

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 28 (1975)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Étude géologique et minéralogique des flyschs à grauwackes volcaniques du synclinal de Thônes (Haute-Savoie, France) : grès de Taveyanne et grès du val d'Illicz  
**Autor:** Sawatzki, Georg Günter  
**Kapitel:** 9: Origine du matériel volcanique du flysch nordhelvétique  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-739804>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Les zéolites *heulandite*, *stilbite* et *chabasie*, minéraux de basse température, apparaissent en petites quantités sur les lèvres de fines fissures dans tous les affleurements de GT en Haute-Savoie. Leur présence dans le faciès à laumontite semble indiquer une formation tardive. Ces fissures se sont probablement formées lors du soulèvement final, d'âge pliocène, du domaine helvétique, alors que l'érosion avait déjà profondément entamé la couverture primitive.

## 9. ORIGINE DU MATÉRIEL VOLCANIQUE DU FLYSCH NORDHELVÉTIQUE.

Dans ce chapitre, nous essayerons de répondre à la question de la provenance des « andésites » et des diabases du flysch nordhelvétique. A cet effet nous avons entrepris une étude pétrochimique et géochronométrique de ces roches pour compléter les informations fournies par leur étude pétrographique.

Après la présentation des caractères chimiques et des données géochronométriques, nous avancerons, à la fin de ce chapitre, une hypothèse sur l'origine de ces « andésites » et de ces diabases.

### 9.1. ÉTUDE PÉTROCHIMIQUE

#### 9.1.1. *Réflexions préliminaires*

Les compositions chimiques de 41 roches volcaniques sont comparées. Il s'agit de:

- 8 diabases de la « nappe des Gets » (BERTRAND, 1970);
- 9 diabases des GVI (ce travail);
- 9 « andésites » des GT et des GVI (MARTINI, 1968; DE QUERVAIN, 1928 et ce travail);
- 14 « andésites » des conglomérats de Saint-Antonin (ALSAC, BOUQUET, et BODELLE, 1969).

Les galets des « andésites » des conglomérats du synclinal de Saint-Antonin (Alpes-Maritimes, France) ont été décrits par ALSAC, BOUQUET et BODELLE (1969). Ces conglomérats sont d'âge priabonien ou oligocène inférieur comme ceux des GT et des GVI.

Les « andésites » de Saint-Antonin ne montrent pas de transformations métamorphiques. Leurs plagioclases basiques ne sont pas albitisés; les minéraux argileux sont la kaolinite et la montmorillonite et il existe même encore des restes de verre volcanique inaltéré (ALSAC *et al.*, 1969).

De fait leur composition minéralogique est très proche de celle des reliques d'andésites « fraîches » observables localement dans les niveaux calcitisés des GTT et des GVI. En effet ces reliques ont échappé aux importantes transformations secondaires et ont ainsi conservé leur composition originelle (7.2.1.). Comme d'autre part les structures des « andésites » des GT et des GVI sont identiques à celles des « andésites » de Saint-Antonin, nous considérons ces dernières comme étant les équivalents inaltérés des « andésites » du flysch nordhelvétique.

Les « andésites » et les diabases des GT et GVI ainsi que les diabases du flysch du col des Gets ont subi des transformations minéralogiques importantes (3.5.3.). De ce fait une étude pétrochimique classique de ces roches est impossible.

Nous avons donc limité notre étude pétrochimique aux objectifs suivants:

- 1) Comparaison des diabases des GVI aux diabases du flysch du col des Gets pour vérifier s'il s'agit de matériel provenant des mêmes sources.
- 2) Comparaison des « andésites fraîches » de Saint-Antonin avec les « andésites » métamorphosées du flysch nordhelvétique pour mettre en évidence les effets des transformations secondaires subies par ces dernières.
- 3) Comparaison de l'ensemble des diabases à celui des « andésites » pour voir s'il existe une relation génétique entre ces deux types de roches.

#### 9.1.2. *Composition chimique des diabases et des « andésites »*

Les analyses chimiques de 9 diabases et de 9 « andésites » des GT et des GVI sont présentées dans les tables 10 et 11.

Le petit nombre des analyses ainsi que le métamorphisme ayant affecté certaines de ces roches demande une grande prudence dans l'interprétation des données. Cependant les points suivants ressortent clairement:

Les distributions de  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  et  $\text{K}_2\text{O}$  par rapport à  $\text{SiO}_2$  ainsi que le rapport  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  mettent bien en évidence l'existence de deux séries distinctes (fig. 12 et 13).

Les teneurs en Fe total,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{P}_2\text{O}_5$  ne varient que peu dans les « andésites » et les diabases.

Enfin le degré d'albitisation plus élevé des diabases ressort du diagramme  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  (fig. 13).

Le pourcentage de  $\text{CaO}$  dépend de l'intensité de la calcitisation secondaire; il ne peut donc pas être utilisé pour des considérations pétrochimiques. Les analyses des galets contenant beaucoup de veines de calcite ont été recalculées pour la représentation dans les diagrammes des figures 12 et 13. Pour cela, nous avons admis que les roches originelles ne contenaient pas plus de 1,5% de  $\text{CO}_2$ ; nous avons donc éliminé le calcium lié sous forme de calcite correspondant au  $\text{CO}_2$  dépassant cette valeur ( $\text{CO}_2$  en excès).

TABLE 10

*Analyses chimiques par fluorescence X de 9 galets diabasiques des conglomérats des grès du val d'Iliez. Analyste : M<sup>me</sup> F. Lamouille*

Analyse N <sup>o</sup> Echantillon N <sup>o</sup>	11 33*	12 44*	13 61	14 65	15 302*	16 310*	17 340*	18 375	19 B7
SiO <sub>2</sub>	53,08	53,03	53,82	51,14	50,24	45,87	48,46	52,44	47,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,97	13,78	15,52	16,85	15,39	14,20	15,29	15,97	16,26
FeO	4,03	3,15	4,30	3,97	5,07	5,00	4,45	5,12	4,98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,09	1,90	3,05	3,78	2,79	2,88	4,34	4,07	3,17
MgO	7,08	2,55	7,01	7,29	5,82	5,00	6,60	7,20	9,13
CaO	5,36	10,50	3,29	2,40	4,83	9,76	4,77	1,67	2,79
Na <sub>2</sub> O	5,18	6,47	5,42	6,06	6,41	5,34	6,28	6,25	5,33
K <sub>2</sub> O	0,08	0,00	0,00	0,77	0,00	0,19	0,00	0,00	0,38
TiO <sub>2</sub>	2,29	2,07	1,97	1,68	2,07	2,08	2,03	2,08	1,89
MnO	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,14	0,10	0,07	0,04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,48	0,38	0,21	0,20	0,27	0,30	0,39	0,19	0,41
H <sub>2</sub> O	0,72	2,22	4,82	4,60	4,23	3,86	5,10	5,01	6,92
CO <sub>2</sub>	2,25	3,23	0,46	0,73	3,26	6,13	3,17	0,57	1,58
Totaux	99,69	99,37	99,94	99,54	100,45	100,75	100,98	100,64	99,95

\* Les analyses des échantillons marqués d'un astérisque contenaient des veines de calcite. Pour la représentation dans les diagrammes des figures 12 et 13, ces analyses ont été recalculées (voir texte 9.1.2.) pour éliminer le Ca lié à l'excès de CO<sub>2</sub> (> 1,5%) sous forme de calcite.

*Provenance des échantillons :*

1-18: La Vacherie/Thônes;  
19: Les Lombardes/La Clusaz.

*Description des galets diabasiques :*  
(voir aussi 3.5.3.)

Il s'agit de diabases albitochloritiques ayant les structures suivantes:

11: Intersertale divergente fine,  
12: Intersertale divergente fine,  
13: Sphérolitique-fibroradiée,  
14: Arborescente à sphérolitique,  
15: Arborescente grossière,  
16: Intersertale divergente,  
17: Intersertale fine porphyrique,  
18: Variolitique,  
19: Intersertale divergente porphyrique.

Les représentations graphiques de l'étude pétrochimique permet de relever les 3 points suivants:

1) Les diabases des GVI se situent dans le champ des diabases du flysch du col des Gets. Ceci étaye une fois de plus notre hypothèse que les galets et fragments diabasiques des GVI proviennent de l'érosion d'une unité correspondant pétrographiquement et tectoniquement à la « nappe des Gets ».

2) Les galets « andésitiques » des GT et des GVI et les « andésites fraîches » de Saint Antonin correspondent à des champs qui se recoupent largement. Toutefois, le rapport Na<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub> montre que les « andésites » du flysch nordhelvétique sont plus riches en Na<sub>2</sub>O (spilitisation) que ces « andésites fraîches ».

TABLE 11

*Analyses chimiques par fluorescence X de 9 galets « andésitiques » du flysch nordhelvétique.  
Analyste : M<sup>me</sup> Lamouille*

Analyses 20, 21, 22, DE QUERVAIN (1928)

Analyses 23, 24, 25, MARTINI (1968)

Analyses 26, 27, 28, ce travail.

Analyse N° Echantillon N°	20 1	21 2	22 3	23 5*	24 20	25 26	26 B1*	27 B5	28 307
SiO <sub>2</sub>	51,36	42,39	45,31	41,50	51,52	51,71	54,25	50,32	52,72
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,42	17,55	18,57	13,76	16,05	17,18	18,29	18,44	18,14
FeO	3,43	11,51	7,19	8,14	3,73	2,92	1,99	4,31	2,46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,99	5,61	4,13	4,47	2,46	4,92	1,31	3,79	3,15
MgO	3,60	8,25	5,05	8,18	4,18	4,52	3,72	7,93	6,64
CaO	8,90	1,81	6,66	7,21	8,05	3,97	5,10	2,30	5,10
Na <sub>2</sub> O	4,25	1,94	3,04	2,82	5,43	2,13	5,60	4,65	4,08
K <sub>2</sub> O	3,18	3,34	1,67	0,85	1,56	6,20	3,29	1,86	1,27
TiO <sub>2</sub>	0,84	0,70	1,07	0,53	0,70	0,30	0,71	0,78	0,78
MnO	0,19	0,30	0,33	0,22	0,21	0,17	0,04	0,02	0,02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,43	0,00	0,37	0,13	1,47	0,11	0,27	0,24	0,25
H <sub>2</sub> O	1,91	6,72	6,11	8,04	3,49	4,74	3,28	5,56	4,67
CO <sub>2</sub>	0,72	0,00	0,57	3,80	0,90	0,90	1,68	0,08	1,00
Totaux	97,22	100,12	100,07	99,65	99,75	99,77	99,53	100,28	100,28

\* Les analyses des échantillons marqués d'un astérisque contenaient des veines de calcite. Pour la représentation dans les diagrammes des figures 12 et 13, ces analyses ont été recalculées (voir texte 9.1.1.) pour éliminer le Ca lié à l'excès de CO<sub>2</sub> (> 1,5%) sous forme de calcite.

*Provenance et description des galets andésitiques :*

20: And. spil. à augite; str. pilotaxique grossière; GT Saix d'en Haut, Haute-Savoie, France.

21: And. spil. à hornblende et biotite; str. vitrophyrique; GT Hohen Faulen, Uri, Suisse.

22: And. spil. à hornblende; structure hyalopilitique; GT, Diablerets, Vaud, Suisse.

23: And. spil. à augite; str. vitrophyrique; GT, entre Arve et Giffre, Haute-Savoie, France.

24: And. spil. à augite; str. hyalopilitique; provenance comme 23.

25: And. spil. à hornblende et biotite; str. vitrophyrique; provenance comme 23.

26: And. spil. à augite et hornblende; str. pilotaxique fine; GVI, Les Lombardes, Thônes, Haute-Savoie, France.

27: And. spil. à augite et hornblende; str. pilotaxique fine; provenance comme 26.

28: And. spil. à augite; str. pilotaxique grossière; GVI, La Vacherie, Thônes, Haute-Savoie, France.

And. = « andésite »; spil. = spilitisé; str. = structure.

La teneur en SiO<sub>2</sub> des « andésites » des GVI et des GT admet une variation considérable (42-54%) ce qui peut s'expliquer soit par un départ de silice au cours du métamorphisme, soit par l'appartenance d'une partie de ces roches au domaine des basaltes et des leucobasaltes. L'éventualité d'une évolution des termes basaltiques vers des termes plus acides n'est pas à exclure. Ainsi les « andésites » pauvres en silice ont souvent une structure « basaltique » vitrophyrique. Déjà MARTINI (1968) avait constaté que toutes les roches volcaniques des grès de Taveyanne sont des

andésites à labrador (leucobasaltes) en raison de leur teneur en minéraux ferromagnésiens inférieure à 40% et de la basicité du plagioclase originel presque toujours supérieure à 50% d'An.

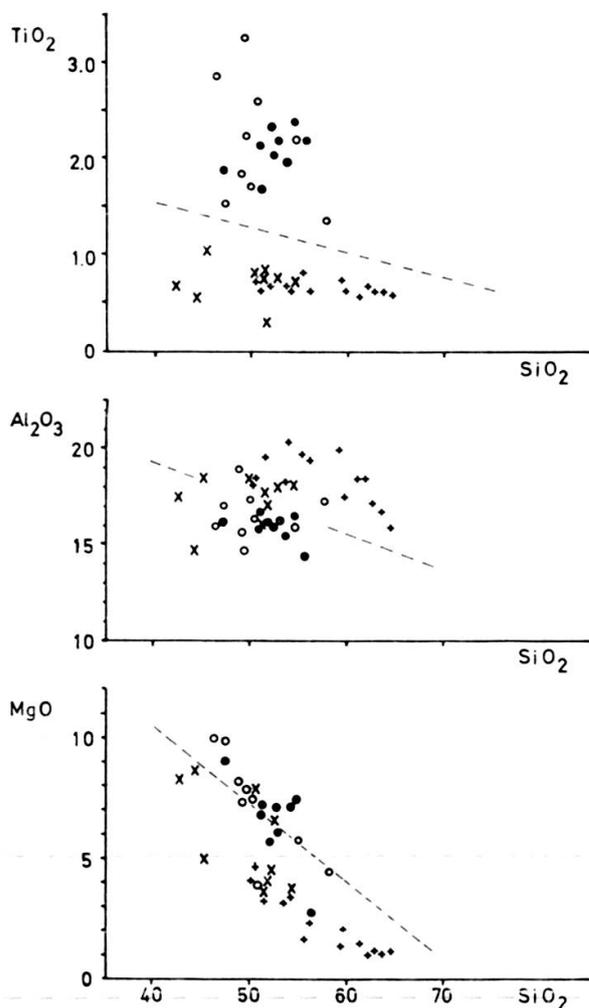


FIG. 12.

Diagrammes  $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ ,  $\text{MgO-SiO}_2$ .

- Diabases des grès du val d'Illicz.
- × Andésites des grès du val d'Illicz et des grès de Taveyanne.
- Diabases du flysch du col des Gets.
- + Andésites de Saint Antonin.

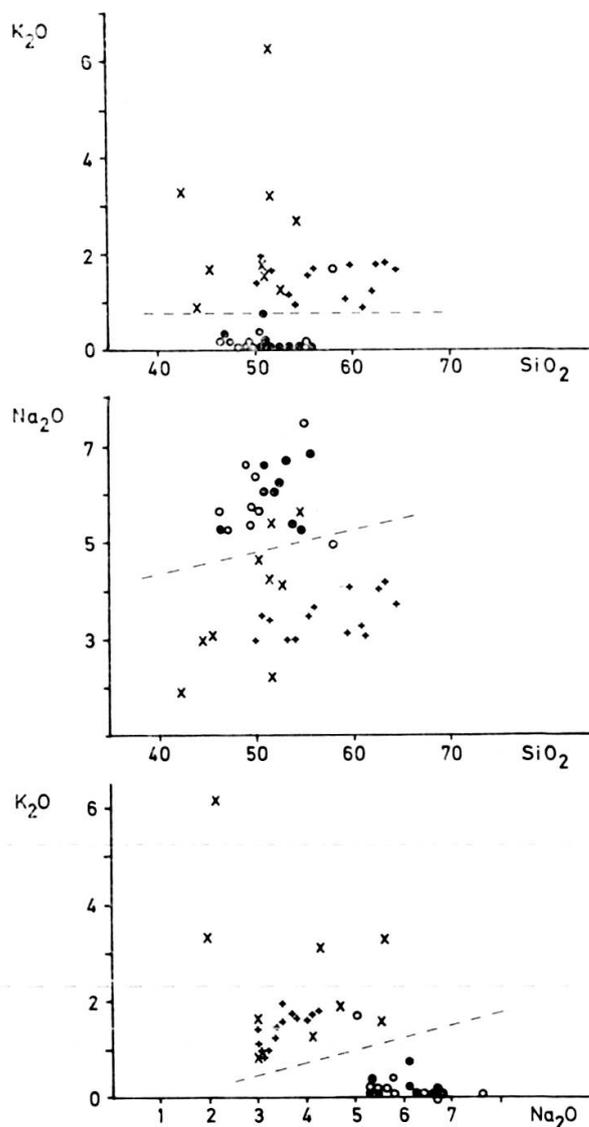


FIG. 13.

Diagrammes  $\text{K}_2\text{O-SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O-SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O-Na}_2\text{O}$ .

Signes comme figure 12.

La distribution des « andésites » dans les diagrammes des figures 12 et 13 pourrait indiquer l'existence d'une série évoluant des termes basiques vers des termes acides (rhyolites, 65% de  $\text{SiO}_2$ ) en passant par des andésites s.s. et des dacites.

Quelques galets d'« andésites » ont une teneur de 3 à 6% en  $\text{K}_2\text{O}$  et une somme d'alcalis plus grande que 6%, ce qui les rapprochent des trachyandésites.

3) Les diagrammes montrent qu'il n'y a pas de relation génétique évidente entre la série des diabases et la série des « andésites » car les termes intermédiaires font défaut. Cette conclusion doit être considérée avec une grande réserve car elle n'est basée que sur un nombre relativement petit d'analyses.

Le diagramme  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  indique que les diabases sont plus fortement spilitisées que les « andésites ». Ceci s'explique facilement si l'on admet que ces diabases ont subi un métamorphisme à la limite supérieure de la zone du faciès schiste vert (MARTINI, 1972) avant leur arrivée dans le flysch.

## 9.2. ETUDE GÉOCHRONOMÉTRIQUE

La recherche géochronométrique a pris un grand essor pendant ces dernières années fournissant un nombre croissant d'âges radiométriques. En ce qui concerne les ophiolites, les andésites et les « granites » périadriatiques tertiaires des Alpes, nous disposons à ce jour des datations suivantes :

### 1) Ophiolites du Montgenèvre (CHESSEX, 1964).

Deux échantillons de la « syénite » associée à la serpentinite de la Replatte du Gondran ont donné pour l'un 101 MA (« radiation damages »; zircon) et 114 MA (K/Ar; amphibole), ce qui correspond au Crétacé moyen, et pour l'autre 140 MA (« radiation damages »; zircon) et 142 MA (K/Ar; amphibole), âge proche de la limite Jurassique-Crétacé. Un échantillon d'un dyke diabasique du Chenaillet a d'autre part donné un âge de 100 MA (K/Ar; augite).

### 2) Ophiolites des Préalpes romandes (SALIMI, 1965).

L'âge de formation d'un sill de diabase proche de Moosbach est de 76 MA (K/Ar; augite), ce qui est en accord avec la situation stratigraphique de cette formation (Crétacé supérieur).

### 3) Ophiolites de la nappe de la Platta (DIETRICH, 1969).

Une datation radiométrique d'une diabase de cette nappe donne un âge compris entre 100 et 120 MA (K/Ar; amphibole), ce qui correspond au Crétacé inférieur et est en accord avec la position stratigraphique de ces roches.

### 4) Ophiolites du col des Gets, Préalpes romandes (BERTRAND, 1970).

L'âge des diabases et des gabbros est compris entre 176 MA et 103 MA (K/Ar; hornblendes). La mise en place de ces ophiolites s'est donc effectuée durant le Jurassique; elle s'est poursuivie au Crétacé.

Les rapports isotopiques  $\text{Ar}^{40}/\text{Ar}^{36}/\text{K}^{40}/\text{Ar}^{36}$  indiquent un maximum autour de 140 MA (Jurassique supérieur) (BERTRAND et DELALOYE, 1973).

5) Syénite de Biella et diorite de Traversella (DEFERNE, 1972). La méthode des traces de fission effectuée sur l'apatite et le sphène donne les valeurs suivantes:

20 MA et 31 MA (apatite, âge de refroidissement) et  
35 MA, 38 MA et 40 MA (sphène, âge de mise en place).

Les méthodes K/Ar et Rb/Sr (biotite) indiquent un âge compris entre 28 MA et 31 MA (SCHEURING *et al.*, 1973).

6) Granodiorite et tonalité du Bergell (DEFERNE, 1972).

La méthode des traces de fission indique les âges suivants:

20 MA à 29 MA (apatite, âge de refroidissement) et  
37 MA et 45 MA (sphène, âge de mise en place).

De nouveau ce sont les âges obtenus sur l'apatite qui correspondent aux résultats des autres méthodes qui donnent toutes environ 25 MA (voir DEFERNE, 1970). Ces âges ne sont pas contredits par les résultats obtenus par GULSON (1973).

7) Tonalite alpine au S de la ligne insubrienne (CARRARO et FERRARA, 1968 dans SCHEURING *et al.*, 1973). Cette roche a un âge compris entre 29 MA et 33 MA (K/Ar et Rb/Sr; biotite).

8) Andésites du Canavese (SCHEURING, AHRENDT, HUNZIKER et ZINGG, 1973). L'âge de ces andésites est compris entre 29 MA et 33 MA (K/Ar; roche totale) (Oligocène moyen à supérieur).

A ce jour nous n'avons pas de données géochronométriques concernant les galets « andésitiques » du flysch nordhelvétique (DELALOYE et SAWATZKI, en préparation). Mais nous connaissons avec assez de précision l'âge de formation de ce flysch (limite Eocène-Oligocène: 40 MA) ce qui semble exclure, dans l'état actuel des connaissances, la possibilité d'une relation génétique directe entre les « andésites » du flysch nordhelvétique et les andésites du Canavese, les massifs de Biella, Traversella et la tonalité alpine. Toutes ces roches ont des âges inférieurs à 35 MA.

Cependant l'hypothèse selon laquelle un ou plusieurs des massifs périadriatiques seraient l'équivalent plutonique des andésites des GT, hypothèse proposée par STAUB (1918), ARGAND (1920) et soutenue récemment par HSU et SCHLANGER (1971), ne peut être écartée complètement. La découverte de roches andésitiques dans la zone de Canavese parle en faveur de cette hypothèse. L'âge trop faible de ces roches par rapport au flysch nordhelvétique pourrait provenir du fait qu'on n'a daté que la fin de l'activité éruptive.

### 9.3. DISCUSSION DES RÉSULTATS

De nombreuses hypothèses sur le problème de l'origine des éléments volcaniques du flysch nordhelvétique ont été formulées. Dans son travail de thèse MARTINI (1968) les a revues et discutées.

Avant de nous prononcer sur l'origine des éléments volcaniques A\* (andésites s.l.) et D\* (diabases) résumons brièvement les données sûres dont certaines ont été acquises par notre étude :

#### *Résumé des résultats*

1) *L'étude pétrographique* fournit les informations suivantes :

a) Le matériel détritique du flysch nordhelvétique provient dans sa totalité des domaines paléogéographiques internes.

Certains *fragments sédimentaires* sont d'origine locale (rive SE de la mer du flysch), les autres se rattachent soit aux domaines ultrahelvétiques, subbriançonnais ou même à un domaine encore plus interne (suprapennique) (3.6.).

Les galets de *diabases, gabbros et granites alcalins* proviennent d'un équivalent pétrographique et tectonique de la « nappe des Gets ». Cette nappe, renfermant des éléments de flyschs ligures doit elle-même provenir d'un domaine pennique (piémontais) ou suprapennique (ligure, austroalpin) (3.6.).

Les *éléments volcaniques A\* (andésites s.l.)* font défaut dans tous les complexes ophiolitiques des Alpes et des Apennins.

Les fragments volcaniques A\* du flysch nordhelvétique ne sont pas arrondis ce qui exclut un long transport fluvial. Cet argument est confirmé et par le pourcentage élevé de ces éléments (80%) dans les GTT et par l'homogénéité des GT sur les 400 km de leur extension le long de l'arc alpin. De ce fait la source des fragments volcaniques A\* a dû être proche du rivage SE de la mer du flysch.

Le *degré et l'âge du métamorphisme des éléments volcaniques A\* (andésites s.l.) et D\* (diabases)* est différent. Les diabases ont subi un métamorphisme à « la limite supérieure du faciès schiste vert » (MARTINI, 1972) avant leur arrivée dans le bassin de sédimentation du flysch nordhelvétique (3.6.).

Les andésites s.l., par contre, se trouvent dans le faciès à zéolites (7.1.) qui s'est développé dans le synclinal de Thônes après le dépôt du flysch nordhelvétique.

*L'étude pétrochimique* a mis en évidence l'existence de deux séries distinctes : la série des diabases et la série des andésites s.l. Il semble qu'il n'ait pas de relation génétique étroite entre ces deux séries (9.1.2.). De plus il paraît exister dans la série des andésites s.l. une évolution des termes basaltiques vers des andésites s.s. et des dacites (9.1.2.).

*Les études géochronologiques*, jusqu'il y a peu, permettaient d'exclure les hypothèses situant l'origine du matériel volcanique A\* du flysch nordhelvétique dans la zone du Canavese ou la mettant en relation avec les plutons périadriatiques.

#### HYPOTHÈSES

Nous nous baserons d'abord sur les données pétrographiques, pétrochimiques et géochronologiques énumérées ci-dessus, pour considérer ensuite le problème sous l'angle de la théorie des plaques.

A. On peut envisager deux hypothèses concernant l'origine des éléments volcaniques du flysch :

- 1) origine commune des andésites s.l. et des diabases;
- 2) origine différente des andésites s.l. et des diabases.

1) L'hypothèse de la parenté génétique de ces deux types de roches a été proposée par VUAGNAT (1952):

Les premières manifestations volcaniques ont été sous-marines et ont donné naissance à des laves en coussins (éléments volcaniques D\*). Avec le temps, les volcans ont émergé donnant alors naissance à des roches chimiquement identiques mais de structure « andésitique » (éléments volcaniques A\*). « Le magma continue d'affluer et coulées sur coulées édifient un puissant appareil volcanique. La composition des laves évolue cependant, elle devient de moins en moins spilitique,... et on arrive à de vraies andésites ou même à des basaltes » (VUAGNAT, 1952, p. 91).

L'érosion ultérieure de ces édifices volcaniques a donc affecté en premier lieu les andésites (et les basaltes). C'est pourquoi nous trouvons d'abord à la base de la série détritique (GT) les fragments volcaniques A\* et seulement plus tard, dans les GVI, les fragments volcaniques D\* (4.).

Cependant, l'étude pétrochimique (9.1.) des diabases et des andésites s.l. montre qu'il n'y a pas de relation génétique entre ces deux « faciès ». Cette hypothèse peut donc être écartée.

2) Suivant une autre hypothèse (MARTINI, 1972), une « série des andésites s.l. » d'origine encore incertaine, (zone de Canavese ?) serait venue se superposer aux nappes austroalpines. A la limite Eocène-Oligocène l'édifice, composée de ces deux unités, se trouvait à proximité de rivages SE de la mer du flysch nordhelvétique. L'érosion d'un tel ensemble aboutissait à la même distribution des éléments volcaniques A\* et D\* dans les séries du flysch. Pour vérifier cette hypothèse — vers laquelle nous penchons dans l'état actuel de nos connaissances — il faut attendre des études pétrographiques et géochronologiques plus avancées des andésites de Canavese.

B. A la lumière de la « tectonique des plaques », les orogènes sont considérés comme étant « la manifestation en surface de la subduction d'une plaque de lithosphère » (ROEDER, 1973). Selon cette optique, des manifestations volcaniques se produisent dans quatre cas précis :

- 1 — volcanisme basique des rides médio-océaniques;
- 2 — volcanisme basique du fond océanique;
- 3 — volcanisme andésitique des arcs d'îles;
- 4 — volcanisme continental.

Les arcs andésitiques « se forment par fusion partielle de la zone de Benioff ou du manteau proche, à la verticale d'un arc insulaire. La magma basaltique évolue, par différenciation ou contamination, vers un magma andésitique et dacitique » (DICKINSON, 1970).

« Les arcs alpins sont considérés selon la théorie de la tectonique des plaques comme le résultat d'une collision entre des arcs d'îles et des continents (DEWEY et BIRD, 1970, 1971; DICKINSON, 1970, 1971; in BLEAHU *et al.*, 1973).

Dans le cas des Alpes les *diabases*, formant la plus grande partie des complexes ophiolitiques, sont rattachées, par la plupart des auteurs, à une phase de volcanisme basique océanique (Jurassique au Crétacé). Ces roches représenteraient la zone superficielle de la croûte océanique (domaine piémontais-ligure) qui est ensuite incorporée tectoniquement dans la chaîne orogénique. Des lambeaux de ces ophiolites ont chevauché la zone de subduction et ainsi échappé au métamorphisme de haute pression (ophiolites du Montgenèvre; PUSZTASZERI, 1969).

L'arc (ou les arcs) d'îles *andésitiques* aurait dû se trouver entre la plaque européenne (domaine helvétique et ultrahelvétique) et la plaque afro-italienne (domaine austroalpin et sudalpin). L'âge de cet arc devrait être contemporain et/ou plus jeune que le volcanisme diabasique océanique. Cet arc a été écrasé au cours des processus de collision des deux continents et incorporé partiellement dans l'édifice alpin.

Il nous semble prématuré de choisir entre les différents modèles de subduction proposés et de définir la situation ou le parcours tectonique des andésites s.l. et des diabases, d'autant plus que la mise au point de la « tectonique des plaques » est en plein développement (DICKINSON, 1970; DEWEY et BIRD, 1970; BLEAHU *et al.* 1973; ROEDER, 1973).

Le mérite de cette théorie, dans notre cas, est d'exiger un volcanisme andésitique dans une phase de l'orogénèse alpine.

Avant de terminer nous voulons encore attirer l'attention sur le fait que les critères pétrographiques structuraux (« faciès andésitique » et « faciès diabasique ») ne permettaient pas à eux-seuls de distinguer avec certitude un volcanisme océanique basaltique du volcanisme andésitique des arcs d'îles. En effet les structures typiques

des diabases ne se trouvent pas seulement dans le volcanisme océanique, mais elles peuvent se retrouver également dans les parties sous-marines des arcs d'îles (laves en coussins) ainsi que dans les sills et dykes de ces derniers (structures intersertales).

## 10. CONCLUSION

L'étude des flyschs du synclinal de Thônes a apporté, par l'examen pétrographique de ses niveaux grossiers, des données concernant la stratigraphie, la tectonique, la pétrographie et la minéralogie (degré de métamorphisme) de ces séries. Conjointement le problème de l'origine des éléments volcaniques du flysch nordhelvétique a été abordé par l'étude pétrographique et par l'étude géochimique des roches volcaniques des conglomérats des grès du val d'Illiez.

### *Stratigraphie et tectonique*

La classification des flyschs du synclinal de Thônes a été établie par des méthodes basées sur la teneur en éléments volcaniques à faciès andésitique (A\* ou andésites s.l.) et à faciès diabasique (D\* ou diabase): géochimie (2.2.2.), diffractométrie (2.2.3.) et étude microscopique (2.2.4.). Il en ressort que l'étude pétrographique quantitative (compteur par points) est la meilleure méthode pour une classification de ces flyschs (2.3.). Cette méthode est rapide et permet une analyse en série. D'autre part l'étude géochimique (teneur en Si, Ti, Fe total) et l'étude diffractométrique (mesure de l'intensité d'une raie de plagioclase et du quartz) donnent des renseignements utiles pour les niveaux fins, dont l'étude microscopique est rendue difficile ou impossible par la petitesse des grains (2.3.).

Sur la base des comptages, nous avons mis en évidence l'existence d'une série évolutive allant du flysch ultrahelvétique (GUH) aux grès du val d'Illiez (GVI) en passant par les grès de Taveyanne typiques (GTT). Nous avons distingué, en allant des zones paléogéographiques internes vers les zones externes, les types de grès suivants:

flysch ultrahelvétique	(GUH)	0% éléments volcaniques;
grès intermédiaires	(GI)	1-40% éléments volcaniques A*;
grès de Taveyanne intermédiaires	(GTI)	40-60% éléments volcaniques A*;
grès de Taveyanne typiques	(GTT)	> 60% éléments volcaniques A*;
grès de Taveyanne pauvres	(GTP)	40-60% éléments volcaniques A* et D*;
grès du val d'Illiez	(GVI)	1-40% éléments volcaniques A* et D*.

Les termes GI et GTI ont été introduits par l'auteur (5.1.).