

QUELQUES PHASES GRANITIQUES INTRUSIVES DANS LE MASSIF DES TROIS SEIGNEURS

PAR

W. H. NIEUWENHUYTS

Introduction

Pendant les étés de 1953, 1954 et 1955 j'ai effectué des travaux de terrain dans le Massif des Trois Seigneurs, Pyrénées orientales, sous la direction du Professeur L. U. DE SITTER. Ces travaux de terrain comprennent entre autres le levé d'une carte géologique de la partie centrale et Sud-Ouest de ce massif.

Le Massif des Trois Seigneurs est un des massifs primaires Nord-pyrénéens, situé au Nord de la „Zone axiale” et entouré de sédiments mésozoïques. Le massif est constitué entièrement de roches paléozoïques. Il doit son nom au Pic des Trois Seigneurs (2199 m) le plus haut sommet de la région.

L'Ordovicien inférieur non ou peu métamorphique ne se trouve que dans la partie septentrionale du terrain examiné et près du Col d'Eret; il se compose principalement de schistes à séricite et ardoises avec parfois de petites intercalations de quartzite.

Dans la partie orientale on rencontre une grande série de migmatites, qui passe vers le haut en schistes à biotite et muscovite. Probablement la migmatisation a eu lieu pendant la phase principale du plissement hercynien.

Un granit gneissifié à deux micas, que nous appelons orthogneiss (ZWART, 1954) s'est introduit pendant la migmatisation.

Dans la partie occidentale un massif de granite à deux micas d'un âge incertain s'est introduit dans les schistes de l'Ordovicien inférieur. Le granite ressemble minéralogiquement beaucoup à l'orthogneiss; cependant une gneissification est totalement absente. Le métamorphisme de contact de ce granite a transformé l'Ordovicien en micaschistes, schistes tachetés, etc.

La partie centrale du Massif des Trois Seigneurs est formée par un massif de granite à biotite d'un âge probablement carbonifère, qui a également transformé les roches encaissantes par un métamorphisme thermal.

Finalement on trouve dans les environs de Sue les Bordes un petit massif de granite à biotite (voir la carte).

Comme je me suis surtout occupé des phases intrusives principales de mon terrain, la description des migmatites est sommaire et uniquement pétrographique.

Quatre analyses chimiques furent exécutées dans le laboratoire pétrochimique sous la direction de Mme Dr. C. M. DE SITTER—KOOMANS. Nous avons fait une analyse d'un orthogneiss, une d'un granite à deux micas et deux du granite à biotite, tandis qu'il faut attribuer à M. P. NIGGLI (1936), la méthode pour calculer les molécules de base et la composition virtuelle de la roche analysée, ainsi que la façon de représenter les résultats dans les diagrammes al-alk et Q-L-M et la classification des roches éruptives. Cidessous nous faisons suivre une liste de la composition chimique des molécules de base et des minéraux qui ont été employés:

Ab	albite 1/10 (6 SiO ₂ .Al ₂ O ₃ .Na ₂ O)	Cp	Ca-phosphate 1/5 (P ₂ O ₅ .3 CaO)
An	anorthite 1/5 (2 SiO ₂ .Al ₂ O ₃ .CaO)	Hy	hypersthène 1/2 (SiO ₂ .FeO)
Bi	biotite 1/6 (6 SiO ₂ .Al ₂ O ₃ .6 (Fe, Mg) O . K ₂ O . 2 H ₂ O)	Hx	hercynite 1/3 (Al ₂ O ₃ .FeO)
Cal	Ca-aluminate 1/3 (Al ₂ O ₃ .CaO)	Kp	kaliophylite/6 (2 SiO ₂ .Al ₂ O ₃ .K ₂ O)
Di	diopside 1/4 (2 SiO ₂ .MgO . CaO)	Mt	Magnétite 1/3 (FeO . Fe ₂ O ₃)
Ho	hornblende 1/15 (8 SiO ₂ .5 MgO . 2 CaO . H ₂ O)	Ne	néphéline 1/6 (2 SiO ₂ .Al ₂ O ₃ .Na ₂ O)
En	enstatite 1/2 (SiO ₂ .MgO)	Or	orthoclase 1/10 (6 SiO ₂ .Al ₂ O ₃ .K ₂ O)
Fa	fayalite 1/3 (SiO ₂ .2 FeO)	Plag.	mélange de Ab et An
Fo	forsterite 1/3 (SiO ₂ .2 MgO)	Q	quartz 1/1 (SiO ₂)
Fs	ferri-silicate 1/3 (SiO ₂ .Fe ₂ O ₃)	Ru	rutile 1/1 (TiO ₂)
		Sp	spinelle 1/5 (Al ₂ O ₃ .MgO)
		Wo	wollastonite 1/2 (SiO ₂ .CaO)

Les migmatites

Selon leur composition minéralogique les migmatites peuvent être subdivisées en quatre groupes :

- (a) les gneiss à sillimanite, à deux micas;
- (b) les gneiss à feldspath alcalin, à deux micas;
- (c) les quartzdiorites et granodiorites;
- (d) les cipolins à diopside (ZWART, 1954).

Une limite nette entre ces roches hautement métamorphiques n'existe jamais; on trouve dans tous les cas une zone de transition plus ou moins étendue de l'une à l'autre.

Les *gneiss à sillimanite* se présentent dans une zone d'une épaisseur variable, toutefois à peu près d'une centaine de mètres. On les rencontre toujours vers le haut de la série de migmatites.

Dans le terrain ce gneiss se distingue par un caractère très hétérogène, c'est-à-dire que la roche consiste en petits filons ou lentilles de quartz et feldspath dans une masse schisteuse de biotite et sillimanite. On peut reconnaître la sillimanite par sa couleur grisâtre; ce minéral se présente le plus souvent comme de la fibrolite. Souvent le gneiss a été fortement plissé.

L'examen microscopique montre du quartz, souvent d'une structure cataclastique, et de l'oligoclase; la partie schisteuse consiste en biotite, muscovite et sillimanite. La cordiérite peut être un élément important, notamment dans les gneiss au Nord du Pic de Pioulou, ainsi que dans les gneiss au Sud de l'Etang d'Arbu. C'est une cordiérite assez altérée en pinité avec des halos fortement pléochroïques autour du zircon.

Les *gneiss à feldspath alcalin* forment une zone au-dessous du gneiss à sillimanite et peuvent atteindre l'épaisseur considérable de quelques centaines de mètres, notamment dans la vallée au Nord de Suc les Bordes.

Dans le terrain le gneiss présente un caractère beaucoup moins hétérogène que le gneiss à sillimanite; on peut encore remarquer une texture orientée de la roche, mais quelquefois cette schistosité n'est guère présente, de sorte que la roche prend un aspect homogène.

Au microscope on voit que le gneiss consiste en quartz, feldspath alcalin, oligoclase, biotite et muscovite. Comme minéral accessoire on aperçoit parfois de la sillimanite.

Les *quartzdiorites* et *granodiorites* occupent un terrain assez étendu près du Pic de Pioulou et dans la vallée de Sentenac au Sud. La roche a un aspect homogène de sorte qu'on n'arrive pas à découvrir sa texture orientée dans l'échantillon.

L'examen microscopique montre une composition minéralogique de quartz, oligoclase, biotite, muscovite et souvent de feldspath alcalin.

Le *cipolin* est une sorte de marbre, qui peut contenir des silicates de chaux. On le rencontre à l'Est du Col du Port de Sue et à l'Ouest de l'Étang Bleu et il se distingue sur le terrain par une couleur grise et une stratification bien développée, présentée par des bandes d'une composition minéralogique différente.

Au microscope on voit toujours de la calcite et de l'épidote. Outre ces minéraux le cipolin du Col du Port de Sue contient du quartz et du feldspath alcalin,

Les micaschistes

Vers le haut la série des migmatites passe à des micaschistes. Dans le terrain celles-ci sont caractérisées par une schistosité fine, une couleur brun foncé et la présence constante de biotite. Souvent on peut déjà observer à l'œil nu de la sillimanite dans l'échantillon. La série des micaschistes peut atteindre une épaisseur de quelques centaines de mètres.

L'examen microscopique a montré une composition minéralogique de quartz, biotite et muscovite. Très souvent on observe de la sillimanite fibreuse; la cordiérite peut aussi être un élément important. Cette cordiérite a une structure poeciloblastique avec des halos pléochroïques enveloppant des inclusions de zircon. Comme éléments accessoires on trouve de la tourmaline et de l'apatite et parfois de l'oligoclase en petits cristaux.

Quelquefois en rencontre des intercalations minces d'un gneiss à silicates de chaux avec des bandes d'une composition minéralogique différente, présentant la stratification originale de la roche.

On voit au microscope que ce gneiss consiste en quartz, biotite, hornblende, clinzoisite, épidote et plagioclase. Le plagioclase montre une extinction \perp (010) de 32° , c'est donc un labradorite.

L'orthogneiss

Le terme „orthogneiss” fut introduit par ZWART (1954) qui indique par ce mot un granite syntectonique à deux micas d'un grain moyen avec une schistosité bien prononcée. Cette schistosité s'est produite par des mouvements tectoniques, de sorte que l'orthogneiss est une roche dynamo-métamorphique.

Dans notre terrain on trouve l'orthogneiss surtout en sills et exclusivement dans les micaschistes ou dans la zone de transition entre les micaschistes et les migmatites (voir la carte). Le sill au Sud de l'Étang d'Arbu a une épaisseur de quelques dizaines de mètres. Les contacts sont toujours concordants avec la structure de la roche encaissante et partout ils sont très nets, sans zone de transition. De ces caractères on peut déduire que l'orthogneiss s'est introduit parallèlement à la schistosité.

L'examen microscopique montre une composition minéralogique de quartz, feldspath alcalin, oligoclase, muscovite et biotite. Le quartz a très souvent une structure cataclastique, ce qui se manifeste dans une extinction roulante, une structure en mortier, et des stries de BÖHM.

Le plagioclase montre également une extinction roulante, parfois même les macles sont plus ou moins courbées. La biotite est souvent partiellement altérée en chlorite. Comme minéral accessoire on trouve toujours l'apatite.

L'orthogneiss à l'Ouest de l'Étang Bleu montre une composition minéralogique, fixée à l'aide d'une platine d'intégration, de quartz 34,5 %, biotite + minéraux accessoires 6,5 %, muscovite 12,5 % et feldspath 46,5 %.

L'examen chimique de l'orthogneiss. — Nous avons fait une analyse

chimique de l'orthogneiss, d'un côté pour comparer sa composition chimique à celle du granite à deux micas, d'autre part pour définir à quelle province pétrographique et à quel type de magma — au sens de P. NIGGLI (1936) — la roche appartient.

ORTHOGNEISS A MUSCOVITE ET BIOTITE.
Localité: le sill au Sud de l'Etang d'Arbu (voir la carte).

% Pond		Valeurs de NIGGLI	Molécules de base	Composition réelle (mode)
SiO ₂	72,60	si = 410	Kp 18,3	quartz: 37,6 %
TiO ₂	0,31	al = 50	Ne 17,1	feldspath: 47,4 %
P ₂ O ₅	0,30	fm = 7	Cal 2,8	biotite + acc.: 4,2 %
Al ₂ O ₃	15,02	c = 8	Sp 0,5	muscovite: 9,8 %
Fe ₂ O ₃	0,88	alk = 35	Hz 2,3	apatite: 1,0 %
FeO	0,83	k = 0,52	C 1,1	
MnO	0,07	mg = 0,14	Fs 0,9	Type du magma: engadinit granitique, si un peu élevé, mg plus bas.
MgO	0,14		Ru 0,2	Analyste: Mme Dr C. M. DE SITTER— KOOMANS.
CaO	1,28		Cp 0,6	
Na ₂ O	3,14		Q 56,2	
K ₂ O	5,08		L 38,2	
H ₂ O	0,60		M 5,6	

L'analyse nous indique une composition d'un granite acide et elle appartient aux magmas leucogranitiques de la série calco-alcaline (la province pacifique) de P. NIGGLI.

Quand on compare les valeurs de NIGGLI de notre orthogneiss à celles de l'orthogneiss du Massif de Saint-Barthélemy, dont les valeurs sont si=401, al=45, fm=12, c=7, alk=36, k=0,41 et mg=0,69 on est frappé par une ressemblance remarquable entre ces deux roches. Elles appartiennent au même type de magma engadinit-granitique, leur composition minéralogique aussi ne montre pas de différences essentielles.

Orthogneiss du Massif des Trois Seigneurs			Orthogneiss du Massif de St. Barthélemy		
si = 410	quartz:	37,6 %	si = 401	quartz:	31,0 %
al = 50	feldspath:	47,4 %	al = 45	feldspath:	52,0 %
fm = 7	biotite + minéral:	4,2 %	fm = 12	biotite:	0,4 %
c = 8	muscovite:	9,8 %	c = 7	chlorite:	1,3 %
alk = 35	apatite:	1,0 %	alk = 36	muscovite:	14,1 %
k = 0,52			k = 0,41	apatite:	0,6 %
mg = 0,14			mg = 0,60	minéral:	0,5 %

Dans les diagrammes Q-L-M et al-alk (fig. 1 et 2) nous avons défini la position de l'orthogneiss dans le domaine principal des roches éruptives, ainsi que celle des autres roches analysées.

L'âge de l'orthogneiss. — L'examen microscopique a démontré une structure très cataclastique de la roche; il est donc certain que l'orthogneiss a été soumis aux mouvements tectoniques après la consolidation du magma. Pourtant il est très difficile de définir l'âge exact du gneiss, puisqu'il se trouve toujours entièrement dans la série des micaschistes.

Les caractères de l'orthogneiss que nous avons constatés sur le terrain peuvent être une indication pour une intrusion plus ou moins syntectonique, c'est-à-dire une intrusion pendant la phase principale du plissement hercynien.

Heureusement l'orthogneiss est bien comparable à celui du Massif de Saint-Barthélemy. Ce gneiss est aussi caractérisé par une schistosité prononcée, une présence en forme de laccolite et une composition minéralogique et chimique peu variables.

Dans sa thèse, ZWART (1954) a comparé l'orthogneiss à celui du Massif d'Ax-Montcalm dans lequel le gneiss est plissé avec les sédiments paléozoïques.

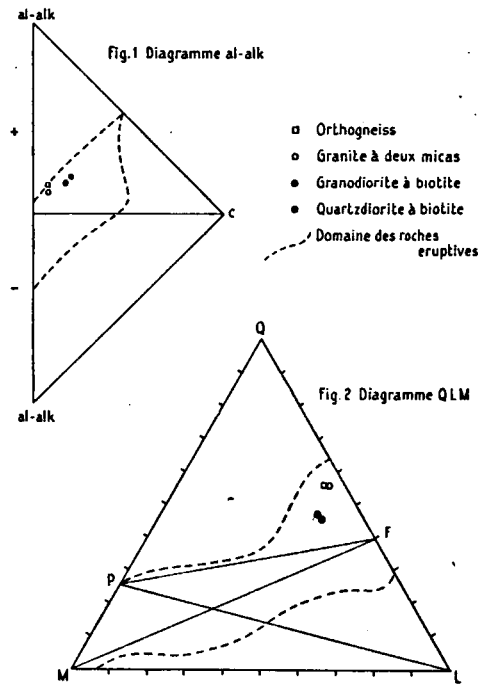


Fig. 1 et 2.

Sa conclusion que l'intrusion de l'orthogneiss a eu lieu peu avant ou pendant la phase principale du plissement hercynien, nous semble également applicable à l'orthogneiss du Massif des Trois Seigneurs.

Les pegmatites

Dans la série des migmatites, mais surtout dans les micaschistes, on trouve un grand nombre de filons d'un granite acide à gros grain et des pegmatites, originaires de l'orthogneiss.

Sur le terrain ces pegmatites ne se présentent que tout près de l'orthogneiss, souvent en forme de sill. Pourtant parfois on rencontre de petits filons, qui coupent obliquement la structure de la roche encaissante.

Macroscopiquement on peut déjà constater qu'il s'agit d'une roche très leucocrate, qui contient de la muscovite et quelquefois de la tourmaline et du grenat en gros cristaux. L'examen microscopique a montré une composition minéralogique assez variable de quartz, de plagioclase, de feldspath

Sections géologiques schématiques de la partie centrale et sud-ouest du Massif des 3 Seigneurs

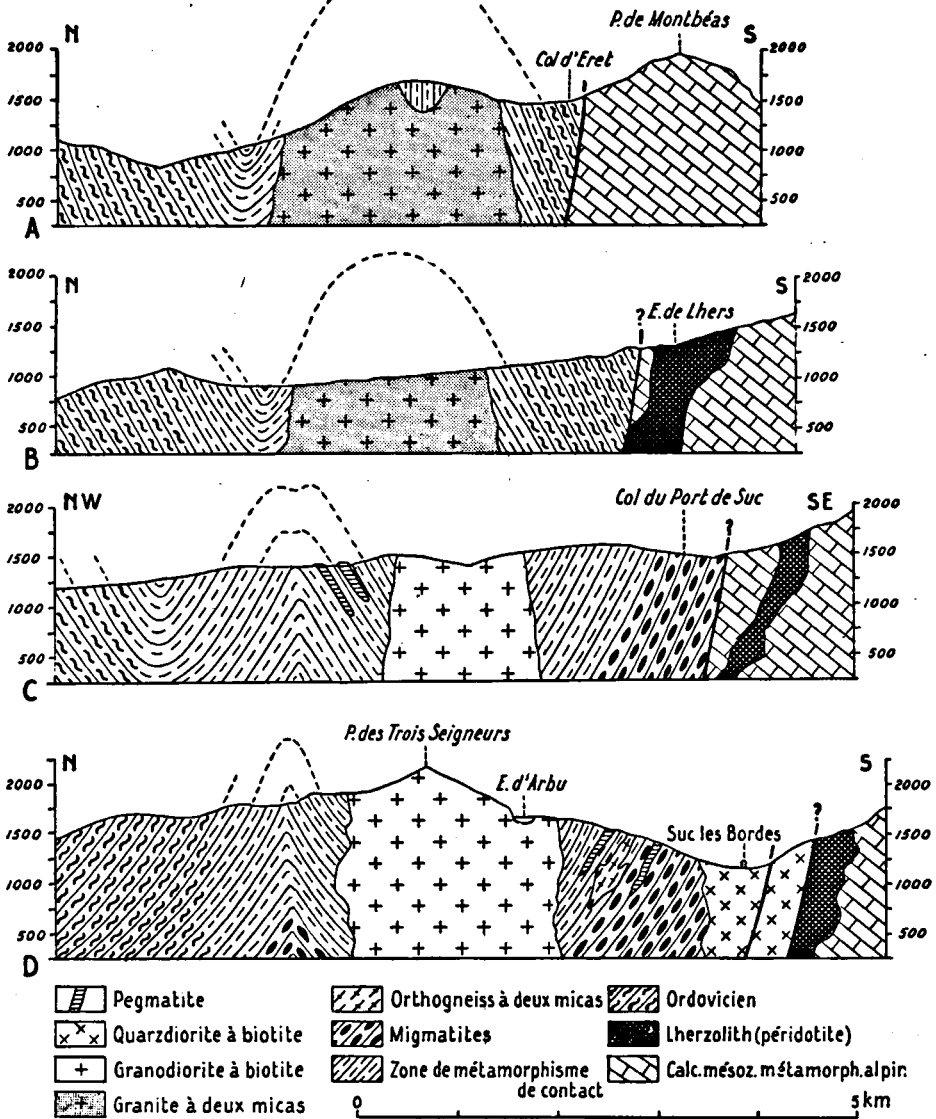


Fig. 3

alcalin, de muscovite et parfois de tourmaline et de grenat. Le quartz a souvent une extinction roulante, des stries de BÖHM et une structure en mortier (cataclase). Le plagioclase est un oligoclase; quelquefois les macles sont un peu déformées.

L'examen microscopique, montre que les pegmatites ont été influencées par des mouvements tectoniques; cependant cela ne se manifeste pas dans une schistosité de la roche, mais dans un écrasement ou une déformation des éléments constitutants.

L'intrusion de ces pegmatites a eu lieu un peu plus tard que celle de l'orthogneiss et on peut en conclure que les pegmatites présentent la phase tardive appartenant à l'intrusion de l'orthogneiss.

Le granite à deux micas

La partie ouest du terrain examiné est occupée par un massif d'un granite acide à muscovite et biotite d'un grain moyen. Sur la feuille Foix de la carte géologique, on peut remarquer qu'on a lié ce massif au massif du granite à biotite du Pic des Trois Seigneurs, en désignant l'ensemble comme granite à biotite. Cette interprétation n'est pas exacte; ces deux massifs granitiques sont séparés par une zone de micaschistes et la composition minéralogique et chimique des deux sortes de granite montre qu'il y a une grande différence entre celles-ci.

Sur le terrain le granite à deux micas se distingue par une structure très homogène, par un caractère leucocrate et par la présence de muscovite et biotite.

Le granite se trouve entièrement dans les schistes de l'Ordovicien; ses contacts avec les roches encaissantes sont parfois tout-à-fait discordante par rapport à la structure et presque verticaux, notamment au Sud-Ouest de la Ruse. Les contacts sont toujours nets, sans zone de transition.

Il est difficile de définir la mise en place du massif. Les caractères du granite que nous avons mentionnés ci-dessus, ainsi que l'étendue considérable du massif (voir la carte) suggérerait une intrusion en forme de batholith. L'auréole métamorphique aussi, qui peut atteindre localement une épaisseur de plus de mille mètres, indiquerait plutôt une mise en place du granite en forme de batholith.

De cette manière on pourrait considérer l'enclave schisteuse, qui se trouve au centre du massif, composé de micaschistes à andalousite, comme un pendentif du toit, conservé par l'érosion (voir coupe A).

L'examen microscopique montre que le granite consiste en quartz, feldspath alcalin, plagioclase, muscovite et biotite. Le plagioclase est un oligoclase et comme minéral accessoire l'apatite est toujours présente.

Dans le centre du massif la composition minéralogique, mesurée à l'aide d'une platine d'intégration est la suivante: quartz 37,1 %, feldspath alcalin 28,4 %, plagioclase 18,0 %, muscovite 10,0 %, biotite 4,9 % et apatite 1,6 %. Du côté Est du massif dans la vallée au Sud de la Ruse cette composition est: quartz 28,9 %, feldspath alcalin 27,3 %, plagioclase 28,1 %, muscovite 10,8 %, biotite 3,9 % et apatite 1,0 %. On voit qu'il y a des variations dans la composition minéralogique, le dernier granite contenant moins de quartz et plus de plagioclase; pourtant la différence entre les deux n'est pas très grande.

L'examen chimique du granite à deux micas. — L'analyse chimique a montré une composition de granite acide, appartenant aux magmas leucogranitiques de la province calco-alcaline de NIGGLI.

GRANITE A DEUX MICAS.

Localité: 1250 m au Sud de la Ruse (voir la carte).

% Pond	Valeurs de NIGGLI	Molécules de base	Composition réelle (mode) vol. %
SiO ₂ 73,02	si = 415	Kp 18,1	quartz: 34,6 %
TiO ₂ 0,29	al = 49	Ne 19,1	feldspath: 47,5 %
P ₂ O ₅ 0,34	fm = 5	Cal 3,0	muscovite: 12,5 %
Al ₂ O ₃ 14,69	c = 8	H _z 1,7	biotite + minerai: 4,1 %
Fe ₂ O ₃ 0,64	alk = 38	C 0,7	apatite: 1,3 %
FeO 0,65	k = 0,49	Fs 0,7	
MnO 0,06		Ru 0,2	Type du magma: engadinit granitique.
MgO trace		Cp 0,7	Analyste: Mme Dr C. M. DE SETTER—
CaO 1,40		Q 55,8	KOOMANS.
Na ₂ O 3,60		L 40,2	
K ₂ O 5,03		M 4,0	
H ₂ O 0,62			

Lorsqu'on compare les résultats obtenus de cette analyse à ceux de l'analyse de l'orthogneiss, on aperçoit une analogie minéralogique et chimique bien prononcée. Les analyses appartiennent au même type de magma engadinit-granitique, les valeurs de NIGGLI sont presque les mêmes et leur composition minéralogique ne diffère que peu. Dans les diagrammes al-alk et Q-L-M (fig. 1 et 2) nous avons relevé cette relation étroite.

ORTHOGNEISS		GRANITE A DEUX MICAS	
Valeurs de NIGGLI	Composition réelle (mode)	Valeurs de NIGGLI	Composition réelle (mode)
si = 410	quartz: 37,6 %	si = 415	quartz: 34,6 %
al = 50	feldspath: 47,4 %	al = 49	feldspath: 47,5 %
fm = 7	muscovite: 9,8 %	fm = 5	muscovite: 12,5 %
c = 8	biotite + minerai: 4,2 %	c = 8	biotite + minerai: 4,1 %
alk = 35	apatite: 1,0 %	alk = 38	apatite: 1,3 %
k = 0,52		k = 0,49	
mg = 0,14			

L'auréole du granite à deux micas. — La série des schistes métamorphiques, entourant le granite débute par des schistes à séricite et chlorite. Quand on s'approche du massif granitique le degré du métamorphisme augmente graduellement, ce qui se manifeste par la présence de biotite et d'andalousite.

Nous avons tracé sur la carte géologique une ligne indiquant la limite de la zone métamorphique en nous basant sur l'apparition de biotite, visible à l'oeil nu.

Sur le versant occidental de la vallée, près de la Ruse l'andalousite ne se trouve pas dans les micaschistes; de sorte que les schistes ne consistent qu'en biotite, quartz et parfois muscovite.

Au microscope on voit que les micaschistes se composent de quartz, biotite, muscovite et souvent d'andalousite et chlorite. L'andalousite est présente en porphyroblastes, qui montrent toujours une structure poeciloblastique avec

beaucoup d'inclusions de quartz, biotite et parfois de muscovite. Les minéraux accessoires sont la tourmaline, et l'apatite. Une seule fois nous avons constaté comme minéral accessoire la sillimanite fibreuse.

A deux cents mètres environ au Sud de la Ruse nous avons trouvé une série de schistes compactes d'une épaisseur de quelques dizaines de mètres, se composant de quartz, biotite et actinote. L'actinote se présente en prismes oblongs dans la coupe mince et montre une extinction c/γ de 10° .

Nous avons démontré, que la zone métamorphique peut être caractérisée en général par une association minéralogique de quartz, de biotite, du muscovite, d'andalousite et parfois de chlorite; donc la zone appartient à la mésozone de GRUBENMANN-NIGGLI.

Le minéral catazonal sillimanite ne se trouve que localement dans les schistes en quantité négligeable.

Les pegmatites. — Sur le terrain autour du massif de granite à deux micas, on trouve un certain nombre de filons d'un granite acide à gros grain, des pegmatites, appartenant certainement à l'intrusion de granite. Quelquefois un rencontre des filons d'un granite d'un grain moyen ou petit; ce sont donc plutôt des aplites, mais celles-ci sont assez rares et se présentent souvent en petits filons d'une épaisseur de quelques décimètres, notamment dans le granite lui-même.

Les pegmatites se présentent souvent en sill dans le terrain leurs délimitations étant parallèles à la schistosité de la roche encaissante; cependant nous avons constaté quelques filons avec des limites discordantes.

Au microscope on voit que les pegmatites et les aplites se composent de quartz, de feldspath alcalin, d'oligoclase, de muscovite et parfois de tourmaline et de grenat en quantité variable. Comme minéral accessoire l'apatite ne manque jamais.

On peut observer que la composition minéralogique montre environ la même association des minéraux que les pegmatites, originaires de l'orthogneiss.

L'âge du granite à deux micas. — En ce qui concerne l'âge du granite à deux micas, on rencontre la même difficulté qu'on trouve à l'égard de l'orthogneiss, c'est-à-dire le granite se trouve entièrement dans les schistes de l'Ordovicien et il n'a transformé que ces schistes par un métamorphisme de contact. Donc il nous faut comparer le granite à d'autres granites acides dans les Pyrénées.

D'abord nous voulons comparer le granite à deux micas à l'orthogneiss. Nous avons déjà cité la frappante ressemblance minéralogique et chimique de ces deux roches, de sorte qu'on peut en conclure qu'il existe un lien magmatique entre le granite et l'orthogneiss. Pourtant à l'égard de la structure il y a de grandes différences, c'est-à-dire le granite a une structure très homogène, donc une influence tectonique n'est pas présente, tandis que l'orthogneiss montre une schistosité prononcée et un écrasement partiel des minéraux (cataclase), causé par des mouvements tectoniques. La présence des deux roches dans le terrain indique aussi une différence; l'orthogneiss se présente en sill avec des délimitations parallèles à la schistosité, tandis que le granite forme un massif avec des limites discordantes. De cette manière on arrive à la conclusion que le granite s'est introduit peu après l'intrusion de l'orthogneiss, donc relativement peu après la phase principale du plissement hercynien.

RAGUIN et DESTOMBES (1948) ont décrit le massif de Lys-Caillaouas, dans lequel on trouve un massif d'un granite porphyrique à biotite avec de puissantes intrusions marginales d'un granite aplitique à muscovite et à biotite (granulite). Le granite à biotite a une texture orientée nettement accusée,

causée par des mouvements tectoniques. L'auréole métamorphique entourant le granite et le granulite montre une répartition, qui suggère un lien magmatique entre les deux massifs. Les auteurs sont d'avis que le granite s'est introduit pendant la phase principale du plissement hercynien et comme le granulite ne montre pas de texture orientée, il s'est introduit plus tard que le granite, et ainsi n'a pas été soumis aux mouvements tectoniques d'une façon aussi intense que le granite.

Quoique les phases granitiques intrusives dans le Massif de Lys-Caillaouas ne soient pas comparables à celles du Massif des Trois Seigneurs, on peut remarquer qu'une phase intrusive d'un granite à deux micas qui s'est produite peu après le plissement hercynien, est présente dans les Pyrénées.

Le granite à biotite

Dans le terrain examiné on trouve deux massifs d'un granite à biotite; le massif principal occupant la partie centrale de la région et un autre, beaucoup plus petit, qui se trouve dans les environs de Suc les Bordes.

Le granite à biotite se distingue par un aspect homogène et la présence constante de biotite. Parfois on peut observer de la hornblende dans le granite, notamment autour de l'Étang d'Arbu, dans le voisinage de la bordure du granite.

Les délimitations du massif principal sont souvent discordantes par rapport à la structure de la roche encaissante; les contacts sont nets, mais quelquefois on trouve une zone de transition de quelques mètres, dans laquelle le granite a pénétré intimement dans la roche voisine.

Parfois on trouve de petits filons de pegmatites ou aplites, souvent à biotite dans le massif et au Nord de ce massif, mais ceux-ci sont rares. Au Sud de l'Étang d'Arbu nous avons trouvé dans le granite un filon d'un quartz-diorite fin, se composant de quartz, d'andésine, de biotite et de hornblende; donc un faciès lamprophyrique est bien présent.

L'étendue du massif principal et l'auréole métamorphique parfois d'une épaisseur de 1800 mètres, indiquent probablement une intrusion en forme de batholith; c'est du reste l'opinion générale en ce qui concerne la mise en place du granite à biotite dans les Pyrénées (LACROIX, RAGUIN e.d.).

Au microscope on voit que le granite se compose de quartz, d'andésine, de feldspath alcalin et de biotite et parfois de hornblende dans le cas du granite à biotite du massif principal.

Le granite de Suc les Bordes consiste en quartz en andésine, en biotite et parfois en hornblende. Souvent le granite montre une cataclase et des déformations, de sorte qu'on peut parler d'une mylonitisation.

La biotite est entièrement chloritisée, les macles de plagioclase sont courbées ou écrasées et le quartz montre une structure en mortier, des stries de Böhm, une extinction roulante et parfois une recristallisation. Souvent la chlorite est plus ou moins plissotée. Ces déformations se sont produites par une faille liée aux accidents Nord-pyrénéens, qui sépare le massif cristallin des sédiments mésozoïques (voir la carte).

L'examen chimique. — Nous avons calculé une composition virtuelle de la roche analysée selon la méthode de P. NIGGLI (1936) pour comparer celle-ci à la composition réelle.

GRANITE A BIOTITE.

Localité: Pic des Trois Seigneurs (2199 m).

% Pond	Valeurs de NIGGLI	Molécules de base	Compositions virtuelle (norm)		Composition réelle vol. % (mode)
			cata	variante	
SiO ₂ 64,25	si = 244	Kp 11,8	Mt 1,5	Mt 1,5	quartz: 21,2 %
TiO ₂ 0,64	al = 36	Ne 17,3	Ru 0,4	Ru 0,4	feldspath alcalin: 13,2 %
P ₂ O ₅ 0,18	fm = 27	Cal 12,2	Cp 0,3	Cp 0,3	plagioclase: 47,6 %
Al ₂ O ₃ 16,30	c = 17	Fs 1,5	Or 19,6	Or 10,1	biotite + min.acc.: 18,0 %
Fe ₂ O ₃ 1,51	alk = 20	Fa 3,6	An 20,4	A 20,4	Type du magma:
FeO 3,07	k = 0,41	Fo 5,7	Ab 28,9	Ab 28,9	granodioritique.
MnO 0,10	mg = 0,57	Ru 0,4	En 7,6	Bi 15,3	Analyste:
MgO 2,72		Cp 0,3	Hy 3,8	Q 23,1	Mme Dr C. M. DE SITTER-
CaO 4,18		Q 47,2	Q 17,5		KOOMANS.
Na ₂ O 3,14		L 41,3		41% An	
K ₂ O 3,30		M 11,5		dans le	
H ₂ O 0,97				Plagio-	
100,36				clase	

La biotite (Bi) fut calculée selon la formule:

$$10 \text{ Or} + 12 (\text{En}, \text{Hy}) + (2 \text{ W}) = 16 \text{ Bi} + 6 \text{ Q.}$$

L'analyse appartient aux magmas granodioritiques de la série calco-alcaline.

Il y a des différences de quelques pourcent entre les compositions virtuelle et réelle, mais cela n'est pas étonnant puisque nous n'avons intégré qu'une plaque mince. Une analyse du granite de Suc les Bordes fut exécutée également donnant les résultats suivants.

GRANITE A BIOTITE.

Localité: à l'Est du Col du Port de Suc (voir la carte).

% Pond	Valeurs de NIGGLI	Molécules de base	Compositions virtuelle		Composition réelle vol. %
			cata	variante	
SiO ₂ 62,42	si = 225	Kp 7,1	Mt 1,7	Mt 1,7	quartz: 24,7 %
TiO ₂ 0,72	al = 36	Ne 19,4	Cp 0,3	Cp 0,3	plagioclase: 53,3 %
P ₂ O ₅ 0,20	fm = 27	Cal 14,8	Ru 0,5	Ru 0,5	biotite + min.acc.: 18,6 %
Al ₂ O ₃ 16,84	c = 20	Cp 0,3	Or 11,9	Or 1,9	hornblende: 3,4 %
Fe ₂ O ₃ 1,64	alk = 17	Cs 0,4	An 24,6	An 24,6	Type du magma:
FeO 4,14	k = 0,27	Fs 1,7	Ab 32,4	Ab 32,4	quartzdioritique.
MnO 0,13	mg = 0,45	Fo 4,7	Wo 0,5	Ho 1,9	Analyste:
MgO 2,24		Fa 5,0	En 6,3	Bi 16,0	Mme Dr C. M. DE SITTER-
CaO 5,32		Ru 0,5	Hy 6,7	Q 20,7	KOOMANS.
Na ₂ O 3,52		Q 46,1	Q 15,1		
K ₂ O 1,96		L 41,3		43% An	
H ₂ O 0,91		M 12,6		dans le	
100,04				Plagio-	
				clase	

L'analyse se rapporte aux magmas quartz dioritiques de la série calco-alcaline.

On peut remarquer qu'il y a un peu d'orthoclase dans la norme, qui n'est pas présente dans le mode. Il se pourrait que ce pourcentage de l'orthoclase soit assimilé dans le plagioclase.

Quand on compare ces deux analyses du granite à biotite, on peut observer une petite différence; dans la première, *c* est un peu plus bas et *alk* et *k* un peu plus élevés par rapport à la seconde, ce qui se manifeste dans la composition minéralogique par moins de plagioclase et plus de feldspath alcalin dans le granite du massif principal, que dans le granite de Suc les Bordes. Selon la classification de NIGGLI le premier granite est un granodiorite, le dernier un quartzdiorite.

L'auréole du granite à biotite. — La série métamorphique entourant le massif principal du granite à biotite à l'Ouest et au Nord, commence par des schistes à séricite qui passent graduellement en schistes à deux micas, à andalousite et parfois à cordiérite. L'examen microscopique montre que ces schistes consistent en quartz, en biotite, en muscovite, en andalousite et quelquefois en cordiérite.

A quelques centaines de mètres du massif granitique on rencontre des roches métamorphiques, qui débutent par des micaschistes à sillimanite et passent en gneiss métamorphiques, contenant beaucoup de sillimanite. On trouve ce gneiss au Sud du Pic de Barre et de l'Étang d'Arbu, à l'Ouest du Col de la Couillade et de l'Étang Bleu et au Nord du Pic des Trois Seigneurs. Au microscope on peut observer que le gneiss consiste en quartz, en biotite, en muscovite, en sillimanite et parfois en oligoclase. Une seule fois nous avons constaté une porphyroblaste de feldspath alcalin micropertthitique. La sillimanite se présente en masse fibreuse et en petits prismes; elle est soudée à la biotite, mais aussi souvent à la muscovite.

Nous avons déjà décrit la série de micaschistes, qui se trouve au Sud du massif principal, contenant partout de la sillimanite fibreuse; à la base cette série passe peu à peu en migmatites (gneiss à sillimanite, voir la carte).

Dans la zone de transition entre les micaschistes et les migmatites, qui est tout au plus d'une épaisseur de quelques dizaines de mètres on pourrait s'attendre à de la sillimanite. Pourtant la série de micaschistes est caractérisée partout par la présence de sillimanite et quelquefois de cordiérite. Il est donc probable qu'une partie de la teneur de sillimanite dans cette série se soit produite par le métamorphisme de contact du granite à biotite.

Il y a une différence nette entre l'auréole métamorphique du granite à deux micas et celle du granite à biotite, la dernière étant caractérisée aussi par un métamorphisme catazonal.

L'âge du granite à biotite. — Les caractères du granite à biotite, que nous avons constatés sur le terrain, indiquent une mise en place du granite en massif circonscrit ou en stock (granite de Suc les Bordes), discordant par rapport à la structure de la roche voisine.

Dans les Pyrénées on connaît un certain nombre de massifs de granite à biotite, qui sont tous comparables au granite du Massif des Trois Seigneurs (Granite de Bassies-Auzat, de Foix, de Querigut, de Maladetta etc.).

Selon la classification de P. NIGGLI toutes ces roches ont une composition granodioritique ou quartz dioritique. Le granite à biotite du Massif de Bassies-Auzat aussi, dont nous n'avons pas d'analyse à notre disposition, montre une composition minéralogique d'un granodiorite (voir ALLAART, 1954).

L'opinion générale en ce qui concerne l'âge de ces granites à biotite dans les Pyrénées est qu'ils sont post-Dinantien probablement anté-Permien et tardivo post tectonique par rapport à la phase principale du plissement hereynien (RAGUIN, 1938; DURAND, 1939, e.d.).

COMPARAISON D'ANALYSE DE DIFFÉRENTS MASSIFS
DE GRANITE À BIOTITE DES PYRÉNÉES.

	<i>Granite de Foix</i>	<i>Granite de Lacourt</i>	<i>Granite de Quérigut</i>	<i>Granite à'Arbizon</i>	<i>Granite de Trois Seigneurs</i>	<i>Massif principal Trois Seigneurs</i>	<i>Massif de Suc les Bordes</i>
	ZWART	ZWART	LACROIX	ROMEU	LONG- CHAMBON		
SiO ₂	63.60	60.48	72.10	69.10	61.90	64.25	62.42
TiO ₂	0.72	0.88	—	—	—	0.64	0.72
P ₂ O ₅	0.24	0.32	—	—	—	0.18	0.20
Al ₂ O ₃	16.20	16.22	15.80	14.80	19.95	16.30	16.84
Fe ₂ O ₃	1.09	0.52	2.71	0.41	—	1.51	1.64
FeO	3.84	4.08	—	1.74	3.00	3.07	4.14
MnO	0.05	0.06	—	—	—	0.10	0.13
MgO	2.29	2.93	1.27	2.18	1.80	2.72	2.25
CaO	4.33	4.42	1.99	3.08	3.85	4.18	5.32
Na ₂ O	3.16	2.77	3.10	2.72	4.30	3.14	3.53
K ₂ O	3.42	3.24	3.12	4.08	1.60	3.30	1.96
CO ₂	1.22	2.54	—	1.00	—	—	—
H ₂ O	—	1.47	—	—	—	0.97	0.91
	100.16	99.92	100.09	100.75	98.65	100.36	100.04

Valeurs de NIGGLI.

si	235	223	348	300	223	244	225
al	36	35	45	38	42	36	36
fm	28	30	21	25	24	27	27
c	17	17	10	14	15	17	20
alk	19	18	24	23	19	20	17
k	0.59	0.56	0.40	0.50	0.19	0.41	0.27
mg	0.46	0.53	0.46	0.55	0.40	0.57	0.45

Literature

- ALLAART, J. H., 1954. La couverture sédimentaire septentrionale du Massif Ax-Montcalm. *Leidse Geol. Meded.*, deel 18, pp. 254—271.
- DURAND, J., 1939. Les granites des Pyrénées françaises. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 73, pp. 113—126.
- ESCANDE, H. et THIÉBAUT, J., 1954. Caractères généraux des migmatites du massif des Trois-Seigneurs. *C.R. Somm. de la Soc. Géol. de France*, pp. 300—302.
- HARKER, A., 1939. *Metamorphism*. 2nd. ed., Methuen & Co. Ltd., London.
- HUPÉ, P., 1947. Sur l'âge des migmatites dans les Pyrénées. *C.R. Somm. de la Soc. Géol. de France*, pp. 85—86.
- LACROIX, A., 1898—99. Le granite des Pyrénées et ses phénomènes de contact (premier mémoire). Les contacts dans la Haute-Ariège. *Bull. Serv. Carte Geol. Top. Souterraines*, no. 64, t. 10.
- LONGCHAMBON, M., 1910—1911. Contribution à l'étude du métamorphisme des terrains secondaires dans les Pyrénées orientales et ariégeoises. *Bull. Serv. Carte Geol. Top. Souterraines*, no. 131, t. 21, pp. 232—391.
- NIĞGLI, P., 1949. Tabellen Petrographie und Gesteinsbestimmung. E. T. H., Zürich, Suisse.
- , 1936. Ueber Molekularnormen zur Gesteinsberechnung. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 16, pp. 295—317.
- , 1936. Die Magmentypen. *Schweiz. Min. Petr. Mitt.* 16, pp. 335—399.
- NIĞGLI, P., und GRUBENMANN, U., 1924. *Die Gesteinsmetamorphose*. Berlin.
- RAGUIN, E., 1934. Le granite du Lys dans la Haute-Garonne. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, t. 4, pp. 421—430.
- , 1938. Contribution à l'étude des gneiss des Pyrénées. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, t. 8, pp. 11—36.
- , 1946. *Géologie du granite*. Masson et Cie., Paris.
- RAGUIN, E. et DESTOMBES, J. P., 1948. Massif granitique du Lys-Caillaouas dans la Haute-Garonne. *Bull. Soc. Géol. de France*, 5e série, t. 18, pp. 75—88.
- ROGERS, A. F. and KERR, P. F., 1942. *Optical Mineralogy*. New York.
- SITTER, L. U. DE, 1951. Les granites des Pyrénées-centrales ariégeoises. *C.R. Somm. de la Soc. Géol. de France*, pp. 18—20.
- , 1954. Note provisoire sur la géologie primaire des Pyrénées ariégeoises et garonnaises. *Leidse Geol. Med.*, deel 18, pp. 292—306.
- *THIÉBAUT, J., 1956. Étude géologique du Massif des Trois Seigneurs. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, t. 91, pp. 49—92.
- ZWART, H. J., 1954. La géologie du Massif du St. Barthélemy. *Leidse Geol. Meded.*, deel 18, pp. 1—228.

* Cette publication n'a été reçu ici qu'après le manuscrit de M. Nieuwenhuys était déjà chez l'imprimerie.

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE
CENTRALE ET SUD-OUEST DU
MASSIF DES TROIS SEIGNEURS

Levée par W. Nieuwenhuys

Echelle 1:50.000

● Localité des analyses chimiques

- - - Limite des zones métamorphiques

