



**HAL**  
open science

# Analyse structurale dans le socle de l'Argentera-Mercantour (région d'Isola, Alpes maritimes)

Michel Prunac

► **To cite this version:**

Michel Prunac. Analyse structurale dans le socle de l'Argentera-Mercantour (région d'Isola, Alpes maritimes). Stratigraphie. Université Paris Sud - Paris XI, 1976. Français. NNT : . tel-00800078

**HAL Id: tel-00800078**

**<https://theses.hal.science/tel-00800078>**

Submitted on 13 Mar 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.

ORSAY  
SERIE  
N° D'ORDRE

# THESE

présentée à

L'UNIVERSITE DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

pour obtenir le titre de docteur de 3<sup>ème</sup> cycle

spécialité: géologie structurale

par

MICHEL PRUNAG

## ANALYSE STRUCTURALE DANS LE SOCLE DE L'ARGENTERA - MERCANTOUR

( REGION D'ISOLA : ALPES MARITIMES )

soutenue le *6 Avril* 197*5* devant la commission d'examen

MM F. ELLENBERGER , président

J. S. BOGDANOFF rapporteur

~~M<sup>elle</sup> A. FAURE-MURET~~  
J. MERCIER examinateur



ORSAY  
SERIE  
N° D'ORDRE

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE DE PARIS-SUD

CENTRE D'ORSAY

pour obtenir le titre de docteur de 3<sup>ème</sup> cycle

spécialité: géologie structurale

par

MICHEL PRUNAG

ANALYSE STRUCTURALE DANS LE SOCLE  
DE L'ARGENTERA - MERCANTOUR

( REGION D'ISOLA: ALPES MARITIMES )

soutenu le 6 Avril 1976 devant la commission d'examen

MM F. ELLENBERGER président

S. BOGDANOFF rapporteur

M<sup>elle</sup> ~~A. FAURE MURET~~ J. HERCIER examinateur

YARDEN

AND THE BROTHERS OF THE ORDER

OF THE MOUNTAINS - MOUNTAIN

A Bernadette PRUNAC



# SOMMAIRE

I	<u>INTRODUCTION</u> .....	p. 3
1.1.	Le Massif métamorphique de l'Argentera-Mercantour: situation géographique.	
1.2.	Situation géologique et intérêt général de l'étude.	
1.2.1.	Appartenance au système alpin.....	p. 5
1.2.2.	Nature métamorphique des terrains.	
1.3.	Choix précis du terrain à étudier.	
1.4.	Motivations de ce choix et problèmes particuliers.	
1.4.1.	Relations entre le socle et la couverture.....	p. 6
1.4.2.	Lithologie, structures et niveaux repères.	
1.4.3.	La coupe du vallon de Roya.	
1.4.4.	Métamorphisme et cristallisation.	
1.4.5.	Voisinage du terrain de S.BOGDANOFF.....	p.7
1.5.	Matériel à ma disposition.	
1.6.	Principes et méthodes de travail.....	p. 8
1.6.1.	Photogéologie.	
1.6.2.	Coupes et niveaux repères.	
1.6.3.	Petites structures et métamorphisme.....	p. 9
1.6.4.	Cartographie .	
2.	<u>RESULTATS DES TRAVAUX ANTERIEURS</u> .....	p. 11
2.1.	Les travaux anciens.	
2.1.1.	L.BERTRAND	
2.1.2.	Les équipes italiennes.	
2.1.3.	P. COMTE .....	p.12
2.2.	La thèse de A. FAURE-MURET.	
2.2.1.	Lithologie.....	p. 13
2.2.2.	Métamorphisme.	
2.2.3.	Tectonique.	
2.3.	Les travaux récents.....	p. 16
2.3.1.	L'équipe du Professuer R. MALARODA	

2.3.2. J. VERNET.....	p. 17
2.3.3. S. BOGDANOFF	
2.4. Régions voisines ou de caractère similaire.	
2.4.1. La Montagne Noire et l'équipe du Professeur F. ELLENBERGER	
2.4.2. F. CARME et le massif des Aiguilles Rouges.	
2.5. Mon apport personnel.....	p. 18
3. LITHOLOGIE.....	p. 19
3.1. Choix des coupes.	
3.1.1. Le versant gauche de la Tinée.	
3.1.2. Le versant droit de la Tinée .....	p. 21
3.2. Le versant gauche de la Tinée.	
3.2.1. La coupe du vallon de Chastillon.	
3.2.2. La coupe de vallon de La Blache.....	p. 25
3.2.3. La coupe du vallon de Fougieret.....	p. 28
3.2.4. Autres faciès repérés sur ce versant.....	p. 31
3.2.4.1. Les carbonates du hameau des Sarcettes.....	p. 32
3.2.4.2. Les amphibolites.	
3.3. Le versant droit de la Tinée.....	p. 33
3.3.1. La coupe du vallon de Louch.	
3.3.2. La coupe du vallon de Varelios.....	p. 35
3.3.3. La coupe du vallon de Roya .....	p. 38
3.3.4. Autres faciès vus sur ce versant.....	p. 41
3.4. Remarques générales et synthèse sur la lithologie.....	p. 42
3.4.1. La série d'IGLIÈRE	
3.4.2. La série d'ANELLE.....	p. 43
3.4.3. La série de FOUGIERET	
3.4.4. La série de VARELIOS.....	p. 44
3.4.5. Le complexe de Roya.....	p. 45
3.4.6. Synthèse sur les roches métamorphiques du socle	
3.4.7. Le Trias.....	p. 46
3.4.8. Le Permien inférieur .....	p. 47
3.4.9. Les formations quaternaires probables.	
3.4.10 Passage des séries entre elles.	
3.5. Modifications par rapport au travail d'A. FAURE-MURET.....	p. 49

4. DEFORMATIONS ET TECTONIQUE.....	p. 51
4.1. Méthodologie de travail.	
4.1.1. Classification employée.....	p. 52
4.2. Problèmes particuliers posés par la région.....	p. 54
4.2.1. Structure exacte de la série d'IGLIÈRE.	
4.2.2. Terminaison occidentale des séries de VARELIOS et de FOUGIERET.	
4.2.3. Rapports détaillés entre les gneiss et les grès schisteux triasiques.	
4.2.4. Présence du pli pennique.....	p. 55
4.3. Généralités sur la tectonique.	
4.3.1. Orientation de la foliation.	
4.3.2. Linéation.	
4.3.3. Limites lithologiques.	
4.4. Déformations synschisteuses.....	p. 56
4.4.1. Dans le vallon de Roya.	
4.4.2. Les carbonates métamorphiques du hameau des Sarcettes.	
4.4.3. Carbonates métamorphiques de Trerious.	
4.5. Surfaces.....	p. 58
4.6. Les déformations souples postschisteuses à petite échelle.	
4.6.1. Les petits plis isoclinaux.....	p. 60
4.6.2. Les plis en U.	
4.6.3. Les plis en Z.	
4.6.4. Les plis en S.....	p. 61
4.6.5. Les plis en M.	
4.6.6. Succession des déformations souples à petite échelle.	
4.7. Les déformations souples postschisteuses à moyenne échelle..	p. 62
4.8. Relations entre les plis postschisteux d'échelles différentes.....	p. 66
4.9. Les déformations souples postschisteuses et à grande échelle.....	p. 69
4.9.1. Virgation de la Blache.	
4.9.2. Le pli pennique .....	p. 71
4.9.3. La discordance permo-triasique.....	p. 73
4.10 Synthèse sur les déformations souples de gneiss de l'Argentera .....	p. 74
4.11 La tectonique cassante .....	p. 75
4.11.1. Les grès triasiques et leurs relations avec les gneiss.	



LISTE DES FIGURES HORS-TEXTE

4.11.2. La tectonique cassante à l'échelle du massif.....p. 76  
 4.11.3. Les accidents tardifs.....p. 78  
 4.12. Réponses aux questions posées en tête de chapitre.....p. 79  
 4.13. Age des différentes déformations.....p. 80

5. CRISTALLISATIONS ET METAMORPHISME..... p. 81

5.1. Méthodologie de travail.  
 5.2. Généralités sur la minéralogie..... p. 82  
 5.3. Ordre de cristallisation dans les différentes séries lithologiques..... p. 83  
 5.3.1. La série d'IGLIERE.  
 5.3.2. La série d'ANELLE..... p. 87  
 5.3.3. La série de FOUGIERET..... p. 91  
 5.3.4. La série de VARELIOS..... p. 99  
 5.3.5. Le complexe de Roya ..... p. 101  
 5.3.6. Vue d'ensemble sur les cristallisations ..... p. 110  
 5.4. Relations entre les cristallisations et les plis..... p.111  
 5.4.1. Relations entre les cristallisations et les plis F3.  
 5.4.2. Relations entre les cristallisations et les micro-plis F4 ..... p. 113  
 5.5. Synthèse sur les cristallisations ..... p. 116  
 5.5.1. Les cristallisations et le métamorphisme attribuées à l'alpin. ....p. 117  
 5.5.2. Les cristallisations hercyniennes tardives.....p. 118  
 5.5.3. Les cristallisations hercyniennes postschisteuses.  
 5.5.4. Les cristallisations et le métamorphisme synschisteux..... p. 119  
 5.5.5. Les cristallisations et le métamorphisme anteschisteux..... p. 120  
 5.6. Lithologie antemétamorphique..... p. 121

6. CONCLUSION ET RESUME..... p. 123

BIBLIOGRAPHIE..... pp. I à XVI

TABLEAUX

Essai de chronologie relative et absolue des déformations du massif de l'Argentera-Mercantour (fin du chapitre 4).

Essai de reconstitution de l'histoire géologique du massif métamorphique de l'Argentera-Mercantour (région d'Isola) (fin du chapitre 6).

PLANCHES

Planche 1: quelques types de roches métamorphiques du massif de l'Argentera-Mercantour.

Planche 2: quelques phénomènes tectoniques dans les roches métamorphiques et sédimentaires de l'Argentera-Mercantour

CARTES

Carte topographique de la vallée de la Tinée en amont d'Isola (Alpes Maritimes). Au 1/ 25 000e

Carte géologique du socle métamorphique de l'Argentera-Mercantour (vallée de la Tinée en amont d'Isola: Alpes Maritimes). Au 1/ 25 000e

Carte des pendages des objets géologiques planaires (socle métamorphique de l'Argentera-Mercantour, vallée de la Tinée en amont d'Isola: Alpes Maritimes). Au 1/ 25 000e

Carte des orientations des objets géologiques linéaires (socle métamorphique de l'Argentera-Mercantour, vallée de la Tinée en amont d'Isola: Alpes Maritimes). Au 1/25 000e.

REMERCIEMENTS

En prologue à cette thèse, il me faut ici exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé et accueilli pendant ces deux ans et demi.

A Monsieur le Professeur F.ELLENBERGER qui m'a ouvert les portes de son laboratoire de Géologie Structurale et Appliquée à Orsay et dont l'enseignement m'a ouvert de vastes horizons sur la Géologie moderne.

A Serge BOGDANOFF surtout, qui m'a accepté comme collaborateur dans son "fief" de l'Argentera-Mercantour. Par son attention de tous les instants, son immense culture géologique, ses remarques toujours pertinentes, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire, il m'a obligé sans cesse et toujours à remettre en question mes idées, parfois préconçues, sur la structure et le métamorphisme du massif. Par ses exceptionnelles aptitudes pédagogiques, il m'a forcé, géologue tout débutant, à consulter les auteurs anglo-saxons et à sortir du cadre confortable des habitudes de "l'étudiant classique" souvent intellectuellement paresseux.

A Mademoiselle le Professeur A.FAURE-MURET, sans les travaux de laquelle cette thèse n'aurait pas pu être entreprise. Elle m'a spontanément donné accès à tous ses documents, et les discussions que nous avons eues ensemble m'ont éclairé sur la lithologie de la région.

A Monsieur le Professeur R.MALARODA qui me fit parvenir ses publications sur le massif de l'Argentera-Mercantour.

A tous les enseignants de l'équipe du Professeur F.ELLENBERGER, avec lesquels j'ai eu de nombreuses discussions plus fructueuses les unes que les autres.

A Monsieur KLEIN, notre technicien au laboratoire, qui sut avec compétence et célérité fabriquer mes plaques minces.

A Monsieur COQUELLE, dont les conseils techniques me furent d'un très grand secours pour la présentation de cette thèse et qui a fabriqué ce volume.

A Madame PELLETIER qui, avec sa gentillesse naturelle, me prêta sa précieuse machine à écrire pour dactylographier ces pages.

A Monsieur DIDELOT pour son remarquable travail de tramage des planches photographiques.



A Monsieur MEMIN et son équipe, pour la fabrication du typon de ma carte.

A tous ceux qui, dans les Alpes Maritimes, m'ont aidé: à Monsieur RAMI, Maire d'Isola, qui m'a prêté la salle de délibération du conseil municipal pour étaler mes cartes et mes photographies, à ses enfants Jean-Yves et Huguette, pour le réconfort moral qu'ils m'ont apporté pendant les moments de découragement, aux gendarmes de Saint-Etienne de Tinée qui ont exercé sur moi une surveillance vigilante, lorsque je partai seul dans la montagne.

Enfin, comment pourrais-je ne pas remercier mes parents, qui pendant 26 ans, ont veillé sur moi avec tout leur amour, m'ont permis d'entreprendre ces études si longues et m'ont tendrement encouragé jusqu'à leur terme.

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. Le Massif métamorphique de l'Argentera Mercantour: situation géographique

De forme elliptique (60 km. sur 30), orienté au N.O.-S.E., le massif de l'Argentera ( suivant l'appellation italienne du plus haut sommet de la région, 3299m.) ou du Mercantour ( nom donné par les Français à un sommet plus modeste, 2730m. mais situé en France), se trouve à l'extrémité S.E. des Alpes occidentales, à 70 km. au nord de Nice, dans le département des Alpes maritimes.

Frontière naturelle entre la France et l'Italie, ce massif, longtemps revendiqué par les deux Etats, oppose à la pénétration humaine d'importantes et abruptes dénivellations. Il est encadré par des vallées orientées au N.N.O.-S.S.E. ( la Stura en Italie, la Tinée et la Vésubie en France). Celles-ci viennent buter à leur extrémité N.O. sur des cols d'accès plus ou moins difficile ( le Restefond à 2802m. pour la vallée de la Tinée, plus haute route d'Europe, le col de Larche, 1991m. pour la Stura). Au coeur même du massif, une seule voie transversale passant au col de La Lombarde permet, en été seulement, un passage mal aisé entre la France et l'Italie.

### 1.2. Situation géologique et intérêt général de l'étude

Le massif cristallin, objet de ce volume, émerge au centre du bâti, entouré de terrains sédimentaires primaires, secondaires et tertiaires. Il fait partie des massifs cristallins externes des Alpes dont il est le plus méridional.

Ces terrains métamorphiques présentent un grand intérêt pour plusieurs raisons: ce sont des roches polydéformées et polymétamorphisées. Ces roches ont en effet subi au moins deux orogénèses, l'orogénèse hercynienne et l'orogénèse alpine. L'on sait que depuis peu, de nouvelles méthodes d'étude de ces problèmes ont été créées, nous nous efforcerons de les appliquer. La deuxième raison, non moins importante, est leur nature même de terrains métamorphiques, bien moins connue qu'on ne le croit.



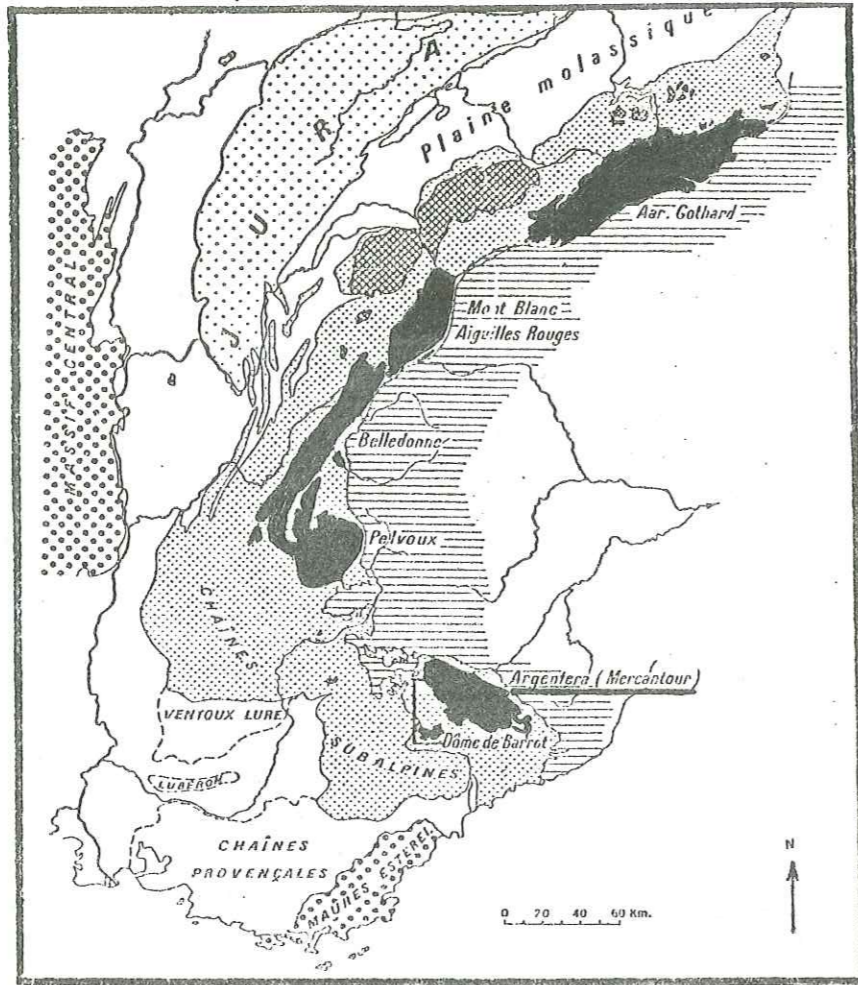


Fig. ① - Schéma général des Alpes.

d'après A. Faure-Muret

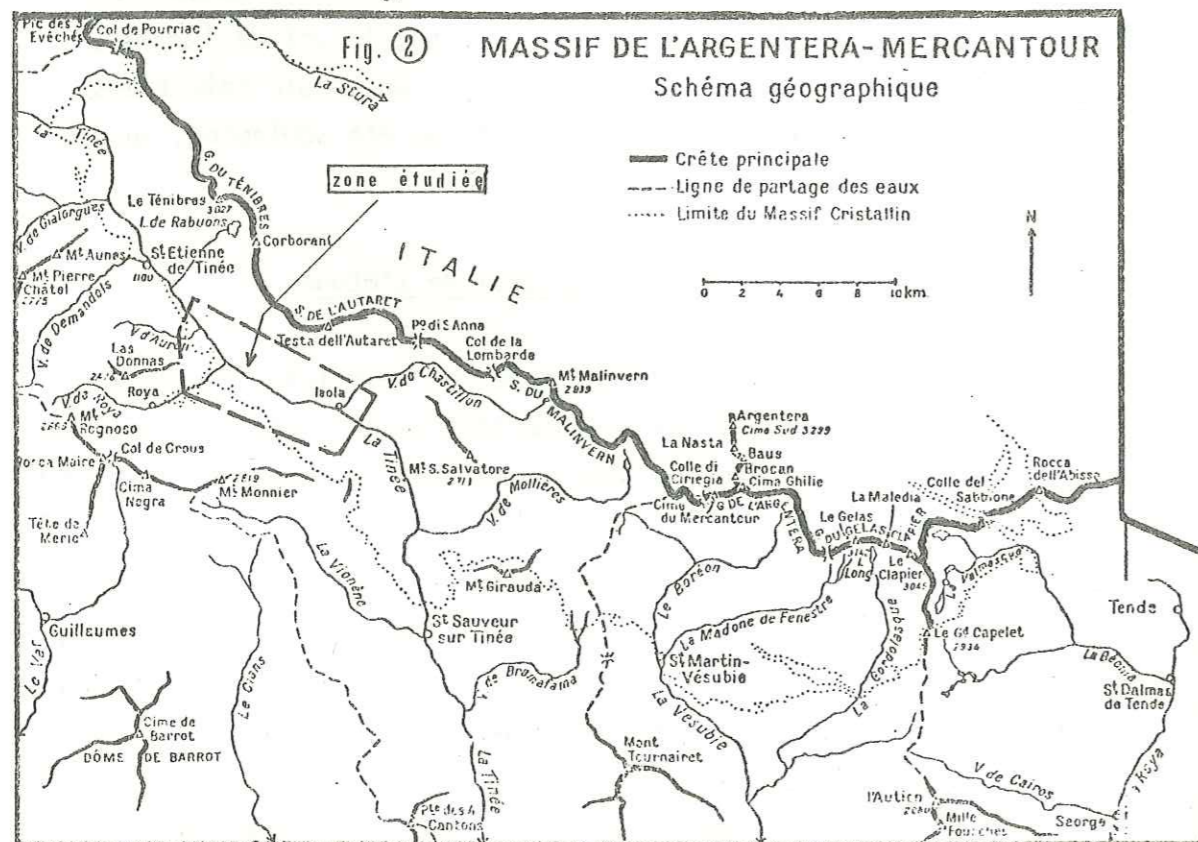


Fig. ② MASSIF DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR Schéma géographique

1.2.1. Appartenance au système alpin.

Du point de vue géologique, les Alpes sont, on le sait, une des régions les plus étudiées au monde. Eu égard à leur complexité, il reste cependant beaucoup de choses à faire. Cette présente étude peut et doit donc s'insérer dans un plus vaste travail de Géologie alpine.

1.2.2. Nature métamorphique des terrains.

Depuis une quinzaine d'années, l'irruption en France des idées de différents auteurs tels que SEDERHOLM, WEGMANN, WEISS, RAMSAY sur le tectonique des bâtis métamorphiques et d'ESKOLA, TURNER, VERHOOGEN, MYASHIRO, WINKLER, GUITARD, FONTEILLES entre autres au sujet du métamorphisme permettent d'aborder cette région avec une optique nouvelle et de reprendre en partie les théories émises par mes prédécesseurs.

1.3. Choix précis du terrain à étudier.

Lorsque S. BOGDANOFF, assistant au Laboratoire de Géologie Structurale et Appliquée du Centre Universitaire d'Orsay, avec l'accord de Monsieur le Professeur ELLENBERGER, directeur de ce même Laboratoire, accepta de me confier l'étude d'une petite partie de cet ensemble cristallin, il me fallut faire un choix difficile pour pouvoir mener cette thèse de 3<sup>ème</sup> cycle à son terme dans le court délai de deux ans qui m'était imparti. Grâce à son expérience de la région, S. BOGDANOFF me guida dans la détermination exacte du périmètre à étudier. Notre choix commun se porta sur la bordure S.E. du massif cristallin, zone que A. FAURE-MURET désigne sous le nom de "complexe de la Tinée", entre les villages d'Isola et de Saint Etienne-de-Tinée. Plus précisément encore, il me revint la tâche d'étudier les terrains que ce dernier auteur avait distingué sous les noms de séries d'ANELLE, d'IGLIÈRE, de VALABRES et VARELIOS-FOUGIERET.

1.4. Motivations de ce choix et problèmes particuliers.

Les problèmes posés par cette région sont de plusieurs ordres.



#### 1.4.1. Relations entre le socle et la couverture

A la limite des terrains sédimentaires d'âge triasique et liasique de la couverture et du socle cristallin, il était permis d'espérer une lecture facile des interactions entre ces deux domaines. Cette espérance était d'autant plus plausible qu'au coeur même du terrain métamorphique, la carte au 1/ 50.000e de A.FAURE-MURET signalait des lambeaux de Trias coincés dans ceux-ci. Leur étude structurale faite avec des méthodes modernes pouvait donner un grand nombre de renseignements supplémentaires sur l'histoire géologique de la région.

#### 1.4.2. Lithologie, structures et niveaux repères.

L'examen de la carte citée ci-dessus permet de repérer un certain nombre de niveaux particuliers ( Amphibolites, Marbre). On sait que ceux-ci sont très utiles dans le décryptage des structures de ce genre de terrain.

Un autre pôle d'intérêt réside en la présence de la série d'IGLIERE; cette longue et étroite ( 400m de large sur 20km. de long) bande de gneiss leucocrates parallèle à la foliation des terrains encaissants, traverse toute la région suivant un axe N.O.-S.E. et s'interrompt brutalement à la hauteur du village d'Isola. La structure et l'origine de ce faciès restaient encore mal connues.

Par ailleurs, il me fallait comparer dans le détail la lithologie des séries d'ANELLE et de VALABRES avec celle des séries de VARIELOS et de FOUGIERET.

#### 1.4.3. La coupe du vallon de Roya

Dans la région étudiée, il existe une coupe naturelle très intéressante, la coupe du vallon de Roya. Elle permet de découvrir les terrains cristallins les plus occidentaux du massif grâce à l'érosion du torrent descendant du hameau de Roya. Ainsi, j'ai pu explorer la lithologie et les structures du socle assez loin vers l'ouest, ce qui n'est possible nulle part ailleurs.

#### 1.4.4. Métamorphisme et cristallisation

Un des grands problèmes posés par les bâtis métamorphiques

est de séparer les associations minérales en différentes paragenèses pour tenter ensuite de leur attribuer un âge aussi précis que possible. Les travaux antérieurs précisait la nature polyphasée de ces phénomènes dans la région. J'ai donc pu me consacrer à l'étude du métamorphisme grâce à l'analyse structurale à toutes les échelles y compris celle relevant de la microtectonique. J'ai essayé de déterminer ce qui devait revenir au cycle alpin et ce que l'on pouvait attribuer à un cycle plus ancien, hercynien ou autre.

#### 1.4.5. Voisinage du terrain de S.BOGDANOFF

Le dernier argument, majeur en ce qui a conditionné mon choix, est que la zone étudiée par S.BOGDANOFF se situe au N.O. de la zone par moi étudiée et dans le prolongement exact d'une partie des structures que j'avais à analyser. Il a donc été possible de corréler les observations faites et d'en tirer des conclusions générales sur l'histoire géologique de la région.

#### 1.5. Matériel à ma disposition

Pour effectuer ce travail, j'ai pu disposer d'un matériel assez complet. Outre la mission complète des photographies aériennes stéréographiques Saint Etienne-de-Tinée- Vieve, 1964, j'ai pu utiliser les renseignements précieux apportés par la carte géologique au 1/ 100.000e accompagnant l'ouvrage de A.FAURE-MURET intitulé " Etudes géologiques sur le massif de l'Argentera-Mercantour et de ses enveloppes sédimentaires". J'ai aussi utilisé la carte géologique au 1/50.000e "Saint Etienne-de-Tinée", ainsi que l'ancienne carte au 1/80.000e "Saint Martin de Vésubie".

Sur le versant italien bien que cette zone du massif ne fasse pas partie de mon étude, j'ai consulté la carte de R.MALARODA, professeur à Turin et de ses collaborateurs intitulée "Massif cristallin de l'Argentera" à l'échelle du 1/50.000e dont les contours, en France sont ceux de A.FAURE-MURET.

Les cartes topographiques couvrant la surface étudiée étaient le 1/50.000e " Saint Etienne-de-Tinée", et les quatre feuilles au 1/25.000e "Saint Etienne-de-Tinée" 1-2, 3-4, 5-6, 7-8. De plus, un agrandissement des photographies aériennes m'a permis d'avoir une couverture complète de la région à l'échelle approximative de 1/12.500e. C'est sur ce dernier matériel que la minute de terrain a été élaborée.



## 1.6. Principes et méthodes de travail

Le travail du géologue dans les régions métamorphiques plusieurs fois déformées ne diffère pas fondamentalement dans ses méthodes et ses techniques du travail requis dans les autres sortes de terrains. Cependant, la lecture et l'interprétation des faits pose des problèmes plus ardu qu'ailleurs, à cause des nombreuses variables qui interviennent. Ceci explique pourquoi la connaissance des socles cristallins progresse avec une lenteur relative. Les méthodes d'analyse tectonique appliquées pour cette étude sont celles de WEGMANN et de son école, celles des auteurs anglo-saxons. S. BOGDANOFF, les ayant appliquées en Montagne Noire et dans l'Argentera, a essayé de me les transmettre.

### 1.6.1. Photogéologie

Une première étape consiste en la préparation photogéologique de toute la surface à étudier. Faite en laboratoire, elle s'est révélée assez décevante dans ses résultats, contrairement à d'autres socles, situés dans les déserts froids ou chauds. En effet, on distingue fort mal une quelconque lithologie dans le socle et partant, encore plus mal les structures. Toutefois, elle m'a permis de repérer les différents affleurements et les voies de passage facile pour accéder à ceux-ci. Dans une région montagneuse où les dénivellations dépassent souvent 2000m., la préparation des itinéraires prend alors une importance capitale.

### 1.6.2. Coupes et niveaux repères

Sur le terrain, comme aucune Géologie Structurale ne peut être faite sans une bonne connaissance des séries lithologiques, ma première tâche a été de relever le plus précisément possible un certain nombre de coupes (vallons de Roya, de Varelios, de Fougieret, de La Blache, de Chastillon...). Ceci m'a permis d'établir des colonnes lithologiques reliées entre elles par la suite grâce aux traversées perpendiculaires à celles-ci. Lors de cette étape, j'ai essayé de suivre les niveaux particuliers repérés dans ces coupes, ce qui n'était pas toujours facile, vu la configuration des reliefs et les recouvrements d'affleurements dus aux formations de pente.

### 1.6.3. Petites structures et métamorphisme

Simultanément, un échantillonnage serré a été effectué et j'ai relevé systématiquement toutes les structures d'échelle moyenne à petite (foliations, plans axiaux de plis, style et taille de ces derniers, axes de plis, linéations...). L'analyse de toutes ces données m'a permis de trouver un certain nombre de déformations superposées, qui, confrontées aux faits fournis par les échantillons et les lames minces, purent me découvrir les modalités du métamorphisme et de ses cristallisations.

### 1.6.4. Cartographie

J'ai dessiné la carte de la région à l'échelle du 1/ 25.000e pour des raisons de clarté. Cette échelle me semblait la meilleure pour établir une synthèse des faits géologiques. La surface cartographiée mesure environ 60km<sup>2</sup>.



## 2. RESULTATS DES TRAVAUX ANTERIEURS

On peut classer les études faites sur le cristallin de l'Argentera Mercantour en trois périodes: celle des "Anciens" ( 1893-1933), celle de A.FAURE-MURET ( 1947-1953) et celle des travaux récents ( depuis 1960).

### 2.1. Les travaux anciens.

#### 2.1.1. L.BERTRAND.

A ma connaissance, L.BERTRAND est le premier géologue ayant travaillé sur le cristallin de cette région. De 1893 à 1902, il établit une carte au 1/ 80.000e sur le versant français. On peut retenir de ses travaux qu'il repère l'orientation générale des structures, et qu'il cite des bandes de micaschistes orientées au N.O.-S.E. De ses observations, il conclut à l'âge Carbonifère du cristallin. Il trouve aussi des lambeaux de Trias sédimentaire dans le socle. Du point de vue de la géométrie des structures, il considère que le plissement hercynien du cristallin est indépendant des plissements alpins de la couverture sédimentaire. Le style des plis dans le socle est décrit comme une alternance de synclinaux et d'anticlinaux axés au N.O.-S.E. Postérieurement, il croit déceler une phase de mise en place d'un dôme du même style que le dôme de Barrot plus à l'ouest. Il décrit aussi une nappe de terrains sédimentaires dans la région de Roya, dont les racines seraient les lambeaux de Trias sur le versant gauche de la Tinée. Pour le métamorphisme, il indique du Disthène dans la région du hameau de Vens et de la Muscovite vers Saint Dalmas-le-Selvage ( légèrement au nord de la région étudiée ici).

#### 2.1.2. Les équipes italiennes

A peu près à la même époque, S.FRANCHI, F.SACCO, et A.ROCCATI publient les premiers travaux ayant pour sujet le versant italien du massif. Ces travaux vont surtout être consacrés à la pétrographie. C'est ainsi que



S.FRANCHI décrit en 1894 les différents faciès du cristallin. A partir de 1906 et jusqu'en 1920 une vive polémique va l'opposer à F.SACCO. En effet, ce dernier auteur avait commis une erreur en identifiant les bandes de Mylonites plus ou moins schisteuses qui traversent le bâti à des schistes cristallins. Il concluait à un âge Permo-Carbonifère de ces terrains. De même, il indiquait que le métamorphisme affectait le Trias. Pendant ce temps, A.RCCCATI décrivait aussi les différents faciès du cristallin. Il sera le premier à signaler l'existence d'un " granite de Tende". Antérieurement, en 1910, F.SACCO avait fait paraître une carte où était dessiné " le granite de l'Argentera", mais où le reste des terrains cristallins n'était pas différencié. Ceci bien sûr limite l'intérêt de son travail. Ce n'est qu'en 1933 que parut la carte géologique d'ensemble des roches métamorphiques de l'Argentera signée S.FRANCHI et imprimée après la mort de son auteur.

#### 2.1.3. P.COMTE

Pour en terminer avec les travaux anciens, il me faut signaler l'ouvrage de P.COMTE, élève de L.BERTRAND, qui en 1930 présente un diplôme d'études supérieures consacré à la géologie de la haute vallée de la Tinée. Surtout occupé des terrains sédimentaires, il décrit cependant de belles coupes dans les gneiss du vallon de Roya. Au point de vue tectonique, il reprend les idées de son maître au sujet des nappes de charriage à matériel triasique.

#### 2.2. La thèse de A.FAURE-MURET.

En 1948, A.FAURE-MURET entreprend, sous la direction du Professeur P.FALLOT, une thèse d'état sur le versant français de l'Argentera Mercantour et sur ses enveloppes sédimentaires. Dans un ouvrage de 336 pages accompagné de nombreuses planches et figures, elle en consacre 105 au cristallin et plus précisément 35 au complexe de la Tinée, complexe qui est l'objet de la présente étude. Jusqu'en 1953, elle va dresser un inventaire extrêmement précis des différents faciès lithologiques de la région, elle va relever de nombreuses coupes, et faire une étude pétrographique et géochimique. Ceci va lui permettre de présenter une carte au 1/ 100.000e de l'ensemble du massif d'où sera tirée la carte au 1/ 50.000e utilisée aujourd'hui par tous les géologues travaillant dans cette région.

#### 2.2.1. Lithologie

A.FAURE-MURET divise les roches rencontrées en trois groupes:

- La série de VARELIOS-FOUGIERET, avec la série de VARELIOS, paragneiss à Sillimanite et Graphite, et la série de FOUGIERET paragneiss à Biotite et Amphibole.

- La formation d'ANELLE, avec la série du même nom, Migmatites calco-sodiques ayant subi une faible métasomatose, la série de VALABRES, Migmatites plus évoluées que les précédentes du type "Embréchites litées", et la série d'IGLIERE, Diorite-Migmatite située dans la série d'ANELLE.

- La série de RABUONS, Migmatites alcalines qui ne rentrent pas dans le cadre de mon étude.

Elle constate que les relations entre ces différentes séries ne sont pas simples à établir vu les mauvaises conditions d'affleurement.

#### 2.2.2. Métamorphisme

Quatre périodes sont distinguées sans que leurs rapports mutuels soient clairement précisés.

- Un métamorphisme régional, affectant toutes les séries au degré des " gneiss à deux micas" selon YOUNG et ROQUES. Elle considère que la Sillimanite ne peut pas servir d'indice zonéographique, celle-ci étant étroitement dépendante des compositions chimiques des terrains.

- Une migmatisation calco-sodique aboutissant à la formation des séries d'ANELLE et de VALABRES.

- Une migmatisation alcaline à sodium et potassium génératrice de la série de RABUONS.

- Une période mineure de Pegmatites, affectant la série de RABUONS.

#### 2.2.3. Tectonique

Il me paraît ici plus simple de citer in extenso les conclusions de A.FAURE-MURET.

"Nous ferons, ici, abstraction des mouvements alpins. Le complexe de la Tinée remis dans sa position initiale devait être redressé à la verticale.

Quels sont les indices tectoniques?

En fait nous n'avons observé aucun redoublement d'un banc ou d'un ensemble lithologique qui puisse servir de guide.

On peut envisager plusieurs hypothèses.



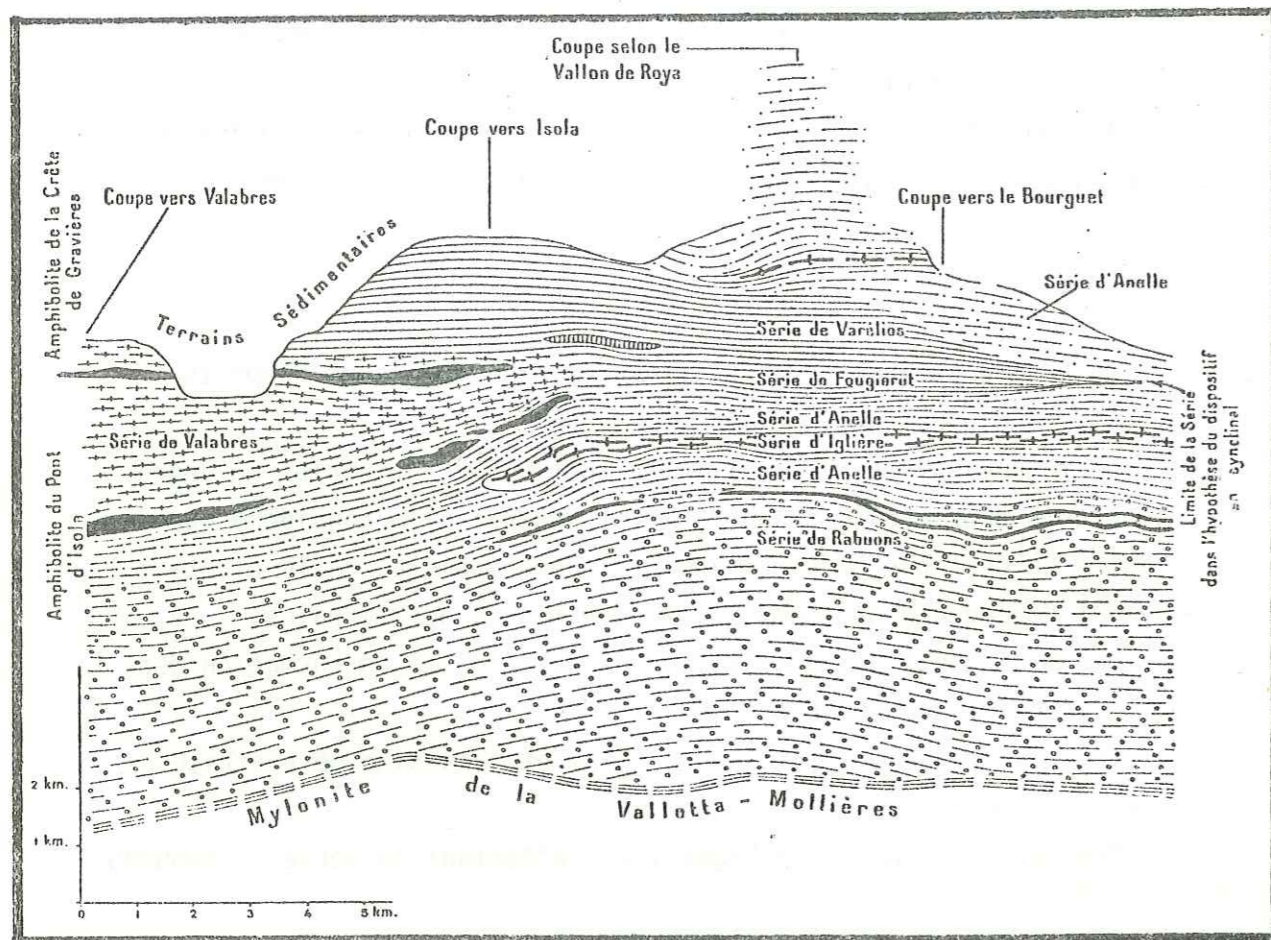


Fig. ③ - Essai de reconstitution du complexe de la Tinée avant les plissements.  
(Figure et légende issues de la Thèse de A.FAURE-MURET, page 73).

1 Le style est isoclinal et la migmatisation antérieure au redressement de la série. En remettant l'ensemble à l'horizontale nous devons en principe placer à la partie inférieure les gneiss de RABUONS, puis les autres séries les unes après les autres dans leur ordre d'apparition d'est en ouest. Par une série de coupes ainsi construites on obtient le schéma fig. 3. Mais la répétition des Migmatites d'ANELLE et d'IGLIÈRE, sur une même verticale, n'est pas satisfaisante (coupe selon le vallon de Roya).

2 Le dispositif est synclinal et la migmatisation a commencé avant et s'est continuée durant l'orogénèse. Les deux bandes de la Diorite d'IGLIÈRE de part et d'autre de la vallée de la Tinée esquisseraient les deux flancs d'un pli synclinal dont le cœur serait occupé par les gneiss de VARELIOS-FOUGIERET ou la série de FOUGIERET seule. Si nous disposons alors le complexe à l'horizontale comme précédemment, le dispositif apparaît plus cohérent à condition d'admettre que la série de VALABRES résulte de la migmatisation de celle de FOUGIERET. Il faut également envisager que la série d'ANELLE, remarquable par son faciès micacé, n'existerait qu'en fonction de la Diorite d'IGLIÈRE. Cette interprétation correspond à la partie inférieure du schéma précédent. Les deux zones les plus migmatisées: VALABRES et IGLIÈRE, apparaissent alors isolées au milieu de l'ensemble. La série de RABUONS est toujours à la base du dispositif et envoie des ramifications par filonets dans le reste de la série. Dans ce cas, les Migmatites calco-sodiques se seraient individualisées au milieu de la série, en avant ou indépendamment des Migmatites alcalines. Mais la métasomatose alcaline a dû se continuer durant le redressement de la série au cours des mouvements orogéniques ainsi qu'en témoignent les gneiss de RABUONS.

3 Une dernière hypothèse consisterait à supposer qu'après le redressement de la série à la verticale, s'est effectuée la double migmatisation; mais nous nous heurtons à plusieurs difficultés:

a) la schistosité cristallophyllienne de la série d'IGLIÈRE est concordante avec celle de la série d'ANELLE, qui est parallèle à la stratification initiale. La Diorite d'IGLIÈRE est au plus syntectonique: elle ne peut être post-tectonique.

b) La série de RABUONS, comme nous venons de le dire, témoigne de mouvements durant la migmatisation alcaline.



Entre ces trois hypothèses il est difficile de choisir, bien que je penche vers la deuxième qui offre l'image la plus simple, rendant compte au mieux des faits. Il faut du reste avoir présent à l'esprit que les phases de cette évolution furent beaucoup moins tranchées et indépendantes les unes des autres qu'il ne le semble après cet exposé forcément cursif." ( In: Etudes géologiques sur le massif de l'Argentera-Mercantour et ses enveloppes sédimentaires par A.FAURE-MURET,...1955.P.73-74.)

Dans sa conclusion générale de l'étude du cristallin, l'auteur décrit deux cycles orogéniques: le cycle de l'Argentera, intervenant dans la région qui nous occupe ici, et le cycle de la Valmasque plus au sud-est. Le cycle de l'Argentera serait au moins ante-stephanien. La détermination exacte de l'âge du ou des plissements et du ou des métamorphismes est à choisir entre:

- Un âge hercynien ( phase sudète) avec des déformations mineures post-stéphaniennes et ante-permiennes.

- Un âge ante-cambrien.

L'hypothèse d'un cycle calédonien lui semble peu probable.

### 2.3. Les travaux récents

Jusqu'à il y a une quinzaine d'années, le travail de A.FAURE-MURET était le seul faisant référence à qui voulait travailler dans ce massif. La plupart des études postérieures reprendront les hypothèses de cet auteur, soit en les précisant, soit en leur apportant quelques modifications.

#### 2.3.1. L'équipe du Professeur R.MALARODA

Depuis 1960, cette équipe travaille sur le versant italien du massif. Une étude poussée des bandes mylonitiques a permis à ce groupe de suggérer une histoire polyphasée de la région, avec une première mylonitisation calédonienne, et une deuxième phase hercynienne. Ce dernier résultat est confirmé en partie par des datations absolues, donnant pour la migmatisation potassique un âge de 285 à 293 millions d'années. Ceci pourrait correspondre à la mise en place du granite de l'Argentera. En 1968 R.MALARODA fait paraître un atlas photographique des formations cristallines du massif. Tout dernièrement, cet auteur a défini des mouvements triasiques engendrant les coins de Trias pincés dans le socle, et des mouvements tangentiels du Pliocène. Ces derniers se manifesteraient sur le terrain par des contacts cisailés dans les terrains cristallins.

#### 2.3.2. J.VERNET

A partir de 1965, J.VERNET fait paraître un certain nombre de notes sur la région qui nous intéresse. Il y voit des anticlinaux et des synclinaux associés suivant un axe N.O.-S.E., avec un système de plis concentriques. Il remarque que de grands accidents tangentiels ont dû se produire depuis l'Ante-Cambrien jusqu'à l'Alpin.

#### 2.3.3. S.BOGDANOFF

Dernier géologue travaillant dans cette région avant mon arrivée, S.BOGDANOFF remet sérieusement en question les données précédentes en décrivant une superposition de plissements souples dont un pli couché pennique d'amplitude plurikilométrique, jalonné tout au long de ses structures par des niveaux repères de carbonate métamorphique; il précise aussi que la surface plissée est elle-même une surface déjà transposée.

Cette nouvelle géométrie complexe passée complètement inaperçue jusqu'à présent sera une de mes plus importantes hypothèses de travail.

Une partie des phases tectoniques qu'il a décrites se retrouvera dans mon propre domaine.

### 2.4. Régions voisines ou de caractère similaire

#### 2.4.1. La Montagne Noire et l'équipe du Professeur F.ELLENBERGER

Dans ce cadre, il me faut citer les résultats obtenus par ce laboratoire ( L.LATOCHE, S.BOGDANOFF, J.ROLET ) qui dans une région de type similaire à celle de l'Argentera-Mercantour a essayé et a réussi l'application des méthodes modernes d'analyse structurale des bâtis métamorphiques. Grâce à eux, j'ai pu moi aussi faire de même dans ma région.

#### 2.4.2. F.CARME et le massif des Aiguilles Rouges

Cet auteur, lors d'une visite dans les Alpes-Maritimes a noté les fortes convergences de faciès et de structures entre l'Argentera-Mercantour et les Aiguilles Rouges. Il définit dans cette dernière région



deux grandes orogénèses: une ancienne, sans plus de précisions et une hercynienne. Nous verrons si ce schéma peut s'appliquer dans notre zone d'étude.

#### 2.5. Mon apport personnel

Il a consisté à vérifier dans quelle mesure les données lithologiques, structurales et métamorphiques de S.BOGDANOFF s'appliquaient ou non à une région un peu plus méridionale que la sienne. J'ai cherché les arguments favorables ou non à la présence du pli couché post-schisteux péninsulaire aux alentours du village d'Isola. J'ai pu préciser et modifier les descriptions pétrographiques et lithologiques de A.FAURE-MURET, et surtout, il m'a été possible de définir un certain nombre de déformations nouvelles à petite et moyenne échelle. En particulier, j'ai trouvé une phase de plis plats couchés de taille métrique, phase la plus ancienne décrite dans la région jusqu'à ce jour.

Quant au métamorphisme, j'ai essayé de déterminer le caractère polyphasé de celui-ci et d'établir un ordre de cristallisation en rapport avec les phases de déformation.

## 3. LITHOLOGIE

L'établissement de colonnes lithologiques précises reste, pour le géologue voulant mener à bien une étude de Géologie Structurale, le premier travail indispensable. Dans cette partie du massif métamorphique, les problèmes se posent différemment sur les versants droit ou gauche de la Tinée.

### 3.1. Choix des coupes

#### 3.1.1. Le versant gauche de la Tinée

Pour celui-ci le travail est relativement aisé. Les affleurements sont nombreux, la couverture végétale est réduite. Les vallons, perpendiculaires aux structures, sont d'accès facile. Les dénivellations sont certes importantes, mais les sentiers et les routes sont bien entretenus. En particulier, il faut remarquer la coupe du vallon de Chastillon ininterrompue et très claire sur une dizaine de kilomètres grâce à la route menant à Isola 2000. Elle permet un relevé des faciès, en particulier ceux des *gneiss leucocrates* (série d'IGLIERE d'après A. FAURE-MURET).

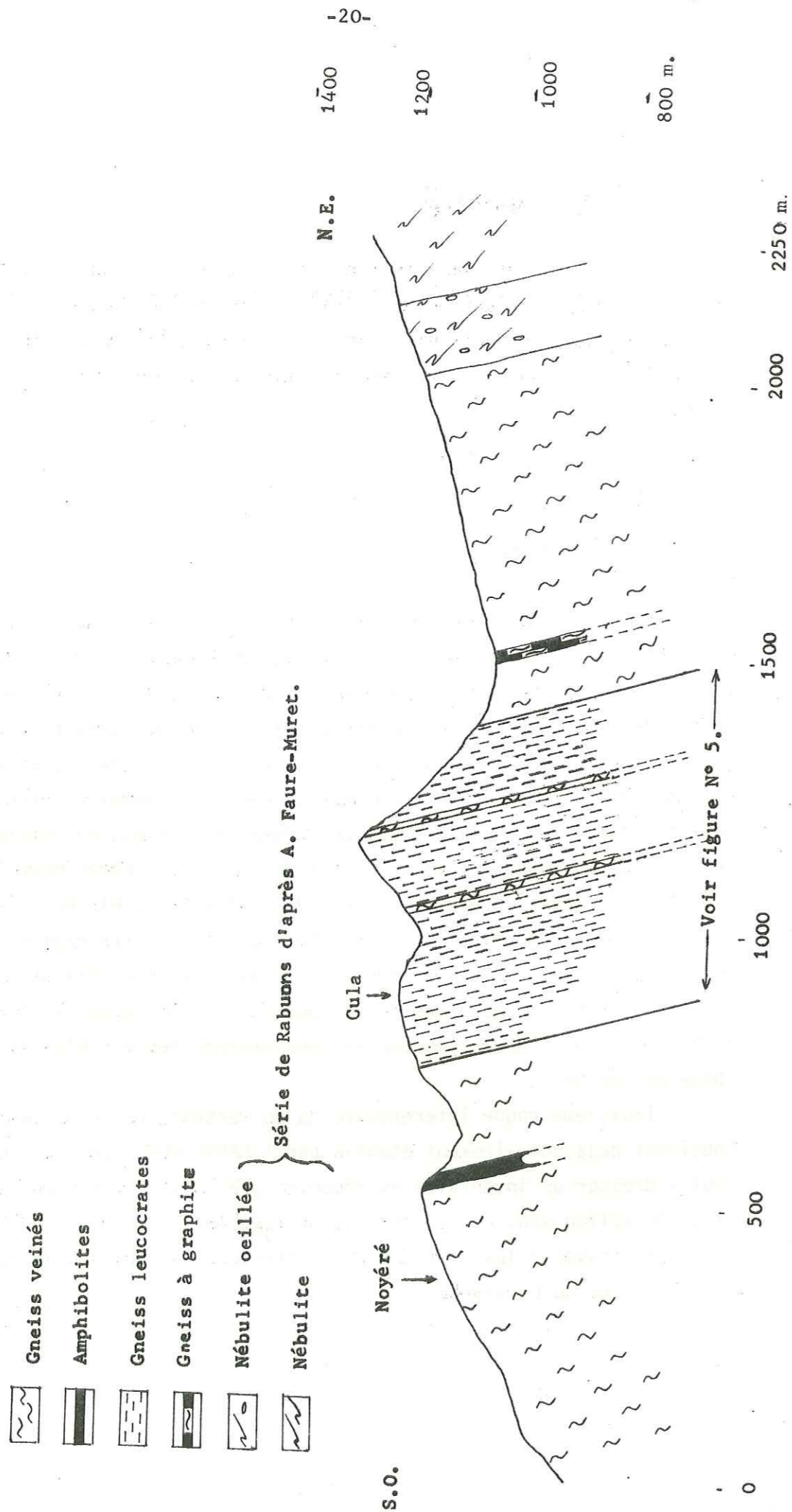
Sur ce même versant, la coupe du vallon de La Blache, bien que très raide, permet de décrire facilement les roches de cette région et surtout un faciès inconnu jusqu'à ce jour, les *agmatites* de La Blache. Dans sa partie haute, cette coupe traverse les *gneiss ocellés veinés* (série d'ANELLE de A. FAURE-MURET), puis les *gneiss leucocrates* bien visibles malgré un fauchage de couches.

Troisième coupe intéressante de ce versant, celle du vallon de Fougieret déjà sommairement établie par A.FAURE-MURET (op.cit., p.48). On peut y dresser un inventaire extrêmement précis des roches du tiers inférieur du vallon, dans ce que cet auteur appelle la série de FOUGIERET. Plus haut, elle traverse les *grès schisteux* attribués au Trias, déjà rencontré dans la coupe de La Blache.



FIG. (4) COUPE DU VALLON DE CHASTILLON.

( versant N.O. )



3.1.2. Le versant droit de la Tinée

Comme il est de règle dans les Alpes du Sud, les versants orientés au nord sont généralement couverts de forêts. Celui-ci ne fait pas exception. L'accès en est donc rendu plus difficile et les conditions d'affleurement plus mauvaises que sur le versant opposé. Cependant, trois coupes montrent assez bien les roches caractéristiques de l'endroit.

La coupe du vallon de Roya, d'intérêt exceptionnel car c'est la seule dans laquelle on puisse voir, aussi loin vers le S.O. et de façon continue, le socle cristallin.

La coupe du vallon de Varellos, très difficile d'accès, permet cependant d'étudier les principaux faciès de ce que A.FAURE-MURET appelle la série de VARELIOS.

Enfin, grâce à la coupe du vallon de Louch, dans le prolongement S.S.O. de celle du vallon de Chastillon, il est possible d'établir une colonne lithologique dans ce que A.FAURE-MURET nomme la série de VALABRES et dans l'important cortège d'*amphibolites* que l'on y trouve.

J'ai levé d'autres coupes qui m'ont servi à élaborer ce travail (vallon de Parabaut, d'Auron, de Meranos etc.), mais elles ne sont pas suffisamment continues pour être présentées ici dans leur intégralité.

3.2. Le versant gauche de la Tinée

Ces trois coupes s'étagent perpendiculairement au cours de la Tinée du S.E. au N.O.

3.2.1. La coupe du vallon de Chastillon (fig.4.)

J'ai détaillé cette longue coupe sur 2500m. Elle se trouve sur le versant droit du vallon de Chastillon dans lequel coule le ruisseau de la Guerche, se jetant dans la Tinée à la hauteur du village d'Isola.

Du S.O. au N.E. et en remontant le vallon, on observe:

- 550m. monotones de *gneiss ocellés veinés* (série d'ANELLE de A.FAURE-MURET). Ce sont des gneiss de couleur grise, à grains moyens, s'altérant facilement avec une patine rousse. Ils sont assez fragiles sous le marteau. La foliation est bien exprimée par une alternance pluricentimétrique de lits clairs et de lits sombres. Les lits clairs ne sont pas toujours continus, ces roches présentant alors un aspect glanduleux. On y voit aussi des yeux de quartz et des agrégats quartzo-feldspathiques de taille variable. Des veines de matériel leucocrate ( 1 à 5cm. d'épaisseur) recoupent la folia-



tion. Ces roches sont souvent plissotées ( photos A et B, planche 1).

Composition minéralogique : Quartz (40%), Biotite (20%), Muscovite (20%), Plagioclase (environ An.30 d'après A.FAURE-MURET, 10%), Feldspath alcalin, Apatite (2%), Zircon, Rutile dans le Quartz et minéraux opaques.

- 20m. de *gneiss à amphibole*. Le contact avec la formation précédente est brutal et sans récurrence. Cette roche est une alternance de lits quartzo-feldspathiques (5cm. d'épaisseur) et de lits à Amphibole verte (2cm. d'épaisseur). Il n'y a pas de Micas.

- 200m. de *gneiss ocellés veinés*. Ces roches sont identiques aux premières citées, avec en plus, apparition de Grenat. Vers le haut de la série, le pourcentage de la Muscovite tend à devenir plus élevé que celui de la Biotite.

Les 600m. suivants sont occupés par les *gneiss leucocrates* (série d'IGLIERE de A.FAURE-MURET) et par ses termes de passage avec les séries voisines. (photos C et D, planche 1).

- Le fond de la roche est formé d'un matériel quartzo-feldspathique blanc très dur dans lequel se disposent des lamelles de Mica noir parallèles entre elles et aux bordures de banc. Ces lamelles, sans réellement former de lits sombres, ont toutes la même orientation et esquissent donc à l'affleurement une foliation fruste, plane.

Composition minéralogique: Plagioclase (An.30-45 d'après A.FAURE-MURET) minéral le plus fréquent, Quartz, Biotite abondante, Chlorite d'origine météorique, Grenat rare, Rutile, Apatite, Calcite, et Feldspath potassique.

- A ce fond s'ajoutent souvent des phénomènes qui modifient l'aspect de la roche tels que des veinules et des lentilles de Quartz.

La série d'IGLIERE, dans le vallon de Chastillon montre les termes suivants: (fig. 5.)

- 50m. d'alternance métrique de *gneiss ocellés veinés* à Grenat identiques aux précédents et de *gneiss leucocrates*. Les contacts entre les deux termes de l'alternance sont nets et brutaux.

- 300m. de *gneiss leucocrates veinés*. Sur le fond on voit un réseau de veines minces blanches (1cm. d'épaisseur) sécantes à la foliation et remarquablement rectilignes.

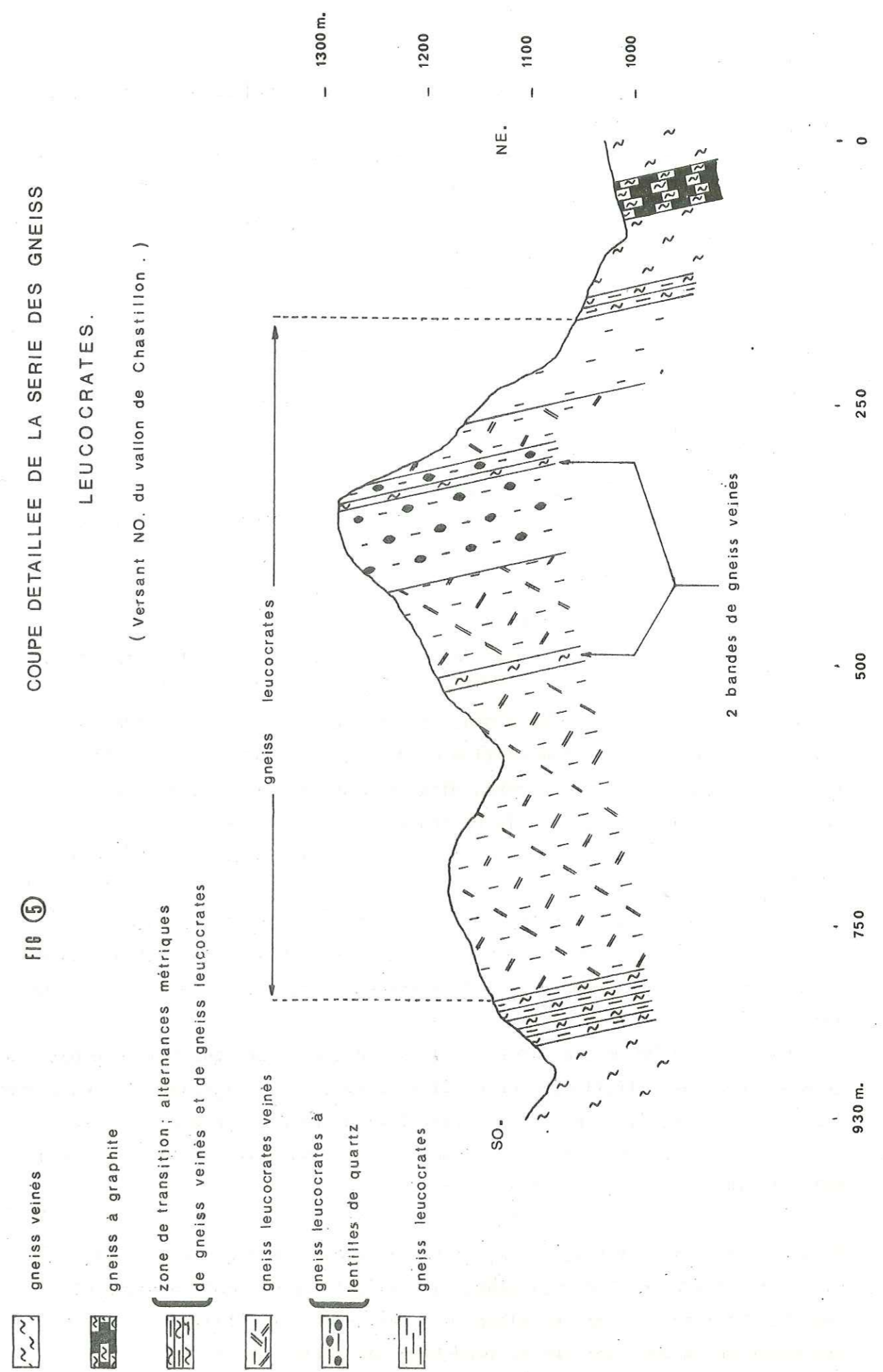
- Une première bande de *gneiss ocellés veinés*, identiques à ceux de la série d'ANELLE (15m. d'épaisseur). Les limites de banc sont nettes et

COUPE DETAILLÉE DE LA SERIE DES GNEISS

LEUCOCRATES.

( Versant NO. du vallon de Chastillon . )

FIG 5



gneiss veinés

gneiss à graphite

zone de transition; alternances métriques de gneiss veinés et de gneiss leucocrates

gneiss leucocrates veinés

gneiss leucocrates à lentilles de quartz

gneiss leucocrates

2 bandes de gneiss veinés

930 m.

750

500

250

0

1300 m.

1200

NE.

1100

1000

SO.



la foliation leur est parallèle.

- 90m. de *gneiss leucocrates veinés*, identiques aux premiers cités.

- 70m. de *gneiss leucocrates à lentilles de Quartz*. Ces lentilles sont des ovoïdes de 80cm. de long sur 30cm. de large en moyenne. Leur grand axe est orienté parallèlement au plan de la foliation des gneiss. Elles sont disposées de manière quelconque.

- Une deuxième bande de *gneiss ocellés veinés* identique en tous points à la première citée (épaisseur 10m.).

- 30m. de *gneiss leucocrates à lentilles de Quartz*.

- 40m. de *gneiss leucocrates veinés*.

- 70m. de *gneiss leucocrates* sans veine ni lentille, formés uniquement du fond de la roche.

- 20m. d'alternance métrique de *gneiss leucocrates* et de *gneiss ocellés veinés*. C'est la zone de transition supérieure fin de la série des *gneiss leucocrates*, retour dans la série d'ANELLE de A. FAURE-MURET.

Les termes suivants sont formés de:

- 65m. de *gneiss ocellés veinés* à Grenat et Sillimanite microscopiques.

- 20m. de *gneiss à Graphite* sombres, très écrasés, tendres et à foliation peu visible. Composition minéralogique: Quartz à extinction roulante, Plagioclase très altéré, Mica en mauvais état, Calcite et Graphite. Celui-ci se dispose à la périphérie des grains de Quartz.

- 500m. de *gneiss ocellés veinés* à Sillimanite, roche déjà connue.

Ensuite, la coupe quitte la série d'ANELLE pour rentrer dans les *Migmatites* de la série de RABUONS. Bien que ces roches ne fassent pas partie de mon étude, j'ai pu repérer les deux termes de la base de cette série. Ce sont:

- 140m. d'une *nébulite* plissotée à agrégats quartzo-feldspathiques déformés avec la foliation, quand on la voit encore. Ces agrégats ont en moyenne 10cm sur 20 de taille. Je n'ai pas fait l'étude pétrographique de ce faciès.

- Le terme suivant est une *nébulite* sans les agrégats quartzo-feldspathiques.

Je n'ai pas poussé plus loin l'étude de cette coupe m'éloignant des limites fixées par S. BOGDANOFF et moi-même, mais il est certain qu'une étude plus complète vers le haut de ce vallon peut donner des résultats extrêmement fructueux vu la constance et la fraîcheur des affleurements.

Pour résumer, la coupe du vallon de Chastillon m'a permis de reconnaître la justesse des grandes unités définies par A. FAURE-MURET (séries d'ANELLE, d'IGLIÈRE et de RABUONS). En outre, j'ai pu établir de façon claire qu'il existe à cet endroit une polarité dans la série d'IGLIÈRE soit: du S.E. au N.O. 300m. de *gneiss leucocrates*, une première bande de 15m. d'épaisseur de *gneiss ocellés veinés* identiques à la série d'ANELLE, 160m. de *gneiss leucocrates*, une deuxième bande de *gneiss ocellés veinés*, épaisse de 10m., enfin, 150m. de *gneiss leucocrates*.

De plus, j'ai pu décrire de manière précise les différents faciès de la série d'IGLIÈRE.

### 3.2.2. La coupe du vallon de La Blache (fig. 6.)

En partant du petit hameau de La Blache, situé à une dizaine de mètres au-dessus de la route nationale 205 sur le versant N.E. de la vallée de la Tinée et en remontant le vallon, on trouve:

- Les formations alluviales de la Tinée.

- 540m. d'*agmatites* dites de La Blache (photo E, planche 1).

Cette roche répond parfaitement à la définition du faciès selon J.J. SEDERHOLM: roche migmatitique constituée de deux parties. Une trame, formée de matériel à bords anguleux et nets (à aspect bréchiq), et un "granitoïde" baignant la trame sans la corroder. Dans ce cas précis, la trame est une roche grise à grains très fins, sans foliation visible. Ces fragments ont une dimension moyenne de 20 sur 40cm. Composition minéralogique: Quartz en grande quantité, Plagioclase, Biotite, Chlorite météorique, Muscovite (peu), Feldspath alcalin, Apatite, Zircon et Tourmaline.

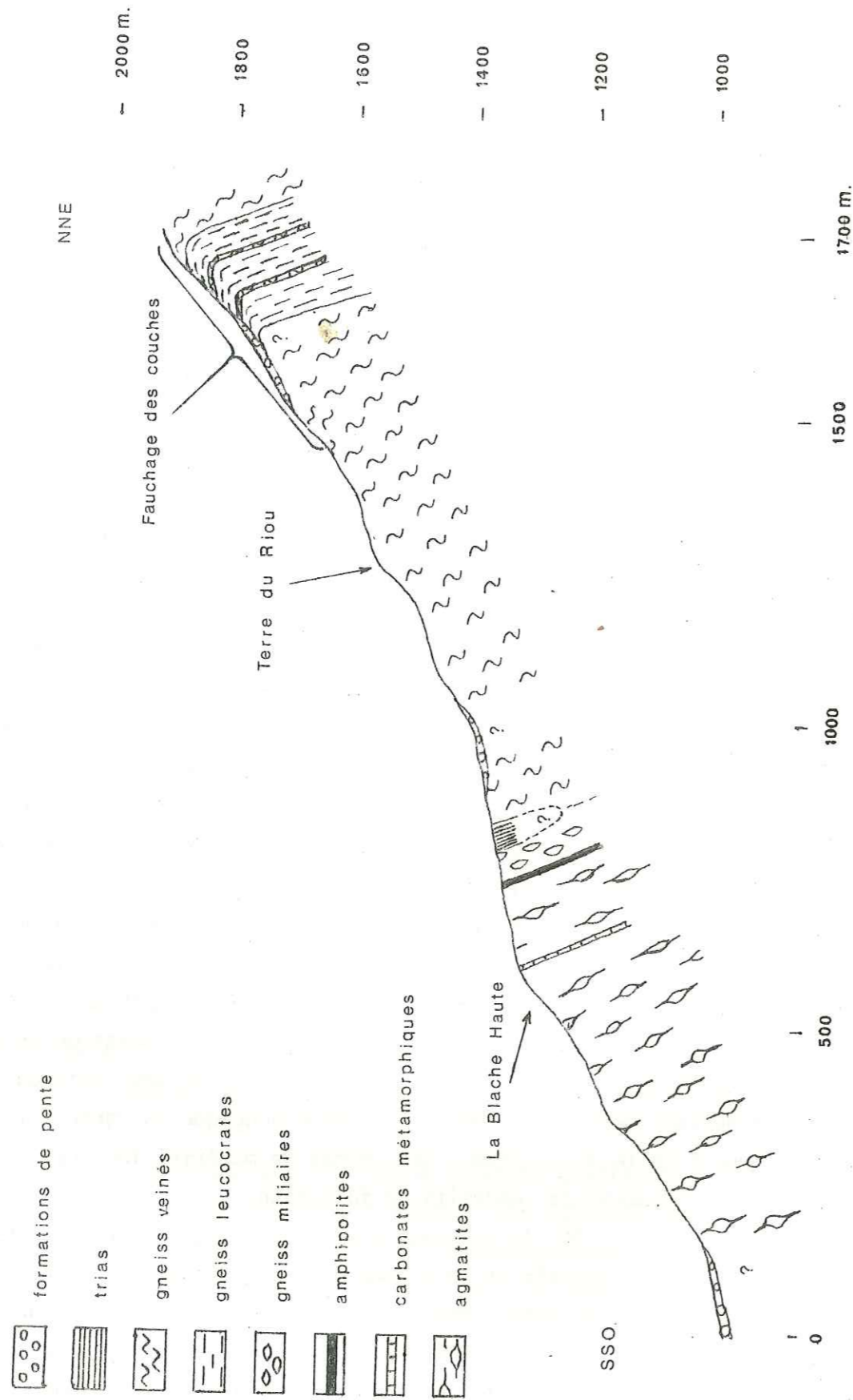
Le "granitoïde" est une roche à grains plus grossiers dans laquelle on peut voir une foliation très fruste esquissée par des lits de matériel leucocrate à Quartz et Feldspath alcalin. Cette foliation entoure les fragments de la trame sans jamais pénétrer à l'intérieur mais au contraire en se moulant dessus. La composition minéralogique du "granitoïde" est identique à celle de la trame. Des veines de matériel leucocrate (3 à 5cm. de large) recoupent par endroits la foliation.

- 5m. de *carbonates métamorphiques* clairs et cassants. Ces marbres sont massifs et ne présentent pas l'alternance centimétrique de bancs durs et de bancs tendres que l'on rencontre souvent dans ce genre de roches (tels ceux du hameau des Sarcettes, ou ceux décrits par S. BOGDANOFF au nord de Saint Etienne-de-Tinée). Composition minéralogique: Carbonate 90%, Epidotes (Zoïsite, et Pistachite) 5%, Quartz, Grenat, minéraux opaques.

- 2m. de roches quartzo-feldspathiques très blanches étroitement associées aux marbres et bien visibles dans le paysage. Le grain en est gé-



FIG 6 COUPE DU VALLON DE LA BLACHE



néralement gros. Ce sont des *pegmatites*. Composition minéralogique: Quartz 48%, Feldspath alcalin 48%, Plagioclase altéré, Chlorite.

- 120m. d'*agmatites* identiques en tous points à leurs homologues inférieures.

- 10m. d'*amphibolites*. Cette roche massive, sans foliation visible, de couleur verte, est presque entièrement constituée de cristaux d'Amphibole verte de taille moyenne (3mm. sur 1 environ). Le Quartz microscopique y entre pour 15% environ.

- 50m. de *gneiss miliaires* (série de FOUGIERET de A.FAURE-MURET). Ces roches, très répandues dans la région sont sombres, assez dures et à grains relativement fins. Leur caractéristique principale, qui a donné son nom à la roche est la présence de petites amandes (1 sur 0,5mm.) de Quartz et de Feldspath. Généralement, ces "grains de mil" ont tous la même orientation et esquissent donc une foliation fruste. Les minéraux ferro-magnésiens se disposent autour de ces amandes en lits mal exprimés. On ne voit pas, ou très rarement, de veines leucocrates secantes à la foliation. Composition minéralogique de ces gneiss à cet endroit: Quartz 40%, Plagioclase (An.20-30 selon A.FAURE-MURET) 25%, Biotite 20%, Feldspath alcalin 5%, Chlorite météorique, Apatite, Zircon, Rutile, Tourmaline, Calcite et minéraux opaques.

- 50m. de *schistes gréseux verts*, se débitant en plaquettes d'épaisseur moyenne de 5cm. et contenant quelques galets de Quartz allongés selon le débit de la roche. Ceci me fait dire que nous sommes ici en présence de la stratification originelle. Celle-ci semble concordante à la foliation des gneiss miliaires. A.FAURE-MURET attribue ces roches au Trias.

- 900m. de *gneiss oillés veinés* (série d'ANELLE), déjà rencontrés dans la coupe du vallon de Chastillon. Cette formation est malheureusement cachée à sa base et à son sommet par des formations de pente.

- Au dessus, et formant falaise viennent les *gneiss leucocrates* de la série d'IGLIERE. A cet endroit, ces roches sont pratiquement horizontales à l'affleurement. Ceci est probablement du à des fauchages de couches. Il est cependant possible de distinguer dans cette série les deux bandes minces de *gneiss oillés veinés* en position identique à celle du vallon de Chastillon. Ces deux bandes qui ont été recoupées deux fois ont été par la suite suivies latéralement. Je suis ainsi en mesure d'affirmer que ces *gneiss oillés veinés* forment deux bancs-repère continus et non des lentilles comme le disait A.FAURE-MURET. La falaise de la série d'IGLIERE a ici environ 200m. de haut.



- Le sommet de la coupe est entièrement occupé par les gneiss de la série d'ANELLE puis par ceux de la série de RABUONS. Je n'ai pas particulièrement précisé l'étude de cette région, ceci n'étant plus le sujet de ma thèse.

En résumé, j'indiquerai ici les résultats lithologiques nouveaux apportés par cette coupe. J'ai pu décrire pour la première fois dans cette région les *agmatites* de La Blache, roches intéressantes dans la mesure où les fragments de la trame peuvent représenter des reliques de roches plus anciennes. J'ai aussi pu décrire des *carbonates métamorphiques* non signalés à cet endroit. Enfin et surtout, j'ai pu établir la structure réelle de la série d'IGLIERE.

3.2.3. La coupe du vallon de Fougieret (fig. 7.)

Ce vallon avait déjà attiré l'attention de A.FAURE-MURET par la relative facilité de son accès et par la continuité des affleurements. En montant sur le versant droit du ruisseau, nous recouperons successivement les gneiss de la série de FOUGIERET, les schistes et grès du Trias, les gneiss des séries d'ANELLE puis d'IGLIERE.

En partant du hameau de Chalancher, et en remontant le vallon, on peut observer:

- Les terrasses alluviales de la Tinée.
- 10m. de roches sombres, dures, homogènes, à grain fin.

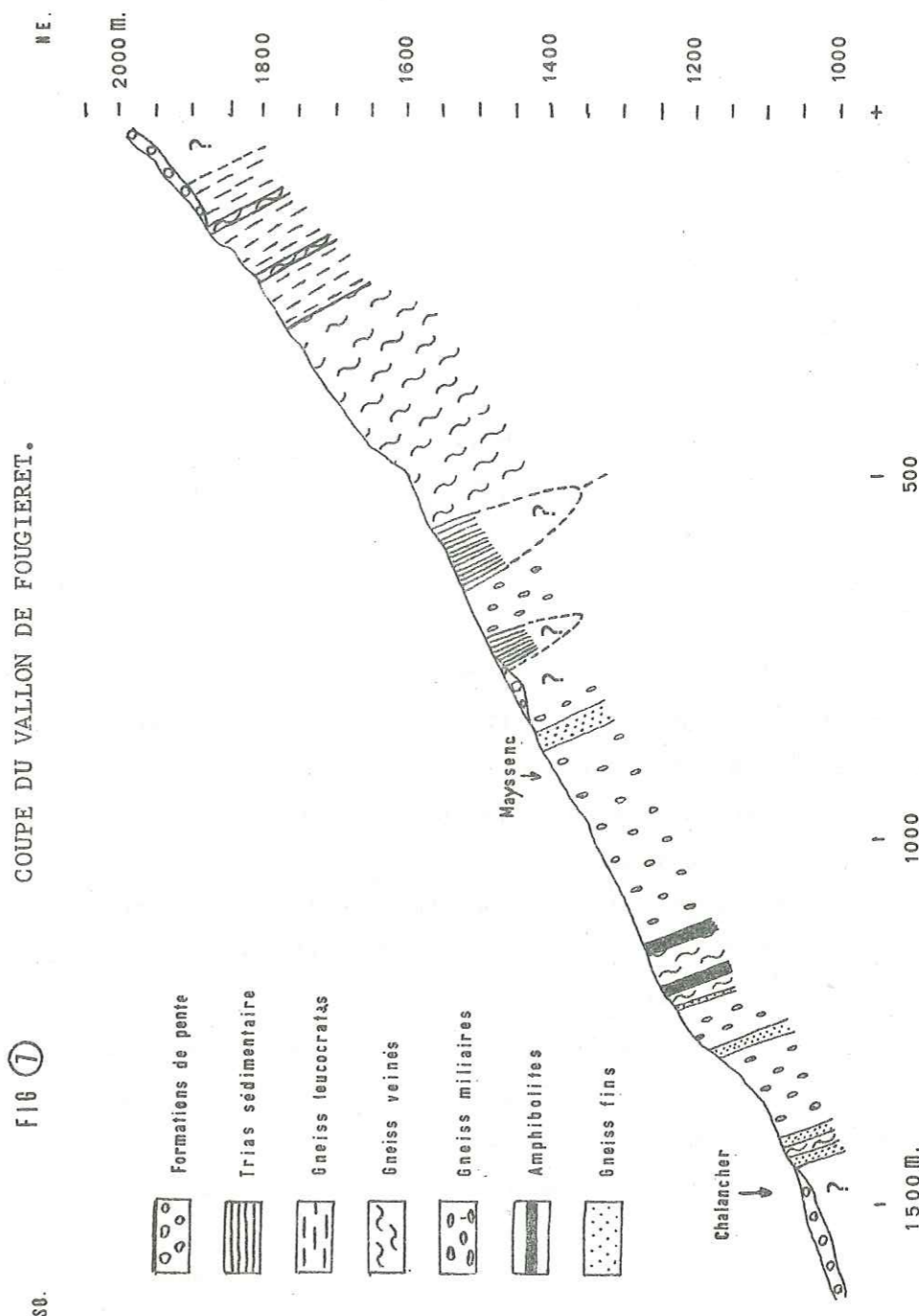
La foliation est très mal exprimée. Composition minéralogique: Quartz 25%, Feldspath alcalin 40%, Biotite chloritisée 15%, Muscovite 10%, Plagioclase 5%, Apatite, Rutile, Zircon, minéraux opaques.

- 15m. de *gneiss ocellés veinés*, (ANELLE) roches déjà décrites dans les coupes du vallon de La Blache et du vallon de Chastillon. Le passage entre ceux-ci et les roches à grain fin précédentes est très brutal.

- 10m. de roches à grain fin identiques aux premières citées, (Grauwacke?).

- 130m. de *gneiss militaires*, identiques en tous points à ceux du vallon de La Blache.

- 20m. de *gneiss fins* de couleur sombre et à foliation marquée par des lits biotitiques. La transition avec les roches associées est très brutale. Composition minéralogique: Quartz 50%, Biotite 15%, Amphibole verte cassée et altérée 10%, Feldspath très altéré 10%, Grenat,



COUPE DU VALLON DE FOUGIERET.

FIG 7



Chlorite d'origine météorique, Sphène, Calcite, minéraux opaques.

- 60m. de *gneiss miliaires*.

- 10m. de *gneiss fins rubanés*. Cette roche se présente sous la forme d'une alternance centimétrique de trois termes se répétant dans le même ordre (polarité). C'est cette alternance qui donne la foliation de la roche. Les passages entre les lits sont nets et brutaux.

Composition minéralogique:

Terme A: Lits à dominance quartzique : Quartz 50%, Biotite 20%, Feldspath potassique 10%, Chlorite, Apatite, Grenat, Sphène, Calcite, et minéraux opaques. Dans ce terme la Biotite ne forme pas de lits continus mais s'organise quand même parallèlement à la foliation de la roche.

Terme B: Lits à dominance biotitiques: Biotite 70%, Quartz 15%, Feldspath alcalin 10%, Apatite, Sphène, minéraux opaques. Les Biotites sont toutes alignées parallèlement à la foliation.

Terme C: Lits à dominance amphibolique: Amphibole verte 70%, Biotite 10%, Plagioclase 7%, Quartz 7%, Sphène, Apatite, Chlorite d'origine météorique, Calcite, minéraux opaques.

- 20m. de *gneiss ocellés veinés* semblables à ceux de la série d'ANELLE.

- 15m. d'*amphibolites* concordantes à la foliation des roches associées. Ce sont des roches vertes, litées et très dures. Elles présentent une alternance de lits à dominance amphibolique (2 à 3cm. d'épaisseur), et de lits à dominance quartzo-feldspathique (5mm. d'épaisseur).

Composition minéralogique:

Lits à dominance amphibolique: Amphibole verte 50%, Plagioclase (An.30-40 d'après A.FAURE-MURET), 15%, Quartz 10%, Sphène 10%, Feldspath alcalin 10%, Biotite, Chlorite, Apatite et minéraux opaques.

Lits à dominance quartzo-feldspathique: Quartz 40%, Plagioclase (An. 30-40) 20%, Feldspath alcalin 15%, Amphibole verte 10%, Sphène 5%, Calcite 5%, Apatite et minéraux opaques.

Les transitions entre ces deux termes sont nettes et brutales.

- 50m. de *gneiss ocellés veinés*.

- 20m. d'*amphibolites litées* identiques aux précédentes.

- 300m. de *gneiss miliaires*.

- 30m. de roches à grains fins beiges, se débitant en plaquettes d'environ 3cm. d'épaisseur. Ce débit est parallèle à la foliation des *gneiss miliaires* sous-jacents. Composition minéralogique: Quartz 50%, Plagioclase (An.20-30) 20%, Biotite, Muscovite, Feldspath alcalin rare, Apatite, Zircon, Grenat et minéraux opaques.

- 20m. de *gneiss miliaires* disparaissant vers le haut sous des formations de pente cultivées en terrasses.

- Apparaissant au-dessus des terrasses, 25m. de *grès violets* à grains moyens, (diamètre du grain environ 1mm.) attribués par A.FAURE-MURET au Werfenien inférieur. Ils n'ont pas de stratification visible ni de schistosité.

- 70m. de *gneiss miliaires* dont la foliation semble parallèle à la limite avec les grès triasiques.

- 95m. de *grès fins*. Les trente premiers mètres de cette formation sont de couleur violette pâle, les 20m. suivants deviennent blanc crème, les quarante mètres suivants tout en gardant cette dernière couleur montrent un débit en plaquettes fines (1cm.) parallèle à la foliation des *gneiss* associés. A mon avis, ces variations de couleur peuvent m'indiquer la stratification de ces grès. Ils sont eux aussi attribués au Werfenien inférieur par A.FAURE-MURET.

- 340m. de *gneiss ocellés veinés*.

- Les derniers 160m. de la coupe sont occupés par la série des *gneiss leucocrates* (série d'IGLIERE). Ces roches sont identiques à celles décrites dans les coupes des vallons du Chastillon et de La Blache. On y rencontre en particulier les deux bandes de *gneiss ocellés veinés* caractéristiques de la série selon la même polarité décrite plus haut. La limite supérieure de ces *gneiss* n'est pas visible, celle-ci étant cachée par les éboulis.

Pour me résumer, j'ai pu montrer, grâce à cette coupe, que les roches dans le tiers inférieur du vallon présentent une grande variété. On y trouve plusieurs types de *gneiss* à grains fins, d'*amphibolites* et de *gneiss*. Elle m'a permis aussi de repérer avec une bonne précision les caractéristiques des grès triasiques et en particulier elle m'a permis de montrer que cette dernière formation est ici scindée en deux ensembles. Par contre, il y est difficile d'établir avec sûreté les relations géométriques, entre le Trias et les *gneiss* associés.

#### 3.2.4. Autres faciès repérés sur ce versant

En dehors du tracé de ces trois principales coupes, j'ai trouvé un certain nombre de roches particulières sans équivalents latéraux et très localisées. Dans cette catégorie, on peut classer le banc de carbonates du hameau des Sarcettes, et les différentes *amphibolites*, aussi bien celles existant en aval du village d'Isola que celle de Douans supérieur.



3.2.4.1. Les carbonates du hameau des Sarcettes

Environ à 200m. à l'ouest de ce petit groupe de maisons, en suivant le sentier parallèle à la route nationale 205, au pied de l'éboulis de la Roria, on trouve un banc de carbonates métamorphiques lités épais de 1m.50. Ce banc est associé à des gneiss miliaires et se présente macroscopiquement comme une alternance centimétrique régulière de bancs durs en relief et de bancs tendres. Les marbres dessinent des plis secants à la foliation des gneiss. Nous étudierons en détail cet affleurement dans le chapitre "Déformations et Tectonique". La couleur à l'affleurement est brun clair tandis que la cassure fraîche est gris clair. Composition minéralogique:

Les lits durs: De couleur sombre, ils sont formés de petits cristaux de Calcite écrasés (50%), de Quartz à extinction roulante en cristaux assez gros (40%) et de minéraux opaques 10%.

Les lits tendres: Plus clairs, ils sont composés de Calcite à cristaux bien formés (95%), et de minéraux opaques (5%).

Aux interlits, on constate une ségrégation (métamorphique?) permettant une concentration des minéraux opaques sur un fond ressemblant à celui des lits durs.

3.2.4.2. Les amphibolites

Sur la nationale 205 en amont d'Isola, sont visibles trois bancs d'amphibolites identiques. Ce sont des roches litées présentant une alternance de lits millimétriques plus quartzeux et de lits plus amphiboliques.

En fait, elles sont assez semblables du point de vue de leur composition minéralogique aux amphibolites décrites dans la coupe du vallon de Fougieret.

- Lits plus amphiboliques: Amphibole verte 50%, Plagioclase 15%, Quartz 10%, Sphène 10%, Feldspath alcalin 10%, Biotite, Chlorite, Apatite et minéraux opaques.

- Lits plus quartzeux: Quartz 40%, Plagioclase 20%, Feldspath alcalin 15%, Amphibole verte 10%, Calcite 5%, Sphène 5%, Apatite et minéraux opaques.

Le banc d'amphibolites situé dans la région de Douans supérieur est tout à fait identique aux roches décrites ci-dessus. Son épaisseur moyenne est de 1m.50.

3.3. Le versant droit de la Tinée

3.3.1. La coupe du vallon de Louch (fig. 8.)

Situé presque dans le prolongement de la coupe du vallon de Chastillon, cette coupe m'a permis de repérer du N.E. au S.O.:

- Les terrasses alluviales de la Tinée

- 90m. d' *amphibolites litées*. Ces roches forment le premier ressaut de la montagne de la Gratuse, immédiatement au sud du village d'Isola. Le matériel leucocrate se dispose en lits centimétriques continus, séparant des lits amphiboliques un peu plus épais (environ 5cm.).

Composition minéralogique: lits amphiboliques: Amphibole verte, à cristaux automorphes et de petite taille 50%, Biotite fraîche 30%, Plagioclases (An.35 et An.45-50 d'après A.FAURE-MURET) 15%, Quartz 5%, Sphène en petits cristaux, Apatite et minéraux opaques. Lits leucocrates: Quartz 70%, Plagioclase 20%, Biotite, Amphibole rare, Apatite et minéraux opaques.

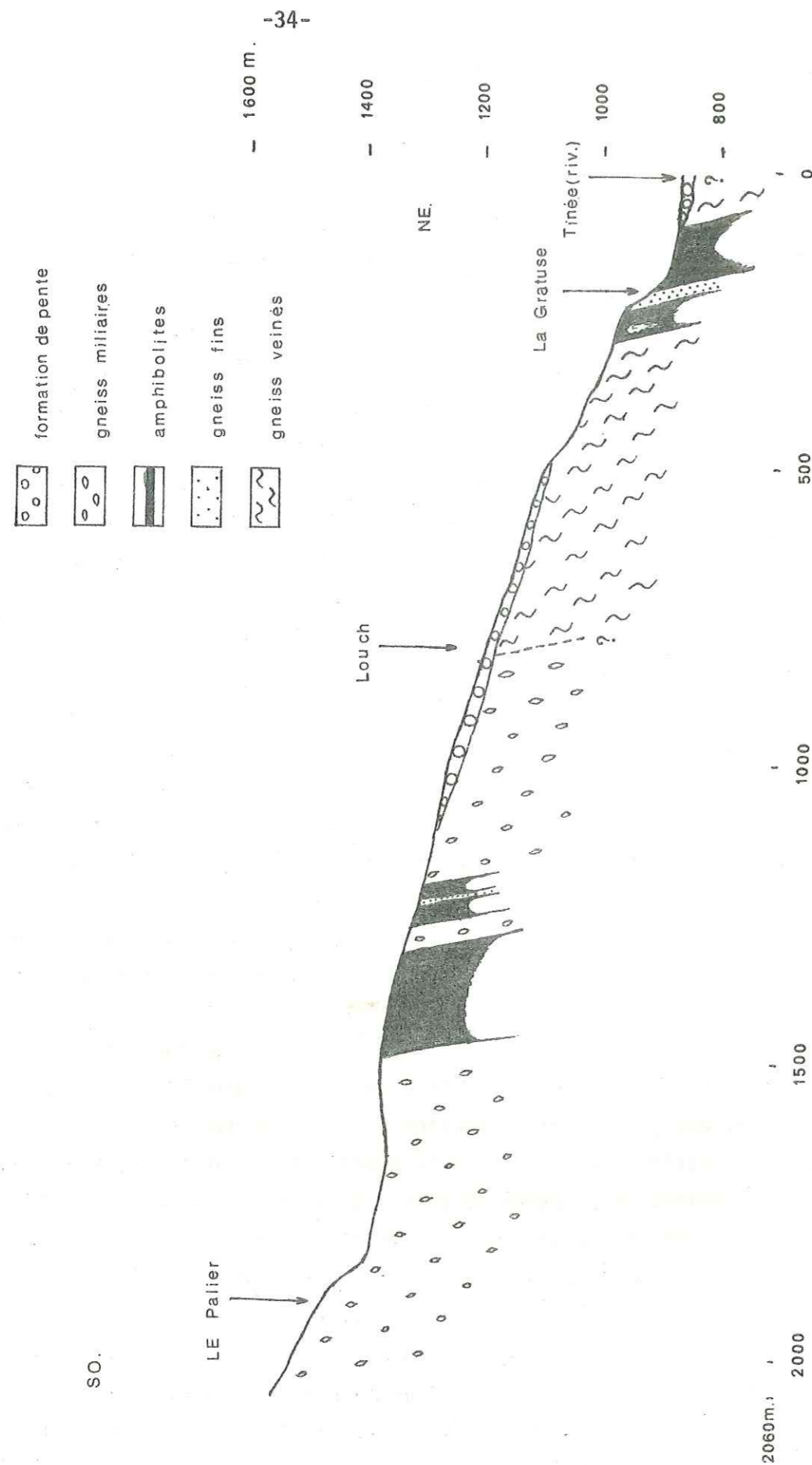
- 20m. de roches à grains fins et de couleur claire. Le contact avec les amphibolites précédentes est net et brutal. Cette formation constitue le principal ressaut de la montagne de la Gratuse. Composition minéralogique: Quartz 30%, Biotite 20%, Plagioclase 20%, Feldspath alcalin 20%, Grenat, Amphibole cassée et altérée, Apatite, Chlorite et minéraux opaques.

- 40m. d' *amphibolites litées* identiques en tous points à leurs homologues inférieures. On trouve ces roches juste au débouché sur le plateau de Louch.

- 500m. de *gneiss ocellés veinés*. De couleur gris clair, ces roches ont une allure semblable à celle des gneiss de la série d'ANELLE. Ce sont des gneiss gris, fragiles, à foliation bien exprimée, montrant des yeux quartziques et des agrégats quartzo-feldspathiques, ainsi que de nombreuses veines leucocrates sécantes à la foliation. A.FAURE-MURET a donné à ces roches le nom de "série de VALABRES" se basant sur une homogénéité plus grande que dans la série d'ANELLE. Dans cette région précise, cette différence ne se justifie pas. Cependant, cette distinction semble plus vraie en aval d'Isola, le long du cours de la Tinée, au lieu-dit "les Gorges de Valabres", où ces roches montrent un envahissement prononcé par du matériel leucocrate. Quoiqu'il en soit, dans la coupe du vallon de Louch, j'attribuerai les *gneiss ocellés veinés* à la série d'ANELLE. Composition minéralogique: Quartz 25%, Biotite 20%, Plagioclase (Oligoclase d'après A.FAURE-MURET) 15%, Feldspath potassique 10%, Zoisite 5%, Chlorite 5%,



FIG 8 COUPE DU VALLON DE LOUCH



Grenat 5%, Muscovite 3%, Apatite 3%, Prehnite 3%, Rutile dans la Quartz et minéraux opaques. On peut remarquer ici le faible pourcentage de la Muscovite par rapport aux gneiss ocellés veinés situés de l'autre côté de la vallée de la Tinée.

- 350m. de *gneiss miliaires*. Le contact avec les roches précédentes est mal visible. Composition minéralogique: Plagioclase abondant 55%, Biotite 20%, Quartz 10%, Feldspath alcalin 5%, Apatite 5%, Prehnite 3%, et minéraux opaques.

- 20m. d'*amphibolites litées* identiques aux roches déjà décrites dans la base de cette coupe. Le contact avec les roches associées est net et brutal.

- 10m. de roches à grains fins sans foliation visible à Biotite et Grenat identiques aux roches vues plus bas.

- 30m. d'*amphibolites litées*, faciès non variant.

- 40m. de *gneiss miliaires*.

- 160m. d'*amphibolites litées*.

- Tout le haut de la coupe est occupé par les *gneiss miliaires*.

Cette coupe, m'a donc permis de reconnaître avec précision les cortèges d'amphibolites, et de repérer les roches à grains fins qui y sont associées. Nous sommes ici en présence d'une répétition de séries malheureusement sises dans deux encaissements différents (série d'ANELLE pour la première, série de VARELIOS pour la seconde). Cela m'a aussi permis de mettre en évidence une certaine opposition entre les gneiss miliaires de la série de VARELIOS sur ce versant et ceux de la série de FOUGIERET sur le versant opposé. Les premiers sont plus plagioclasiques et moins quartziques. De plus, j'ai décidé au vu de cette coupe de ne pas faire, dans la région étudiée de distinction entre la série d'ANELLE et la série de VALABRES, bien que les gneiss ocellés veinés de cette coupe soient pauvres en Muscovite.

Malgré la grande importance des formations de pente; cette coupe est donc d'un grand intérêt et va nous permettre d'effectuer des corrélations avec les coupes voisines.

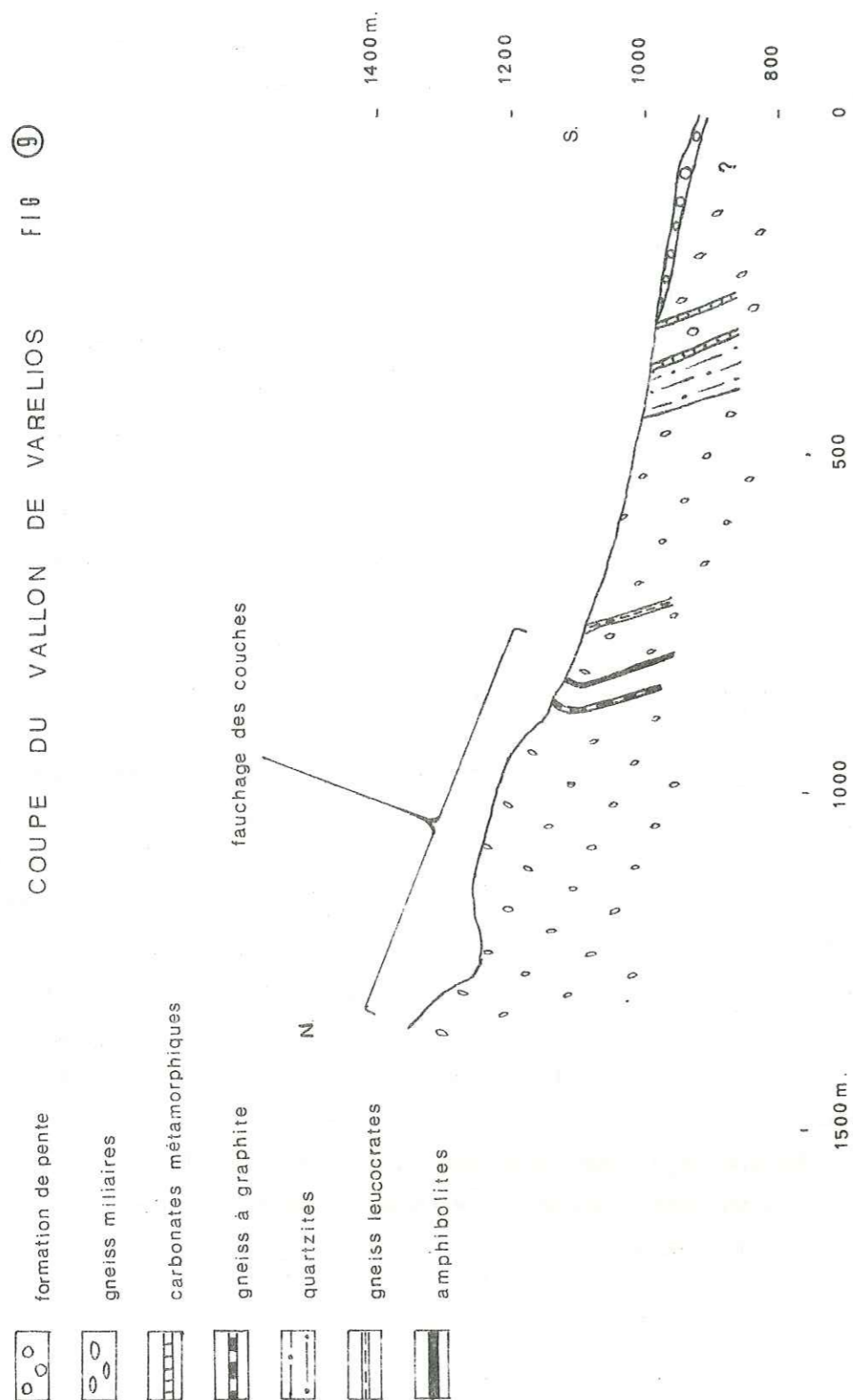
### 3.3.2. La coupe du vallon de Varelios (fig. 9.)

Le vallon de Varelios, dans lequel coule le ruisseau du même nom est assez difficile d'accès, mais présente un grand intérêt par sa position à proximité de la coupe précédente, et par la présence de bancs de marbre dans la région de Trériou.



FIG 9

COUPE DU VALLON DE VARELIOS



Depuis le fond de la vallée de la Tinée et en montant vers les crêtes on observe:

- Les terrasses alluviales de la Tinée.
- 10m. de *carbonates métamorphiques*. Ce sont des marbres massifs et de couleur claire. On n'observe pas dans ces roches l'alternance de lits durs et de litstendres comme dans les marbres du hameau des Terrettes. Composition minéralogique: Calcite en grands cristaux 90%, Feldspath alcalin 2%, Pistachite 2%, Zoisite 2%, Quartz 2%, minéraux opaques 1%, Sphène et Apatite en quantité très réduite.

- 40m. de *gneiss miliaires* dont le contact avec les carbonates est net et brutal. Leur allure et leur composition minéralogique sont identiques à leurs homologues de la série du vallon de Louch.

- 10m. de *carbonates métamorphiques* identiques en tous points aux mêmes cités ci-dessus.

- 70m. de *quartzites micacées* claires à grains fins sans litage. Le contact avec les roches associées est franc. Composition minéralogique: Phyllite en microcristaux 50%, Quartz à extinction roulante 40%, minéraux opaques 5%, Epidote, Calcite. La roche semble avoir subi de fortes déformations tectoniques vu le mauvais état de tous les minéraux.

- 270m. de *gneiss miliaires*.

- 10m. de *gneiss leucocrates*. Ces roches sont assez semblables à celles de la série d'IGLIÈRE, c'est à dire à foliation fruste esquissée par des lamelles de Biotite. La composition minéralogique est d'ailleurs identique entre ces deux faciès.

- 70m. de *gneiss miliaires* dont le contact avec les gneiss leucocrates est brutal.

- 5m. d'*amphibolites massives* sombres, sans foliation visible. Les contacts avec les roches associées sont parallèles à la foliation de l'encaissant. Composition minéralogique: Amphibole verte 80%, Quartz 15%, Calcite, Sphène, Apatite, et minéraux opaques.

- 30m. de *gneiss miliaires*.

- 10m. de roches sombres à graphite, tachant les doigts. Nous avons déjà rencontré des roches identiques dans la coupe du vallon de Chastillon.

- Le haut de la coupe jusqu'à une altitude de 1300m. est occupé par des *gneiss miliaires*. Il s'y produit un fauchage des couches.

En résumé, cette coupe permet d'établir de manière relativement claire la succession des faciès de la série de VARELIOS. J'ai pu en particulier



mettre en évidence la présence de deux bancs de carbonates métamorphiques, A. FAURE-MURET n'en citant qu'un. On verra plus loin que ce redoublement est assez important pour la structure de la région. En effet, ces deux bancs se rejoignent, et n'en font plus qu'un dans la coupe du vallon de Serre-Pralong, plus au N.O.

3.3.3. La coupe du vallon de Roya. (fig. 10.)

Le ruisseau qui descend du hameau de Roya entaille les roches sédimentaires de la couverture et met à nu le socle cristallin sous-jacent. La route départementale 61, perpendiculaire aux structures permet de lever une excellente coupe continue.

Du nord au sud et en remontant le vallon on observe:

- Les terrasses alluviales de la Tinée.
- 25m. de *gneiss miliaires* à grains plus fins que d'habitude.

Ces roches sont très feuilletées et se débitent en plaques d'épaisseur décimétrique, leur couleur est sombre. Composition minéralogique: Quartz 40%, Plagioclase très altéré 30%, Biotite 10%, Chlorite 10%, Feldspath alcalin rare, Apatite, Epidote, Rutile, Zircon et minéraux opaques.

- 10m. de roches à grains fins, de couleur claire, sans litage visible ni polarité dans la bande. Composition minéralogique identique à celle des *gneiss miliaires* ci-dessus.

- 90m. de *gneiss miliaires* identiques aux premiers cités dans la coupe.

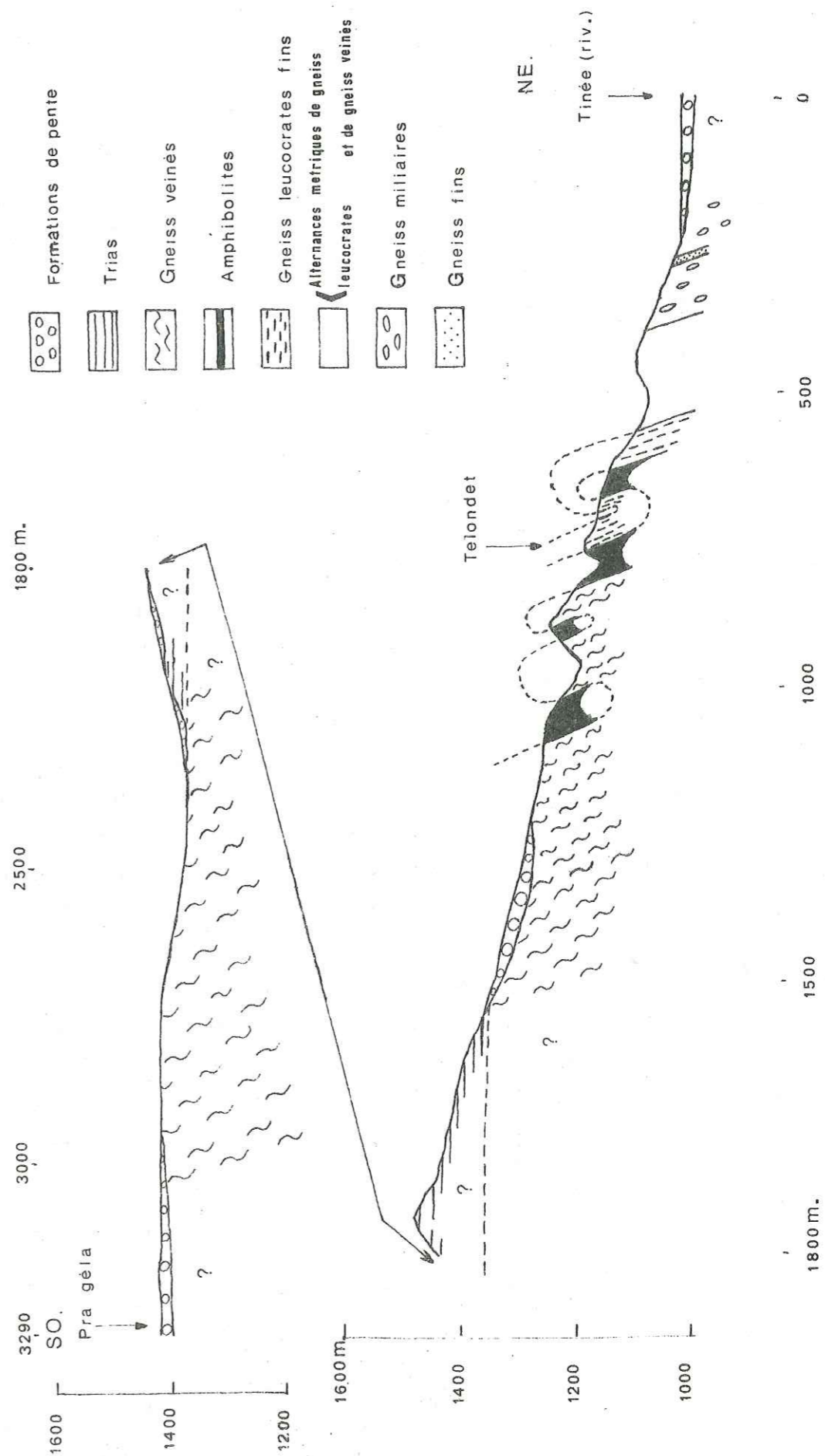
- 160m. d'alternance métrique de *gneiss leucocrates* et de *gneiss oeuillés veinés*. Cette formation unique en son genre est donc formée de deux termes différents dont les contacts sont brutaux.

Le terme *gneiss oeuillés veinés* assez semblable à la série d'ANELLE est une roche sombre, dure, très micacée, à patine brune. Le grain en est moyen, et les veines de matériel leucocrate sécantes à la foliation ont une épaisseur moyenne de 2 à 3cm. Les yeux et les agrégats leucocrates ne sont pas très fréquents. Par endroits, ces roches réalisent presque le faciès miliaire malgré la présence constante de veines leucocrates. Composition minéralogique: Biotite abondante 50%, Quartz à extinction roulante 20%, Plagioclase 10%, Feldspath alcalin 5%, Muscovite (surtout aux alentours des veines leucocrates) 5%, Chlorite, Zircon, Apatite et minéraux opaques. Les veines leucocrates sont formées de 95% de Quartz et de petites baguettes automorphes de Muscovite.

Le terme *gneiss leucocrates* est une roche claire à gros grains, à foliation fruste, fragile, et souvent très altérée. Les minéraux ferro-magnésiens

COUPE INTERPRETATIVE DU VALLON DE ROYA

FIG 10





s'organisent en lames courbes discontinues, contrairement aux gneiss leucocrates de la série d'IGLIERE caractérisés par leur structure plane. Composition minéralogique: Plagioclase abondant mais généralement très altéré 40%, Quartz à extinction roulante 20%, Biotite et Chlorite 30% à elles deux ( la Chlorite étant dans ce cas particulier une altération de la Biotite), Muscovite 5%, Feldspath alcalin, Zircon, Apatite, Rutile et minéraux opaques.

- 50m. de *gneiss microleucocrates*. Ces roches claires ressemblent à celles de la série d'IGLIERE, à la taille du grain près. Les micas se disposent en lamelles se relayant à l'intérieur du matériel leucocrate, dessinant ainsi une foliation fruste. On remarque souvent la présence de veines leucocrates minces et rectilignes sécantes à cette foliation. Composition minéralogique: Quartz 30%, Plagioclase 30%, Biotite 25%, Feldspath alcalin 10%, Chlorite, Apatite, Zircon et minéraux opaques.

- 40m. d'*amphibolites* divisées en deux types: un type lité et à Quartz et un type sombre massif. Dans la succession de cette coupe, le type lité (10x2m. d'épaisseur), entoure ici le type massif (20m. d'épaisseur).

Le type lité: Les lits quartzo-feldspathiques ont une épaisseur moyenne de 3mm. Composition minéralogique: Plagioclase (Oligoclase An.30 d'après A.FAURE-MURET) 30%, Quartz 20%, Amphibole verte 20%, Feldspath alcalin 10%, Apatite 10%, Sphène 5%, Calcite, Chlorite, Pistachite et minéraux opaques. Les lits "verts" sont généralement plus épais (jusqu'à 3cm.) et sont composés des mêmes minéraux mais avec des proportions différentes: Amphibole verte 40%, Plagioclase 20%, Quartz 10%, Feldspath alcalin 5%, Chlorite 10%, Apatite 5%, Sphène 5%, Calcite, Zircon, Pistachite et minéraux opaques. Les passages entre ces deux lits sont nets et brutaux.

Le type massif se présente comme une roche très dure et d'un beau vert sombre. Les cristaux d'amphibole sont à peine visibles à l'oeil nu mais dessinent sur la surface de la roche une linéation par alignement de minéraux. Composition minéralogique: Amphibole verte généralement très fraîche 40%, Plagioclase altéré 40%, Feldspath alcalin 5%, Calcite 5%, Sphène 5%, Chlorite, Epidote, Apatite, Hématite, minéraux opaques. On remarque l'absence de Quartz.

- 20m. de *gneiss micro leucocrates* identiques aux roches déjà décrites précédemment.

- 10m. d'alternance métrique de *gneiss leucocrates* à gros grains et de *gneiss ocellés veinés*. Nous avons déjà rencontré cette formation plus bas dans la coupe.

- 40m. de *gneiss micro leucocrates*.

- 55m. d'*amphibolites*, le faciès lité précédant ici le faciès massif (photo du faciès lité: F, planche 1).

- 45m. de *gneiss ocellés veinés* assez semblables à ceux de la série d'ANELLE. Par rapport à cette dernière, la principale différence est d'ordre minéralogique. En effet, les gneiss ocellés veinés du vallon de Roya sont moins micacés. On peut les rapprocher des mêmes faciès repérés dans la coupe du vallon de Louch. Composition minéralogique: Plagioclase 40%, Quartz 30%, Biotite 15% (à peu près entièrement chloritisée), Feldspath alcalin 5%, Apatite 5%, Muscovite rare, Zircon, Rutile, Epidote et minéraux opaques. Le Plagioclase est toujours très altéré et le Quartz à extinction roulante.

- 30m. d'*amphibolites* dans lesquelles il est impossible de distinguer un type massif d'un type lité. Ces roches semblent très tectonisées. A l'état des cristaux près, ces amphibolites ont la même composition minéralogique que les précédentes, bien que le pourcentage de Calcite semble plus élevé.

- 90m. de *gneiss ocellés veinés* pauvres en Muscovite.

- 60m. d'*amphibolites* dont les bords de l'affleurement sont constitués de typemassif et le coeur d'amphibolites tectonisées (type lité ? ).

Le reste de la coupe est occupé par les formations cristallines des *gneiss ocellés veinés*, surmontées soit par des formations de pente, soit, en discordance, par des *schistes gréseux* à grains fins et patine violette montrant souvent des lits décimétriques clairs et attribués au Trias.

La coupe du vallon de Roya, par sa continuité, et par les bonnes conditions d'affleurement m'a donc permis de décrire des faciès uniques dans la région, à savoir les *gneiss micro leucocrates*, les *gneiss leucocrates* à gros grains et à foliation courbe associés en alternance avec des *gneiss ocellés veinés*. J'ai pu aussi établir une polarité dans les amphibolites marquée par un type lité et un type massif. Cet ensemble de roches particulières à la région constitue ce que j'ai nommé le "complexe de Roya".

### 3.3.4. Autres faciès vus sur ce versant

Entre le socle cristallin et les schistes gréseux du Trias s'interposent parfois, sur les deux versants du vallon de Roya et dans le vallon d'Auron des grès schisteux à grains fins parfois lités et de couleur lie-de-vin ou grise . On ne voit pas dans ces roches de lits clairs. A.FAURE-MURET a appelé ces schistes "série indéterminée d'AURON". Elles ont été datées par la flore, du Permien inférieur (P.CORSIN et A.AREVIAN 1956).



### 3.4. Remarques générales et synthèse sur la lithologie

Comme on l'a vu, j'ai conservé les termes utilisés par A. FAURE-MURET, c'est à dire, série d'ANELLE, d'IGLIERE, de VARELIOS, et de FOUGIERET et j'ai supprimé le terme "série de VALABRES". Cette classification a le gros avantage d'être connue dans la littérature. C'est pourquoi il ne me semble pas nécessaire de la modifier tout en me réservant le droit de modifier le contenu de ces termes quand cela s'avère nécessaire.

#### 3.4.1. La série d'IGLIERE

Ces roches bordent au nord le terrain étudié, en trois ensembles d'épaisseur constante. Tout au long de son allongement latéral elle reste remarquablement identique à elle-même. Sa caractéristique principale, ce qui permet de la différencier sans ambiguïté des autres séries, outre sa couleur blanche qui ne lui est pas spécifique, réside en sa structure planaire. En effet, les *gneiss leucocrates* présentent sur un fond quartzo-feldspathique des lamelles de Biotite dessinant une foliation fruste toujours planaire sans aucune amorce de plissement à petite échelle. Une coupe sommaire de cette série peut se résumer ainsi: 300m. de *gneiss leucocrates*, une bande de 15m. d'épaisseur de *gneiss ocellés veinés* (identiques à la série d'ANELLE), 160m. de *gneiss leucocrates*, une deuxième bande de *gneiss ocellés veinés*, épaisse de 10m. puis 150m. de *gneiss leucocrates*. A. FAURE-MURET citait ces *gneiss ocellés veinés* comme formant des lentilles et considérait ainsi que ceux-ci étaient des reliquats de la série d'ANELLE, épargnés lors de la migmatisation de la série d'IGLIERE. La continuité de ces bandes et l'invariance de leur position dans les *gneiss leucocrates* me font fortement douter de cette interprétation.

Composition minéralogique moyenne du fond de la série d'IGLIERE: Quartz 30%, Plagioclase 30% (An.30-45), Biotite 25%, Feldspath alcalin rare, Chlorite, Apatite relativement abondante (parfois jusqu'à 5%), Grenat, Rutile, et minéraux opaques. Sur le terrain, cette série ne pose pas de gros problèmes de reconnaissance, grâce à sa structure planaire caractéristique.

#### 3.4.2. La série d'ANELLE

Les *gneiss ocellés veinés* de la série d'ANELLE affleurent surtout sur le versant gauche de la Tinée, depuis le hameau de La Blache jusqu'au village d'Isola. En amont de La Blache, cette série affleure au-dessus de la série de FOUGIERET à partir de 1400m. d'altitude. On peut aussi voir la série d'ANELLE sur le versant droit de la Tinée dans la région de la montagne de la Gratuse.

Trois principales caractéristiques permettent de reconnaître à coup sûr les roches de cette série. La foliation est bien exprimée par une alternance de lits clairs et de lits sombres. De nombreux yeux et agrégats leucocrates sont allongés suivant cette foliation. De minces veines de matériel leucocrate recourent cette foliation. Parmi les autres caractéristiques permettant de les identifier, on peut citer: leur patine ocre à rousse, leur faible cohérence, leur couleur grise à la cassure fraîche, et la relative fréquence du faciès glanduleux.

Composition minéralogique moyenne: Quartz, pourcentage variable entre 35 et 20%, Biotite 20%, Muscovite 20%, Plagioclase (An.25-30) 25%, Feldspath alcalin, Grenat, Chlorite, Rutile, Epidote, Zircon, et Sillimanite (cette dernière étant localisée au contact N.E. vers la série d'IGLIERE).

On remarque ainsi que cette série monotone à l'échelle du terrain présente en fait une grande hétérogénéité à l'échelle de l'échantillon.

Les *gneiss ocellés veinés* affleurant sur le versant droit de la Tinée, dans la montagne de la Gratuse, ont le même aspect macroscopique. Cependant, ces dernières roches sont sensiblement moins micacées et nettement déficitaires en Muscovite par rapport au faciès type.

Parmi les roches remarquables, contenues dans la série d'ANELLE, on peut noter les amphibolites de type lité, les plus spectaculaires de ces roches se situant dans la montagne de la Gratuse. Leur foliation est bien exprimée par des alternances centimétriques de lits verts et de lits blancs. Elles contiennent, outre des amphiboles, du Quartz et de la Biotite. Elles sont étroitement associées à des roches à grains fins.

#### 3.4.3. La série de FOUGIERET

Contrairement aux autres séries, il n'existe pas à proprement parler de faciès type de la série de FOUGIERET. Cependant, les roches les plus fréquentes en sont les *gneiss miliaires*. La série de FOUGIERET selon A. FAURE-MURET affleure sur le versant gauche de la Tinée



entre Le Bourguet et La Blache. Dans la coupe du vallon de Fougieret, nous avons vu qu'il existait une grande variété de roches, celles-ci allant des roches à grains fins aux *gneiss ocellés veinés* à gros grains en passant par des *amphibolites*. Cependant, le faciès le plus fréquent de cette série est le *gneiss miliaire*. La caractéristique principale de cette roche réside en la disposition particulière du matériel leucocrate dans le fond de la roche. En effet, sur une trame sombre de minéraux ferro-magnésiens, on voit de petites amandes (2mm. sur 1.) de minéraux blancs. Ces "grains de mil" ne dessinent pas à proprement parler de lits clairs mais au contraire une sorte de mosaïque orientée entre les mailles de laquelle se répartissent les feuilletés micacés. Composition minéralogique moyenne: Quartz 40%, Plagioclase (An.20-30) 25%, Biotite 20%, Feldspath alcalin, Chlorite, Apatite relativement abondante, Zircon, Rutile, Tourmaline, Calcite et minéraux opaques.

Une autre roche très particulière de la série de FOUGIERET a été définie dans les chapitres précédents, les *agmatites* de La Blache. Elles affleurent au pied du vallon de même nom. Je les intègre dans la série de FOUGIERET, car elles se trouvent au coeur du lieu géographique de celle-ci. (cf. description macroscopique et composition minéralogique p.25 ).

#### 3.4.4. La série de VARELIOS

Les gneiss de cette série affleurent sur le versant droit de la vallée de la Tinée. Ils sont entourés par la série d'ANELLE au N.E, la série de FOUGIERET au N.O., le complexe de Roya au S.O. et la couverture sédimentaire au S.E. Le faciès type est du genre miliaire. Cette série semble relativement homogène, sans grande variation de faciès. Cependant, on a pu constater, lors de la description des différentes coupes qu'elle contenait des *amphibolites* (vallon de Louch), ainsi que des bancs de *carbonates métamorphiques* non lités (région de Trerious). La série de VARELIOS disparaît au N.O. sous les alluvions de la Tinée pincée entre la série d'ANELLE et le complexe de Roya.

Du point de vue minéralogique, les *gneiss miliaires* de la série de VARELIOS sont composés de: Plagioclase abondant 55%, Biotite 20%, Quartz 10%, Feldspath alcalin 5%, Apatite 5%, Prehnite 5%, Graphite et autres minéraux opaques. A.FAURE-MURET signale en outre des fibrolites de Sillimanite, mais il ne m'a pas été donné de les trouver.

#### 3.4.5. Le complexe de Roya

Le long de la coupe du vallon de Roya, nous avons rencontré un certain nombre de roches particulières à la région. Telles sont les alternances métriques de *gneiss ocellés veinés* et de *gneiss leucocrates* à gros grains. Telles sont aussi les roches définies comme micro leucocrates. J'ai groupé toutes ces roches en un ensemble distinct, le complexe de Roya..

Ce complexe affleure au S.E. de la série de VARELIOS et disparaît sous la couverture sédimentaire discordante secondaire. Il est caractérisé par trois grandes formations principales: l'alternance précitée, les *gneiss micro-leucocrates* et le couple *amphibolites* massives / *amphibolites* litées. Le dernier terme du complexe au sud présente un aspect et une minéralogie proches de ceux des *gneiss ocellés veinés* de la série d'ANELLE. Pour la description plus précise de ces roches on se rapportera à la coupe du vallon de Roya p.38 .

#### 3.4.6. Synthèse sur les roches métamorphiques du socle

Comme nous venons de le voir dans cette revue rapide, la classification de A.FAURE-MURET a été utilisée. Les différences lithologiques et minéralogiques entre les séries d'ANELLE et d'IGLIERE sont suffisamment significatives pour justifier leur distinction. Par contre, entre les séries de VARELIOS et de FOUGIERET la séparation semble plus difficile à établir. En effet, ces deux séries ont comme faciès type les *gneiss miliaires*. Cependant, j'ai pu établir qu'entre les *gneiss miliaires* de la série de VARELIOS et les *gneiss miliaires* de la série de FOUGIERET, existaient des différences d'ordre minéralogique. Ceux de la série de FOUGIERET sont plus quartziques mais moins riches en Plagioclase que ceux de la série de VARELIOS. On peut aussi remarquer la présence de Prehnite dans cette dernière série. De plus, nous avons constaté l'existence des *agmatites* de La Blache dans la série de FOUGIERET, roche absente de la série de VARELIOS.

J'ai pris la décision de supprimer, du moins pour la région qui nous intéresse, la série de VALABRES. Cette série ressemblant par trop à la série d'ANELLE, la seule différence étant un déficit en Muscovite de la première par rapport à la seconde.



3.4.7. Le Trias

On peut distinguer deux types de formations triasiques. Celui de la couverture sédimentaire proprement dite, qui affleure au sud et au S.O. du terrain, et les "coins" des mêmes terrains fichés dans le socle à la limite des séries d'ANELLE et de FOUGIERET. Je tiens à préciser que je n'ai jamais trouvé de fossiles. Pour la détermination stratigraphique de ces grès schisteux je m'en suis tenu aux conclusions de la littérature, c'est à dire, pour le premier, du Trias moyen, et pour les seconds, du Trias inférieur et moyen.

Pour le Trias de la couverture sédimentaire, surtout bien visible aux alentours du vallon de Roya, on pourra se reporter utilement aux travaux correspondants de A.FAURE-MURET (op.cit.p.205.) Le résultat le plus intéressant pour moi, mes observations personnelles l'ont confirmé, est que ces terrains reposent en discordance angulaire très nette sur les formations cristallines du socle. Ce sont des grès relativement grossiers de couleur rouge, à passées blanches ou beiges (épaisseur moyenne de ces passées 10cm.).

Pour le Trias recouvert et supporté par les gneiss du socle, mes observations sont plus complètes. Au dessus du hameau de La Blache, l'affleurement se présente ainsi: roches métamorphiques de la série de FOUGIERET, 5m. de grès schisteux verts fins et bien lités en discordance angulaire sur le socle, 1m. de grès grossiers très blancs à dragées de Quartz laiteux, ne formant pas vraiment de banc individualisé mais toutes orientées parallèlement à la limite entre les grès schisteux et les grès grossiers.

Le Trias repéré dans la coupe du vallon de Fougieret est formé de grès à couleur violette, puis blanc-crème vers le sommet. Il est à remarquer que dans cette coupe, le Trias s'organise en deux bandes séparées par des affleurements de roches métamorphiques. Un débit en plaquettes fines est visible, et celui-ci est parallèle à la limite entre les roches sédimentaires et le socle. Dans ce cas précis, je n'ai donc pas observé de discordance.

Le long de la route menant au hameau de Douans, le Trias se présente ainsi. Au-dessus des roches métamorphiques du socle, on trouve une première assise de grès schisteux à grains fins sans litage visible (5m. d'épaisseur.). Ceux-ci sont surmontés par des grès blancs massifs, à faible cohérence interne et épais de 5m. Au sommet des grès blancs on retrouve

les gneiss de la série de FOUGIERET. Les modalités de passage entre les roches sédimentaires et le socle ne sont pas claires à établir vu les mauvaises conditions d'affleurement. Il est à remarquer que par temps froid, de la vapeur d'eau jaillit par de petits orifices des grès schisteux.

3.4.8. Le Permien inférieur

Pour la détermination stratigraphique de ces terrains, je me suis fié aux résultats obtenus par P.CORSIN et A.AREVIAN en 1956, n'ayant pas moi-même procédé à des études paléo-botaniques. A.FAURE-MURET appelait cette série "série indéterminée d'Auron". Cette formation affleure dans les deux vallons de Roya et d'Auron.

Ce sont des grès schisteux de couleur lie-de-vin ou grise, à grains moyens à gros. Ces roches présentent un débit (schistosité?, stratification?) assez marqué.

Dans le vallon d'Auron, les conditions d'affleurement étant favorables, j'ai pu établir que le Permien reposait en discordance angulaire sur le socle et était lui-même recouvert en discordance par les grès schisteux du Trias (ceci se vérifiant à la condition que le débit observé corresponde à la stratification).

3.4.9. Les formations quaternaires probables

Pour celles-ci, j'ai établi trois classes. Les terrasses alluviales de la Tinée composées de galets arrondis et généralement bien calibrés, les formations de pente à blocs et graviers aigus, sur lesquelles s'établissent le plus souvent les maigres cultures de la région, et les éboulis non stabilisés. Pour les deux dernières catégories, je me suis contenté de tracer sur la carte géologique les principales directions de déplacement et de glissement des terrains quand ceux-ci sont repérables.

3.4.10. Passage des séries entre elles

J'ai pu définir trois types de passage: un type brutal, un type progressif et un type mixte.

Type de passage brutal: entre la série d'ANELLE et la série d'IGLIÈRE; la transition se fait par une alternance métrique des deux faciès, ceci sur une cinquantaine de mètres. Il n'y a pas de mélange entre les deux termes.



Type de passage progressif: entre la série d'ANELLE et la série de VARELIOS, en suivant le trajet Varelios vers Anelle, on constate que les grains quartzo-feldspathiques de la première série grossissent, perdent leur individualité et s'organisent petit à petit en véritables lits leucocrates, isolant par là même les minéraux ferro-magnésiens en lits sombres pour former la foliation de la série d'ANELLE. De manière concomitante apparaissent les veines quartzo-feldspathiques sécantes à cette foliation ainsi que les yeux et agrégats caractéristiques de cette série.

Une autre transition est particulièrement intéressante à étudier: entre les *agmatites* de La Blache et la série de FOUGIERET. En suivant le trajet Fougieret-*agmatites*, on observe une perte d'orientation des *gneiss miliaires* ainsi qu'une diminution de la taille du grain. Les "grains de mil" leucocrates disparaissent pour se fondre dans la roche homogène, la trame. En même temps, apparaissent les lits quartzo-feldspathiques du granitoïde qui envahissent peu à peu la trame, la découpent en blocs à bords nets et angles vifs, réalisant ainsi le faciès caractéristique des *agmatites*. Ce passage s'effectue en une dizaine de mètres.

Type mixte: de la série de VARELIOS au complexe de Roya, la limite se fait avec d'un côté les *gneiss miliaires* et de l'autre l'alternance de *gneiss oillés veinés* et de *gneiss leucocrates* à gros grains. Ce dernier terme fait une apparition brutale dans les *gneiss miliaires*. Le contact entre les deux roches est immédiatement net. En cela, on peut parler de passage brutal entre la série de VARELIOS et le complexe de Roya. Cependant, pour réaliser l'autre terme de l'alternance, les *gneiss miliaires* vont mettre une dizaine de mètres à se transformer en *gneiss oillés veinés*. Cette transformation se fait d'une manière identique à celle observée entre la série de VARELIOS et la série d'ANELLE. En cela, on peut parler de passage progressif entre la série de VARELIOS et le complexe de Roya.

Au total, ce passage est un type mixte.

La limite entre la série d'ANELLE et la série de FOUGIERET est constamment occultée par les affleurements des *grès schisteux* du Trias. Je ne peux donc rien en dire.

Entre la série de VARELIOS et la série de FOUGIERET coule la Tinée. Là encore, la limite entre ces deux séries m'est cachée.

### 3.5. Modifications par rapport au travail d'A.FAURE-MURET

Pour conclure je vais résumer ici les principales modifications que j'ai apporté au travail d'A.FAURE-MURET.

#### Série d'ANELLE

- Intégration dans celle-ci de la série de VALABRES. Les différences lithologiques entre celles-ci, étant, dans la région étudiée, trop faibles.

- Découverte et description des *carbonates métamorphiques* du hameau des Sarcettes.

#### Série d'IGLIERE

- Description précise de la coupe de cette série, mettant en opposition un fond minéralogique constant et des phénomènes surimposés.

- Mise en évidence des deux bandes de *gneiss oillés veinés*.

- Mise en évidence de la structure de cette série constituée de trois masses principales de *gneiss leucocrates* séparées par les deux bandes de *gneiss oillés veinés* citées ci-dessus.

#### Série de VARELIOS

- Mise en évidence du caractère monotone de cette série.

- Dédoublage du banc de *carbonates métamorphiques* de Trerious.

- Mise en évidence de la différence minéralogique entre les *gneiss miliaires* de cette série et ceux de la série de FOUGIERET.

#### Série de FOUGIERET

- Mise en évidence de la variété des faciès de la "base géométrique" de la série.

- Découverte et description des *agmatites* de La Blache.

- Découverte et description des *carbonates métamorphiques* de La Blache.

#### Complexe de Roya

- Individualisation de ce complexe.

- Découverte et description des *gneiss micro-leucocrates*.

- Découverte et description des *gneiss leucocrates* à gros grains et de leur alternance avec des *gneiss oillés veinés*.

- Découverte et description d'une polarité relative dans les *amphibolites* de ce complexe ( opposition entre un type lité et un type massif).



## 4. DEFORMATIONS ET TECTONIQUE

Dans la partie du massif de l'Argentera-Mercantour que j'ai étudiée, il ne faut pas se fier à l'apparente simplicité des structures. Toutes les foliations pendent assez fortement au N.-N.E. Cette simplicité apparente n'est pas sans rappeler ce qui se passe dans le dôme de la zone axiale de la Montagne Noire (Hérault, France), où une structure tardive enantiforme simple cache en fait une géométrie très complexe.

Le socle cristallin des Alpes-Maritimes est, à priori, un complexe plusieurs fois déformé. Dans cette optique, il devient peu probable que la structure apparemment monoclinale qui est la sienne, soit le reflet de sa géométrie exacte. Dans le chapitre qui vient, j'ai essayé de démontrer l'existence d'un certain nombre de déformations successives à toutes les échelles.

### 4.1. Méthodologie du travail

Comme je l'ai précisé dans le chapitre "Introduction" de cette thèse, j'ai appliqué les méthodes d'analyse tectonique des auteurs anglo-saxons.

J'ai procédé à plusieurs types d'études: j'ai d'abord effectué un relevé systématique de l'orientation des objets géologiques remarquables (limites de bancs, foliations, linéations, plans axiaux, axes de plis. Je me suis aussi intéressé au style de ces plis). Toutes ces mesures, rapportées sur différentes cartes, permettent alors une vision synthétique de la géométrie en grand des structures.

J'ai ensuite entrepris une analyse tectonique détaillée dans les endroits favorables, c'est-à-dire surtout dans le vallon de Roya. Je me suis efforcé de raisonner en fonction de la nature des surfaces plissées, ce qui m'a permis d'apprécier la succession dans le temps de ces phases.

J'ai essayé d'utiliser un système de classification de plis qui tienne avant tout compte de leur géométrie et de leur position dans l'espace.

Pour résoudre ce problème, il fallait que la classification utilisée soit connue, facile à employer sur le terrain, et dégagée d'implications génétiques.



4.1.1. Classification employée

J'avais à ma disposition trois classifications plus ou moins connues.

- Celle de RAMSAY, exposée dans "Folding and fracturing of rocks" P.359 à 372.

- Celle de FLEUTY, exposée dans l'article "The description of folds", paru dans le Proceedings of the geologists association, 1964, vol.75, 4e trimestre, P.461 à 492.

- Celle de TURNER et WEISS, décrite dans "Structural analysis of metamorphic tectonites", chapitres 4 et 5.

La classification de RAMSAY est la plus précise de toutes, mais demande une analyse minutieuse et longue, cas par cas. Cette analyse n'était pas mon propos et aurait demandé beaucoup trop de temps dans le cadre de cette thèse. La classification de TURNER et de WEISS est aussi très complète, mais relativement complexe, et curieusement assez mal connue, même des auteurs anglo-saxons.

La classification de FLEUTY, couramment employée par ces mêmes auteurs, est très pratique à utiliser. Elle prend en considération, aussi bien la géométrie des plis, que leur position dans l'espace. De plus, il fait une synthèse très claire des classifications de RAMSAY et TURNER et WEISS. C'est donc celle-ci que j'ai employée.

Première caractéristique utilisée par FLEUTY: l'angle formé par les deux flancs du pli.

<i>Angle entre les deux flancs</i>	<i>Nom du pli</i>
<i>entre 180° et 120°</i>	<i>très ouvert (gentle)</i>
<i>entre 120° et 70°</i>	<i>ouvert (open)</i>
<i>entre 70° et 30°</i>	<i>fermé (close)</i>
<i>entre 30° et 1°</i>	<i>étroit (tight)</i>
<i>flancs parallèles</i>	<i>isoclinal (isoclinal)</i>

Pour la position des plis dans l'espace, il utilise deux paramètres, le plongement du plan axial et le plongement de l'axe.

<i>Plongement du plan axial (Dip of axial plane)</i>	<i>Nom du pli</i>
0°	<i>Horizontal</i> <i>Pli couché</i>
1°-10°	<i>Sub-horizontal</i> <i>(Recumbent fold)</i>
10°-30°	<i>Pli peu penté</i> <i>(Gently inclined fold)</i>
30°-60°	<i>Pli modérément penté</i> <i>(Moderately inclined fold)</i>
60°-80°	<i>Pli raide</i> <i>(Steeply inclined fold)</i>
80°-89°	<i>Subvertical</i>
90°	<i>Vertical</i> <i>(Pli vertical (Upright fold))</i>

<i>Plongement de l'axe (Plunge)</i>	<i>Nom du pli</i>
0°	<i>Horizontal</i>
1°-10°	<i>Sub-horizontal</i>
10°-30°	<i>Pli à axe plongeant peu</i> <i>(Gently plunging fold)</i>
30°-60°	<i>Pli à axe plongeant modérément</i> <i>(Moderately plunging fold)</i>
60°-80°	<i>Pli à axe plongeant fortement</i> <i>(Steeply plunging fold)</i>
80°-89°	<i>Subvertical</i>
90°	<i>Vertical</i> <i>(Pli à axe vertical (Vertical fold))</i>

La combinaison de ces deux paramètres permet de situer parfaitement un pli dans l'espace.

FLEUTY fait bien sûr la distinction classique entre les plis parallèles et les plis semblables. Pour le style des plis, il reprend en partie les classes géométriques issues de RAMSAY (plis en S, en Z, en U, en W ou en M).



Pour les dimensions des plis, j'ai décrit comme étant microscopiques des plis de taille centimétrique, comme étant petits des plis de taille décimétrique à métrique, comme étant moyens des plis décamétriques à hectométriques, et comme étant grands des plis d'échelle kilométrique.

La taille des plis m'a été indiquée par la distance existant entre les points d'inflexion des flancs, quand ces repères sont visibles. Dans le cas contraire, j'ai procédé à une estimation au vu de la partie du pli qui était à ma disposition.

#### 4.2. Problèmes particuliers posés par la région

Outre un certain nombre de problèmes locaux, que je vais exposer plus bas, toutes les difficultés posées par l'analyse tectonique d'ensembles gneissiques était à débrouiller: existence de plusieurs schistosités, présence d'une linéation, relation de ces objets géologiques avec la stratification originelle si on peut la définir, relation entre les déformations à petite échelle et décryptage des structures à grande échelle.

##### 4.2.1. Structure exacte de la série d'IGLIERE

Cette bande de 20km. de long sur 400-600m. de large en moyenne, est-elle aussi simple qu'il y paraît à la lecture de la carte de A.FAURE-MURET? Quelles sont les modalités de sa brusque terminaison orientale au niveau du village d'Isola? Quel rôle doit-on attribuer aux deux bandes de *gneiss ocellés veinés* contenues dans cette série?

##### 4.2.2. Terminaison occidentale des séries de VARELIOS et de FOUGIERET

Comment interpréter cette terminaison au niveau du hameau du Bourguet? Quelle est la nature des contacts entre ces séries?

##### 4.2.3. Rapports détaillés entre les gneiss et les grès schisteux triasiques

Quelle est la structure de ces affleurements de roches sédimentaires au coeur du socle cristallin? S'agit-il vraiment de "coins" ou seulement de morceaux de la couverture épargnés par l'érosion?

#### 4.2.4. Présence du pli pennique

Dans quelle mesure le pli pennique déversé au N.E. décrit par S.BOGDANOFF au nord de Saint-Etienne-de Tinée, pli post-schisteux, d'amplitude pluri-kilométrique, existe bien dans la région et quelles en sont les traces?

#### 4.3. Généralités sur la tectonique

Avant d'aborder le détail des faits géologiques, il me semble utile de préciser quelles sont les grandes structures, que l'on remarque immédiatement, lorsque l'on étudie cette zone du massif cristallin.

##### 4.3.1. Orientation de la foliation

On remarque, de prime abord, que la foliation est bien exprimée dans la série d'ANELLE, moins bien visible dans la série d'IGLIERE et très fruste dans les séries de VARELIOS et de FOUGIERET.

Cette foliation est toujours fortement redressée et pend au N.N.E. L'extension latérale de celle-ci indique une structure allongée suivant l'axe N.N.Ø.-S.S.E.

##### 4.3.2. Linéation

Une linéation pénétrative à l'échelle du massif est très bien visible. Son type varie suivant les roches affectées. Dans les *gneiss ocellés veinés* et les *gneiss micro-leucocrates*, elle se manifeste par des micro-fronces (axes de microplis). Par contre, dans les *amphibolites* par exemple, elle est marquée par des alignements de minéraux, en l'occurrence de l'amphibole. Plongement: 5 à 10° au 300-310 N. Cependant, on peut aussi y trouver des micro-fronces.

##### 4.3.3. Limites lithologiques

A première vue, il semble que ces limites lithologiques soient systématiquement parallèles à la foliation. Nous verrons plus loin que ce n'est pas toujours le cas.



4.4. Déformations synschisteuses

4.4.1. Dans le vallon de Roya

Les *amphibolites litées* du complexe de Roya montrent un ensemble de plis synschisteux à plan axial raide (photo A, pl.2). La foliation actuelle des amphibolites est plan axial de ces plis. Leur taille est décimétrique, leurs axes semblent orientés au N.N.O. Ils sont de type semblable. Pour reprendre la classification de FLEUTY, on peut caractériser ces plis ainsi: plis étroits, verticaux et à axe sub-horizontale.

4.4.2. Les carbonates métamorphiques du hameau des Sarcettes

Les marbres de cet endroit sont plissés à l'échelle métrique. Ces plis de type semblable ont des plans axiaux plongeant faiblement au N.N.E. Ces plans axiaux sont parallèles à la foliation des *gneiss miliaires* associés (fig. 11). Les axes de ces plis sont orientés au N.N.E. et leur plongement est faible. Le faible plongement des plans axiaux ( donc aussi de la foliation des gneiss miliaires) est du ici à un fauchage des couches. La position originelle des ces objets planaires devait probablement être plus redressée.

4.4.3. Carbonates métamorphiques de Trerious

Il est aussi peut-être possible de définir des déformations synschisteuses d'échelle moyenne (hectométrique).

J'ai déjà précisé que les deux bancs de marbre visibles dans le vallon de Varelios se rejoignaient et n'en formaient plus qu'un dans le vallon voisin de Serre-Pralong à 300m. à l'ouest (fig. 12). Ceci peut être interprété comme un pli de taille hectométrique, à axe plongeant fortement, bien que l'on n'observe pas la charnière possible à cause des mauvaises conditions d'affleurement. On ne peut pas non plus se baser sur une inversion de polarité dans les carbonates, ceux-ci étant massifs. Dans la région de la charnière supposée, la foliation des roches encaissantes ( *gneiss miliaires* de la série de VARELIOS) est légèrement secante aux limites de bancs. Autour de l'emplacement de la charnière supposée

FIG 11 · PLIS SYNCHISTEUX DANS LES CARBONATES METAMORPHIQUES DES SARCETTES.

( L'observateur regarde vers le Nord ).

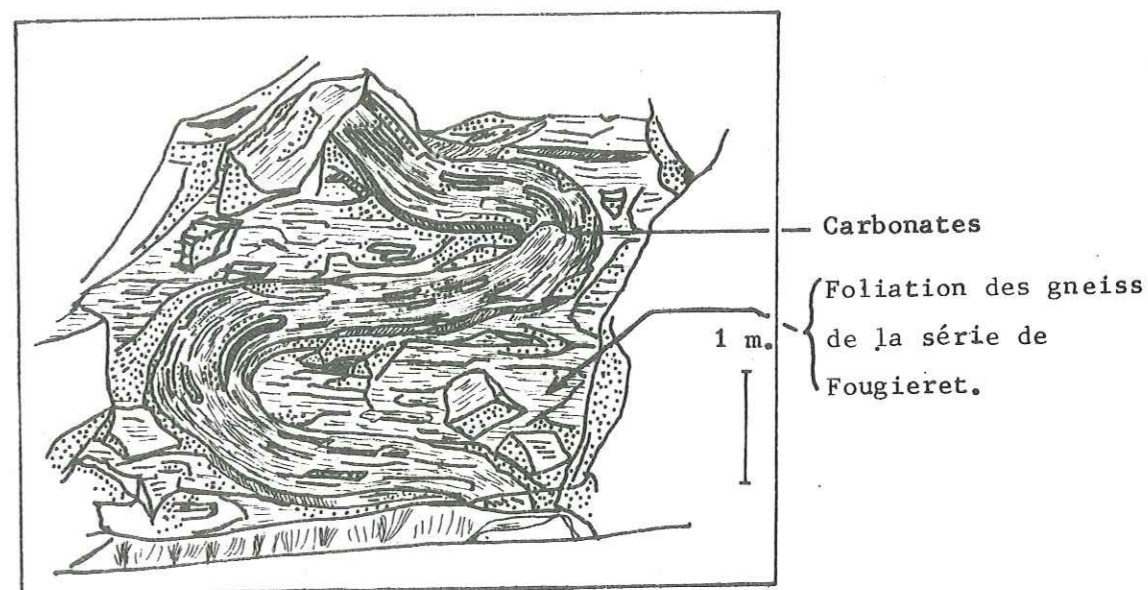
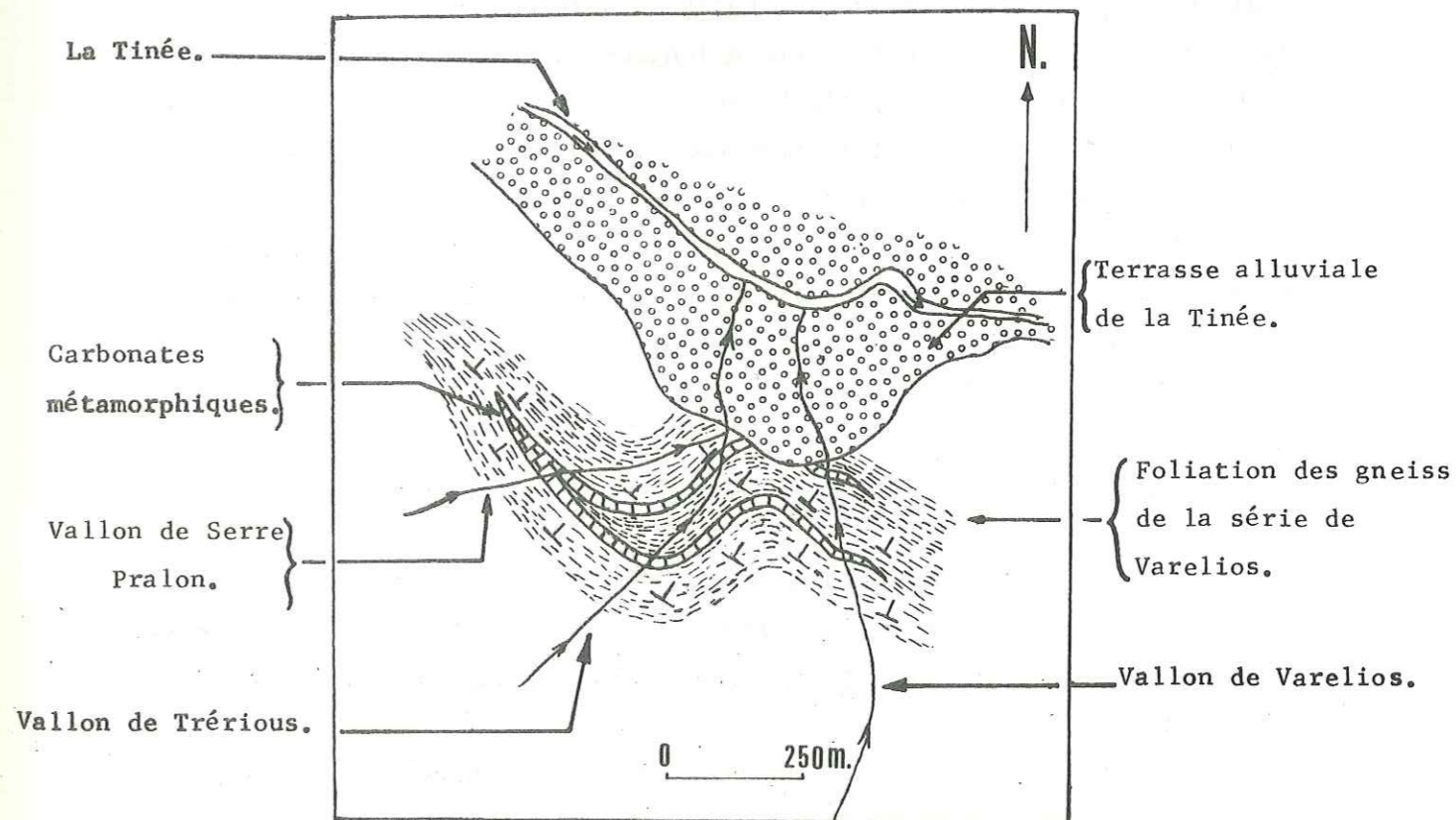


FIG 12 · CARTE GEOLOGIQUE SIMPLIFIEE DES ENVIRONS DE TRERIOUS ( Vallon de Varelios ).

Tous les pendages sont forts. ( entre 65 et 85 degrés ).

Les carbonates métamorphiques dessinent probablement un pli synschisteux.





on ne voit jamais la foliation des gneiss former un pli.

Cet ensemble de faits géologiques me font dire que nous sommes peut-être ici en présence du seul pli synschisteux à moyenne échelle, visible dans la région.

#### 4.5. Surfaces

Nous observons deux séries de faits géologiques apparemment contradictoires.

- La foliation des gneiss est presque toujours parallèle aux limites de bancs.

- Je viens de décrire des déformations synschisteuses. Dans les charnières des plis de cette phase, la foliation des gneiss est plan axial des plis ( donc sécante aux limites de bancs ).

On est donc amené à raisonner ici en termes de transposition de surfaces. Les surfaces  $S$  des carbonates métamorphiques ont été réutilisées en surfaces  $S_2$  tectoniques. Ce phénomène a été très bien expliqué par TURNER et WEISS, p. 182 et 183 de leur ouvrage cité plus haut. Dans le cas du Mercantour, nous serions dans le domaine IV de la fig. 13. S'il en est ainsi, on doit observer sur le terrain une foliation parallèle aux limites de bancs, ce qui est le cas. On doit voir aussi un certain nombre de charnières synschisteuses dont la foliation est plan axial des plis, ce qui est le cas. Enfin on doit observer de longues "lanières" de lithologie différente allongées suivant cette foliation, ce qui est le cas (cf. série d'IGLIÈRE).

On peut donc dire que la transposition de surfaces s'est effectuée partout sauf à l'endroit des charnières synschisteuses.

D'après TURNER et WEISS (et d'autres auteurs aussi) il est possible que toute trace des déformations antérieures ait complètement disparu et qu'il ne subsiste sur le terrain que la foliation  $S_2$ , phénomène général dans le Mercantour.

#### 4.6. Les déformations souples post-schisteuses à petite échelle

Suite aux déformations synschisteuses le socle va subir un certain nombre de déformations post-schisteuses. Elles vont affecter la foliation  $S_2$  des gneiss et déformer à nouveau les bancs de carbonates et des amphibolites.

La région la plus fructueuse pour les observations à cette échelle, est le vallon de Roya. On peut y observer toutes les déformations

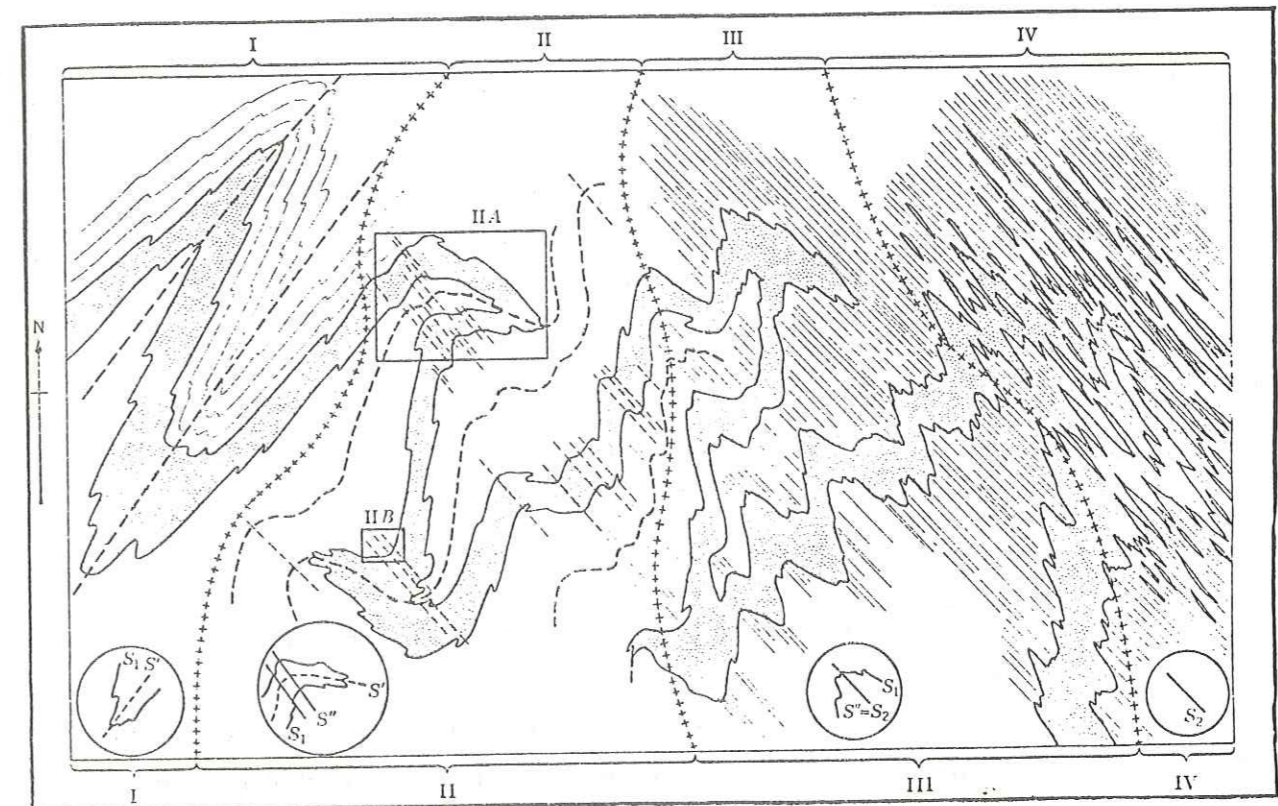


FIG. 13

Diagramme géologique schématisé d'un bâti ( en section plane horizontale ), montrant des plis superposés évoluant vers une transposition des surfaces. Les quatre domaines I à IV montrent les stades successifs de la superposition de plis, dont la trace du plan axial est dirigée au NO, sur des plis antérieurs dont la trace du plan axial est dirigée au NE. La transposition de la surface initiale  $S_1$  ( donnée par les couches en pointillé ), en surface secondaire  $S_2$  est entièrement réalisée, à l'échelle mésoscopique dans le domaine IV.

( D'après Turner et Weiss; Structural analysis of metamorphic tectonites, page 183 ).

Le socle métamorphique du massif de l'Argentiera-Mercantour en serait au stade IV.



visibles dans le reste du socle, plus une phase particulière qui ne se voit qu'à cet endroit.

4.6.1. Les petits plis isoclinaux (selon FLEUTY)

Ces plis ne sont visibles que dans le vallon de Roya (photo F, pl.2). Plis de petite taille (décimétrique), d'orientations diverses, car probablement replissés par des déformations postérieures. Leur géométrie actuelle est la suivante: charnière aigue, bords sub-parallèles, type semblable. Cette phase de déformation ne semble pas schistogène, ni être accompagnée d'une linéation.

4.6.2. Les plis en U (photo C, pl. 2).

Plis isoclinaux à étroits, verticaux, à axe horizontal à sub-horizontale (selon FLEUTY).

Ces plis de taille métrique à décimétrique, visibles dans tout le massif, ont un plan axial sub-vertical, parfois légèrement déversé au S.S.O. Ils sont de type semblable, leurs flancs sont sub-parallèles et leur axe est orienté au O.N.O. avec un plongement faible. Cette déformation n'est pas schistogène.

Sur les flancs de ces plis, on trouve des microplis dont les axes sont orientés au 300-310 N. Ces axes sont parallèles aux axes des plis en U et dessinent une linéation pénétrative à l'échelle du massif. Ceci me fait dire que cette déformation en U est génératrice de la linéation.

4.6.3. Les plis en Z (photo D, pl.2.)

Ce sont des plis de type fermé (close selon FLEUTY), de taille métrique, à plan axial redressé et pendant fortement au N.N.E. L'axe plonge très légèrement au 300-310 N. Style des plis: semblable. Dans le vallon de Roya, le plan axial de ces plis est parfois sub-horizontale.

Les flancs des plis en Z portent aussi la linéation par microfroncs ( axes de microplis). Ils ne la déforment pas, au contraire, les axes des plis en Z et les axes des microplis sont parallèles.

4.6.4. Les plis en S (photo B, pl.2.)

Ces plis sont visibles sur toute la surface du terrain étudié. Leur taille est métrique. Ce sont des plis fermés (close selon FLEUTY). Leur plan axial est redressé et plonge au N.N.E., sauf dans le vallon de Roya, où il est sub-horizontale, avec cependant un très léger plongement dans la même direction. Type du pli: semblable. Les flancs portent aussi la linéation de micro-froncs parallèles à l'axe des plis.

4.6.5. Les plis en M

Ces plis sont surtout bien visibles dans les amphibolites litées du vallon de Roya. Taille métrique, plis fermés (close selon FLEUTY). Type semblable, plan axial: sub-vertical à vertical, axe orienté au 300 N. avec un léger plongement dans cette direction. Les axes des plis en M et les axes des microplis visibles sur les flancs de ces plis sont coaxiaux. Cette déformation n'est pas schistogène.

4.6.6. Succession des déformations souples à petite échelle

Nous sommes donc en présence de cinq types de plis à petite échelle: des plis isoclinaux, des plis en U, des plis en Z, des plis en S, et des plis en M. De manière générale, les plans axiaux des quatre derniers sont redressés et pendent au N.N.E. Les plans axiaux des plis isoclinaux ont une distribution dans l'espace plus dispersée. Sauf pour les plis isoclinaux, on constate que les axes de ces plis sont co-linéaires de la linéation pénétrative à l'échelle du massif, de direction 300-310 N.

Cette coaxialité des axes de microplis et des axes des plis en U, Z, S et M peut être un premier argument pour considérer que ces quatre types de plis sont concomittants. Il n'est cependant pas suffisant. On peut alors se demander quels seraient les interactions entre ces plis s'ils se succédaient dans le temps. S'il en était ainsi, on pourrait voir les plans axiaux des plis précoces déformés par les plis tardifs. Ceci ne s'observe jamais, même dans la région du vallon de Roya, région pourtant particulièrement favorable à l'étude des déformations de petite échelle. Une seule chose est certaine, c'est que les plis en U, Z, S et M sont soit synchrones, soit antérieurs à la linéation, et non postérieurs. En effet, dans ce dernier



cas de figure, la linéation de microplis serait déviée; ceci ne se produit jamais. De tout ceci, il ressort, qu'à petite échelle, il n'est pas possible de dresser avec sûreté une succession dans le temps des déformations ayant créé les plis en U, Z, S et M.

Pour les petits plis isoclinaux, le problème se résoud en partie. Dans le vallon de Roya, on voit les plans axiaux de ces plis déformés par les plis en S et en Z (figures 14 et 15). De cette observation, on peut conclure de manière incontestable que les plis isoclinaux sont antérieurs aux plis en Z et en S. Aucun affleurement ne montre de rapports clairs entre les plis isoclinaux et les plis en M et en U.

4.7. Les déformations souples post-schisteuses à moyenne échelle

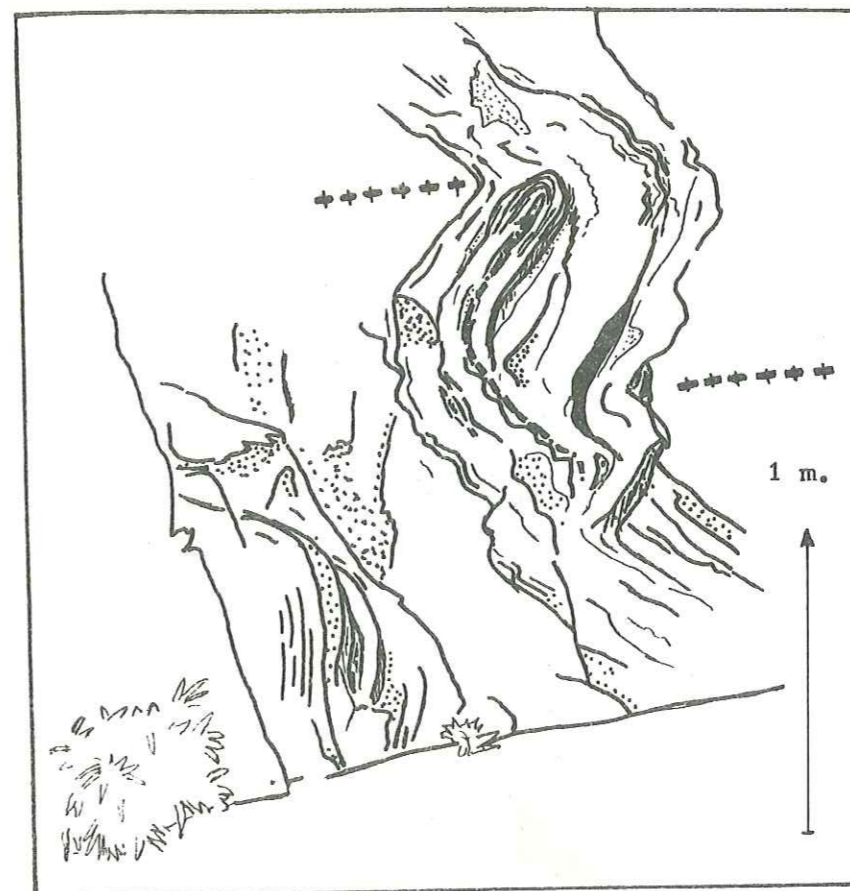
Au-delà d'une certaine échelle, nous entrons dans le domaine des plis non visibles directement sur le terrain, sauf circonstances exceptionnelles. J'ai découvert ces plis par déduction à partir de la carte, par l'étude détaillée des coupes et par l'observation des petites structures.

L'exemple idéal de cette démarche a eu lieu dans le vallon de Roya (fig. 16). Comme je viens de le préciser, il existe là cinq types de plis. Le problème était de savoir quelles étaient leurs relations mutuelles, et leurs liaisons avec de possibles structures de plus grande échelle.


Les limites entre les bancs plongent toutes fortement au N.N.E., et sont parallèles entre elles. Nous observons dans la séquence de la coupe des redoublements de séries avec inversions de polarité. Nous sommes donc en présence soit de structures de tectonique cassante, soit d'un système plissé en antiforme ou synforme isoclinal.

La mise à leur place des petites structures plissées peut nous aider à résoudre le problème. On observe que les plis en S, Z, U et M s'organisent de la même façon que celle découverte puis théorisée par RAMSAY en Ecosse (région du Loch Monar dans le Moinien), à savoir, sur les flancs des plis de grande échelle s'établissent des petits plis "parasites" et concomittants des plus grands. Ces plis dessineront des Z sur un flanc et des S sur l'autre. Au niveau de la charnière de plus grande échelle, on trouvera des petits plis en M ou W. Il est à remarquer que quelles que soient les positions relatives de l'observateur et des plis de petite échelle, un pli en S restera en S, un pli en Z restera en Z et un pli en M pourra devenir un pli en W. On peut aussi remarquer qu'un pli en W ou en M partiellement

FIG 14



EXEMPLES DES RELATIONS ENTRE LES PLS A PETITE ECHELLE.. ( L'Est est en face de l'observateur ).

-  Trace du plan axial des plis en Z et en S.
-  Trace du plan axial des plis isoclinaux.
-  Cassure.

PETIT PLS ISOCLINAL REPLISSE PAR UN PLS EN Z ( vallon de Roya ). On peut remarquer le grand nombre de microplis sur les flancs du pli en Z, FIG 15

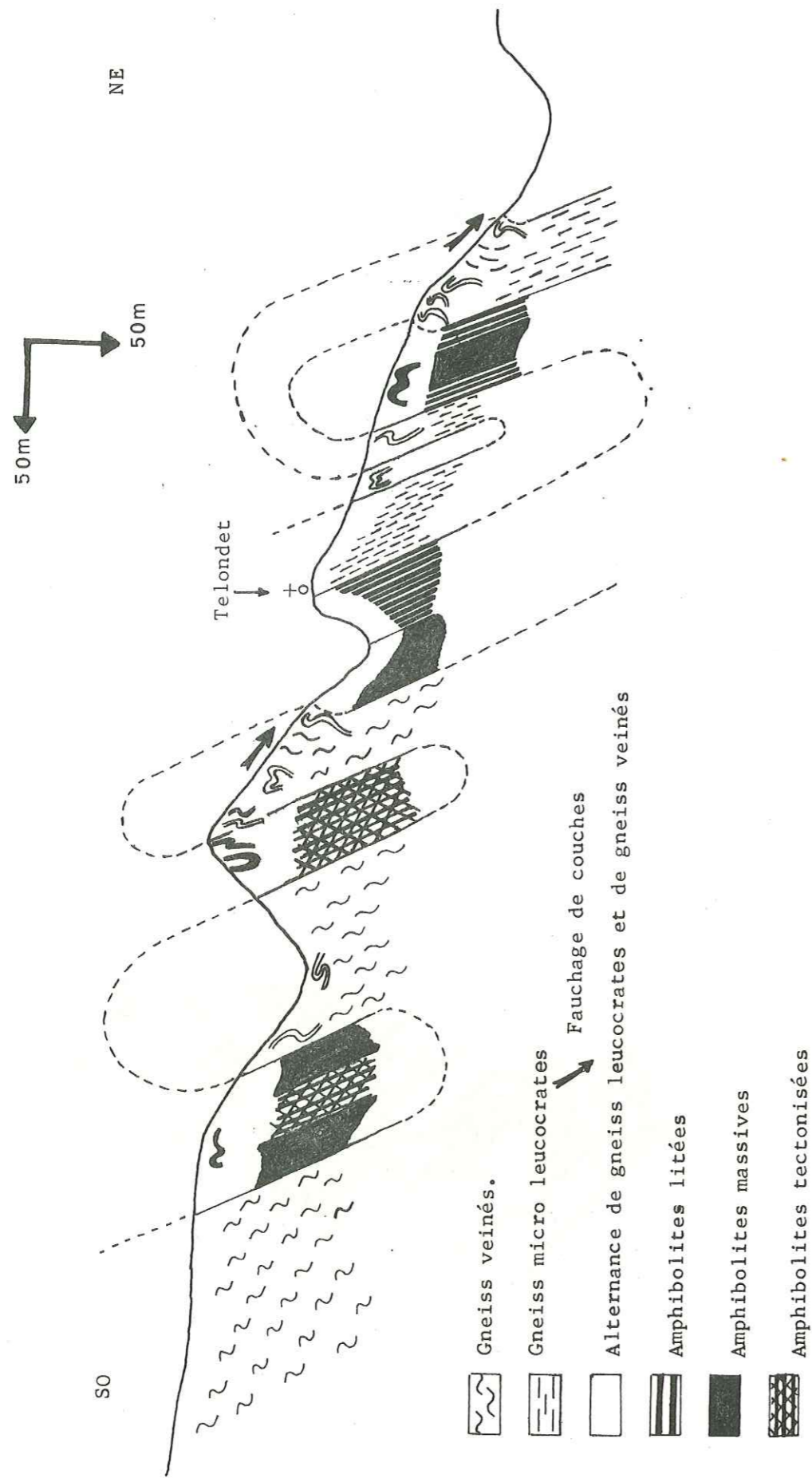


PETIT PLS ISOCLINAL REPLISSE PAR UN PLS EN S ( vallon de Roya ).



FIG 16 RELATIONS ENTRE LES PETITS PLIS ( en S, en Z, en U et en M ) ET LES PLIS D'ECHELLE MOYENNE DANS UNE PARTIE DU VALLON DE ROYA ( zone médiane ).

Le style des plis d'échelle moyenne est inconnu. Les petits plis ont une dimension moyenne de 1 mètre. Ils sont grossis sur cette figure. Leurs styles et leurs positions sont respectés.



visible pour des raisons diverses, pourra, parfaitement dessiner un U.

En reprenant la succession lithologique dessinée sur la coupe, on peut voir que dans les *gneiss micro-leucocrates* de la base du vallon se trouvent des plis en S. Dans les *amphibolites massives* directement associées, se trouvent des plis en M (typiques de la charnière de grande échelle selon RAMSAY), et dans les *gneiss micro-leucocrates* qui suivent, des plis en Z (deuxième flanc d'un pli de grande échelle?). Dans toute cette coupe, chaque fois que la lithologie me faisait penser que j'étais dans le coeur de pli de grande échelle, j'ai trouvé des plis en M ou en U. A chaque fois que j'estimais être dans un flanc de pli, j'ai trouvé des plis en S ou Z.

Cet ensemble d'arguments, qui vont tous dans le même sens, me fait dire que dans le vallon de Roya existent des plis isoclinaux d'échelle hectométrique légèrement déversés au S.S.O. Les plans axiaux de ces plis doivent pendre fortement au N.N.E. Si on suit le raisonnement de RAMSAY, les plans axiaux de petits plis doivent être parallèles aux plans axiaux de grands plis. Ceci se vérifie pour les plis en M et en U. Par contre, j'ai déjà précisé que les plans axiaux des plis en S et en Z sont souvent, dans cette région, sub-horizontaux. J'attribue cette particularité à des fauchages de couches locaux. Toujours selon RAMSAY, l'axe des grands plis isoclinaux doit être parallèle aux axes des petits plis, c'est-à-dire orientés au N.O. avec un plongement léger dans cette direction. Le type des grands plis doit être légèrement semblable par analogie avec les petits plis. Je dois préciser que je n'ai jamais vu la charnière des grands plis, ne m'étant pas aventuré dans les parois rocheuses bordant les rives de ce petit ruisseau, descendant du hameau de Roya. Sur la figure 16, le style des plis d'échelle moyenne ne m'étant pas connu avec précision, je me suis contenté de le dessiner avec la géométrie la plus simple possible.

Si l'on s'en tient au raisonnement de RAMSAY, on constate que les grands plis isoclinaux (hectométriques) et les petits plis en Z, S, M et U sont concomittants. J'ai déjà démontré que les petits plis isoclinaux (décimétriques à métriques) sont antérieurs aux plis en S et en Z. On peut donc poser en conclusion que les petits plis isoclinaux sont les plus précoces (mis à part les déformations synschisteuses) et sont très probablement antérieurs à tous les autres.



On peut remarquer, que dans la région du vallon de Roya, existe une relation très claire entre les plis de petite échelle et les plis d'échelle moyenne. On peut se poser la question de savoir si la phase de déformation génératrice des plis en Z, S, M, U et des plis d'échelle moyenne isoclinaux, existe dans d'autres régions.

On sait d'une part que la linéation par microplis synchrone des plis en U, donc aussi des plis en Z, S, M ainsi que des plis d'échelle moyenne isoclinaux, est pénétrative à l'échelle du massif. De plus, elle garde toujours la même direction et le même plongement.

D'autre part, dans tout le massif, on trouve, épars sur la surface étudiée, des plis en U, en S et en Z. Ces petits plis sont aussi porteurs sur leurs flancs de la linéation par micro-fronces. Cette linéation est parallèle à leur axe. Au pendage des plans axiaux près, les petits plis du vallon de Roya et les petits plis visibles dans le reste du massif ont les mêmes caractéristiques.

Les conditions d'affleurement exceptionnellement bonnes dans le vallon de Roya, sont nettement plus médiocres ailleurs. La lithologie est plus monotone, les bancs repères sont rares. Les petits plis sont peu fréquents, ce qui ne me permet pas de suivre la même démarche que dans le vallon de Roya.

Toutefois, la présence constante de la linéation, son orientation toujours la même, la présence des plis à petite échelle identiques à ceux du vallon de Roya, me font dire que cette déformation a affecté toutes les roches métamorphiques du socle dans la région étudiée. Les modalités de la déformation ont du être à peu près identiques à celles définies dans le vallon de Roya. Ceci n'est qu'une hypothèse, mais la démonstration stricte de l'existence de cette phase, ailleurs que dans le vallon précité, ne peut être apportée.

4.8. Relations entre les plis post-schisteux d'échelles différentes

Dans l'étude de ces déformations, nous avons pu traverser trois niveaux d'organisation différents. J'ai trouvé des plis centimétriques dont les axes forment la linéation (microplis), des plis métriques (petits plis), et des plis hectométriques (plis moyens). Les relations spatiales entre les petits plis isoclinaux et les déformations postérieures sont mal aisées à établir. La mise en place de ces plis dans la coupe du

FIG. 17 RELATIONS ENTRE LES PETITS PLIS ISOCLINAUX ( métriques ), ET LES PLIS D'ECHELLE MOYENNE DANS UNE PARTIE DU VALLON DE ROYA ( zone médiane ).

Le style des plis d'échelle moyenne est inconnu. Les petits plis ont une échelle décimétrique.

Les petits plis isoclinaux sont grossis sur cette figure. Leur style et leurs positions sont respectés.

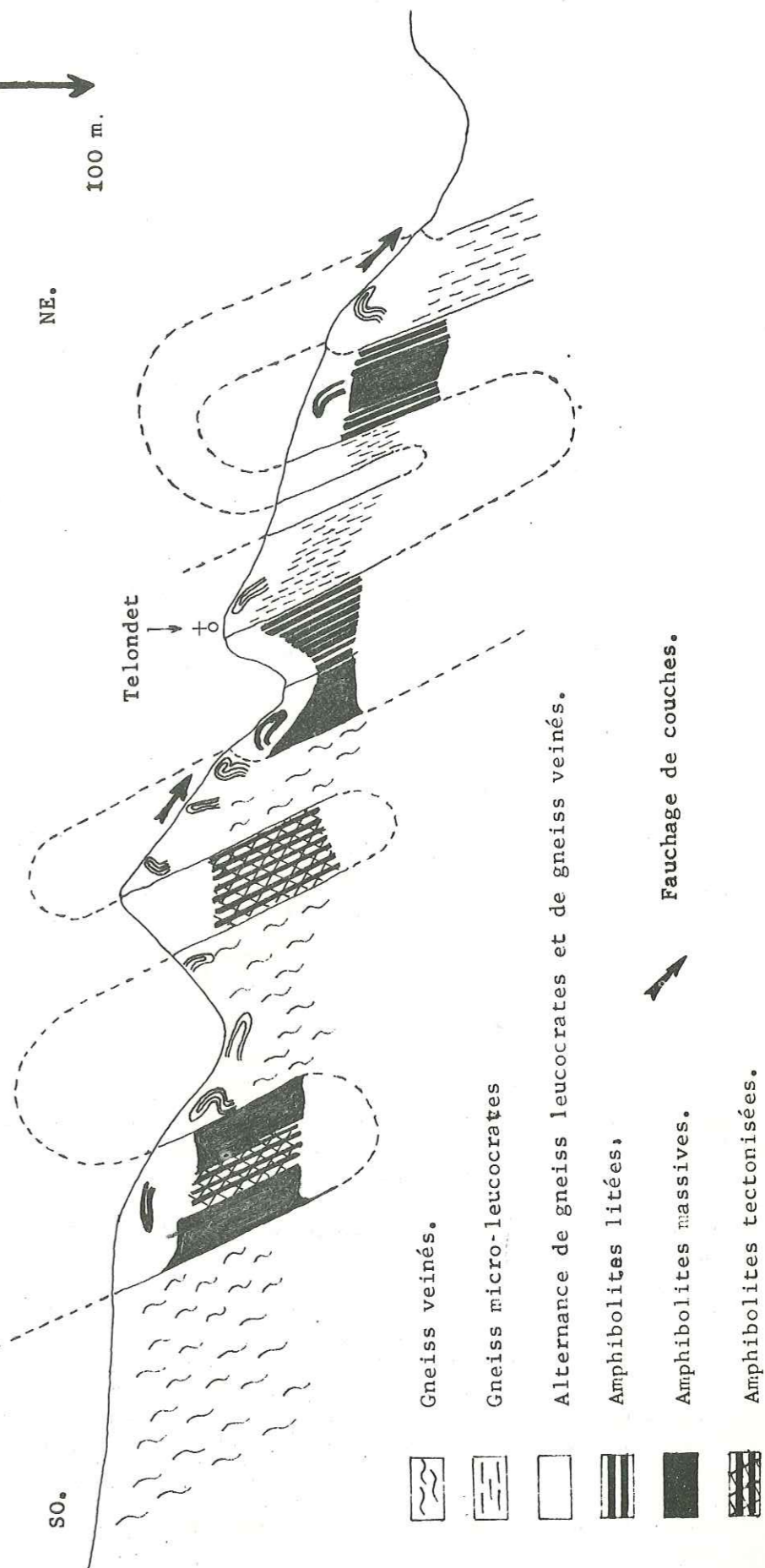
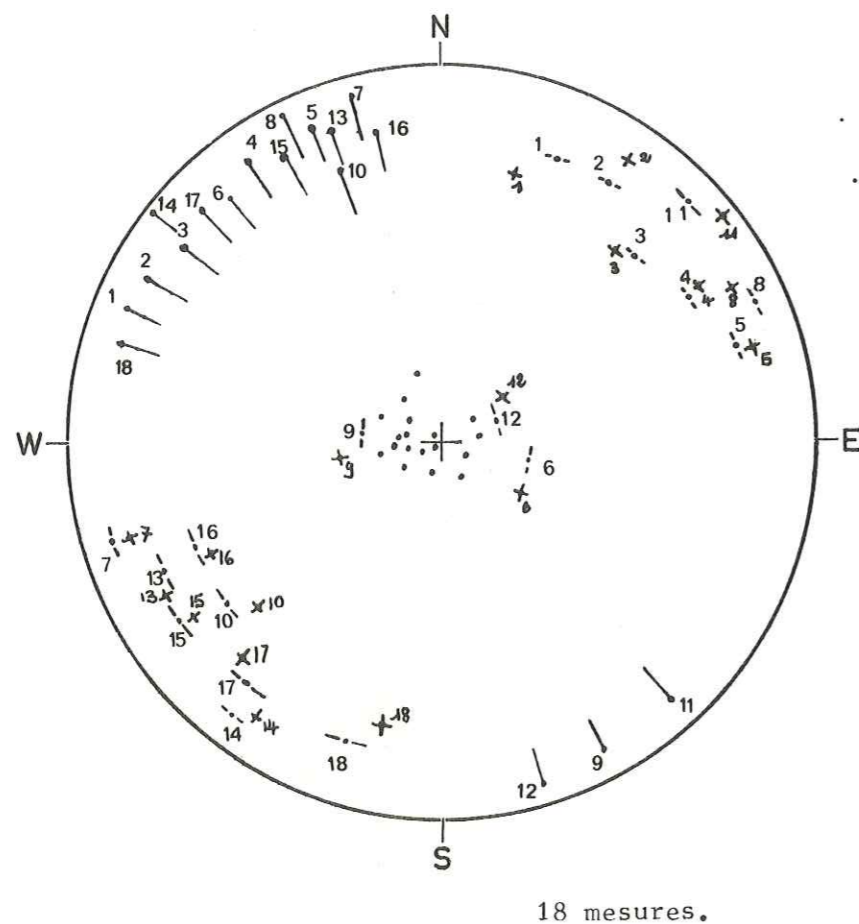




Fig 18. POSITION DES POLES DES PLANS AXIAUX DES PETITS PLIS ISOCLINAUX  
 APRES DEPLIAGE DES PLIS ISOCLINAUX D'ECHELLE MOYENNE.  
 ( Projection équivalente de la demi sphère inférieure : réseau de Schmidt )



- ⊙ Plan axial des petits plis isoclinaux ( pôle ) avant dépliage.
- Axe des petits plis isoclinaux avant dépliage.
- x Foliation ( pôle ) avant dépliage.
- Pôle des plans axiaux des petits plis isoclinaux après dépliage des plis isoclinaux d'échelle moyenne.

Le dépliage des plis isoclinaux d'échelle moyenne s'est fait en plusieurs phases/

- Mise à l'horizontale des axes.
- Mise à la verticale des plans axiaux.
- Mise à l'horizontale des flancs des plis.

Ces trois manipulations résultent de trois hypothèses ( axes horizontaux, plans axiaux verticaux et surtout, horizontalité de la foliation avant les plis isoclinaux d'échelle moyenne ).

Les petits plis isoclinaux étaient à plan axial horizontal avant les grands plis isoclinaux.

vallon de Roya (fig.17 18) ne m'a pas permis de trouver une correspondance, à échelle moyenne, de cette phase. Une étude de petite tectonique plus poussée pourrait, peut-être, permettre de cerner pour cette phase des structures à cette échelle.

Pour les déformations postérieures (microplis, plis en Z, en S, en U et en M, plis hectométriques isoclinaux), quand on change d'échelle, on remarque que:

- les axes des plis sont tous parallèles entre eux.
- les plans axiaux sont aussi parallèles entre eux (sauf dans le vallon de Roya, où une divergence de directions entre les plans axiaux des plis en Z et S et les plans axiaux des autres plis de cette phase, est due à des phénomènes très localisés de fauchage de couches).
- les styles changent complètement (fronces symétriques à l'échelle micro, styles variés à petite échelle et style isoclinal à échelle moyenne).

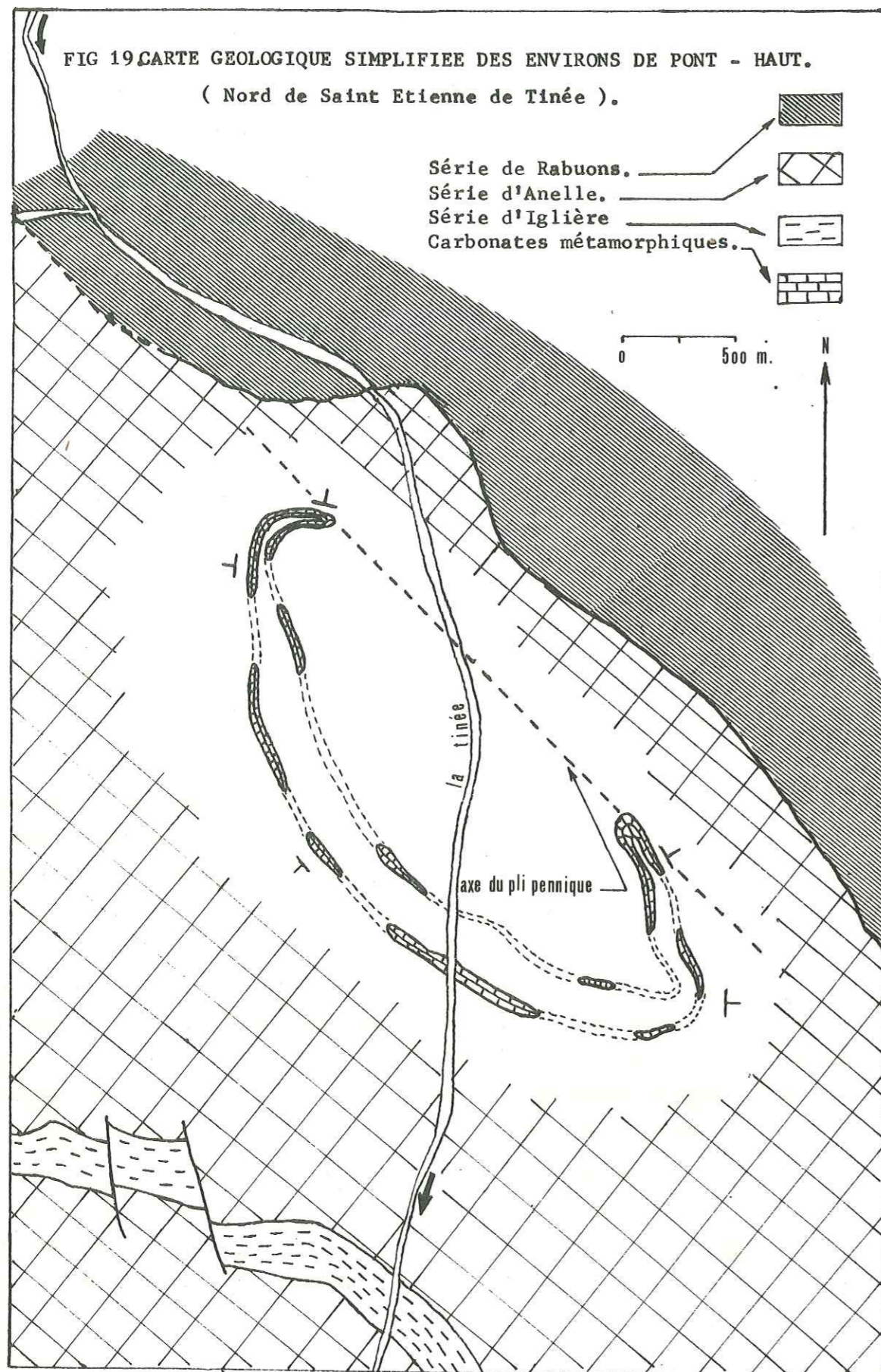
#### 4.9. Les déformations souples post-schisteuses et à grande échelle

##### 4.9.1. Virgation de la La Blache

La simple lecture de la carte des pendages des objets géologiques planaires (foliation des gneiss, limites de bancs, plans axiaux de plis), et des objets géologiques linéaires (linéation de fronces, linéation d'alignement de minéraux, axes de plis) montre dans la région de La Blache une grande virgation des structures. La série d'ANELLE qui, en amont de La Blache affleure au-dessus de la série de FOUGIERET, est amenée brutalement au niveau de la Tinée en aval du hameau. Les foliations et les limites de bancs ont dans cette région une extension latérale N.-S. La linéation a cette même orientation. Les semelles de schistes gréseux triasiques, fichés dans le socle à la limite des séries d'ANELLE et de FOUGIERET participent aussi à cette structure.

Je ne préciserai pas ici la géométrie exacte de cette virgation, l'orientation des axes et le pendage des plans axiaux. Ces précisions pourraient être apportées par des manipulations sur diagrammes stéréographiques. Je ne l'ai pas fait, considérant ceci comme très secondaire.





D'après S. BOGDANOFF.

#### 4.9.2. Le pli pennique

Au nord de Saint-Etienne de Tinée, S. BOGDANOFF a trouvé les traces d'un grand pli pennique post-schisteux dont les flancs sont jalonnés par un banc de carbonates métamorphiques (fig. 19 ). Ce pli déversé au N.E., d'amplitude pluri-kilométrique a un axe plongeant de  $5^\circ$  en moyenne au N.N.O. S. BOGDANOFF a pu prouver qu'il était antérieur aux plis en U, c'est-à-dire dans ma région, antérieur à la déformation ayant donné les plis isoclinaux d'échelle moyenne (entre les plis en U de S. BOGDANOFF et les plis en U de ma région, l'identité est totale, aussi bien de style que de pendages de plans axiaux, que de directions d'axe). Les plis en U décrits par S. BOGDANOFF sont aussi synchrones de la linéation orientée au 300-310 N. Je crois que dans ces conditions on peut faire dériver ces plis de la même phase de déformation.

Pour des raisons de cylindricité, on peut envisager de prolonger cette structure pennique vers le S.E. L'axe de ce pli semble parallèle à la série d'IGLIÈRE sur la plus grande partie de son trajet. Son axe plonge au N.N.O. En conséquence, dans la région que j'ai étudiée, on peut raisonnablement considérer que l'axe se trouve nettement au-dessus de la surface du sol. Je ne pourrai donc pas voir la charnière de ce pli:

Quels sont, dans ma région, les arguments favorables ou défavorables à la présence de cette structure?

- Arguments défavorables: on ne voit pas de charnière de grande échelle. J'ai déjà expliqué la cause de ce manque plus haut. On n'observe pas de répétitions de séries de chaque côté de l'emplacement supposé de la charnière (celle-ci devrait se trouver au N.E. de la série d'IGLIÈRE par analogie avec la géométrie décrite par S. BOGDANOFF). Ceci peut s'expliquer si on conçoit un passage latéral entre d'une part, le complexe de ROYA, les séries de VARELIOS, de FOUGIERET et d'ANELLE et d'autre part la série de RABUONS.

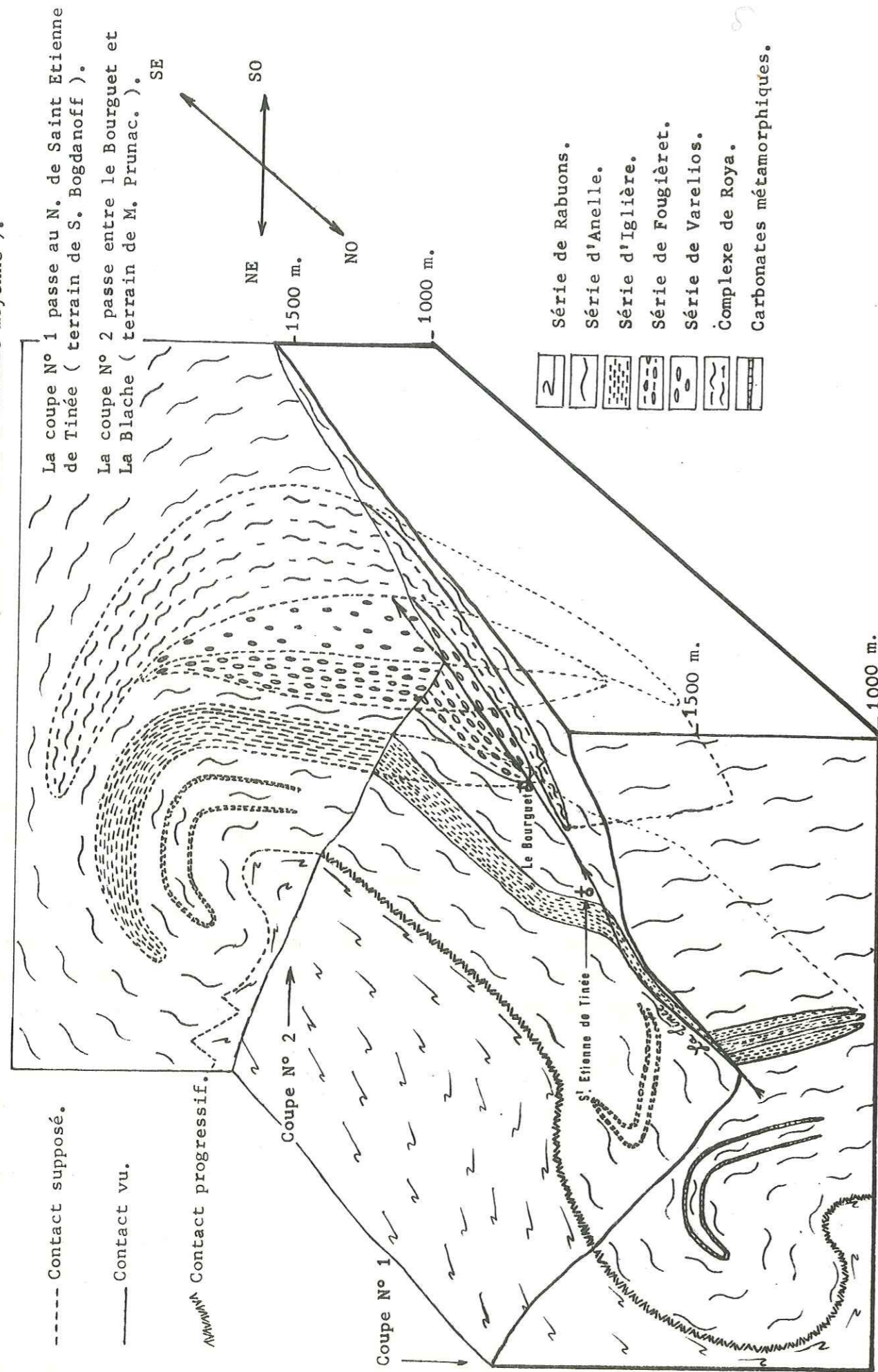
- Arguments favorables: la géométrie générale du massif est identique dans la région d'Isola et dans la région de Saint-Etienne de Tinée, région où S. BOGDANOFF a démontré de manière irréfutable l'existence du pli pennique (mêmes successions lithologiques, mêmes pendages de foliation, mêmes linéations).

Ce pli pennique est post-schisteux, et antérieur aux plis en U. Nous avons vu, qu'à petite échelle existe dans la région que j'ai étu-



FIG. 20 ESSAI DE RECONSTITUTION DE LA STRUCTURE DE LA VALLEE DE LA TINÉE.

( après le pli pennique et les plis isoclinaux d'échelle moyenne ).



diée des plis post-schisteux et antérieurs aux plis en U. Ce sont les petits plis isoclinaux. Cette phase de plis à petite échelle pourrait être équivalente au pli pennique. Ceci n'est bien sûr qu'une hypothèse, puisque nous avons vu que d'un niveau d'organisation à un autre les styles de plis peuvent changer. Cependant, nous avons ici deux types de plis, un à petite échelle, un autre à grande échelle qui proviennent de phases de déformation souple encadrées dans le temps par les mêmes événements géologiques (déformation synschisteuse avant et plissements en U après). Je m'estime donc en droit de poser comme hypothèse que le pli pennique et les petits plis isoclinaux sont issus de la même phase de déformation.

De tout ceci, je conclus à la présence probable du pli pennique dans la région que j'ai étudiée. Ce pli correspondrait à un important raccourcissement du massif suivant la direction S.O.-N.E. Ce raccourcissement aurait été ensuite accentué par la phase de plis isoclinaux d'échelle moyenne. La figure 20 est une interprétation de la géométrie du massif après cette dernière phase.

4.9.3. La discordance permo-triasique (photo E, pl. 2).

Dans le vallon d'Auron, les schistes gréseux rouges et lie-de-vin du Permien inférieur sont affectés d'un débit décimétrique qui vient buter sur les schistes gréseux du Trias.

Le débit du Permien inférieur pend verticalement avec une extension latérale E.-O. Les schistes gréseux du Trias sont, dans ce cas précis, horizontaux. La foliation des gneiss pend de 80° au N.E. Nous avons donc sur une petite surface une superposition spatiale de trois objets géologiques planaires avec des pendages différents.

Dans le socle, l'objet planaire est une foliation. Dans le Trias, cet objet est une stratification. Dans le Permien, le doute quant à la nature du débit est possible. Si ce débit correspond à la stratification des schistes, nous avons à faire ici à des discordances entre, d'une part les gneiss et les schistes gréseux du Permien, et d'autre part entre les schistes gréseux du Permien et ceux du Trias. Si ce débit est une schistosité, on constate que la divergence de pendages entre celle-ci et la foliation des gneiss est trop importante pour être attribuée au phénomène bien connu de réfraction des schistosités dans deux terrains différents. La foliation des gneiss et le débit des terrains permien ne peut



en aucun cas être le résultat d'un seul évènement géologique. Dans ce cas, nous avons aussi une discordance entre les gneiss du socle et les terrains permien et de manière probable, une discordance entre les terrains permien et les terrains triasiques.

Dans les deux cas de figure, je peux dire qu'il s'est produit des mouvements avant le Permien et entre le Permien et le Trias. Pour ces derniers, je ne retrouve pas de traces spécifiques dans les gneiss du socle.

4.10. Synthèse sur les déformations souples des gneiss de l'Argentera.

En suivant l'ordre chronologique des plus anciennes phases de déformations aux plus récentes, j'ai observé:

- Une phase de déformation synschisteuse, se manifestant par des plis synschisteux de petite taille, par l'établissement d'une foliation  $S_2$  parallèle à la surface de stratification originelle, phénomène de transposition de surface, et probablement par un découpage en lanières allongées de tout le bâti.

- Une phase de déformation donnant naissance à des plis isoclinaux de petite échelle accompagnant peut-être la formation du grand pli pennique déversé au N.E. décrit par S. BOGDANOFF.

- Une phase de déformation se traduisant par des plis de trois échelles différentes. A l'échelle centimétrique, des microplis dont les axes forment la linéation pénétrative à l'échelle du massif suivant la direction 300-310 N. et avec un faible plongement à l'O.N.O. A l'échelle métrique, des petits plis en Z, S, M et U. A échelle moyenne, des plis isoclinaux hectométriques légèrement déversés au S.O.

- Une phase de déformation à grande échelle, génératrice de la virgation de La Blache. L'âge réel de cette déformation est difficile à déterminer. De toutes manières, elle est postérieure aux phases citées ci-dessus puisque la linéation est déviée à cet endroit et y prend une orientation N.-S.

- Un épisode de mouvements post-Permien inférieur et ante-Werfénien, se traduisant par une discordance angulaire entre les terrains

permien et triasiques dans le vallon d'Auron.

4.11. La tectonique cassante

On connaît les difficultés qu'il y a, en pays cristallin, à mettre en évidence les failles ou les contacts tangentiels. Cependant, dans cette partie du massif, le travail a été rendu plus aisé par les affleurements des grès triasiques fichés dans le socle, qui peuvent jaloner les accidents cassants.

4.11.1. Les grès triasiques et leurs relations avec les gneiss

Comme on peut le voir dans deux coupes du versant gauche de la Tinée (vallon de La Blache et vallon de Fougieret), ces grès recouvrent des gneiss et sont à leur tour surmontés par des roches métamorphiques. Deux solutions sont possibles:

- La structure est plicative, le Trias gréseux formant des synclinaux pincés dans le cristallin encaissant. Cette solution est envisagée par A. FAURE-MURET (Cr. Acad. Sc. Paris, T.224, 1947, P.205-207). Cet auteur interprète les structures comme des synclinaux aigus, à fond effilé, dont les flancs inverses sont laminés et même parfois inexistants. Les parties hautes de ces plis sont déversés au S.O. La discordance entre les grès et les gneiss serait faible. Les roches cristallines dessinent aussi des plis couchés autour de ces affleurements de Trias.

- La structure est cassante, thèse défendue par R. MALARODA (Osservazioni e considerazioni sulla tettonica del cristallino del massiccio dell'Argentera, Alpi Marittime. In: Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, vol.29, 1973.). Ces affleurements triasiques seraient des "coins" dans le socle. La couverture sédimentaire aurait été littéralement sucée par des mouvements verticaux des gneiss, mouvements en "touches de piano". Ces mouvements seraient d'âge triasique.

Ces deux thèses sont absolument contradictoires. Celle de A. FAURE-MURET implique des déformations souples d'âge post-triasique très intenses, puisqu'elles peuvent évoluer jusqu'au pli couché dans les gneiss, ceci à échelle moyenne. La théorie défendue par R. MALARODA est en retrait sur ce point particulier puisque, au niveau du socle, elle ne fait intervenir que des mouvements cassants verticaux.



Quelles sont mes observations sur ce point particulier?

- La discordance entre les terrains triasiques et les gneiss est, de manière générale, faible. Cependant, j'ai pu observer, à l'est de La Blache, une discordance à 70° entre ces deux termes (pendage des gneiss 80° au N.E., pendage des schistes verts triasiques immédiatement au dessus 10° au N.E.), voir fig. 21 .

- Je n'ai jamais observé d'inversion de polarité dans les terrains triasiques.

- A la limite entre les grès schisteux et les gneiss du socle existent des zones d'épaisseur variable écrasées et laminées.

- La foliation des gneiss semble, ainsi que le décrit A.FAURE-MURET, esquisser une flexure dans les "parties hautes" des structures. Ces flexures ont un axe horizontal. Cependant, il est à remarquer que ces déformations des terrains triasiques et des gneiss associés se font, quelle que soit l'orientation spatiale des affleurements, vers la vallée, dans la ligne de plus grande pente de la topographie. Contrairement à A.FAURE-MURET, j'interprète ces phénomènes comme le résultat de fauchage de couches et non comme un déversement des plissements.

- J'ai pu observer une seule fois un affleurement de terrains triasiques dans toutes ses dimensions (au nord du hameau de La Blache, lieu-dit La Buisse, fig. 22 ). Ces grès triasiques sont très écrasés mais permettent cependant de repérer leur stratification. Elle est verticale et son extension latérale est orientée N.O.-S.E. La foliation des gneiss encaissants pend faiblement au S.O. A la base de la structure, cette foliation n'esquisse pas de charnière mais, au contraire, se redresse pour plonger au coeur des gneiss suivant un pendage de 80° au N.E. De plus, les gneiss placés sous les schistes gréseux triasiques font partie de la série de FOUGIERET, ceux qui les surmontent font partie de la série d'ANELLE.

De toutes ces observations, je conclus que nous n'avons jamais à faire à des structures plicatives, mais plutôt comme le précise R.MALARODA à des structures cassantes du socle ayant entraîné à leur suite des morceaux de la couverture sédimentaire.

4.11.2. La tectonique cassante à l'échelle du massif

En observant les "coins" de Trias décrits ci-dessus, on constate immédiatement qu'ils sont systématiquement situés à la limite entre

DEUX EXEMPLES DES RELATIONS ENTRE LES ROCHES METAMORPHIQUES DU SOCLE ET LES SCHISTES ET GRES DU TRIAS.

L'Est est en face de l'observateur dans les deux cas.

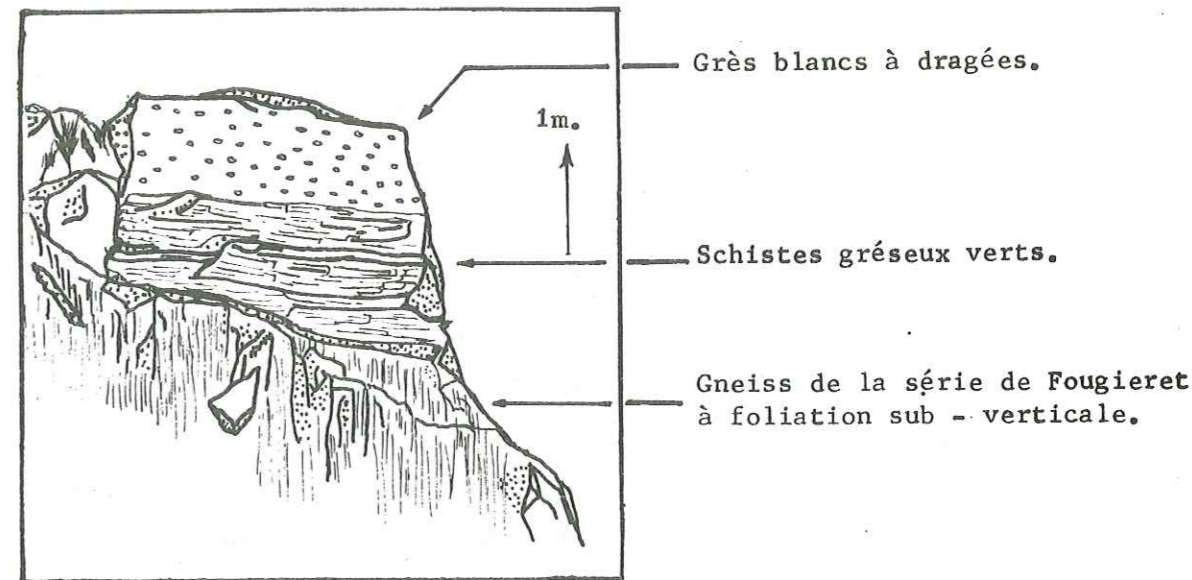


FIG 21 250 mètres à l'Est de La Blache. Une discordance angulaire est bien visible entre les gneiss à foliation sub - verticale et les schistes et les grès triasiques à stratification sub - horizontale.

Gneiss de la série d'Anelle. à foliation oblique. Grès blancs du Trias. stratification sub - verticale. Gneiss de la série de Fougieret. à foliation sub - horizontale.

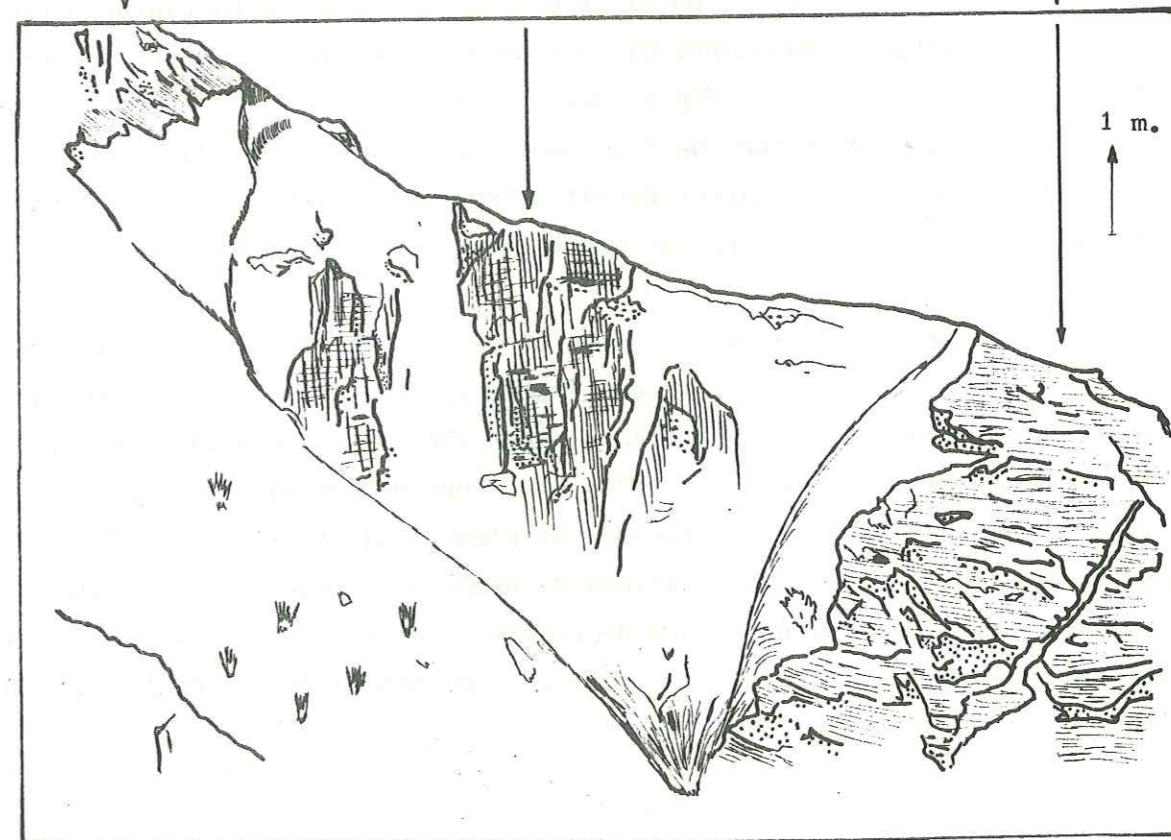


FIG 22 Région de La Blache Haute ( La Buisse ).



les séries d'ANELLE et de FOUGIERET. On les suit de manière non continue sur quatre kilomètres au moins. L'existence d'une " zone de faiblesse " du socle à cet endroit est donc incontestable. Le trajet de cette structure cassante indique qu'elle est verticale ou sub-verticale. Nous sommes donc en présence, dans ce cas particulier, d'une grande faille dont j'ignore le sens et l'amplitude du jeu.

On peut se demander si cette faille verticale ne fait pas partie du même système d'accidents cassants que celui décrit par R.MALARODA et S. BOGDANOFF au nord de Saint-Etienne de Tinée. Dans cette région existent des contacts tangentiels sub-horizontaux qui font chevaucher les gneiss sur les grès triasiques. Le chevauchement s'est fait du N.E. vers le S.O. On sait que ces accidents tangentiels se redressent fortement dans la région de leur origine. Il est donc possible de considérer que l'accident cassant, vertical dans ma région, s'horizontalise vers le sud et fait partie du même système de tectonique cassante tangentielle alpine décrit au nord de Saint-Etienne de Tinée

4.11.3. Les accidents tardifs

En suivant les affleurements de grès triasiques décrits ci-dessus, on constate que ceux-ci sont parfois décalés les uns par rapport aux autres. Ceci est bien visible dans la région de La Blache Haute et dans le vallon de Mayssenc. Le sens de déplacement des lèvres de ces failles et l'amplitude des déplacements sont impossibles à déterminer avec sûreté. La seule précision que l'on peut apporter est que ces failles sont postérieures au grand accident décrit précédemment puisque celui-ci est décalé. L'allongement latéral de ces failles est orienté N.N.E.-S.S.O.

Dans les gneiss, on observe souvent des solutions de continuité à petite échelle. Ce sont des fractures, sans déplacement apparent, de longueur moyenne métrique et de largeur variant entre 5 et 10 cm. Leur orientation semble quelconque. Elles sont souvent remplies de Quartz et de Chlorite en cristaux microscopiques. Je n'en ai pas fait l'étude détaillée, mais par analogie avec les résultats de nombreux auteurs dans les Alpes, je considère que ces fractures sont des fentes alpines. Celles-ci sont caractéristiques de la tectonique cassante de l'orogénèse alpine dans les socles hercyniens ou plus anciens de la chaîne des Alpes.

4.12 Réponses aux questions posées en tête de chapitre

*Structure exacte de la série d'IGLIERE (cf. 4.2.1.)*

Grâce à la découverte de la transposition des surfaces  $S_1$  en surfaces  $S_2$ , il devient beaucoup plus facile d'interpréter la signification de la structure de cette série et surtout de comprendre les modalités de sa terminaison orientale au nord d'Isola.

On constate là, que les foliations de la série d'ANELLE et de la série d'IGLIERE restent parallèles entre elles et qu'elles n'esquissent pas la charnière que l'on pourrait imaginer dans cette terminaison. L'hypothèse du pli à axe plus ou moins vertical et au plan axial raide pouvait éventuellement être avancée au vu des deux bandes de *gneiss oeuillés veinés* qui partagent cette série en trois masses principales dissymétriques de *gneiss leucocrates*. Il est difficile de prendre cette hypothèse en considération car on n'observe pas de répétition de série. De plus, les deux bandes de *gneiss oeuillés veinés* de la série d'IGLIERE passent latéralement dans la série d'ANELLE.

On est amené à expliquer cette terminaison comme étant une des conséquences du phénomène de transposition de surfaces et du découpage du massif en longues lanières (comme l'expliquent TURNER et WEISS, fig.13.)

*Fermeture occidentale des séries de VARELIOS et de FOUGIERET (cf.4.2.2.)*

Nous avons vu que ces deux séries deviennent de plus en plus étroites au fur et à mesure que l'on progresse du S.E. au N.O. Nous savons que le contact entre la série d'ANELLE et la série de FOUGIERET est de nature tectonique faillée.

Dans cette région, on observe un parallélisme rigoureux des foliations entre les séries de VARELIOS, d'ANELLE et de FOUGIERET. Dans ce cas, comme dans celui de la terminaison Est d'IGLIERE, nous ne pourrions donc pas faire intervenir de structures plissées à axe redressé. Force nous est donc de faire encore intervenir ici un passage latéral entre d'une part, les séries de VARELIOS et de FOUGIERET, et d'autre part, la série d'ANELLE. La nature de ce passage latéral peut être le résultat du phénomène de transposition de surfaces. Il peut aussi être de nature métamorphique, lithologique ou autre.



4.13 Age des différentes déformations

J'attribue à l'orogénèse alpine:

- Les mouvements verticaux du socle, ayant entraîné à leur suite les terrains sédimentaires du Trias.
- La grande faille verticale séparant les séries d'ANELLE et de FOUGIERET (si celle-ci fait partie du même système de tectonique cassante que les accidents tangentiels du nord de Saint-Etienne de Tinée, auxquels R.MALARODA attribue un âge alpin tardif.)
- Les petites failles d'extension latérale N.N.E.-S.S.O.; décalant l'accident décrit ci-dessus.
- Les "fentes alpines".

J'attribue à l'orogénèse hercynienne:

- Les mouvements entre le Permien et le Trias (discordances entre ces deux ensembles).
- Toutes les déformations plicatives post-schisteuses ( les terrains sédimentaires permien étant discordants sur le socle), sauf, peut-être la virgation de La Blache, pour laquelle je suis incapable de déterminer avec précision l'âge, bien que j'incline à penser qu'elle soit hercynienne.

J'attribue à une orogénèse plus ancienne, sans plus de précision:

- Les déformations synschisteuses et le phénomène de transposition de surfaces. Dans ce cas non plus, je n'ai pas d'arguments décisifs en ce sens, mais on peut remarquer que TURNER et WEISS font de cette transposition l'aboutissement ultime de toute une série de phases plicatives (au moins deux phases.) On peut dans ce cas poser l'hypothèse de l'appartenance des déformations synschisteuses et de la transposition des surfaces à une orogénèse ante-hercynienne, les traces des déformations précédentes ayant complètement disparu.

Pour conclure ce chapitre, j'estime utile de résumer tous ces résultats en un tableau, essai de chronologie relative et absolue des déformations du massif de l'Argentera-Mercantour, dans la région d'Isola.

ESSAI DE CHRONOLOGIE RELATIVE ET ABSOLUE DES DEFORMATIONS DU MASSIF DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR  
(Vallée de la Tinée en amont d'Isola)

CYCLES ANCIENS (HERCYNIEN SEUL OU AUSSI CYCLES PLUS ANCIENS)		Permien Inf.- Trias	CYCLE ALPIN
Déformations souples	Déformations ante-schisteuses	Déformations synschisteuses	Déformations post-schisteuses
Echelle microscopique (centimétrique) Petite échelle (métrique) Echelle moyenne (hectométrique) Grande échelle (kilométrique)	? ? ? ?	? Plis synschisteux ? ?	? Plis isoclinaux ? Plis pennique ?
Déformations cassantes	?	?	? microplis Plis en U, Z, M et S Plis isoclinaux
Objets planaires	?	Transposition de surfaces	? Virgation? ou Virgation?
Objets linéaires	?	Linéation pénétrative à l'échelle du massif	? débit du Permien? Discordance Permo-Triasique
			Mouvements verticaux des gneiss. Faille verticale (contact anormal redressé ?). Fentes alpines. Failles tardives.



## 5. CRISTALLISATIONS ET METAMORPHISME

Dans le chapitre précédent, j'ai démontré qu'il existait, dans les gneiss et les migmatites de l'Argentera-Mercantour, plusieurs phases de déformations. Je vais maintenant étudier les poussées de cristallisation et tenter si possible d'établir leurs relations avec les phases de plissement et de fracturation.

### 5.1. Méthodologie de travail

Le support principal de cette étude est l'observation au microscope polarisant des lames minces, prélevées dans des échantillons représentatifs des différents faciès. Cette méthode d'analyse microscopique n'exclut bien évidemment pas les observations macroscopiques sur le terrain.

Ceci m'a permis de dresser un inventaire des minéraux des roches ( inventaire exposé dans le chapitre "Lithologie"), et d'obtenir pour chacune un ordre de cristallisation des minéraux. Cette chronologie se déduit de l'observation des rapports des minéraux entre eux, de leurs déformations internes, de leur morphologie externe, de leurs frontières et de leurs positions dans l'espace par rapport aux objets tectoniques.

L'étape suivante consiste à essayer de caler ces différentes cristallisations par rapport aux déformations définies dans le chapitre précédent. J'ai défini au moins quatre déformations plicatives successives: la phase des plis synschisteux, que j'appellerai ici F2; la phase des petits plis isoclinaux ( F3) accompagnant peut-être le pli pennique d'amplitude plurikilométrique déversé au N.E.; la phase des plis isoclinaux hectométriques ( F4), et son cortège de plis à petite échelle (en U, S, Z, M) et à échelle microscopique; la grande virgation probablement alpine (F5) visible dans la région de La Blache.

Pour étudier les relations entre ces déformations et les cristallisations, je vais me servir de différents objets tectoniques:

- pour la phase des plis synschisteux, on sait que la foliation des gneiss ( S2) est contemporaine des plans axiaux de ces plis. Il suffira d'étudier quels sont les minéraux qui composent cette foliation pour savoir quels sont ceux qui ont cristallisé ou re-cristallisé à cette époque.



- pour le pli pennique (F3), le trop grand rayon de courbure dans ma région interdit toute étude microscopique des déformations des minéraux. Cependant, si on accepte l'hypothèse de la concomitance de ce pli et des petits plis isoclinaux, l'étude microscopique devient alors possible par l'observation des minéraux dans les charnières de ces derniers.

- pour les plis isoclinaux d'échelle moyenne (F4), le problème est le même que dans le cas précédent. Toutefois, nous avons vu que ceux-ci sont accompagnés de la linéation ubiquiste par alignement de minéraux et de la formation de plis microscopiques. Ces deux phénomènes peuvent parfaitement s'étudier à l'échelle microscopique.

- pour la grande virgation (F5), le problème est ici insoluble, je n'ai pas découvert de correspondance à l'échelle de la lame mince de ce phénomène à grande échelle.

Cette étude réalisée, il ne me reste plus qu'à classer les métamorphismes successifs dans une des cases inventées par ESKOLA, modifiée par WINKLER et MYASHIRO, c'est-à-dire définir dans cette région l'existence de un ou plusieurs faciès métamorphiques.

## 5.2. Généralités sur la minéralogie

Les descriptions minéralogiques citées dans le chapitre "Lithologie" de cette thèse m'ont déjà permis de préciser un certain nombre de caractères généraux valables pour toutes les roches de la région.

Nous avons vu que les compositions minéralogiques des diverses roches du socle de l'Argentera-Mercantour sont très monotones, à savoir: Quartz, Plagioclases, Micas, parfois Feldspaths potassiques, Sillimanite. Les *amphibolites* et les *gneiss amphiboliques* montrent toujours de l'Amphibole verte, très probablement de la Hornblende verte.

A. FAURE-MURET rangeait le métamorphisme régional dans le type des "gneiss à deux micas" selon JUNG et ROQUES (cf. p.13.). Cet épisode précéderait une migmatisation calco-sodique ayant donné la série d'ANELLE (au sens large du terme).

Je veux ici rapidement rappeler les compositions minéralogiques moyennes des différentes séries lithologiques:

- série d'IGLIERE: Quartz 30%, Plagioclase (An 30-45) 30%, Biotite 25%, Feldspath alcalin rare, Chlorite, Apatite, Grenat, Rutile et minéraux opaques.

- série d'ANELLE: Quartz entre 35 et 20%, Biotite 20%, Muscovite 20%, Plagioclases (An 30-45) 25%, Feldspath alcalin, Grenat, Chlorite, Rutile, Epidote, Zircon et Sillimanite (très localement pour cette dernière).

- série de FOUGIERET: faciès miliaire: Quartz 40%, Plagioclases (An 20-30) 25%, Biotite 20%, Feldspath alcalin, Chlorite, Apatite, Zircon, Rutile, Tourmaline, Calcite et minéraux opaques.

- série de VARELIOS: faciès miliaire: Quartz 10%, Plagioclases 55%, Biotite 20%, Feldspath alcalin 5%, Apatite 5%, Prehnite 5%, Graphite et minéraux opaques.

## 5.3. Ordre de cristallisation dans les différentes séries lithologiques

Pour essayer de comprendre le métamorphisme de ce massif, la démarche la plus simple consiste à passer en revue les ordres de cristallisation des minéraux dans les roches des différentes séries afin de distinguer les paragénèses formant des associations.

### 5.3.1. La série d'IGLIERE

Cette série, constituée en totalité de migmatites et de gneiss clairs se prête relativement bien à l'étude des ordres de cristallisation: les minéraux y sont généralement dans un bon état de fraîcheur. Par contre, il est difficile de situer ces cristallisations par rapport aux déformations plicatives, cette série se caractérisant entre autres par la prédominance de la structure plane, la linéation y étant de plus mal exprimée.

- Quartz: cristaux généralement de taille moyenne, à structure granoblastique, à extinction roulante.

- Biotite: trois types de minéraux. (fig.23)

10% de ce minéral est formé de cristaux tout petits, très altérés, entourés d'une auréole brune sans doute due au fer qui s'en est échappé. Leur position et leur orientation dans la roche est quelconque par rapport à la foliation fruste. Ces cristaux sont très écrasés.

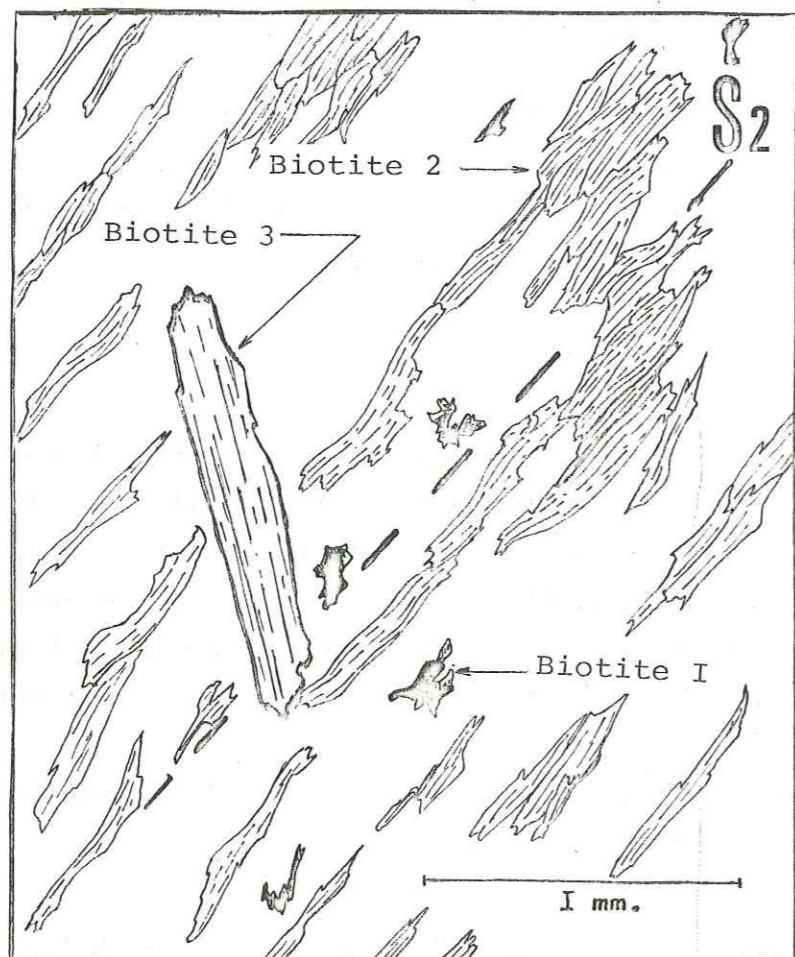
80% de la Biotite forme les lits discontinus (foliation F2 fruste) visible à l'affleurement. Biotite brune contenant du Rutile, souvent chloritisée dont les clivages sont tordus.

Les 10% restant sont formés de grands cristaux frais, brun clair, non déformés, dont l'orientation par rapport à S2 est quelconque.

L'interprétation de ce phénomène est très délicate à faire. On peut considérer que les 10% formés de petits cristaux très déformés (plus déformés que ceux de la foliation) sont antérieurs à l'établissement de S2. Cependant, il n'est pas impossible que cet écrasement intense soit le fait



Fig 23 MISE EN EVIDENCE DE TROIS GENERATIONS DE BIOTITE DANS LES GNEISS LEUCOCRATES DE LA SERIE D'IGLIERE



(Les minéraux autres que la Biotite ne sont pas représentés)

- Biotite I, la plus ancienne. Cristaux de petite taille, écrasés, altérés, et sans orientation préférentielle.
- Biotite 2, cristaux de taille moyenne, disposés en lits plus ou moins continus, aux clivages tordus.
- Biotite 3, grands cristaux assez rares, non déformés, sans orientation préférentielle.

d'une anisotropie des contraintes ayant localement et de place en place produit un effet de laminage. Il est toutefois difficile de concevoir un écrasement aussi bien limité en petites surfaces : les minéraux entourant ces Biotites pulvérisées restant intacts. Nous verrons plus loin que d'autres arguments confortent l'hypothèse de trois générations de Biotites, une anté-schisteuse marquée par ces petits minéraux écrasés, une synschisteuse représentée par les minéraux de la foliation et une postschisteuse, les grands cristaux non déformés.

- Plagioclases (An 30-45): trois types de minéraux.

Quelques cristaux de petite taille sont très altérés en micas blancs, leurs mâcles polysynthétiques sont peu visibles, quand elles le sont, on constate qu'elles sont tordues. L'orientation de la trace de ces mâcles est apparemment quelconque par rapport à la foliation. Ces minéraux sont écrasés et contiennent de petites inclusions de Quartz.

La grande majorité des cristaux sont de taille moyenne, d'aspect frais avec de belles mâcles polysynthétiques souvent tordues.

Quelques grands cristaux, mâclés, très frais, non déformés, à orientation quelconque.

- Feldspath alcalin: ces minéraux ne se trouvent que dans les fines veines leucocrates rectilignes sécantes ou non à la foliation de ces gneiss.

- Chlorite: minéral de transformation de la Biotite (quelque soit la génération de celle-ci). La transformation est plus avancée à la surface des échantillons que dans leur coeur. Ceci indique que la Chlorite est très probablement d'origine météorique.

- Apatite: cristaux assez rares, sub-automorphes, non altérés et non déformés.

- Grenat: cristaux frais, souvent arrondis, ne présentant ni structure de rotation, ni zonation, ni inclusion.

- Rutile: petites aiguilles non orientées présentes dans les Biotites de deuxième génération.

- Calcite: parfois dans les veines leucocrates sécantes ou non à la foliation.

Grâce principalement à la Biotite, et dans une moindre mesure grâce aux Plagioclases, on constate qu'il existe au moins trois poussées cristallines dans les gneiss et les migmatites de la série d'IGLIERE. Nous avons en effet pu séparer nettement trois types de minéraux: des minéraux écrasés, Biotite et Plagioclases, des minéraux tordus, Biotite, Plagioclases et Rutile, et des minéraux intacts, Grenat, Biotite, Plagioclases,



Apatite. De plus, nous avons constaté l'existence de veines leucocrates non déformées remplies de Feldspath alcalin, de Calcite et de Quartz.

Nous pouvons donc raisonner à partir de plusieurs paramètres: d'abord la foliation S2, ensuite l'état de déformation des minéraux, enfin leur présence ou non dans les veines leucocrates intacts et rectilignes caractéristiques de la série. Pour résumer mes conclusions sur cette série, je vais employer le tableau mis au point par A.SPRY, p.310 de son ouvrage: "Metamorphic textures". Ce système a l'avantage de préciser à la fois les époques de cristallisation par rapport aux événements géologiques et le comportement des objets tectoniques découlant des épisodes de déformations.

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....	_____			_____
Biotite		_____			_____
Plagioclases		_____			_____
Feldspath alcalin					_____
Chlorite					_____
Apatite					_____
Grenat					_____
Rutile		_____			
Calcite					_____
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surface formée	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

Les traits pleins correspondent à une cristallisation certaine du minéral à l'époque indiquée. Les pointillés correspondent à une cristallisation probable. Je n'ai pas pu faire durant cette première étape de distinction dans les épisodes de cristallisation des minéraux non déformés.

5.3.2. La série d'ANELLE

A. Les gneiss oeuillés veinés. (fig. 24)

- Quartz: trois types .

Petits cristaux à structure granoblastique, déformés (extinction roulante), surtout visibles dans les lits clairs de la roche.

Cristaux assez gros dans les agrégats quartzo-feldspathiques (extinction roulante).

Petits cristaux dans les veines quartzo-feldspathiques sécantes ou non à la foliation (sans extinction roulante).

- Biotite: trois types de cristaux identiques à ceux décrits dans les gneiss et les migmatites de la série d'IGLIERE.

- Muscovite: 40% de ce minéral est constitué de cristaux de taille moyenne, aux clivages tordus, couchés dans la foliation. Ce type de Muscovite est absent dans la région de La Gratuse (série de VALABRES selon A. FAURE-MURET).

Le reste de la Muscovite est formé de cristaux de taille assez grande (longueur dépassant parfois 2mm.), sans déformation visible et d'orientation quelconque par rapport à S2.

- Plagioclases (An 25-30). Trois morphologies différentes.

Cristaux de petite taille, écrasés, dont les mâcles polysynthétiques sont peu visibles, altération fréquente en micas blancs.

Cristaux de taille moyenne bien mâclés, assez frais, souvent déformés (traces des mâcles tordues).

Grands cristaux non déformés dispersés dans la trame et d'aspect frais.

- Feldspath alcalin. Cristaux très rares dans la trame, plus fréquents dans les veines leucocrates sécantes ou non à la foliation S2 de la roche. Taille moyenne, peu d'altération.

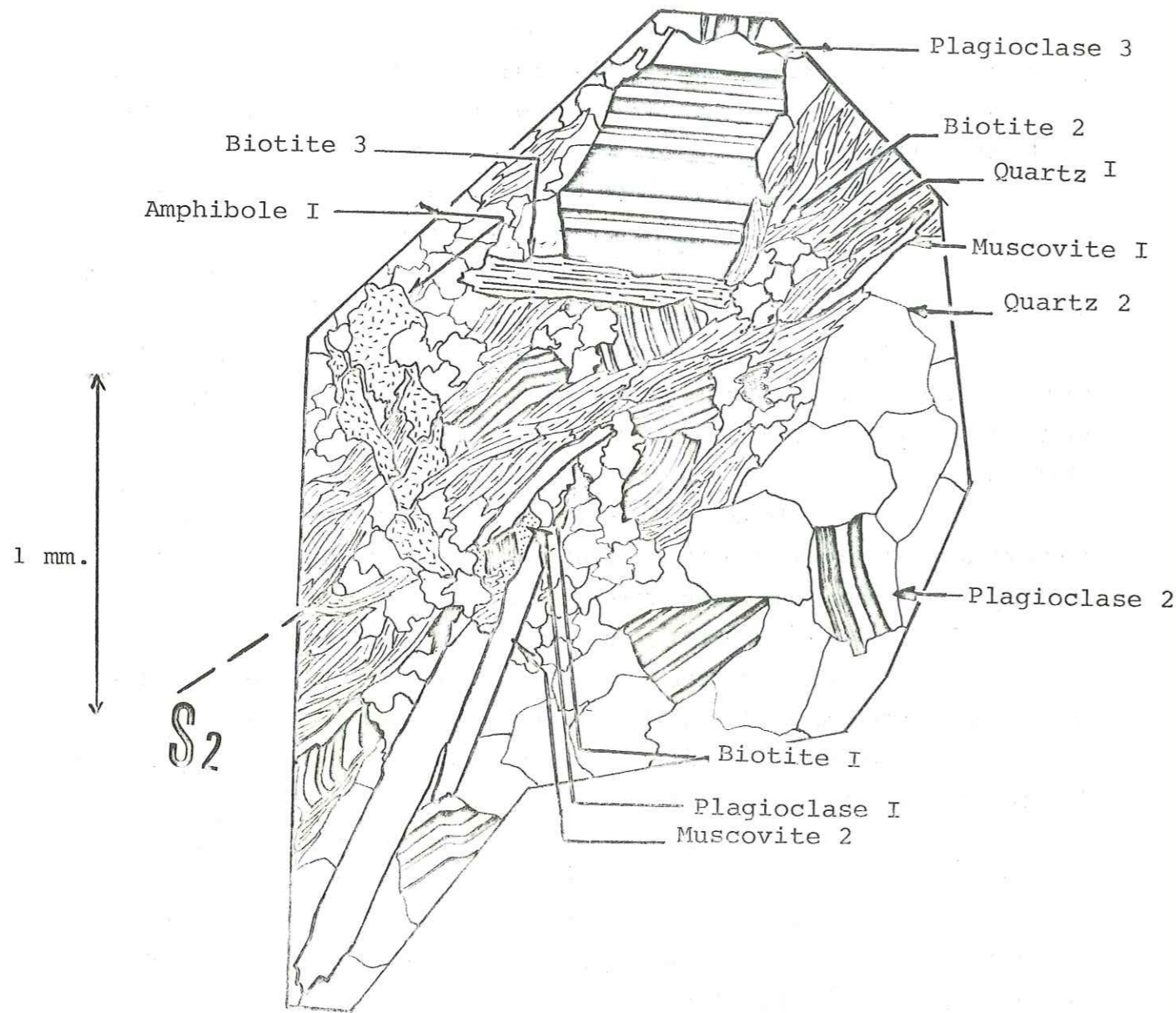
- Grenat. Minéral restreint géographiquement (aux environs immédiats d'Isola et dans la montagne de La Gratuse). Cristaux semblent pulvérisés, dont les fragments sont dissociés, entre lesquels on peut voir les minéraux de la foliation. Ils ne présentent pas de zonation et pas de structures de rotation.

- Chlorite. Comme dans le cas des gneiss et des migmatites de la série d'IGLIERE, les Chlorites des gneiss oeuillés veinés de la série d'ANELLE semblent être d'origine météorique.

- Rutile. Petites aiguilles contenues dans les Biotites de deuxième génération.



Fig. 24 RELATIONS ENTRE QUELQUES MINÉRAUX DES GNEISS OEUILLES VEINES DE LA SERIE D'ANELLE



- Minéraux altérés et déformés: Amphibole I, Biotite I, Plagioclase I, Quartz I (structure granoblastique)
- Minéraux tordus: Muscovite I, Biotite 2, Plagioclase 2, Quartz 2 (extinction roulante)
- Minéraux intacts: Muscovite 2, Biotite 3, Plagioclase 3.

- Zircon. Minéraux automorphes localisés dans les Biotites de dernière génération.

- Sillimanite. On la rencontre dans des aires géographiques réduites, (environs d'Isola). Fibres flexueuses dont les rapports avec les minéraux associés sont difficiles à établir.

- Amphibole verte (au contact avec les amphibolites de La Gratusse). Cristaux déformés, en fragments séparés, dont les vides sont remplis par les minéraux de la foliation S2. Ces cristaux sont probablement de génération antérieure à l'établissement de S2.

La Sillimanite pose un problème particulier. Au nord de Saint-Etienne-de-Tinée, S. BOGDANOFF a décrit des nodules de Sillimanite alignés suivant la direction 300 à 310 N., direction de la linéation pénétrative à l'échelle du massif associée à la phase de déformation F4. Cette Sillimanite pourrait donc avoir cristallisé de manière syntectonique F4. Dans la région que j'ai étudiée, ce minéral n'est pas organisé en nodules. Son orientation par rapport à S2 semble quelconque. Par analogie avec les résultats obtenus par S. BOGDANOFF 20km. plus au nord, j'attribue la cristallisation de la Sillimanite à cette phase F4.

Déformations	F2			F 2+n (F4?)	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....				
Biotite					
Muscovite					
Plagioclases					
Feldspath alcalin					
Grenat	.....				
Chlorite					
Rutile					
Zircon					
Sillimanite				.....	
Amphibole	.....				
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	



Déformations	F2			F4	
	pré	syn	post	syn	post
Amphibole	_____	_____		_____	
Quartz	.....	_____			
Biotite	_____	_____			_____
Plagioclases	_____	_____			_____
Sphène		_____		_____	
Apatite					_____
Feldspath alcalin					_____
Calcite					_____
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Lignes formées				L1	
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

5.3.3. La série de FOUGIERET

A. Les gneiss miliaires

Nous savons déjà que le Quartz et les Plagioclases sont étroitement associés sous la forme des "grains de mil". Nous connaissons la description macroscopique de ces roches, aussi pouvons nous aborder immédiatement l'étude des relations entre les cristaux et les objets tectoniques.

- Quartz. Petits cristaux à extinction roulante, localisés dans les grains de mil.

- Plagioclases (An 20-30). Cristaux en très mauvais état, dont les mâcles polysynthétiques sont tordues, concentrés dans les grains de mil en association avec le Quartz.

Cristaux parfois de grande taille (2 à 5mm.) dispersés dans la trame de la roche, d'aspect frais, aux mâcles polysynthétiques non déformées.

- Biotite. Les trois types déjà rencontrés plus haut, la deuxième génération avec le Rutile et la troisième avec le Zircon.



-Feldspath alcalin. Cristaux généralement très frais et sans orientation particulière dans la roche.

- Chlorite. Transformation des Biotites d'origine météorique.

- Tourmaline. Cristaux caractéristiques au pléïochroïsme inverse bien visible, sans orientation particulière, non déformés et de taille assez grande.

- Calcite. Grands cristaux dans les rares veines leucocrates, sécantes à la foliation de la roche.

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....	_____			
Plagioclases	.....	_____			
Biotite		_____			
Rutile		_____			
Zircon					
Feldspath alcalin					
Chlorite					
Tourmaline					
Calcite					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

B. Les Amphibolites de la série de FOUGIERET.

Ces roches sont de type lité, avec des lits à dominance amphibolique et des lits à dominance quartzo-feldspathique.

- Amphibole. Trois types de cristaux.

Cristaux pulvérisés en petits fragments. Position quelconque par rapport à la foliation S2 de la roche. Dans les cas favorables, on peut reconstituer la silhouette du minéral d'origine.

Cristaux frais de taille plus grande que celle des minéraux ci-dessus, couchés selon la foliation et légèrement tordus.

Cristaux de taille moyenne automorphes à sub-automorphes, dont la plus grande dimension est orientée suivant la direction 300 à 310 N. ( associée à F4).

- Quartz. Cristaux de petite taille, à structure granoblastique et

à extinction roulante. Ce minéral est surtout présent dans les feuillets clairs de la roche.

- Biotite. Dans ces amphibolites, on ne trouve que les deux premières générations de Biotite.

- Plagioclases (An 30-40). Deux types de cristaux.

Cristaux très altérés en micas blancs, sans zonation, dont les mâcles polysynthétiques sont presque effacées. Lorsqu'elles sont visibles, elles sont tordues.

Cristaux de taille moyenne, aux mâcles bien visibles, tordues, d'état généralement frais. Ces cristaux sont surtout présents dans les feuillets clairs de la roche.

- Sphène. Deux types de cristaux déjà rencontrés dans les amphibolites de la série d'ANELLE.

- Feldspath alcalin. Cristaux de grande taille sans altération ni déformation perceptibles. Disposition quelconque par rapport à la foliation S2 de la roche.

- Chlorite. Origine météorique.

- Calcite. Grands cristaux dans les rares veines très minces parfois visibles dans la roche. Ces veines sont sécantes à S2.

- Apatite. Minéraux frais à bords arrondis, sans orientation particulière.

Déformations	F2			F4	
	pré	syn	post	syn	post
Amphibole		_____			
Quartz	.....	_____			
Biotite		_____			
Plagioclases		_____			
Sphène					
Feldspath alcalin					
Chlorite					
Calcite					
Apatite					
Etapes /	pré	syn	post	syn	post
Lignes formées				L1	
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	



C. Les Roches à grain fin de la série de FOUGIERET

Dans la coupe du vallon de Fougieret, j'ai trouvé un certain nombre de roches à grain fin, feuilletées ou non. La composition minéralogique de ces roches et les ordres de cristallisation semblent identiques dans les deux cas. Aussi, vais-je faire la revue des cristaux et de leur état une seule fois pour les différents bancs de la série.

- Quartz. Cristaux de petite taille à structure granoblastique et à extinction roulante. Quand il existe un feuilletage, ce minéral est concentré dans les feuillets clairs de la roche.

- Plagioclases (An 20-30)? Deux types de cristaux.

Cristaux écrasés dont les mâcles polysynthétiques sont peu visibles.

Cristaux de taille moyenne, peu altérés aux belles mâcles polysynthétiques tordues.

- Biotite. Toujours présente en grande quantité. Deux types de cristaux.

Cristaux très abimés, dilacérés, plus ou moins couchés selon la foliation S2 de la roche lorsque celle-ci existe.

Cristaux allongés suivant la foliation, Biotite très brune, tordue mais non cassée. C'est dans ces cristaux que l'on trouve les aiguilles de Rutile.

- Muscovite. Lorsque ce minéral est présent, il est formé de cristaux de taille moyenne allongés selon S2 et aux clivages tordus.

- Feldspath alcalin. Ce minéral parfois assez abondant se présente comme de grands cristaux frais, sans trace de déformation. Ils dévient la foliation S2 de la roche quand celle-ci existe.

- Amphibole. Cristaux verts, souvent de grande taille, très abimés, cassés en plusieurs fragments dispersés dans la trame de la roche. Leurs positions par rapport à S2 sont quelconque. Parfois, on trouve des cristaux de taille moyenne automorphes, orientés suivant la direction 300 à 310N.

- Sphène. Comme dans la grande majorité des roches à amphiboles du massif de l'Argentera-Mercantour, les roches à grain fin de la série de FOUGIERET montrent deux générations de Sphène. Une ancienne matérialisée par des petits cristaux couchés selon la foliation S2 de la roche et une plus récente formée de cristaux de taille plus grande et orientés suivant la direction 300 à 310 N.

- Grenat. Minéraux de taille assez réduite, écrasés, dispersés en plusieurs fragments.

- Apatite. Minéraux de taille moyenne, à bords arrondis, sans orientation préférentielle visible.

- Chlorite. Origine météorique.

- Calcite. Cristaux de taille moyenne, souvent dans les vides entre les autres minéraux.

A partir de ces observations, on peut conclure que l'ordre de cristallisation des minéraux des roches à grain fin de la série de FOUGIERET s'établit comme suit:

Déformations	F2			F4	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....	_____			
Plagioclases	_____	_____			
Biotite	_____	_____			
Muscovite		_____			
Feldspath alcalin					_____
Amphibole	_____			_____	
Sphène	_____			_____	
Grenat	.....				
Apatite					_____
Chlorite					_____
Calcite					_____
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Lignes formées				L1	
Surfaces formées		S2			
Surfaces pliées		S1? S0?		S2 S1? S0?	

D. Les Agmatites de La Blache ( fig. 25.)

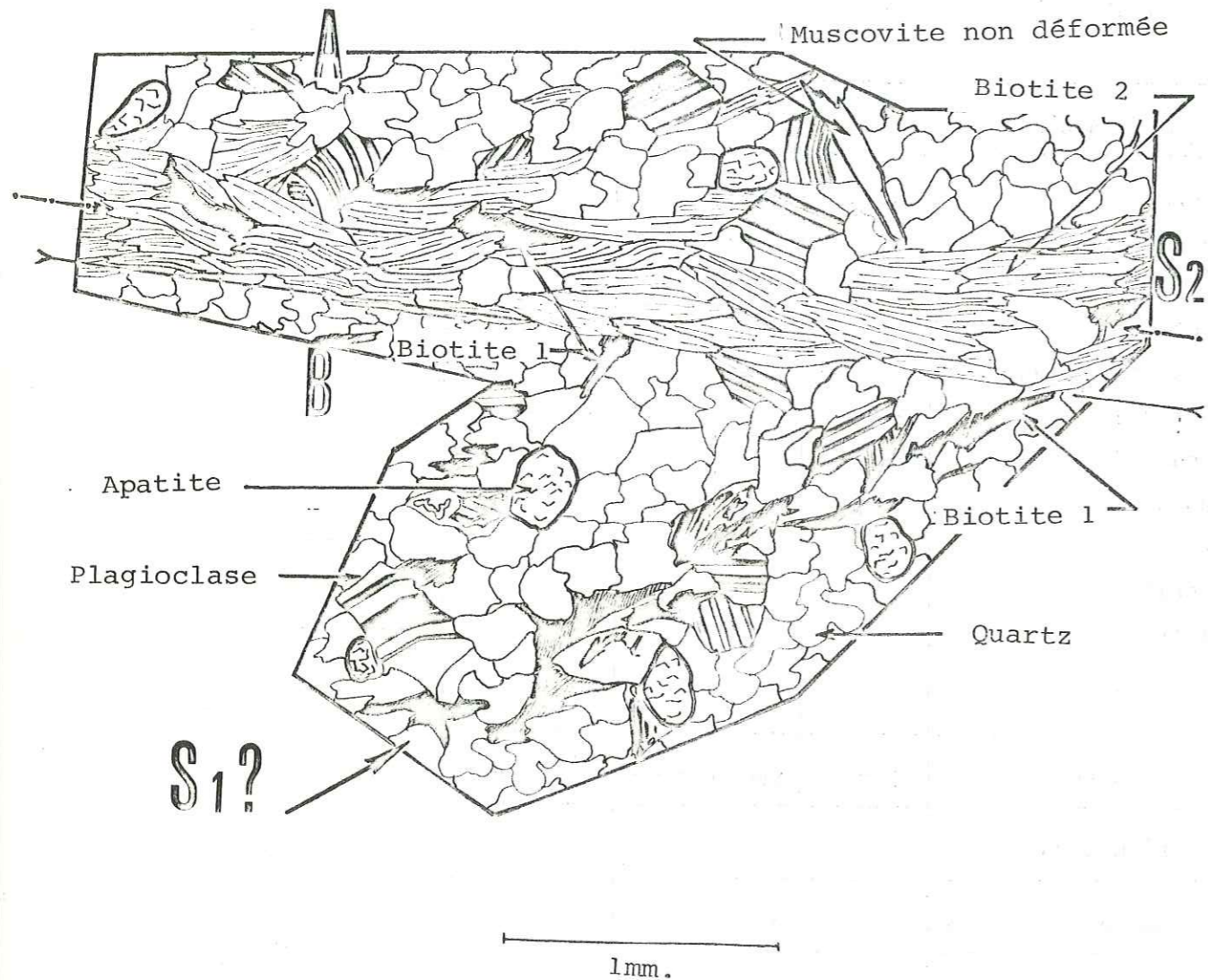
Cette roche est constituée de deux parties: la trame et le granitoïde. J'ai déjà expliqué dans le chapitre "Lithologie" de cette thèse que les compositions minéralogiques qualitatives de ces deux ensembles sont identiques. Cependant, au point de vue quantitatif, et au point de vue de l'organisation, de sensibles différences apparaissent. C'est pourquoi, il me semble utile de traiter séparément la trame et le granitoïde.



Fig 25 EXEMPLE DE CONTACT ENTRE LE GRANITOÏDE ET LA TRAME DES AGMATITES DE LA BLACHE

A= GRANITOÏDE

B= TRAME



La trame

Cette roche homogène, sans feuilletage apparent à l'oeil nu, de couleur grise et à grain fin est organisée comme suit:

- Quartz 50%. Minéraux de petite taille, de structure granoblastique et à extinction roulante.

- Plagioclases 35%. Deux types de minéraux.

Cristaux altérés en micas blancs, en très mauvais état, dont les mâcles polysynthétiques sont mal visibles et tordues. Ces cristaux contiennent souvent des inclusions de Quartz.

Cristaux de taille moyenne, d'aspect frais, dont les mâcles polysynthétiques bien visibles sont tordues. Il n'y a pas d'orientation particulière de ces cristaux.

- Biotite 10%. Un seul type de cristaux est visible. Petite taille, pâles, souvent dilacérés, très déformés. Bien que ceci ne soit pas visible à l'oeil nu, il est possible, au microscope, de distinguer une orientation préférentielle de ces Biotites, formant une foliation fruste (S1) venant buter sur la foliation S2 du granitoïde.

- Feldspath alcalin. Grands cristaux très rares et non déformés.

- Apatite. Minéraux assez fréquents, bords arrondis, sans orientation particulière.

- Zircon. Minéraux peu fréquents, automorphes, dispersés dans la trame de la roche.

- Tourmaline. Cristaux de taille assez grande, automorphes, non altérés, dispersés dans la trame de la roche.

- Muscovite. Petits cristaux aux clivages rectilignes à orientation quelconque.

Déformations	F1			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz		.....			
Plagioclases		.....			
Biotite					
Feldspath alcalin					=====
Apatite					=====
Zircon					=====
Tourmaline					=====
Muscovite					=====
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées		S1			
Surfaces pliées		S0?		S0? S1	



Le granitoïde

Cette roche foliée qui a envahi la trame présente l'organisation suivante:

- Quartz 30%. Deux types de cristaux.

Petite taille, structure granoblastique, extinction roulante disposés dans les feuillets clairs de la foliation S2 de la roche.

Taille assez grande, sans extinction roulante dans les veines de matériel leucocrate sécantes à S2.

- Biotite abondante 45%. Deux types de minéraux.

Des cristaux pâles, dilacérés et déformés, identiques aux Biotites de la trame. Il n'est pas possible de repérer dans le granitoïde un alignement fruste de style S1 tel qu'on le voit dans la trame dessinée par ces Biotites. Ce type de cristaux représente 10% de la Biotite totale du granitoïde.

Des cristaux de taille moyenne, sombres, couchés selon la foliation S2 de la roche, dont les clivages sont tordus.

- Plagioclases 10%.

Cristaux écrasés et déformés dont les mâcles polysynthétiques sont mal visibles.

Cristaux frais de taille moyenne dont les mâcles bien marquées sont souvent tordues.

- Feldspath alcalin. Cristaux souvent de grande taille et frais, disposés soit dans la foliation de la roche, soit dans les veines leucocrates sécantes à S2. Ces cristaux ne présentent pas d'indice de déformation.

- Muscovite. Petits cristaux non tordus à orientation quelconque par rapport à S2.

- L' Apatite, le Zircon et la Tourmaline s'organisent de la même manière que dans la trame.

(Voir page suivante le tableau d'ordre de cristallisation dans le granitoïde.)

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....	_____			_____
Biotite	_____	_____			_____
Plagioclases	_____	_____			_____
Feldspath alcalin					_____
Muscovite					_____
Apatite					_____
Zircon					_____
Tourmaline					_____
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0 ?			S2 S1? S0?	

On peut noter plusieurs choses au sujet des agmatites de La Blache:

La trame a été épargnée par la mise en place de la foliation S2. C'est peut-être pour cela qu'il est possible de voir dans ce faciès la trace d'une foliation plus ancienne S1 marquée par les Biotites de première génération, écrasées et plissées. Cette foliation S1 n'est plus visible dans ma région dans toutes les roches où s'est établie la foliation S2.

5.3.4. La série de VARELIOS

A. Les gneiss miliaires

Ces roches forment la plus grande partie de la série. Dans le chapitre "Lithologie" de cette thèse, j'ai déjà signalé que les gneiss miliaires de la série de VARELIOS étaient plus riches en Plagioclases mais plus pauvres en Quartz que les gneiss miliaires de la série de FOUGIERET. Nous allons voir maintenant si cette différence de composition minéralogique correspond à une différence dans l'ordre de cristallisation des différents minéraux.

- Quartz. Cristaux de petite taille à extinction roulante, structure granoblastique et concentrés dans les "grains de mil" de la roche.

- Plagioclases. Minéraux très abondants de deux types:

Cristaux très abîmés, dont les mâcles polysynthétiques peu visibles sont souvent tordues. Ces cristaux contiennent des inclusions de Quartz.



Cristaux abondants de Plagioclases d'aspect frais dont les traces des mâcles polysynthétiques sont tordues. Ces cristaux sont concentrés dans les "grains de mil" associés au Quartz.

- Biotite. Seules les deux premières générations de Biotite sont visibles.

- Feldspath alcalin. Minéraux de taille généralement plus grande que la moyenne des autres, dispersés dans la trame de la roche sans indice de déformation.

- Apatite. Minéraux à bords lisses, dispersés dans la roche sans trace de déformation.

- Graphite. Réparti de manière ubiquiste sans la roche, ce minéral semble avoir rempli les vides entre les autres cristaux. Il n'a pas d'orientation particulière.

- Préhnite. Minéral de transformation des deux types de Plagioclases. La transformation est peu avancée.

Grâce à ces observations, je peux maintenant dresser le tableau suivant.

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....				
Plagioclases					
Biotite					
Feldspath alcalin					
Apatite					
Graphite					
Prehnite					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

En comparant ce dernier tableau avec le tableau (P. 92) consacré aux gneiss miliaires de la série de FOUGIERET, nous constatons un certain nombre de différences. Dans cette dernière série, nous connaissons trois générations de Plagioclases (An 20-30) alors que les gneiss de la série de VARELIOS n'ont subi que deux bouffées de cristallisation. De plus, les gneiss miliaires de la série de FOUGIERET contiennent trois générations de Biotite

alors que leurs homologues de la série de VARELIOS n'en contiennent que deux.

5.3.5. Le complexe de Roya

Pour étudier ce complexe, je vais passer en revue les différentes roches qui le composent en partant de la base du vallon de Roya et en remontant celui-ci vers le S.O.

A. L'alternance métrique de gneiss leucocrates à gros grain et de gneiss oeuillés veinés.

Les gneiss leucocrates à gros grain

Premier terme de cette alternance, ces roches présentent l'organisation minéralogique suivante:

- Quartz. Deux types.

Cristaux de taille moyenne à structure granoblastique et à extinction roulante. Ce type de Quartz s'organise en gros feuillets (feuillets leucocrates de S2).

Cristaux de taille assez grande (1 à 2 cm.) dispersés dans la trame de la roche et sans extinction roulante.

- Plagioclases. Minéraux abondants souvent très altérés en micas blancs mais pouvant être divisés en deux types.

Cristaux en très mauvais état dans lesquels les mâcles polysynthétiques sont devenues pratiquement invisibles.

Cristaux plus frais, dans lesquels les mâcles polysynthétiques sont mieux visibles et sont toujours tordues. Cette opposition entre deux types de Plagioclases nous est familière dans les gneiss et les migmatites de l'Argentera-Mercantour.

- Biotite. Les deux premières générations (classiques dans la région) sont seules visibles.

- Chlorite. La plus grande partie des Biotites de cette roche est presque entièrement transformée en Chlorite. Contrairement à ce que nous avons constaté dans les séries d'ANELLE, de VARELIOS et de FOUGIERET, ce minéral semble ici d'origine métamorphique. En effet, la chloritisation des Biotites ne semble pas dépendre de la surface d'érosion.

- Muscovite. Cristaux en baguettes automorphes, sans fracture, sans orientation préférentielle par rapport à S2.

- Feldspath alcalin. Minéral de taille généralement grande, à extinction franche, sans indice de déformation, dispersé dans la trame de la roche.

- Apatite. Cristaux arrondis, à bords lisses, sans indice de déformation, et sans orientation particulière.



- Zircon. Cristaux de petite taille, automorphes, dispersés dans la roche de manière quelconque.

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....				
Plagioclases					
Biotite					
Chlorite					
Muscovite					
Feldspath alcalin					
Apatite					
Zircon					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

Les gneiss oeuillés veinés, deuxième terme de l'alternance.

Ces roches sont assez semblables aux gneiss oeuillés veinés de la série d'ANELLE, au déficit en Muscovite près.

- Quartz. Deux types de cristaux.

Les petits cristaux à structure granoblastique, déjà rencontrés dans le premier terme de l'alternance.

Des cristaux plus grands, à extinction roulante concentrés soit dans les feuillets clairs de la foliation S2, soit dans les yeux et agrégats quartzo-feldspathiques.

- Biotite. Les deux premières générations visibles un peu partout dans le bâti, formées toutes les deux de cristaux tordus.

- Plagioclases. Organisation identique à celle des gneiss leucocrates à gros grain.

- Feldspath alcalin. Gros cristaux non déformés, disposés de manière quelconque dans la roche.

- Muscovite. En petites baguettes automorphes non déformées situées surtout aux alentours des veines leucocrates sécantes à la foliation S2 de la roche..

- Chlorite. Ici, comme pour le terme leucocrate de l'alternance, nous

avons à faire à une Chlorite d'origine probablement métamorphique, soit tardi-hercynienne, soit alpine.

- Zircon. Petits cristaux automorphes dispersés dans la trame de la roche, sans orientation particulière.

- Apatite. Même organisation que dans le premier terme de l'alternance.

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....				
Biotite					
Plagioclases					
Feldspath alcalin					
Muscovite					
Chlorite					
Zircon					
Apatite					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

Au Quartz près, on peut remarquer la complète identité entre les ordres de cristallisation des deux termes de l'alternance à la base du vallon de Roya.

B. Les gneiss leucocrates à grain fin.

Ces roches sont assez semblables aux gneiss leucocrates de la série d'IGLIERE. Cependant, le grain en est nettement plus petit. La structure planaire caractéristique de ces faciès est présente.

- Quartz. Deux types de minéraux, déjà rencontrés dans la grande majorité des roches cristallines du massif, un type déformé et un type non déformé.

- Plagioclases. Trois types de cristaux différents. Deux types classiques dans cette région, plus quelques gros cristaux très frais concentrés dans les veines leucocrates, minces et rectilignes, sécantes à la foliation S2 de la roche.

- Feldspath alcalin. Gros cristaux non déformés dans ces mêmes veines.

- Biotite. Les deux mêmes générations que précédemment.



- Chlorite. Minéral semblant d'origine métamorphique. Il est organisé de la même manière que dans toutes les roches du complexe.

- Apatite. En cristaux à bords arrondis dispersés dans la roche.

- Zircon. Minéraux automorphes, ubiquistes dans la trame.

Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....				
Plagioclases					
Biotite					
Feldspath alcalin					
Chlorite					
Apatite					
Zircon					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

C. Les Amphibolites

J'ai déjà signalé l'importance que le couple Amphibolites litées-Amphibolites massives a pour le déchiffrement de la structure tectonique de la région. Nous allons voir ici si cette différence de structure se retrouve dans l'ordre de cristallisation.

Les Amphibolites litées (fig. 26.)

- Amphiboles. Trois types différents.

Amphibole très écrasée, dispersée en plusieurs fragments, dont les vides sont remplis par les minéraux de la foliation.

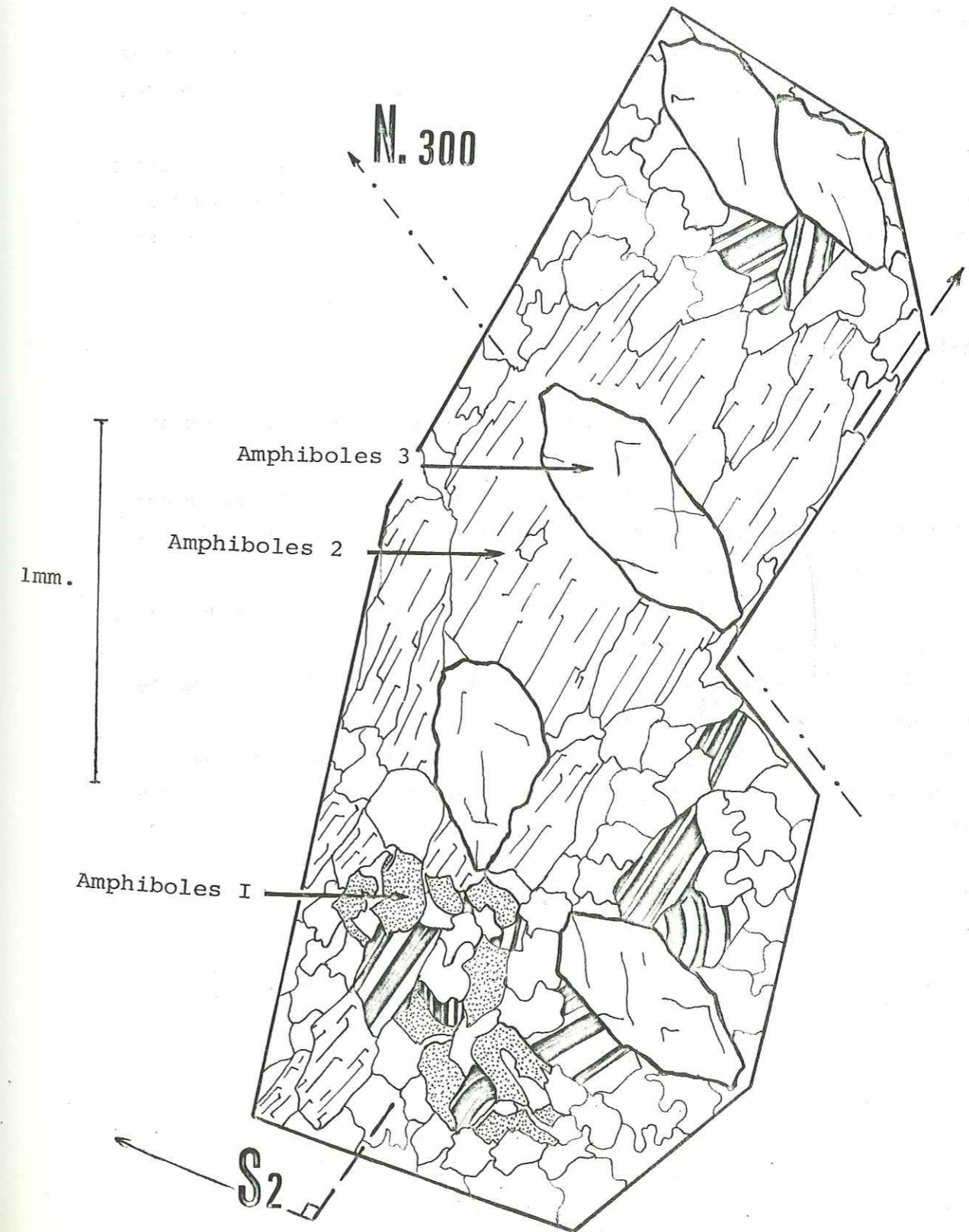
Amphibole formée de cristaux de taille assez grande, déformés, couchés selon la foliation S2 de la roche.

Amphibole fraîche, sub-automorphe à automorphe, dont la plus grande dimension est orientée suivant la direction 300 à 310 N. (associée à F4.)

- Quartz. Cristaux à extinction roulante, de structure granoblastique, de taille moyenne, surtout concentrés dans les feuillets leucocrates de la roche, bien que l'on en trouve aussi dans les feuillets à dominance amphi-

Fig. 26 MISE EN EVIDENCE DE TROIS GENERATIONS D'AMPHIBOLES DANS LES AMPHIBOLITES LITEES DU VALLON DE ROYA

Lame taillée très légèrement sécante à la foliation S2 de la roche





boliques, ces feuillets marquant la foliation S2.

- Plagioclases. Tous Oligoclases An 30: plusieurs types.

Cristaux écrasés dont les mâcles polysynthétiques sont réduites à l'état de fantômes.

Cristaux de taille moyenne, assez frais, dont les mâcles polysynthétiques sont toujours bien visibles et légèrement tordues.

- Feldspath alcalin. Cristaux d'aspect frais, de taille relativement grande, sans indice de déformation ni d'orientation particulière, dispersés dans la trame de la roche.

- Chlorite. Comme il est habituel dans le complexe de Roya, il semble bien que la Chlorite des Amphibolites litées soit d'origine métamorphique. Elle se dispose en lamelles allongées, d'orientation quelconque par rapport à S2.

- Apatite. Cristaux de taille moyenne, à bords arrondis et sans orientation particulière.

- Sphène. Deux types de minéraux.

Des cristaux de petite taille se disposant grossièrement dans la foliation S2 des Amphibolites.

Des cristaux de taille plus grande, sub-automorphes à automorphes dont la plus grande dimension est orientée selon la direction 300 à 310 N. (associée à F4.)

- Calcite. Grands cristaux disposés dans les rares veines leucocrates sécantes à la foliation de la roche.

- Zircon. Minéraux sub-automorphes à automorphes dispersés de manière ubiquiste dans la trame de la roche.

- Epidote (Pistachite). Minéral de taille moyenne, dispersé dans la roche sans orientation particulière. Origine métamorphique tardi-hercynienne ou alpine.

( Voir tableau des ordres de cristallisation dans les amphibolites litées du vallon de Roya, page suivante.)

Déformations	F2			F4	
	pré	syn	post	syn	post
Amphibole					
Quartz	.....				
Plagioclases					
Feldspath alcalin					
Chlorite					
Apatite					
Sphène					
Calcite					
Zircon					
Epidote					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Lignes formées				L1	
Surfaces formées		S2			
Surfaces pliées		S1? S0?		S2 S1? S0?	

Les Amphibolites massives du vallon de Roya

Ces roches, d'une très belle couleur vert sombre, sont allongées en bancs parallèles à la foliation S2 des roches encaissantes. Elles-mêmes ne montrent pas cette foliation.

- Quartz. Absence totale de ce minéral.

- Amphibole. De rares cristaux de taille assez grande, altérés, fragmentés en plusieurs morceaux. Les intervalles entre ces fragments sont remplis par des Plagioclases, d'autres cristaux d'Amphibole et par de la Calcite.

De l'Amphibole verte formant la grande majorité de la roche en cristaux de taille moyenne, automorphes à sub-automorphes dont la plus grande dimension est orientée suivant la direction 300 à 310 N.

- Plagioclases. Les deux types de cristaux déformés, classiques dans la région.

- Feldspath alcalin. Grands cristaux rares, sans indice de déformation, dispersés dans la roche.

- Calcite. Même organisation que les Feldspaths alcalins.

- Sphène. Un seul type de cristaux. Automorphes, alignés 300-310 N.



- Chlorite. Lamelles non déformées d'origine métamorphique. Orientation dans la roche quelconque.

- Epidote. Même organisation que la Chlorite.

- Apatite. Cristaux arrondis à bords lisses, sans orientation particulière.

Déformations	F2 ?			F4	
Amphibole					
Plagioclases					
Feldspath alcalin					
Calcite					
Sphène					
Chlorite					
Epidote					
Apatite					
Etapas	pré	syn	post	syn	post
Lignes formées				L1	
Surfaces pliées	S1? S0 ?			S1? S0?	

D. Les Gneiss ocellés veinés

Ces migmatites schistoïdes sont assez semblables aux roches de la Montagne de la Gratuse (série d'ANELLE, ex série de VALABRES). Elles sont caractérisées par leur pauvreté en Muscovite.

- Quartz: 3 types de minéraux

en petits cristaux à structure granoblastique et à extinction roulante, formant les lits leucocrates de la foliation S2

en cristaux assez grands et déformés dans les agrégats quartzo-feldspathiques.

en cristaux de taille réduite sans extinction roulante dans les veines leucocrates rectilignes, sécantes ou non à la foliation S2.

- Plagioclases. Trois types de minéraux:

cristaux écrasés et déformés, de disposition quelconque par rapport à la foliation S2, aux mâcles polysynthétiques souvent réduites à de vagues traces. Minéraux très altérés.

cristaux de taille moyenne, aux mâcles polysynthétiques bien visibles et tordues, associés au Quartz pour former les lits leucocrates de la foliation S2.

grands cristaux rares dans les veines leucocrates sécantes ou non à la foliation.

- Biotite. Ces minéraux sont tous presque entièrement chloritisés. Cependant, il est possible de distinguer au moins deux générations de Biotite.

une ancienne, aux petits cristaux dilacérés et pulvérisés disposés de manière quelconque par rapport à S2.

une plus récente, aux cristaux tordus mais non cassés, formant en grande partie les lits sombres de la foliation S2.

- Muscovite: aiguilles de taille moyenne, sans déformations visibles, ni d'orientation particulière.

- Chlorite. Ce minéral transforme toutes les Biotites dans tout le volume de la roche. Son origine semble métamorphique, bien que cette question soit difficile à résoudre en général.

- Feldspath alcalin. Gros cristaux non déformés dans les veines leucocrates rectilignes sécantes ou non à la foliation.

- Apatite. Cristaux de taille moyenne à bords arrondis sans indice de déformation particulière.

- Rutile. En fines aiguilles dans la deuxième génération de Biotite.

- Zircon. Petits cristaux automorphes ubiquistes dans la roche.

- Epidote. Minéraux arrondis d'aspect frais sans orientation préférentielle.

- Minéraux opaques. Ils remplissent les vides entre les autres minéraux.

De ces observations, nous pouvons conclure que l'ordre de cristallisation dans les gneiss ocellés veinés du vallon de Roya est le suivant (tableau p.110).



Déformations	F2			F 2+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz	.....	_____			_____
Plagioclase	_____	_____			_____
Biotite	_____	_____			_____
Muscovite					_____
Chlorite					_____
Feldspath alcalin					_____
Apatite					_____
Rutile		_____			
Zircon					_____
Epidote					_____
Minéraux opaques					_____
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées	S2				
Surfaces pliées	S1? S0?			S2 S1? S0?	

5.3.6. Vue d'ensemble sur les cristallisations

L'étude de l'état des cristaux dans les diverses roches métamorphiques de la région étudiée, et de leurs relations avec la surface actuelle de foliation m'a donc permis de mettre en évidence un certain nombre de phénomènes remarquables:

- la présence constante d'une ou plusieurs cristallisations anté-schisteuse. En effet, on peut opposer les cristaux formant la foliation S2, cristaux généralement tordus mais d'aspect frais, aux minéraux toujours écrasés, dilacérés et très altérés, non alignés dans la foliation, qui sont très probablement antérieurs à S2.

- une puissante cristallisation synschisteuse ayant donné la foliation S2.

- une phase de cristallisations contemporaine des plis F4 se traduisant sur le terrain par une linéation d'alignement de minéraux pénétrative à l'échelle du massif.

- une ou plusieurs phases de cristallisations postérieures aux dernières déformations souples, se manifestant par un ensemble de minéraux mal déformés.

5.4. Relations entre les cristallisations et les plis.

5.4.1. Relations entre les cristallisations et les plis F3.

Les charnières de ces petits plis isoclinaux sont d'une échelle suffisamment petite pour que l'on puisse entièrement les observer dans une plaque mince. Ces plis sont particulièrement bien visibles dans le vallon de Roya. Nous avons déjà vu que cette phase de déformation est post-schisteuse car elle déforme la foliation S2. Le meilleur exemple d'une charnière de cette phase a été vu dans les gneiss ocellés veinés vers le haut du vallon de Roya (fig.27).

La foliation de la roche est formée de Quartz, Biotite et Plagioclases, pour les lits leucocrates et de Biotite pour les lits sombres. Les minéraux de cette foliation sont donc au moins en partie des minéraux synschisteux. La charnière de ces plis permet de voir:

- le Quartz des lits leucocrates est formé de cristaux à structure granoblastique et à extinction roulante. Ce minéral semble donc bien être contemporain de l'établissement de la foliation.

D'autres cristaux de Quartz sont visibles dans les agrégats et dans les veines leucocrates. Malheureusement, à l'échelle de la lame mince, je n'ai pas pu réunir une charnière F3 et un agrégat leucocrate.

- la Biotite. Deux générations sont parfaitement visibles; des cristaux déformés, formant S2, cassés dans la charnière, donc antérieurs à F3 et très probablement synschisteux; des cristaux de taille relativement grande, non déformés et orientés de manière quelconque par rapport à S2, cristaux postérieurs à F3.

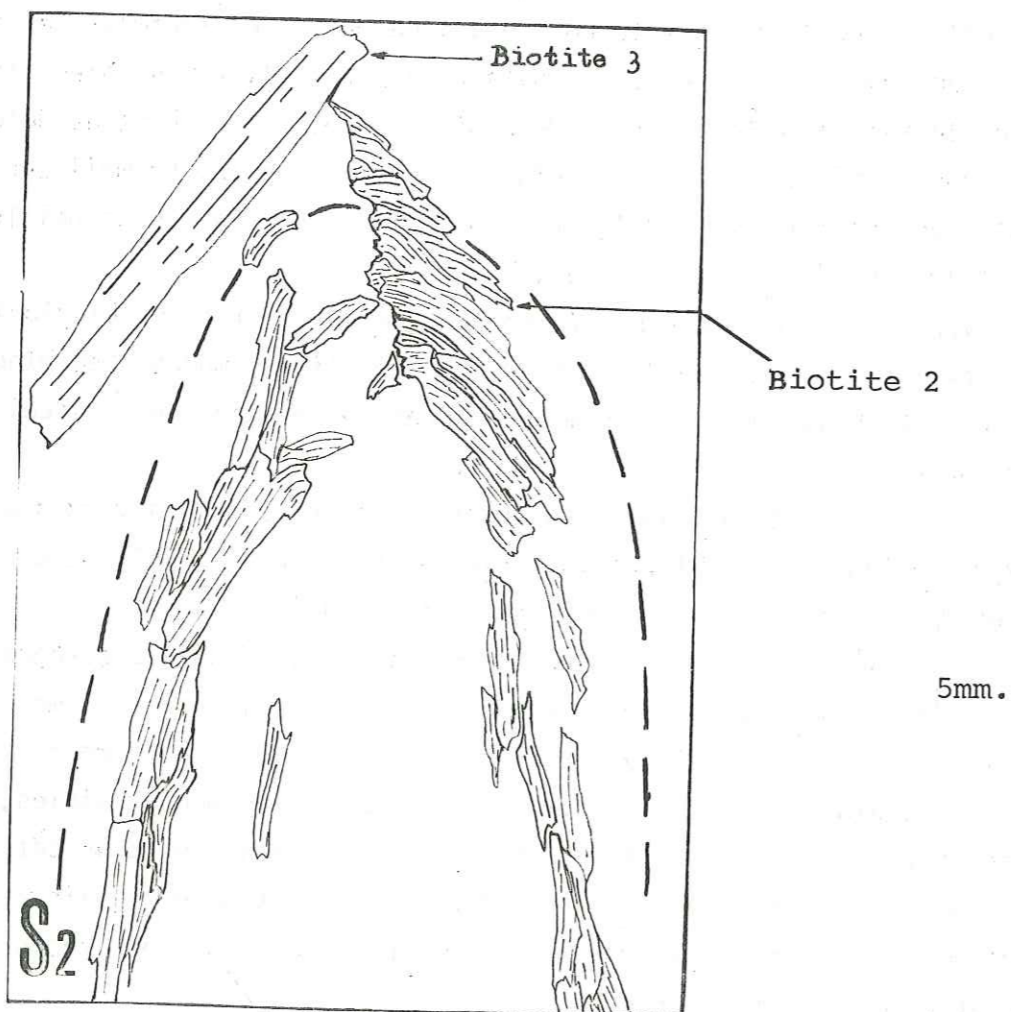
- des Plagioclases formant une partie des lits leucocrates de S2 (donc minéraux synschisteux) et au moins une génération postérieure à toute déformation (minéraux aux macles polysynthétiques rectilignes).

- Les autres minéraux semblent tous, au vu de cette plaque mince, être postérieurs à cette déformation F3.



Fig 27 DEUX GENERATIONS DE BIOTITE DANS LES GNEISS OEILLES VEINES DU VALLON DE ROYA (COMPLEXE DE ROYA)

Charnière de petite pli plat isoclinal (F 3)



- Biotite 2: cristaux déformés, dessinant S2; Biotite antérieure à F 3.
- Biotite 3: cristaux non déformés, disposés de manière quelconque par rapport à S2. Biotite postérieure à F3.

Déformations	F3			F3+n	
	pré	syn	post	syn	post
Quartz					.....
Biotite					
Plagioclases					
Muscovite					
Apatite					
Rutile					
Zircon					
Chlorite					
Epidote					
Minéraux opaques					
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Surfaces formées					
Surfaces pliées	S2 S1? S0?			S2 S1? S0?	

5.4.2. Relations entre les cristallisations et les microplis F4

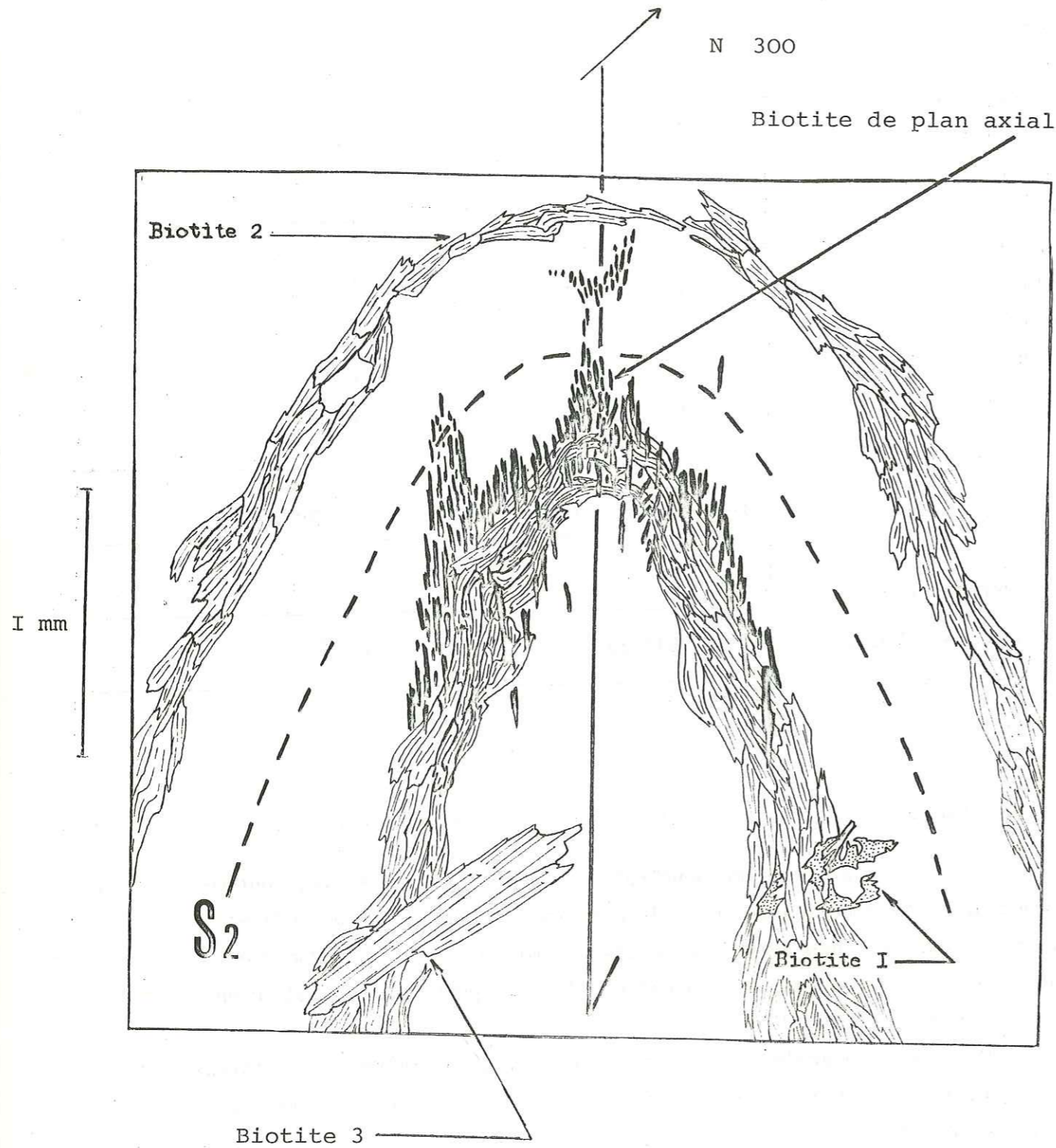
La linéation pénétrative à l'échelle du massif, contemporaine des plis isoclinaux d'échelle métrique à hectométrique (F4) est souvent marquée par des axes de microplis ou microfronces. Le vocable "micro" appliqué à ces plis indiquent que l'on va pouvoir les étudier en plaques minces.

De manière générale, quelles sont les relations entre les cristaux et la géométrie des plis? L'étude a été menée dans les gneiss oeilés veinés du vallon de Roya (fig. 28).

- Quartz. Cristaux, dans la foliation, à extinction roulante et structure granoblastique. Cette foliation est tordue par F4. Les cristaux de Quartz sont donc pour une grande partie antérieurs à cette déformation: D'autres cristaux de Quartz plus rares sont non déformés (sans figure d'extinction roulante), et semblent se disposer de manière non organisée par



Fig. 28 SCHISTOSITE LOCALE ASSOCIEE AUX MICROPLIS F 4  
GNEISS OEILLES VEINES DU VALLON DE ROYA (COMPLEXE DE ROYA)



par rapport à la foliation S2. Ces derniers cristaux sont probablement postérieurs à F4.

- Biotite. Nous retrouvons ici les générations de Biotite déjà repérées dans d'autres lieux, à savoir:

des cristaux sombres très écrasés, se disposant de manière quelconque de manière par rapport à S2, minéraux probablement anté-schisteux (c'est à dire ante-F2).

des cristaux cassés alignés suivant S2 et formant à eux seuls les lits sombres de celle-ci. Ces cristaux sont synschisteux (c'est-à-dire syn-S2).

des cristaux de taille grande non déformés disposés de manière quelconque par rapport à S2: cristaux post-F4.

des tout petits cristaux disposés selon le plan axial des plis F4 et dessinant de manière non pénétrative même à l'échelle de la lame mince une foliation S4 synchrone de F4. Cette nouvelle foliation n'est jamais visible directement sur le terrain. Elle est simplement localisée dans quelques charnières de microplis de cette phase. Elle est toujours marquéé par de petites Biotites néo-formées.

- Plagioclases. Nous retrouvons encore ici la génération de cristaux probablement anté-schisteux (cristaux écrasés aux mâcles polysynthétiques presque entièrement effacées), la génération de cristaux synschisteux (cristaux aux mâcles polysynthétiques bien visibles, tordues, et disposés selon la foliation S2), et la génération postérieure à toute déformation souple (cristaux de grande taille et non déformés).

- Muscovite. Quelques rares cristaux déformés par ces microplis (donc ante-F4), et une grande majorité de cristaux automorphes en baguettes non déformées donc postérieures à F4.

- Grenat. Ces cristaux sont cassés et entourés par la foliation S2. Ils semblent ante-S2 (c'est à dire ante-F2).

- Amphiboles. Trois types:  
cristaux cassés, dilacérés disposés de manière quelconque par rapport à S2.  
cristaux couchés selon S2, déformés mais d'aspect frais.  
cristaux visibles à l'affleurement et orientés selon la direction N 300 à 310, caractéristique de F4.

Les premières amphiboles citées semblent antérieures à S2, c'est à dire ante-F2, les deuxièmes types semblent synschisteux, c'est-à-dire syn-F2, quant aux derniers cités, ces cristaux sont syn-F4.



- Feldspath alcalin. Cristaux intacts et de grande taille. Ils sont postérieurs à toute déformation.

- Epidote. Cristaux frais, sans indice de déformation, disposés de manière quelconque par rapport à S2.

Toutes ces observations peuvent se résumer dans le tableau qui suit.

Déformations	F2			F4	
	.....	_____		_____	_____
Quartz	.....	_____		_____	_____
Biotite	_____	_____		_____	_____
Plagioclases	.....	_____		_____	_____
Muscovite		_____			_____
Grenat	.....				
Amphibole	.....	_____		_____	
Feldspath alcalin					_____
Epidote					_____
Etapes	pré	syn	post	syn	post
Lignes formées				L1	
Surfaces formées		S2		S4	
Surfaces pliées		S1? S0?		S2 S1? S0?	

5.5. Synthèse sur les cristallisations

Deux types de raisonnement viennent d'être utilisés dans les paragraphes précédents, à savoir:

a) Identifier dans une roche donnée un certain nombre de déformations successives et étudier leurs effets sur les minéraux de cette roche.

b) Mettre en parallèle les déformations définies à l'échelle de la lame mince et celles décrites à l'échelle de l'affleurement.

Tout le paragraphe 5.3. utilise le premier raisonnement, le paragraphe 5.4., quant à lui, tient du deuxième.

L'association de ces deux démarches va me permettre maintenant de dresser un système cohérent dans les ordres de cristallisation et dans le métamorphisme.

Cette histoire sera établie en suivant l'ordre chronologique inverse du plus récent au plus ancien. Il est plus simple d'analyser les phénomènes les plus "jeunes" en premier, ceux-ci montrant des traces souvent plus facilement interprétables que celles laissées par les phénomènes plus anciens.

5.5.1. Les cristallisations et le métamorphisme attribués à l'alpin

On doit préciser en tout premier lieu que le degré de métamorphisme ne semble pas avoir été très élevé pour cet épisode. En effet, aussi bien les terrains permians de la "série indéterminée d'AURON" selon A. FAURE-MURET, que les schistes et grès du Trias (directement en contact avec les migmatites du socle dans la région de La Blache) ne présentent aucune cristallisation néo-formée. Les grès à dragées du Trias de La Blache sont très friables, et n'offrent aucune cohésion interne; les schistes verts immédiatement au contact des gneiss n'offrent même pas de surfaces luisantes selon leur débit. L'étude en lame mince ne fait apparaître aucun minéral de métamorphisme.

Ceci posé, il nous est possible d'attribuer un certain nombre de cristallisations au cycle alpin. Nous raisonnons ici par analogie avec les massifs cristallins externes situés plus au nord dans les Alpes.

Dans tout le massif, se trouvent des fentes larges de 1 à 15 cm., longues de 30cm à 1m. et remplies systématiquement par du Quartz et des Epidotes. Ces phénomènes ont déjà été décrits plus au nord et ont été interprétés comme des "fentes alpines". Une autre association minérale présente dans le Mercantour, cette fois dans la masse de la roche, a aussi été décrite comme une paragénèse de type alpin: Quartz, Chlorite et Préhnite.

Tous ces minéraux sont intacts et non déformés. Ils sont donc postérieurs à toute déformation souple. Le parallèle avec les massifs étudiés plus au nord me font attribuer ces associations minérales à une seule et unique paragénèse de type alpin. Je n'ai aucun argument local me permettant de caler dans le temps avec précision cet épisode de cristallisation.



5.5.2. Les cristallisations hercyniennes tardives

Ces épisodes de cristallisation sont caractérisés par des minéraux de taille généralement grande et non déformés.

Deux types de "gisement" ont été repérés. Le premier consiste en une concentration de Feldspaths alcalins et de Quartz dans des lits leucocrates parfaitement rectilignes systématiquement sécants à la foliation S2 des roches. Nous sommes en présence ici d'une migmatisation tardive alcaline. Cet épisode est forcément ante-alpin, les terrains sédimentaires carbonifères et permians sus-jacents n'étant pas métamorphiques. Cette migmatisation est de plus obligatoirement tardive par rapport aux déformations souples décrites précédemment (les lits leucocrates étant systématiquement rectilignes). L'autre "gisement" est constitué par des cristaux non déformés, disposés dans la trame de la roche et sans orientation particulière par rapport à la foliation S2. Nous trouvons parmi ce type de minéral le Quartz, le Plagioclase (An 30-An 45), la Biotite (seulement au nord de la Tinée), la Muscovite (dans la série d'ANELLE et dans la partie nord-est du complexe de Roya), la Tourmaline, le Zircon, le Grenat (dans la série d'IGLIERE) et l'Apatite. Je n'ai aucun moyen de déterminer de manière sûre les relations temporelles existant entre l'épisode de migmatisation décrit plus haut et cette association minérale de cristaux non déformés. Je suis seulement à même de préciser que ces deux types de cristallisation se sont déroulés dans l'intervalle de temps séparant la fin de la déformation F4 et le dépôt des terrains permians de l'ancienne "série indéterminée d'AURON".

5.5.3. Les cristallisations hercyniennes postschisteuses

Ces cristallisations seront marquées par des cristaux contemporains des phases de déformation postschisteuses. Ces cristaux seront donc soit disposés de manière particulière dans la roche ( par exemple alignés suivant la direction 300-310 N. pour les cristallisations concomitantes de la phase F4), soit déformés par des phases de plissement postérieures.

La phase F4 des plis isoclinaux métriques à hectométriques, et de leur cortège de petits plis synchrones est caractérisée par une abondance de minéraux alignés suivant la linéation pénétrative à l'échelle du massif et de direction 300-310 N. Nous trouvons la Biotite (dans la série d'IGLIERE), l'Amphibole et le Sphène (dans les amphibolites litées) et la Sillimanite (série d'ANELLE dans le vallon de Chastillon). A échelle microscopique, les microplis de cette phase montrent parfois une foliation de plan axial mar-

quée par des petites Biotites (fig. 28). Cette dernière foliation est pratiquement invisible à l'échelle de l'affleurement et n'est en fait présente que dans quelques cas rares.

Nous nous trouvons donc ici en présence d'un métamorphisme à Biotite, Amphibole verte, Sphène et Sillimanite contemporain d'une phase majeure de plissement (F4). Il semble probable que le "climat" de ce métamorphisme (indiqué par les minéraux cités ci-dessus) associé à la composition chimique de la roche métamorphisée (un gneiss banal semble-t-il ) ait aussi fait cristalliser du Quartz et Plagioclases. Pour ces deux derniers minéraux, il m'est cependant impossible de séparer les cristaux résultant de cette phase de cristallisation de leurs semblables plus jeunes ou plus vieux. La présence de Sillimanite nous indique cependant un type de métamorphisme en milieu relativement déshydraté. Nous sommes en mésozone moyenne, dans l'amphibolite-faciès.

5.5.4. Les cristallisations et le métamorphisme synschisteux

Comme dans le cas des cristallisations hercyniennes tardives, nous nous trouvons ici en présence de deux types de "gisement":

Le premier consiste en minéraux formant la foliation S2 des roches. Ces minéraux seront déformés par la phase de plissement F3, première déformation postschisteuse. Dans ce type de gisement nous trouvons le Plagioclase et le Quartz des feuillets clairs de la foliation et la Biotite et la Muscovite des feuillets sombres. Pour les amphibolites litées du massif entier, les lits sombres sont formés de Hornblende verte.

Le deuxième type de gisement est représenté par les filonnets clairs sécants ou non à la foliation S2. Ces filonnets (par opposition à leurs homologues tardi-hercyniens) sont déformés par la phase de plissement F3 (petits plis plats et pli pennique). Ces filonnets leucocrates sont composés de Quartz, de Plagioclases et de très rares Feldspaths alcalins. Nous nous trouvons donc en présence ici d'une migmatisation contemporaine ou immédiatement postérieure à l'établissement à la foliation S2 de la roche et du phénomène de transposition des surfaces.

Je n'ai pas de moyen sûr de séparer dans le temps ces deux phases de cristallisation. Je sais seulement avec certitude qu'elles sont antérieures toutes les deux à la phase de plissement F3 et au plus synschisteuses.

Pour la paragenèse des minéraux dans la masse de la roche (Quartz, Biotite, Plagioclases et Muscovite pour les gneiss, Amphibole verte, Sphène,



en plus pour les amphibolites litées), nous sommes encore une fois dans l'amphibolite-faciès.

5.5.5. Les cristallisations et le métamorphisme anteschisteux

Nous arrivons maintenant à la description des phénomènes les plus anciens connus dans le massif, c'est-à-dire, à ceux dont les traces sont les plus mal visibles car souvent effacées par les épisodes plus récents. L'analyse de ces phénomènes est donc relativement difficile et surtout longue.

J'ai pu trouver un certain nombre de cas favorables où des phénomènes probablement anteschisteux ont laissé des traces encore identifiables.

Par exemple, dans certaines amphibolites litées, et plus précisément dans celles du vallon de Roya (fig.26), j'ai décrit des Amphiboles vertes écrasées, très altérées, disposées de manière quelconque par rapport à la foliation S2. Ces cristaux sont à opposer aux Amphiboles vertes d'aspect plus frais, couchées selon la foliation de la roche et légèrement tordues (Amphiboles synschisteuses) et aux Amphiboles vertes automorphes, non déformées orientées et alignées selon la direction 300-310 N. (caractéristique des cristallisations de phase F4). Pour expliquer l'existence de minéraux plus déformés que leurs semblables synschisteux, et disposés de manière quelconque par rapport à S2, deux solutions sont possibles:

- lors des déformations postschisteuses, certaines Amphiboles vertes synschisteuses ont été plus déformées que les autres. Ceci peut s'expliquer par une anisotropie des contraintes entraînant une anisotropie des déformations. Cependant, dans ce cas précis, il est difficile d'expliquer pourquoi cette anisotropie des déformations entraînant des surfaces de "sur-déformations" se serait concentrée uniquement sur les Amphiboles de la roche à l'exclusion de tout autre minéral.

- les Amphiboles vertes très altérées et très déformées sont tout simplement plus anciennes que leurs homologues formant la foliation S2 (cristaux synschisteux). Autrement dit, les Amphiboles les plus déformées seraient anteschisteuses.

Cette dernière solution a ma préférence, d'autres arguments militent en faveur de cristallisations anteschisteuses importantes. Nous allons les étudier maintenant.

Le cas le plus favorable pour la deuxième partie de cette démarche a été décrit dans les agmatites de La Blache. En effet, dans cette roche, il y a opposition entre deux faciès; le granitoïde montrant une sur-

face S2 avec toutes les phases de cristallisation syn- et postschisteuses décrites dans le massif, et la trame, roche homogène à l'oeil nu, ne semblant pas foliée, et ne présentant en lame mince que des "Biotites 1" (cristaux très écrasés visibles aussi dans les roches foliées). L'étude microscopique permet cependant de déceler une organisation très fruste de ces Biotites en des surfaces parallèles. A l'échelle de l'affleurement, ces surfaces trop ténues sont indécélables. L'étude microscopique permet de constater que ces surfaces frustes viennent buter sur S2 sans jamais la recouper (fig.25). Par contre et de manière systématique, la surface S2 entoure cette surface fruste de la trame. Nous avons là un indice certain de l'antériorité de la surface fruste par rapport à la surface S2. Nous sommes donc ici en présence d'une surface ancienne ante-S2 (anteschisteuse) que nous pouvons appeler S1. Ce n'est pas la première fois que nous rencontrons S1, celle-ci étant visible sur les charnières des plis synschisteux. Je n'appelle pas cette surface S0, ce terme étant réservé à la surface sédimentaire d'origine. On peut alors conclure que les minéraux formant S1 sont anteschisteux. Par analogie avec le cas de ces Biotites et des Amphiboles vertes des amphibolites litées, on peut considérer certains cristaux de Quartz et de Plagioclases écrasés et disposés de manière quelconque par rapport à S2 comme des minéraux anteschisteux.

Ceci m'amène à poser comme hypothèse de travail qu'avant l'établissement de la foliation S2 de la roche, et le phénomène de transposition des surfaces, cette partie du massif métamorphique de l'Argentera-Mercantour avait déjà subi une ou plusieurs phases de cristallisation métamorphique. Le fait que TURNER et WEISS considèrent le phénomène de transposition des surfaces comme l'aboutissement d'une histoire tectonique longue et complexe, avec établissement d'une ou plusieurs surfaces métamorphiques conforte cette hypothèse. En résumé, la ou les cristallisations anteschisteuses se seront manifestées principalement par le Quartz, la Biotite, les Plagioclases ainsi que l'Amphibole dans les amphibolites.

5.6 . Lithologie antemétamorphique

Nous venons de voir qu'avant l'établissement de la foliation S2 de la roche, existait déjà une surface S1 métamorphique caractérisée par la Biotite, le Quartz, le Plagioclase et l'Amphibole verte. Ce métamorphisme ancien s'est appliqué sur une série probablement pélitique avec intercalation de bancs carbonatés (dont les restes sont visibles, étirés et tronçonnés par l'établissement de la foliation S2 et le phénomène de transposition des surfaces). Il semble probable que dans cette série pélitique se soient intercalées des roches volcaniques basiques ayant donné



Les amphibolites et des roches volcaniques acides ayant donné la série d'IGLIERE. L'organisation et la mise en place de ces roches volcaniques transformées par le métamorphisme ne sont encore inconnues. Nous pouvons à titre d'hypothèse avancer pour la série d'IGLIERE une organisation de type granodiorite en lame découpée après métamorphisme "F1" par la phase F2 et sa transposition des surfaces.

## 6. CONCLUSION ET RESUME

A l'issue de ce volume, et pour résumer de manière succincte et claire les principaux résultats, je vais reprendre la technique employée à la fin du chapitre "Déformations et tectonique", en ajoutant aux phases de déformations dans ce chapitre les épisodes de cristallisation décrits dans le chapitre "Cristallisations et métamorphisme". J'emploierai ici encore le type de tableau inventé par TURNER et WEISS en précisant à chaque fois le type de déformation, le type de cristallisation associé, et l'attribution, si elle est possible, à un cycle orogénique donné.

Légende du tableau page suivante.

..... cristallisation probable  
—— cristallisation observée



ESSAI DE RECONSTITUTION DE L'HISTOIRE GEOLOGIQUE DU MASSIF METAMORPHIQUE DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR (REGION D'ISOLA)

	CYCLES ANCIENS (HERCYNIEN OU AUSSI PLUS ANCIENS)										CYCLE ALPIN		
	Déformations anteschisteuses F1			Déformations synschisteuses F2		F3		F4		F5 (?)			
<u>Déformations souples</u>													
<i>Echelle microscopique (centimétrique)</i>	?			?		?		Microplis, axes au 300-310 N.					
<i>Petite échelle (métrique)</i>	?			Plis synschisteux à orientation quelconque		Plis isoclinaux, à orientation quelconque		Plis en U, Z, M, S, axes au 300-310 N., plans axiaux raides					
<i>Echelle moyenne (hectométrique)</i>	?			?		?		Plis isoclinaux, axes au 300-310 N., plans axiaux raides					
<i>Grande échelle (kilométrique)</i>	?			?		Pli pennique déversé au N.E.				Virgation de La Blache			
<u>Etapes</u>	pré	syn	post	syn	post	syn	post	syn	post	syn	post		
<u>Cristallisations</u>													
<i>Quartz</i>		.....						.....					Quartz
<i>Plagioclases</i>		.....						.....					Plagioclases
<i>Biotite</i>		—						—					Biotite
<i>Muscovite</i>		—						—					Muscovite
<i>Amphibole verte</i>		.....						.....					Amphibole
<i>Sphène</i>													Sphène
<i>Sillimanite</i>										?	?		Sillimanite
<i>Feldspaths alcalins</i>													Felds. alc.
<i>Grenat</i>		.....											Grenat
<i>Rutile</i>													Rutile
<i>Zircon</i>													Zircon
<i>Calcite</i>													Calcite
<i>Apatite</i>													Apatite
<i>Chlorite</i>												.....	Chlorite
<i>Tourmaline</i>										?	?		Tourmaline
<i>Epidote</i>													Epidote
<i>Prehnite</i>												.....	Prehnite
<i>Opaques</i>													Opaques
<u>Surfaces formées</u>		S1		S2				S3					
<u>Lignes formées</u>								L1					
<u>Surfaces pliées</u>	S0			S0 S1		S0 S1 S2		S0 S1 S2					
<u>Lignes pliées</u>													
<u>Déformations cassantes</u>										Contact anormal redressé. Mouvts. verticaux		Fentes alpines	Fractures majeures N.W.-S.E. Fractures N.E.-S.W.
<u>Métamorphisme</u>	? Type inconnu			Amphibolite-faciès et migmatisation		Amphibolite-faciès milieu peu hydraté		Amphibolite-faciès et migmatisation				Prehnite-Pumpellyite faciès?	



## BIBLIOGRAPHIE

### I. OUVRAGES GENERAUX

1. AUTRAN(A.), FONTEILLES(M.), GOGUEL(J.), GUITARD(G.).- Sur l'origine de la schistosité. In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.274. 1972.N°13. P. 1889 à 1891.
2. BERTHELSEN(A.).- Structural contour maps applied in the analysis of double fold structures. In: Geol.Rdsch.1960. Bd.49. P.459 à 466.
3. BUDDINGTON(A.F.).- Isograds and the roles of H<sub>2</sub>O in the metamorphic facies of orthogneisses of the N.W. Adirondacks area, New-York. In: Bull.Geol.Soc.Am.Vol.74. 1963. P. 1155 à 1182.
- CARTER(N.L.). voir: n°10
- CHAPPLE(W.M.). voir: n°28
4. COLLERSON(K.D.).- Descriptive microstructural terminology for high-grade metamorphic tectonites. In: Geol.Mag.Vol.3. 1974. N°4. P.313 à 317.
5. COLLOMB(P.), ELLENBERGER(F.).- La Schistosité régionale, structure d'arrêt de la déformation tectonique. In: C.R.Acad.Sci(Paris).T.264. 1967. P.2970 à 2973.
6. COLLOMB(P.), ELLENBERGER(F.).- Signification tectonique de la linéation régionale. In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.262. 1966. P.1921 à 1924.
7. COLLOMB(P.), ELLENBERGER(F.).- La Grille des linéations: un phénomène tectonique régional autonome. In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.262. 1966. P.1832 à 1835.



8. DEMAY(A.).- Microtectonique et tectonique profonde. Cristallisations et injections magmatiques syntectoniques.- Paris:Imprimerie Nationale, 1942.- 257p.- (Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France.)
9. DE SITTER(L.U.).- Structural géology.- New York: Mac Graw Hill, 1964.
10. DIETRICH(J.H.), CARTER(N.L.).- Stress history of folding. In: Am. J.Sci. Vol.267. 1969. P.128 à 154.
11. ELLENBERGER(F.).- Sur le caractère second des relations entre la mégatectonique et les petites structures. In: C.R.somm.S.G.F. 1971. Fasc.3. P.148 à 150.  
voir aussi n° 5, 6, 7.
12. ESKJLA(P.E.).- The problem of the mantled gneiss domes. In: Q1.J1. geol.Soc.Lond. T.104. 1948.
13. FLEUTY(M.J.).- The description of folds. In: Proc.Geol.Ass.Lond. Vol.75. 1964.Part.4. P.461 à 492.
14. FONTEILLES(M.).- Le Métamorphisme: évolution métamorphique. In: Encyclopédie de la Pléiade:Géologie I, Gallimard, 1972. P. 434 à 450.  
FONTEILLES(M.). voir: n°1.
15. GLASSLEY(W.).- A Model for phase equilibria in the Prehnite-Pumpellyite facies. In: Contr.Mineral.Petrol. Vol.43 1974.N°4. P. 317 à 322.  
GOGUEL(J.). voir: n°1.  
GUITARD(G.). voir:n°1
16. HOPGOOD(A.M.).- Theoretical consideration of the mechanics of tectonic reorientation of dykes ( with particular reference to lewisian dykes of isles of Barra). In:Tectonophysics. Vol.3 1966. N°1. P.17 à 28.

17. HUDLESTON(P.J.).- Layer shortening and fold ship development in the buckling of single layer. In: Tectonophysics. Vol. 17. 1973. P.299 à 321.
18. HUDLESTON(P.J.).- An analysis of "single layer" folds developed experimentaly in viscous media. In: Tectonophysics. Vol.16. 1973. P. 189 à 214.
19. HUDLESTON(P.J.).- Fold morphology and some geometrical implications of theories of fold development. In: Tectonophysics. Vol.16. 1973. P. 1 à 46.
20. KERN(R.), WEISBROD(A.).- Thermodynamique de base pour pétrographes et géologues.- Paris:Masson, 1972.- 243p.
21. KAMILLI(D.C.).- Progressive metamorphism of the cross Lake Granodiorite, Ontario, Canada. In: Bull.Geol.Soc.Am. Vol.85. 1974. N°11. P. 1755à 1762.
22. LAPADU-HARGUES(P.).- Considérations sur l'origine des amphibolites. In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.234. 1952. P. 352.
23. LA ROCHE(H. de).- Gneiss, migmatites et granites dans les systèmes A-Or-Ab et Q-F-M: une comparaison statistique. In: Réunion annuelle des sciences de la Terre.1.1973.Paris. P.219.  
LA ROCHE(H.de). voir: n°25.
24. MATTAUER(M.).- Les Déformations des matériaux de l'écorce terrestre. Paris: Hermann, 1973.- 493p.- (Coll.Méthodes.)
25. MOINE(B.), LA ROCHE(H.de).- Nouvelle approche du problème de l'origine des amphibolites à partir de leur composition chimique. In: C.R.Acad. Sci.(Paris). T.267. 1968. N°25. P.2084 à 2087.
26. ORVILLE(P.M.).- A Model for metamorphic differentiation origin of thin layered amphibolites. In: Am.J.Sci. Vol.267. 1969. N°1. P. 64 à 87.



27. RAMSAY(J.G.).- Folding and fracturing of rocks.- New York: Mac Graw Hill, 1967.- 568p.
28. SHERWIN(J.A.), CHAPPLE(W.M.).- Wavelengths of single layer folds: a comparison between theory and observation. In: Am.J.Sci. Vol.266. 1968. P. 167 à 179.
29. SPRY(A.).- Metamorphic textures.- New York:Pergamon Press, 1969. - 350p.
30. TURNER(F.J.), WEISS(L.E.).- Structural analysis of metamorphic tectonites.- New York:Mac Graw Hill, 1963.- 545p.
31. VIDAL(P.).- La Signification des données radiométriques dans les domaines polyorogéniques. In:Bull.Soc.geol.mineral.Bretagne. Vol.1 1973. P.37 à 50.
32. WARD(D.).- A proposed division of the granulites facies. In: Am.J.Sci.Vol.263. 1965. P.445 à 461.
33. WEGMANN(C.E.).- Tectonic patterns at different levels. In: Geol. Soc.of South Africa. Vol.66.1963.( Mélanges Du Toit(Alex), n°8.). 78p.
34. WEGMANN(C.E.).- Note sur le boudinage. In: Bull.Soc.geol.Fr.Vol. 2. 1935. P.477 à 491.
35. WEISBROD(A.).- La Cristallogénèse. In:Encyclopédie de la Pléiade: Géologie I, Gallimard, 1972. P.236 à 274.
- WEISBROD(A.). voir: n°20.
- WEISS(L.E.). voir: n°30

II. OUVRAGES REGIONAUX

II-A. MASSIF DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR

36. AICARD(P.), AUTRAN(A.),GERARD(J.),LOUGNON(J.).- Sur l'âge tertiaire, syntectonique et symmétamorphique du gisement plombo-zincifère de Valauria (commune de Tende, Alpes-Maritimes). In: Bull.B.R.G.M. 1968.N°1.
- AREVIAN(A.). voir: n°46
- AUTRAN(A.). voir: n°36
37. BERTRAND(L.).- Sur les grandes lignes de la géologie de la partie alpine des Alpes-Maritimes. In: Bull.Soc.geol.Fr.T.2. 1902. P.638 à 656.
38. BERTRAND(L.).- Compte-rendu d'excursion de la Société Géologique de France des 12, 13, 14, 15 Septembre: compte-rendu de la course du 13 Septembre. In:Bull.Soc.geol.Fr. T.2. 1902. P. 692 à 694.
39. BERTRAND(L.).- Etude géologique du nord des Alpes-Maritimes. In: Bull.Serv.Carte geol.Fr.T.9. 1897-1898. N°56.P.1 à 216.
40. BERTRAND(L.).- Nord des Alpes-Maritimes. In: Bull.Serv.Carte.geol.Fr. T.7. 1895. N°44. P.107 à 111.
41. BERTRAND(L.).- Sur la tectonique de la partie N.O. du département des Alpes-Maritimes. In:C.R.Acad.Sci.(Paris).T.121.1895.P.137 à 141.
42. BERTRAND(L.).- Alpes-Maritimes et Provence: nord du département des Alpes Maritimes. In:Bull.Serv.Carte geol.Fr. T.6. 1893. N°38. P.103 à 105.
43. BERTRAND(L.).- Sur la constitution géologique de la partie septentrionale des Alpes Maritimes. In: C.R.somm.S.G.F.T.21. 1893. P.15 à 18.



44. BOGDANOFF(S.).- Quelques précisions sur la structure et le métamorphisme du massif de l'Argentera au nord de Saint Etienne de Tinée. In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.270. 1970. N°24. P.2895 à 2896.
45. COMTE(P.).- Sur la géologie du bassin de la haute Tinée (Alpes maritimes).- Paris:L.Arnette, 1930.- (Mémoire pour l'obtention d'un diplôme d'études supérieures.)
46. CORSIN(P.), AREVIAN(A.).- Sur la présence du Permien inférieur à plantes dans le vallon de Roya, près de Saint Etienne de Tinée. In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.243. 1956. P.1776
47. FALLOT(P.), FAURE-MURET(A.).- Sur le Nummulitique de l'ouest de Saint Etienne de Tinée (Alpes Maritimes).In: C.R.Acad.Sci.(Paris) T.224. 1947. P.131 à 133.
48. FALLOT(P.),FAURE-MURET(A.).- Rapports du Nummulitique avec son substratum dans la région de Saint Etienne de Tinée (Alpes Maritimes). In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.224. P.55 à 57.
49. FALLOT(P.),FAURE-MURET(A.).- Le Crétacé entre le Mont Mounier et la cime de Pal (Alpes Maritimes).In:C.R.Acad.Sci.(Paris).T.223. 1946. P.954 à 956.
50. FALLOT(P.),FAURE-MURET(A.),GEZE(B.).- La Géologie de la région d'Auron (Alpes Maritimes).In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.222.1946 P.191 à 192.
51. FALLOT(P.), FAURE-MURET(A.),GEZE(B.).- Observations géologiques sur la région d'Auron (Alpes Maritimes).In:Bull.Soc.geol.Fr. T.16. 1946. P.121 à 132.
52. FAURE-MURET(A.).- "Zone occidentale, complexe de la Tinée". In: Etudes géologiques sur le massif de l'Argentera-Mercantour et de ses enveloppes sédimentaires.- Paris:Imprimerie Nationale, 1955. - P.39 à 76.- (Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France).

53. FAURE-MURET(A.).- Le Cristallophyllien de la bordure occidentale du massif de l'Argentera- Mercantour. In:C.R.Acad.Sci.(Paris). T.234. 1952. P.641 à 644.
54. FAURE-MURET(A.).- Sur les phases hercyniennes tardives dans le massif de l'Argentera-Mercantour. In:C.R.Acad.Sci.(Paris).T.232. 1951. P.1361 à 1363.
55. FAURE-MURET(A.).- Sur les dislocations anciennes du massif de l'Argentera-Mercantour. In:C.R.Acad.Sci.(Paris).T.226. 1948. P.1099 à 1101.
56. FAURE-MURET(A.).- Tectonique alpine et tectonique ante-triasique au N.O. du massif de l'Argentera-Mercantour (Alpes Maritimes). In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.226. 1948. P.1025 à 1027.
57. FAURE-MURET(A.).- Sur la géologie des vallées de Mollières et de Castiglione (Chastillon), massif de l'Argentera-Mercantour.In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.224. 1947. P.941 à 942.
58. FAURE-MURET(A.).- Sur les affleurements de Trias pincés dans les schistes cristallins de la vallée de la Tinée (Alpes Maritimes). In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.224. 1947. P. 205 à 207.
59. FAURE-MURET(A.).- Observations sur le massif du Mercantour aux abords de Saint Etienne de Tinée.
60. FAURE-MURET(A.),SUTER(G.).- Sur la tectonique du revers italien de l'Argentera-Mercantour. In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.228. 1949. P.406 à 408.
- FAURE-MURET(A.). voir: n° 47, 48, 49, 50, 51.
61. FERRARA(G.),MALARODA(R.).- Radiometric age of granitic rocks from the Argentera massif (Maritime Alps ).In: Boll.Soc.geol.Ital.Vol.88. 1969. P. 311 à 320.

GERARD(J.). voir:n°36

GEZE(B.). voir: n°50, 51



62. LEMOINE(M.).- Sur les dislocations de la bordure du massif de l'Argentera-Mercantour au nord de Valdeblore (Alpes Maritimes). In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.226. 1948. P. 1027 à 1028.
- LOUGNON(J.). voir: n°36.
63. MALARODA(R.).- Osservazioni e considerazioni sulla tettonica del cristallino del massiccio dell'Argentera (Alpi Marittime). In: Mem.Ist.Geol.Min.Univ.Padova Vol.29. 1973.
64. MALARODA(R.).- Atlante delle facies petrografiche del massiccio cristallino dell'Argentera. In: Mem Soc.geol.Ital.Vol.7. 1968. P.29 à 36.
65. MALARODA(R.).- Mylonites et paléomylonites dans le massif de l'Argentera (Alpes Maritimes). In:Ci.Sc.fis.mat.e nat.Vol.41.fasc.3-4. 1966.
- MALARODA(R.). voir: n° 61.
66. MALARODA(R.),SCHIAVINATO(G.).- Agmatiti e migmatiti anfiboliche omogenee nel settore meridionale del massiccio dell'Argentera. In: Rend.Soc.Min.It.Vol.16. 1960. P. 335 à 346
67. RICOUR(J.).- Sur le Trias de la bordure du massif du Mercantour dans la région de Saint Sauveur sur Tinée (Alpes Maritimes). In: C.R.somm.S.G.F. Vol.1. 1948. P. 28 à 30.
68. SACCHI(R.).- Osservazioni tettoniche sopra il cristallino a sud di Pianche (Massiccio dell'Argentera).In: Bull.Soc.geol.Ital. Vol.85. 1966. P.333 à 337.
69. SACCO(F.).- Sur l'âge des gneiss du massif de l'Argentera. In: Bull.Soc.geol.Fr. T.6. 1906. P. 484.
70. STURANI(C.).- La Couverture sédimentaire de l'Argentera-Mercantour dans le secteur compris entre les Barricate et Vinadio.( Haute vallée de la Stura di Demonte, Italie).In: Trav.Lab.Geol.Grenoble. T. 39. 1963. P. 84 à 124.

- SUTER(G.). voir: n°60
71. VERNET(J.).- La Faille de l'Inciano et les coulissements du socle dans le massif de l'Argentera. In: Geol.Alpine . T.46.1970. P. 195 à 199.
72. VERNET(J.).- Le Massif de l'Argentera. In: Trav.lab.Geol.Grenoble. T.43. 1967. P. 194 à 216.
73. VERNET(J.).- Données récentes sur la tectonique du massif de l'Argentera. In:Trav.Lab.Geol.Grenoble. T. 43. 1967. P.217 à 243.
- II-B REGIONS ALPINES AUTRES QUE L'ARGENTERA-MERCANTOUR
74. BERTRAND(J.M.).- Etude structurale du versant occidental du massif du Grand Paradis (Alpes Graies). In: Trav.Lab.Geol.Grenoble. T.44. 1968. P. 55 à 87.
- BORDET(P.). voir: n°80, 84.
75. CARME (F.).- Sur une paragénèse tardive à Disthène, Sillimanite prismatique et Zoizite dans les Anatexites à Pinnite des environs d'Allemont (chaîne de Belledonne); essai d'interprétation pétrogénétique. In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.287. 1974. N°5. P.565 à 568.
76. CARME (F.).- Précisions nouvelles sur l'ampleur de la tectonique tangentielle hercynienne dans la chaîne de Belledonne.In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.277. 1973.N° 21. P. 2309 à 2312.
77. CARME(F.).- Précisions sur le métamorphisme majeur des schistes cristallins de la chaîne de Belledonne; essai de zonéographie et distribution des zones verticales au niveau de la coupe de la Romanche. In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T. 277. 1973. N°20. P.2133 à 2136.



78. CARME(F.).- Les Phases successives de déformation continue dans l'ensemble Belledonne-Aiguilles Rouges (Massifs cristallins externes, Alpes françaises). In: C.R.Acad.Sci.(Paris).T.273. 1971. N°20. P. 1771 à 1774.
79. CARME(F.).- Les Problèmes de l'âge des séries cristallophylliennes des massifs cristallins externes. Corrélations entre deux schémas structuraux récemment proposés pour la chaîne de Belledonne et le haut Dauphiné cristallin. In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T. 273. 1971. N°19. P. 1671 à 1674.
80. CHESSEX(R.),DELALOYE(M.),BORDET(P.).- Ages "plomb total" déterminés sur des Zircons des massifs des Maures et de l'Estérel (France). In: C.R.Soc.phys.et hist.nat.de Genève. Vol.2. 1967. P. 97 à 106.
- CHESSEX(R.). voir: n°85.
- DELALOYE(M.). voir: n° 80
81. GOGUEL(J.).- La Tectonique de fond dans la zone externe des Alpes. In:Bull.Soc.geol.Fr. T. 14. 1944. P. 201 à 218.
82. GUITARD(G.),SALIOT(P.).- Sur les paragénèses à Lawsonite et à Pumpellyite des Alpes de Savoie. In: Bull.Soc.fr.Miner.Cristallogr. T. 94. 1971. P. 507 à 523.
83. HAUDOUR(J.),SARROT-REYNAULD(J.).- Rapports du Westphalien supérieur et du Stephanien dans les massifs cristallins externes des Alpes occidentales. In: Congrès pour l'avancement des études de stratigraphie et de géologie du Carbonifère. 4. 1958.Heerlen. (T.1. P.263.)
84. KRUMMENACHER(D.),BORDET(P.),LE FORT(P.).- Les Massifs cristallins externes et leurs séries métamorphiques. In:Bull.suiss.Min.et Petr. T. 45. 1965. N°2. P. 855 à 874.
85. LAURENT(R.),CHESSEX(R.).- Considérations sur le Paléozoïque dans les Alpes occidentales. In: Eclogae geol.Helv.Vol. 61. 1968. N°1. P. 1 à 18.

- LE FORT(P.). voir: n°84
86. LUGEON(M.).- Sur quelques conséquences de l'hypothèse d'un dualisme des plissements paléozoïques dans les Alpes occidentales. In:C.R.Acad.Sci.(Paris). T. 153. 1911. P. 984 à 985.
87. LUGEON(M.).- Sur l'existence de deux phases de plissements paléozoïques dans les Alpes occidentales. In:C.R.Acad.Sci.(Paris). T. 153.1911. P.842 à 843.
88. POTY(B.),WEISBROD(A.),STALDER(H.A.).- Température et pression de croissance des cristaux de Quartz des fentes alpines dans les Alpes françaises et suisses. In: Reunion annuelle des sciences de la Terre. 1. 1973. Paris. (p.222.)
- SALIOT(P.). voir: n°82.
- SARROT-REYNAULD(J.). voir: n° 83.
- STALDER(H.A.). voir: n° 88.
89. VERNET(J.).- Sur un décrochement horizontal tardif du socle dans la région méridionale de la zone des massifs cristallins externes. In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.261. 1965. P. 1358.
- WEISBROD(A.). voir: n° 88.
- II-C REGIONS NON ALPINES
90. ARTHAUD(F.).- Etude tectonique et microtectonique de deux domaines hercyniens: les nappes de la Montagne Noire (France) et l'anticlinorium de l'Iglesiente (Sardaigne). Style des déformations successives. Notions de sous-facies, de facies et de profil tectonique.- Montpellier: Ustella, 1970.- 175p.- (Série Géologie Structurale; 1.)



91. ARTHAUD(F.),MATTAUER(M.),PROUST(F.).- La Structure et la microtectonique des nappes hercyniennes de la Montagne Noire. In:Etages tectoniques.1966.Neuchâtel. (P.229 à 240).
92. BOGDANOFF(S.).- Contribution à l'étude géologique de l'extrémité orientale de la zone axiale granito-gneissique de la Montagne Noire ( Monts de l'Espinouse, Hérault). In:Bull.B.R.G.M.N°1 (2e série). 1973.
- BOWES(D.R.). voir: n° 99.
93. BRUNEL(M.).- La Phase hercynienne majeure dans le versant nord de la Montagne Noire (est de Lacaune, Massif Central français). In: C.R.Acad.Sci.(Paris). T.278. 1974. N°8. P. 991 à 994.
94. COLLOMB(P.).- Tectoniques superposées et contrôle mécanique du métamorphisme dans le Rouergue hercynien (sud-ouest du Massif Central français). In:Etages tectoniques. 1966. Neuchâtel.(P. 193 à 202).
95. COWARD(M.P.).- Heterogeneous deformation in the development of the Laxfordian complex of South Uist, Outer Hebrides. In: Jl. geol.Soc.Lond.T. 129. 1973. P. 137 à 160.
96. COWARD(M.P.).- The Structure and origin of areas of anomalously low intensity finite deformation in the basement gneiss complex of Outer Hebrides. In:Tectonophysics. Vol.16.1973. P.117 à 140.
97. DEARNLEY(R.),DUNNING(F.W.).- Metamorphosed and deformed pegmatites and basic dykes in the Lewisian complex of the Outer Hebrides and their geological significance. In:Ql.Jl.geol.Soc.Lond.Vol.123. 1968. P. 335 à 378.
- DUNNING(F.W.). voir: n° 97.
98. FRANCIS(P.W.).- Scourian-Laxfordian relationships in the Barra isles. In: Jl.geol.Soc.Lond. T.129. 1973. P.161 à 189.

99. HOPGOOD(A.M.),BOWES(D.R.).- Application of structural sequence to the correlation of Precambrian gneisses, Outer Hebrides, Scotland. In:Bull.geol.Soc.Am. Vol. 83. 1972. P.107 à 128.
- MATTAUER(M.). voir: n° 91.
- PROUST(F.). voir: n° 91
100. RAMSAY(C.R.).- Controls of Biotite zone mineral chemistry in Archean metasediments near Yellowknife, Northwest Territories, Canada. In: J.Petrology. Vol. 14. 1973. N°3. P. 467 à 488.



LISTE DES PERIODIQUES CITES ET DE LEURS ABREVIATIONS

AMERICAN JOURNAL OF SCIENCE:	Am.J.Sci.
BOLLETINO DELLA SOCIETA GEOLOGICA D'ITALIA:	Boll.Soc.geol.Ital.
BULLETIN DU B.R.G.M.:	Bull.B.R.G.M.
BULLETIN DE LA SOCIETE FRANCAISE DE MINERALOGIE ET DE CRISTALLOGRAPHIE:	Bull.Soc.fr.Mineral.Cristallogr.
BULLETIN DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DE FRANCE:	Bull.Soc.geol.Fr.
BULLETIN DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE ET MINERALOGIQUE DE BRETAGNE:	Bull.Soc.geol.mineral.Bretagne
BULLETIN DU SERVICE DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE FRANCE ( anciennement: Bulletin des services de la carte geologique de France et des topographies souterraines) :	Bull.Serv.Carte geol.Fr.
BULLETIN SUISSE DE MINERALOGIE ET PETROGRAPHIE:	Bull.suiss.Min.et Petr.
COMPTES RENDUS DE LA SOCIETE DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENEVE:	C.R.Soc.phys.et hist.nat. de Genève
COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DE L'ACADEMIE DES SCIENCES:	C.R.Acad.Sci. (Paris).
COMPTES RENDUS SOMMAIRES DES SEANCES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DE FRANCE:	C.R.somm.S.G.F.
CONTRIBUTIONS TO MINERALOGY AND PETROLOGY:	Contr.Mineral.Petrol.
ECLOGAE GEOLOGICAE HELVETIAE	Eclogae geol.Helv.

GEOLOGICAL MAGAZINE:	Geol.Mag.
GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA BULLETIN:	Bull.geol.Soc.Am.
GEOLOGICAL SOCIETY OF SOUTH AFRICA:	Geol.Soc.Of South Africa
GEOLOGIE ALPINE:	Geol.Alpine
GEOLOGISCHE RUNDSCHAU:	Geol.Rdsch.
JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY (remplace le Quaterly Journal of the geological Society of London) :	Jl.geol.Soc.Lond.
JOURNAL OF PETROLOGY:	J.Petrology
MEMORIE DELL'ISTITUTO GEOLOGICO MINERALOGICO DELL'UNIVERSITA DI PADOVA :	Mem.Ist.Geol.Min.Univ. Padova
MEMORIE DELLA SOCIETA GEOLOGICA ITALIANA:	Mem.Soc.geol.Ital.
QUATERLY JOURNAL OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON (devenu:Journal of the Geological Society):	Ql.Jl.geol.Soc.Lond.
PROCEEDINGS OF THE GEOLOGISTS' ASSOCIATION:	Proc.geol.Ass.Lond.
RENDICONTI DELLA CLASSE DI SCIENZE FISICHE MATEMATICHE E NATURALI:	Ci.Sc.fis.mat.e nat.
RENDICONTI DELLA SOCIETA MINERALOGICA ITALIANA:	Rend.Soc.Min.It.
TRAVAUX DU LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE GRENOBLE:	Trav.Lab.Geol.Grenoble



BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

BOGDANOFF(S.).- Pli pennique et déformations superposées dans la partie N.O. du massif métamorphique de l'Argentera-Mercantour (Alpes Maritimes). In: Première Réunion annuelle des Sciences de la Terre. 1973. Paris

BOGDANOFF(S.).- Déformations superposées dans les migmatites et les gneiss de l'ouest du massif métamorphique de l'Argentera-Mercantour (France Italie). (Inédit). 1975.

BOGDANOFF(S.).- Contribution à la feuille au 1/ 50 000e de Larche. (Inédit). 1973.

BOGDANOFF(S.), PRUNAC(M.).- Tectonique des gneiss et des migmatites du massif de l'Argentera-Mercantour (Alpes Maritimes), France et Italie. (à paraître). In: Quatrième Réunion annuelle des Sciences de la Terre. 1976. Paris.

BOUCARUT(M.).- Structure du Granite de l'Argentera et style tectonique de l'ensemble de ce massif. In: C.R.Acad.Sci. (Paris). T.264.1967. P. 1573 à 1576

COMPAGNONI(R.), LOMBARDO(B.), PRATO(R.).- Andalousite et Sillimanite aux contacts du Granite central de l'Argentera (Alpes Maritimes). In: Rend.Soc. It.Min.Pet. Vol.30.1974.P. 31 à 54

MALARODA(R.).- Carta geologica del Massiccio dell'Argentera alla scala 1/ 50 000e e Note illustrative (a cura di F. CARRARO, G.V. DAL PIAZ, B.FRANCESCHETTI, R.MALARODA, C.STURANI, E.ZANELLA). In: Mem.Soc.Geol.Ital. Vol.9. 1970. P. 557 à 663.

PRUNAC(M.).- Analyse structurale dans les gneiss de l'Argentera-Mercantour, bordure S.O. In: Troisième Réunion annuelle des Sciences de la Terre. 1975. Montpellier. P.312.

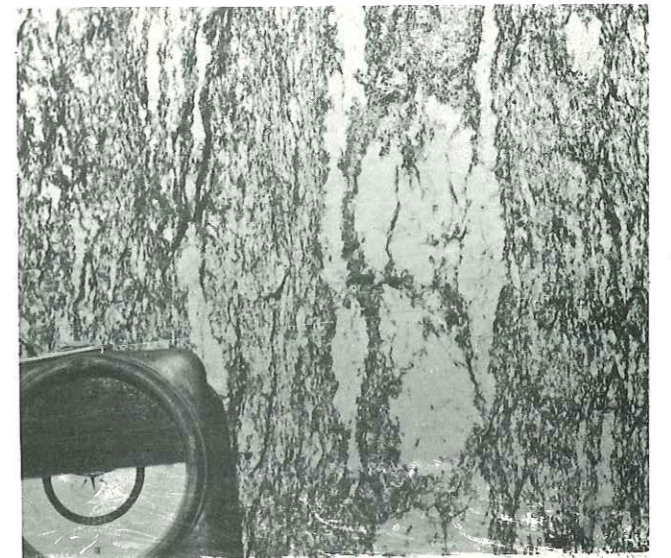


PLANCHE 1: QUELQUES TYPES DE ROCHES METAMORPHIQUES DU  
MASSIF DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR

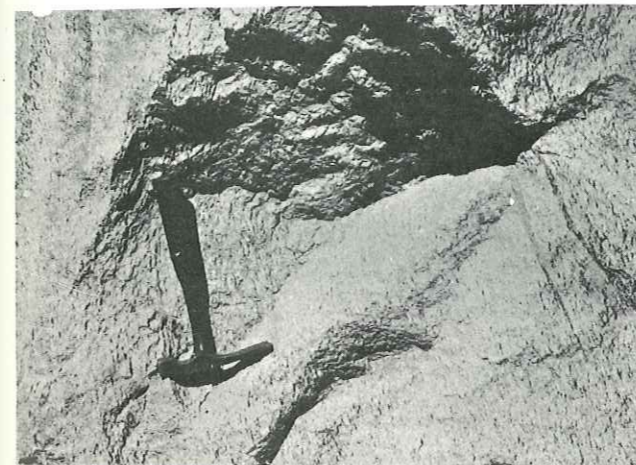
- A- Gneiss oeuillés veinés de la série d'ANELLE  
(vallon de Chastillon)
- B- Gneiss oeuillés veinés de la série d'ANELLE  
(vallon de Chastillon): détail
- C- Gneiss leucocrates de la série d'IGLIERE  
(vallon de Chastillon)
- D- Gneiss leucocrates de la série d'IGLIERE  
(vallon de Chastillon): détail
- E- Agmatites de La Blache  
(vallon de La Blache)
- F- Amphibolites litées  
(vallon de Roya)



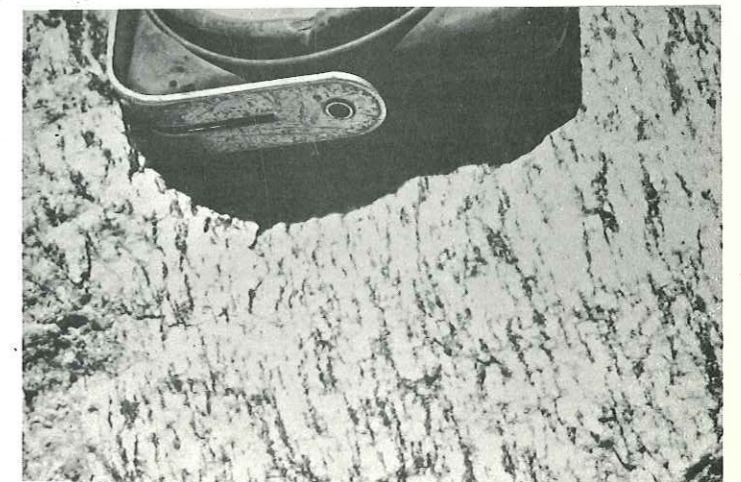
A



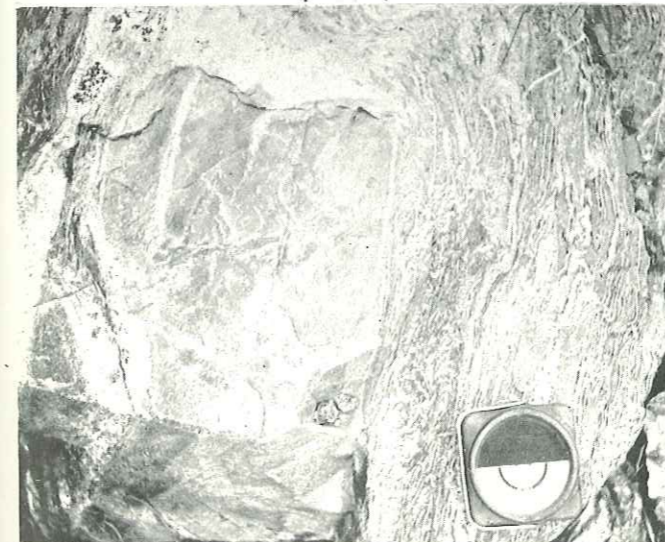
B



C



D



E



F

PL.  
1



PLANCHE 2

QUELQUES PHENOMENES TECTONIQUES DANS LES  
ROCHES METAMORPHIQUES ET SEDIMENTAIRES DU  
MASSIF METAMORPHIQUE DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR

A- Plis synschisteux ( P 2) dans les Amphibolites litées  
du vallon de Roya

B- Pli en S ( P 4): vallon de Roya

C- Pli isoclinal ( P 3 en pointillé) repris par un  
pli en U ( P 4): vallon de Roya

D- Pli en Z ( P 4): vallon de Roya

E- Discordance angulaire entre les grès et schistes du Permien  
et les grès et schistes du Trias ( vallon d'Auron)

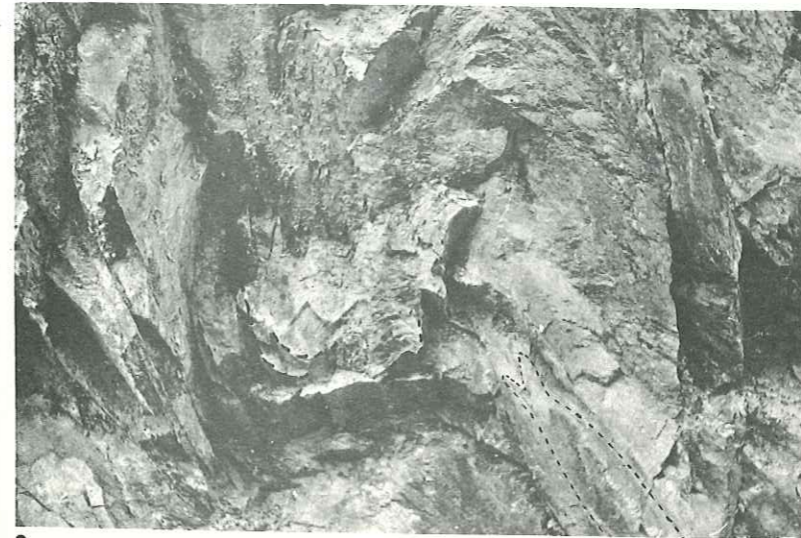
F- Pli isoclinal ( P 3): vallon de Roya



A



B



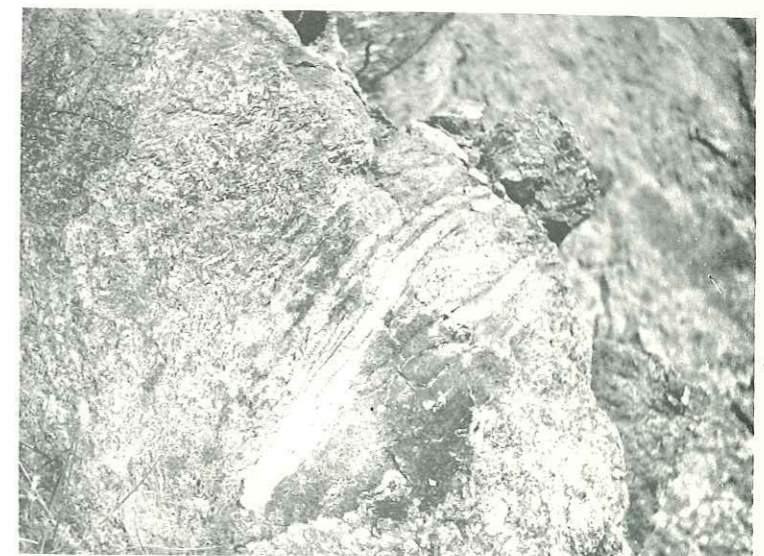
C



D



E



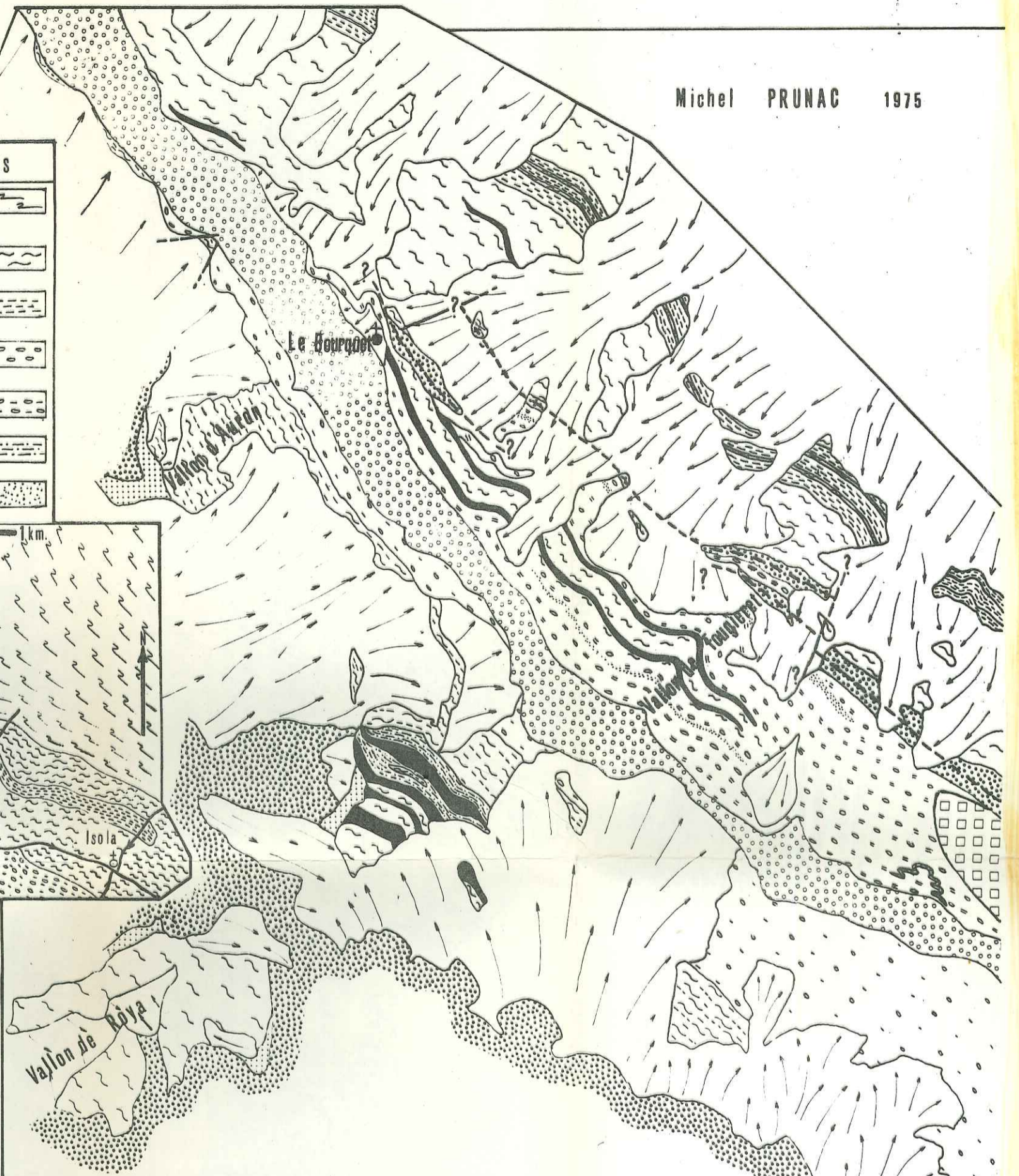
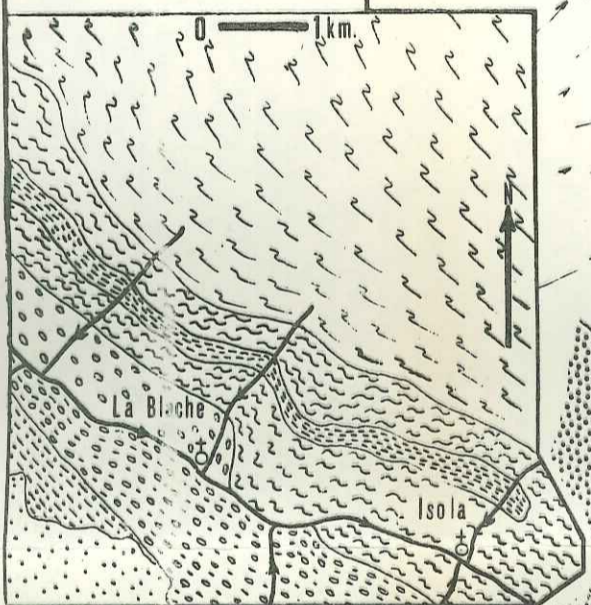
F

PL.  
2



**SERIES LITHOLOGIQUES**

Série de Rabuons	
" d'Anelle	
" d'Ilpière	
" de Fougières	
" de Varelios	
Complexe de Roya	
Couverture sédimentaire	



**LEGENDE.**

**TERRAINS QUATERNAIRES**

- terrasses alluviales
- formations de pentes et éboulis  
(la flèche indique la direction des mouvements de terrains)

**TERRAINS SEDIMENTAIRES**

- grès et schistes du Trias
- " " du Permien

**TERRAINS METAMORPHIQUES**

- |   |                              |              |
|---|------------------------------|--------------|
| gneiss ocellés veinés   | gneiss miliaires (fougières) | carbonates   |
| gneiss leucocrates  | gneiss miliaires (varelios)  | amphibolites |
| gneiss micro leucocrates                                      | nébulites                    | quartzites   |
| alternances de gneiss ocellés veinés et de gneiss leucocrates | nébulites ocellées           | gneiss fins  |
|   | faille (vue-cachée)          | agmatites    |

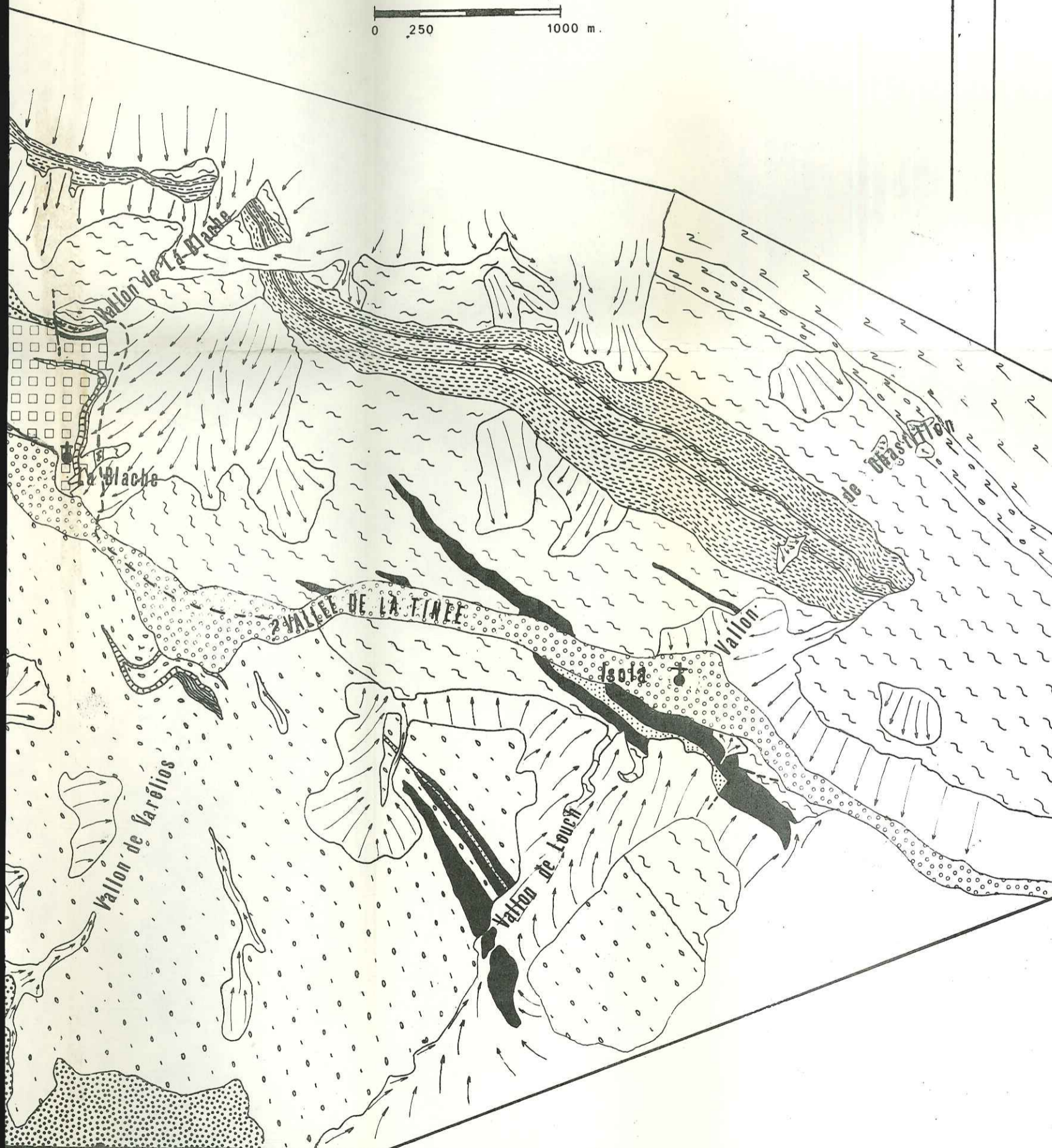


# CARTE GEOLOGIQUE DU SOCLE METAMORPHIQUE DE L'ARGENTERA-MERCANTOUR.

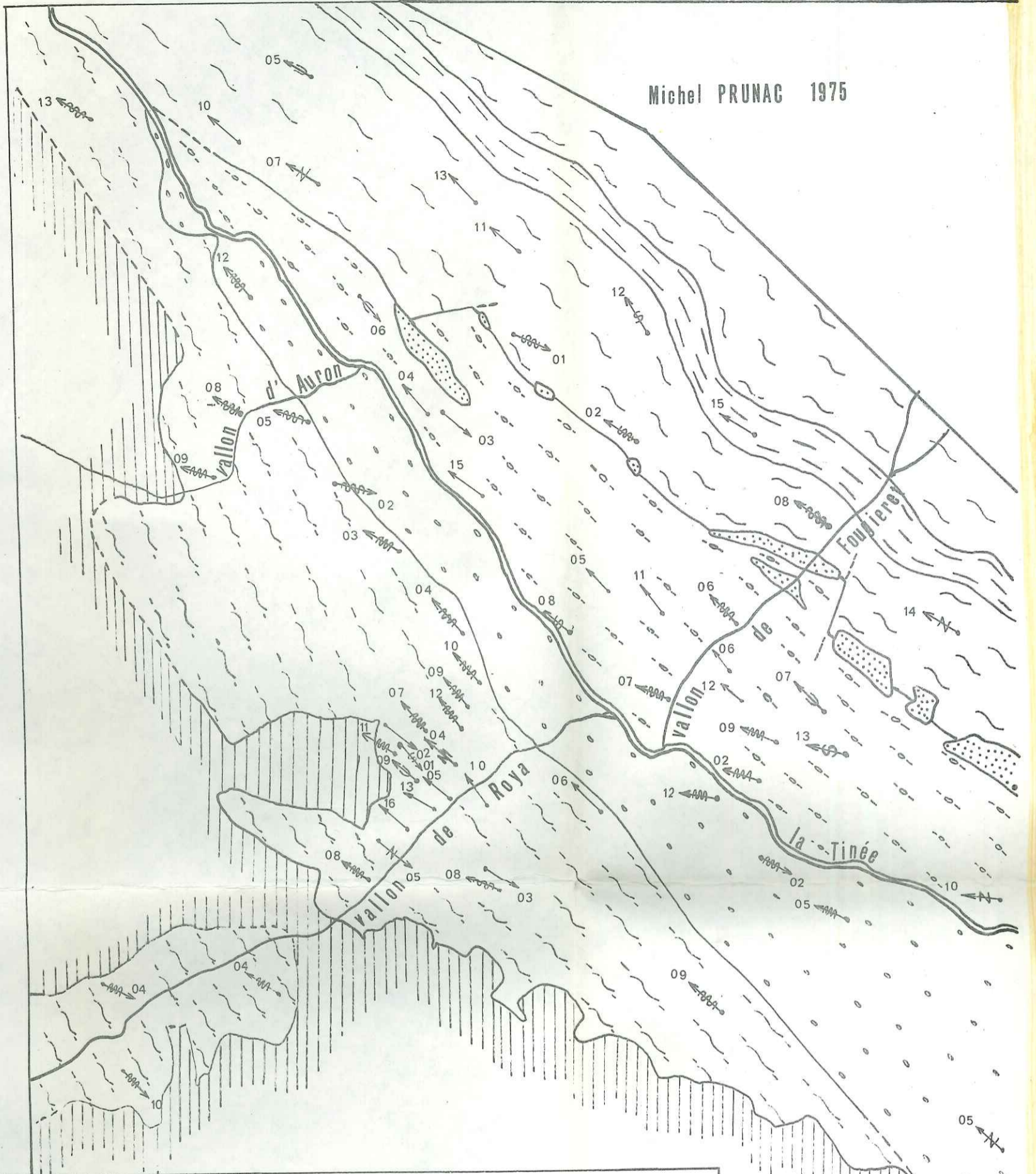
(VALLEE DE LA TINEE EN AMONT D'ISOLA: ALPES MARITIMES).

0 250 1000 m.

N.







### LEGENDE

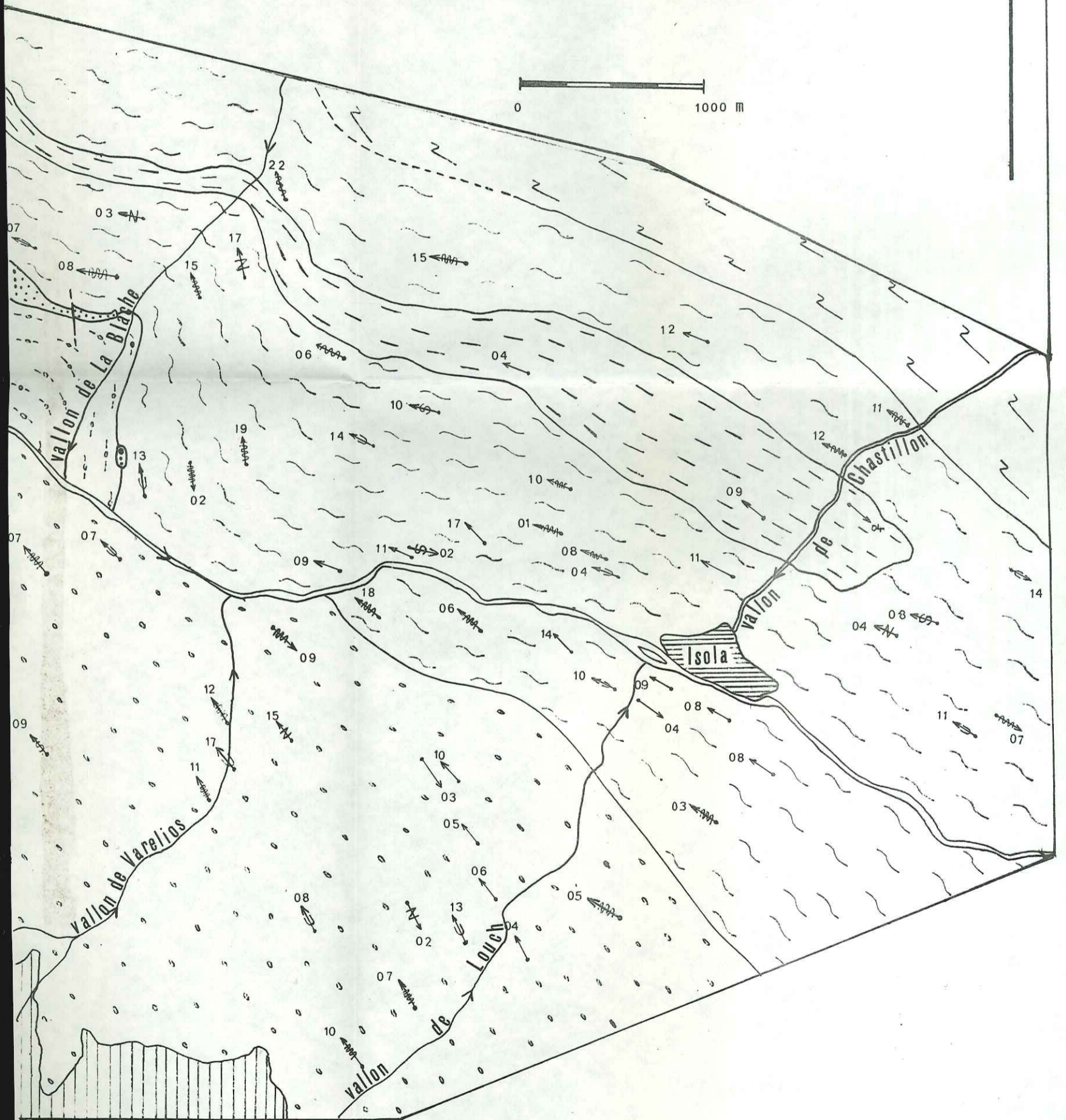
	série de Rabuons		direction de plongement Nord géographique	08	plongement en degrés
	" d'Anelle		alignement de minéraux		
	" d'Iglière		axe de micropli		
	" de Fougieret		" " pli en U		
	" de Varelios		" " " " S		
	complexe de Royat		" " " " Z		
	Trias fiché dans le socle		" " " " M		
	couverture sédimentaire				



# CARTE DES ORIENTATIONS DES OBJETS GEOLOGIQUES LINEAIRES

SOCLE METAMORPHIQUE DE L'ARGENTERA  
MERCANTOUR

VALLEE DE LA TINEE EN AMONT D'ISOLA : ALPES MARITIMES



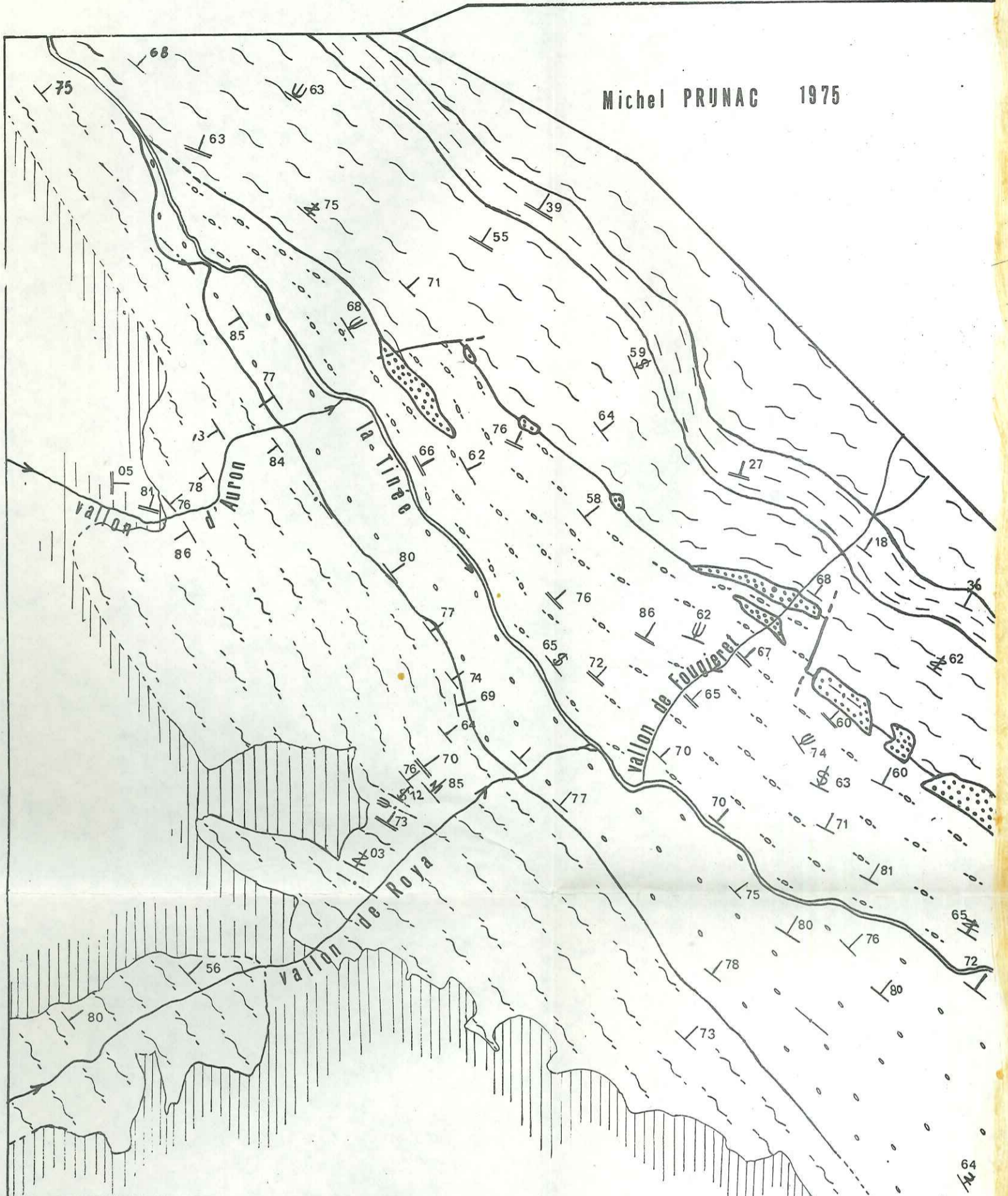












LEGENDE

	série de Rabuons		direction du plongement Nord géographique	73 plongement en degrés
	" d'Anelle		foliation des gneiss	
	" d'Iglère		limite de bancs	
	" de Fougieret		Plan axial de pli en S	
	" de Varelios		" " " " " Z	
	complexe de Roya		" " " " " M	
	Trias fiché dans le socle		" " " " " U	
	couverture sédimentaire			



# CARTE DES PENDAGES DES OBJETS GEOLOGIQUES PLANAIRE.

SOCLE METAMORPHIQUE DE L'ARGENTERA  
MERCANTOUR

VALLEE DE LA TINEE EN AMONT D'ISOLA, ALPES MARITIMES.



0 1000 M.

