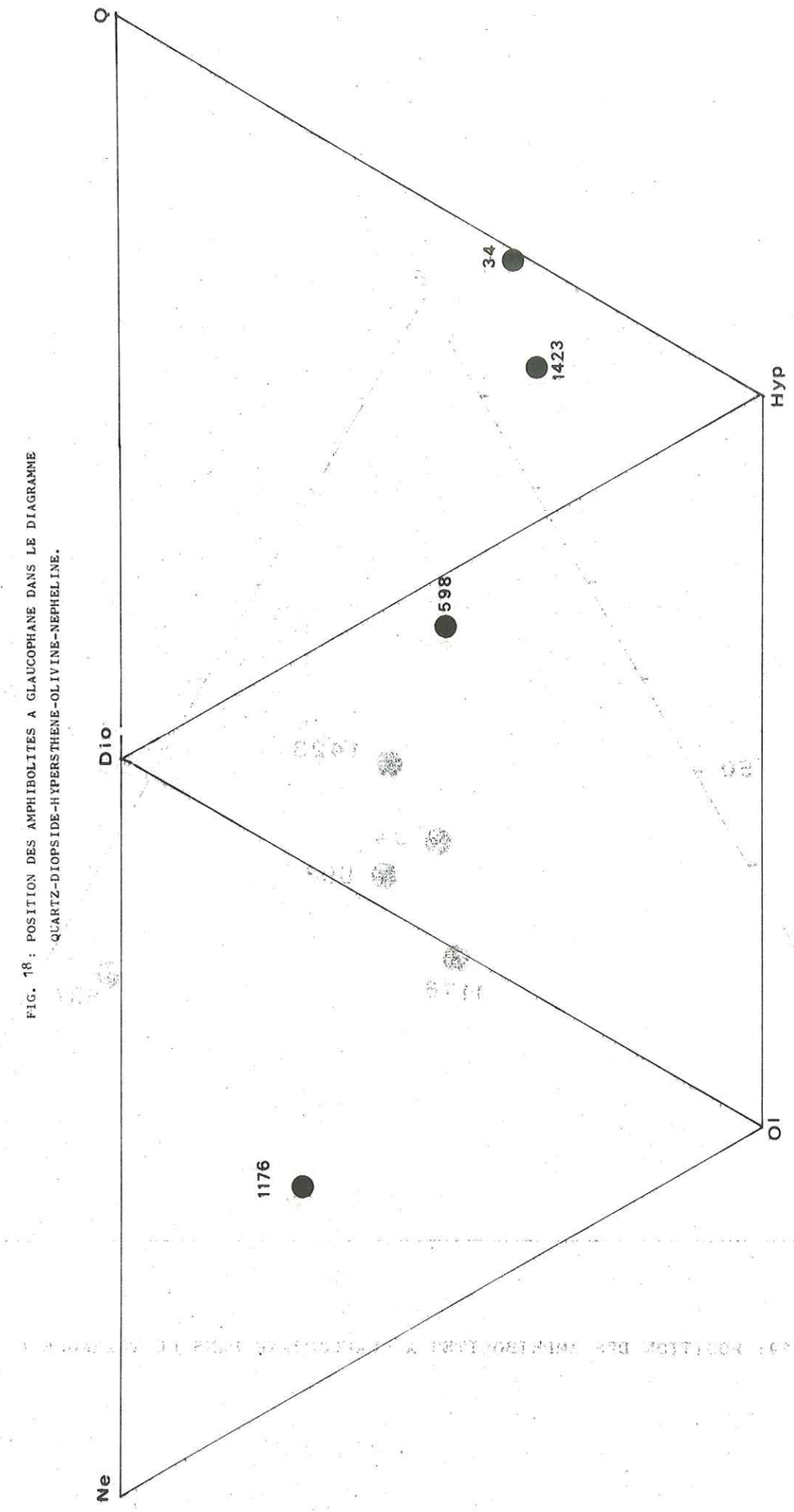


FIG. 18: POSITION DES AMPHIBOLITES A GLAUCOPHANE DANS LE DIAGRAMME QUARTZ-DIOPSIDE-HYPERSTHENE-OLIVINE-NEPHELINE.

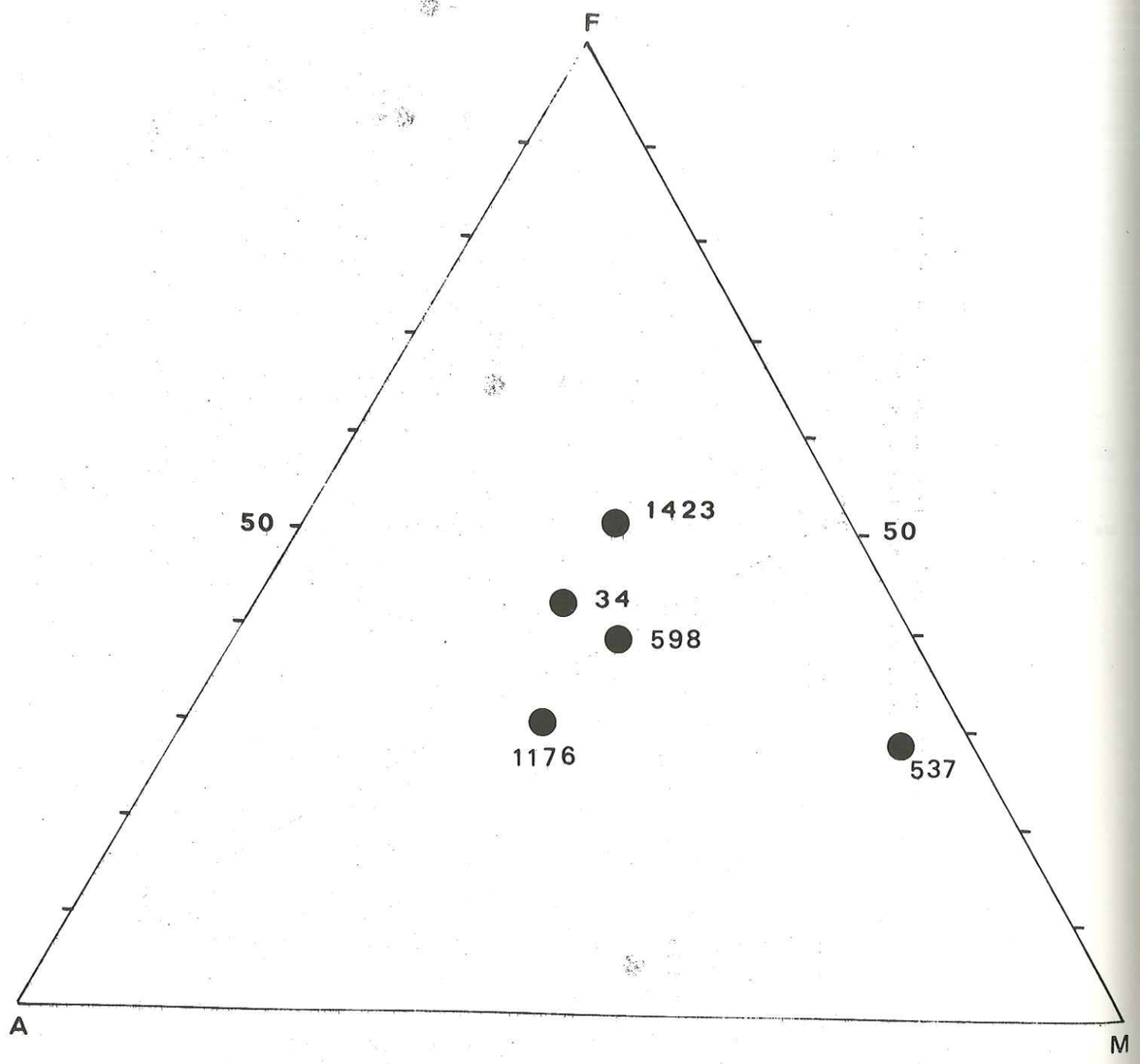


FIG. 19: POSITION DES AMPHIBOLITES A GLAUCOPHANE DANS LE TRIANGLE A-F-M

B - CHIMISME DES AMPHIBOLITES A GLAUCOPHANE (Tableau XV)

Cinq de ces roches ont été analysées par fluorescence X ou par voie humide. Deux analyses sont données par Viterbo et al.. Certaines des amphibolites à glaucophane contiennent un peu de quartz normatif, d'autres contiennent un peu de néphéline normative (Fig. 18).

La roche 537 d'Ivozio dans le diagramme AFM montre une tendance gabbroique (Fig. 19). Les analyses sont trop variées et trop insuffisantes pour que l'on puisse en tirer une conclusion précise ; on peut dire cependant que les amphibolites à glaucophane correspondent à des roches basiques plus ou moins leucocrates.

C - LES MINERAUX DES AMPHIBOLITES A GLAUCOPHANE

1) - Les pyroxènes (Tableau XVI)

Ils sont toujours primaires. Les cristaux sont incolores ou vert-pâle, parfois maclés. Le degré de rétromorphose est variable (il ne reste parfois que des pseudomorphoses). Aucune zonation n'a été décelée dans ces pyroxènes. Ces pyroxènes ont été placés, dans le diagramme de Dobretsov (1970) fig. 20.

2) - Les grenats (Tableau XVII)

Ils sont soit incolores soit rosés, et peuvent être complètement rétromorphosés. Il existe parfois une zonation dans ces grenats, (598) avec enrichissement en MnO, MgO et CaO au coeur, (Brown, 1967, 1969).

Lorsque le grenat n'est pas à l'équilibre avec la glaucophane, (1176) il possède une teneur plus importante en CaO.

Dans le diagramme de Coleman et al. Ces grenats se superposent aux éclogites du groupe C, celles liées aux schistes à glaucophane (Fig. 21).

3) - Les amphiboles (Tableau XVIII)

Ce sont donc des amphiboles bleues quand elles sont primaires (1423, 598, 1176, 34, 537). L'amphibole 537, qui est à l'équilibre avec de la chlorite incolore, est très riche en magnésium.

Tableau XV : Analyses des amphibolites à glaucophane

	1423	598	1176	537	34
SiO_2	52,48	55,80	49,40	41,56	52,05
Al_2O_3	17,47	13,73	20,97	14,35	21,90
Fe_2O_3	3,36	3,54	2,04	1,75	3,15
FeO	6,48	5,05	3,00	6,79	3,58
MnO	–	–	–	–	0,05
MgO	5,00	7,39	5,36	19,41	4,39
CaO	6,84	8,16	9,50	6,76	5,79
Na_2O	3,43	5,62	4,38	1,90	2,34
K_2O	0,77	0,37	1,90	0,35	2,55
TiO_2	1,65	0,49	0,75	0,34	0,52
P_2O_5	-	-	-	0,15	0,04
H_2O^+	3,02	1,87	2,51	6,51	3,58
H_2O^-	0,03	0,03	0,17	0,16	0,19
Total	100,53	100,05	99,98	100,03	100,13
			NORMES C. I. P. W.		
Q	5,41				8,38
Or	4,55	2,19	11,23	2,07	15,07
Ab	29,02	47,56	22,55	12,98	19,80
An	30,00	11,15	31,95	29,59	28,46
Ne			7,86	1,68	
Di	3,19	15,52	12,04	2,35	
Hy	17,31	13,51			14,14
Ol		2,16	7,29	41,15	
Mt	4,87	5,13	2,96	2,54	4,57
Il	3,13	0,93	1,42	0,65	0,99
Ap				0,35	0,09
C					4,86
H_2O T	3,05	1,90	2,68	6,67	3,77
Total	100,53	100,05	99,98	100,04	100,13
A	22,06	27,26	37,65	7,45	30,54
F	51,68	39,10	30,22	28,28	42,04
M	26,26	33,64	32,13	64,27	27,42

1423 - Dans le lit de la Soana en aval de Pont Canavese
1) - gl, law relique, gt
2) - zoi, ab, (q), amp bleu-vert, chl
Analyste : M. LENOBLE (1973)

598 - Torre Daniele
1) - gl, gt, (omp), zoi, ab
2) - amp bleu-vert
Analyste : M. LENOBLE (1973)

1176 - Rassa, Val Sesia
1) - gl, gt, (omp), mica, zoi
2) - cd, amp bleu-vert
Analyste : M. LENOBLE (1973)

34 - Route d'Alpette
1) - gl, law relique, gt, mica
2) - chl, zoi, ab
Analyste : N. VASSARD (1972)

537 - Ivozio
1) - gl, chl, zoi
Analyste A. BERARD-NETILLARD (1973)

Tableau XVI : Analyses des pyroxènes primaires des amphibolites à glaucophane

	1176	598
SiO_2	52,63	57,39
Al_2O_3	10,21	12,22
Fe_2O_3	4,92	2,36
FeO		
MnO	0,12	0,02
MgO	8,72	9,17
CaO	12,14	13,41
Na_2O	9,47	6,61
TiO_2		
Total	98,21	101,19
Si	1,954	1,982
Al^{IV}	0,046	0,018
Al^{VI}	0,382	0,482
Fe^{3+}	0,148	0,068
Fe^{2+}		
Mn	0,017	0,001
Mg	0,473	0,474
Ca	0,473	0,499
Na	0,668	0,445
Ti		
Total	4,171	3,969

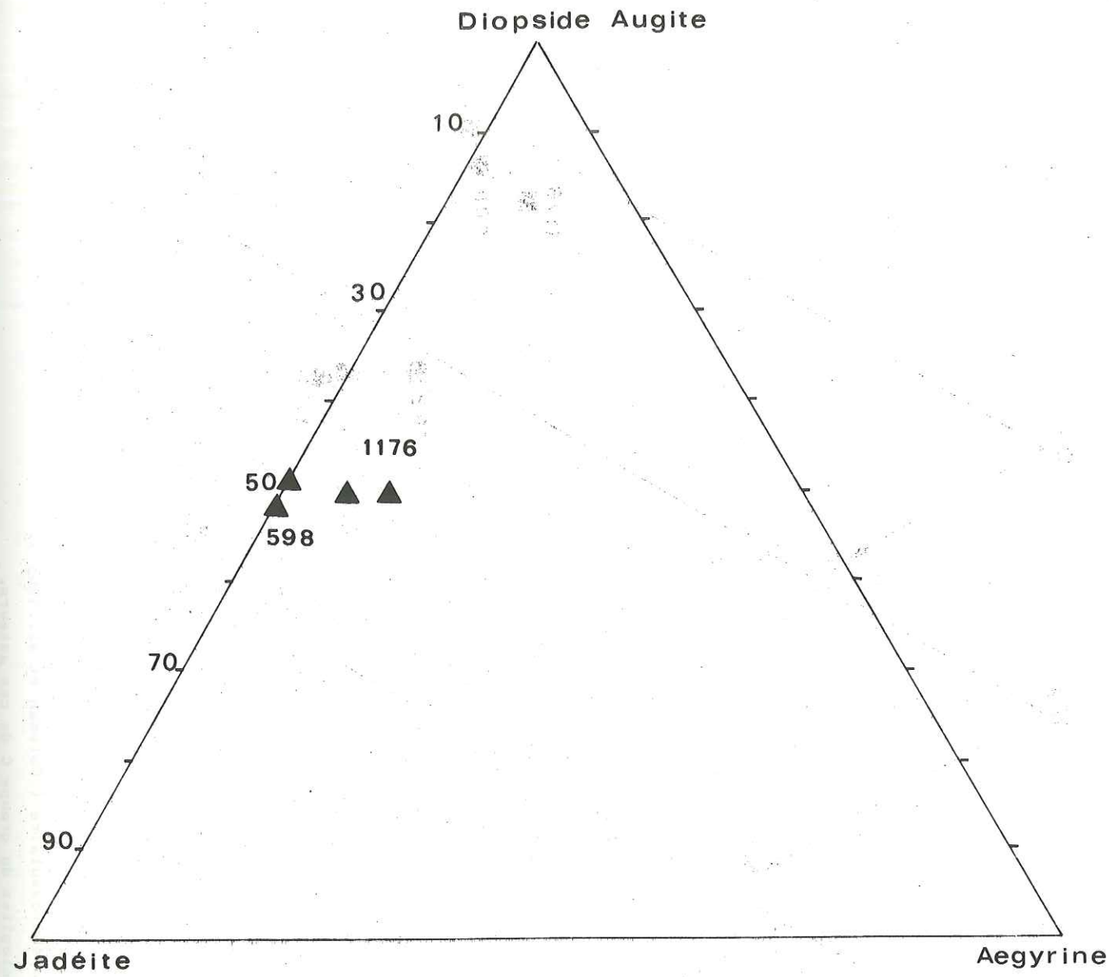


fig.20 : Position des pyroxènes des amphibolites à glaucophane dans le triangle Jd-Aeg-Dio+Aug (Dobretsov 1970).

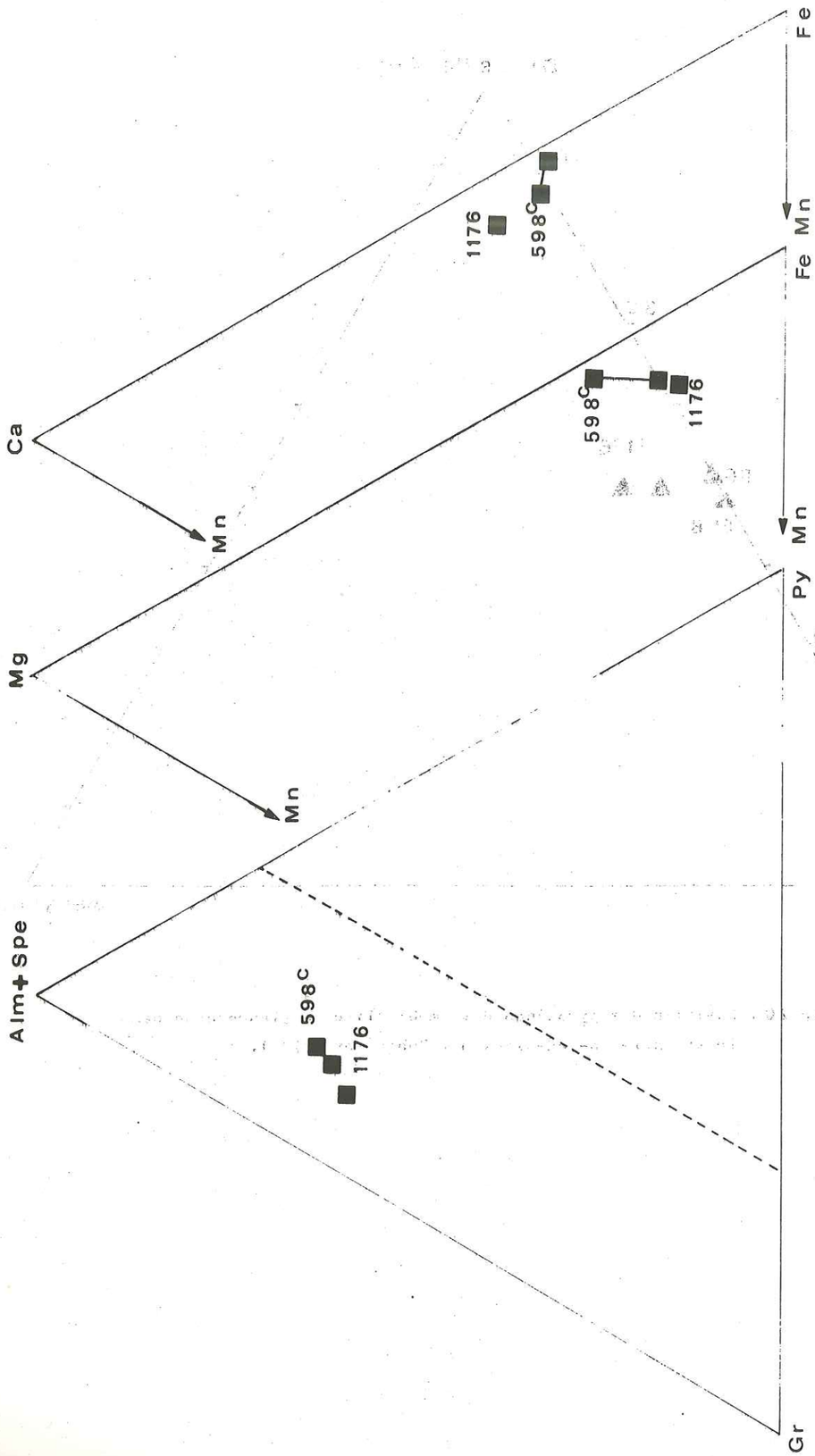


fig. 21: Position des grenats des amphibolites à glaucophane dans les triangles:
Almandin+Spessartine-Pyrope-Grossulaire (Coleman et al. 1965).
-- Limite des grenats des éclogites du groupe C de ces auteurs.

Mg-Mn-Fe
Ca-Mn-Fe

Tableau XVII : Analyses des grenats des amphibolites bleues à la microsonde

	598C	598P	1176
SiO_2	37,99	38,58	39,35
Al_2O_3	23,83	23,41	22,10
FeO T	24,06	23,67	23,48
MnO	2,07	0,43	2,32
MgO	2,88	4,56	2,33
CaO	9,62	9,00	12,28
Total	100,45	99,66	101,86
Si	2,949	2,984	3,026
Al^{IV}	0,051	0,016	–
Al^{VI}	2,129	2,118	2,004
Fe	1,562	1,531	1,510
Mn	0,136	0,027	0,151
Mg	0,333	0,526	0,267
Ca	0,800	0,746	1,012
Total	7,960	7,948	7,970
Py	12	18,5	9
Alm	55	54	51
Gross	28	26	34
Spess	5	1	5

Tableau XVIII : Analyses des amphiboles des amphibolites à glaucophane

	1423	1176	598c	598p	537	1423
SiO_2	52,73	54,85	54,29	53,98	52,10	50,89
Al_2O_3	5,68	12,74	13,96	12,75	5,90	4,06
Fe_2O_3	15,73	9,47	7,67	10,73	4,99	17,18
FeO					2,29	
MnO	0,28	0,08	0,02	0,04	0,05	0,33
MgO	12,38	12,01	12,36	12,07	18,70	12,17
CaO	7,42	1,42	1,16	4,04	10,75	9,47
Na_2O	3,02	5,87	6,26	5,06	2,47	2,48
K_2O	-	0,06	0,06	0,14	0,24	0,12
TiO_2					0,05	
P_2O_5					0,02	
H_2O^+					1,25	
H_2O^-					1,04	
Total	97,33	96,51	97,78	99,41	99,85	96,69
Si	7,591	7,630	7,560	7,418	6,982	7,511
Al^{IV}	0,409	0,370	0,440	0,582	0,931	0,499
Z	8,000	8,000	8,000	8,000	7,913	8,000
Al^{VI}	0,555	1,718	1,826	1,482	-	0,207
Fe^{3+}	1,893	1,100	0,886	1,230	0,502	2,121
Fe^{2+}					0,253	
Mn	0,009	0,008	-	-	0,004	0,040
Mg	2,657	2,489	2,586	2,468	3,733	2,677
Y	5,113	5,315	5,298	5,180	4,496	5,045
Ca	1,144	0,209	0,170	0,680	1,542	1,497
Na	0,842	1,580	1,682	1,346	0,636	0,709
K	-	0,008	0,008	0,016	0,040	0,013
X+A	1,986	1,797	1,860	2,042	2,218	2,219

Tableau XIX : Analyses des micas des amphibolites à glaucophane

	1423	34	34_1	34_2
SiO_2	52,81	47,79	47,85	47,36
Al_2O_3	35,26	40,82	34,10	39,34
FeO T	0,55	0,36	0,95	0,44
MgO	0,98	0,39	2,42	0,51
Na_2O	4,46	5,62	0,74	6,22
K_2O	3,18	1,80	8,61	1,16
TiO_2	0,05	0,11	0,12	0,07
Total	97,30	97,10	94,81	95,09
Si	6,541	6,000	6,266	6,042
Al^{IV}	1,459	2,000	1,734	1,958
Al^{VI}	3,689	4,017	3,528	3,960
Fe	0,057	0,037	0,103	0,046
Mg	0,181	0,072	0,472	0,096
Na	1,177	1,362	0,187	1,540
K	0,502	0,287	1,437	0,189
Ti	0,004	0,010	0,011	0,007
Total	13,610	13,785	13,738	13,838

Les glaucophanes sont parfois zonées (598) (enrichissement en sodium et aluminium, et appauvrissement en calcium au centre). Il existe aussi des amphiboles secondaires bleu-vert, ou vertes (1423).

4) - Les micas (Tableau XIX)

Il n'existe que des micas blancs (phengite ou paragonite, ou solution solide phengite – paragonite) (1423, 34).

Dans les pseudomorphoses de lawsonite, les compositions approximatives obtenues à la microsonde (les minéraux étant trop petits pour obtenir des résultats précis), permettent de penser que talc et pyrophyllite sont présents.

5) - Les épidotes

Ce sont des zoïsites primaires ou de rétromorphose (1423) ; elles sont très souvent zonées : zoïsite au coeur, clinozoïsite à la périphérie.

	1423	34C	34P
SiO_2	40,12	39,52	38,60
Al_2O_3	30,03	31,88	31,33
FeO T	3,98	1,47	4,72
MnO	0,13	0,07	0,14
CaO	23,60	26,10	25,44
Total	97,85	99,05	100,23
Si	5,942	5,760	5,652
Al	5,243	5,477	5,407
Fe	0,492	0,179	0,578
Mn	0,016	0,009	0,017
Ca	3,744	4,075	3,990
Total	15,437	15,500	15,644

6) - Les chlorites (Tableau XX)

Dans un cas, cette chlorite est primaire et à l'équilibre avec la glaucophane (537). Elle est alors très magnésienne et a une composition proche d'une leuchtenbergite. Les autres sont des chlorites vertes de rétromorphose (1423).

7) - L'albite

Comme pour les roches précédentes, elle peut appartenir à la première ou à la seconde paragenèse.

8) - La lawsonite

Elle est parfois présente dans les amphibolites à glaucophane du Sud de la zone de Sesia-Lanzo, soit à l'état de pseudomorphoses (Alpette, Val Soana), soit fraîche (amphibolite de Corio).

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail: ptalour@ujf-grenoble.fr

Tableau XX : Analyses des chlorites des amphibolites bleues

	537	1423	34
SiO_2	28,03	26,33	27,29
Al_2O_3	19,12	21,54	22,19
Fe_2O_3	4,98	25,11	17,50
FeO	9,17		
MnO	0,10	0,24	0,24
MgO	26,61	15,26	20,07
Na_2O	0,08		
K_2O	0,11		
TiO_2	0,15	0,04	0,03
P_2O_5	0,07		
H_2O	12,57		
Total	100,89	88,52	87,32
Si	5,476	5,467	5,508
Al^{IV}	2,524	2,533	2,492
Al^{VI}	1,880	2,639	2,798
Fe^{3+}	0,732	4,360	2,953
Fe^{2+}	1,496		
Mn	0,010	0,043	0,040
Mg	7,744	4,723	6,041
Na	0,022		
K	0,022		
Ti	0,020	0,005	0,004
P	0,008		
Total	19,932	19,870	19,826

IV - LES GRENATITES

Il existe quelques rares nodules de grenatites dans les marbres et les gneiss ; parfois on observe une "ségrégation" des minéraux des éclogites, et il se forme alors des filonnets de grenatites (Perloz).

1) - Description

La roche 1335, a été prélevée le long du chemin muletier qui monte à Pesse, dans des gneiss à pyroxène.

L'échantillon est rose et on peut voir à l'oeil nu du grenat et du quartz. En lame mince, le grenat, légèrement rose, est très craquelé. Les grains sont cimentés par du quartz. Dans les fissures, le grenat se transforme en chlorite, stilpnomélane et amphibole bleu-vert.

On observe aussi de petits grains de glaucophane $\pm$ fortement pléochroïques, qui semblent à l'équilibre avec le grenat. Elles se transforment à leur périphérie en petites amphiboles bleu-vert.

Il existe de plus quelques micas blancs et de la zoïsite.

V - LES AMPHIBOLITES VERTES A GRENAT

Je n'en ai trouvé qu'un seul exemple dans la zone éclogitique de Sesia-Lanzo. C'est une roche particulière ; elle est très compacte de couleur vert-noir, la dimension des amphiboles est de 3 à 4 mm.

Cette amphibolite ne contient que deux minéraux : une amphibole vert-pâle et un grenat.

La structure est en "nid d'abeille", c'est à dire que les grenats forment systématiquement une couronne autour de l'amphibole.

LES ROCHES ACIDES

La plupart des roches de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo sont des roches acides : gneiss ou micaschistes. Tous les intermédiaires entre les roches acides et les roches basiques ont été observés (enrichissement de plus en plus important en quartz et quartz albite.)

Dans leur grande majorité, les roches acides sont des gneiss et des micaschistes éclogitiques, c'est à dire qu'ils comprennent les mêmes minéraux que les éclogites (px, gt, gl) mais en quantité inférieure (20 à 30 % de la roche environ) ; il existe cependant quelques gneiss et micaschistes où ces minéraux sont absents. Ces roches acides présentent une grande variété du point de vue minéralogique et de la proportion des minéraux.

I - LES GNEISS ECLOGITIQUES

Sur le terrain les gneiss sont le plus souvent en bancs de dimension variable (quelques cm à quelques m), très rarement en nodules.

A - DESCRIPTION

Deux échantillons seront décrits, 1364a et 1364b (photo. 8) ; ces deux gneiss forment de petits bancs d'une quinzaine de cm de couleur rouge (1364a) et blanche (1364b) en alternance, dans le lit de la Chiusella, sous Delpizzen; la différence de teinte entre ces deux gneiss laisse prévoir une différence de composition chimique.

1) - 1364b (blanc)

A l'oeil nu, on peut voir de grands cristaux de glaucophane et de pyroxène verdâtre.

En lame mince, on observe :

- en première paragenèse : glaucophane, jadéite, mica blanc, albite, quartz, zoïsite.
- en seconde paragenèse : chlorite, amphibole bleu-vert, mica blanc , clinozoïsite.
- les minéraux accessoires : apatite, rutile, sphène, minéraux opaques.

Le pyroxène incolore est en grandes plages plus ou moins automorphes, comprenant de nombreuses cavités remplies par du quartz. Il contient parfois des inclusions de grenat et de mica blanc.

Le grenat est légèrement rosé, très fissuré. Il se transforme à sa périphérie en chlorite liée à de petits micas blancs. A sa périphérie apparaissent chlorite et zoïsite.

La glaucophane est faiblement pléochroïque, et contient souvent des inclusions de grenat et de mica blanc. Elle se transforme en amphibole bleu-vert à son pourtour.

Le mica blanc se trouve en grandes lattes plus ou moins tordues.

La clinozoïsite est en petits grains, liés aux petites amphiboles secondaires.

L'albite et le quartz se présentent en petits cristaux comblant des vides entre les minéraux de la première paragenèse.

Le rutile est systématiquement entouré de sphène.

La minéralogie de ce gneiss est semblable à celle de certaines roches à glaucophane, seuls le quartz et l'albite sont plus abondants.

Le polyphasage : dans cet échantillon, on observe la rétromorphose du faciès éclogitique dans le faciès amphibolite à épidote.

2) - 1364a (rouge)

Ce gneiss de couleur brun-rouge montre aussi de grandes glaucophanes à l'oeil nu ; on distingue quelques cristaux de pyroxènes (moins abondant que dans l'échantillon précédent).

Au microscope, on voit :

- en paragenèse primaire : pyroxène (rare), glaucophane, grenat mica blanc, zoïsite, albite, quartz.
- en paragenèse secondaire : chlorite, mica blanc, clinozoïsite, amphibole bleu-vert.
- les minéraux accessoires : rutile entouré de sphène, apatite, minéraux opaques.

Le pyroxène est peu abondant et toujours sous forme de relique. Il est très poecilitique et contient du grenat, des minéraux opaques et du mica blanc. Les reliques sont entourées de chlorite, de petits micas blancs et d'amphibole bleu-vert.

La glaucophane est peu pléochroïque et moins rétromorphosée que dans l'échantillon 1364b. Elle peut contenir des inclusions de grenat et de mica blanc. Elle se transforme à sa périphérie en une petite amphibole bleu-vert et en un peu de chlorite.

Le grenat légèrement coloré en rose, il présente de nombreuses fissures et se transforme en chlorite verte.

La zoïsite est zonée par de la clinozoïsite à sa périphérie.

Le quartz et l'albite sont en petits cristaux et forment le fond de la roche.

Le polyphasage : là encore, on observe le passage du faciès éclogite au faciès amphibolite à épidote.

B - VARIATIONS PARAGENETIQUES

Les paragenèses observées dans les gneiss éclogitiques, seront données en deux groupes en fonction de la génération du plagioclase (albite primaire ou secondaire).

* albite primaire	N°	Provenance
- omp, gt, gl, micas blancs, q, ab	1366	Val Chiusella
- gl, gt, mica blanc , q, ab	776	Ste Elizabeth
- omphacite, q, ab	475	Route d'Andrate
- glaucophane, mica blanc , ab, q	1500	Lac Bargno
- gt, micas blancs, épidote (sl.)	640	Ivery
- gl, épidote, q, ab	948	Route de Perloz
- omp, gt, mica, épidote, q, ab	54	Quoassolo
- omp, chl, mica blanc , ab, (q)	534	Ivozio
- gl, law, gt, ab, a	341	Route d'Alpette
- omp, gt, chl, zoïsite, ab, q	532	Ivozio
- ctd, gt, gl, micas, ab, q	271	Ingria

La lawsonite est parfois présente dans les gneiss, uniquement dans le Sud de la zone de Sesia-Lanzo où le pyroxène peut être de la jadéite.

* albite secondaire	N°	Provenance
- ab, chl, mica blanc	222	Route d'Ingria à Pont Canavèse
- ab,chl,mica blanc,amp bleu-vert, (épi sl.) q	1543	Lac Vargno
- ab,gt,mica blanc,amp bleu-vert,(épi sl.)	778	Ste Elizabeth
- gl, chl, ab, mica blanc (épi sl.)	5.1	Quoassolo
- chl, amp bleu-vert, ab, q	279	Montestrutto
- ab, mica blanc, amp bleu-vert	596	Torre Daniele
- gt, chl, mica blanc, ab	965	Perloz
- ab,aegyrine,clinozoïsite,mica blanc	1003	Oropa
- ab, biotite verte, mica blanc, amp verte épi sl., q	64	Alpette

Dans certaines roches,on observe les deux générations d'albite. Il faut noter que de nombreuses paragenèses de gneiss sont identiques à celles trouvées dans les roches basiques.

Il existe dans ces gneiss un certain nombre d'équilibres intéressants :

grenat - chlorite
glaucophane - chlorite
omphacite - albite
omphacite - chlorite

1364b - Val Chiusella sous Delpizzen
1) - gt, gl, omp, mica, q, ab
2) - chl, cc, amp bleu-vert, zoi, mica
Analyste : N. VASSARD (I972)

1364a - Val Chiusella
1) - gt, gl, (omp), mica q, ab
2) - chl, amp bleu-vert, zoi, micas
Analyste : N. VASSARD (I972)

1364 - Val Chiusella
1) - gt, omp, gl, micas, q, ab
Analyste : N. VASSARD (I973)

5.2 - Galerie de Quoassollo
1) - omp, gt, gl, mica, q, ab
2) - zoi, mica, amp bleu-vert, chl
Analyste : N. VASSARD (I973)

41 - Route d'Alpette
1) - omp, mica, gt, q
2) - gl, zoi, ab
3) - amp bleu-vert, chl
Analyste : N. VASSARD (I972)

3 - Galerie de Quoassollo
1) - gt, omp, gl, mica, q, ab
2) - zoi, chl, amp bleu-vert, cc
Analyste : M. LENOBLE (I973)

282 - Montestrutto
1) - gt, gl, omp, mica, q, ab
2) - mica, amp bleu-vert
Analyste : N. VASSARD (I973)

100 - Carrière de l'Orco
1) - gl, law, gt, q, ab
2) - amp bleu-vert, chl, zoi, ab mica
Analyste : A. BERARD-NETILLARD (I973)

Tableau XXI : Analyses des gneiss éclogitiques
Localisation, paragenèse

	1364a	5.2	1364b	41	1364	3	282	100
SiO_2	60,52	61,97	60,31	65,13	57,69	54,72	58,32	50,31
Al_2O_3	17,82	16,78	17,18	16,80	18,47	18,23	15,26	20,87
Fe_2O_3	2,47	3,67	4,32	2,31	4,50	4,96	4,73	1,56
FeO	4,79	2,85	3,21	1,99	3,70	3,88	3,57	7,76
MgO	3,24	2,76	3,51	2,02	3,83	3,38	4,74	4,25
CaO	2,77	1,85	4,10	5,35	3,66	4,94	6,02	6,66
Na_2O	1,91	3,20	3,23	3,85	3,79	2,36	4,02	2,24
K_2O	2,92	3,18	2,29	0,12	1,22	3,71	1,52	0,90
MnO	0,07	0,04	0,04	0,01	0,06	-	0,03	-
TiO_2	0,99	0,64	0,77	0,56	0,80	1,12	0,62	1,17
P_2O_5	0,15	0,04	0,13	0,09	0,07	-	0,11	0,05
H_2O^+	1,85	2,53	1,17	1,46	1,92	2,05	1,44	2,46
H_2O^-	0,92	0,08	0,63	0,11	0,07	tr	0,06	0,10
Total	100,42	99,59	100,89	99,80	99,78	99,35	100,44	98,33
Q	25,50	22,66	18,59	27,67	16,77	10,63	10,87	7,37
Or	17,26	18,79	13,53	0,71	7,21	21,93	8,98	5,28
Ab	16,16	27,08	27,33	32,58	32,07	19,97	34,02	18,91
An	12,76	8,92	19,49	25,95	17,70	24,51	19,11	33,05
Di							7,93	
Hy	13,32	8,09	9,87	5,87	11,41	9,59	9,75	21,62
Mt	3,58	5,32	6,26	3,35	6,52	7,19	6,86	2,25
Il	1,88	1,22	1,46	1,06	1,52	2,13	1,18	2,21
Ap	0,35	0,09	0,30	0,21	0,16	-	0,25	-
C	6,84	4,81	2,24	0,83	4,43	1,35	-	4,10
H_2O T	2,72	2,61	1,80	1,57	1,99	2,05	1,50	2,56
Total	100,37	99,59	100,87	99,80	99,31	99,35	100,45	97,35
A	31,51	40,74	33,33	38,58	29,40	33,19	29,82	17,64
F	47,36	41,63	45,47	41,79	48,12	48,33	44,67	41,68
M	21,14	17,62	21,20	19,63	22,48	18,48	25,51	40,68

On y trouve parfois des pseudomorphoses de lawsonite, identiques à celles des amphibolites à glaucophane, dans la partie septentrionale de la zone.

C - LE CHIMISME DES GNEISS ECLOGITIQUES (Tableau XXI)

Un certain nombre de ces gneiss ont été analysés par voie humide ; si l'on compare le chimisme des deux échantillons décrits (1364a et b), la principale différence réside dans la teneur en sodium : une teneur plus forte en sodium entraîne un pourcentage plus grand de pyroxène dans l'échantillon 1364b. Un certain nombre de gneiss étudiés contiennent de la glaucophane primaire ; les autres n'en ont pas en première paragenèse. Quelques diagrammes ont été tracés afin de les comparer entre eux, avec d'autres roches et d'en rechercher l'origine.

Dans le diagramme A-C-F, les points sont assez groupés : là encore la présence de la glaucophane primaire ne paraît pas dépendre du chimisme de la roche (voir paragraphe éclogite, chimisme)(Fig.22).

Dans le diagramme A-F-M, là encore les points sont très groupés et cesroches montrent une tendance trachytique (Fig. 23).

Il n'y pas de différence de composition qui détermine l'apparition de la glaucophane en première paragenèse ; comme pour les éclogites, il faut faire intervenir une différence dans la pression d'eau au moment du métamorphisme.

D - LES MINERAUX DES GNEISS ECLOGITIQUES

1) - Les pyroxènes

Comme il a été noté dans les paragenèses des gneiss éclogitiques, il existe un pyroxène primaire (jadéite ou omphacite)

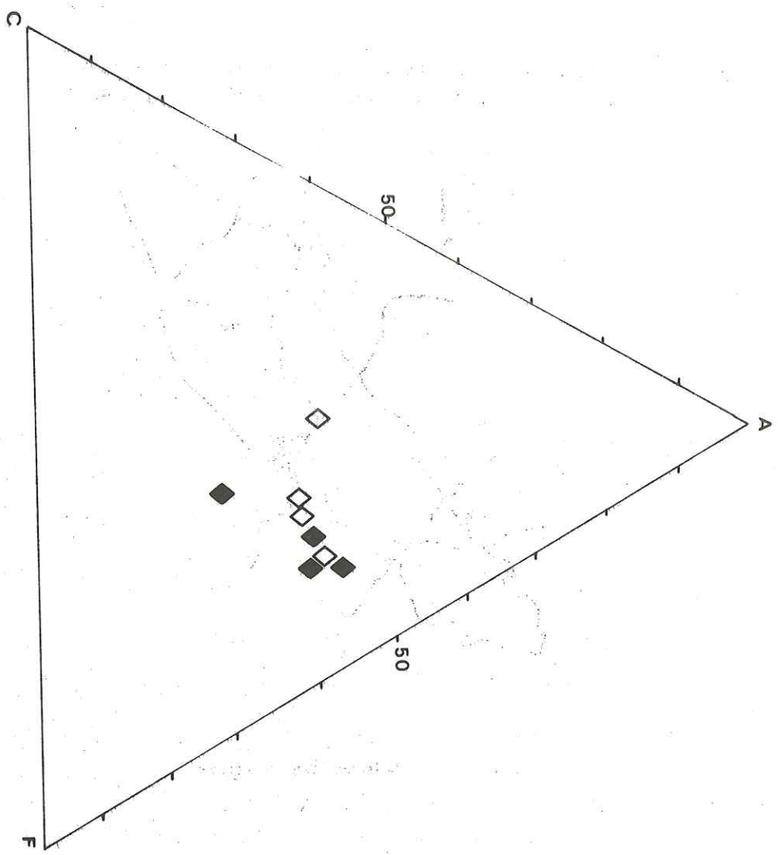


fig. 22: Représentation des gneiss éclogitiques dans le triangle A-C-F.
◆ Gneiss à glaucophane primaire
◇ Gneiss sans glaucophane primaire

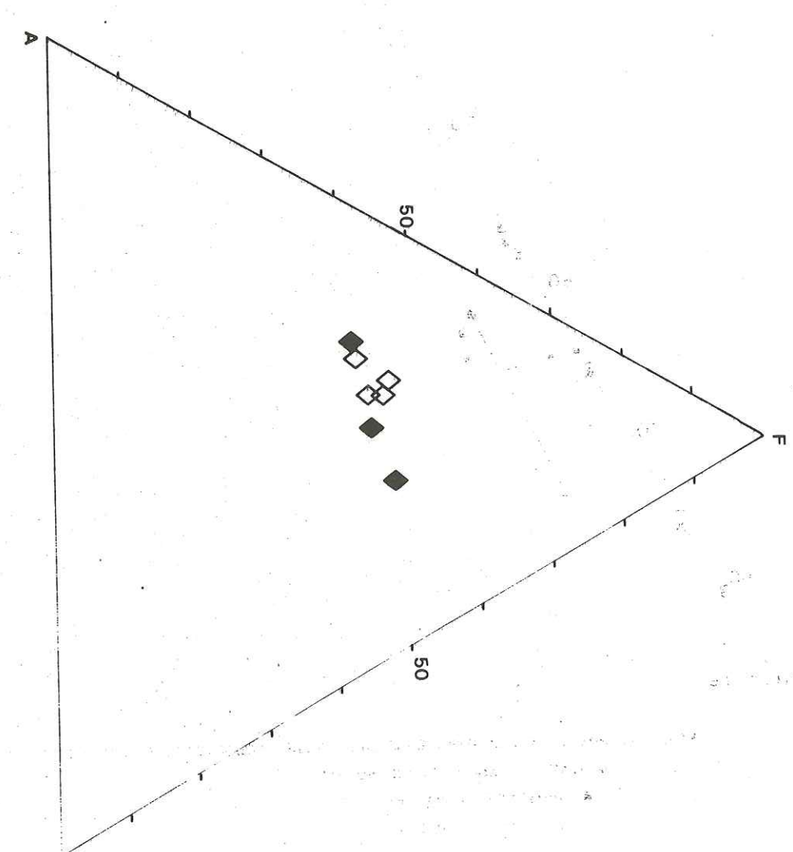
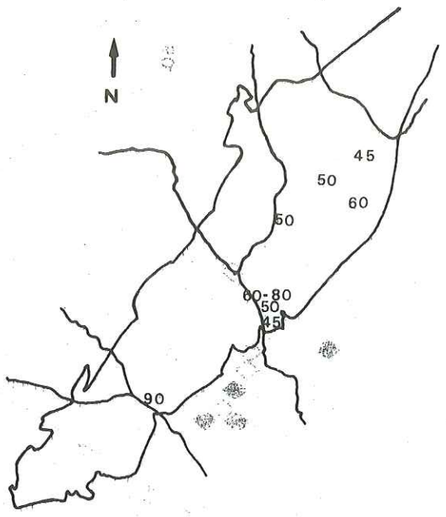


fig. 23: Représentation des gneiss éclogitiques dans le triangle A-F-M.
◆ Gneiss à glaucophane primaire
◇ Gneiss sans glaucophane primaire

FIG. 25: CARTE SCHEMATIQUE DES TENEURS EN JADEITE DES PYROXENES DES GNEISS ECLOGITIQUES DANS LA ZONE DE SESIA-LANZO.



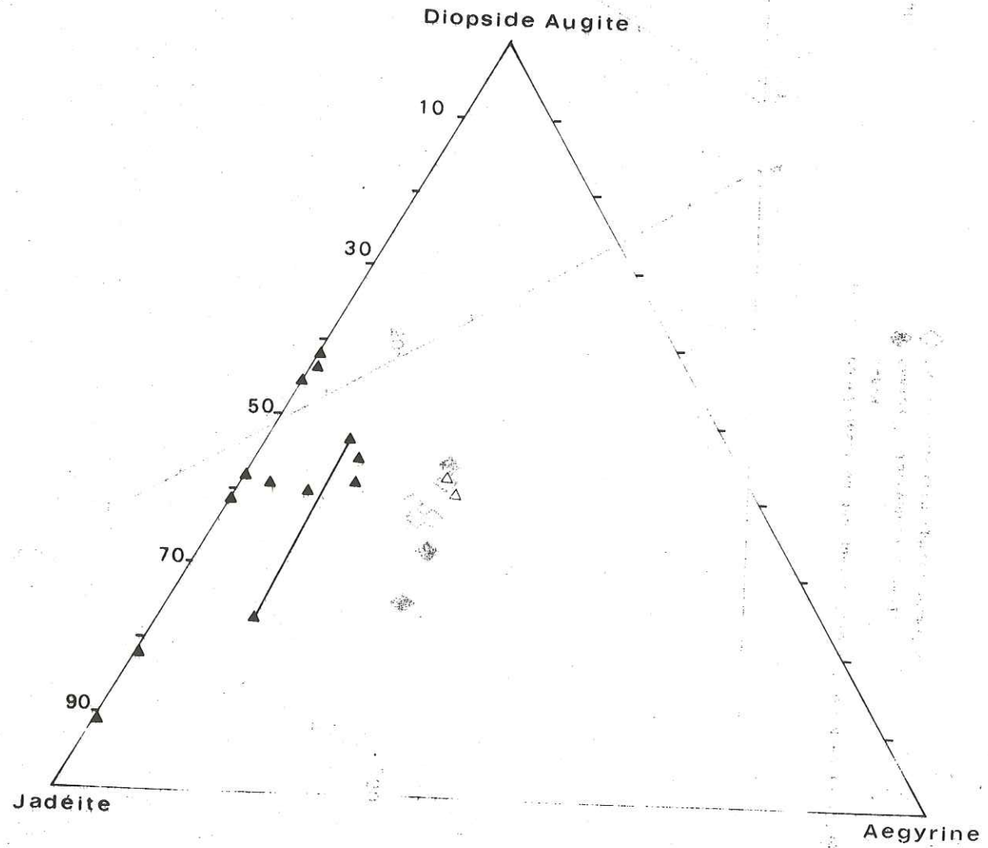


FIG. 24: POSITION DES PYROXENES DES GNEISS ECLOGITIQUES DANS LE TRIANGLE DIO,AUG-JD-AEG (DOBRETSOV 1970).
▲PYROXENES PRIMAIRES
△PYROXENES SECONDAIRES

Tableau XXII : Analyses des pyroxènes primaires des gneiss et d'un pyroxène secondaire des gneiss (1333)

	1333_1	1333_2	282	534	m36	5.2	558
SiO_2	53,32	57,72	56,72	53,42	57,17	55,60	56,08
Al_2O_3	10,07	22,07	13,75	13,64	10,91	13,73	15,77
Fe_2O_3	10,94	3,06	2,91	2,94	5,91	7,36	4,50
FeO			1,98				
MnO	0,06	-	0,02	0,07	0,02	0,04	0,03
MgO	6,57	1,14	5,72	9,78	6,41	4,95	5,76
CaO	10,94	2,03	10,56	14,17	11,38	10,93	8,86
Na_2O	7,74	13,02	7,04	6,07	8,51	8,43	9,36
K_2O			0,45				
TiO_2	0,06	0,03	0,36	-	-	-	-
P_2O_5			0,03				
H_2O^+			0,61				
H_2O^-			0,08				
Total	99,70	99,08	100,23	100,22	100,31	101,03	100,35
Si	1,966	1,995	1,999	1,893	2,034	1,974	1,968
Al^{IV}	0,034	0,005	0,001	0,107		0,026	0,032
Al^{VI}	0,333	0,894	0,570	0,495	0,457	0,559	0,620
Fe^{3+}	0,337	0,088	0,076	0,097	0,176	0,218	0,132
Fe^{2+}			0,058				
Mn	0,002	-	-	0,002	0,001	0,001	0,001
Mg	0,361	0,059	0,299	0,496	0,340	0,262	0,301
Ca	0,432	0,075	0,398	0,542	0,434	0,416	0,333
Na	0,553	0,873	0,470	0,442	0,587	0,581	0,637
K			0,019				
Ti	0,002	0,001	0,009				
Total	4,091	3,990	3,910	4,075	4,029	4,037	4,029

	1333		
SiO2	54,87	Si	2,030
AL2O3	10,05	Al	0,438
FeO T	11,26	Fe	0,348
MnO	0,09	Mn	0,003
MgO	5,10	Mg	0,281
CaO	9,67	Ca	0,383
Na2O	7,38	Na	0,529
Total	98,44	Total	4,012

et des pyroxènes verts secondaires (aegyrine) provenant de la rétromorphose d'une omphacite ou d'une jadéite.

a) - Les pyroxènes primaires (Tableau XXII).

Comme dans certaines roches déjà étudiées, il coexiste dans les mêmes roches deux pyroxènes primaires (1333), ayant des pourcentages en jadéite très différents ; jd (65 % - jd 85 %) ; ces roches occupent une position intermédiaire du point de vue géographique dans la zone de Sesia-Lanzo.

L'échantillon 534 contient un pyroxène plus magnesien que les autres omphacites analysées ; il est à l'équilibre avec de la chlorite incolore (Ivozio).

b) - Les pyroxènes secondaires (Tableau XXII)

Ce pyroxène vert est beaucoup plus riche en fer que l'ensemble des pyroxènes primaires. Il a été trouvé dans le même gneiss contenant deux pyroxènes primaires (1333) ; il présente une légère zonation ; la teneur en FeO tot. augmente du coeur à la périphérie. Toutes ces analyses ont été placées dans le diagramme Dio_3 Aug-Aeg-Jd (Dobretsov)(Fig. 24). Les pyroxènes se séparent en deux groupes distincts : jd 60 % - jd 85 %. Les pyroxènes secondaires sont plus aegyriniques.

Les pyroxènes primaires à l'équilibre avec l'albite (Cf. chapitre III) (Fig. 25) ont des teneurs en jadéite qui augmentent du Nord au Sud de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo et d'Est en Ouest ; les roches à deux pyroxènes primaires occupent une position intermédiaire. Ce phénomène sera étudié précisément dans le chapitre III.

2) - Les grenats

Deux générations de grenat peuvent apparaître :

a) - Les grenats primaires (Tableau XXIII)

Ils contiennent, comme les grenats des roches basiques, un fort pourcentage en almandin. Les zonations sont fréquentes (m36, 5.2, 1364b) ; on observe du coeur à la périphérie un

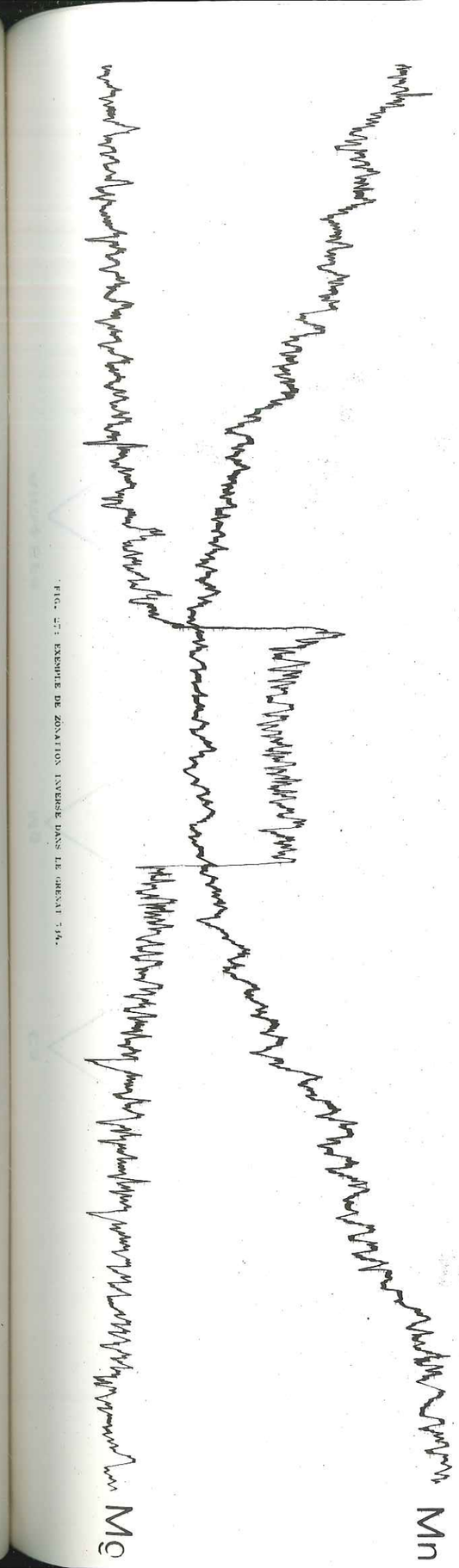


FIG. 26: EXEMPLE DE ZONATION DANS LES GRENATS DES GNEISS ECLOGITIQUES: ECHANTILLON m36

FIG. 27: EXEMPLE DE ZONATION INVERSE DANS LE GRENAT 34.

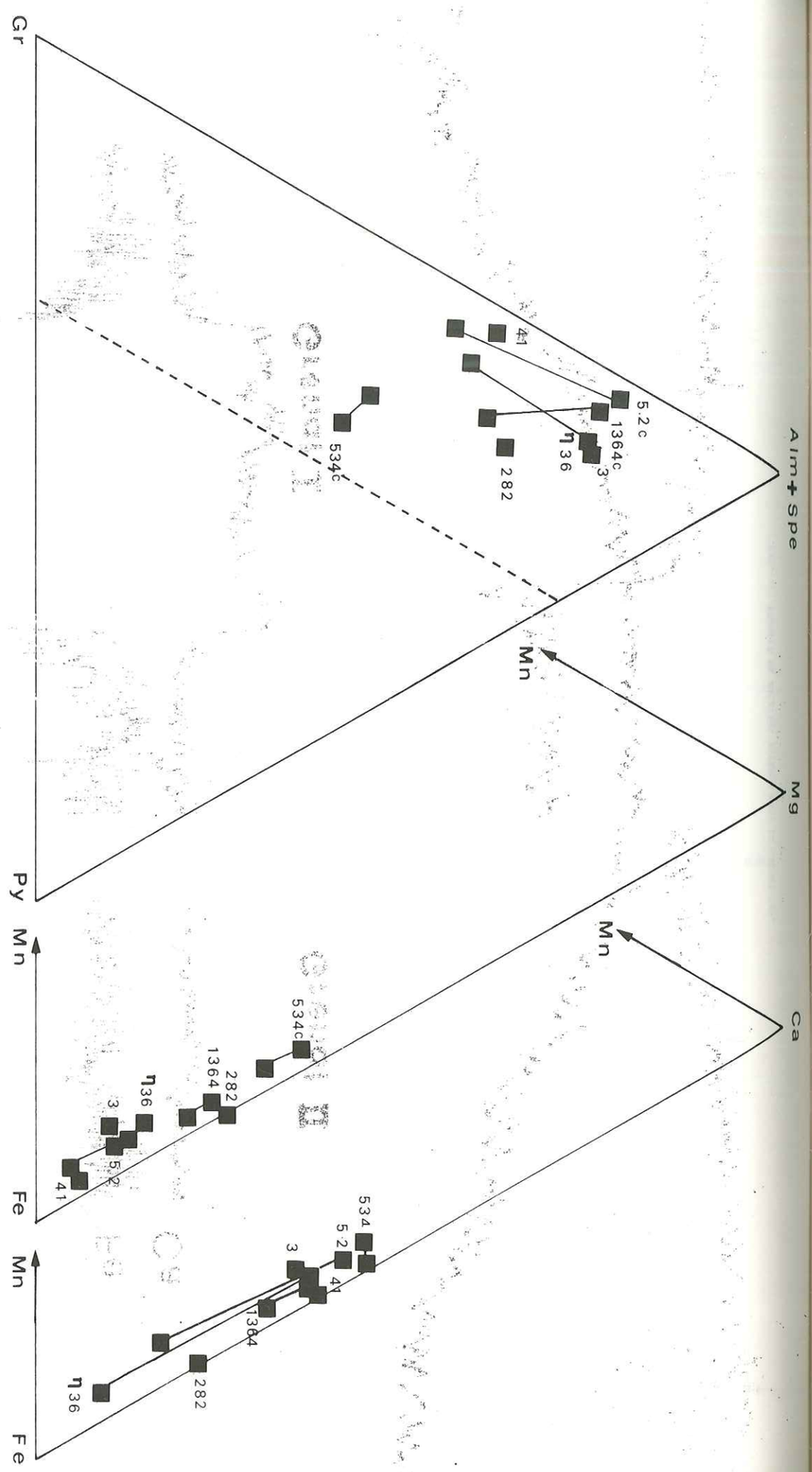


FIG. 28: POSITION DES GRENATS DES GNEISS ECLOGITIQUES DANS LES TRIANGLES:
ALMANDIN+SPESSARTINE-PYROPE-GROSSULAIRE (COLEMAN ET AL. 1965)
LIMITE DES GRENATS DES ECLOGITES DU GROUPE C DE CES AUTEURS
Mg-Mn-Fe
Ca-Mn-Fe

appauvrissement de MnO, une diminution du FeO avec augmentation du CaO (5.2, η36) ou une augmentation du FeO et du CaO (1364b) (Cf. Scannning de η36)(Fig. 26).

Le grenat 534 (Cf. Scanning - Fig. 27) présente une zonation inverse : du coeur à la périphérie une diminution du CaO, une augmentation du FeO ; il faut noter que ce grenat est plus magnésien que les autres (il est à l'équilibre avec un pyroxène assez magnésien et de la chlorite incolore).

Comme dans certaines roches basiques, les grenats des gneiss à glaucophane primaire sont moins calciques que ceux des gneiss sans amphibole bleue dans la première paragenèse.

Dans le diagramme Alm-Spess-Gross-Pyrope de Coleman et al. (Fig. 26), les grenats des gneiss tombent dans le champ des éclogites liées aux schistes à glaucophane de ces auteurs.

b) - Les grenats secondaires

Ils sont rares et je ne les ai trouvés que dans les gneiss. La microsonde permet de vérifier l'observation optique (Fig. 27), ce grenat (η36) à la même composition que la périphérie du grenat primaire. Ils sont en petits grains à peine transformés, les grenats primaires étant beaucoup plus gros et souvent à l'état de reliques.

3) - Les amphiboles (Tableau XXIV)

Il existe des amphiboles primaires, qui sont toujours bleues, et des amphiboles secondaires qui sont soit de la glaucophane, soit des amphiboles vertes ou bleu-vert.

Les glaucophanes peuvent être zonées (5.2).

4) - Les micas (Tableau XXV)

Il existe quelques rares biotites vertes de rétromorphose ; à part cela, on observe toujours des micas blancs qui sont soit de la phengite (3 , 224),soit de la paragonite (41, 1364b), soit des solutions solides phengite-paragonite , soit des interstratifiés (1012).

Tableau XXIII: Analyses des grenats des gneiss éclogitiques

	1364bc	1364bp	558	ɱ36P	ɱ36C	5.2P
SiO_2	36,09	37,12	37,41	38,03	37,52	36,78
Al_2O_3	24,79	23,30	23,52	23,72	23,87	24,40
FeO T	23,63	24,93	25,14	23,09	31,48	23,64
MnO	0,57	0,57	0,69	0,93	1,17	0,94
MgO	4,17	3,74	2,62	2,03	3,28	1,77
CaO	9,38	9,00	10,09	10,64	2,44	13,15
Na_2O						
K_2O						
TiO_2						
Total	98,64	98,66	99,47	98,44	99,76	100,66
Si	2,838	2,931	2,939	2,992	2,930	2,857
Al^{IV}	0,162	0,069	0,061	0,008	0,070	0,143
Al^{VI}	1,137	2,599	2,117	2,192	2,150	2,098
Fe	1,554	1,626	1,651	1,519	2,078	1,540
Mn	0,038	0,038	0,046	0,062	0,088	0,062
Mg	0,489	0,440	0,307	0,237	0,384	0,205
Ca	0,891	0,721	0,849	0,897	0,206	1,083
Na						
K						
Ti						
Total	8,109	8,024	7,970	7,907	7,906	7,988
Py	I6	15	11	9	14	7
Alm	52	57,5	58	56	75	53
Gross	30	25,5	30	33	7	37
Spess	1	1	2	2	3	2

Tableau XXIII : suite

	5.2C	3	41	282	534C	534P
SiO_2	35,38	35,66	38,59	37,83	39,51	39,50
Al_2O_3	23,98	22,64	19,42	19,90	22,73	22,44
FeO T	32,23	32,29	26,71	26,89	19,65	19,75
MnO	1,59	0,45	0,41	0,14	0,62	0,89
MgO	0,96	2,87	0,93	5,20	6,11	4,96
CaO	5,30	5,73	12,36	5,89	12,00	12,33
Na_2O			0,14	0,15		
K_2O			0,05	0,08		
TiO_2			0,37	0,42		
Total	99,46	99,65	99,44	100,55	100,67	99,87
Si	2,857	2,869	3,098	2,992	2,997	3,028
Al^{IV}	0,143	0,131		0,008	0,003	
Al^{VI}	2,140	2,115	1,837	2,168	2,030	2,027
Fe	2,177	2,172	1,792	1,736	1,245	1,261
Mn	0,109	0,031	0,026	0,006	0,040	0,057
Mg	0,116	0,344	0,110	0,596	0,691	0,566
Ca	0,459	0,494	1,061	0,487	0,976	1,012
Na			0,019	0,018		
K			0,004	0,004		
Ti			0,021	0,024		
Total	8,001	8,056	7,958	8,039	7,982	7,916
Py	4	11	4	21	23,5	19,5
Alm	74	71	60	61	42	43,5
Gross	19	16	35	17	33	35
Spess	4	1	1	0,2	1,5	2

Tableau XXIV: Les amphiboles des gneiss éclogitiques

	5.2p	5.2c	271	224
SiO_2	53,38	53,90	57,70	55,79
Al_2O_3	12,10	13,88	10,82	10,45
Fe_2O_3	15,32	14,56	2,80	23,52
FeO			9,65	
MnO	0,12	0,09	-	0,43
MgO	9,00	8,22	8,02	3,77
CaO	1,25	0,38	0,28	0,78
Na_2O	6,59	7,35	6,81	5,93
K_2O	0,06	0,01	1,50	0,06
TiO_2			0,42	
P_2O_5			0,40	
H_2O^+			2,26	
H_2O^-			0,06	
Total	97,32	98,37	100,72	100,74
Si	7,534	7,539	8,130	7,901
Al^{IV}	0,466	0,461		0,099
Z	8,000	8,000	8,130	8,000
Al^{VI}	1,546	1,828	1,792	1,646
Fe^{3+}	1,808	1,703	0,296	2,785
Fe^{2+}			1,134	
Mn	0,013	0,010	-	0,051
Mg	1,894	1,712	1,681	0,795
Ti			0,023	
Y	5,261	5,253	4,936	5,277
Ca	0,280	0,056	-	0,118
Na	1,802	1,993	1,778	1,628
K	0,010	0,001	0,262	0,010
P			0,046	
X+A T	2,092	2,050	2,086	1,756

Tableau XXV : Analyses des micas des gneiss

	3	224	1012_1	41	1012_2	1364_b
SiO_2	49,19	53,19	55,77	46,34	53,25	53,45
Al_2O_3	31,24	25,91	31,40	39,97	39,61	40,29
Fe_2O_3				-		
FeO	1,88	6,52	2,48	0,62	0,31	0,47
MnO				-		
MgO	3,23	2,03	2,53	0,79	0,18	0,23
CaO				0,30		
Na_2O	0,79	0,33	0,53	6,89	5,26	4,84
K_2O	13,53	12,01	6,87	0,58	0,87	0,71
TiO_2	0,54	0,09	0,36	0,21	0,11	0,12
H_2O^+				4,44		
H_2O^-				0,69		
Total	100,00	100,03	99,94	100,77	99,59	100,11
Si	6,352	6,878	6,829	5,952	6,700	6,954
Al^{IV}	1,648	1,122	1,171	2,048	1,300	1,046
Al^{VI}	3,107	2,832	3,361	3,956	4,572	4,584
Fe^{3+}						
Fe^{2+}	0,203	0,593	0,253	0,064	0,090	0,046
Mn						
Mg	0,621	0,392	0,461	0,148	0,030	0,040
Ca				0,038		
Na	0,196	0,083	0,124	1,682	1,276	1,222
K	2,229	1,983	1,072	0,090	0,068	0,108
Ti	0,053	0,009	0,033	0,018	0,006	0,010
Total	14,408	13,892	13,304	13,950	13,982	14,020

De plus, phengite et paragonite ou phengite et solutions solides de phengite-paragonite peuvent coexister dans une même roche .

Lorsque les lawsonites sont pseudomorphosées, il existe de plus du talc et de la pyrophyllite comme dans les lawsonites précédemment étudiées.

5) - Les épidotes sl. (Tableau XXVI)

Ce sont soit des zoïsites (primaires) soit des clinozoïsites (secondaires). On observe souvent des zonations : dans ce cas le FeO augmente du coeur à la périphérie. Les zoïsites occupent une place très importante dans les pseudomorphoses de lawsonite.

Une épidote légèrement brune peut apparaître là encore (allanite).

	1364b	3
SiO_2	43,30	39,56
Al_2O_3	24,38	27,01
FeO T	7,10	7,82
MnO	0,09	0,11
CaO	23,87	21,62
Total	98,74	96,11
Si	6,442	6,060
Al	4,276	4,877
Fe	0,883	1,002
Mn	0,012	0,014
Ca	3,806	3,548
Total	15,429	15,511

Tableau XXVI : Analyses des épidotes des gneiss

Tableau XXVII : Analyses de chlorites des gneiss

	532	534
SiO_2	28,06	28,03
Al_2O_3	19,76	18,44
Fe_2O_3	2,84	13,67
FeO	12,09	
MnO	1,04	0,19
MgO	24,09	26,50
CaO	-	
Na_2O	0,10	
K_2O	0,13	
TiO_2	0,23	-
P_2O_5	-	
H_2O	11,84	
Total	100,18	86,83
Si	5,548	5,613
Al^{IV}	2,452	2,387
Al^{VI}	2,154	1,965
Fe^{3+}	0,420	2,228
Fe^{2+}	1,996	
Mn	0,172	0,032
Mg	7,096	7,907
Ca		
Na	0,034	
K	0,022	
Ti	0,025	
Total	19,929	20,132

6) - Les chlorites (Tableau XXVII)

Elles peuvent être primaires et incolores (552 Ivozio) ou secondaires. Dans ce dernier cas, elles sont toujours de couleur verte.

7) - L'albite

Comme nous l'avons remarqué dans les paragenèses des gneiss éclogitiques, elle peut donc, comme dans les roches précédemment étudiées, être à l'équilibre avec le pyroxène (Cf. chapitre III).

8) - La lawsonite

Elle est parfois présente à l'état de pseudomorphoses, qui sont du même type que celles étudiées dans les amphibolites à glaucophane. On y trouve zoïsite, chlorite, albite, amphibole bleu-vert, micas blancs.

9) - Le chloritoïde

Il existe dans quelques rares gneiss de Sesia-Lanzo, toujours à l'équilibre avec la glaucophane (cf. chapitre IV) qui est primaire.

Les minéraux qui apparaissent dans les gneiss éclogitiques sont les mêmes que ceux des roches basiques (chloritoïde mis à part). Une comparaison sera établie dans le chapitre suivant.

II - LES MICASCHISTES ECLOGITIQUES

Le passage des gneiss aux micaschistes se fait par un enrichissement en quartz par rapport à l'albite, tous les intermédiaires ayant été observés dans la zone de Sesia-Lanzo. Les micas blancs sont souvent plus abondants que dans les gneiss.

Les micaschistes sont sur le terrain le plus souvent en bancs de taille variable (quelques cm à quelques m) ; cependant, il existe de rares nodules dans les roches basiques (route qui monte vers Oropa).

A - DESCRIPTION

a) - L'échantillon 550 (Photo 9) a été prélevé sous le château de Montestrutto au bord de la petite route qui entre dans le village.

La roche est de couleur blanc-gris ; on peut voir à l'oeil nu des pyroxènes verts de 2 mm environ.

Au microscope, on distingue :

- en paragenèse primaire : omphacite, grenat, glaucophane, mica blanc, quartz qui constitue 80 % de la roche.
- en paragenèse secondaire : chlorite, amphibole bleu-vert, mica blanc, zoïsite, amphibole verte, (albite).
- les minéraux acessoires : apatite, rutile, minéraux opaques.

Le pyroxène est en grandes plages incolores, souvent maclées polysynthétiquement. Il est envahi à sa périphérie et dans ses clivages par une petite amphibole verte, de la chlorite et un peu d'albite. Cette omphacite contient de nombreuses inclusions de grenat, de rutile et de minéraux opaques.

Le grenat est en petits grains craquelés, très légèrement rosés. Il est aussi poecilitique et renferme du rutile et des minéraux opaques.

La glaucophane est en grands cristaux assez peu pléochroïques ; elle contient des inclusions de grenat, de rutile et de minéraux opaques. A son pourtour, elle se transforme en chlorite, petits micas blancs et amphibole bleu-vert.

Les micas blancs primaires se présentent sous forme de grandes lattes (Les micas secondaires sont beaucoup plus petits); ils sont poecilitiques (grenat, rutile, minéraux opaques) ; ils sont systématiquement entourés d'un fin liseré d'albite.

On observe parfois des minéraux opaques dans les clivages.

Le rutile est parfois entouré de minéraux opaques.

Le quartz forme tout le fond de la lame, éventuellement en symplectites avec l'omphacite.

b) - Polyphasage

Dans ce micaschiste, on passe du faciès éclogite à glaucophane au faciès amphibolite à épidote. Lorsque la glaucophane n'est pas primaire, il peut apparaître un stade schiste à glaucophane intermédiaire.

c) - Variations paragénétiques

x Paragenèses primaires	N°	Provenance
- omp, gt, mica blanc, zoïsite, q, (ab)	747	Quoassolo
- omp, gl, mica blanc, zoisite, q, (ab)	1231	Tey
- omp, gl, mica blanc, q, (ab)	993	Oropa
- omp, mica blanc, q,(ab)	926	Perloz
- gl, mica blanc, zoïsite, q, (ab)	949	Perloz
- mica blanc, zoïsite, q, (ab)	744	Carema
- gt , mica blanc, zoïsite, q, (ab)	55	Formiero
- gt, omp, zoïsite, mica blanc, q,(ab)	799	Navetta
- omp, zoïsite, mica blanc,	921	Perloz
- gl, gt, zoïsite, mica blanc, q, (ab)	632	Ivery
- ctd, gl, gt, mica blanc, q, (ab)	17	Alpette
- gt, gl, lawsonite, q, (ab)	60	Alpette
- gt, gl, q, (ab)	54	Formiero

x Paragenèses secondaires	N°	Provenance
- gl, clinozoïsite, mica blanc	799	Navetta
- ab, clinozoïsite, gl,	752	Quoassolo
- chl, amphibole bleu-vert, clinozoïsite	817	Frassinetto
- ab, chl, amphibole bleu-vert	624	Carema
- chl	1562	Tour d'Heberatz
- gt, mica blanc, zoïsite, amphibole bleu-vert	993	Oropa
- amphibole bleu-vert, chl	747	Quoassolo
- zoïsite, chl	10	Nero
- ab, chl, amphibole verte, amphibole bleu-vert, zoïsite	550	Montestrutto

Dans le sud de la zone, l'omphacite peut être remplacée par de la jadéite. Toujours dans le sud de Sesia-Lanzo, on observe des pseudomorphoses de lawsonite, et parfois des lawsonites fraîches. Le chloritoïde est parfois présent dans les micaschistes éclogitiques.

B - CHIMISME (Tableau XXVIII)

Quelques micaschistes éclogitiques ont été analysés et placés dans quelques diagrammes, afin d'essayer de retrouver leur origine. En A-F-M, les points sont assez dispersés et correspondent à des roches de tendance trachytique ou rhyolitique. (Fig. 29).

Ces roches acides pourraient aussi être interprétées comme des roches sédimentaires métamorphisées (quartzites) , ou encore comme des roches volcano-sédimentaires.

Plusieurs hypothèses seront envisagées dans la conclusion sur le chimisme de l'ensemble des roches de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo.

Tableau XXVIII : Analyses des micaschistes éclogitiques ; localisation et paragenèses

	1541	553	961	548	29
SiO_2	69,05	64,06	68,09	64,92	69,93
Al_2O_3	12,78	16,71	13,99	15,79	15,95
Fe_2O_3	3,13	4,24	2,23	1,90	-
FeO	2,67	2,36	2,41	1,04	1,69
MnO	0,01	0,02	0,02	0,01	0,07
MgO	3,51	3,12	2,30	2,32	1,52
CaO	1,90	3,32	4,50	4,40	2,08
Na_2O	2,00	2,53	2,33	8,23	4,62
K_2O	2,31	1,55	0,59	0,08	1,06
TiO_2	0,99	1,10	0,24	0,08	0,40
P_2O_5	0,09	0,16	0,20	0,67	-
H_2O^+	1,36	1,68	2,72	0,47	1,40
H_2O^-	0,10	0,10	0,06	0,04	0,09
Total	99,92	100,95	99,68	100,35	98,81
		NORMES C. I. P. W.			
Q	39,21	32,10	38,76	8,13	31,10
Or	13,65	9,16	3,49	0,47	6,26
Ab	16,92	21,41	19,72	69,64	39,09
An	8,84	15,43	21,02	5,91	10,32
Di	-	-	-	9,03	-
Hy	9,44	7,77	7,95	1,80	6,36
He	-	1,15	-		-
Mt	4,54	4,48	3,23	2,75	-
Il	1,88	2,09	0,46	0,15	0,76
Ap	0,21	0,37	0,46	1,55	-
C	3,75	5,22	1,82	-	3,42
H_2O T	1,46	1,78	2,78	0,51	1,49
Total	99,90	100,96	99,69	99,94	98,80
A	31,64	29,57	29,61	61,24	63,40
F	42,58	47,83	47,06	21,67	18,86
M	25,77	22,61	23,33	17,10	28,74

1541 : Lac Vargno - 1) omp, gt, gl, mica, zoi, q, ab
Analyste : N. VASSARD - (I973)

553 : Montestrutto - 1) gt, gl, omp, mica, q, ab
2) zoi, chl, amp. bleu-vert, ab
Analyste : N. VASSARD - (I973)

961 : Perloz à Marine - 1) gt, omp, ab, q
2) zoi, chl, amp. Bleu-vert, mica, cc, (czoi)
Analyste : N. VASSARD - (I973)

29 : Alpette - 1) omp, mica, q, ab, gl
2) amp. Bleu-vert, zoi, cc
Analyste : A. BERARD-NETILLARD - (I973)

548 : Montestrutto - 1) gt, omp, mica, q
2) gl, ab
Analyste : N. VASSARD - (I973)

271 : Alpette - 1) gt, gl, ctd, mica, q
2) chl
Analyste : A. BERARD-NETILLARD - (I972)

C - LES MINERAUX DES MICASCHISTES ECLOGITIQUES

1) - Les pyroxènes (Tableau XXIX)

Dans l'échantillon Θ34, il existe deux pyroxènes primaires ayant des pourcentages en jadéite différents (jd 60 % - jd 85 %). Comme dans les roches précédemment étudiées, cette roche occupe une position intermédiaire dans la zone (voir chapitre III). Je n'ai pas observé de zonation dans les pyroxènes des micaschistes éclogitiques.

Dans le diagramme Dio, Aug-Jd-Aeg, (Dobretsov, 1970), les pyroxènes forment deux groupes nettement séparés de part et d'autre de jd 60 % et jd 80 % environ (voir chapitre III , Fig. 30).

Sur la carte schématique de Sesia-Lanzo, où les teneurs en jadéite des pyroxènes à l'équilibre avec l'albite ont été inscrites, on observe une nette variation : le pourcentage en jadéite augmente du Nord au Sud (jd 45 % à jd 90 %) et d'Est en Ouest (45 à 90 %), les roches à deux pyroxènes primaires étant en position intermédiaire d'Est en Ouest et du Nord au Sud, (Fig. 31). Sur cette carte nous avons placé, également, les analyses données par Velde et Kienast (1973)(Tableau XXX).

2) - Les grenats (tableau XXXI)

Ils sont riches en almandin (60 %) ; les zonations semblent peu fréquentes. Les grenats secondaires peuvent apparaître, mais je n'en possède pas d'analyse.

Dans le diagramme de Colemann et al., les grenats des micaschistes éclogitiques tombent dans le champ C des grenats des éclogites liées aux schistes à glaucophane, déterminé par ces auteurs (Fig. 32).

3) - Les micas (Tableau XXXII)

A part quelques biotites vertes de rétromorphose, ce sont des micas blancs, semblables à ceux des roches précédentes. Quelques micas blancs ont été analysés par Velde et Kienast (1973) (Tableau XXXIII).

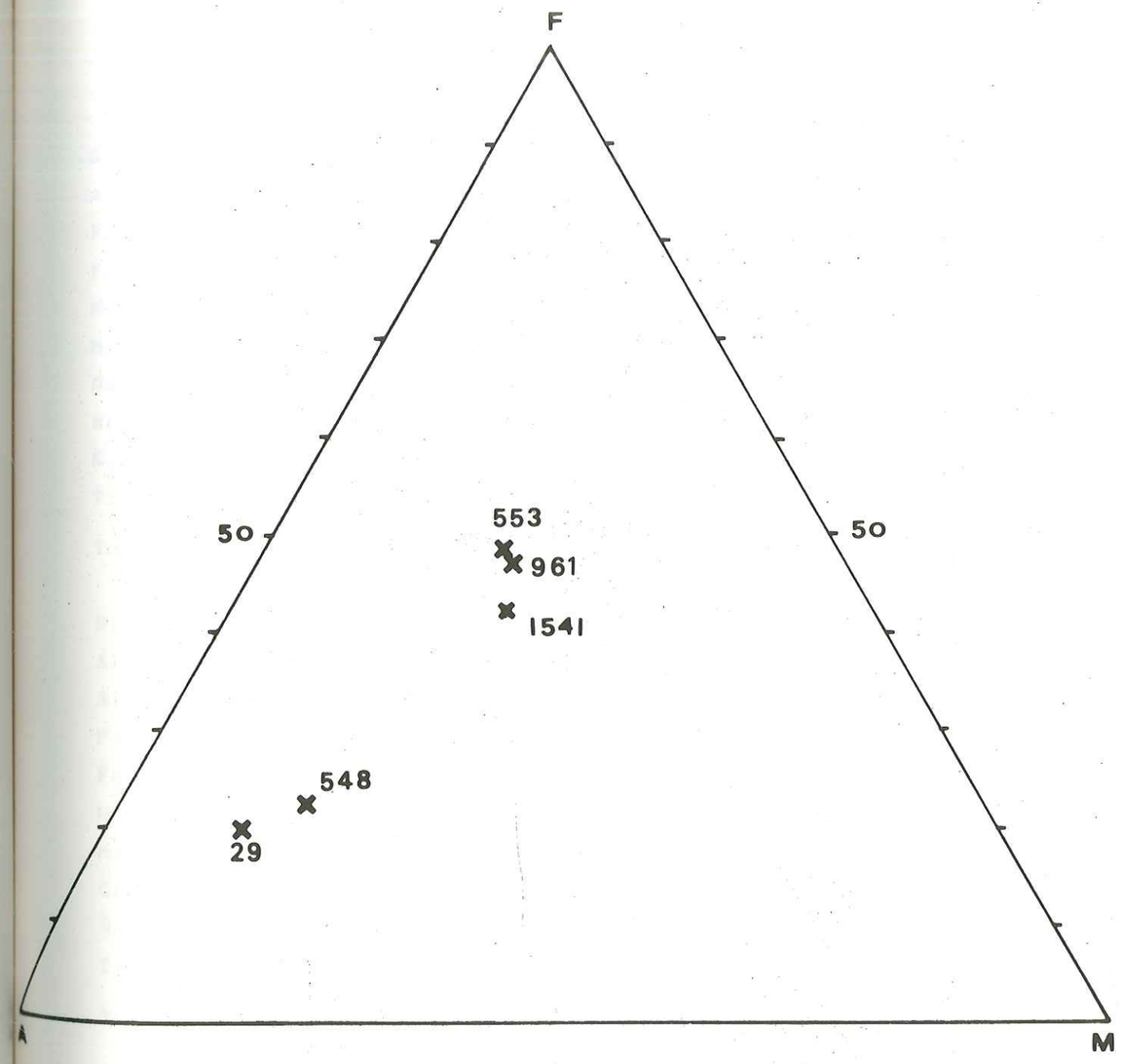
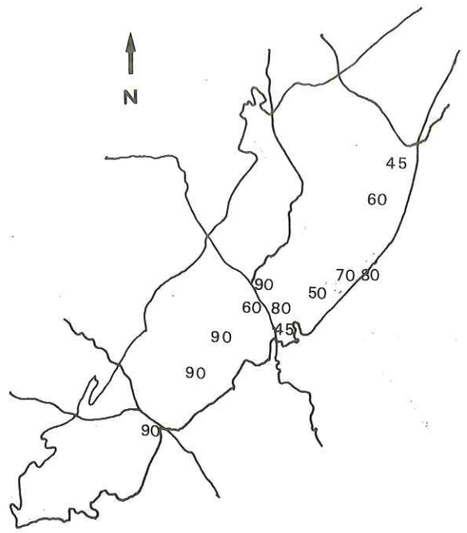


FIG. 29: POSITION DES MICASCHISTES ECLOGITIQUES DANS LE TRIANGLE A-F-M.

FIG. 31: CARTE SCHEMATIQUE DES TENEURS EN JADEITE DES PYROXENES DES MICASCHISTES ECLOGITIQUES DANS LA ZONE DE SESIA-LANZO.



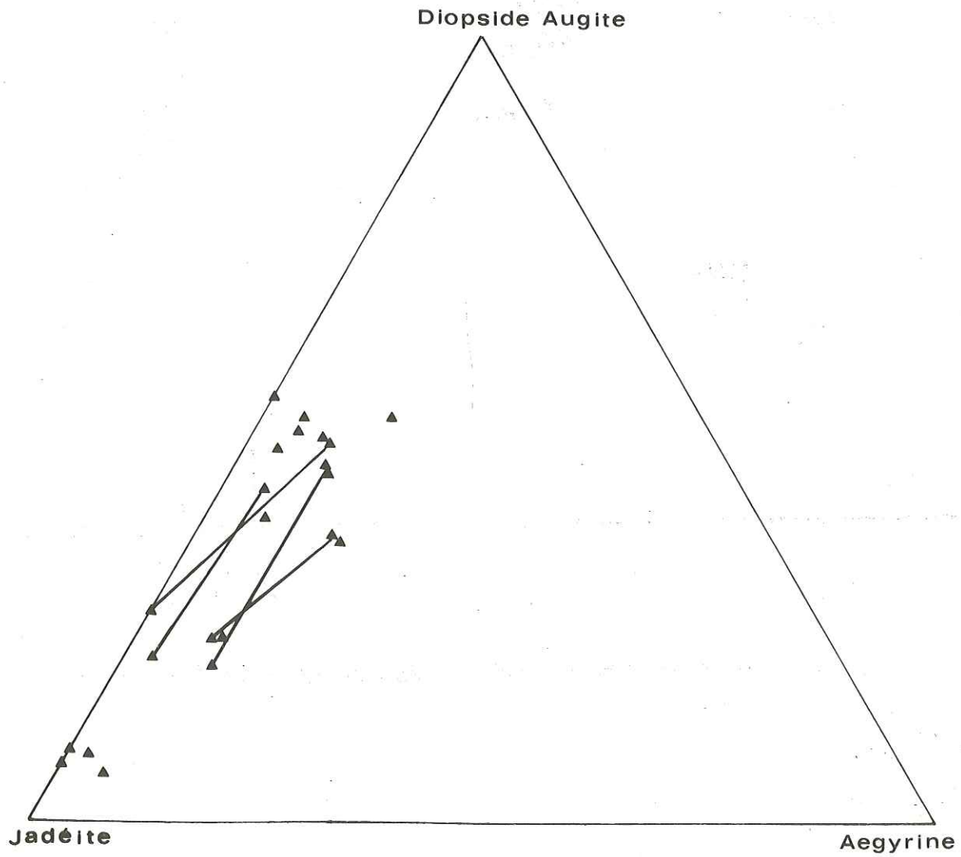


FIG. 30: POSITION DES PYROXENES DES MICASCHISTES ECLOGITIQUES DANS LE DIAGRAMME DIO+AUG-JD-AEG (DOBRETSOV 1970).

Tableau XXIX : Analyses des pyroxènes primaires des micaschistes.

	29	1012	1175	1541	964	$\theta 34_1$	$\theta 34_2$	961
SiO_2	58,18	53,90	53,68	56,24	56,48	55,49	53,64	55,06
Al_2O_3	22,46	15,01	10,31	11,76	14,44	16,65	11,17	11,93
Fe_2O_3	3,05	6,98	5,39	4,50	5,30	4,24	8,47	4,95
FeO								
MnO	0,01	0,07	0,21	0,77	0,05	0,02	0,04	0,02
MgO	0,86	5,53	8,78	6,35	5,69	4,70	5,95	8,12
CaO	2,10	10,40	14,05	8,87	10,22	7,57	11,90	13,00
Na_2O	14,00	8,34	7,31	9,24	9,01	11,12	7,97	7,18
K_2O								
TiO_2	-	0,09	-	-	-	-	-	-
Total	100,66	100,31	99,77	97,73	101,19	99,79	99,13	99,95
Si	1,986	1,939	1,945	2,038	1,980	1,959	1,964	1,965
Al^{IV}	0,014	0,061	0,055	-	0,020	0,041	0,036	0,035
Al^{VI}	0,899	0,564	0,386	0,502	0,576	0,652	0,447	0,466
Fe^{3+}	0,087	0,206	0,163	0,136	0,155	0,125	0,260	0,135
Fe^{2+}								
Mn	0,001	0,002	0,006	0,023	0,001	-	0,001	-
Mg	0,043	0,291	0,474	0,342	0,297	0,247	0,325	0,432
Ca	0,077	0,394	0,546	0,344	0,384	0,286	0,467	0,500
Na	0,927	0,571	0,514	0,649	0,612	0,761	0,567	0,496
Ti	-	0,002	-	-	-	-	-	-
Total	4,024	4,040	4,089	4,034	4,025	4,071	4,067	4,029

Tableau XXX : Formules structurales et teneurs en jadéite des omphacites et formules structurales et teneurs en pyrope des grenats. (Velde et Kienast, 1973)

CPX 1

Na	1,02	1,00	1,00	0,99	1,01
Mg	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
Al	0,94	0,93	0,91	0,94	0,92
Si	1,99	2,00	2,01	2,01	2,01
Ca	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Fe	0,06	0,07	0,09	0,04	0,05
Jd	94	93	91	94	92

CPX 2

Na	0,98	0,90	0,96	1,01	0,99
Mg	0,11	0,11	0,12	0,12	0,14
Al	0,82	0,85	0,79	0,88	0,76
Si	2,01	2,01	2,00	1,95	2,02
Ca	0,03	0,03	0,05	0,06	0,04
Fe	0,11	0,11	0,14	0,13	0,15
Jd	82	85	79	88	76

CPX 3

Na	0,92	0,94	0,96	0,94
Mg	0,01	0,01	0,00	0,01
Al	0,94	0,93	0,94	0,95
Si	2,01	2,00	2,00	2,00
Ca	0,03	0,04	0,02	0,04
Fe	0,07	0,08	0,08	0,07
Jd	93	93	94	94

CPX 4

Na	0,80	0,66
Mg	0,12	0,21
Al	0,77	0,61
Si	2,02	2,03
Ca	0,14	0,28
Fe	0,13	0,17
Jd	77	61

CPX 5

Na	1,02	0,97	1,04
Mg	0,03	0,02	0,01
Al	0,86	0,94	0,88
Si	1,99	1,98	2,00
Ca	0,07	0,07	0,06
Fe	0,11	0,08	0,09
Jd	86	94	88

CPX 6

Na	0,49	0,50	0,51	0,47	0,47
Mg	0,42	0,45	0,45	0,44	0,43
Al	0,48	0,47	0,49	0,48	0,49
Si	2,02	2,01	1,97	2,01	2,01
Ca	0,45	0,47	0,49	0,46	0,46
Fe	0,11	0,11	0,13	0,12	0,11
Jd	48	47	49	48	49

CPX 7

Na	0,74	0,70	0,76	0,68
Mg	0,17	0,22	0,19	0,22
Al	0,75	0,71	0,76	0,72
Si	2,03	2,02	2,01	2,03
Ca	0,18	0,23	0,20	0,22
Fe	0,07	0,07	0,06	0,07
Jd	75	71	76	70

CPX 8

Na	0,80	0,55	0,71	0,56
Mg	0,17	0,31	0,22	0,35
Al	0,80	0,52	0,76	0,50
Si	1,97	2,02	1,98	1,97
Ca	0,20	0,37	0,25	0,44
Fe	0,09	0,19	0,11	0,45
Jd	80	52	73	50

CPX 9

Na	0,60	0,60	0,61
Mg	0,50	0,29	0,29
Al	0,57	0,52	0,51
Si	2,03	2,01	2,01
Ca	0,36	0,42	0,42
Fe	0,17	0,18	0,19
Jd	57	52	56

Tableau XXX : suite

	GT 2	GT 4		GT 5	
Mg	0,08	0,18	0,27	0,00	0,05
Al	2,04	2,08	2,16	2,07	2,06
Si	3,02	3,06	2,98	3,06	3,02
Ca	0,50	0,45	0,47	1,07	1,06
Mn	0,02	0,05	0,06	0,05	0,05
Fe	1,69	2,08	2,01	1,64	1,72
Py	3	6	9	0	2

	GT 6		GT 8		
Mg	0,51	0,52	0,27	0,27	0,18
Al	1,99	2,01	2,05	2,10	2,03
Si	3,03	3,02	3,01	3,03	2,98
Ca	0,82	0,78	1,07	0,41	1,21
Mn	0,02	0,03	0,02	0,06	0,02
Fe	1,09	1,56	1,51	2,02	1,57
Py	17	17	9	9	6

	GT 7	GT 9		
Mg	0,84	0,13	0,14	0,13
Al	2,05	2,02	1,99	2,02
Si	3,02	2,98	3,03	3,00
Ca	0,34	1,14	1,18	1,12
Mn	0,05	0,03	0,02	0,01
Fe	1,66	1,70	1,61	1 70
Py	26	4	4	4

4) - Les amphiboles

Elles peuvent être primaires (dans ce cas ce sont toujours des glaucophanes) ou secondaires (dans ce cas ce sont ou des amphiboles bleues, ou des amphiboles vertes ou bleu-vert).

Exemple d'analyse d'amphibole primaire(N° 34_2)

SiO_2	54,59	Si	7,641
Al_2O_3	11,81	Al^{IV}	0,359
FeO t	17,30	Z	8,000
MnO	0,05		
MgO	7,75	Al^{VI}	1,589
CaO	0,47	Fe	2,025
Na_2O	7,81	Mn	0,005
K_2O	0,09	Mg	1,616
Total	99,88	Y	5,505
		Ca	0,070
		Na	2,119
		K	0,017
		X+A	2,206

5) - Les épidotes

Les épidotes primaires sont toujours des zoïsites, les secondaires sont, soit des zoïsites, soit des clinozoïsites, soit (rarement) pistachite ou allanite.

Exemple d'analyse d'épidote secondaire (zoïsite) N° 100

SiO_2	36,89	Si	5,671
Al_2O_3	29,56	Al	5,366
FeO T	5,28	Fe	0,680
Mn	0,96	Mn	0,125
Ca	24,58	Ca	4,055
Total	97,21	Total	15,897

Tableau XXXI : Analyses des grenats des micaschistes éclogitiques.

	964	1541	961	1012	1175	29
SiO_2	37,47	39,28	36,48	38,14	39,21	36,01
Al_2O_3	24,09	21,70	23,47	22,40	22,16	24,50
FeO T	23,91	25,53	23,79	25,34	22,95	21,71
MnO	0,80	0,03	-	0,87	0,46	1,38
MgO	2,08	4,14	2,56	2,61	2,60	0,50
CaO	11,24	8,76	12,75	10,26	12,90	15,96
Na_2O						
K_2O						
Total	99,56	99,44	99,06	99,83	100,27	100,14
Si	2,932	3,064	2,883	2,991	3,038	2,831
Al^{IV}	0,068	-	0,117	0,009	-	0,169
Al^{VI}	1,753	1,992	2,070	2,071	2,023	2,101
Fe	1,565	1,665	1,572	1,661	1,487	1,427
Mn	0,053	0,002	-	0,058	0,030	0,092
Mg	0,243	0,481	0,302	0,305	0,300	0,068
Ca	0,942	0,732	1,080	0,862	1,071	1,344
Na						
K						
Total	7,983	7,936	8,024	7,947	7,949	8,032
Py	9	17	10	10,5	10	2
Alm	56	58	53	57,5	51,5	50
Gross	34	25	36,5	30	37	46
Spess	2	0	0	2	1	3

Tableau XXXII : Analyse des micas des micaschistes

	100	29
SiO_2	50,27	55,00
Al_2O_3	31,61	31,01
Fe_2O_3		
FeO	2,84	2,82
MnO	-	-
MgO	2,84	1,65
CaO		
Na_2O	0,62	0,54
K_2O	9,45	8,90
TiO_2	0,10	0,17
H_2O^+		
H_2O^-		
Total	97,73	100,08
Si	6,464	6,930
Al^{IV}	1,536	1,070
Al^{VI}	3,256	3,281
Fe^{3+}		
Fe^{2+}	0,305	0,262
Mn		
Mg	0,544	0,386
Ca		
Na	0,170	0,143
K	1,550	1,398
Ti	0,018	0,015
Total	13,894	13,485

Tableau XXXIII : Analyses des micas des micaschistes éclogitiques (Velde et Kienast - 1973)

	2	7	9
SiO_2	53,40	51,67	51,23
Al_2O_3	26,41	27,43	27,71
Fe_2O_3	2,33	1,31	2,33
FeO	1,29	0,51	0,59
MgO	1,73	3,81	2,64
CaO	0,09	0,08	0,25
Na_2O	0,69	0,69	0,89
K_2O	9,43	10,11	9,94
TiO_2	0,43	0,57	0,41
H_2O^+	4,02	4,22	3,87
H_2O^-	0,16	0,08	0,06
Total	99,98	100,48	99,92
Si	3,53	3,38	3,37
Al^{IV}	0,47	0,62	0,63
Al^{VI}	1,59	1,50	1,55
Fe^{3+}	0,12	0,06	0,11
Fe^{2+}	0,01	0,03	0,03
Mg	0,17	0,37	0,26
Ca	0,01	0,00	0,01
Na	0,08	0,09	0,11
K	0,79	0,84	0,84
Ti	0,02	0,02	0,02
Total	6,79	6,91	6,93

6) - Les chlorites

Je n'ai jamais observé de chlorites incolores primaires. Les chlorites des micaschistes éclogitiques sont toujours vertes et de rétromorphose du grenat, du pyroxène et de la glaucophane.

Exemple d'analyse de chlorite de rétromorphose N° 100

SiO_2	26,70	Si	5,546
Al_2O_3	19,10	Al^{IV}	2,454
FeO T	24,14	Al^{VI}	2,225
MnO	0,27	Fe	4,195
MgO	18,14	Mn	0,041
TiO_2	0,03	Mg	5,617
		Ti	0,004
Total	88,39	Total	20,082

7) - L'albite

Quand elle existe, elle peut être dans la première paragenèse à l'équilibre avec le pyroxène, le grenat (et la glaucophane), ou dans la seconde paragenèse, comme minéral de rétromorphose du pyroxène, de la glaucophane ou du mica blanc .

8) - La lawsonite

Elle est strictement localisée dans le Sud de la zone de Sesia-Lanzo. Elle est parfois fraîche, parfois pseudomorphosée (route d'Alpette), les pseudomorphoses étant du même type que celles précédemment étudiées (zoïsite, albite, chlorite, amphibole verte ou bleu-vert, micas blancs).

9) - Le chloritoïde

Il est présent dans certains micaschistesà glaucophane et grenat de la route d'Alpette (271).

LES MARBRES

Il existe de nombreux gisements de marbres dans la zone éclogitique de Sesia-Lanzo ; un certain nombre d'entre eux sont exploités en carrière (Quincinetto, Val d'Orco, Quoassolo) ; en outre, de nombreux bancs de quelques m à quelques cm sont visibles sur la route d'Alpette et le chemin muletier de Pesse . Les marbres sont rarement purs et contiennent le plus souvent : pyroxène, amphibole, micas blancs, épidote, outre la calcite.

Par ailleurs, ils renferment souvent des nodules de roches basiques, principalement des omphacitites (Quoassolo).

A - DESCRIPTION

L'échantillon décrit (1561) a été prélevé sur la route de Pont Saint Martin à Val Gressonney dans le grand virage avant Rechantey. Il est de couleur verte, et de grands cristaux de de pyroxène vert (0,5 à 1 cm) sont visibles à l'oeil nu, ainsi que des épidotes de couleur brun-rose.

Au microscope, on observe :

- en paragenèse primaire : calcite, omphacite, mica blanc, zoïsite, quartz,
- en paragenèse secondaire : albite, amphibole verte, épidote, amphibole incolore.

La calcite forme 90 % de la roche et cimente tous les autres minéraux.

Le pyroxène se présente en grandes plages, de biréfringence élevée ; il présente des macles polysynthétiques et des zonations ; il se transforme à sa périphérie en albite et amphibole (verte et incolore).

La zoïsite est en grands cristaux légèrement rosés ; il existe de plus des petits grains verdâtres fortement zonés (pistachite à clinozoïsite).

Les micas blancs sont peu abondants.

B - POLYPHASAGE

La rétromorphose de cette roche est faible ; seul le pyroxène se transforme légèrement.

C - VARIATIONS PARAGENETIQUES

	N°	Provenance
- calcite, micas blancs, omp, épi	1561	Val Gressonney
- calcite, mica blanc, omp, amp incolore	958	Perloz
- calcite, mica blanc, zoïsite	944	Perloz
- calcite, mica blanc, gt, omp, q	38	Perloz
- calcite, mica blanc	437	Borgofranco
- calcite, omp, mica blanc	1235	Fontainemore

Notons pour finir que l'aragonite n'a jamais été trouvée dans aucune roche de Sesia-Lanzo, bien que nous ayons tenté de nombreuses colorations.

ROCHES CONTENANT DES RELIQUES DE ROCHES IGNEES

Ces roches sont très rares ; nous distinguerons d'une part des porphyres métamorphiques qui ont déjà donné lieu aux études de Saliot (communication personnelle) et de Campagnogni et Maffeo (1973), d'autre part des roches que nous avons trouvées lors de cette étude et que nous désignerons sous le terme de "tufs métamorphiques".

Je rappelle que les "porphyres" sont des roches à gros feldspath alcalin perthitique ; les tufs sont des roches contenants des cristaux de quartz plus ou moins corrodés, ainsi que des minéraux du faciès schiste à glaucophane.

I - LES "PORPHYRES METAMORPHIQUES"

Ce sont les seules roches à feldspath alcalin de la zone de Sesia-Lanzo. Elles existent en plusieurs endroits : au Lac de Mucrone (Campagnoni et Maffeo, 1973), sur la route d'Alpette (Saliot, communication personnelle). Je les ai retrouvéeségalement dans le Val Lanzo. On les trouve en bancs au sein des gneiss et des micaschistes.

A - DESCRIPTION

Ces roches ont l'apparence de gneiss plus ou moins oeillés. Le contact est difficile à voir entre gneiss et micaschistes et ces "porphyres".

L'échantillon type(N° 267) a été prélevé sur la route d'Alpette, avant le premier grand virage à partir de Cuorgne.

Au microscope, on observe de gros feldspaths perthitiques, du quartz, des micas blancs et de l'albite.

Au coeur du feldspath potassique perthitique, apparaissent des petits cristaux de jadéite associés à du quartz (photo 10). Ce feldspath est entouré d'un liséré d'albite ; au voisinage la roche est légèrement enrichie en mica blanc.

L'histoire de la roche semble donc pouvoir être résumée ainsi : à partir d'un feldspath alcalin perthitique d'origine magmatique, il y a eu lors de la première phase du métamorphisme alpin, transformation des exsolutions d'albite en jadéite plus quartz ; après une augmentation de température et/ou une diminution de la pression, le feldspath a exsolvé de nouveau de l'albite, à sa périphérie cette fois.

Les métagranites étudiés par Campagnoni et Maffeo (1973) sont un peu différents. Ils contiennent du feldspath alcalin non perthitique , du plagioclase et de la biotite. Dans ce cas, c'est le plagioclase qui est remplacé lors du métamorphisme par l'assemblage pyroxène jadéitique, zoïsite et quartz. Le feldspath alcalin n'est pas transformé. Ici, la deuxième phase de métamorphisme qui redonnait l'albite dans le cas précédent, n'apparaît pas.

B - CHIMISME (Fig. 33-34, Tableau XXXIV, N° 1078)

Le porphyre que nous avons analysé possède une composition chimique de type granitique alcalin nettement différente de celle des autres roches de Sesia-Lanzo. Elle se rapproche au contraire de celle des gneiss oeillés de la partie occidentale de la zone (D. Lattard, 1974) ; elle est également analogue à l'unedes analyses de "porphyroïdes jadéitiques" des Alpes Cottiennes données par Lefèvre (thèse de 3è cycle, 1965 ; analyse N° 9). Cet auteur interprète ces roches comme d'anciennes roches volcaniques acides d'âge permien.

Tableau XXXIV: Analyses d'un "tuf" et d'un "ancien porphyre"

	943	1078
SiO_2	51,67	73,64
Al_2O_3	16,60	12,94
Fe_2O_3	3,07	1,44
FeO	5,12	1,00
MnO	0,01	0,01
MgO	4,33	1,39
CaO	6,30	0,10
Na_2O	4,13	4,08
K_2O	0,89	4,59
TiO_2	1,02	0,29
P_2O_5	0,14	0,06
H_2O^+	6,19	0,77
H_2O^-	0,30	0,17
Total	99,77	100,48
	NORMES C. I. P. W.	
Q	3,46	29,97
Or	5,26	27,13
Ab	34,95	34,52
An	24,13	0,50
Di	5,76	-
Hy	13,19	3,65
Mt	4,45	2,09
Il	1,94	-
C	-	1,08
H_2O T	6,49	0,94
Total	99,63	99,88

943 : Perloz - Q, gl, gt, zoï, chl
Analyste N. VASSARD (1973)

1078 : Val Lanzo - Q, Ab, micas, Feld. alc.
Analyste N. VASSARD (1973)

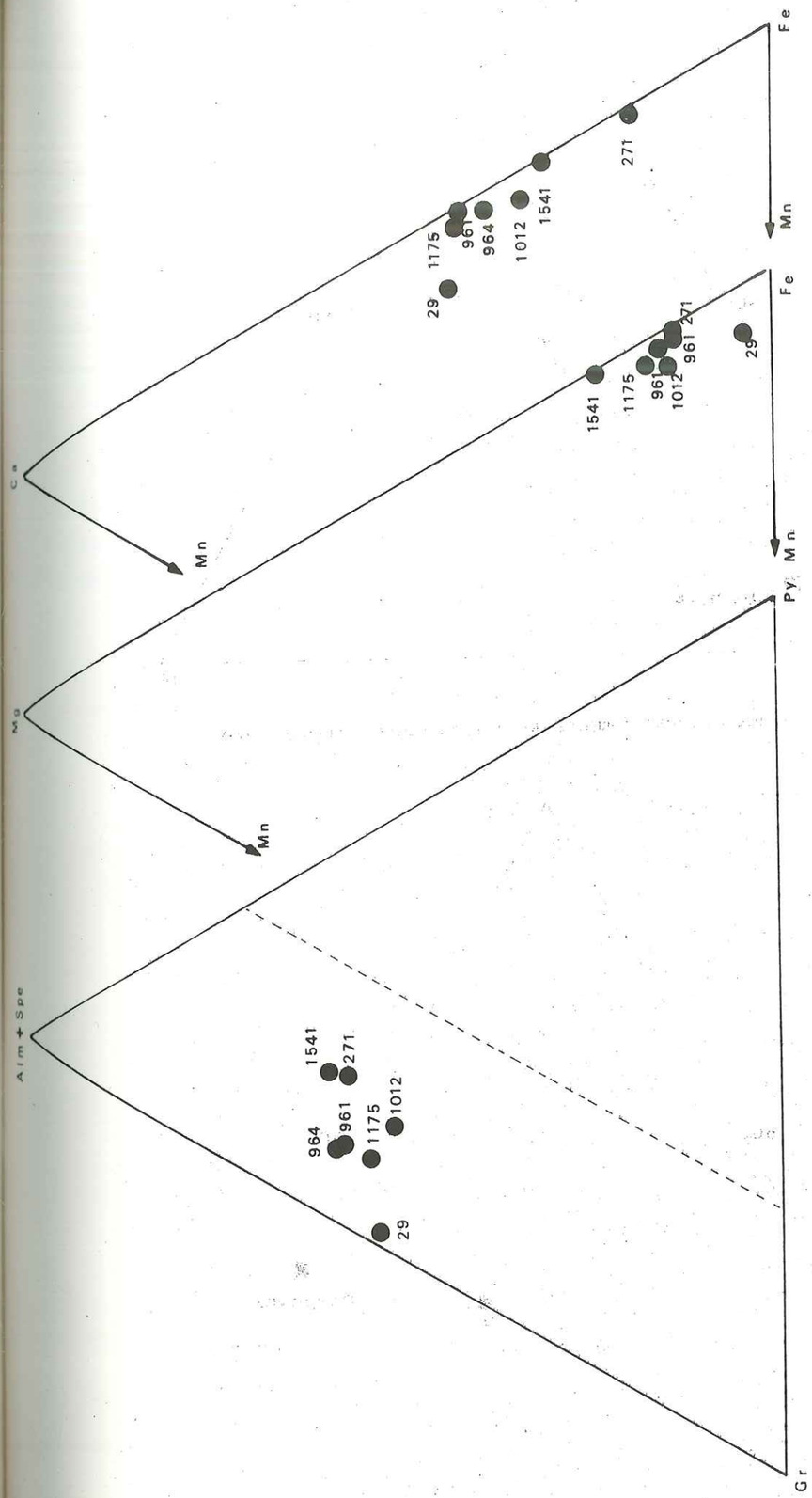


FIG. 32: POSITION DES GRENATS DES MICASCHISTES ECLOGITIQUES DANS LES TRIANGLES: ALMANDIN+SPESSARTINE-PYROPE-GROSSULAIRE (COLEMAN ET AL. 1965)
-- LIMITE DES GRENATS DU GROUPE C DE CES AUTEURS.
Mg-Mn-Fe
Ca-Mn-Fe

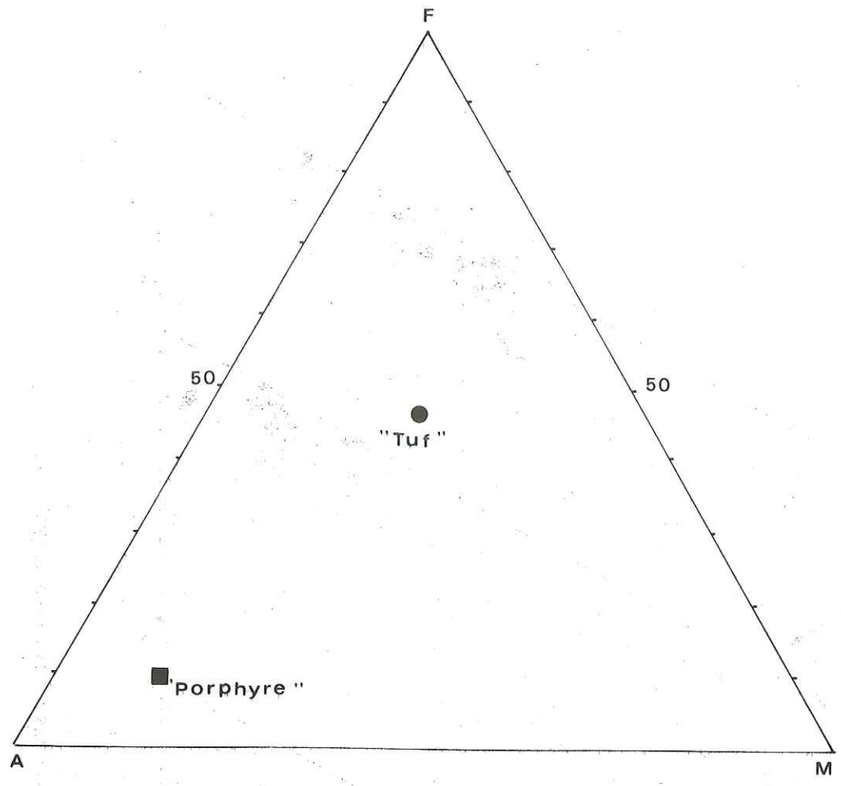


FIG. 33: POSITION D'UN "PORPHYRE" ET D'UN "TUF" DANS LE TRIANGLE A-F-M

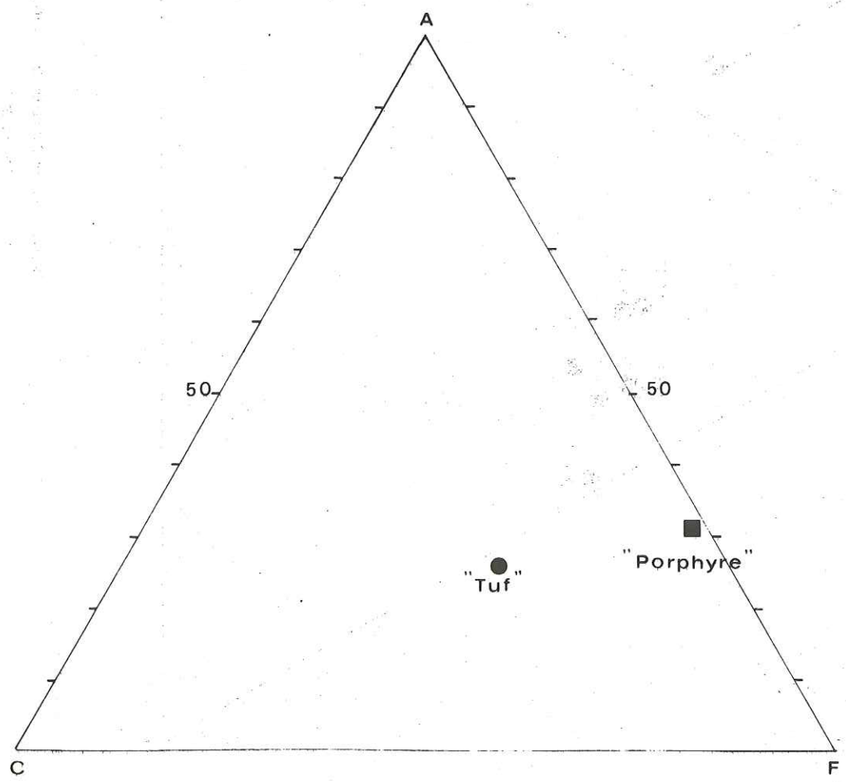


FIG. 34: POSITION D'UN "PORPHYRE" ET D'UN "TUF" DANS LE TRIANGLE A-C-F

II - "LES TUFS METAMORPHIQUES"

Nous les avons observés en trois localités : le long de la route de Plan de Brun à Pont Saint Martin, après Perloz vers Marine, et entre Nomaglia et Borgofranco.

Macroscopiquement, ce sont des roches de couleur verte, possèdant une patine brun-rouge. On distingue, à l'oeil nu, de gros cristaux de quartz plus ou moins anguleux, noyés dans une pâte verdâtre. Ces roches se présentent soit en nodules, soit en bancs dans des gneiss, des micaschistes ou des marbres.

A - DESCRIPTION

Nous prendrons comme type la roche (933), trouvée après Perloz (sous la petite chapelle) ; elle forme un banc d'un mètre environ d'épaisseur dans les marbres (photo 11).

Au microscope, elle apparaît très différente des autres roches de la zone de Sesia-Lanzo : on observe des gros cristauxx de quartz plus ou moins corrodés, parfois en forme de virgule, des cristaux d'albite de plus petite taille et des micas blancs. Ces"phénocristaux" sont noyés dans une "pâte" formée de petites amphiboles vertes, de zoïsite et d'albite.

De plus on observe quelques cristaux d'amphibole bleutée peu pléochroïque, souvent zonés. La glaucophane se transforme à sa périphérie en amphibole verte.

Il existe aussi de petites reliques de grenat. Il subsiste des pseudomorphoses remplies de zoïsite, de glaucophane et de chlorite.

Un filonnet tardif de zoïsite recoupe toute la roche.

B - LE POLYPHASAGE

Il semble que la première paragenèse soit à glaucophane-grenat. La glaucophane se transforme peu, le grenat est envahi par de la chlorite ; le polyphasage n'est jamais très net dans ces roches.

C - VARIATIONS PARAGENETIQUES

	N°	Provenance
- gl, gt, zoïsite, mica blanc, ab, amp, chl, q	933	Route de Perloz
- q, ab, mica blanc, chl, calcite	943	Route de Perloz
- q, ab, mica blanc, chl, zoïsite, gl, calcite	469	Route d'Andrate

D - CHIMISME (Tableau XXXIV, Fig. 33-34)

La roche analysée montre une composition qui est en gros celle d'un basalte ce qui paraît contradictoire avec la présence de grands cristaux de quartz plus ou moins corrodés. Il semble donc bien ne pas s'agir d'une roche volcanique simple mais d'un tuf.

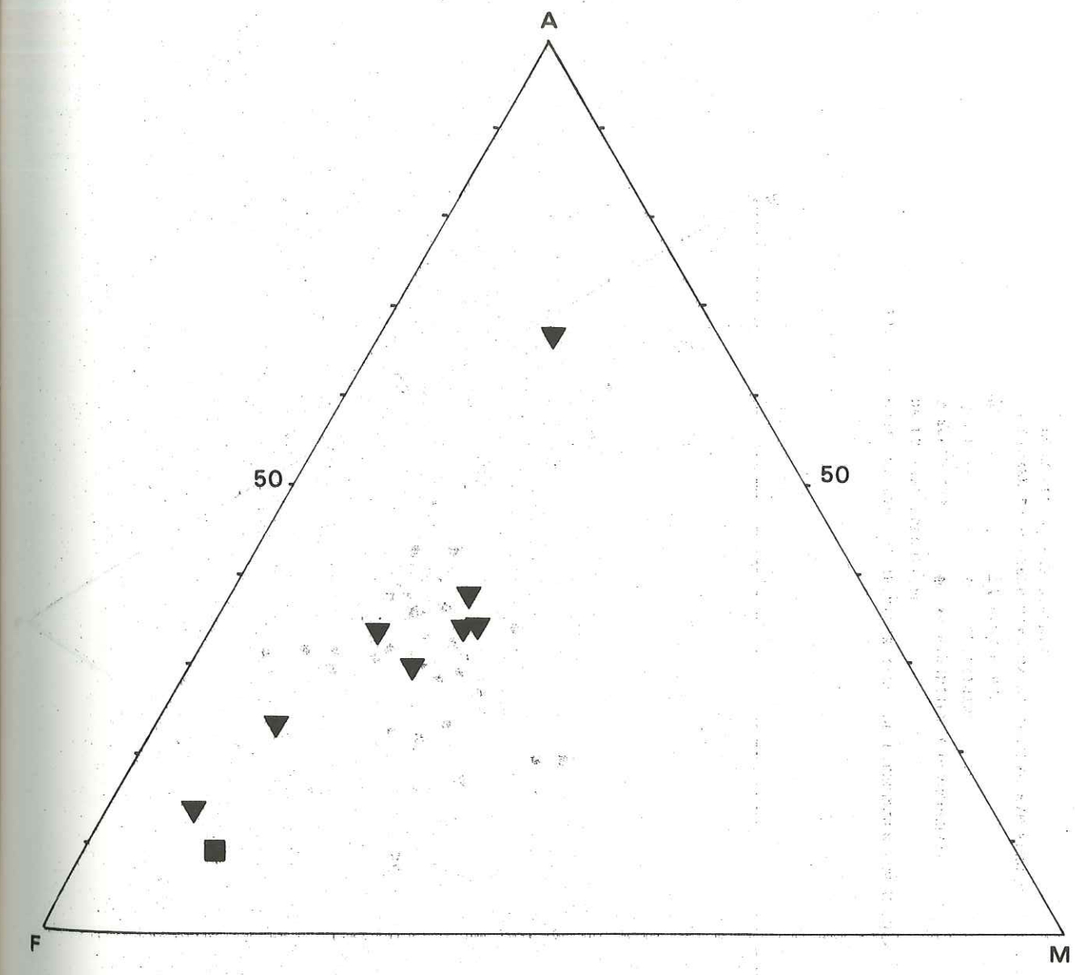


FIG. 35: COMPARAISON D'UN "PORPHYRE" ■ AVEC LES PORPHYROIDES ▼ ANALYSES PAR LEFEVRE (1965).

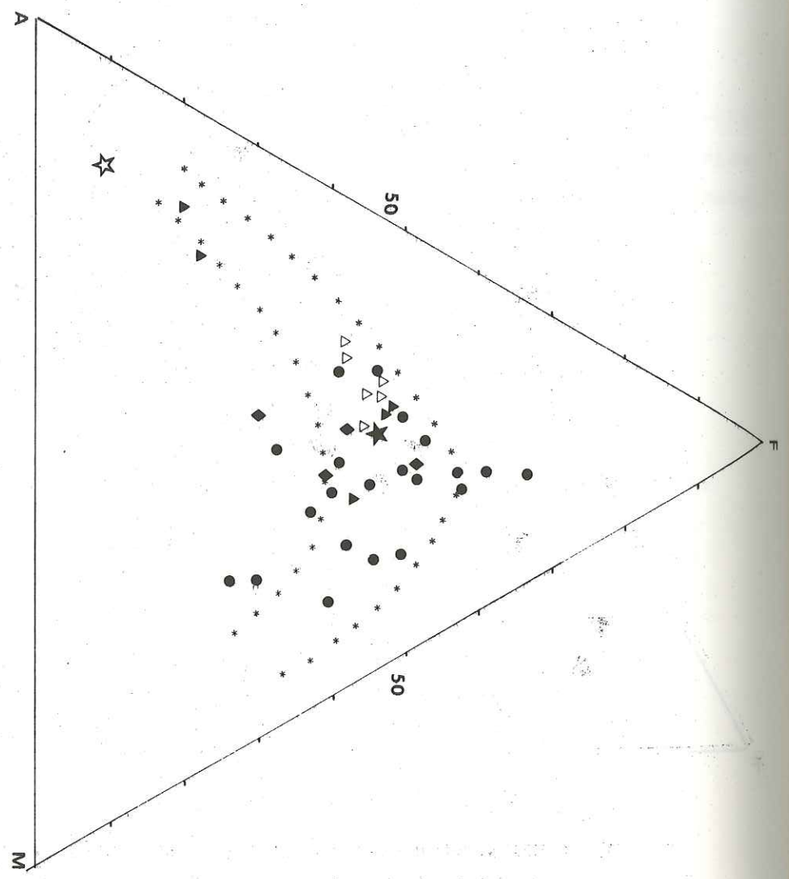


FIG. 36: POSITION DANS LE TRIANGLE A-F-M DE L'ENSEMBLE DES ROCHES DE LA ZONE ECLOGITIQUE.

● ECLOGITES
◆ AMPHIBOLITES A GLAUCOPHANE
△ GNEISS
▲ MICASCHISTES
★ "TUF"
☆ "PORPHYRE"
* * LIGNEE DE DIFFERENCIATION DETERMINEE PAR KUNO ET AL. (1957) POUR LES ROCHES D'HAWAI.

CONCLUSION A LA PREMIERE PARTIE

I - Aperçu sur le chimisme des roches de Sesia-Lanzo

L'ensemble de mes analyses, ainsi que celles de Viterbo et al. (1968) figurent dans les tableaux(I, II, III, IV, XV, XXI, XXVIII, XXXIV). Elles ont été reportées sur un diagramme AFM (Fig. 36). Sur celui-ci, les roches de la zone éclogitique se disposent approximativement suivant la lignée de différenciation alcaline. On remarque une lacune, qui peut n'être due qu'à un défaut d'échantillonnage, à l'interieur des compositions acides.

Mais si l'on compare plus en détail les analyses chimiques de ces roches aux compositions types des roches éruptives, des différences notables apparaissent. En effet :

- les gneiss et les micaschistes, que leurs teneurs en silice rapprochent des roches intermédiaires ou acides, possèdent en général des teneurs en magnésium plus élevées, et des teneurs en calcium et alcalins plus faibles que celles des roches éruptives comparables.

Pour ces roches de Sesia-Lanzo, le rapport Ca/Mg est donc faible par rapport à celui des roches éruptives, caractère déjà noté par Michel (1953) et Lattard (1974).

- Pour les roches basiques, éclogites et amphibolites, le rapport Ca/Mg paraît très variable, et sensiblement différent, en plus ou en moins, des valeurs habituellement rencontrées chez les roches éruptives basiques. Les teneurs en sodium sont également variables ; les teneurs en potassium sont dans l'ensemble inférieures à celles des roches éruptives comparables.

De même, si l'on compare les gneiss et les micaschistes de Sesia-Lanzo à des analyses types de roches sédimentaires, telles que des argiles ou des grauwackes,certaines différences apparaissent encore en particulier pour les teneurs en MgO, CaO, Na_2O, K_2O : les teneurs en magnésium semblent ici encore un peu supérieures, celles en alcalins, potassium surtout, inférieures, à celles des roches sédimentaires de teneur en silice comparable.

Il semble donc difficile de donner une origine purement éruptive, ou purement sédimentaire aux roches de la zone éclogitique. On aurait plutôt affaire au départ, à une série principalement volcano-sédimentaire, comprenant surtout des grauwackes,à l'origine de la plupart des micaschistes et des gneiss. Cette série aurait en outre compris, d'une part des couches de calcaires (marbres éclogitiques) et des grès (quartzites, certains micaschistes), et d'autre part quelques intercalations de roches éruptives basiques ; le morcellement tectonique éventuel de ces derniers bancs, suivi de leur métamorphisme, expliquerait le gisement, soit en bancs, soit en nodules, des amphibolites et des éclogites.

Enfin, en plus de ces intercalations basiques, la série comprenait également quelques très rares niveaux éruptifs acides, qui sont à l'origine des "porphyres" ou "métagranites".

II - Le polyphasage des roches de la zone éclogitique

Les roches de la zone éclogitique sont toutes polymétamorphisées, quelque soit leur composition chimique. Il existe de nombreuses pseudomorphoses de pyroxène, d'amphibole, de lawsonite qui seront étudiées dans le dernier chapitre.

D'une façon générale le polyphasage est le suivant :

FACIES ECLOGITES ⟶ FACIES SCHISTE A GLAUCOPHANE ⟶ FACIES AMPHIBOLITE A EPIDOTE

Nous verrons ultérieurement qu'il existe dans l'espace une variation des conditions du métamorphisme.

CHAPITRE III

ETUDE MINERALOGIQUE DETAILLEE

METHODES D'ETUDE DES MINFRAUX

Les minéraux ont été analysés par voie humide classique, ou à la microsonde électronique du centre de géochimie de l'Université de Paris VI. Le détail des manipulations ayant été décrit par Lattard (1974), nous n'y reviendrons pas ici.

Pour toutes les analyses à la microsonde, une dizaine de sections au minimum pour chaque minéral ont été étudiées ; la moyenne en a été faite.

- Les pyroxènes

Lorsque le pyroxène était riche en sodium, nous avons utilisé les étalons JADEITE (Na_2O = 12 %) , CPX4 (Na_2O = 1,80 %), CPX5(Na_2O = 5,00 %). Lorsque le pourcentage en jadéite était relativement bas, nous n'avons utilisé que les étalons CPX4 et CPX5.

++ Le Fer trivalent a été calculé par la méthode N.L. Dobretsov et N.L. Ponomareva (en russe) 1964.

- Les grenats

Ils ont été analysés par rapport au grenat M5 367. Pour les zonations nous avons fait une série d'analyses au centre, et une série à la périphérie.

- Les amphiboles

Elles ont été analysées avec les étalons CPX4 et CPX5. Le Fe^{3+} a été estimé par la méthode de Papike (1974).

- Les micas blancs

Nous avons utilisé BIOTITE 1, ORTHOSE, AUGITE Freycinède, et PARAGONITE.

- Les épidotes

GT 4' a servi d'étalon.

Je dois remercier ici B. VELDE qui m'a initié au fonctionnement de la microsonde ainsi que D. VELDE qui a prété le programme du calcul des concentrations qui a été effectué sur l'ordinnateur IBM 370 du CIRCE à l'aide du programme EMPADR VII (J. RUCKLIDGE, E.L. GASPARINI, 1969).

Les minéraux seront d'abord étudiés séparément puis par couples lorsqu'ils sont à l'équilibre (chapitre suivant).

Chaque espèce minérale donnera lieu à une étude détaillée afin d'établir des comparaisons entre les minéraux des différentes roches et d'essayer de mettre en évidence une zonéographie dans la zone de Sesia-Lanzo.

Nous allons étudier successivement :

- les pyroxènes
- les grenats
- les amphiboles
- les micas blancs
- les épidotes s.l.
- les chlorites
- la lawsonite
- le chloritoïde, le disthène, les minéraux accessoires.

I - LES PYROXENES

Je rappelle que les pyroxènes, dans leur grande majorité, sont primaires; il existe de plus quelques pyroxènes secondaires.

Trois pyroxènes ont été analysés par voie humide ; les autres ont été étudiés à la microsonde. Les formules structurales ont été calculées par la méthode des valences, et les proportions polaires par la méthode classique de Holmes.

1) - Les pyroxènes primaires (tableaux :V, VI, XI, XVI, XXII, XXIX, XXX.)

Ce sont comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, soit des omphacites, soit des jadéites.

- La plupart des pyroxènes analysés sont à l'équilibre avec de l'albite (photo 12). Dans ce cas, le maximum de solution solide de jadéite, n %, est réalisé dans le pyroxène. Cela permet de savoir à quelle courbe univariante où coexistent

à l'équilibre albite, omphacite (à n % de jadéite) et quartz, on peut se reporter (Birch et Lecomte, I960; Kushiro, I965, Bell et Davis, I965; Essene et Fyfe, I967).

Par contre, si l'albite n'est pas à l'équilibre avec le pyroxène, la teneur en jadéite de celui-ci n'est pas significative des conditions maximums du métamorphisme.

- Les analyses des pyroxènes primaires ont permis de mettre en évidence, dans un certain nombre de roches, deux pyroxènes à l'équilibre ; ils possédent des pourcentages en jadéite nettement différents : Jd = 60 % et Jd = 85 %. Dobretsov (I970) a déjà mis en évidence un phénomène semblable pour deux pyroxènes en coexistence et, au sein d'un pyroxène zoné. Dans le diagramme Dio, Aug-Jd-Aeg de cet auteur, les deux éléments de ces "couples" circonscrivent un domaine sans pyroxène, (Fig. 39) ou "gap".

- Toutes les analyses de pyroxènes de la zone de Sesia-Lanzo ont été reportées dans le diagramme précédent (Fig. 37 et 38). Aucune analyse ne tombe dans le "gap" déterminé par les "couples" de pyroxènes à l'équilibre.

Ce champ d'immiscibilité a été étudié du point de vue théorique par W. Brown (communication personnelle) et Coleman et Clark (I968) pour les pyroxènes, des serpentinites, des métagrauwackes et des métabasaltes.

Le "gap" déterminé par les pyroxènes de Sesia-Lanzo est légèrement plus réduit que celui de Dobretsov ; cela peut être dû à des erreurs d'analyses.

- Si l'on établit une carte des teneurs en jadéite de tous les pyroxènes (à l'équilibre avec l'albite), on remarque une variation de 45 % à 90 % du Nord au Sud et d'Est en Ouest (Fig. 40) ; les roches où les couples apparaissent, occupent une position intermédiaire dans la zone. On peut ainsi déterminer un gradient de pression, celle-ci augmentant du Nord au Sud, et/ou un gradient de température qui augmente du Sud au Nord (de même d'Est en Ouest). Ceci confirme les résultats de Velde et Kienast (I973) obtenus à l'aide de quelques pyroxènes des micaschistes.

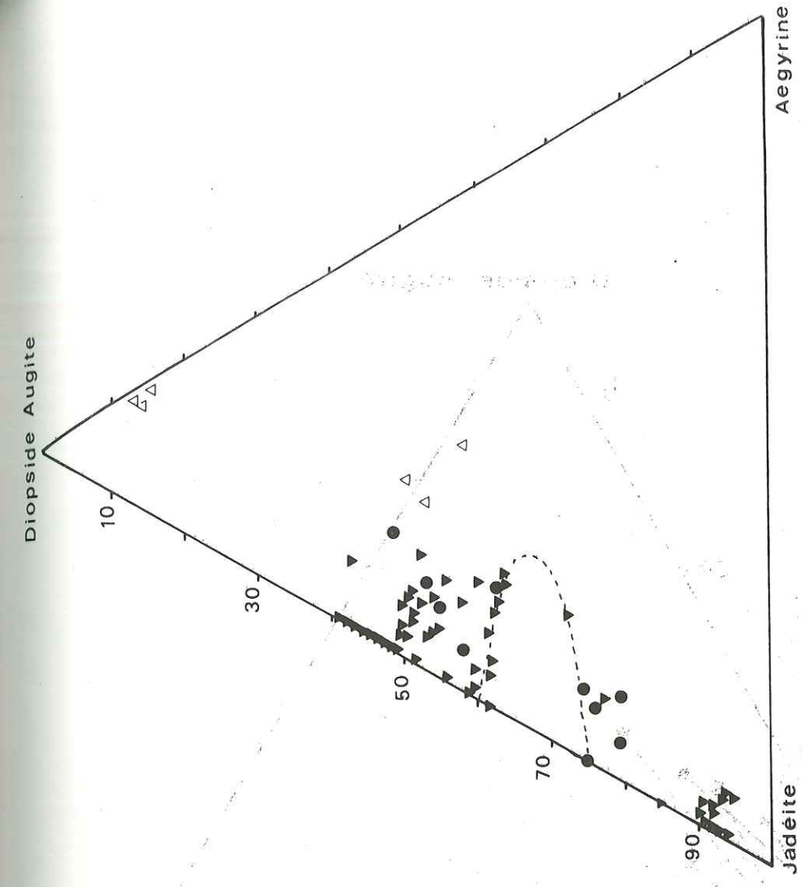


FIG. 38: POSITION DANS LE TRIANGLE DIO-AUG-JD-AEG DE TOUS LES PYROXENES DE LA ZONE ECLOGITIQUE
● PYROXENES APPARTENANT A UN COUPLE
▼ PYROXENES SEULS

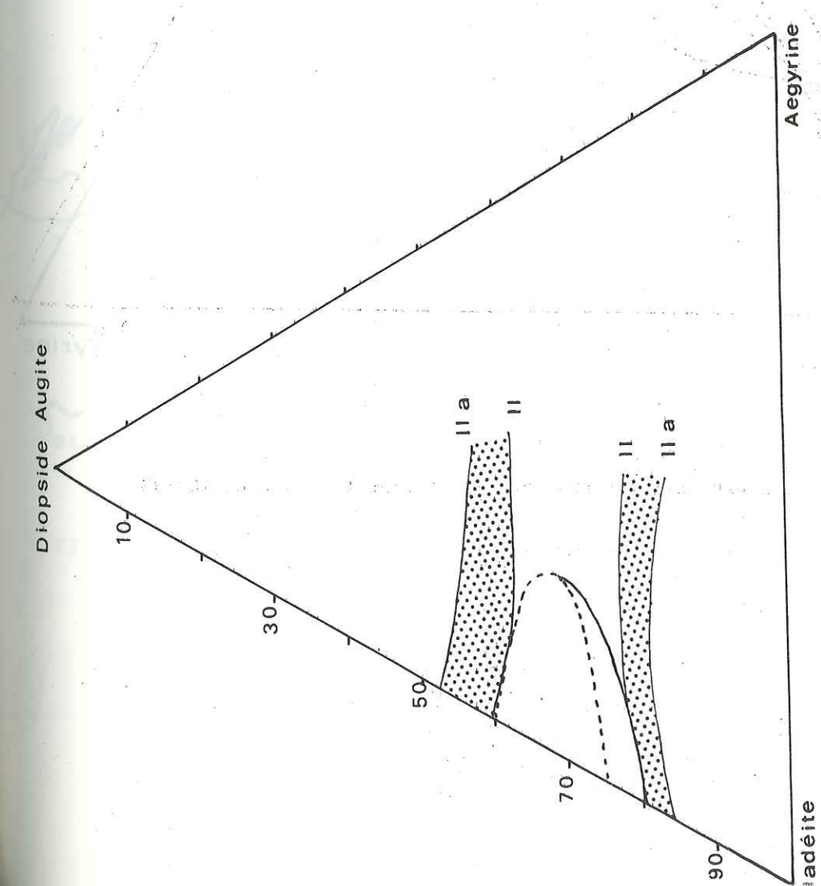


FIG. 37: DELIMITATION DES DOMAINES A DEUX PYROXENES A L'EQUILIBRE ET DU CHAMP D'IMMISCIBILITE DES PYROXENES SODIQUES D'APRES DOBRETSOV (1970) —— ET DANS CETTE ETUDE ---

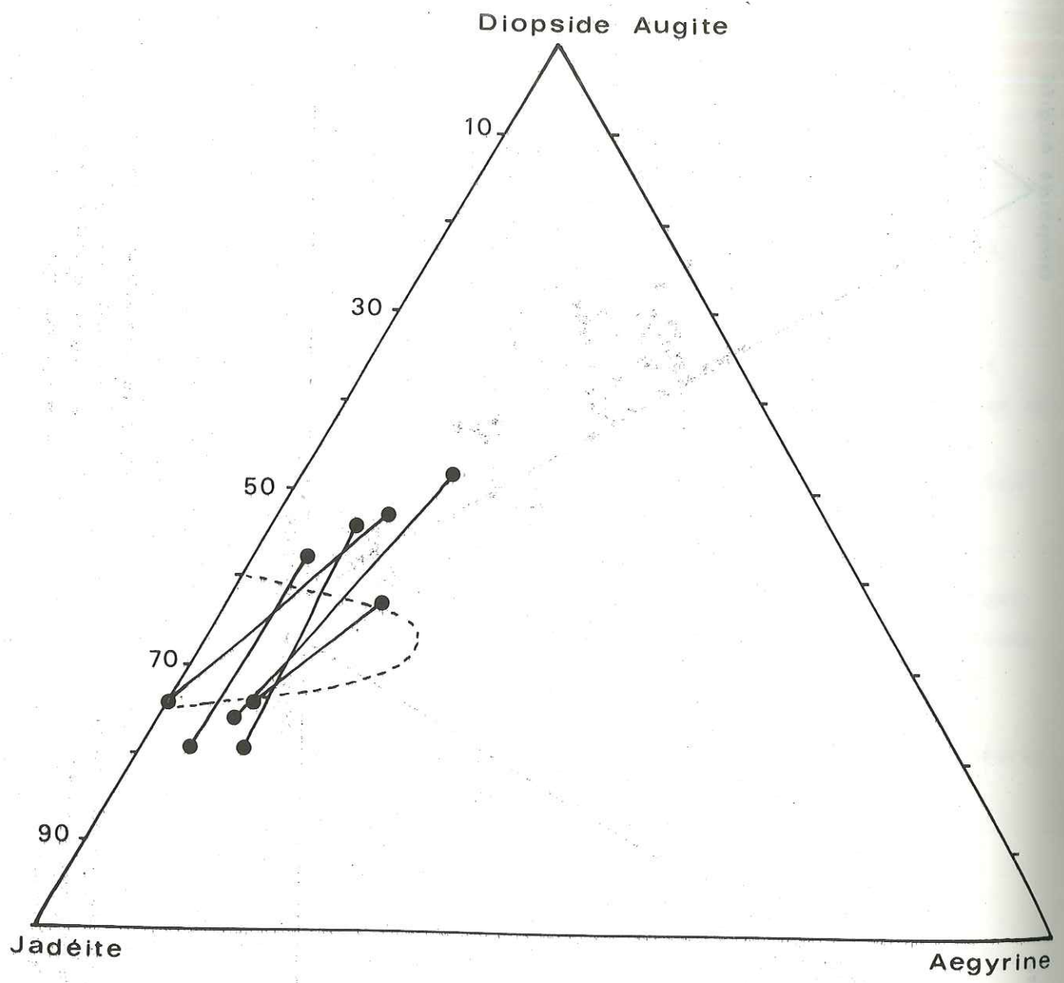
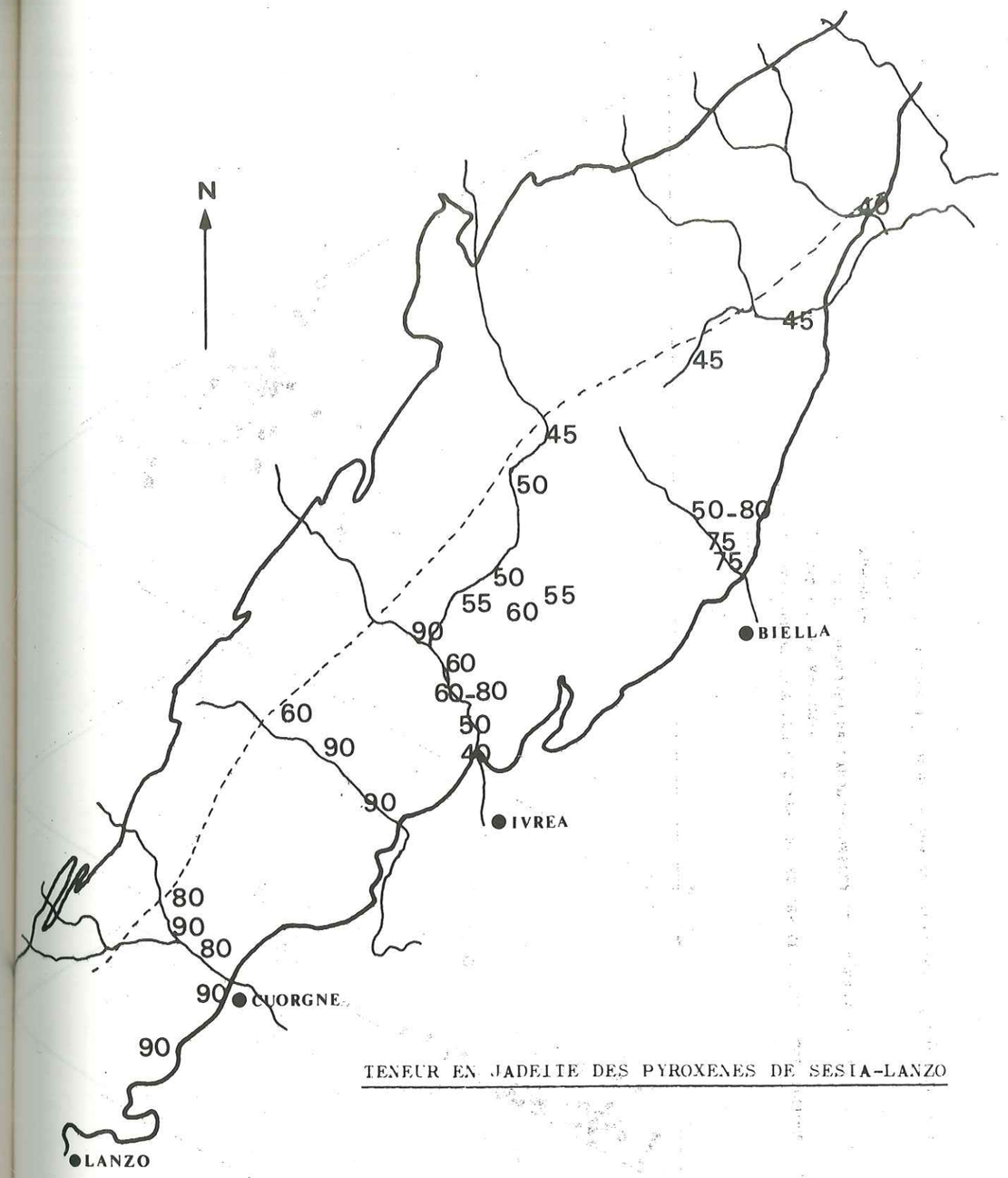


FIG. 39: REPRESENTATION DES COUPLES DE PYROXENES A L'EQUILIBRE



TENEUR EN JADEITE DES PYROXENES DE SESIA-LANZO

FIG. 40: CARTE SCHEMATIQUE DES TENEURS EN JADEITE DE TOUS LES PYROXENES A L'EQUILIBRE AVEC L'ALBITE DANS LA ZONE ECLOGITIQUE DE SESIA-LANZO.

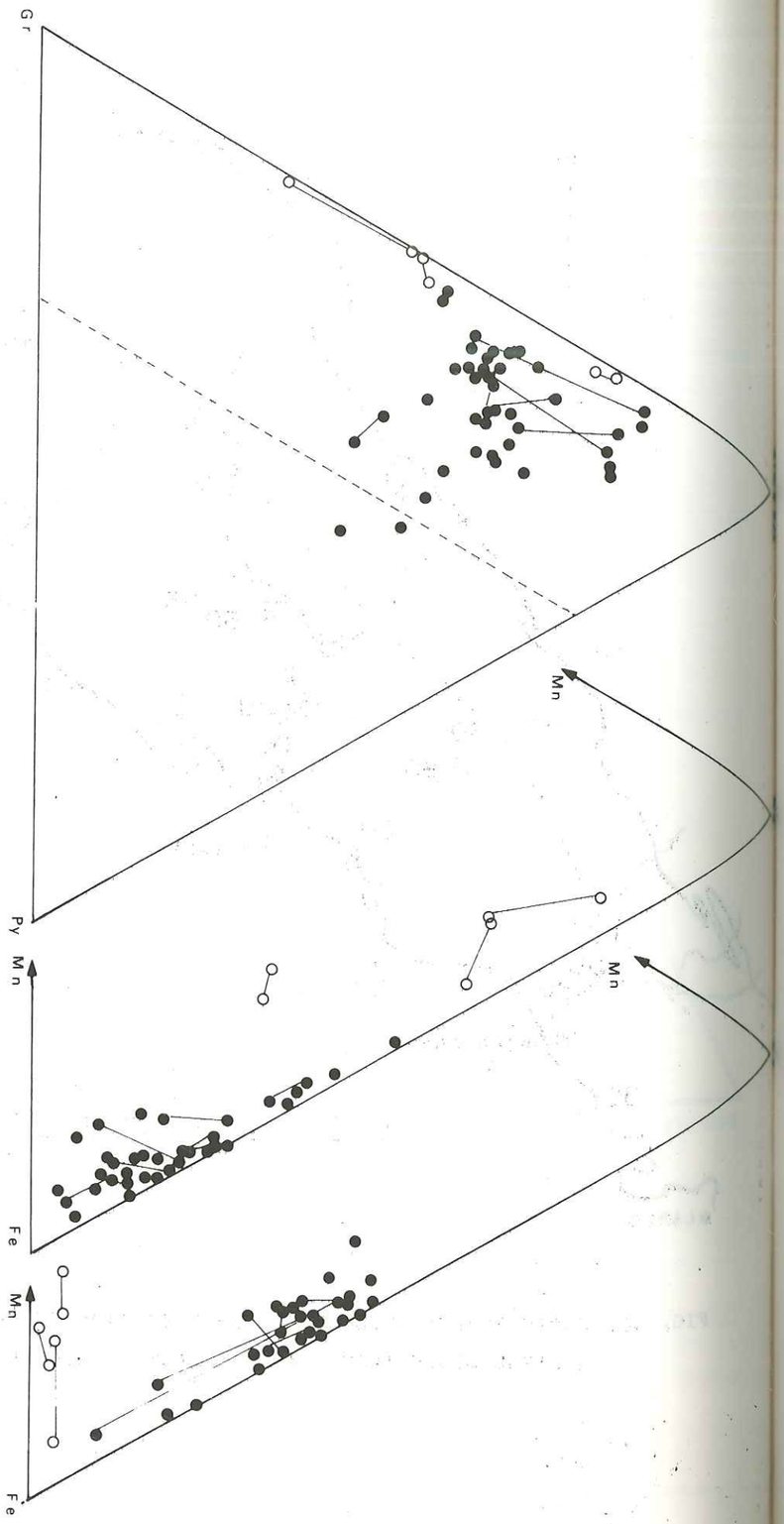


FIG. 41: POSITION DE TOUS LES GRENATS DES ROCHES DE LA ZONE ECLOGITIQUE DANS LES TRIANGLES:
ALMANDIN+SPESSARTINE-PYROPE-GROSSULAIRE (COLEMAN ET AL. 1967)
Mg-Mn-Fe
Ca-Mn-Fe
O comparaison avec les grenats des schistes verts (Lattard 1974)

Les zonations sont toujours légères (enrichissement en Na_2O au coeur et appauvrissement en CaO) ; elles sont peu fréquentes.

- Les pyroxènes primaires sont très souvent rétromorphosés. De nombreuses pseudomorphoses ont été observées ; elles sont toujours du même type : albite, micas blancs, épidotes ; de plus, il apparaît parfois de la glaucophane et un pyroxène vert.

2) - Les pyroxènes secondaires (Tableaux XXII, XII)

Je rappelle qu'ils sont toujours de couleur verte ; les analyses ont montré qu'ils sont beaucoup plus aegyriniques que les pyroxènes primaires qu'ils remplacent (Fig. 38).

CONCLUSION A L'ETUDE DES PYROXENES

1) - l'équilibre pyroxène sodique-albite semble certain dans la zone de Sesia-Lanzo, bien que quelques auteurs le contestent encore (Campagnoni et Maffeo, 1973).

2) - Les analyses des pyroxènes secondaires montrent qu'il s'agit de pyroxènes intermédiaires entre aegyrine et jadéite.

3) - Il existe dans certaines roches deux pyroxènes de même génération, qui se placent de part et d'autre du "gap" déterminé par Dobretsov (1970).

4) - La carte des teneurs en jadéite des pyroxènes permet de mettre en évidence un gradient de pression(et/ou de température) du Nord-Est au Sud-Ouest de la zone.

II - LES GRENATS

Je rappelle qu'ils sont primaires dans leur grande majorité. Il existe cependant quelques grenats secondaires, les deux générations pouvant coexister dans la même roche (Cf. Fig. 26).

Cinq grenats ont été analysés par voie humide classique, les autres ont été étudiés à la microsonde électronique.

1) - Les grenats primaires (tableaux : VI, VII, XII, XVII, XXIII, XXXI)

Ce sont des grenats riches en almandin, 50 % à 65 % environ ; les teneurs en pyrope varient de 10 % à 30 %, et celles en grossulaire de 30 % à 45 %. Les teneurs en spessartine sont toujours assez faibles, et sont comprises entre 0 et 5 %.

On n'observe pas de différences de composition dans les grenats en fonction de la composition chimique globale de la roche. D'autre part, qu'ils appartiennent au faciès éclogite ou au faciès schiste à glaucophane, les grenats ne semblent pas présenter de changements notables de composition.

Dans le triangle Alm + Spess - Gross - Pyr, je rappelle que les grenats des roches éclogitiques de Sesia-Lanzo tombent dans le champ des grenats des éclogites liées aux schistes à glaucophane, déterminé par Coleman et al. (1965) (Fig. 41).

Les grenats de la zone éclogitique sont comparés, dans la figure précédente aux grenats des schistes verts de la zone occidentale (Lattard, 1974). Ces derniers montrent des compositions beaucoup plus variables et dans l'ensemble, ils sont plus pauvres en pyrope.

Dans l'espace, il n'apparaît pas de variations comme il en apparaissait dans les pyroxènes.

Par contre, si les teneurs en CaO sont reportées sur un histogramme (Fig. 42), on voit deux groupes s'individualiser : le premier est formé par les grenats les moins calciques, qui

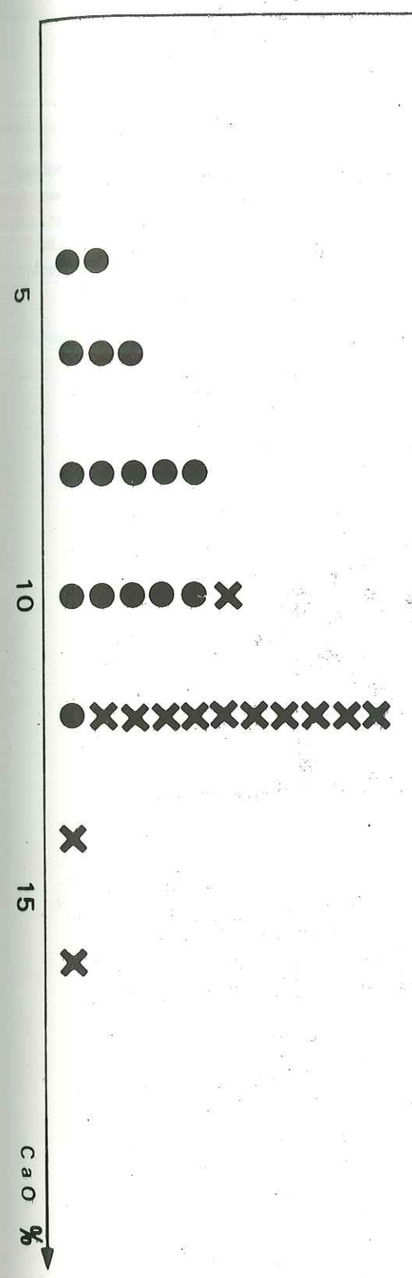


FIG. 42: VARIATIONS DE LA TENEUR EN CaO DANS LES GRENATS DES ROCHES ECLOGITIQUES AVEC LA PRESENCE OU L'ABSENCE DE GLAUCOPHANE
A L'EQUILIBRE
● GRENATS A L'EQUILIBRE AVEC LA GLAUCOPHANE
✖ GRENATS NON A L'EQUILIBRE AVEC LA GLAUCOPHANE

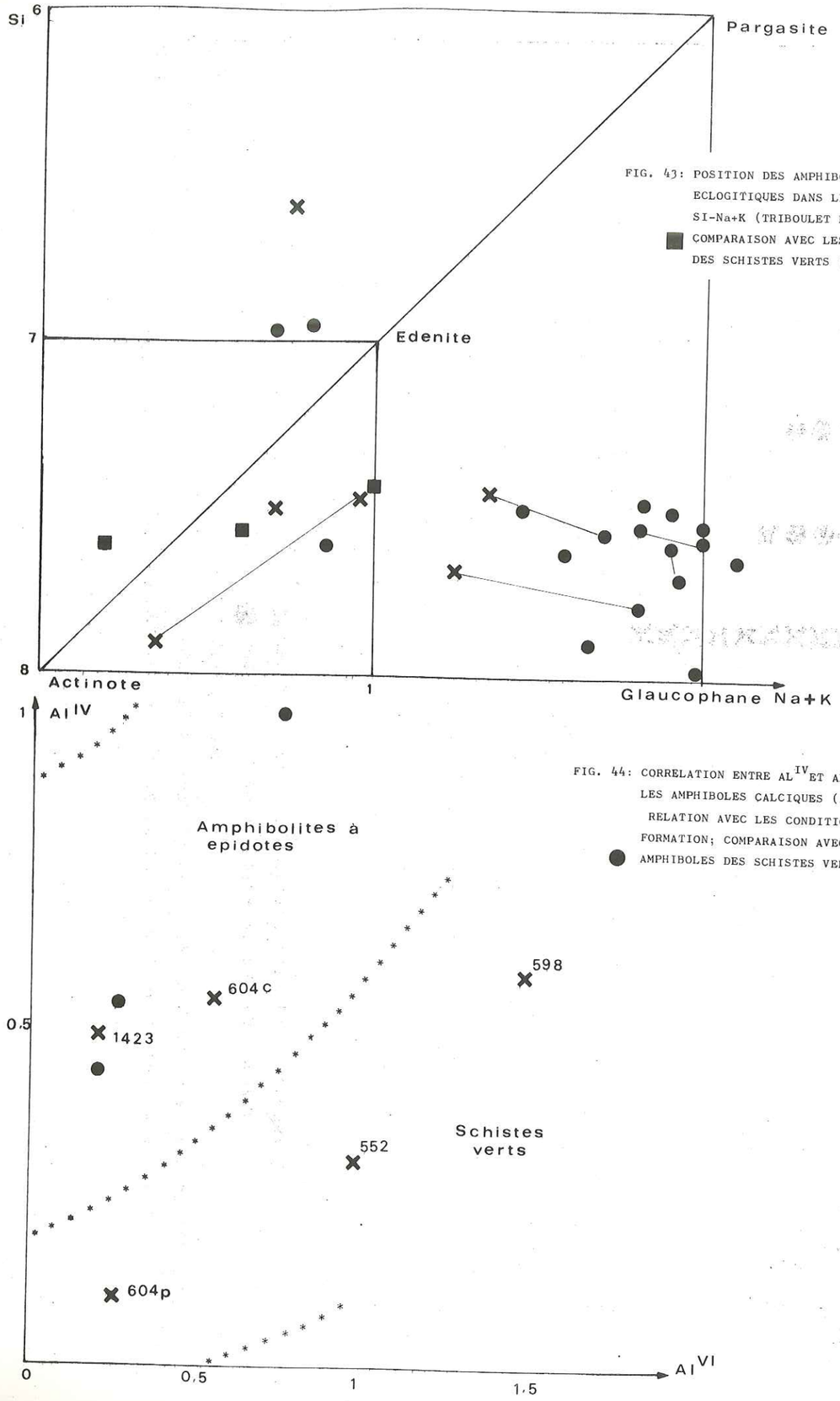


FIG. 43: POSITION DES AMPHIBOLES DES ROCHES ECLOGITIQUES DANS LE DIAGRAMME SI-Na+K (TRIBOULET ET KIENAST) COMPARAISON AVEC LES AMPHIBOLES DES SCHISTES VERTS (LATTARD 1974)

FIG. 44: CORRELATION ENTRE AL^{IV} ET AL^{VI} POUR LES AMPHIBOLES CALCIQUES (ZAKRUTKIN) RELATION AVEC LES CONDITIONS DE FORMATION; COMPARAISON AVEC LES AMPHIBOLES DES SCHISTES VERTS.

sont à l'équilibre avec la glaucophane. Le second comprend les grenats les plus calciques, qui ne sont pas à l'équilibre avec l'amphibole bleue. On voit donc que la teneur en CaO des grenats est influencée par la présence ou l'absence de glaucophane dans la même paragenèse.

Les zonations sont fréquentes dans toutes les roches étudiées; d'une façon générale, MnO diminue et MgO augmente du coeur à la périphérie. Le fer et le calcium évoluent de manière variable. Ces zonations sont plus compliquées que dans les grenats des schistes verts de la zone occidentale.

2) - Les grenats secondaires

Nous n'en possédons qu'une seule analyse (η36, tableau XXII). Ce grenat n'est pas zoné et à la même composition que la périphérie du grenat primaire de la même roche.

Conclusion à l'étude des grenats

Les grenats des roches éclogitiques, acides ou basiques, ont des compositions analogues. Elles sont moins variées que celles des schistes verts, par contre leurs zonations sont plus complexes.

Ils ne montrent pas de variations dans l'espace, comme les pyroxènes ; mais, on observe une variation des teneurs en CaO, celles-ci augmentant lorsque la glaucophane appartient à la même paragenèse.

III - LES AMPHIBOLES (Tableaux IX, XIV, XVIII, XXIV)

Je rappelle qu'elles sont présentes dans la plupart des roches de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo. Ce sont soit des glaucophanes qui peuvent appartenir au faciès éclogite ou au faciès schiste à glaucophane, soit des amphiboles vertes ou bleu vert de rétromorphose (de l'amphibole bleue ou d'autres minéraux).

On n'observe jamais deux amphiboles à l'équilibre dans la même roche.

1) - La glaucophane

Elles ont des compositions assez homogènes (Fig. 43 à 46) ; il ne semble pas exister de différence entre les glaucophanes du faciès éclogite et celles du faciès schiste à glaucophane. De même, ces compositions ne paraissent pas varier avec le chimisme de la roche. Je ne pourrais donc pas donner d'interprétation aux variations de pléochroïsme que l'on observe tout au long de la zone.

Deux compositions d'amphibole bleue (θ 36 et 537) (Tableaux XVIII et VII) se détachent cependant de l'ensemble ; elles sont plus proches des amphiboles de rétromorphose : ceci peut être dû à un zonage invisible au microscope.

Effectivement, les zonations sont fréquentes dans les amphiboles bleues ; deux cas peuvent se présenter :

a) - Zonation au sein d'une amphibole bleue :
ce type de zonation apparaît assez peu au microscope ; l'étude à la microsonde le met bien en évidence. Il s'agit, du coeur à la périphérie, d'un appauvrissement en sodium, et d'un enrichissement en calcium (an. 5.2 et 1334, Tableaux XIV, XXIII).

b) - zonation glaucophane-amphibole bleu-vert :
dans ce cas, le changement de couleur est très net au microscope ; l'étude à la microsonde montre que la variation chimique est du même type que la précédente, mais beaucoup plus poussée ; la

Fig.45: DIAGRAMME Ca/Ca+Na, Mg/Mg+Fe (KLEIN 1969) POUR LES AMPHIBOLES DE SESIA-LANZO

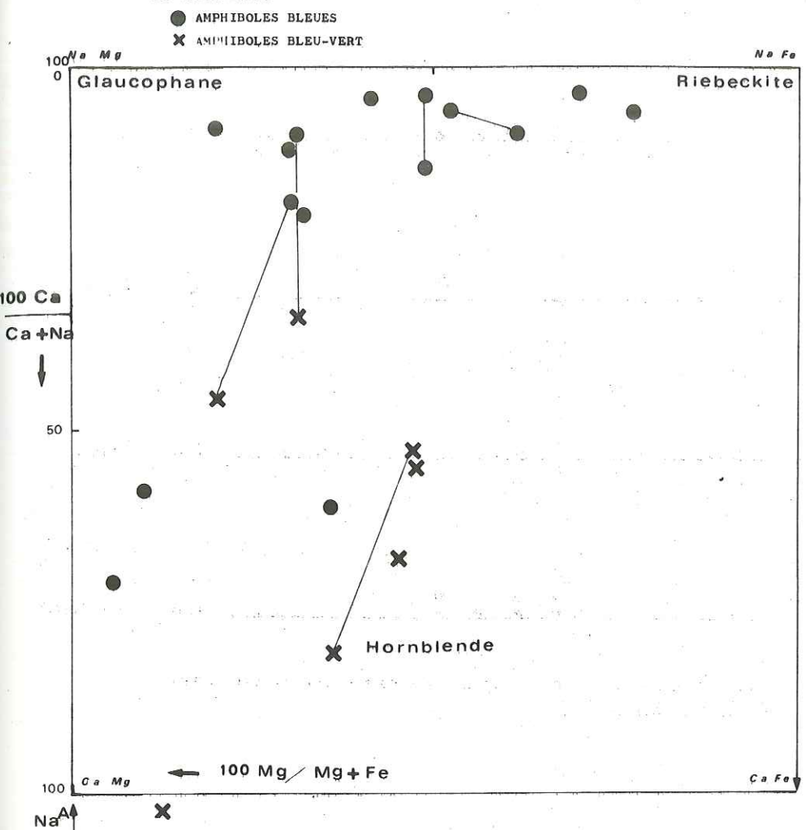
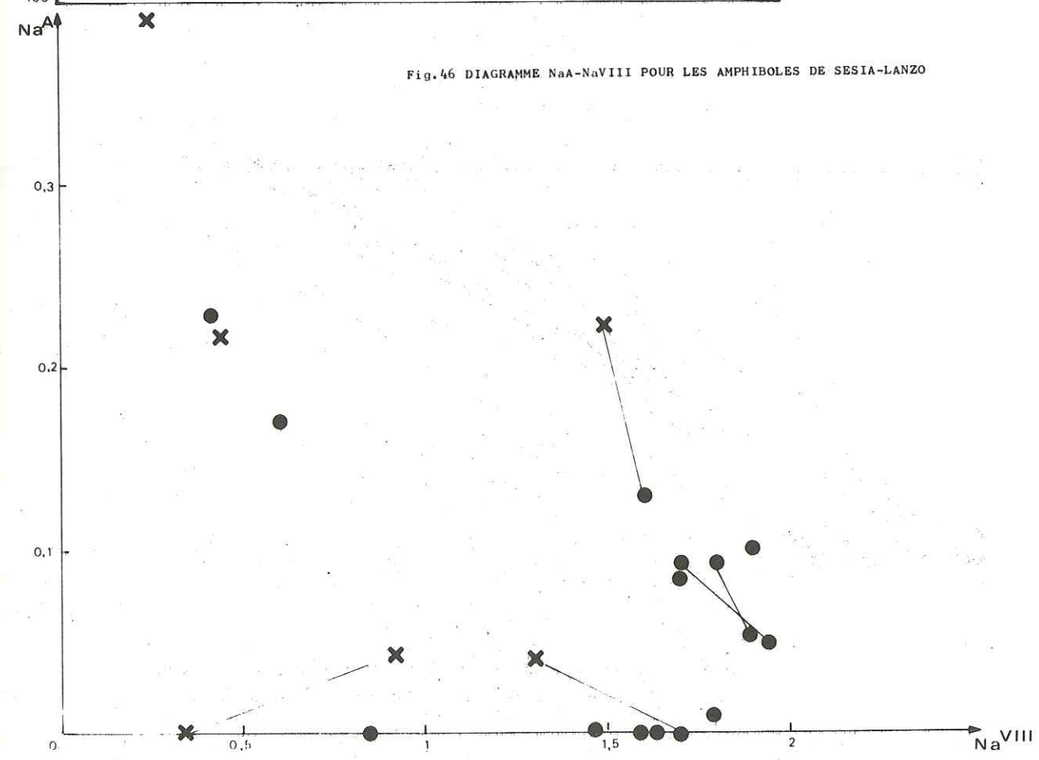


Fig.46 DIAGRAMME NaA-NaVIII POUR LES AMPHIBOLES DE SESIA-LANZO



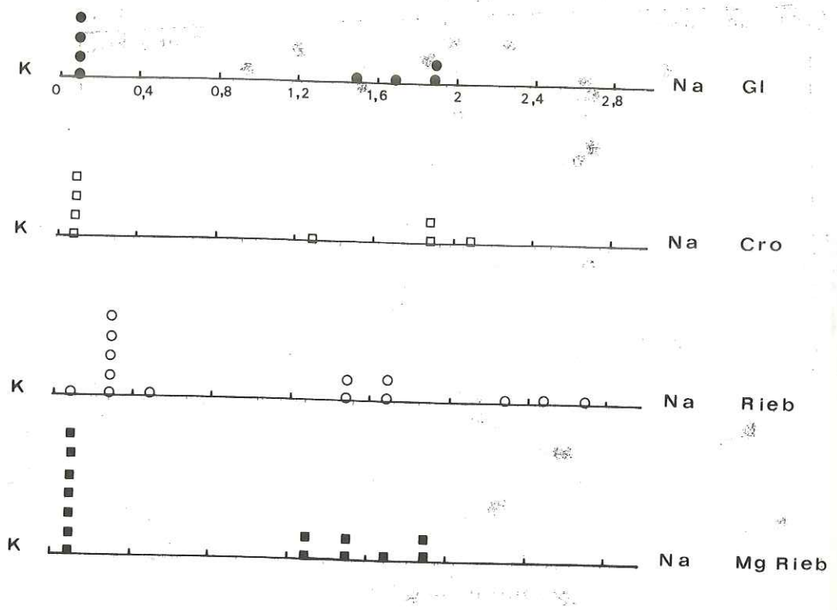


Fig.47: HISTOGRAMME DES TENEURS EN Na ET K POUR LES DIFFERENTS TYPES D'AMPHIBOLES SODIQUES.

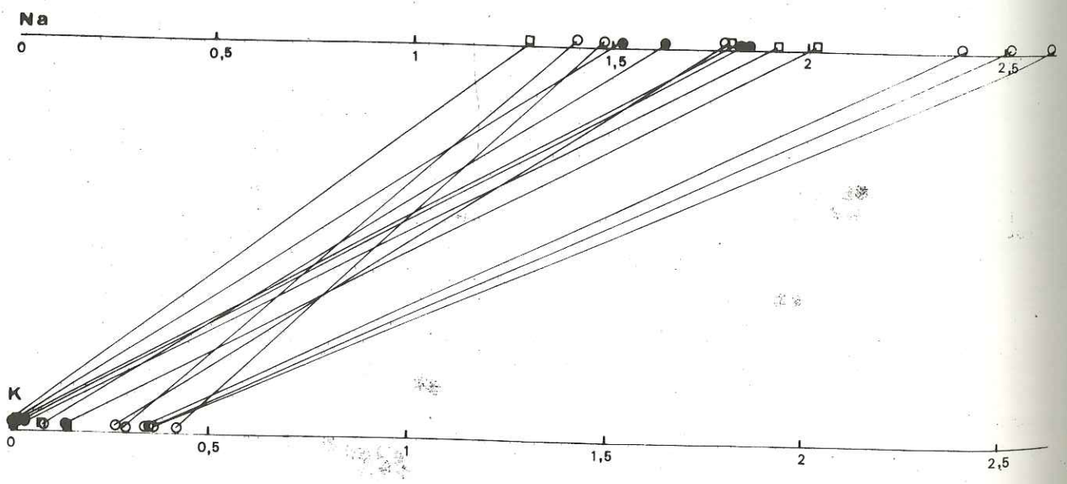


Fig.48: RELATION ENTRE LES TENEURS EN Na ET K DANS LES DIFFERENTS TYPES D'AMPHIBOLES SODIQUES (même légende que dans la figure 47)

périphérie est ici une hornblende proche du pôle édénite (an.598 et 552, tableaux XVII, VII).

2) - Les amphiboles bleu-vert

Elles peuvent se présenter, soit en zonation comme on vient de le voir, soit en petites aiguilles liées à la transformation d'autres minéraux, principalement de la glaucophane ou du pyroxène.

Dans ces deux cas, la composition est la même, et proche du pôle édénite (809, 1423, Tableaux VII, XVIII).

Ces amphiboles bleu-vert peuvent être elles-mêmes zonées ; dans ce cas, la périphérie est plus verte. Sa composition est proche du pôle actinote (604, 1423), et voisine des amphiboles vertes de la zone occidentale (Lattard, 1974).

Remarque sur la teneur en potassium des amphiboles sodiques :

On peut remarquer que dans certaines des amphiboles bleues analysées, il existe une teneur en K_2O faible, mais non négligeable. Nous avons essayé de voir si dans ces amphiboles et dans les amphiboles sodiques données par Deer et al. (1962) la teneur en K_2O pouvait être liée à d'autres éléments.

Nous avons d'abord placé dans un histogramme les teneurs en Na et K des différents groupes d'amphiboles sodiques (Fig. 47). Il apparaît ainsi que les riébéckites se distinguent des glaucophanes, crossites et magnésioriébéckites par des teneurs en K supérieures, et, pour certaines d'entre elles, par des teneurs en Na également supérieures.

Ceci apparaît plus précisément si l'on examine la corrélation entre K et Na pour ces différentes amphiboles sodiques (Fig. 48) ; on peut noter d'abord que, en général, plus l'amphibole est sodique, plus elle est aussi potassique.

Plus précisément :

- Les glaucophanes, crossites et magnésioriébeckites forment un premier ensemble caractérisé par des teneurs en Na et K relativement faibles.

- Les riébéckites au contraire, les plus potassiques de toutes, présentent un double comportement du point de vue du sodium :

  * les unes sont aussi les plus riches de toutes en Na
  * les autres présentent, au contraire, des teneurs en Na plus faibles, analogues à celles des glaucophanes, crossites et magnésioriébeckites.

La riébeckite étant l'amphibole sodique la plus riche en fer, nous avons cherché à voir s'il existait une corrélation entre la teneur en alcalins, en particulier en potassium, et la teneur en fer pour toutes ces amphiboles sodiques (Fig. 49 à 51).

Sur ces figures, apparaît une corrélation générale entre la teneur en potassium et la teneur en fer (Fe^{2+}, Fe^{3+}, et surtout Fe total). Les riébeckites forment un groupe nettement séparé des autres amphiboles sodiques : il existe une discontinuité entre les riébeckites et les magnésioriébeckites.

Conclusion à l'étude des amphiboles

On n'observe pas de différence de composition entre les glaucophanes du faciès éclogite, et celles du faciès schiste à glaucophane.

La composition de la roche hôte ne fait pas apparaître non plus de différence dans la composition des amphiboles.

Enfin, le polyphasage se traduit nettement dans les amphiboles :

- d'abord la zonation ou la transformation des amphiboles bleues en amphiboles bleu-vert (proches de l'édénite) correspondant au faciès amphibolite à épidote,
- ensuite éventuellement par le passage de celle-ci à des amphiboles vertes (proches de l'actinote) correspondant à des conditions proches des schistes verts.

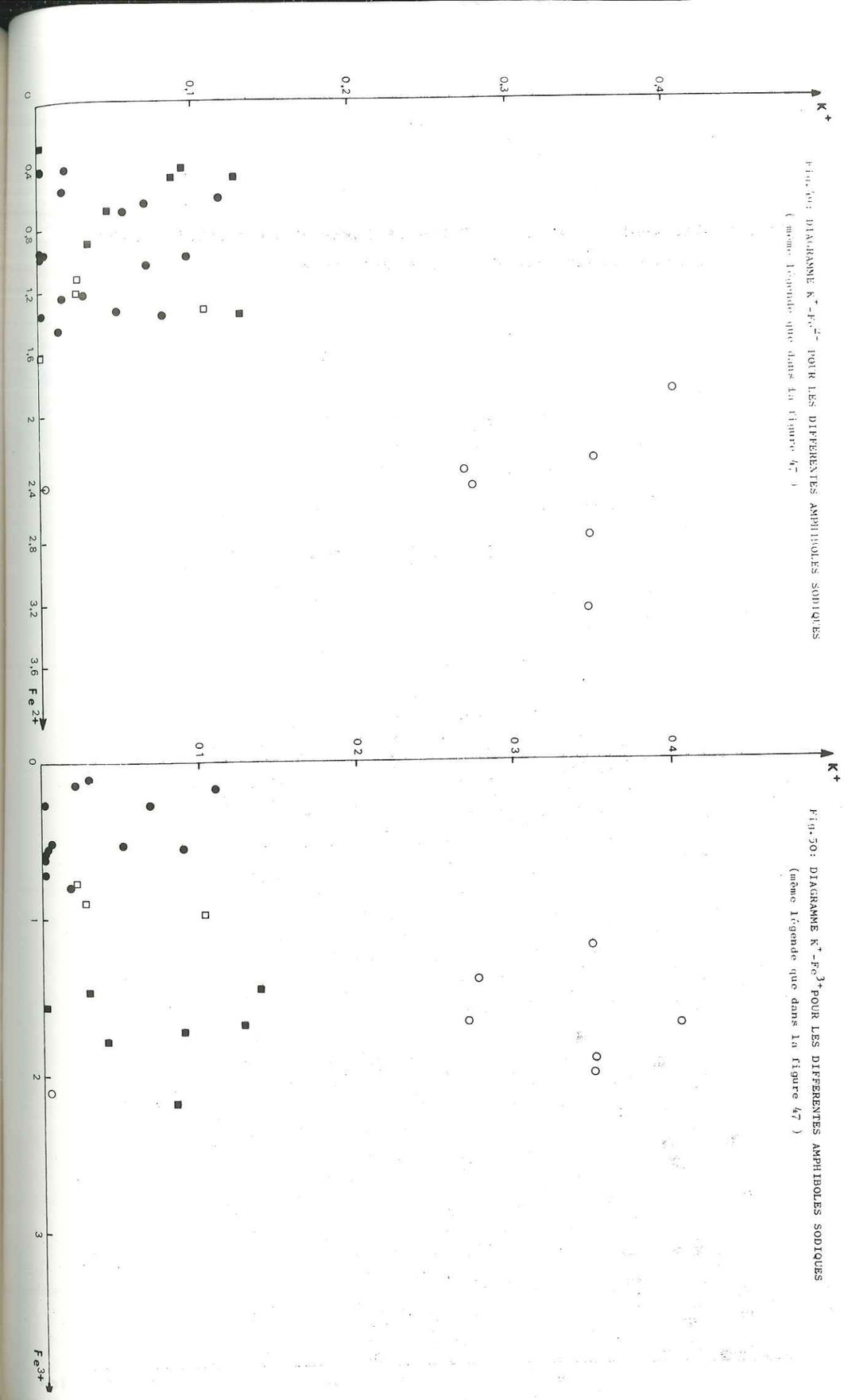
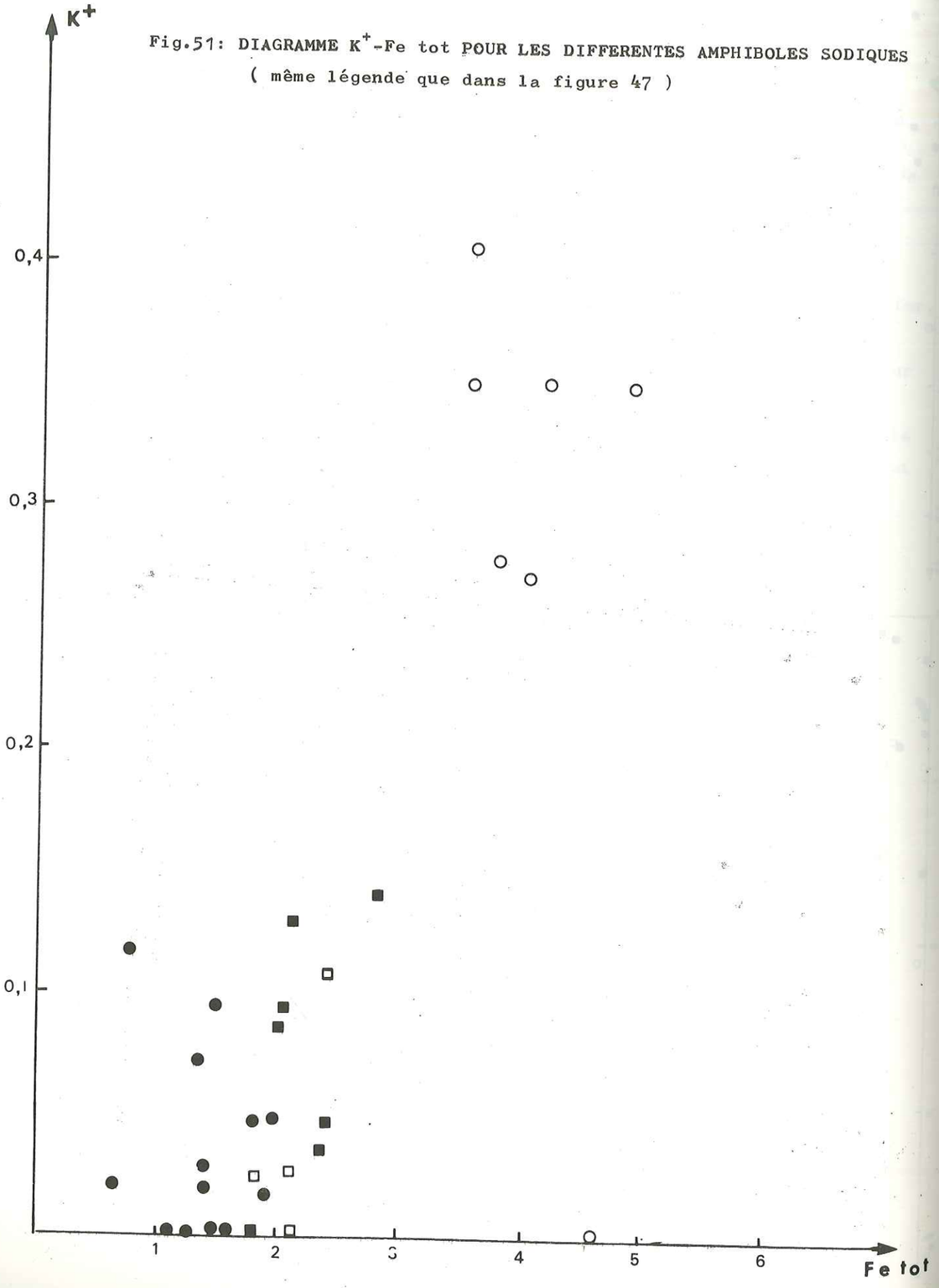


Fig.49: DIAGRAMME K^+-Fe^{2+} POUR LES DIFFERENTES AMPHIBOLES SODIQUES
(même légende que dans la figure 47)

Fig.50: DIAGRAMME K^+-Fe^{3+} POUR LES DIFFERENTES AMPHIBOLES SODIQUES
(même légende que dans la figure 47)

Fig.51: DIAGRAMME K^+-Fe tot POUR LES DIFFERENTES AMPHIBOLES SODIQUES
(même légende que dans la figure 47)



IV - LES MICAS

Ils sont présents dans la grande majorité des roches de la zone éclogitique. Ce sont presque toujours des micas blancs ; il existe cependant quelques biotites vertes de rétromorphose que nous n'avons pas étudiées. Les micas blancs peuvent former un pourcentage important atteignant 30 % à 40 % dans les micaschistes.

Ils ont été analysés soit par voie humide classique, soit à la microsonde électronique.

Les micas blancs peuvent appartenir à la paragenèse éclogitique ou être les produits de la transformation d'autres minéraux (pyroxène, amphibole, lawsonite). Il est souvent difficile de distinguer micas primaires et micas secondaires. Il ne semble pas exister de différence de composition entre les micas blancs des roches acides et ceux des roches basiques.

L'étude à la microsonde a permis de mettre en évidence :

- des phengites pures seules ou associées à un autre mica blanc (tableau XXXII)
- des paragonites pures, qui peuvent être aussi associées à un autre mica (tableau XXV)
- des solutions solides phengite-paragonite (tableaux XIX, XXV)
- des interstratifiés phengite-paragonite (tableau XIX).

ce dernier type a été mis en évidence lors de traversées à la microsonde. Les deux derniers cas ne seront pas étudiés, car le nombre d'analyses est insuffisant.

I) - Les phengites

Les phengites de la zone éclogitique sont plus riches en sodium que celles des schistes verts (Lattard, 1974) ; ceci peut s'expliquer par la teneur souvent plus importante en Na_2O des roches de la zone éclogitique (L'albite primaire est fréquente).

D'après Velde (I967), la composition de la roche hôte n'a pas d'influence sur la teneur en silice des phengites ; par contre, selon ce même auteur (I965), cette teneur peut indiquer les conditions de formation des roches contenant ce mica. Nous avons appliqué cela aux roches de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo ainsi que l'avaient fait Velde et Kienast (I973) pour quelques phengites des micaschistes.

Indépendemment de la composition de la roche, les teneurs en silice des phengites primaires sont comprises entre 3,50 et 3,20 (les formules structurales ont été calculées sur la base de 22 charges électrostatiques par la méthode de Foster). Sur la carte de Sesia-Lanzo (Fig. 52), les valeurs les plus élevées se placent au Sud et à l'Ouest ; on observe de plus une variation à peu près régulière du Sud au Nord et d'Est en Ouest. Ceci indiquerait des pressions de formation plus fortes dans les parties méridionales et occidentales de la zone éclogitique.

2) - Les paragonites

D'après Thompson (I957), l'apparition de la paragonite est limitée aux roches dont la composition se place au dessus de la ligne almandin-chlorite dans le diagramme A-F-M. Ceci semble réalisé par la plupart des roches à paragonite primaire de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo.

Il apparaît parfois autour de la paragonite une frange d'albite correspondant à la transformation de ce mica; mais cette déstabilisation ne correspond pas exactement à la réaction

Paragonite + Quartz ⟶ Albite + Silicate d'alumine + eau

étudiée expérimentalement (Richardson et al., I969 ; Ivanov et al., I970 ; Holdaway, I971). En effet, le silicate d'alumine n'apparaît pas ici, et nous ne pouvons donc pas trouver les conditions physiques exactes de cette rétromorphose.

Conclusion

Les teneurs en silice des phengites primaires mettent en évidence une zonéographie dans la zone éclogitique ; le gradient est du même type que celui mis en évidence par l'étude des pyroxènes et il permet de préciser celui-ci : ainsi approximativement, les conditions de formation au Sud de la zone seraient de 13 à 15 Kb et de 450 à 600°C, et au Nord de 10 à 12 Kb et de 550 à 700° (Fig. 52 bis).

V - LES EPIDOTES

On les trouve dans beaucoup de roches de la zone éclogitique, qu'elles soient acides ou basiques. Dans certains cas, elles forment un pourcentage important de l'échantillon ; elles forment fréquemment des filonnets ou des nodules vert-jaune.

Les épidotes ont été analysées à la microsonde électronique.

Elles peuvent appartenir à la paragenèse éclogitique ou provenir de la rétromorphose d'autres minéraux comme le pyroxène, le grenat, et la lawsonite.

Deux générations d'épidotes sont fréquentes dans la même roche. On trouve :

- des zoïsites primaires ou secondaires dans toute la zone de Sesia-Lanzo ; il ne semble pas exister de différence de composition entre les zoïsites du faciès éclogite ou celles du faciès schistes à glaucophane ou amphibolitè à épidote.
- des clinozoïsites primaires dans le Nord de la zone, et secondaires tout le long de la zone. Là encore, il n'apparaît pas de différence de composition entre ces deux générations d'épidotes, quelles que soient les roches qui les contiennent.
  Les clinozoïsites primaires sont caractéristiques de la partie septentrionale de Sesia-Lanzo et correspondent à la lawsonite qui est le silicate alumineux et calcique du Sud de la zone. Dans ces dernières, la zoïsite occupe une place très importante dans les pseudomorphoses.
- des pistachites, beaucoup plus rares, qui sont toujours secondaires.
- de l'allanite, exceptionnellement.

Les analyses que nous possèdons ont été placées dans le triangle A-C-F ; on peut voir qu'elles sont très groupées (Fig. 53).

Les zonations sont fréquentes dans les épidotes de la zone éclogitique : d'une façon générale, on observe au coeur de la zoïsite et à la périphérie de la clinozoïsite ou/puis de la pistachite, ou encore au coeur de la clinozoïsite et à la périphérie de la pistachite.

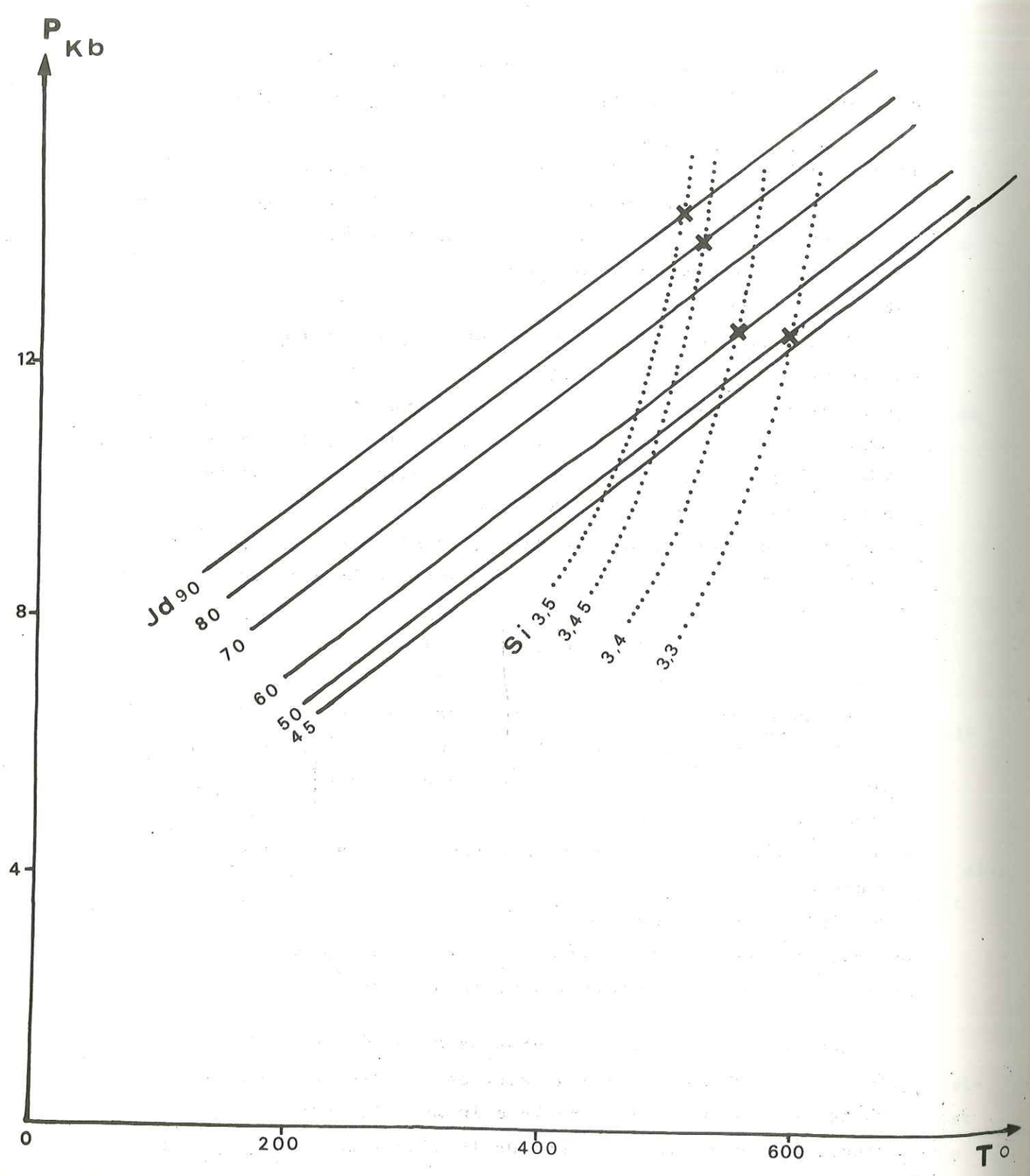


Fig. 52 bis : Conditions de formation (pression, température) des roches de la zone éclogitique ; les courbes Jd % ⟶ Ab + Q ont été tracées d'après Essene et Fyfe (1967) et celles des teneurs en silice d'après Velde (1967).

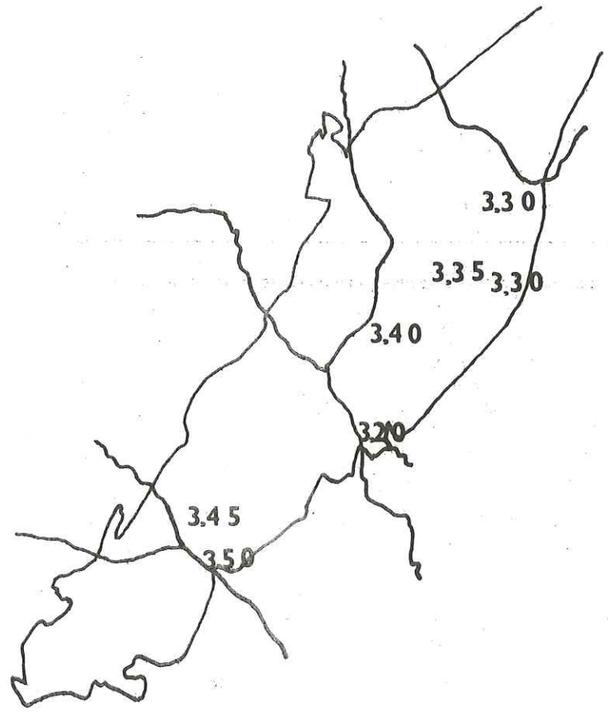


FIG. 52: CARTE SCHEMATIQUE DES TENEURS EN SILICE DES PHENGITES DES ROCHES ECLOGITIQUES DANS LA ZONE DE SESIA-LANZO.

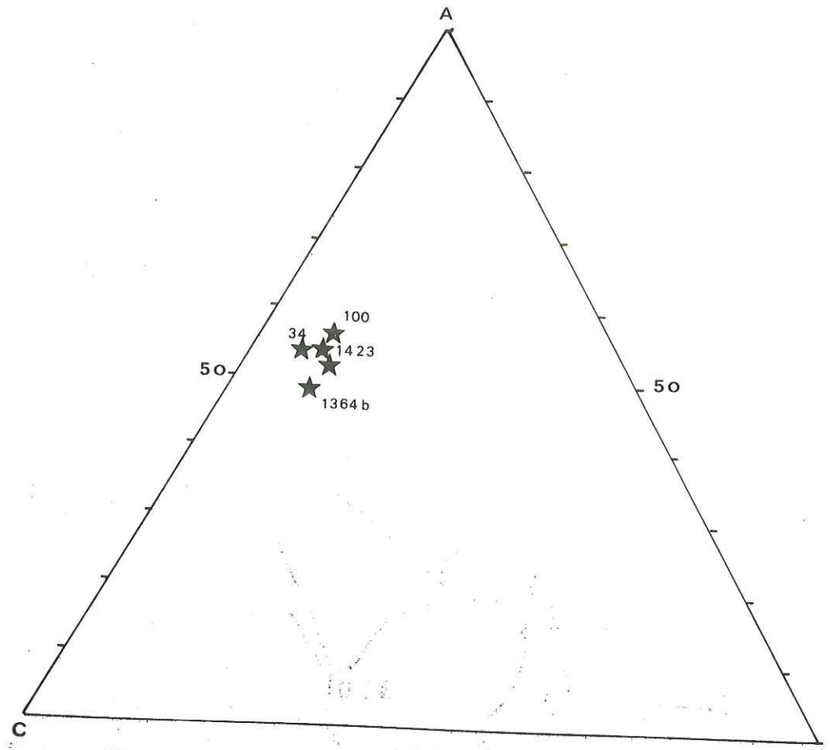


FIG. 53: POSITION DES EPIDOTES DES ROCHES ECLOGITIQUES DANS LE DIAGRAMME A-C-F.

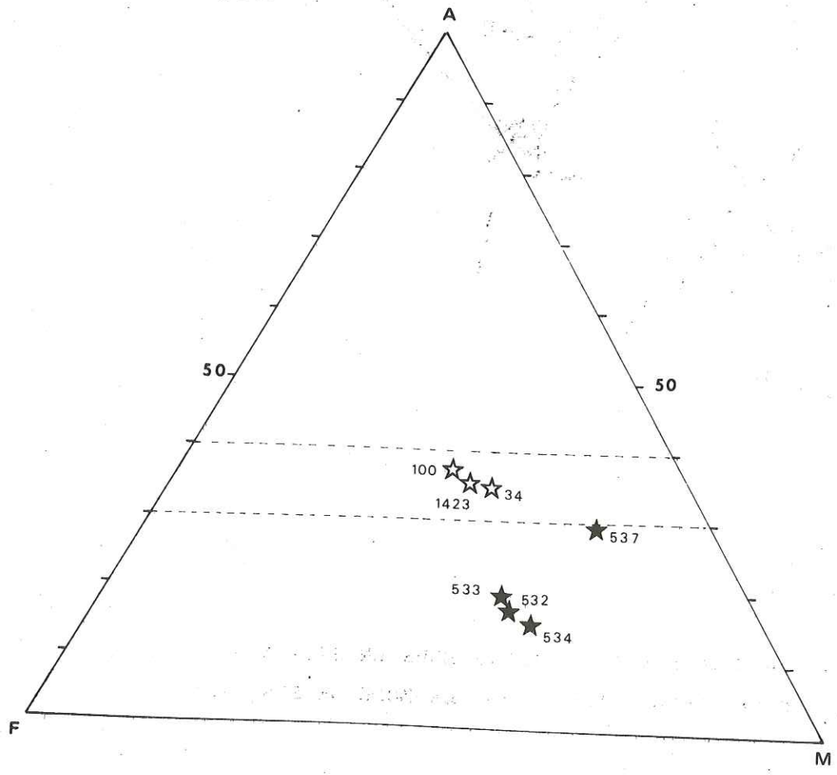


FIG. 54: POSITION DES CHLORITES DANS LE TRIANGLE Al2O3-FeO-MgO.
☆ CHLORITES VERTES SECONDAIRES
★ CHLORITES INCOLORES PRIMAIRES

Il existe souvent dans une même roche deux épidotes de même génération qui se distinguent l'une de l'autre par leur teinte de polarisation. Cela semble correspondre à deux épidotes ayant cristallisé de part et d'autre du champ d'immiscibilité entre les pôles clinozoïsite et pistachite (Strens, 1965).

Conclusion

Par la répartition de la clinozoïsite primaire au Nord de la zone, on précise encore le gradient de métamorphisme déjà mis en évidence au cours de l'étude des pyroxènes et des micas blancs.

VI - LES CHLORITES

Elles ont été analysées soit par voie humide classique, soit à la microsonde électronique.

1) - Les chlorites de rétromorphose

Ce sont toujours des chlorites vertes rétromorphosant le grenat, le pyroxène, l'amphibole, la lawsonite. Sur la Figure 54 ont peut voir que ces chlorites montrent peu de variations et qu'elles sont très proches de celles des schistes verts analysées par Lattard (1974).

2) - Les chlorites incolores

Elles sont beaucoup plus rares et sont à l'équilibre avec les minéraux des faciès éclogite ou schiste à glaucophane. Elles sont localisées au gisement d'Ivozio.

Ce sont des chlorites magnésiennes (à peu près 25 % de MgO) et sont à rapprocher du clinochlore. Sur la figure 54, on voit qu'elles sont nettement différentes des chlorites vertes de rétromorphose.

Les équilibres pyroxène-chlorite, grenat-chlorite, glaucophane-chlorite, sont rares, mais le nombre d'analyses est insuffisant pour pousser leur étude au delà de l'examen microscopique.

VII - L'ALBITE

Elle est présente en plus ou moins grande quantité dans la plupart des roches de la zone éclogitique de Sesia-Lanzo. A part les feldspaths alcalins des "porphyres" métamorphiques, ce sont les seuls feldspaths qui composent les roches de la zone éclogitique.

Je rappelle que l'on observe deux générations d'albite :

- L'albite primaire :
c'est à dire ayant cristallisé sous les conditions du faciès éclogite. Elle est en petits cristaux, à l'équilibre avec les minéraux de la paragenèse éclogitique.

- L'albite secondaire :
Elle est parfois en grandes plages englobant les minéraux primaires, ou elle est en rétromorphose des pyroxènes et des amphiboles bleues. Elle forme une grande partie des pseudomorphoses de jadéite.

Dans certains échantillons, on observe parfaitement bien la petite albite primaire et les grosses albites poecilitiques secondaires.

Nous avons déjà discuté de l'importance de cet équilibre dans l'étude des pyroxènes.

VIII - LA LAWSONITE

Elle n'a été trouvée que dans le Sud de la zone. Elle est fraîche (Caron et Saliot, 1968) ou à l'état de pseudomorphoses, qui seront étudiées ultérieurement. Elle disparaît vers le Nord quand la clinozoïsite primaire apparaît.

La lawsonite, dans tous les cas, semble faire partie de la première paragenèse.

La localisation de ce minéral dans le Sud de la zone précise le gradient de température (ou de pression) déjà mis en évidence. Il faut aussi noter que les lawsonites fraîches se trouvent dans la partie la plus externe de la zone, les pseudomorphoses se trouvant dans la partie la plus interne, ce qui confirmerait le gradient de métamorphisme d'Est en Ouest.

IX - LE DISTHENE

Ce minéral a été trouvé par Dal Piaz (1971) dans la partie Nord de Sesia-Lanzo (Oropa) dans la zone à clinozoïsite.

Il ne semble pas exister dans la partie méridionale. On peut encore en conclure que la température a été plus élevée au Nord qu'au Sud.

X - LE CHLORITOIDE

Il est parfois présent dans certains gneiss et micaschistes ; son pléochroïsme est toujours très net. Il est à l'équilibre avec la glaucophane, le grenat, et la paragonite.

XI - LE TALC

Dans la zone éclogitique un certain nombre de filonnets de talc ont été trouvés (route de Nero) ; de plus, il en existe dans un certain nombre de carrières abandonnées (en face de Pont Bozet). Il est probablement présent dans les pseudomorphoses de lawsonite.

XII - LES MINERAUX ACCESSOIRES

- Le rutile

On le trouve en petite quantité dans les roches éclogitiques, parfois en aiguilles, le plus souvent en grains. Le rutile est fréquemment entouré de sphène, ce qui est une marque de plus du polyphasage.

- Les minéraux opaques

Le plus courant est la pyrite souvent visible à l'oeil nu. L'étude des minéraux opaques n'a pas été faite.

- La calcite

Elle est souvent présente en petite quantité, dans toutes les espèces de roches de Sesia-Lanzo. Lorsqu'elle est primaire, on observe des petits grains ; lorsqu'elle est secondaire, elle se trouve en grandes plages poecilitiques. Rappelons que nous n'avons pas mis en évidence d'aragonite.

CONCLUSION A L'ETUDE DES MINERAUX

L'étude minéralogique détaillée a permis de mettre en évidence un gradient de pression et de température, qui apparaît du Nord au Sud et d'Est en Ouest. La pression augmente du Nord au Sud et d'Est en Ouest, la température évolue inversement.

Ceci est montré de façon concordante par les faits suivants :

1) - augmentation des teneurs en jadéite des pyroxènes du Nord-Est au Sud-Est.

2) - augmentation des teneurs en silice des phengites parallèlement

3) - présence du disthène au Nord

4) - la lawsonite présente au Sud (pseudomorphosée à l'Ouest, fraîche à l'Est) est remplacée au Nord par la clinozoïsite.

Univ. J. Fourier - O.S.U.G.
MAISON DES GEOSCIENCES
DOCUMENTATION
B.P. 53
F. 38041 GRENOBLE CEDEX
Tél. 04 76 63 54 27 - Fax 04 76 51 40 58
Mail : ptalour@ujf-grenoble.fr

C H A P I T R E I V

LES EQUILIBRES MINERALOGIQUES

ASSEMBLAGES REACTIONS POLYPHASAGE

LES EQUILIBRES MINERALOGIQUES

I - ETUDE DES COEFFICIENTS DE DISTRIBUTION

La théorie de la répartition des éléments entre minéraux a fait l'objet de nombreuses études : Ramberg et de Vore (1951), Kretz (1959, 1961), Ernst (1964), Saxena (1966, 1968).

Dans un diagramme où sont mis en abscisse les fractions molaires de l'élément étudié dans une phase, et en ordonnée les fractions molaires dans l'autre phase, pour des conditions de température et de pression données, les points représentant les paires de minéraux à l'équilibre se disposent sur une droite dont la pente est le Kd. (coefficient de distribution) ; le Kd reflète les conditions physiques de formation de l'assemblage.

Lorsque les points sont dispersés, cela signifie soit que l'équilibre n'a pas été atteint, soit que les conditions physiques de formation ont été différentes, soit que d'autres éléments présents dans les minéraux influent sur le coefficient de distribution (Kretz, 1970).

Dans ce chapitre, j'ai appliqué cette théorie à certains minéraux des roches éclogitiques, afin de pouvoir, d'une part, comparer avec les études de Banno et Matsuï (1965) et de Banno (1970), d'autre part de voir si les conditions de formation des paragenèses éclogitiques ont été les mêmes dans les roches basiques et les roches acides. L'influence de la glaucophane primaire avec le pyroxène et le grenat sera aussi étudiée. Les Kd ont été établis suivant la formule donnée par Banno (1970):

$$\text{Ex : } \quad Kd = \frac{Fe^{++} \ / \ Mg \quad \text{grenat}}{Fe^{++} \ / \ Mg \quad \text{pyroxène}}$$

J'ai appliqué cette formule aux différents couples à l'équilibre

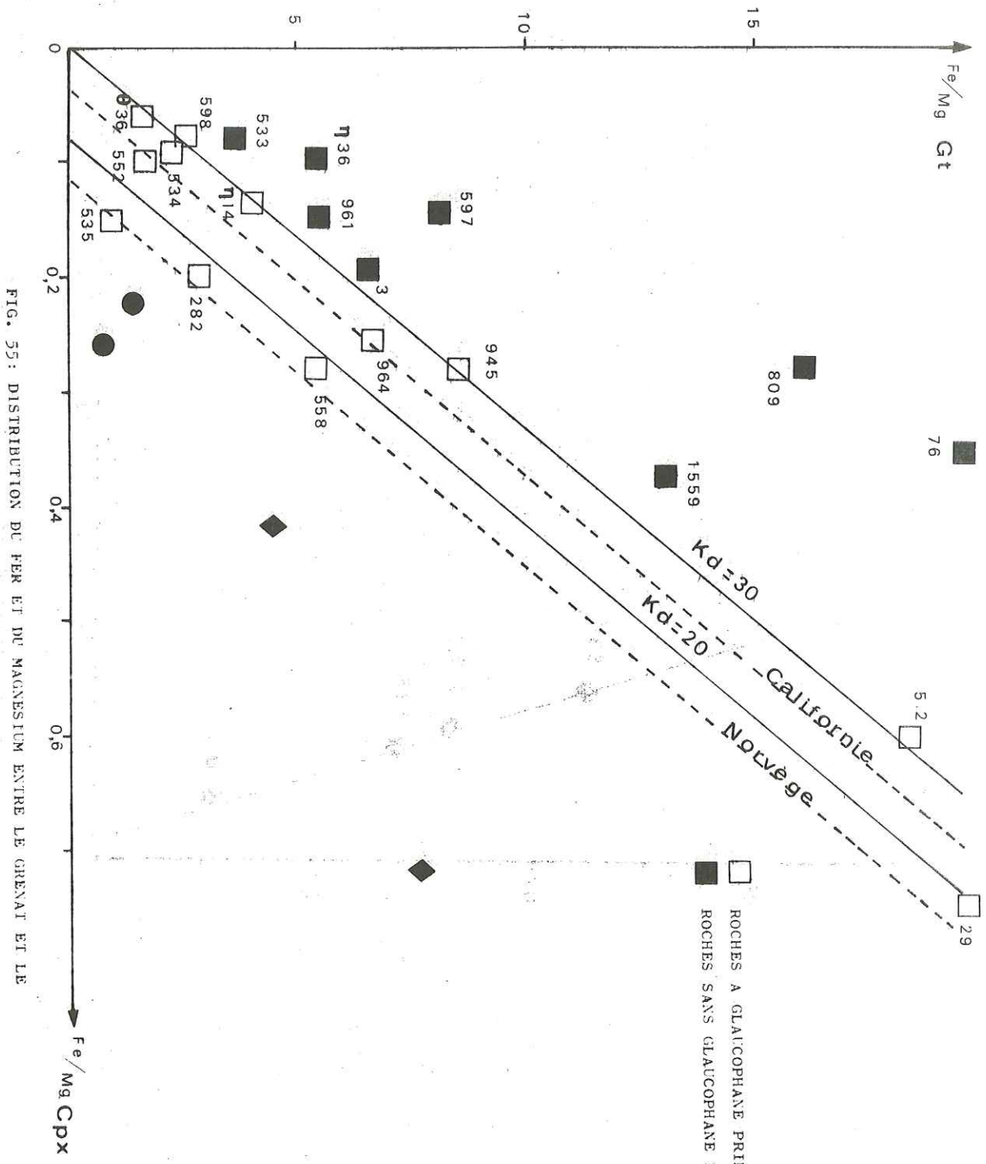


FIG. 55: DISTRIBUTION DU FER ET DU MAGNESIUM ENTRE LE GRENAT ET LE PYROXENE DANS LES ROCHES ECLOGITIQUES DE SESIA-LANZO. COMPARAISON AVEC LES Kd DES ECLOGITES DE BASSE TEMPERATURE DE NORVEGE, DE CALIFORNIE (BANNO 1970), DE VENDEE. ET DE QUELQUES GRANULITES

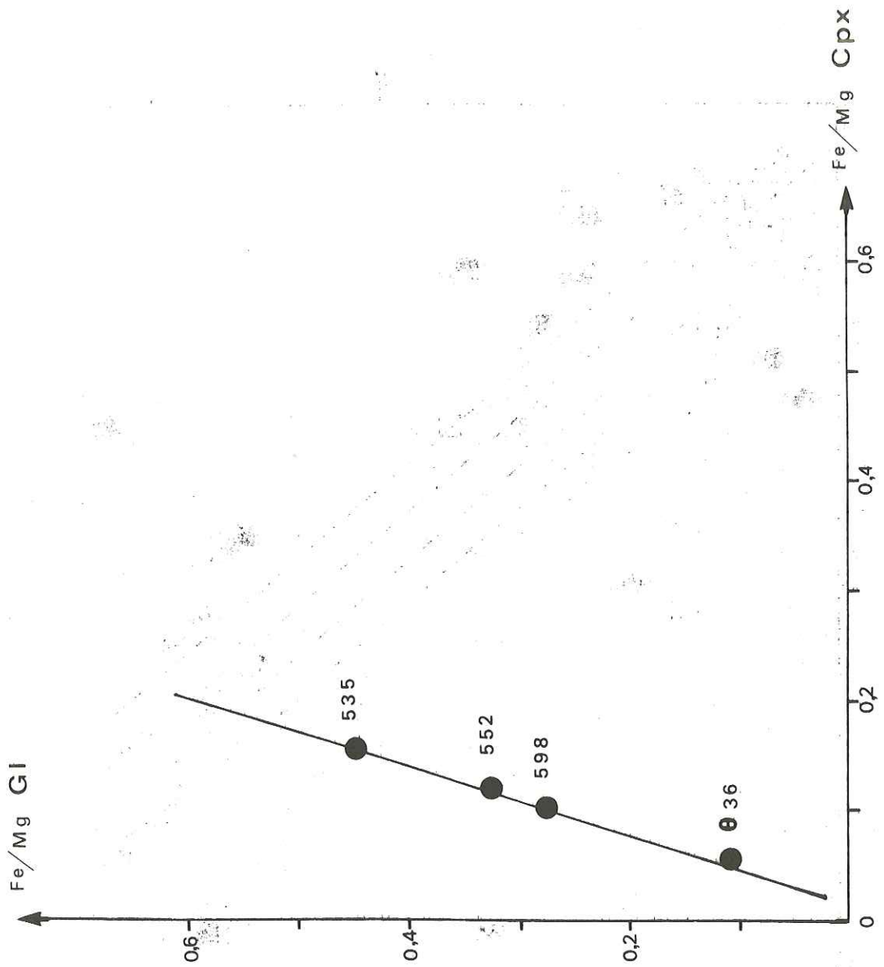


FIG. 56: DISTRIBUTION DU FER ET DU MAGNESIUM ENTRE LE PYROXENE ET LA GLAUCOPHANE A L'EQUILIBRE DANS LES ROCHES ECLOGITIQUES DE LA ZONE DE SESIA-LANZO.

1) - Etude des couples pyroxène-grenat dans les roches éclogitiques de la zone de Sesia-Lanzo

a) - Couple pyroxène-grenat dans les éclogites sans glaucophane primaire

Leur coefficient de distribution est compris entre 30 et 45 (Fig. 55), c'est à dire nettement supérieur aux Kd obtenus par Banno pour les éclogites de Californie (Kd ≃ 23). Ce sont les éclogites du Sud de la zone qui ont les Kd les plus élevés (voir analyses 809, 76).

b) - Couple pyroxène-grenat des éclogites à glaucophane:

Le Kd est compris entre 10 et 29, c'est à dire à peu près semblable à ceux de Banno pour les roches de Californie, les plus bas coefficients se rapprochant de ceux de la Norvège.

c) - Couple pyroxène-grenat des gneiss et des micaschistes sans glaucophane primaire:

Les coefficients de distribution ont une valeur comprise entre 30 et 45, et supérieurs à ceux des roches de Californie.

d) - couple pyroxène-grenat des gneiss et micaschistes éclogitiques à glaucophane primaire:

Les Kd sont inférieurs aux précédents et sont compris entre 15 et 30 soit à peu près équivalents à ceux de Californie.

Conclusion à l'étude des Kd pyroxènes-grenats

- Les Kd des roches éclogitiques montrent une certaine variation ; ils sont inférieurs à ceux des éclogites de Californie et supérieurs à ceux des granulites.
- Il n'apparaît pas de différence entre les coefficients de distribution des roches acides et basiques ; toutes les roches de la zone éclogitique semblent donc s'être formées dans les mêmes conditions physiques.

- Deux groupes s'individualisent à partir de l'étude des Kd : celui des roches à glaucophane dans la paragenèse éclogitique (dont les Kd sont les moins élevés), et celui des roches sans glaucophane dans la paragenèse primaire (dont les Kd sont les plus forts). Ce fait pourrait indiquer des conditions de pression de formation supérieures pour les roches sans glaucophane primaire, (la pression d'eau à la formation serait donc plus faible dans ce cas).
- Enfin, dans les deux groupes, les roches dont le Kd sont les plus élevés sont localisées au Sud de la zone de Sesia-Lanzo, ce qui confirme le gradient de température et de pression mis en évidence dans le chapitre précédent.

2) - <u>Etude des couples pyroxène - glaucophane</u>

Nous n'avons évidemment utilisé que les roches où ces deux minéraux sont à l'équilibre dans la paragenèse éclogitique (Fig. 56).

Le coefficient dans ce cas est constant et égal à 3 ; l'alignement presque parfait des points est peut-être dû au fait que les échantillons étudiés sont géographiquement très proches. On ne peut donc pas dans ce cas mettre en évidence le gradient de métamorphisme comme nous l'avions fait dans le paragraphe précédent. Cependant, la figure montre bien que le pyroxène, la glaucophane et le grenat sont à l'équilibre dans la paragenèse éclogitique ce qui confirme l'étude microscopique.

3) - <u>Etude des couples grenat-glaucophane</u>

Comme dans le cas précédent,n'ont été prises en considération que les roches à glaucophane primaire, (Fig. 57).

Les Kd sont compris entre 10 et 15 ; on observe une certaine dispersion des points, dûe peut-être aux localisations différentes des roches étudiées ; mais nous ne possèdons pas suffisamment de données pour pouvoir préciser une variation des conditions physiques de formation à travers la zone.

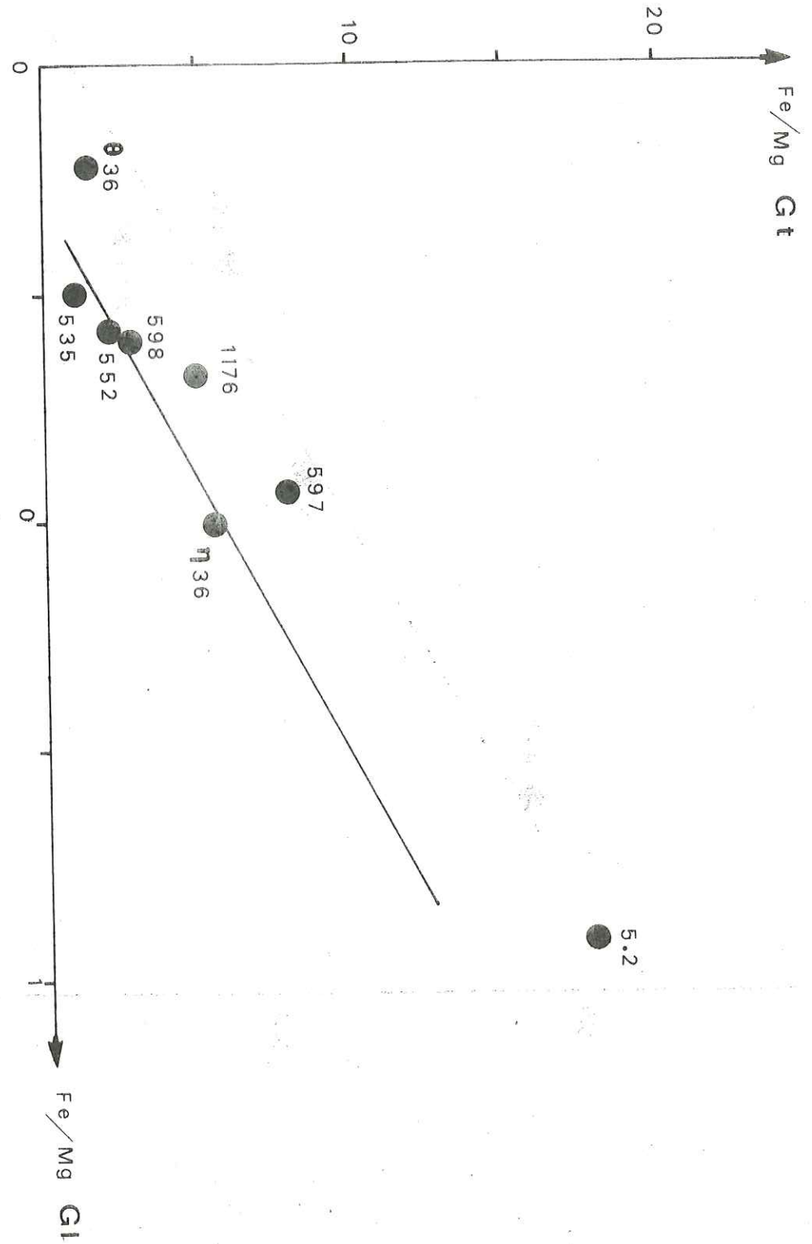


FIG. 57: DISTRIBUTION DU FER ET DU MAGNESIUM ENTRE LE GRENAT ET LA GLAUCOPHANE A L'EQUILIBRE DANS LES ROCHES ECLOGITIQUES DE LA ZONE DE SESIA-LANZO.

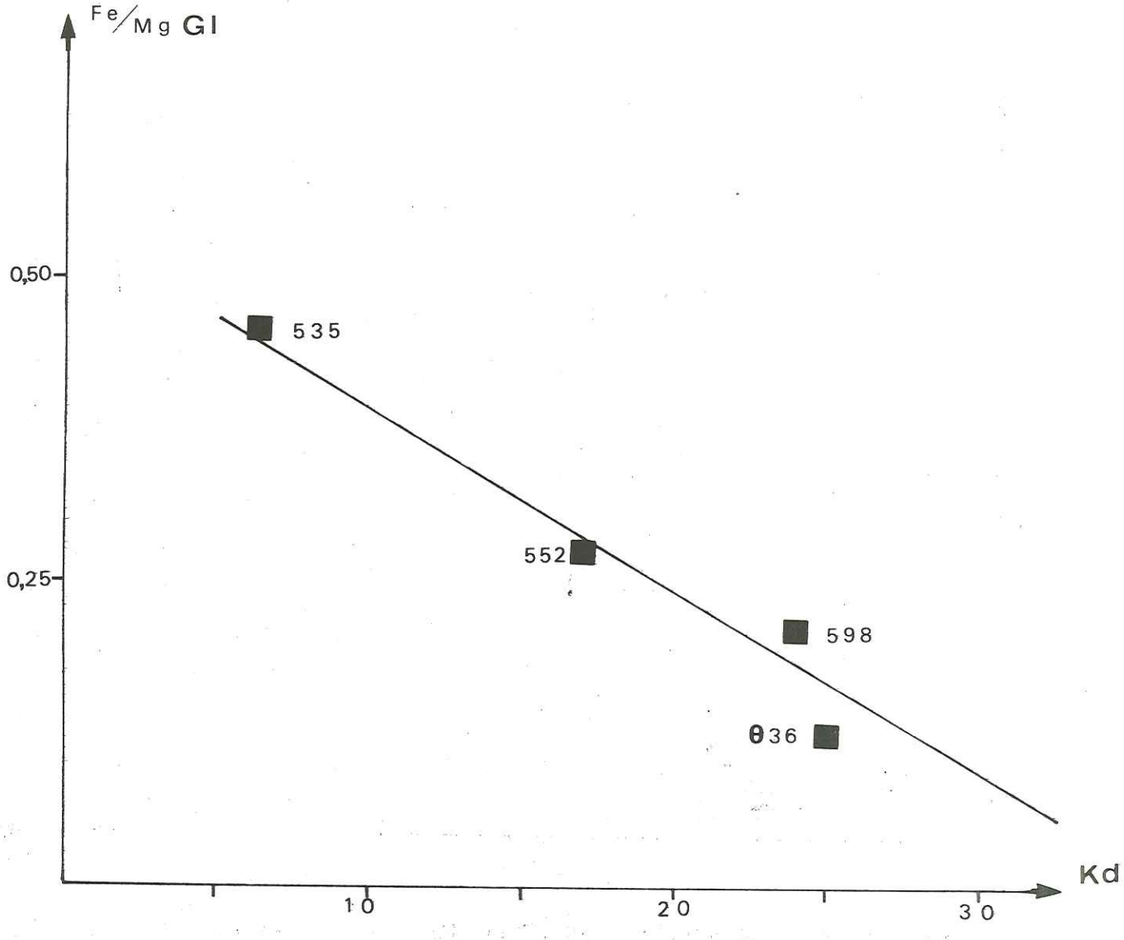


FIG. 58: RELATION ENTRE LES Kd GRENAT/PYROXENE ET LE RAPPORT FE/Mg DANS LA GLAUCOPHANE.

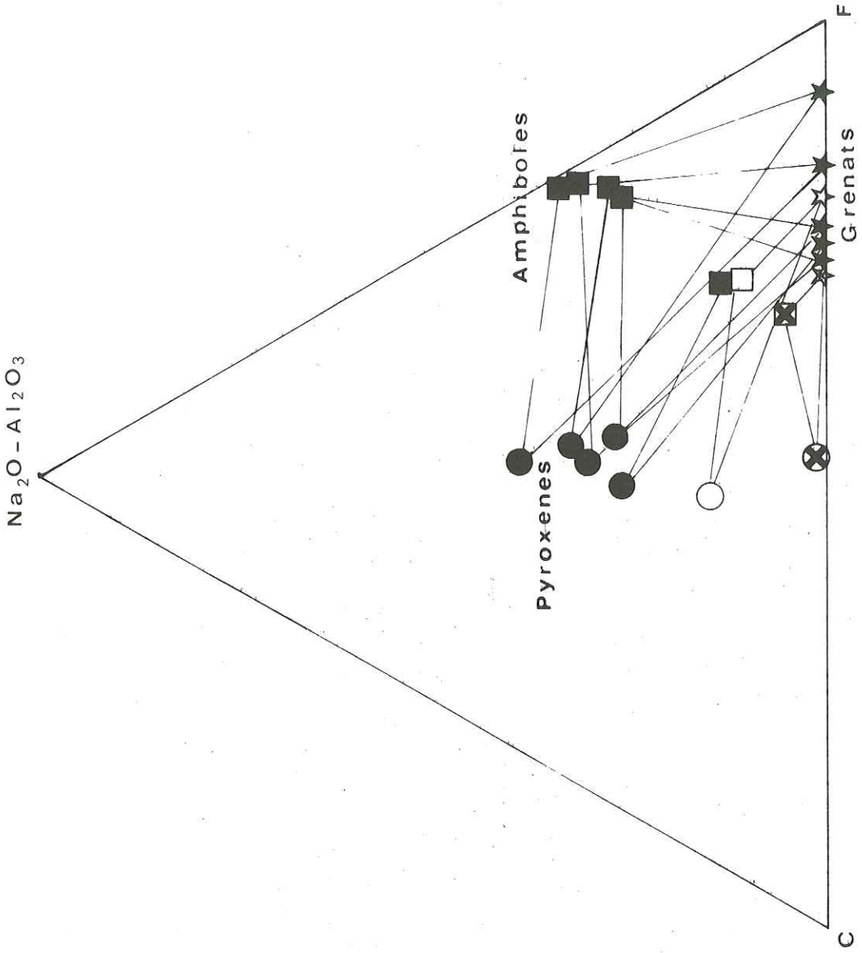


FIG. 59: VARIATION DE LA DISTRIBUTION DES ELEMENTS DANS L'EQUILIBRE TRIPHASE PYROXENE, AMPHIBOLE, GRENAT POUR LES ROCHES ECLOGITIQUES DE LA ZONE DE SESIA-LANZO ●.POUR LES ECLOGITES DE VENDEE ○ ET QUELQUES GRANULITES.⊗

4) - Relation entre le coefficient de distribution du pyroxène et du grenat et le rapport Fe/Mg dans la glaucophane.

On remarque (Fig. 58) que les différents points s'allignent ce qui confirme une fois encore les observations microscopiques.

5) - Etude de l'équilibre triphasé pyroxène-grenat-amphibole. Evolution en fonction des conditions de formation.

Nous avons placé dans le triangle Na_2O, Al_2O_3 - CaO - FeO les trois minéraux à l'équilibre dans les éclogites de Sesia-Lanzo, dans quelques éclogites de Vendée (Velde, 1970) et quelques granulites (O'Hara, 1960 ; White et al., 1972), on peut voir (Fig. 59) que la composition chimique des minéraux évolue en fonction de la température : le pyroxène, le grenat et l'amphibole tendent vers le pôle calcique quand la température augmente. De même, on observe une évolution à travers la zone de Sesia-Lanzo. Ceci confirme encore le gradient de métamorphisme mis en évidence précédemment.

Conclusion à l'étude des coefficients de distribution des minéraux des roches de la zone éclogitique.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence les équilibres que nous avions observé au microscope.

Les roches de la zone éclogitique ont subit le même métamorphisme indépendamment de leur composition chimique globale. Cependant, il apparaît encore un gradient du Nord au Sud comme il avait déjà été mis en évidence dans le chapitre III.

II - ASSEMBLAGES ET REACTIONS ; POLYPHASAGE

Dans ce dernier chapitre, nous allons essayer de donner des modèles rendant compte le mieux possible des assemblages et des réactions qui transforment les paragenèses éclogitiques en paragenèses des schistes à glaucophane, puis des schistes verts.

Nous allons d'abord essayer de suivre ce polyphasage à travers la transformation d'un minéral particulier, la lawsonite. Ensuite, nous chercherons à donner un modèle valable pour l'ensemble de la rétromorphose des roches éclogitiques.

1) - Etude des pseudomorphoses de lawsonite

La lawsonite est présente, comme nous l'avons vu au chapitre II, dans un certain nombre de roches acides et basiques du Sud de la zone de Sesia-Lanzo. Les paragenèses des roches à lawsonite et des pseudomorphoses sont données dans les tableaux ci-contre. A l'Ouest, la lawsonite a subi une transformation qui ne la laisse plus subsister qu'à l'état de pseudomorphoses.

Celles-ci se présentent toujours de la même façon et contiennent les mêmes minéraux : à l'oeil nu, on observe des prismes donnant des sections plus ou moins losangiques, de couleur beige verdâtre, pouvant mesurer un à deux cm.

Au microscope, on constate que les contours de la lawsonite originelle sont toujours parfaitement conservés. Elle est principalement remplacée par de la zoïsite qui est disposée parallèlement à l'ancien plan de macle. Les autres minéraux de la pseudomorphose sont l'albite, la chlorite, l'amphibole bleu-vert.

La lawsonite, intacte ou pseudomorphosée, a déjà été étudiée dans les Alpes, par Ellenberger (1960), Caron et Saliot (1969), Fry et Fyfe (1971), Fry (1973). A Groix des pseudomorphoses présumées de lawsonite ont été décrites par Félix et Fransolet (1972).

Pour notre modèle, nous avons choisi un sytème simplifié par rapport à la réalité ; il comporte 4 constituants indépendants :

ROCHES A LAWSONITE NON TRANSFORMEE

m1 - lawsonite
zoïsite
micas blancs
albite
chlorite

m3 - lawsonite
micas blancs
glaucophane incolore
zoïsite
quartz, albite
chlorite
oxyde, sphène

m51 - lawsonite
glaucophane
micas blancs
zoïsite
chlorite
amphibole bleu-vert
quartz, albite
sphène, oxydes, apatite

262 - lawsonite
micas blancs
glaucophane
zoïsite
quartz, albite
chlorite
oxyde, sphène, rutile

ROCHES A LAWSONITE PSEUDOMORPHOSEE

I - Paragenèses de la roche

1423 - glaucophanite à grenat
lawsonite pseudomorphosée
glaucophane
grenat
amphibole bleu-vert
micas blancs
quartz, albite
oxydes, rutile, sphène

100 - gneiss albitique
lawsonite pseudomorphosée
grenat
mica blanc
glaucophane relique
biotite verte
amphibole bleu-vert
quartz, albite
apatite, oxyde, rutile, sphène

34 - glaucophanite à grenat
lawsonite pseudomorphosée
grenat
glaucophane
micas blancs
quartz, albite
sphène, oxydes

11 - gneiss albitique
lawsonite pseudomorphosée
grenat
glaucophane
mica blanc
quartz, albite
oxyde, apatite, rutile, sphène

II - Paragenèses des pseudomorphoses

1423 - zoïsite
albite
phengite
chlorite
sphène

100 - zoïsite
quartz
albite
micas
sphène

34 - Zoïsite
phengite
paragonite
albite
sphène

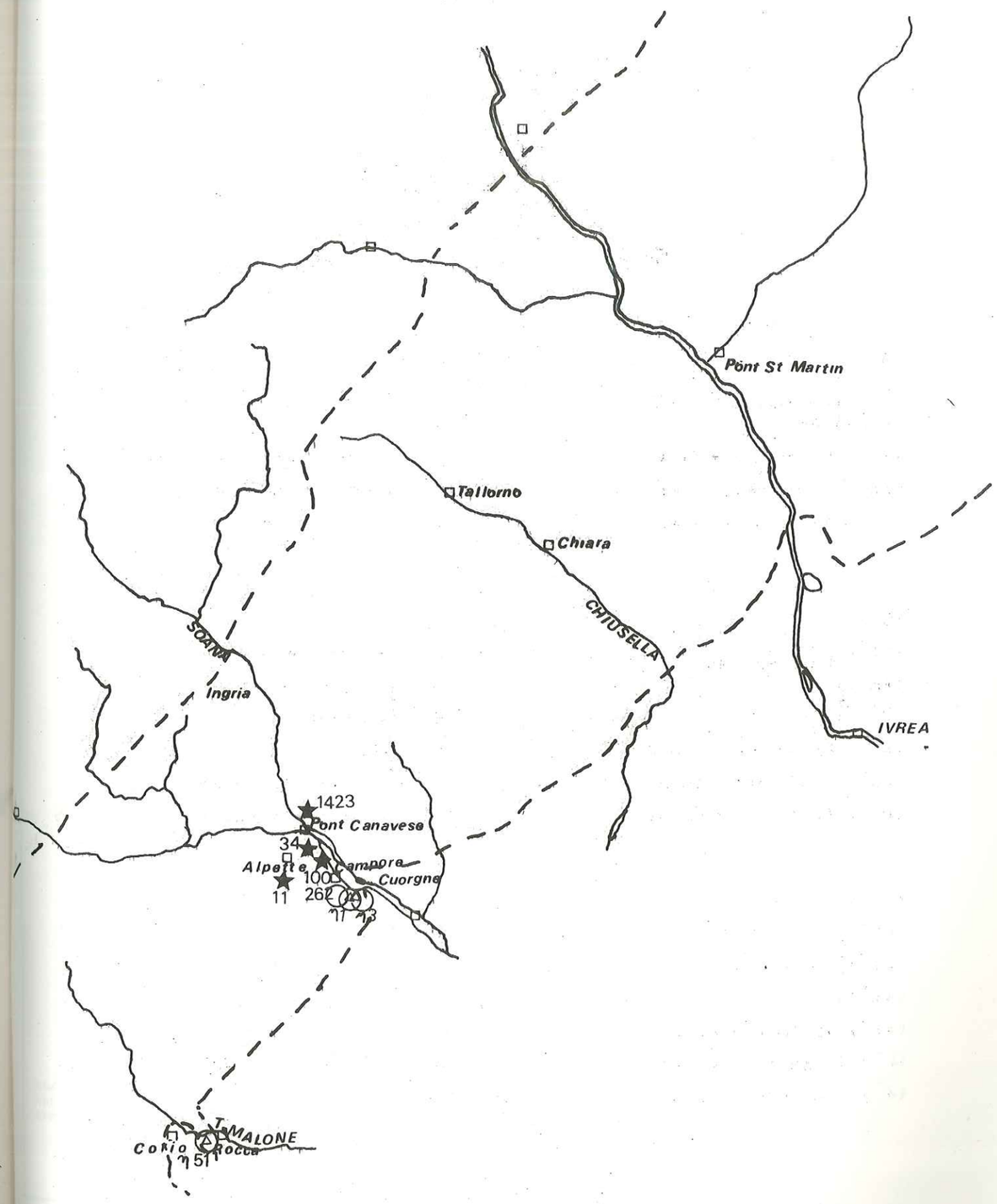
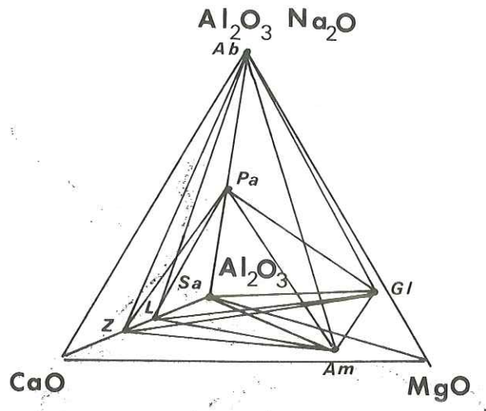


FIG. 60: REPARTITION DE LA LAWSONITE DANS LA ZONE DE SESIA-LANZO.
★ PSEUDOMORPHOSES
Ⓐ LAWSONITE NON PSEUDOMORPHOSEE



(Ab^-)
(Pa^-) (Gl^-) (Am^-) : $L \longrightarrow Sa + Z$
(Z^-) $Gl + Sa + L \longrightarrow Pa + Am$
(Sa^-) $L + Gl \longrightarrow Pa + Z + Am$
(L^-) $Gl + Sa + Z \longrightarrow Pa + Am$

(Sa^-)
(Gl^-) (Am^-) : $L + Ab \longrightarrow Z + Pa$
(Z^-) $Ab + Pa + Am \longrightarrow L + Gl$
(L^-) $Ab + Pa + Am \longrightarrow Z + Gl$
(Pa^-) $Am + L + Ab \longrightarrow Z + Gl$

(L^-)
(Gl^-) (Am^-) (Z^-) : $Pa \longrightarrow Sa + Ab$
(Ab^-) $Pa + Am \longrightarrow Gl + Sa + Z$
(Sa^-) $Z + Gl \longrightarrow Pa + Ab + Am$
(Pa^-) $Ab + Am + Sa \longrightarrow Z + Gl$

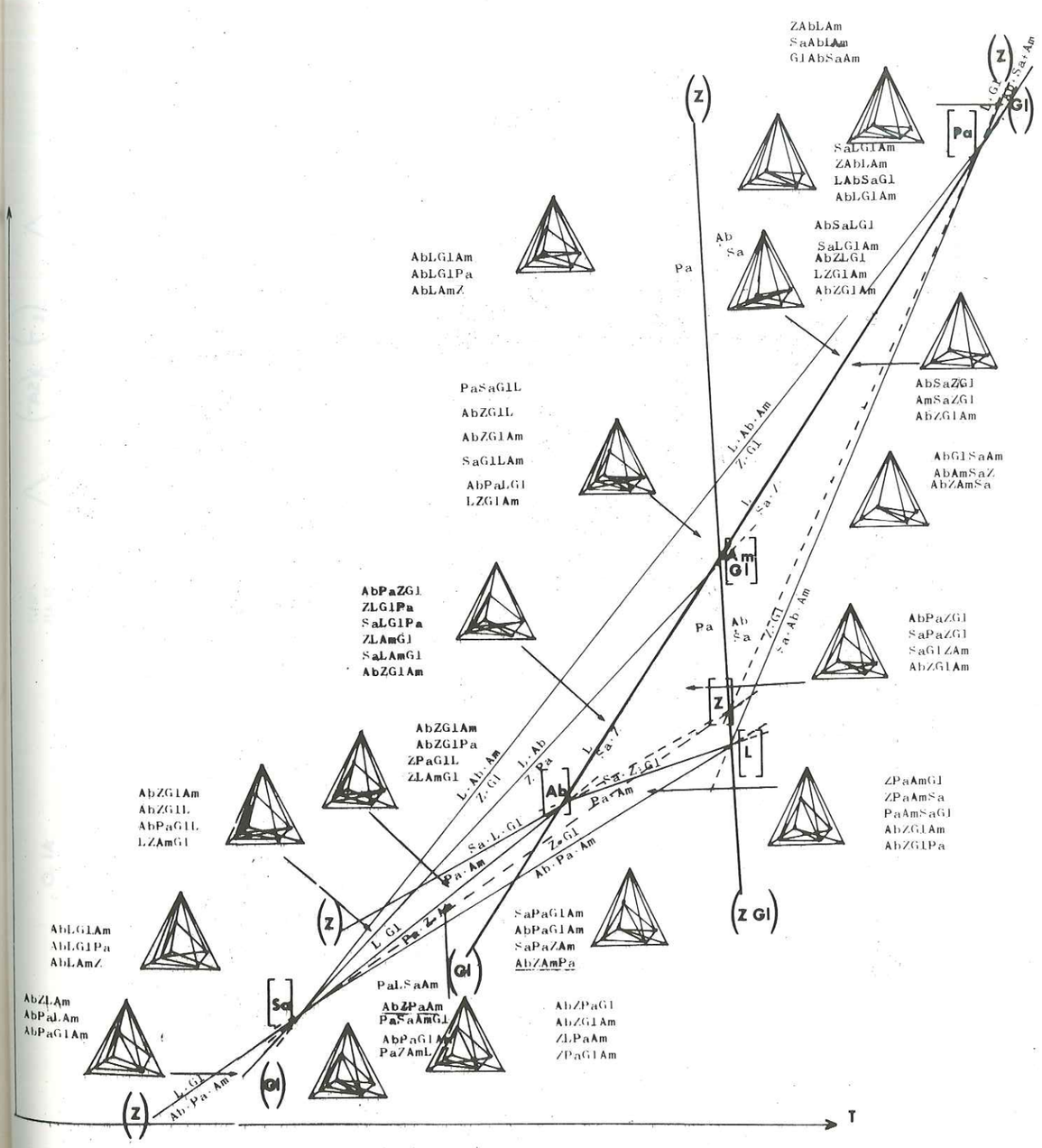
(Z^-)
(Ab^-) $Pa + Am \longrightarrow L + Sa + Gl$
(Gl^-) (Am^-) (L^-) : $Pa \longrightarrow Sa + L$
(Pa^-) $L + Gl \longrightarrow Ab + Sa + Am$
(Sa^-) $L + Gl \longrightarrow Ab + Pa + Am$

(Pa^-) (Ab^-) (Gl^-) (Am^-) : $L \longrightarrow Sa + Z$
(Sa^-) $Ab + Am + L \longrightarrow Z + Gl$
(L^-) $Ab + Am + Sa \longrightarrow Z + Gl$
(Z^-) $L + Gl \longrightarrow Ab + Sa + Am$

(Gl^-) (Am^-) (Ab^-) : $L \longrightarrow Sa + Ab$
(Pa^-) (Z^-) (L^-) : $Pa \longrightarrow Sa + Ab$
(Sa^-) $Z + Pa \longrightarrow L + Ab$

FIG. 61: REPRESENTATION DES DIFFERENTES PHASES; LISTE DES REACTIONS AUTOUR DES 6 POINTS INVARIANTS.

FIG. 62: REPRESENTATION DE SCHREINMAKER DES REACTIONS CONDUISANTS AUX PSEUDOMORPHOSES DE LAWSONITE.



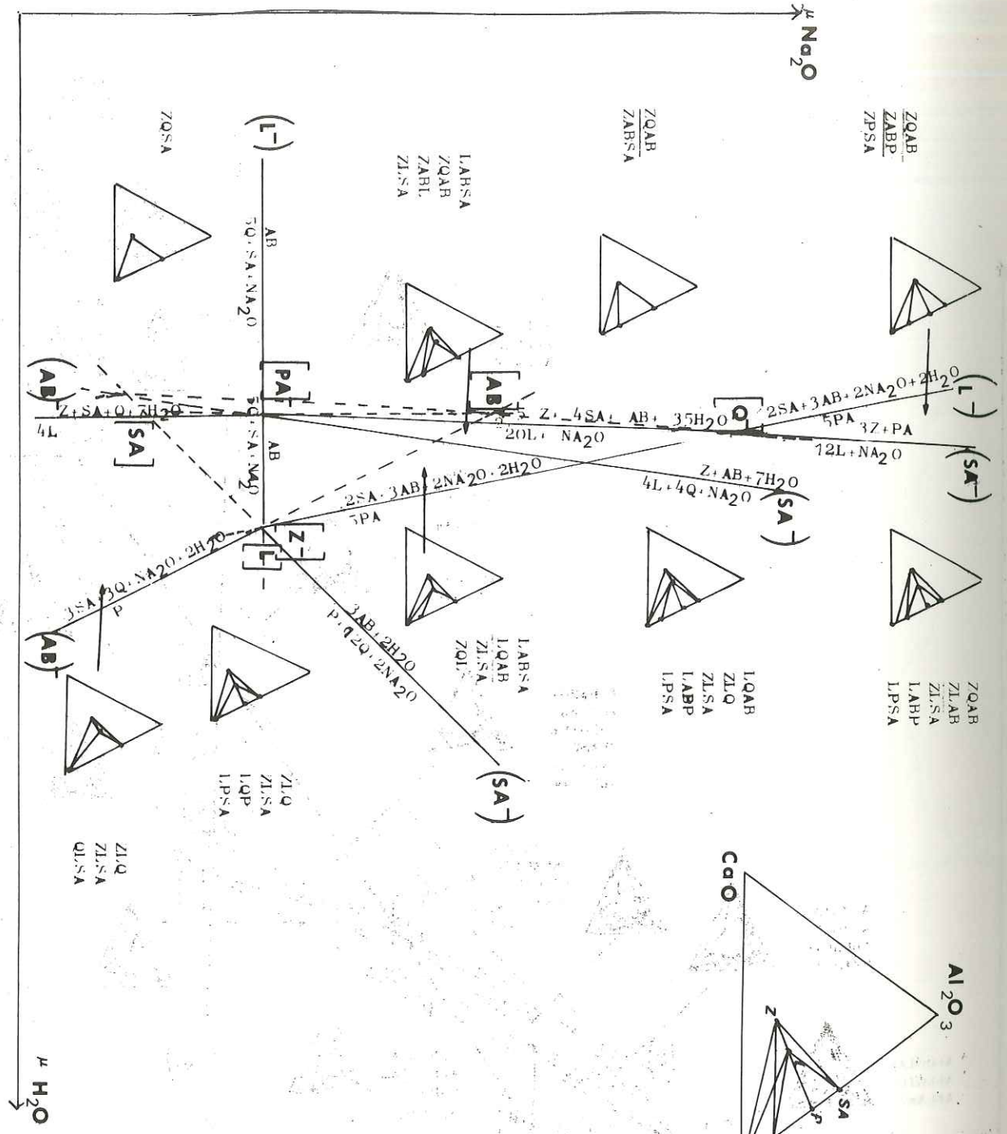


FIG. 63 : REPRESENTATION DE KORZINSKI DESREACTIONS CONDUISANTS AUX PSEUDOMORPHOSES DE LAWSONITE.

Na_2O, Al_2O_3-Na_2O, CaO, MgO et nous considérons 7 phases ; ce sont : lawsonite, albite, zoïsite, paragonite, glaucophane, amphibole bleu-vert, silicate d'alumine.

Nous allons envisager successivement deux modèles, en fonction des variables considérées : d'une part P et T, d'autre part potentiels chimiques de Na et H_2O.

a) - Modèle Pression-Température

Nous avons appliqué l'analyse de Schreinemakers (1915-1925) (Zen, 1966) au système précédent. Celui-ci est plusieurs fois dégénéré ; les réactions sont indiquées sur la figure 61 ; la figure 62 donne le schéma obtenu en pression et température. Deux des courbes représentées sont connues expérimentalement :

La courbe de déstabilisation de la lawsonite ⟶ silicate d'alumine + zoïsite (Nitsch, 1972)

et celle de la paragonite ⟶ albite + silicate d'alumine (Purtscheller et al., 1972).

- Les paragenèses initiales à lawsonite (appartenant au faciès des schistes à glaucophane) peuvent ou non comporter de la paragonite primaire. Elles comprennent en général l'association zoïsite-glaucophane. Les conditions initiales se placeraient donc dans notre figure sous la courbe (Sa) (Pa).

- Les rétromorphoses et les paragenèses associées se placent dans le domaine de stabilité de la paragonite, sous la courbe zoïsite + glaucophane ⟶ albite + paragonite + amphibole bleu-vert.

b) - Diagramme μH_2O - μNa_2O

La présence d'albite et de paragonite costables dans les pseudomorphoses de lawsonite indique qu'en fait le processus a comporté une part d'apport de Na_2O ; ceci conduit à envisager un autre modèle comportant comme variables non plus la pression et la température, mais les potentiels

chimiques de l'eau et de Na_2O. Les constituants inertes que nous considérerons sont : Al-Ca-Si (Nitsch, I972) ; au sein du triangle qu'ils composent, nous prendrons les 6 phases : albite, omphacite, amphibole bleu-vert, glaucophane, grenat, zoïsite.

La méthode de Korjinski (I957) appliquée à ce système conduit à la figure 63.

Les paragenèses observées se trouvent vers le haut de cette figure.

Paragenèses initiales à L-Ab-Pa

Z-Ab-Pa

Paragenèses des pseudomorphoses

Z-Ab-Pa

Notons que le silicate d'alumine n'apparaît pas dans ces roches et ces pseudomorphoses. Il est peut-être remplacé par des minéraux hydroxylés comme de la pyrophyllite.

Il serait possible d'établir le même diagramme en considérant le potentiel chimique de K_2O.

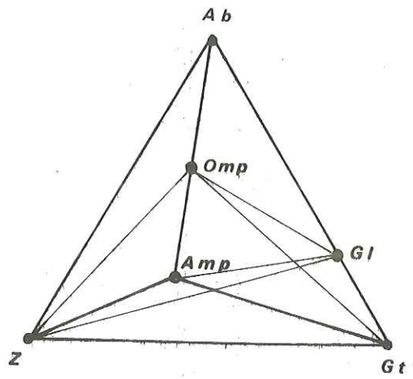
Il semble donc que ces pseudomorphoses de lawsonite font appel à des variations physiques (Pression-Température) et à un certain apport de Na_2O.

2) - Etude du passage éclogite-schiste à glaucophane-schiste vert

Le modèle que nous avons choisi est très simplifié. Nous avons établi un certain nombre des réactions observées dans un système à trois composants qui est une section du tétraèdre de Ernst, défini par les minéraux Ab-Z-Gt (Fig. 64). Nous considérons six phases : albite, zoïsite, amphibole bleu-vert, glaucophane, omphacite, grenat. L'amphibole bleu-vert a été placée en fonction de la composition chimique de l'amphibole secondaire 604.

L'analyse de Schreinemakers conduit au diagramme pression-température donné par la figure 65. Aucune courbe n'est connue expérimentalement. Ce système simplifié est donc hypothétique.

Ce modèle exprime clairement dans sa partie médiane le passage du faciès éclogitique au faciès schiste à glaucophane



(Ab^-)		
(Omp^-)	Z+Gl —	Amp+Gt
(Amp^-)	Omp+Gt —	Z+Gl
(Z^-)	Omp+Gt —	Gl+Amp
(Gl^-)	Omp+Z+Gt —	Amp
(Gt^-)	Z+Omp+Gl —	Amp

(Z^-)		
(Ab^-)	Omp+Gt —	Gl+Amp
(Omp^-)	Gl —	Ab+Gt
(Amp^-)	Gl —	Ab+Gt
(Gl^-)	Omp —	Ab+Amp
(Gt^-)	Omp —	Ab+Amp

(Omp^-)		
(Ab^-)	Z+Gl —	Amp+Gt
(Amp^-)	Gl —	Ab+Gt
(Z^-)	Gl —	Ab+Gt
(Gl^-)	Ab+Z+Gt —	Amp
(Gt^-)	Ab+Z+Gl —	Amp

(Gl^-)		
(Ab^-)	Omp+Z+Gt —	Amp
(Omp^-)	Z+Gt+Ab —	Amp
(Amp^-)	Omp —	Ab+Z+Gt
(Z^-)	Omp —	Ab+Amp
(Gt^-)	Omp —	Ab+Amp

(Amp^-)		
(Ab^-)	Z+Gl —	Omp+Gt
(Omp^-)	Ab+Gt —	Gl
(Z^-)	Ab+Gt —	Gl
(Gl^-)	Omp —	Ab+Z+Gt
(Gt^-)	Omp —	Ab+Z+Gl

(Gt^-)		
(Ab^-)	Omp+Z+Gl —	Amp
(Omp^-)	Ab+Z+Gl —	Amp
(Amp^-)	Omp —	Ab+Z+Gl
(Z^-)	Omp —	Ab+Amp
(Gl^-)	Omp —	Ab+Amp

FIG. 64: REPRESENTATION DES DIFFERENTES PHASES ET LISTE DES REACTIONS AUTOUR DES SIX POINTS INVARIANTS DU DIAGRAMME DE SCHREINMAKER MONTRANT LA RETROMORPHOSE DU FACIES ECLOGITE DANS LE FACIES DES SCHISTES VERTS.

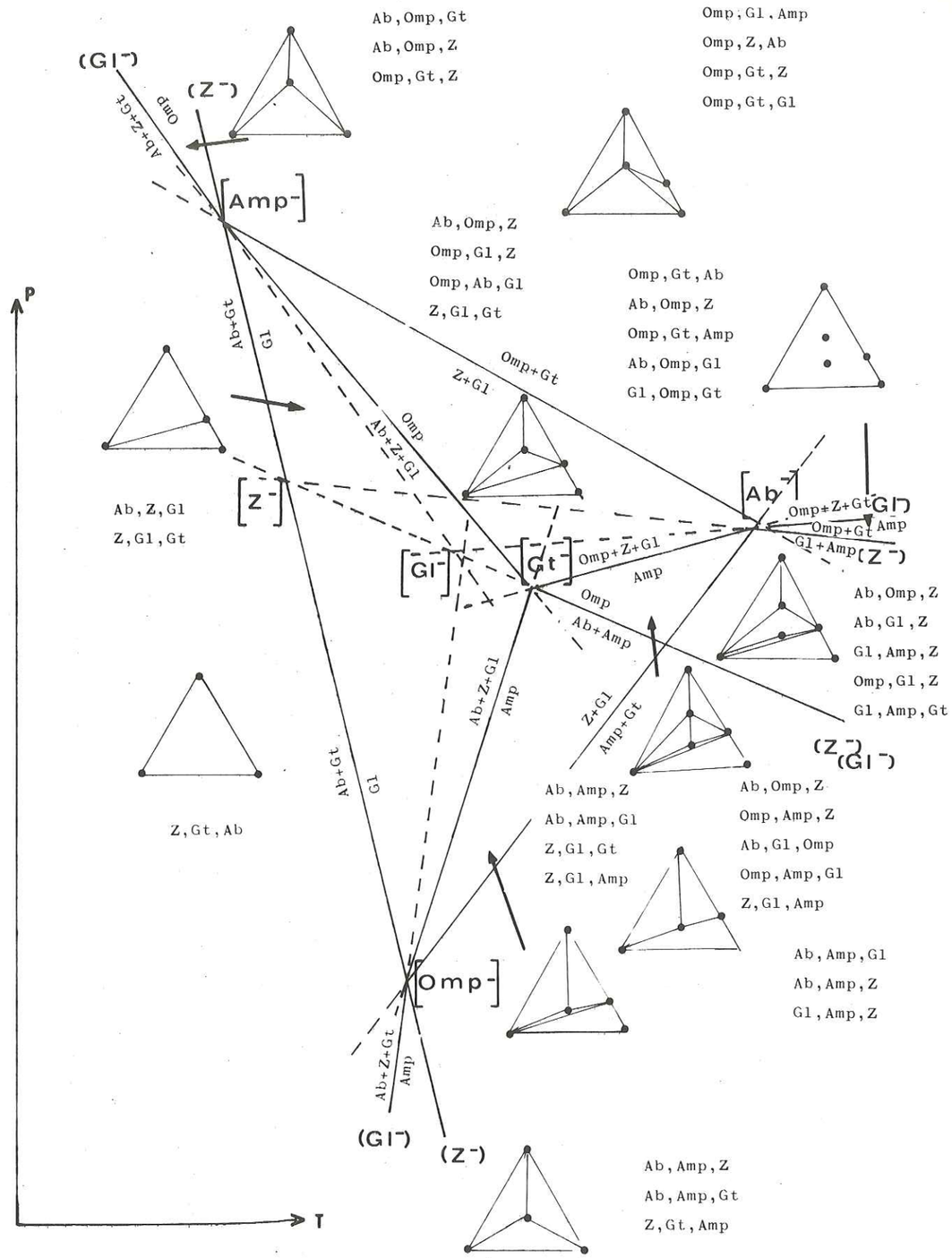


FIG. 65: REPRESENTATION DE SCHREINMAKER DE LA RETROMORPHOSE DU FACIES ECLOGITE DANS LE FACIES DES SCHISTES VERTS.

ou à amphibole bleu-vert, puis au faciès schistes verts. Notons que dans ce modèle, il existe des domaines où peuvent coexister à l'équilibre : omphacite-zoïsite-glaucophane ou grenat-zoïsite-glaucophane à la place de omphacite-grenat.

En revanche, les assemblages à deux amphiboles qui apparaissent sur ce diagramme n'ont jamais été observés dans la zone éclogitique.

REMARQUE : Nous n'avons pas parlé dans ce chapitre de l'équilibre glaucophane-grenat-chloritoïde-paragonite qui a déjà fait l'objet d'étude par Kienast et Triboulet (I972) et Kienast, Lattard, Liébeaux (I973). Il fera l'objet d'une note ultérieure.

CONCLUSION

Les roches de faciès éclogitique sont localisées dans la partie la plus interne de la zone de Sesia-Lanzo. Ces roches sont soit acides (gneiss et micaschistes) de beaucoup les plus abondantes, soit basiques (éclogites, amphibolites à glaucophane, omphacitites).

La première phase de métamorphisme alpin que l'on puisse reconnaître dans la zone orientale de Sesia-Lanzo correspond à une transformation dans le faciès éclogitique. Elle se traduit aussi bien dans les roches acides que dans les roches basiques par le développement de paragenèses caractéristiques à pyroxène, grenat, $\pm$ glaucophane, épidote, micas blancs, quartz, albite.

Cette phase se reconnaît tout au long de la zone ; elle a donné naissance à une série de gneiss et de micaschistes éclogitiques, associés à une quantité moindre d'éclogites, d'omphacitites et d'amphibolites à glaucophane.

Dans ces roches, le pyroxène sodique peut être à l'équilibre avec l'albite : ce fait, montré par la structure microscopique des roches, a été prouvé par l'étude chimique des minéraux à la microsonde.

L'étude des coefficients de distribution, K_D, prouve l'équilibre entre pyroxène et grenat, ainsi que l'équilibre mutuel des trois phases pyroxène, grenat, glaucophane. Comme les éclogites avec ou sans glaucophane ont des compositions chimiques analogues, la différenciation entre ces deux types de roches doit pouvoir être attribuée à des différences de pression d'eau lors du métamorphisme.

Les variations de composition de certains minéraux comme les pyroxènes sodiques et les phengites, ainsi que la variation des valeurs du K_D entre pyroxène et grenat montrent, de façon tout a fait concordante, que les conditions de formation ont varié du NE au SW de la zone éclogitique. Les données

expérimentales sur les équilibres pyroxène sodique-albite, et celles sur les teneurs en silice des phengites permettent de préciser les conditions de pression totale et de température :

- au NE 600 à 650° pour 11 à 12 Kb
- au SW 400 à 500° pour 14 Kb environ

Le gradient qui est ainsi mis en évidence lors de la première phase du métamorphisme, est encore précisé par l'existence de la lawsonite au Sud, et de la clinozoïsite et du disthène au Nord de la zone. Rappelons que dans la partie occidentale de Sesia-Lanzo, zone des schistes verts étudiée par Lattard (1974), il ne semble pas exister un tel gradient de métamorphisme.

Du point de vue de la chronologie absolue, ce métamorphisme éclogitique est rapporté par Dal Piaz (1972) à une phase éoalpine, d'âge crétacé.

Le polyphasage est général dans les roches de la zone éclogitique.

On peut distinguer deux types de succession des faciès métamorphiques lors du polyphasage :

1) - faciès éclogite $\longrightarrow$ faciès schiste à glaucophane $\longrightarrow$ faciès amphibolite à épidote (ou schiste vert)
2) - faciès éclogite $\longrightarrow$ faciès amphibolite à épidote (ou schiste vert).

Ces deux cas peuvent apparaître indifféremment en tous les points de la zone.

Du point de vue des conditions du métamorphisme, ce polyphasage correspond certainement à une chute de pression ; en revanche, il est plus difficile de préciser le sens des variations de la température. Il ne nous a pas été possible, en tout cas, de constater l'existence d'un gradient de métamorphisme au sein des schistes verts de rétromorphose.

Il subsiste évidemment de nombreuses questions en suspens. Tout d'abord l'étude structurale de la zone éclogitique, que nous n'avons pas tentée (La tectonique de la zone de Sesia-Lanzo fait actuellement l'objet d'une étude par J. Comes, Montpellier) ; ensuite, les rapports avec la zone occidentale des schistes verts restent peu clairs, aussi bien du point de vue structural que de celui du métamorphisme. Néanmoins, le gradient mis en évidence au sein du métamorphisme éclogitique peut être considéré comme un fait acquis dans ses grands traits.

050 032608 7

B I B L I O G R A P H I E

AHRENDT H. (I969) : Tertiärer vulkanismus in der Canavèse zone
Neues Jb. Geol. Paläont. Mh., Jg I969, H9, 513-516

ATHERTON M.P. (I964) : The garnet isograd in pelitic rocks and its relations to metamorphic facies.
Am. Min., 49, 1331-1348.

AUMENTO F., LONCAREVIC B.D., ROSS D.I. (I97I) : Hudson geotraverse : geology of the mid-atlantic ridge at 45°N.
Phil. Trans. Roy. Soc. London A. 268, 623-650.

BANNO S., MATSUI Y. (I965) : Eclogites and partition of Fe, Mg, Mn between clinopyroxene and garnet.
Proc. Japan Acad., 41, 716

BANNO S. (I970) : Classification of éclogites in terms of physical conditions of their origin.
Phys. Earth Planet. Interiors, 3, 405-421 (North Holland publishing compagny, Amsterdam).

BELL P.M., DAVIS B.T.C. (I965) : Temperature-composition section for jadeite diopside.
Annual Report of the Director, Geophysical Laboratory For 1964-I965.
Carnegie Instit. Washington, Yearbook, 64, 120-123.

BIANCHI A., DAL PIAZ G.V. (I963) : Gli inclusi di "micascisti eclogitici" nella formazione porfiritica permiana della zona del Canavese fra Biella ed Oropa. Carratteristische ed età dei fenomeni metamorphici.
Giornale di Geologia, 31, 39-76.

BIRCH F., LECOMTE P. (I960) : temperature-pression plane for albite composition.
Am. J. Sci., 258, 209-217.

BROWN E.H. (I967) : The greenschist facies in part of eastern Otago - New-Zealand.
Contr. Mineral. Petrol., 14, 259-292.

BROWN E.H. (I969) : Some zoned garnets from the greenschist facies
Am. Min., 54, 1662-1677.

CALIGARI E., VITERBO C. (I966) : I granati delle eclogitici compresse nelle formazione dei "micascisti eclogitici" della zona Sesia-Lanzo.
Rend. Soc. Min. Ital., XXII, 3-26.

CAMPAGNONI R , MAFFEO B. (I973) : Jadeite bearing metagranites l.s. and related rocks in the mount mucrone area (Sesia-Lanzo zone western alps).
Schweiz. Min. und Petro Mitteil., Band 53, 355-378

CARON J.M., SALIOT P. (I968) : Nouveaux gisements de lawsonite et de jadéite dans les alpes franco-italiennes
C. R. Acad. Sci., 268, 3153-3156.

CARRARO F. CHARRIER G. (I972) : Paleontoligical evidence of the late carboniferous age of the volcano detrital cover of the "micascisti eclogitici" (Sesia-Lanzo zone western alps).
Bull. Soc. Geol. Ital., 91, 185-194.

CHURCH W.R. (I967) : Eclogites. Basalts : the poldervaart treatise on rocks of basaltic composition.
Ed. by Hess H.H. and Arie Poldervaart, Vol.2, 755-797.

COLEMAN R.G., LEE D.E., BEATTY L.B., BRANNOCK N.N. (I965) : Eclogites and eclogites. Their differences and similarities.
Geol. Soc. Am. Bull., 76, 483-508.

COLEMAN R.G., CLARK J.R. (I968) : Pyroxenes in the blueschist facies of California.
Am. J. Sci., 266, 43-59.

DAL PIAZ G.V., GOSSO G., MARTINOTTI G. (I97I) : La II^{ème} zona diorito-kinzigitica tra la val Sesia e la valle d'Ayas (Alpi occidentali).
Mem. Soc. Geol. Ital., 10, 257-276.

DAL PIAZ G.V., HUNZIKER J.C., MARTINOTTI G. (I972) : La zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica della Alpi Nordoccidentali interne.
Mem. Soc. Geol. Ital., XI, 433-466.

DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMANN J. (I962) : Rock-forming minerals Longmans, Londres (5 volumes)

DOBRETSOV N.L. (I970) : Immiscibility in Na-Ca pyroxenes.
Doklady Akad. Nauk., SSSR, 201, 152-155.

ELLENBERGER F. (I960) : Sur une paragenèse éphémère à lawsonite et glaucophane dans le métamorphisme alpin en Haute Maurienne (Savoie).
Bull. Soc. Geol. France, 7, 2, 190-194.

ERNST W.G. (I963b):Petrogenesis of glaucophane schists.
J. Petrol., 4, 1-30.

ERNST W.G. (I964) : Petrochemical study of coexisting minerals from low grade schists Eastern Shikoku, Japan.
Contr. Mineral. Petrol., 34, 43-59.

ESSENE E.J., FYFE W.S. (I967) : Omphacite in Californian metamorphic rocks.
Contr. Mineral. Petrol., 15, 1-23.

FELIX C., FRANSOLET A.M. (I972) : Pseudomorphes a epidote s. l., paragonite, muscovites s.l., chlorite, albite... de porphyroblastes de lawsonite (?) dans les glaucophanoschistes de l'île de Groix(Bretagne, France).
Ann. Soc. Geol. Belgique, 95, II, 323-334.

FRY N., FYFE N.S. (I971) : On the significance of the eclogite facies in Alpine metamorphism.
Verhandl. Geol. Bundes. Anst. Wien, 2, 257-265

FRY N. (I973) : Lawsonite pseudomorphosed in Tauern Greenschists.
Min. Mag., 39, 121-122.

GREEN D.H., LOCKWOOD J.P., KISS E. (I968) : Eclogite and almandin, jadeite, quartz rock from the Guajira Peninsula Columbia, South America.
Am. Min., 53, 1320-1335.

HAMM H.M., VIETEN K. (I971) : Zur berechnung des Kristallchimischen Formel und des Fe^{3+} gehaltes von Klinopyroxenen aus elektronen strahl-mikroanalysen.
Neues Jb. Miner. Mh., 3, 310-314.

HAUY R.J. (I822) : Traité de Minéralogie.
2ème édition 25, 4, Bachelier (Paris).

HERMANN (I937) : Carta geologica delle Alpi Nord-occidentali alla scala 1/200 000.

HOLDAWAY M.J. (I971) : Stability of andalusite and the aluminium silicate phase diagram.
Am. J. Sci., 271, 97-131.

IVANOV J.P., GUSYGIN V.F. (I970) : Stability of paragonite in the system SiO_2-$NaAlSi_3O_8$ - Al_2O_3 - H_2O.
Geochemistry International, 7, 578-587.

JOLLY W.T., SMITH R.E. (I972) : Degradation and metamorphic differenciation of the Keweenawan tholeiitic lavas of Northern Michigan U.S.A..
J. Petrol., 13, 273-309.

KIENAST J.-R., VELDE B. (I970) : Le métamorphisme alpin dans les Alpes franco-italiennes. Mise en évidence d'un gradient de temperature et de pression.
C. R. Acad. Sc. Paris, 271, 637-640.

KIENAST J.-R., TRIBOULET C. (I972) : Le chloritoïde dans les paragenèses à glaucophane, albite ou paragonite.
Bull. Soc. Min. Crist., 95, 565-573.

KLEIN C. (I969) : Two amphibole assemblages in the system actinolite-hornblende-glaucophane.
Am. Min.,54, 212-237

KRETZ R. (I961) : Some applications of thermodynamics to coexisting mineral of variable composition.
J. Geol., 69, 361-387.

KORJINSKII D.S. (I957) : Bases physico-chimiques de l'analyse des paragenèses minérales.
Acad. des Sciences de l'URSS (Traduction BRGM N° 2294 par Szysman et Lognon).

KUNO H. (I957) : Differenciation of Hawaian lavas.
Jap. J. Geol. Geog., 28, 179-218.

KUSHIRO I. (1965) : Clinopyroxène solid solution at high pressures Annual Report fo the Director, Geophysical Laboratory for 1964-1965.
Carnegie Institution Washington, yearbook, 64, 112-117.

LATTARD D. (1974) : Les roches du faciès schiste vert dans la zone de Sesia-Lanzo (Alpes italiennes).
Thèse de 3ème cycle - Paris.

LEFEVRE R. (1965) : Etude géologique de la terminaison méridionale de la bande d'Acceglio - Longet (Alpes Cottiennes, Italie).
Thèse de 3ème cycle - Orsay.

MAC DONALD G.A., KATSURA T. (1964) : Chemical composition of Hawaian lavas.
J. Petrol., 5, 82-133.

MAFFEO B. (1970) : Studio petrografico dell'ammasso granitico del M. Mucrone e di suoi rapporti con i "micascisti eclogitici".
Tesi di laurea Torino (Inedita).

MARTINOTTI G. (1970) : Studio petrografico delle eclogiti delle zona del Lago Mucrone e dei loro rapporti con i "micascisti eclogitici" incassanti.
Tesi di laurea Torino (inedita).

MICHEL R. (1953) : Les schistes cristallins des massifs du Grand Paradis et de Sesia-Lanzo.
Sciences de la terre, 1, N° 3-4, Nancy.

MONESE A., OBNIGEN G., VITERBO C. (1957) : Il pirosseno omfacitico delle pirosseniti compresse nei "micascisti eclogitici" di Tavagnasco.(Valle d'Aosta).
Mem. Acc. Padov., 80, 5-9.

MOTTANA A. (1972) : Eclogite occurrence in gneiss as indicators of the caledonian high pressure metamorphism in the western alps.
Cong. Geol. Intern. 24ème session Canada 2, 35.

NITSCH K.H. (1972) : Das P-T X CO_2 - stabilitätfeld von lawsonite.
Contr. Min. Petrol., 34, 116-134.

NOVARESE V. (1949) : Il sistema eruttivo Traversella Biella
Mem. Deser. Carta Geol. Italia, 28-90.

OBNIGEN G. (1968) : Il pirosseno omfacitico di Cesnola Tavagnsco.
Per. Min., 37, 1-12.

O'HARA M.J. (1960) : A garnet-hornblende-pyroxene rock from glenelg Inverness-shire.
Geol. Mag., 97, 145-156.

PURTSCHELLER F., HOENES S., BROWN G.C. (1972) : An example of occurence and breakdown of paragonite.
Contr. Mineral. Petrol., 35, 34-42.

RAMBERG H., DE VORE G.M. (1951) : The distribution of Fe^{2+} and Mg^{2+} in coexisting olivines and pyroxenes.
J. Geol., 59, 192-210.

RICHARDSON S.W., GILBERT B.N., BELL P.M. (1969) : Experimental determination of Kyanite, andalusite, and andalusite-sillimanite equilibria, the aluminium silica triple point.
Am. J. Sci., 267, 259-272.

SAXENA S.K.(1966a) : Distribution of elements between coexisting biotite and hornblende in metamorphic Caledonides lying to the West and Northwest of the Trondheim Norway.
Neues Jb. Miner. Mh., 3, 67-80.

SAXENA S.K. (1966b) : Distribution of elements between coexisting muscovite and biotite and crystal chemical role of titanium in the micas.
Neues Jb. Miner. Abh., 106, 1-17.

SAXENA S.K. (1968) : Distribution of elements between coexisting minerals and the nature of solid solution in garnet.
Am, Min.,53, 994-1014

SCHEURING B., AHRENDT H., HUNZIKER J.C., ZINGG A. (1973) : Paleobotanical and geochronological evidence of the alpine age of the metamorphism in the Sesia-Lanzo zone.
Geol. Rundschau., 63, 305-326.

SCHREINEMAKERS F.A.H. (1915-1925) : In- mono- and divariant equilibria.
Koninkl. Akad. Wetenschappen Te Amsterdam Proc. English E.D. V 18-28 (29 articles).

STRENS R.G.J. (1965) : Stability and relations of the Fe-Al epidotes
Min. Mag., 35, 464-475.

SMULIKOVSKI K. (1964a) : An attempt at eclogite classification
Bull. Soc. Pel. Sc. Sir. Geol. Geogr. XII/1, 27-33

THOMSON J.B. (1957) : The graphical analysis of mineral assemblages in pelitic schists.
Am. Min., 42, 842-858.

VELDE B. (1965) : Phengite micas : synthesis, stability and natural occurence.
Am. J. Sci., 263, 886-913.

VELDE B. (1967) : Si^{4+} content of natural phengites.
Contr. Mineral. Petrol., 37, 235-247.

VELDE B. (1970) : Les éclogites de la région nantaise (de Campbon au Cellier - Loire Atlantique).
Bull. Soc. Fr. Min. et Crist., 93, 370-385.

VELDE B., KIENAST J.-R (1973) : Zonéographie du métamorphisme de la zone de Sesia-Lanzo (Alpes Piémontaises) ; étude des omphacites et des grenats des micaschistes éclogitiques à la microsonde électronique.
C. R. Acad. Sc., Paris, 276, 1801-1804.

VITERBO C. (I961) : Caratteri chimico-petrografici di alcune intercalazioni fimiche negli scisti del cristallino antico della zona Sesia-Lanzo(Alpi Piemontesi). Rend. Soc. Min. Ital., 17, 591-598.

VITERBO C., BLACKBURN C. (I968) : The eclogitic rocks of the "eclogitic micaschists formation" Sesia-Lanzo zone. Mem. Instit. Geol. Min. Univ. Padova., XXVIII.

WHITE A.J.R., CHAPELL B.W., JAKES P. (I972) : Coexisting clinopyroxene, grenat, and amphibole from an "eclogite", Kakanui - New-Zealand. Contr. Mineral. Petrol., 34, 3, 185-191.

YODER H.S., TILLEY C.E. (I962) : Origin of basaltic magma. J. Petrol., 3, 440-444.

ZAKRUTKIN , (I968) : The evolution of amphiboles during metamorphism. Zap. Uses. Mineral. Obsch., 92, 1, 13-23.

ZEN E. AN. (I966) : Construction of pression - temperature diagramms for multicomponent system after the method of Schreinemakers ; a geometric approach. Geol. Surv. Bull., 1225

P L A N C H E S

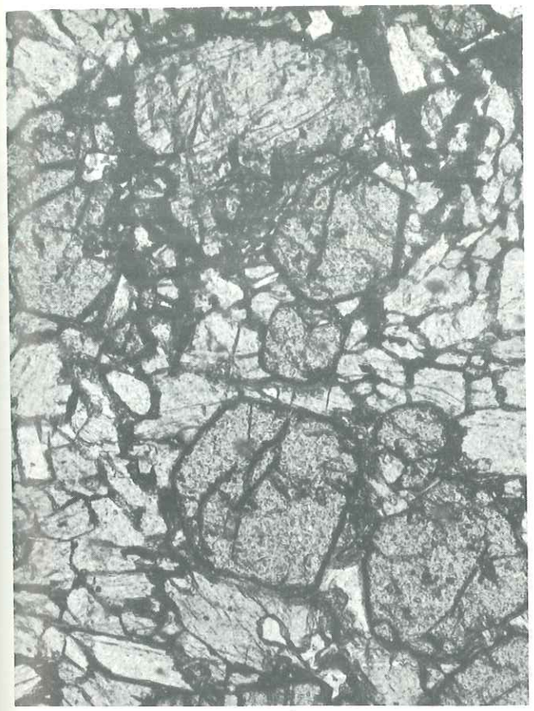
P H O T O G R A P H I Q U E S

Photo 1 : Pyroxène (en haut à gauche), grenat, glaucophane à l'équilibre dans une éclogite à glaucophane primaire.

Photo 2 : Eclogite sans glaucophane primaire : entre les cristaux de grenat et de pyroxène apparaissent des petits cristaux de glaucophane secondaire.

Photo 3 : Omphacitite : on peut observer la transformation du pyroxène sodique en albite et amphibole bleu-vert.

Photo 4 :: Jadéitite : on observe des petites reliques de jadéite au milieu des produits de rétromorphose (mica blanc, albite, épidote s.l., glaucophane).

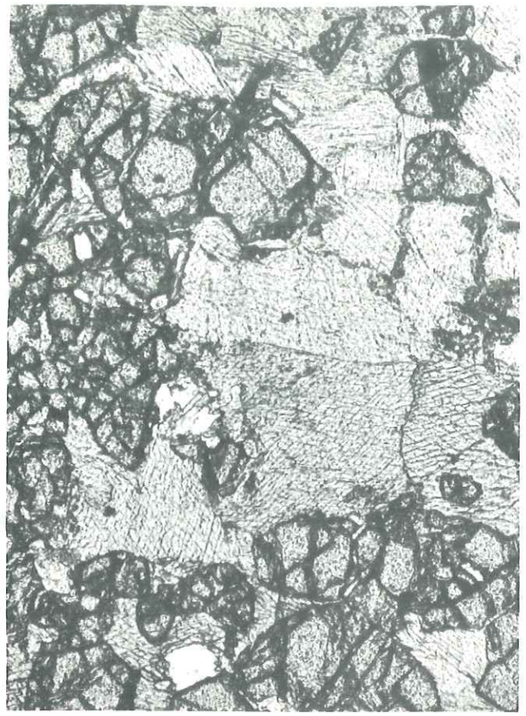


1

2

3

4



5

6

7

8

Photo 5 : Amphibolite à glaucophane et grenat.

Photo 6 : Amphibolite à glaucophane et zoïsite

Photo 7 : "tuf" : on observe des cristaux de quartz plus ou moins corrodés au milieu d'une "pâte" (albite, amphibole bleu-vert, chlorite, glaucophane.

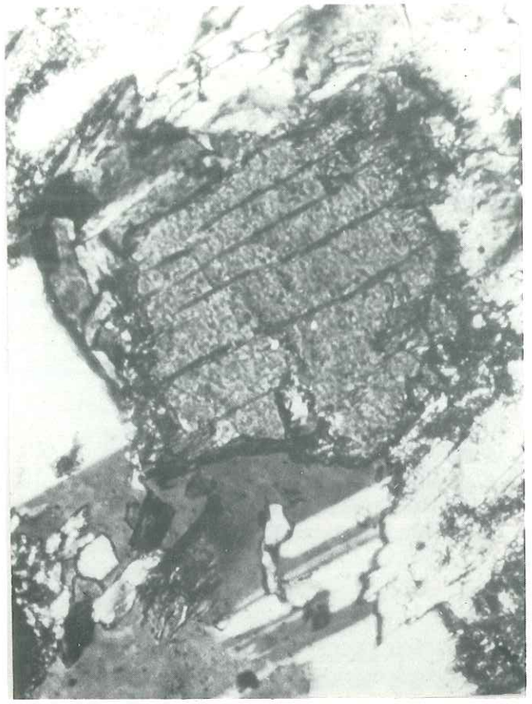
Photo 8 : amphibolite à glaucophane et relique de lawsonite.

Photo 9 : équilibre pyroxène-albite.

Photo 10 : "porphyre" : au milieu du feldspath alcalin perthitique, apparaissent des exsolutions de jadéite + quartz et, à sa périphérie, des exsolutions d'albite.

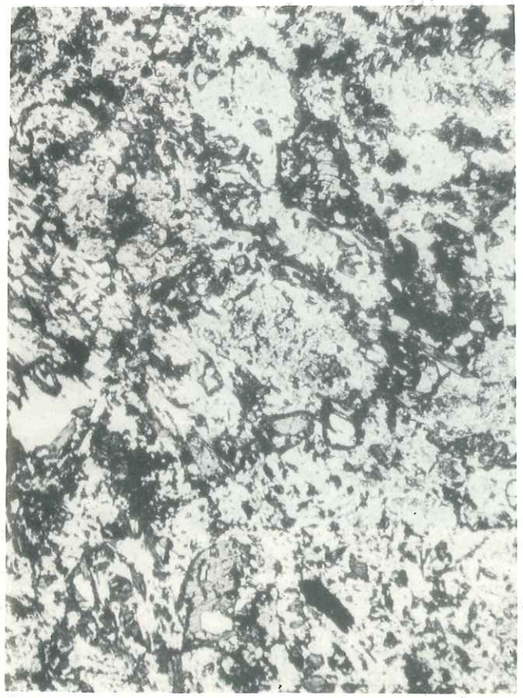
Photo 11 : Pyroxène secondaire : à l'intérieur d'une pseudomorphose de pyroxène sodique, apparaissent un pyroxène secondaire (en haut en droite)et de la glaucophane, associés à de l'albite, de l'épidote, et des micas blancs.

Photo 12 : couples de pyroxènes primaires à l'équilibre : on observe à l'interieur d'une gros pyroxène primaire (Jd 80 %) un petit pyroxène (blanc sur la photo) beaucoup moins jadéitique.



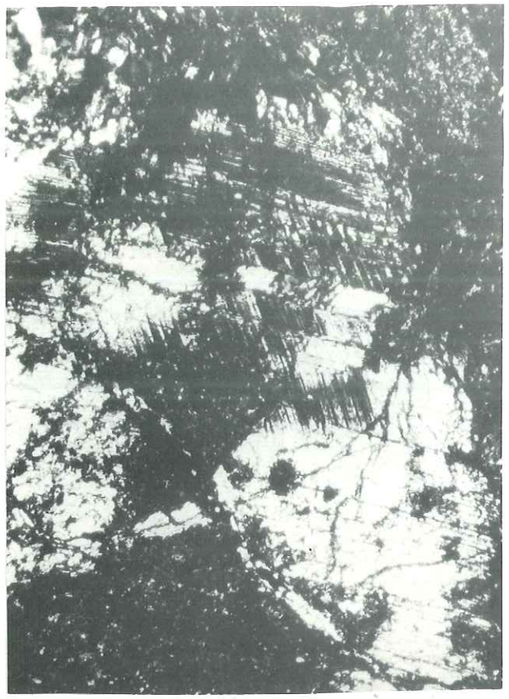
9

10

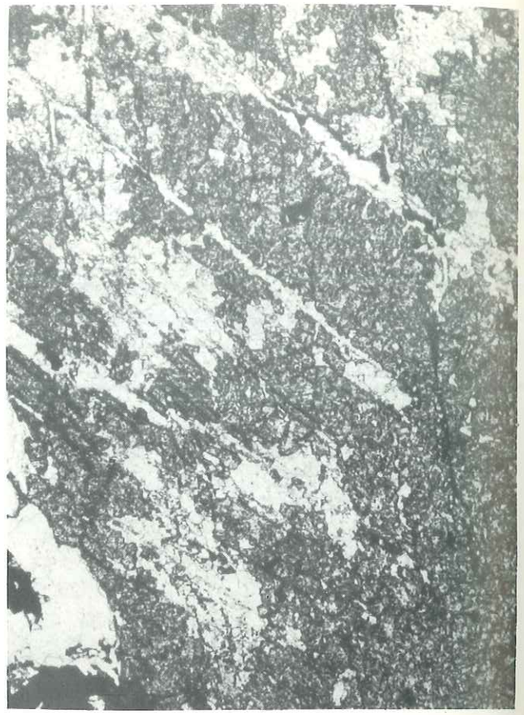


11

12



13



14

15

Photo 13 : Lawsonite

Photo 14 : pseudomorphose de lawsonite : épidote, albite, chlorite, amphibole bleu-vert; on observe encore les plans de mâcle de la lawsonite originelle.

Photo 15 : nodule d'éclogite dans un gneiss à pyroxène et grenat (40 cm de diamètre environ).

ANNEXE

N°	Nom de la roche	Description p.	Minéraux analyses	Tableau Analyse roche totale
1	omphacitite		px-ph	X
3	gneiss		gt-ph-epi	XXI
5.1	gneiss		g	
5.2	gneiss		px-gt	XXI
10	micaschiste			
11	gneiss			
17	micaschiste			
29	micaschiste		px-gt-ph	XXVIII
31	jadéitite		ph-épi-chl	
34	amphibolite à gl.		amp	XV
38	marbre			
39	éclogite ss. gl.		gt	
41	gneiss		gt-ph	XXI
52	éclogite à gl.			
54	gneiss			
55	micaschiste			
60	micaschiste			
64	gneiss			
72	éclogite à gl.			
76	éclogite ss.gl.		px-gt	
83	omphacitite			
90	amphibolite à gl.	31		
100	gneiss		épi-ph-chl	XXI
132	jadéitite			
145	amphibolite à gl.	32		
222	gneiss			
224	gneiss		amp-ph	
267	porphyre	56		
271	gneiss		amp	XXVIII
279	gneiss			
282	gneiss		px-gt	XXI
436	éclogite à gl.			
437	marbre			
469	tuf			
475	gneiss			

N°	Carte Topo.	Coordonnées	Localisation
1	Borgofranco	9 - 42,5	Quoassolo
3	-	9 - 42,5	-
5.1	-	9 - 42,5	-
5.2	-	9 - 42,5	-
10	Cuorgne	89,1 - 29	Route d'Alpette
11	-	89,1 - 29	-
17	-	89,8 - 29,3	Alpette
29	-	89,9 - 29,6	-
31	-	89,9 - 29,6	Frassinetto
34	-	90,1 - 29,8	Route d'Alpette
38	-	90,4 - 29,8	Route de Perloz
39	-	90,4 - 29,8	Route d'Alpette
41	-	90,4 - 29,8	Alpette
52	-	90,4 - 29,8	Cuorgne
54	-	90,8 - 29,7	Quoassolo
55	-	90,8 - 29,7	Route d'Alpette
60	-	92,1 - 28,5	-
64	-	93,2 - 28,1	Alpette
72	-	91,5 - 29,9	Vallée du Lys
76	-	91,4 - 30	Cuorgne
83	-	91,5 - 29,8	Grangia
90	-	91,6 - 29,7	Pont Canavese
100	-	92,0 - 29,0	Val d'Orco
132	-	89,5 - 30,1	Pont Canavese
145	-	89,5 - 30,5	Cuorgne
222	Pont Canavese	89,2 - 35	Route d'Ingria à Pont
224	-	89,4 - 34,7	-
267	Cuorgne		Route d'Alpette
271	-	89,8 - 29,3	Ingria
279	Borgofranco	9,8 - 43,7	Montestrutto
282	-	9,8 - 43,7	-
436	-	10,0 - 40,7	Borgofranco
437	-	10,0 - 40,7	-
469	-	12 - 41,5	Andrate
475	-	11,8 - 41,5	-

N°	Nom de la roche	Description p.	Mineraux analysés	Tableau Analyse roche totale
481	éclogite à gl.			
521	éclogite ss.gl.		px-gt-amp	III
531	omphacitite			
532	éclogite ss.gl.		chl	III
533	omphacitite		px-gt-chl	X
534	gneiss		px-gt-chl	
535	éclogite à gl.		px-gt-amp	I
537	amphibolite à gl.		amph-chl	XV
539	éclogite à gl.		gt	I
548	éclogite ss.gl.			XXVIII
550	micaschiste	48		
552	éclogite à gl.		px-gt-amp	I
553	micaschiste			
558	gneiss		px-gt	
577	éclogite à gl.			
584	jadéitite			
596	gneiss			
597	éclogite ss.gl.		px-gt	III
598	amphibolite à gl.		px-gt-amp	XV
604	omphacitite	24	px-amp	
624	micaschiste			
632	micaschiste			
640	gneiss			
645	éclogite à gl.			
702	amphibolite à gl.			
738	omphacitite			
743	omphacitite			
744	micaschiste			
747	micaschiste			
748	omphacitite			
750	omphacitite			
752	micaschiste			
753	jadéitite		px	
776	gneiss			
778	gneiss			

N°	Carte Topo.	Coordonnées	Localisation
481	Borgofranco	11,2 - 41,8	Route d'Andrate
521	-	11,1 - 43	Campliglia
531	-	10 - 43,2	Ivozio
532	-	10 - 43,2	-
533	-	10 - 43,2	-
534	-	10 - 43,2	-
535	-	10 - 43,2	-
537	-	10 - 43,2	-
539	-	10 - 43,2	-
548	-	9,3 - 43,8	-
550	-	9,3 - 43,8	Montestrutto
552	-	9,3 - 43,8	-
553	Borgofranco	9,3 - 43,8	-
558	-	9,6 - 44	-
577	-	9,4 - 44,5	Settimo Vittone
584	-	9 - 45	-
596	Traversella	8,3 - 46,8	Torre Daniele
597	-	8,3 - 46,8	-
598	-	8,3 - 46,8	-
604	Bard	4,1 - 51,8	Route d'Albard
624	Traversella	7,4 - 48	Carema
632	Bard	6,9 - 50,1	Ivery
640	-	6,9 - 49,4	-
645	-	7,1 - 49,4	-
702	-	4,2 - 49,8	Grand Vert
738	Borgofranco	9 - 42,8	Quoassolo
743	-	9 - 42,5	-
744	-	9 - 42,5	Carema
747	-	9 - 42,5	Quoassolo
748	-	9 - 42,5	-
750	-	9 - 42,5	-
752	-	9 - 42,5	-
753	-	9 - 42,5	-
776	Pont Canavese	95,2 - 33,6	Sainte Elizabeth
778	-	94,3 - 29,4	-

N°	Nom de la roche	Description p.	Minéraux analysés	Tableau analyse roche totale
798	jadéitite			
799	micaschiste			
809	éclogite ss.gl.		px-gt-amp	
817	micaschiste			
825	éclogite à gl.			
831	amphibolite à gl.			
883	éclogite à gl.			
894	éclogite à gl	12		
898	amphibolite à gl			
920	éclogite ss.gl		px-gt	III
921	micaschiste			
926	micaschiste			
933	tuf	58		
943	tuf			XXXIV
944	marbre			
945	éclogite à gl.		px-gt	I
948	gneiss			
949	micaschiste			
958	marbre			
961	micaschiste		px-gt	XXVIII
964	micaschiste		px-gt	
965	gneiss			
983	omphacitite			
993	micaschiste			
1001	jadéitite		px	
1003	gneiss			
1012	gneiss		ph	
1057	éclogite ss. gl.		px-gt	
1078	porphyre			XXXIV
1175	micaschiste		px-gt	
1176	amphibolite à gl.		px-gt-amp	XV
1231	omphacitite			
1232	omphacitite			
1235				
1323	éclogite ss gl.			

N°	Carte Topo.	Coordonnées	Localisation
798	Cuorgne	94,3 - 29,4	Navetta
799	-	94,3 - 29,4	-
809	Pont Canavese	91,1 - 31,1	Frassinetto
817	-	90,5 - 33,9	-
825	-	91,1 - 33,8	-
831	-	90,4 - 33,7	-
883	Bard	7,1 - 51,9	Route de Perloz
894	-	7,3 - 53,1	-
898	-	7,3 - 53,1	-
920	-	7,3 - 53	-
921	-	7,3 - 53	-
926	-	7,4 - 53	-
933	-	7,1 - 52,4	-
943	-	7,2 - 52,6	-
944	-	7,3 - 52,6	-
945	-	7,3 - 52,7	-
948	-	7,3 - 52,7	-
949	-	7,3 - 52,7	-
958	-	7,4 - 52,9	-
961	-	7,5 - 53	-
964	-	7,5 - 53	-
965	-	7,5 - 53	-
983	Lilianes	18 - 54,	Oropa
993	-	18 - 53,8	-
1001	-	18,3 - 53,2	-
1003	-	18,3 - 53,2	-
1012	Scopa	29 - 69,2	Scopello
1057	Val Chiusella	98,5 - 42,8	Val Chuisella
1078	Lanzo Torinese		Val Lanzo
1175	Campertogno	24,9 - 69,3	Val Sesia
1176	-	24,9 - 69,3	-
1231	Lilianes	10,9 - 55	Route de Tey à Niana
1232	-	10,3 - 54,6	-
1235	-	11,3 - 56,3	Fontainemore
1323	Borgofranco	9 - 42,5	Carema

N°	Carte Topo.	Coordonnées	Localisation
1326	Borgofranco	10 - 43,2	Ivozio
1333	-	9,1 - 42,5	Quoassolo
1334	-	9,1 - 42,5	-
1335	Bard	6,1 - 54,5	Pesse
1340	-	3 - 52,1	Albard
1345	Traversella	6 - 47,5	Quincinetto
1357	-	7,0 - 41,1	Val Chiusella
1358	-	1,8 - 40,8	-
1364a	-	98,8 - 42,7	-
1364b	-	98,8 - 42,7	-
1366	-	98,8 - 42,7	-
1423	Pont Canavese	90,5 - 30,5	Pont Canavese
1443	Bard	6,1 - 54,5	Piatolet
1500	Lilianes		Lac Vargno
1541	-	15,8 - 55,7	-
1543	-	15,5 - 56	-
1559	Bard	7,8 - 51,7	-
1561	-	7,8 - 51,7	Val gresonney
1562	-	7,8 - 51,7	Tour d'Heberatz
ɳ 1	Cuorgne	89,1 - 29	Route d'Alpette
ɳ 3	-	89,1 - 29	-
ɳ14	Pont Canavese	91,2 - 31,1	Route de Perloz
ɳ18	-	91,2 - 31,1	Frassinetto
ɳ27	Bard		Route de Perloz
ɳ30	-		-
ɳ35	-		-
ɳ41	-		-
ɳ51	Lanzo Torinese		Corio
ɳ55	Traversella		Chiara
ɳ63	Lilianes		Oropa
ɵ34	-		-
ɵ36	-		-

N°	Nom de la roche	Description p.	Minéraux analysés	Tableau analyse roche totale
1326	omphacitite			
1333	gneiss		px	
1334	omphacitite		amp.	
1335	grenatite	38		
1340	éclogite ss gl.			
1345	éclogite ss gl.	14		
1357	éclogite ss gl.		px	
1358	éclogite ss gl.			
1364a	gneiss	41		XXI
1364b	gneiss	40	gt-ph-épi	XXI
1366	gneiss			
1423	amphibolite à gl.	33	amp-ph-épi-chl	XV
1443	amphibolite verte à gt.			
1500	gneiss			
1541	micaschiste		px	XXVIII
1543	gneiss			
1559	éclogite ss gl.		px	
1561	marbre	54		
1562	micaschiste			
ɳ 1	roche à lawsonite			
ɳ 3	glaucophanite			
ɳ14	omphacitite		px-gt	
ɳ18	omphacitite			
ɳ 27	éclogite ss gl.		px	III
ɳ 30	amphibolite à gl.			
ɳ 35	gneiss		px-gt	
ɳ41	omphacitite			
ɳ51	micaschiste			
ɳ55	éclogite ss gl.			
ɳ63	éclogite à gl.			
ɵ34	micaschiste		px	
ɵ36	éclogite à gl.		px-gt-amp.	I

	Aeg	Jd	Diop-Aug
1_p	3,2	45,6	50,2
1_c		59,2	40
3	5,4	44	51
5.2	3,1	55,7	41
29	2,1	89,4	8,1
76_p	3,1	47	50
76_c	3	51	46
282		57,9	42,0
521	3,7	49,1	47,4
534	0,6	42,7	56,4
535		41,5	58,3
552		46,9	55,4
558	11,4	56,7	33,8
597	3,2	48,9	47,6
598	6	44	50
753_1	4	89	6,3
753_2	6,8	57	36
809_c	5	45	50
809_p		46	54
1001	16,2	0,4	83,1
1057	6,3	46	47,3
920		60,2	39,6
945_p	4,6	46	49,1
945_c		47,4	52,2
964	3,5	57,5	38,3
1176	11	38,9	50
1333_1	9	44	47,2
1333_2		88	12
1333_A	22,6	35,0	42,2
$1334A_c$	26,7	29,1	43,8
$1334A_p$	20,7	29,2	49,7
1334_1	11,6	51,1	37,1
1334_2	5	75	20
1357		47	53
14	6,3	42,7	50,7
27	5,0	47,5	50,2
36	12,9	45,9	40,9
34_1	11,6	45,3	45,6
34_2	8	69,6	20,1
36		45,2	54,7

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1 -	Schéma géologique de la zone de Sesia-Lanzo	2
2 -	Histogramme des teneurs en silice des roches de Sesia-Lanzo	5
33 -	Triangle Q-Or-Ab pour les roches acides	5
4 -	Représentation des éclogites dans le diagramme Q-Dio-Hyp-Ol-Ne	17
5 -	Diagramme de Mac Donald et Katsura pour les éclogites	17
6 -	Diagramme A-F-M pour les éclogites	19
7 -	Diagramme Na_2O-K_2O pour les éclogites	19
8 -	Diagramme N-A-C-F-N pour les éclogites	19
9 -	Carte des teneurs en jadéite des pyroxènes des éclogites	20
10 -	Triangle Dio, Aug-Jd-Aeg pour les pyroxènes des éclogites	20
11 -	Triangles Alm, Spess-Pyr-Gross, Mg-Mn-Fe, Ca-Mn-Fe pour les grenats des éclogites à glaucophane	21
12 -	Type de zonation dans les grenats des éclogites	21
13 -	Triangles Alm, Spess-Pyr-Gross, Mg-Mn-Fe, Ca- Mn- Fe pour les grenats des éclogites sans glaucophane	22
14 -	Diagramme A-C-F pour les éclogites des Sesia-Lanzo	22
15 -	Carte des teneurs en Jadéite des pyroxènes des omphacitites	28
16 -	Triangle Dio, Aug-Jd-Aeg pour les pyroxènes des omphacitites	28
17 -	Triangles Alm, Spess-Pyr-Gross, Mg-Mn-Fe, Ca-Mn-Fe pour les grenats des omphacitites	28
18 -	Représentation des amphibolites à glaucophane dans le diagramme Q-Dio-Hyp-Ol-Ne	34
19 -	Diagramme A-F-M pour les amphibolites à glaucophane	34
20 -	Triangle Dio, Aug-Jd-Aeg pour les pyroxènes des amphibolites à glaucophane	35
21 -	Triangle Alm, Spess-Pyr-Gross, Mn- Mg-Fe, Ca- Mn-Fe, pour les grenats des amphibolites à glaucophane	35
22 -	Diagramme A-C-F pour les gneiss éclogitiques	43
23 -	Diagramme A-F-M pour les gneiss éclogitiques	43
24 -	Triangle Dio, Aug-Jd-Aeg pour les pyroxènes des gneiss éclogitiques	43

25 - Carte des teneurs en jadéite des pyroxènes des gneiss éclogitiques 43
26 - Type de zonation dans les grenats des gneiss éclogitiques 44
27 - Type de zonation dans les grenats des gneiss éclogitiques 44
28 - Triangles Alm, Spess-Pyr-Gross, Mg-Mn-Fe, Ca-Mn-Fe pour les grenats des gneiss 44
29 - Diagramme A-F-M pour les micaschistes éclogitiques 51
30 - Triangle Dio, Aug-Jd-Aeg pour les pyroxènes des micaschistes 51
31 - Carte des teneurs en jadéite des pyroxènes des micaschistes 51
32 - Triangles Alm, Spess-Pyr-Gross, Mg-Mn-Fe, Ca-Mn-Fe pour les grenats des micaschistes 57
33 - Diagramme A-F-M pour un "tuf" et un "porphyre" 57
34 - Diagramme A-C-F pour un "tuf" et un "porphyre" 57
35 - Comparaison d'un porphyre et des porphyroïdes analysés par Lefèvre 59
36 - Triangle A-F-M pour l'ensemble des roches de la zone éclogitique 59
37 - Délimitation du champ d'immiscibilité des pyroxènes sodiques d'après Dobretsov 64
38 - Triangle Dio, Aug-Jd-Aeg pour l'ensemble des pyroxènes de la zone éclogitique 64
39 - Représentation des couples de pyroxènes primaires à l'équilibre dans le triangle Dio, Aug-Jd-Aeg 64
40 - Carte des teneurs en jadéite de tous les pyroxènes de la zone zone éclogitique 64
41 - Triangles Alm, Spess-Pyr-Gross, Mg-Mn-Fe, Ca-Mn-Fe, pour l'ensemble des grenats de la zone éclogitique, comparaison avec les grenats des schistes verts 64 66
42 - Variation de la teneur en calcium dans les grenats 66
43 - Diagramme Si-Na K pour les amphiboles de Sesia-Lanzo Comparaison avec les schistes verts. 66
44 - Diagramme Al^{IV} - Al^{VI} pour les amphiboles de la zone éclogitique - Comparaison avec les schistes verts. 66

N° Titre Page

45 - Diagramme Ca/Ca + Na, Mg/Mg + Fe pour les amphiboles de Sesia-Lanzo 68
46 - Diagramme Na A - NA VIII 68
47 - Histogramme des teneurs en Na et K pour les différents types d'amphiboles sodiques 68
48 - Relations entre les teneurs en Na et K dans les différentes amphiboles sodiques 68
49 - Diagramme K^+ - Fe^{2+} pour les amphiboles sodiques 70
50 - Diagramme K^+ - Fe^{3+} pour les amphiboles sodiques 70
51 - Diagramme K^+ - Fe(tot) pour les amphiboles sodiques 70
52 - Carte schématique des teneurs en silice des phengites 72
52b- Diagramme P - T des teneurs en jadéite des pyroxènes et des teneurs en silice des phengites 73
53 - Position des épidotes en ACF 72
54 - Position des chlorites en Al_2O_3 - FeO - MgO 72
55 - Distribution du Fer et du Magnésium entre le pyroxène et le grenat 79
56 - Distribution du Fer et du Magnésium entre le pyroxène et la glaucophane 79
57 - Distribution du Fer et du Magnésium entre le grenat et la glaucophane 81
58 - Relation entre les KD Gt/Px et le rapport Fe/Mg dans la glaucophane 81
59 - Variation de la distribution des éléments dans l'équilibre triphasé Px - Amp - Gt 82
60 - Carte des localisations des lawsonites dans la zone de Sesia-Lanzo 83
61 - Représentation des différentes phases et réactions du système Schreinemakers pour la formation des pseudomorphoses de lawsonite 83
62 - Représentation de Schreinemakers des pseudomorphoses de lawsonite 84
63 - Représentation de Korjinski pour les pseudomorphoses de Lawsonite 84
64 - Représentation des différentes phases et réactions du système Schreinemakers pour le passage éclogite ⟶ schistes à glaucophane ⟶ schistes verts 85
65 - Représentation de Schreinemakers du polyphasage dans la zone éclogitique. 85

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
I	- Analyses des éclogites à glaucophane	17
II	- Analyses des éclogites à glaucophane (Viterbo et al. I968)	17
III	- Analyses des éclogites sans glaucophane	17
IV	- Analyses des éclogites sans glaucophane (Viterbo et al., I968)	17
V	- Analyses des pyroxènes primaires des éclogites à glaucophane	20
VI	- Analyses des pyroxènes primaires des éclogites sans glaucophane	20
VII	- Analyses des grenats des éclogites à glaucophane	20
VIII	- Analyses des grenats des éclogites sans glaucophane	20
IX	- Analyses des amphiboles des éclogites	22
X	- Analyses des omphacitites	27
XI	- Analyses des pyroxènes primaires des omphacitites	28
XII	- Analyses des pyroxènes secondaires des omphacitites	28
XIII	- Analyses des grenats des omphacitites	29
XIV	- Analyses des amphiboles des omphacitites	29
XV	- Analyses des amphibolites à glaucophane	35
XVI	- Analyses des pyroxènes des amphibolites à glaucophane	35
XVII	- Analyses des grenats des amphibolites à glaucophane	35
XVIII	- Analyses des amphiboles des amphibolites à glaucophane	35
XIX	- Analyses des micas des amphibolites à glaucophane	35
XX	- Analyses des chlorites des amphibolites à glaucophane	37
XXI	- Analyses des gneiss éclogitiques	42
XXII	- Analyses des pyroxènes primaires des gneiss éclogitiques	43
XXIV	- Analyses des amphiboles des gneiss éclogitiques	45
XXVI	- Analyses des épidotes des gneiss éclogitiques	46
XXVII	- Analyses des chlorites des gneiss éclogitiques	46
XXVIII	- Analyses des micaschistes éclogitiques	50
XXIX	- Analyses des pyroxènes primaires des micaschistes éclogitiques	51

XXXXX - Analyses des pyroxènes et des grenats des micaschistes (Velde et Kienast) 51
XXXI - Analyses des grenats des micaschistes éclogitiques 52
XXXII - Analyses des micas des micaschistes éclogitiques 52
XXXIII - Analyses des micas des micaschistes éclogitiques (Velde et Kienast) 52
XXXIV - Analyses d'un "tuf" et d'un "porphyre" 57

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : APERCU GENERAL SUR LES ROCHES ET LE METAMORPHISME DE LA ZONE ECLOGITIQUE 4

- Roches ne contenant pas de reliques ignées 6

I - Les roches basiques
1) - Les éclogites
2) - Les omphacitites et les jadéitites
3) - Les amphibolites à glaucophane 7

II - Les roches acides

III - Les marbres 8

- Roches contenant des reliques de roches ignées

I - Les "tufs" métamorphiques

III - Les "porphyres" métamorphiques 9

- Histoire métamorphique de la série ; son polyphasage

CHAPITRE II : DESCRIPTION DES ROCHES ET DES MINERAUX ; LEUR CHIMISME 11

- Les roches basiques 12

I - Les éclogites
A) - Description
B) - Chimisme 17
C) - Les minéraux des éclogites 20
conclusion 23

II - Les omphacitites et les jadéitites 24
A) - Description
B) - Chimisme
C) - Les minéraux des omphacitites et des jadéitites 28

III - Les amphibolites à glaucophane 31
A) - Description
B) - Chimisme 35
C) - Les minéraux des amphibolites à glaucophane

IV - Les grenatites 38

V - Les amphibolites vertes à grenat

- Les roches acides

I - Les gneiss éclogitiques
A) - Description
B) - Variations paragenétiques 41
C) - Chimisme 43
D) - Les minéraux des gneiss éclogitiques

II - Les micaschistes éclogitiques 48
A) - Description
B) - Chimisme 50
C) - Les minéraux des micaschistes éclogitiques 51

- Les marbres 54
A) - Description
B) - Le polyphasage
C) - Variations paragenétiques 55

- Roches ne contenant pas de reliques de roches ignées 56

I - Les "porphyres" métamorphiques
A) - Description
B) - Chimisme 57

II - Les "tufs" métamorphiques 58
A) - Description
B) - Le polyphasage
C) - Variations paragenétiques 59
D) - Chimisme

- Conclusion à l'étude du chimisme des roches de la zone éclogitique 60

CHAPITRE III : ETUDE MINERALOGIQUE DETAILLEE

- Methodes d'étude des minéraux 62

I - Les pyroxènes 63
Conclusion à l'étude des pyroxènes 65

II - Les grenats 66
Conclusion à l'étude des grenats 67

IIII - Les amphiboles 68
Conclusion 70

IV - Les micas 71
Conclusion 72

V - Les épidotes 73

VI - Les chlorites 74

VII - L''albite 75

VIII - La lawsonite 76

IX - Le disthène

X - Le chloritoïde

XI - Le talc 77

XII - Les minéraux accessoires

- Conclusion à l'étude des minéraux 78

CHAPITRE IV : LES EQUILIBRES MINERALOGIQUES
ASSEMBLAGES, REACTIONS, POLYPHASAGE

I - Etude des coefficients de distribution 79
Conclusion 82

II - Assemblages, réactions, polyphasage 83
1) - Etude des pseudmorphoses de lawsonite
a - Le diagramme P-T 84
b - Représentation H_2O Na_2O 85

2) - Passage éclogites ⟶ Schistes à glaucophane ⟶ Schistes verts

CONCLUSION 87

BIBLIOGRAPHIE

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

ANNEXE

TABLE DES MATIERES