

Présence de ferroaxinite dans la série volcano-sédimentaire de la Zone du Versoyen (Savoie, France, et province d'Aoste, Italie)

Autor(en): **Schürch, M.L. / Bertrand, J. / Loubat, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **66 (1986)**

Heft 1-2

PDF erstellt am: **07.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-50895>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Présence de Ferroaxinite dans la série volcano-sédimentaire de la Zone du Versoyen (Savoie, France, et province d'Aoste, Italie)

par *M. L. Schürch*¹, *J. Bertrand*¹ et *H. Loubat*²

Abstract

Ferroaxinite is found to occur in the Versoyen zone. Exceptional concentrations of ferroaxinite and tourmaline can be observed in specific sites. The development of these boron-rich minerals is due both to the intrusion of doleritic sills into highly hydrated sediments and to the assimilation of substratum xenoliths (carbonates and evaporites) producing hydrothermal boron bearing solutions.

Keywords: Ferroaxinite, dolerites, xenoliths, metasomatism, zone du Versoyen.

Résumé

La ferroaxinite est signalée pour la première fois dans la zone du Versoyen. En certains secteurs, l'association ferroaxinite-tourmaline apparaît, en effet, en concentrations significatives. Le développement de ces minéraux riches en bore semble lié à l'intrusion de sills doléritiques dans des sédiments gorgés d'eau et à l'assimilation conjointe d'enclaves carbonatées et évaporitiques arrachées au soubassement. Il en résulte une interaction de solutions hydrothermales riches en éléments volatils.

1. Introduction

1.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

La série volcano-sédimentaire de la zone du Versoyen est située à la frontière franco-italienne, à proximité du col du Petit-Saint-Bernard (fig. 1). Cette série fait partie d'un complexe basique-ultrabasique constitué d'une séquence de sills doléritiques injectés dans des schistes noirs, d'un ensemble formé de lames de

¹ Département de Minéralogie, Université de Genève, 13, rue des Maraîchers, 1211 Genève 4.

² Institut Dolomieu, Université de Grenoble, rue Maurice Gignoux, F-38031 Grenoble.

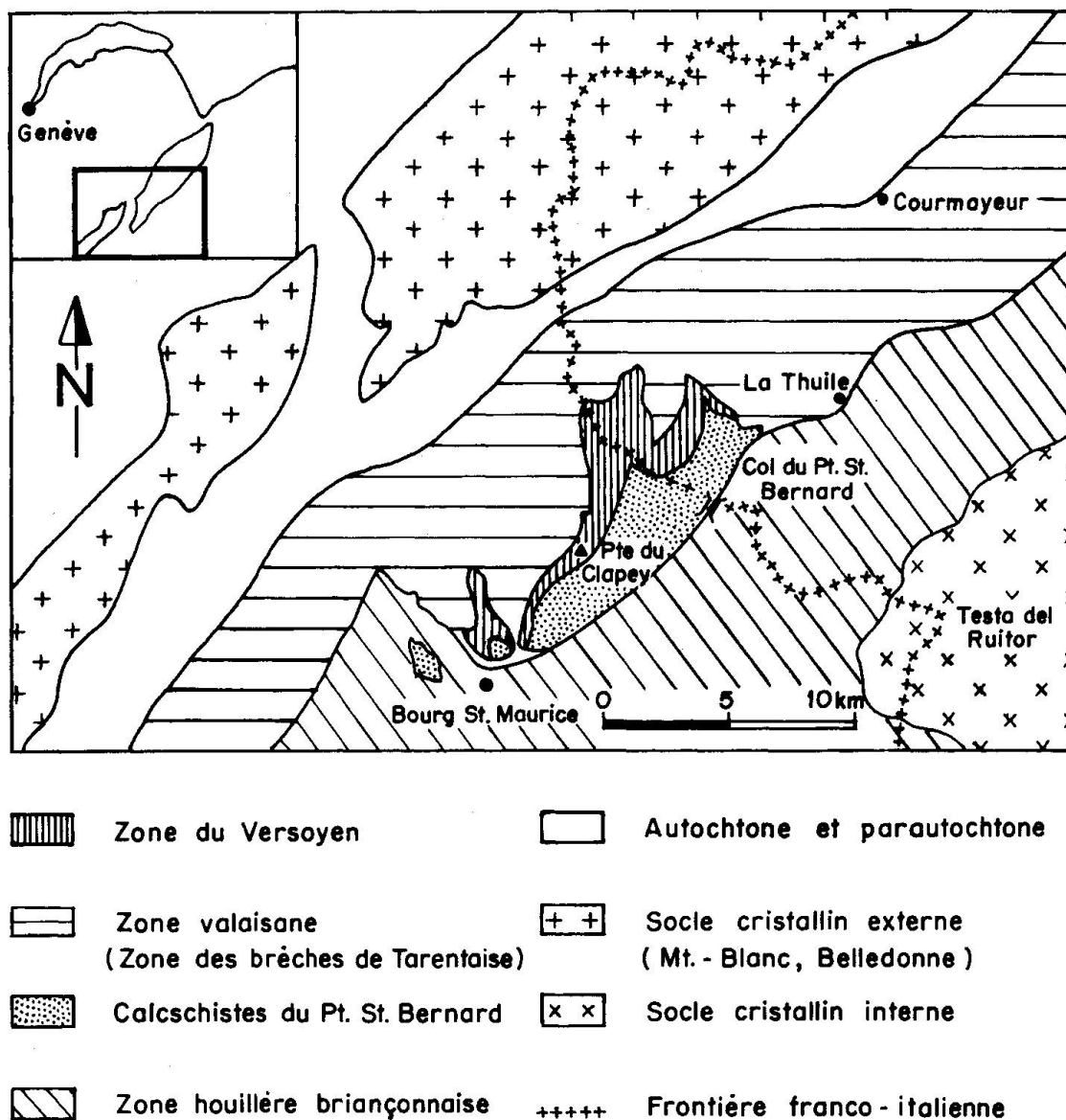


Fig. 1 Carte de situation de la zone du Versoyen.

serpentinites et d'écailles cristallines de nature gneissique (gneiss de la Pointe Rousse, SCHOELLER, 1929). La position structurale et l'origine paléogéographique de ce complexe soulève encore de nombreux problèmes.

Deux hypothèses sont communément avancées:

1. Ce complexe pourrait représenter un lambeau exotique issu du domaine piémontais et mis en place tectoniquement entre la zone houillère briançonnaise et les massifs cristallins externes, Belledone et Mont-Blanc (ELTER, 1954; ELTER, 1960; ELTER et ELTER, 1965; LASSERRE et LAVERGNE, 1976).
2. Ce complexe pourrait faire partie du domaine valaisan, attestant du prolongement de celui-ci au delà de la frontière suisse (TRÜMPY, 1955, 1960; ZULAUF, 1963; LOUBAT, 1968; ANTOINE, 1968, 1971, 1972).

1.2. CARACTÉRISTIQUES ESSENTIELLES DE LA SÉRIE VOLCANO-SÉDIMENTAIRE

La série volcano-sédimentaire de la zone du Versoyen consiste en une alternance de sills métadoléritiques à métagabbroïques, le plus souvent de 2 à 50 mètres de puissance, et de schistes argileux noirs. Ces sills se sont vraisemblablement mis en place dans les sédiments encore gorgés d'eau. Ils ont induit un métamorphisme de contact ainsi qu'une intense hydrothermalisation.

Des blocs de cargneule et de conglomérat calcaire (série du Colet-des Rousses, ANTOINE, 1971), d'âge triasique à liasique provenant certainement du soubassement du bassin crétacé de Tarentaise (ANTOINE, 1972), s'observent parfois en enclaves soit dans les schistes noirs soit dans les dolérites. Ces xénolites constituent vraisemblablement une source importante en éléments volatils ce qui explique le développement généralisé de paragenèses à tourmaline (LOUBAT, 1968a) et, plus localement, à tourmaline-axinite.

Une histoire métamorphique complexe a affecté cette série. En effet, quatre épisodes de métamorphisme au moins semblent reconnaissables: 1. Métamorphisme deutérique. 2. Métamorphisme de contact. 3. Métamorphisme hydrothermal. 4. Métamorphisme régional. Les zonations de certains minéraux, des amphiboles bleues et des grenats en particulier, tendent à confirmer cette histoire complexe (SCHÜRCH, en préparation).

1.3. LOCALISATION DES PARAGENÈSES À TOURMALINE-AXINITE

La Pointe du Clapey (fig. 2), dominant au NE la ville de Bourg-Saint-Maurice, est le secteur le plus favorable pour la reconnaissance de la succession des paragenèses métamorphiques. Ce sommet est constitué d'au moins deux sills basiques (fig. 3), dont l'un atteint une puissance exceptionnelle d'environ 400 mètres. Ces sills, lenticulaires, présentent des évidences de différenciation magmatique. Des reliques de minéraux primaires permettent de reconnaître les termes originels suivants: pyroxénite, norite, gabbro, gabbro porphyrique, dolérite (LOUBAT, 1968a). Lors de leur mise en place, ces sills ont pu entraîner et plus ou moins assimiler des fragments de soubassement. On observe en effet des enclaves de cargneule, de calcaire dolomitique et de conglomérat à éléments calcaires et dolomitiques, dans le sill le plus puissant ainsi que dans les sédiments à son contact inférieur (fig. 3).

Plus ou moins effondrée sur place, la Pointe du Clapey est recouverte, sur ses versants NNW et SSE, par de grands éboulis. C'est dans ceux-ci que deux types d'échantillons renfermant des paragenèses à axinite-tourmaline ont été récoltés.

Le manque d'affleurements en place ou leur inaccessibilité explique pourquoi de telles roches n'ont pas encore été trouvées dans leur contexte originel.

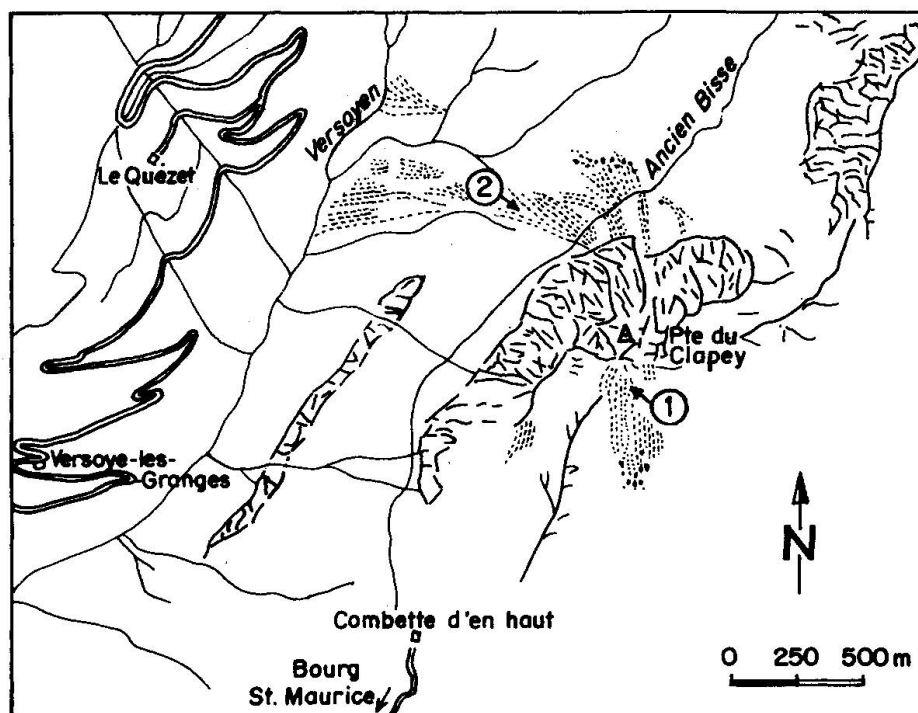


Fig. 2 Localisation des échantillons dans la zone de la pointe du Clapey.

Le premier échantillon provient de l'éboulis SSE. Il a été récolté aux coordonnées suivantes: $x = 947,7$, $y = 2083,6$ et $z = 2450$ m (fig. 2, point 1). Il s'agit d'une roche grisâtre à structure globulaire dans laquelle l'axinite est disséminée. Le deuxième échantillon a été récolté dans l'éboulis NNW, aux coordonnées suivantes: $x = 948,9$, $y = 2084,2$ et $z = 2050$ m (fig. 2, point 2). Il s'agit d'une métadolérite dans laquelle l'axinite se présente en filonnets massifs, centimétriques, et aussi parfois plus ou moins disséminées.

2. Pétrographie des roches étudiées

2.1. LA ROCHE GRISÂTRE À STRUCTURE GLOBULAIRE

Il s'agit d'une roche à grain fin, très dense, montrant une structure globulaire (fig. 4). L'examen microscopique révèle une grande hétérogénéité. La roche est, en effet, constituée de sphérules centimétriques à structure plus ou moins concentrique et radiale. LOUBAT et al. (1984) envisagent la formation d'une telle structure dans un milieu volcano-sédimentaire hybride. On peut distinguer 5 types de sphérules:

1. Sphérules constituées de ferroaxinite principalement, avec quartz, tourmaline et minéraux opaques soulignant les contours des différents cristaux.

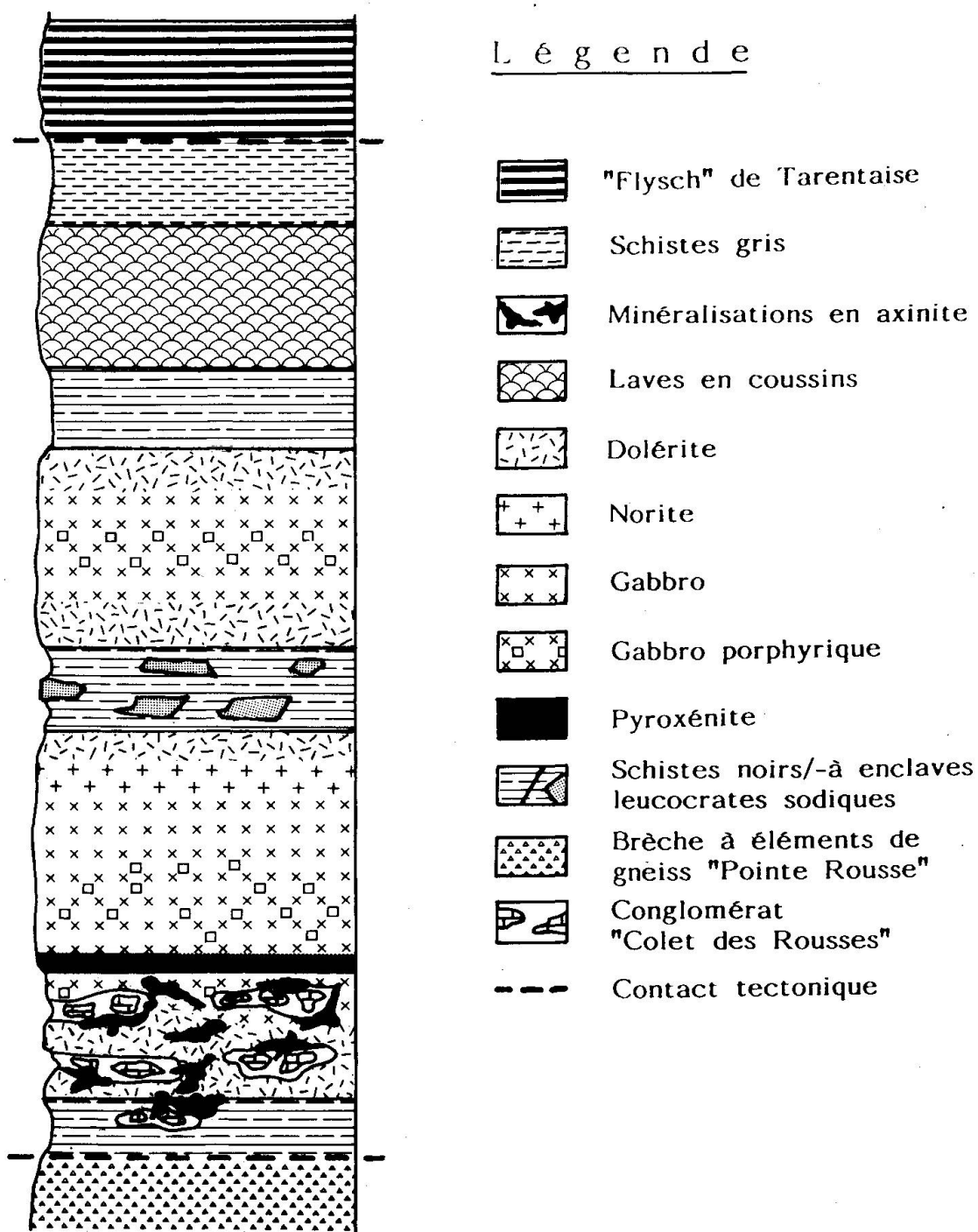


Fig. 3 Succession lithologique idéalisée et schématique du secteur de la Pointe du Clapey (revue et complétée d'après LOUBAT, 1975).

Puissance totale approximative: 600 m. Epaisseur de chaque terme indicative seulement. Brèche à éléments de gneiss «Pointe Rousse»: origine des éléments de gneiss encore douteuse. Cette succession affleure en position renversée.

2. Sphérules constituées de ferroaxinite et de minéraux opaques plus ou moins enchevêtrés.
3. Sphérules constituées de clinozoïsite, ferroaxinite, tourmaline et minéraux opaques.

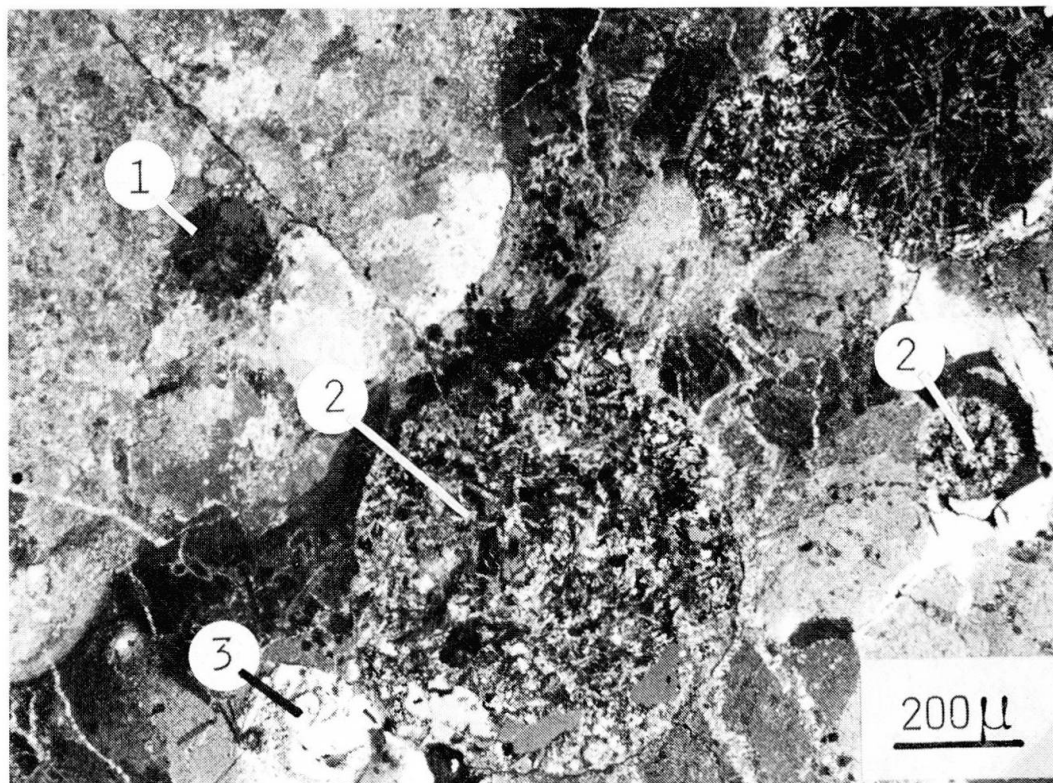


Fig. 4 Micrographie optique de l'axinite associée à une structure globulaire (variété 1) (lumière polarisée). Plusieurs types de sphérules peuvent être observés:

1. Sphérules à ferroaxinite et minéraux opaques.
2. Sphérules à ferroaxinite, clinozoïsite, tourmaline et minéraux opaques.
3. Sphérules à ferroaxinite, avec tourmaline et minéraux opaques accessoires.

4. Sphérules constituées de clinozoïsite, quartz, minéraux opaques et actinote-trémolite.

5. Sphérules constituées de ferroaxinite avec rares cristaux de tourmaline et minéraux opaques soulignant les limites et les cassures des minéraux présents.

Les zones concentriques présentent souvent aussi un caractère radial qui peut être dû à la croissance des cristaux de tourmaline, de ferroaxinite ou d'actinote-trémolite perpendiculairement aux limites de zones.

Ces sphérules représentent le 30 à 40% de la roche. Leur matrice est composée principalement de ferroaxinite très finement poëcilitique et d'aiguilles de tourmaline. Localement, on note une croissance épitaxique entre ferroaxinite et tourmaline. Les minéraux accessoires sont les suivants: clinozoïsite, tourmaline, quartz, calcite, actinote-trémolite, pistachite, albite, chlorite et minéraux opaques. Les inclusions submicroscopiques qui criblent également la ferroaxi-

nite sont très vraisemblablement constituées, d'après les investigations à la microsonde, d'actinote-trémolite, de chlorite et de sphène.

2.2. LA ROCHE VERTE RECOUPÉE PAR DES FILONNETS D'AXINITE

Il s'agit d'une roche dense, très recristallisée, de couleur verte, recoupée par des filonnets rose-lilas clair de taille centimétrique à décimétrique (fig. 5) composés essentiellement de ferroaxinite. Cette roche est une métadolérite assez grossière comme l'attestent de grandes reliques de pyroxène aegyrinique et d'ilménite. Le pyroxène est souvent remplacé par des amphiboles bleues et vertes, du stilpnomélane et du quartz. L'ilménite ne subsiste que rarement au cœur d'une enveloppe de sphène-leucoxène. On distingue encore les minéraux suivants: amphibole bleu-vert, chlorite, albite, muscovite, biotite verte, zoïsité et pyrite.

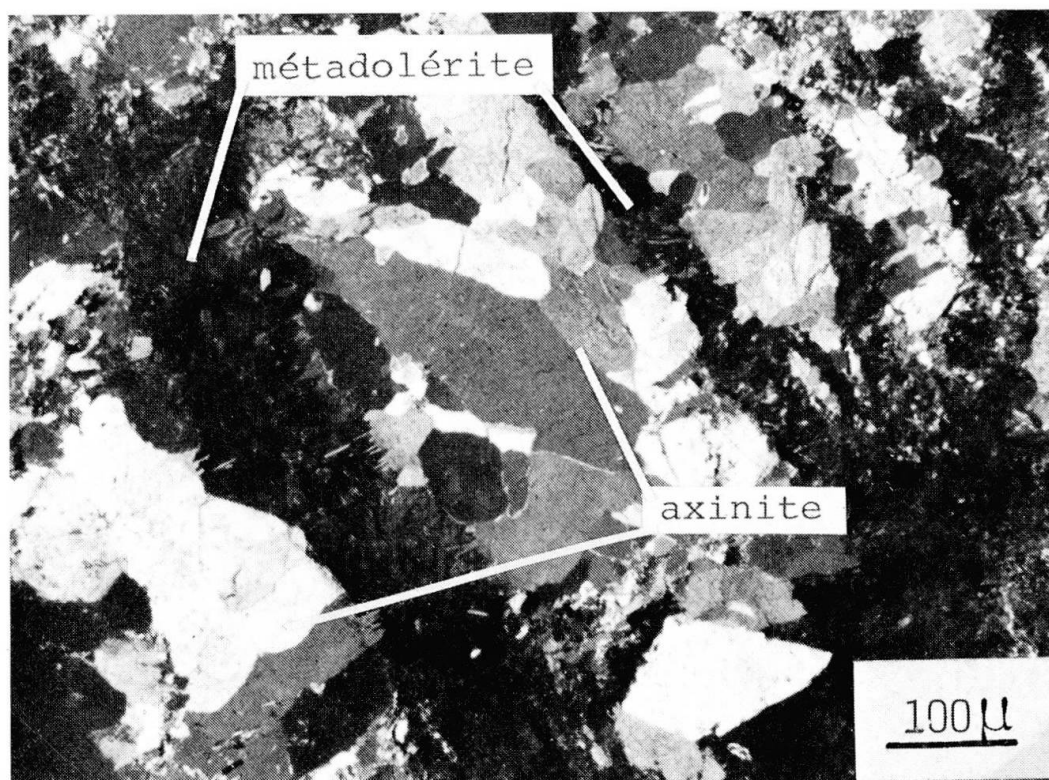


Fig. 5 Micrographie optique de l'axinite en filonnets (variété 2) (lumière polarisée).
Les septa de métadolérite entre les zones d'axinite largement cristallisée évoquent une structure maillée.

Les contacts entre les filonnets de ferroaxinite et la métadolérite sont soit francs soit diffus avec des ramifications pénétrant dans la roche encaissante. Dans les filonnets atteignant 5 à 10 cm de puissance, l'axinite, souvent bien cristallisée, se présente en beaux cristaux idiomorphes centimétriques. Dans certains filonnets, une structure interne complexe, maillée, peut s'observer. Il

pourrait s'agir de filonnets successifs juxtaposés et séparés les uns des autres par des cloisons millimétriques de roche encaissante. Ultérieurement, de la tourmaline finement cristallisée s'est développée aux contacts roche encaissante-filonnets dans les fissures perpendiculaires à ceux-ci.

Les minéraux accessoires observés avec la ferroaxinite sont les suivants: pistachite, clinozoïsite, chlorite, sphène, albite, grenat, pumpellyite, amphibole bleu-vert, stilpnomélane et pyrite.

3. Données minéralogiques sur la ferroaxinite étudiée

3.1. PRINCIPALES PROPRIÉTÉS OPTIQUES ET PHYSIQUES

Microscopiquement, la ferroaxinite se présente en général sous forme de grandes plages idiomorphes à subidiomorphes, tantôt criblées d'inclusions microscopiques à submicroscopiques (variété 1), tantôt limpides, avec des clivages (100) et (001) distincts. Elle est incolore à brun-rose avec un très léger pléochroïsme. Ses principales propriétés optiques et physiques sont rassemblées dans le tableau 1.

La variété 1 correspond à l'axinite associée aux globules.

La variété 2 correspond à l'axinite filonnienne.

Tab. 1 Principales propriétés optiques et physiques de la ferroaxinite du Versoyen.

	Variété 1	Variété 2
Indice de réfraction	$\alpha = 1,670$ $\beta = 1,674$ $\gamma = 1,680$	$\alpha = 1,672$ $\beta = 1,676$ $\gamma = 1,682$
Angle $2V_{\text{calc.}}$	$78,5^\circ$	$78,5^\circ$
Dispersion	$r < v$ (forte)	$r < v$ (forte)
Densité mesurée [†]	$3,31 \text{ g/cm}^3 \pm 0,02$	$3,32 \text{ g/cm}^3 \pm 0,02$
[†] Dans liqueur de Clérici diluée		

3.2. DONNÉES RADIOCRISTALLOGRAPHIQUES

Les distances réticulaires et les intensités des raies de diffraction des deux ferroaxinites étudiées (tab. 2) ont été mesurées sur des diagrammes de poudre

Tab. 2 Diagramme de poudre de la ferroaxinite du Versoyen.

Variété 1			Variété 2		
d_{obs}	I_{obs}	hkl	d_{obs}	I_{obs}	hkl
6,30	70	$1\bar{1}0,110$	6,23	70	$1\bar{1}0,110$
4,99	10	011	4,96	10	011
4,80	10	$1\bar{1}1$	4,80	10	$1\bar{1}1$
4,55	25	$\bar{1}11$	4,55	25	$\bar{1}11$
4,00	40	$\bar{2}01,120$	4,01	40	$\bar{2}01,120$
3,76	10	$21\bar{1}$	3,76	10	$21\bar{1}$
3,68	70	$1\bar{2}1$	3,67	10	$1\bar{2}1$
3,45	60	002	3,463	60	002
3,43	10	$11\bar{2}$	3,43	10	$11\bar{2}$
3,290	50	$\bar{1}21$	3,293	50	$\bar{1}21$
3,150	90	$211,2\bar{2}0$	3,162	90	$211,2\bar{2}0$
3,080	30	$102,0\bar{2}2$	3,086	30	$102,0\bar{2}2$
			3,020	50	$122,012$
2,990	20	$0\bar{3}1,030$	2,990	20	$0\bar{3}1,030$
2,890	50	$13\bar{1},\bar{3}01$	2,890	50	$13\bar{1},\bar{3}01$
2,820	100	$\bar{2}21,1\bar{2}2$	2,820	100	$\bar{2}21,1\bar{2}2$
2,660	40	$\bar{3}11$	2,665	40	$\bar{3}11$
2,645	10	$\bar{2}12,221$	2,645	10	$\bar{2}12,221$
2,565	60	$202,032$	2,566	60	$202,032$
2,550	10	$13\bar{2},32\bar{1}$			
2,475	10	$022,\bar{1}31$	2,472	10	$022,\bar{1}31$
2,460	10	$230,320$	2,470	10	$230,320$
2,445	30	311	2,443	30	311
2,420	10	$131,31\bar{2}$	2,427	10	$131,31\bar{2}$
2,360	30	$212,0\bar{1}3$	2,363	30	$212,0\bar{1}3$
2,210	20	$1\bar{1}3$	2,208	20	$1\bar{1}3$
2,180	10	$1\bar{4}0,140$	2,189	10	$1\bar{4}0,140$
2,165	50	$231,33\bar{1}$	2,162	50	$231,33\bar{1}$
2,100	10	$22\bar{3},\bar{1}13$	2,109	10	$22\bar{3},\bar{1}13$
2,060	20	$13\bar{3},033$	2,069	20	$13\bar{3},033$
			2,038	10	$33\bar{2},032$

plus environ 30 raies de faible intensité

Caméra de Gandolfi, diamètre 114,6 mm,
radiation CuK_α ; filtre Ni

obtenu avec une caméra de Gandolfi de 114,6 mm de diamètre. Ces diagrammes correspondent à celui de la ferroaxinite (carte P. D. F. n° 6-0448).

Tab. 3 Analyses chimiques de la ferroaxinite du Versoyen.

	Variété 1		Variété 2	
	% poids [†]	dév. st. ^{††}	% poids ^{†††}	dév. st.
SiO ₂	43,2	0,49	43,1	0,23
TiO ₂	0,1	0,12	0,2	0,17
Al ₂ O ₃	19,0	0,14	18,9	0,14
FeO	7,7	0,75	9,0	0,40
MnO	0,3	0,11	2,3	0,55
MgO	3,1	0,39	1,0	0,10
CaO	20,3	0,61	20,2	0,33
	<u>93,7</u>		<u>94,7</u>	

†	Moyenne de 10 points d'analyse	†††	Moyenne de 9 points d'analyse
††	Déviati on standard		

3.3. DONNÉES CHIMIQUES

La ferroaxinite a été analysée au moyen de la microsonde électronique ARL EMX-SM, équipée d'un dispositif d'analyse par dispersion d'énergie Tracor-Northern, de l'Université de Genève. Les éléments suivants ont été détectés: Si, Ti, Al, Mn, Mg, Ca et Fe. Leur distribution s'est révélée uniforme.

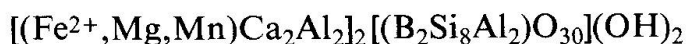
Les analyses quantitatives (tab. 3) ont été réalisées avec les conditions expérimentales suivantes: tension accélératrice: 15 kV, courant d'échantillon (sur bénitoïte): 100 nA. La durée des comptages a été contrôlée par un courant de sonde digitalisé constant, échantillons et standards étant métallisés avec du carbone. Les standards suivants ont été utilisés: quartz, rutile, corindon synthétique, pyrolusite, périclase, wollastonite, hématite.

B₂O₃ et H₂O ont été déduits par différence, cette dernière étant compatible avec la somme de ces deux constituants obtenue à partir d'analyses chimiques complètes effectuées sur des axinites de Bourg d'Oisans (LUMPKIN et al., 1979).

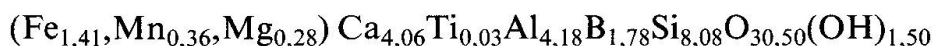
Pour établir la formule chimique empirique, nous avons considéré B₂O₃ = 5,5% et H₂O = 1,2%.

Calculées sur la base de 32 oxygènes, les formules empiriques sont les suivantes:

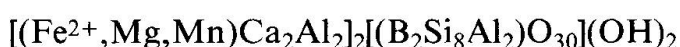
Variété 1 (dans globules):



Variété 2 (filonienne):



ou, sous forme idéalisée et d'après la nouvelle formule structurale, ici simplifiée, proposée par LUMPKIN et RIBBE (1979):



avec $\text{Fe} > \text{Mg} > \text{Mn}$ dans la variété 1 et $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Mg}$ dans la variété 2.

Suivant SANERO et GOTTARDI (1968) (fig. 6), ces deux variétés se situent bien dans le domaine des ferroaxinites ($\text{Ca} > 1,5$; $\text{Fe} > \text{Mn}$).

4. Conclusion - Discussion

La littérature consultée n'est pas très précise quant à la nature des contextes géologiques et aux conditions de formation de l'axinite. Il semble cependant ressortir qu'il y ait une grande indépendance entre, d'une part, l'apparition et la composition chimique précise de ce minéral, et, d'autre part, la nature lithologique du milieu encaissant (VALLANCE, 1966; CHAUDHRY, 1969; CASSEDANE, 1977). Cette constatation a conduit à l'idée, communément admise, d'une origine nettement métasomatique pour cette espèce minérale.

Quelquefois associée génétiquement à l'action de magmas acides, l'axinite semble plus généralement liée à des sédiments, carbonatés ou pélitiques, envahis par des magmas variés avec pour conséquence le développement de phénomènes divers de type «skarns» (DEER et al., 1962).

Il convient de confronter les deux types de concentration en axinite décrits ci-dessus à cette hypothèse de gisement d'origine pneumatolytique ou hydrothermal.

Les deux variétés de roches riches en axinite se rencontrent dans la zone inférieure de la séquence lithologique idéalisée de la Pointe du Clapey (fig. 3). Dans cette zone, les dolérites enclavent et assimilent partiellement des blocs de nature carbonatée, de toutes dimensions, originaires des formations triasiques et liasiques sous-jacentes. Par ailleurs, la tourmaline, très intimement associée à l'axinite, apparaît en abondance croissante dans les métadolérites de la Pointe du Clapey lorsqu'on se rapproche de ce secteur «profond» à enclaves de nature

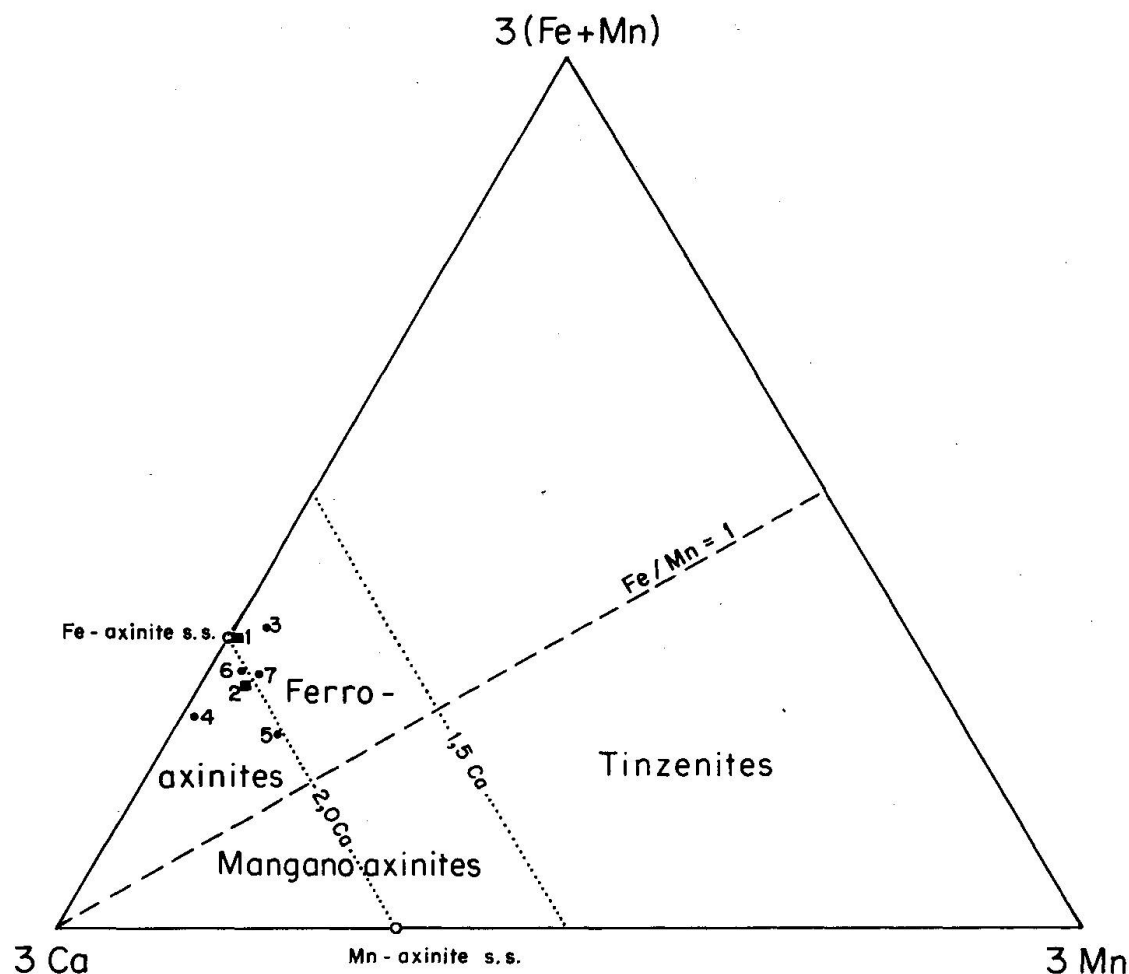


Fig. 6 Distribution des axinites du Versoyen dans le diagramme de SANERO et al. (1968) et comparaison avec diverses axinites d'autres localités.

1. Axinite, variété 1 (Versoyen, France) (ce travail).
2. Axinite, variété 2 (Versoyen, France) (ce travail).
3. Axinite (London Bridge, Wales, Australie) (VALLANCE, 1966).
4. Axinite (Santa Rosa, Brésil) (CASSEDANE et al., 1977).
5. et 6. Axinites (Devonshire, Angleterre), respectivement anal. M80 et MN27 (CHAUDHRY et al., 1969).
7. Axinite (Bourg d'Oisans, France) (anal. N° 4, LUMPKIN et al., 1979).

carbonatées. Comme source du bore, élément mobile par excellence, il paraît donc logique de penser à ces enclaves carbonatées et évaporitiques placées en contact avec les dolérites (MOINE et al., 1981).

La structure macroscopique et microscopique de la variété 1, distribuée en globules et dépourvue de filonnets, pourrait être expliquée, et c'est là une hypothèse de travail, par un phénomène de contact thermique intense entre les enclaves et le magma basique, fluide et très chaud, entraînant des processus de fluidisation. En revanche, la variété 2 témoigne clairement d'injections de fluides saturés dans une dolérite fortement affectée par un dynamométamorphisme antérieur à la mise en place des filonnets, ces derniers n'exhibant aucune déformation.

Si certaines paragenèses de la Pointe du Clapey (SCHÜRCH, en préparation) suggèrent un «climat» métamorphique de pression élevée, les échantillons ren-

fermant l'axinite évoquent, par contre, une croissance de ce minéral sous conditions épizonales, voire de très faible profondeur. Il semble donc se confirmer que la zone du Versoyen, et particulièrement le secteur de la Pointe du Clapey, témoignent d'épisodes métamorphiques très complexes et multiples.

La proximité et l'assimilation partielle de sédiments riches en éléments volatils ont vraisemblablement joué un rôle important dans les phénomènes de recristallisation observés. Toutefois, il sera peut-être nécessaire d'envisager le rôle de surpressions locales et de pressions partielles de fluides, extrêmement élevées, pour expliquer l'association des paragenèses observées.

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude à Mlle E. Despland pour son aide dans la réalisation des mesures à la microsonde.

Bibliographie

- ANTOINE, P. (1968): Sur la position structurale de la «zone du Versoyen». *Géol. Alpine*, 44, 7-26.
- ANTOINE, P. (1971): La zone des Brèches de Tarentaise entre Bourg-Saint-Maurice (vallée de l'Isère) et la frontière italo-suisse. Thèse Université Grenoble, 367 p.
- ANTOINE, P. (1972): Le domaine pennique externe entre Bourg-Saint-Maurice (Savoie) et la frontière italo-suisse. *Géol. Alpine*, 48, 5-40.
- CASSEDANE, J. (1977): Le gîte d'axinite de Santa Rosa (Bahia). *Bull. Soc. franç. Mineral. Cristallogr.*, 100, 191-197.
- CHAUDHRY, M. N., HOWIE R. A. (1969): Axinites from the contact skarn of Meldon aplite, Devonshire, England. *Min. Mag.*, 37, 45-48.
- CUMMINGS, W. (1983): Ferroaxinite from Bridgeville. New Jersey. *The Mineralogical Record*, 14, 1, 43-44.
- DEER, W. A., HOWIE R. A., ZUSSMAN J. (1962): Rock forming minerals, vol. 1, Longmans Ed., 320 p.
- ELTER, G. (1960): La zona pennidica dell'alta e media Valle d'Aosta e le unità limitrofe. *Mem. Ist. Geol. Mineral. Univ. di Padova*, 22, 113 p.
- ELTER, G. et P. (1965): Carta geologica della regione del Piccolo San-Bernardo (versante italiano). *Publ. Cent. Etud. géol. pétrogr. Alpes*, 35, 53 p.
- ELTER, P. (1954): Etudes géologiques dans le val Veni et le vallon du Breuil, Petit-Saint Bernard. Thèse n° 1200, Université Genève, 39 p.
- ITO, T. et al. (1969): The crystal structure of axinite revised. *Proc. Japan Acad.*, 45, 490-494.
- LASSERRE, J. L., LAVERGNE C. (1976): Le volcanisme de la zone du Versoyen (Alpes franco-italiennes): minéralogie, pétrographie et géochimie. Thèse de doctorat de 3^e cycle, Université Grenoble, 252 p.
- LOUBAT, H. (1967): Un type particulier de volcanisme et de métamorphisme: le Versoyen (Alpes franco-italiennes). *C. R. Soc. Phys. Hist. Nat. Genève*, 2/3, 217-223.
- LOUBAT, H. (1968a): Etude pétrographique des ophiolites de la «zone du Versoyen», Savoie (France), Province d'Aoste (Italie). Thèse Arch. Sci. Genève, 21/3, 265-457.
- LOUBAT, H. (1975): La zone du Versoyen, témoin possible d'une intersection entre dorsale volcanique océanique et marge continentale. *Arch. Sci. Genève*, 28/1, 101-106.

- LOUBAT, H. (1984): Considérations préliminaires sur la configuration horizontale de l'édifice sub-volcanique du Versoyen (Alpes franco-italiennes) analogue aux bassins en distension du type Golfe de Californie. *Géol. Alpine*, 60, 37-44.
- LOUBAT, H., DELALOYE, M. (1984): La zone du Versoyen (Alpes franco-italiennes): le témoin d'une océanisation mésozoïque circonscrite constituant un milieu hybride, subvolcano-sédimentaire avec mobilisats et adinoles. *Géol. Alpine*, 60, 45-76.
- LUMPKIN, G. R., RIBBE P. H. (1979): Chemistry and physical properties of axinites. *Am. Mineral.*, 64, 635-645.
- MOINE, B. et al. (1981): Geochemistry of evaporite-bearing series: a tentative guide for the identification of metaevaporites. *Contr. Mineral. Petrol.*, 76, 401-412.
- SANERO, E., GOTTARDI, G. (1968): Nomenclature and crystal chemistry of axinites. *Am. Mineral.*, 59, 1407-1411.
- SCHOELLER, H. (1929): La nappe de l'Embrunais au nord de l'Isère. *Bull. Serv. Carte géol. de France*, 175, 33, 422 p.
- SCHÜRCH, M. L. (en préparation): Les ophiolites de la zone du Versoyen: témoin d'un bassin marginal à évolution métamorphique complexe. Thèse de doctorat, Université Genève.
- TRÜMPY, R. (1954): La zone Sion-Courmayeur dans le haut val Ferret valaisan. *Eclogae Geol. Helv.*, 47, 315-359.
- TRÜMPY, R. (1955): Remarques sur la corrélation des unités penniques externes entre la Savoie et le Valais et sur l'origine des nappes préalpines. *Bull. Soc. Géol. France, série 6, t. 6*, 217-231.
- TRÜMPY, R. (1960): Paleotectonic Evolution of the Central and Western Alps. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71, 6, 843-900.
- VALLANCE, T. G. (1966): A contact metamorphic axinite paragenesis at London Bridge, near Queanbeyan New South Wales. *Jour. Proc. Roy. Soc. New South Wales*, 99, 57-67.
- ZULAUF, R. (1963): Zur Geologie der penninischen Zonen nördlich der Dora Baltea im oberen Val d'Aosta (Italien). Thèse, Zürich, 150 p.

Manuscrit reçu 19 mars 1986, manuscrit révisé accepté 18 août 1986.