

Conditions d'apparition de la scheelite dans les gisements de Costabonne et de Salau

par

B. GUY*

Etant donné l'importance économique de ce minéral, nous nous étendons quelque peu sur la scheelite et sa situation comparée à Salau et Costabonne. Nous regroupons ici un certain nombre d'observations faites dans les deux gisements.

Certaines ont pu déjà être partiellement formulées dans le cas de Salau. Nous essayerons de compléter la description par quelques éléments d'interprétation.

11.1. Situation de la scheelite

D'une façon générale, parmi la variété des roches transformées, la scheelite est localisée de façon assez stricte dans certaines d'entre elles : skarns et skarnoïdes à Salau; skarns seuls à Costabonne (il semble en effet que la masse des skarnoïdes de ce gisement, moins calciques et plus silico-alumineux dans leur ensemble que ceux de Salau, n'en montrent pas).

Dans l'un et l'autre cas, sa présence est néanmoins facultative, c'est-à-dire que des roches en tous points identiques peuvent ou non en contenir : à roches égales la distribution de ce minéral ne semble pas obéir à une loi précise. Cette réserve étant faite, précisons les différents contextes où elle est rencontrée.

Une première observation importante est l'apparition de la scheelite en deux pôles dans l'histoire des skarns, à Salau comme à Costabonne. Nous avons distingué d'une part une scheelite associée aux silicates anhydres primaires, pyroxène et grenat, d'autre part une scheelite associée aux silicates hydratés, accompagnés de quartz, calcite et sulfures de la phase d'altération.

Détaillons ces diverses occurrences.

11.1.1. Situation de la scheelite dans la phase primaire

A. Costabonne

A Costabonne la scheelite primaire est rencontrée dans le grenat 2 (rappelons que c'est un grenat ugrandite de composition moyenne grossulaire 50% - andradite 50%) de préférence absolue au grenat andraditique. Une telle relation a été observée sur des skarns au Japon par H. SHIMAZAKI (1974). La préférence au pyroxène est moins nette : celui-ci peut en contenir, comme on l'a observé, mais il convient dans ce cas de faire la part de la scheelite secondaire (voir plus loin).

L'association préférentielle que nous venons de signaler est indépendante de la situation texturale du grenat 2 par rapport aux autres minéraux. Ainsi la scheelite accompagne ce grenat dans une zone individualisée en arrière de la zone andraditique dans les skarns de Fra Joan; de même on la trouve dans sa masse alors qu'il englobe des

* Ecole Nationale Supérieure des Mines, Saint-Etienne.

squelettes de grenat andraditique d'où elle est absente; enfin il lui arrive d'escorter strictement le grenat alors même qu'il pousse en taches isolées dans la pyroxénite.

Au sein du grenat, la scheelite apparaît automorphe. Aux rayons ultra-violet sa couleur de fluorescence est jaune indiquant une richesse relative en molybdène, tandis que sa couleur naturelle, visible sur les échantillons où elle se présente en gros cristaux, tire sur le vert. Une analyse de ce type de scheelite (G. GUITARD et P. LAFFITTE, 1960) a donné une teneur de 0,90 % MoO_3 .

B. Salau

La scheelite de contexte primaire de Salau est associée au pyroxène dans les skarns massifs comme dans les skarns zonés et les skarnoïdes.

Elle est dépourvue de molybdène (teinte de fluorescence U.V. blanc bleuté). Elle se présente en grains généralement non automorphes, arrondis, de 0,5 mm de diamètre en moyenne, entre les cristaux de pyroxène.

On ne rencontre apparemment pas de scheelite dans les grenats primaires (de très faible abondance il est vrai), mais dans les grenats réputés plus tardifs; tous ces grenats sont un peu plus riches en pôle grossulaire que le grenat 2 de Costabonne.

11.1.2. Situation de la scheelite dans la phase secondaire

La scheelite secondaire appartient à la paragenèse d'altération caractérisée par le développement de quartz, calcite et sulfures, et l'hydroxylation

éventuelle des silicates primaires. A Salau comme à Costabonne il s'agit d'une scheelite pauvre en molybdène, de couleur de fluorescence blanc bleuté, de couleur naturelle blanc-crème (échantillons macroscopiques). Elle contiendrait 0,15 % de MoO_3 .

Rappelons quelques différences entre les deux gisements pour cette phase :

— à Costabonne la magnétite est présente de façon précoce. Les sulfures sont principalement la pyrite et la blende, accompagnées de molybdénite et bismuthinite;

— à Salau le sulfure dominant est la pyrrotite, accompagnée de chalcopryrite et blende. Le bismuth est occasionnel, la bismuthinite plus rare. La molybdénite a été signalée.

Nous venons de voir que, outre le contexte minéralogique, nous pouvons distinguer à Costabonne les deux générations de scheelite par leur couleur de fluorescence U.V., elle-même corrélée à leur teneur en Mo.

D'une façon générale, il apparaît que les grenatites contiennent plutôt la scheelite primaire, les pyroxénites, la scheelite secondaire.

Ceci est cohérent avec ce que nous avons vu par ailleurs, à savoir que le grenat n'est pas déstabilisé (il protège d'ailleurs la scheelite primaire qui garde ses formes) tandis que le pyroxène est plus facilement altéré.

Une observation intéressante concerne la situation de la scheelite secondaire dans les pyroxénites : celle-ci précipite souvent en bordure du marbre, en respectant la zonation primaire. Ceci aussi a été remarqué à Salau.

C'est dans ce contexte que se développent des roches à quartz, pyroxène, amphibole et scheelite abondante. H. SHIMAZAKI (1969) fait des observations semblables sur des skarns au Japon.

11.2. Teneurs et tonnages

Dans les deux gisements et pour les deux générations de scheelite, les teneurs sont de même ordre de grandeur. Minerai à scheelite primaire contenant de 0,1 à 0,4 % WO_3 ; minerai à scheelite secondaire a des teneurs moyennes de 1 % WO_3 ou plus (dans l'un et l'autre cas certains minerais ont localement des teneurs dépassant 15 % WO_3).

Les deux gisements diffèrent fondamentalement par les tonnages relatifs de ces générations.

11.2.1. Costabonne

A Costabonne, le minerai à scheelite primaire (grenatites) a une teneur de 0,1 à 0,35 % WO_3 (G. GUITARD et P. LAFFITTE, 1960). Celui à scheelite secondaire (pyroxénites) peut atteindre, selon les mêmes auteurs, une teneur moyenne dépassant 1 % WO_3 .

Les minerais les plus riches de Costabonne se

rencontrent dans le skarn nord entre le granite et la grenatite : dans cette zone de skarns très quartziques, la scheelite peut parfois être massive. L'observation précise montre que deux générations de scheelite peuvent s'y superposer : une scheelite primaire associée aux grenats II, et pyroxènes et à de l'apatite, déjà abondante, entourée localement d'une scheelite secondaire; celle-ci est, elle-même, accompagnée de quartz, d'amphibole, pistachite formant aussi des roches de puissance notable, assez pauvres en scheelite.

Il apparaît que la scheelite primaire y a joué un rôle de germe pour la croissance localisée de la scheelite secondaire. Ces relations sont particulièrement spectaculaires à la lampe U.V. : les cœurs de scheelite jaune, automorphes ou réduits à des squelettes, sont entourés d'auréoles blanc bleuté (cf. G. GUITARD et P. LAFFITTE, 1960). Ceci est aussi visible en lame mince, surtout sur les échantillons à gros cristaux.

Cette colonne riche en scheelite développée au « mur » des grenatites concentre le dépôt d'environ 600 t de WO_3 à une teneur $> 1\%$ dans un petit volume de roche. Cette concentration exceptionnelle à Costabonne s'est réalisée dès le stade primaire en s'amplifiant au stade secondaire.

Mais cette colonne de roches à forte teneur en scheelite, ainsi que les zones de pyroxénites externes à teneur $> 1\%$ de WO_3 ne représentent qu'un faible tonnage de minerai. Ceci doit être en relation avec le développement restreint du stade d'altération.

11.3. Éléments d'interprétation

Voici quelques éléments d'interprétation fondés sur les données thermochimiques trouvées dans la bibliographie et concernant spécifiquement la situation de la scheelite telle que nous l'avons décrite.

Des éléments de discussion plus complets concernant la source et le régime des fluides, en relation avec les questions de tonnage et de proportions des générations de scheelite seront donnés en fin de cette étude. On associera là, l'ensemble des résultats fournis par la pétrologie et la géochimie isotopique.

Nous répartissons nos remarques en plusieurs points :

A. Précipitation de la scheelite en deux temps

L'occurrence de la scheelite en deux pôles peut être interprétée grâce aux travaux de R.P. FOSTER

Le tonnage de Costabonne est plutôt contenu dans les grenatites et grenato-pyroxénites qui forment le plus grand volume de roche; cependant, sa teneur moyenne est trop basse pour envisager actuellement l'exploitation.

Selon les rapports du B.R.G.M. (C. DEREMETZ et G. GUITARD, 1957) les réserves connues seraient estimées à quelque 2 500 t de WO_3 dans un minerai à 0,35% WO_3 de teneur moyenne, formé généralement par la zone à hédenbergite et la grenato-pyroxénite externe.

11.2.2. Salau

À Salau les teneurs dans les skarns et skarnoïdes primaires peuvent atteindre 0,2-0,3%, ces roches ne représentant elles-mêmes qu'un faible volume. Par contre, les roches d'origine hydrothermale sont largement développées avec des teneurs plus élevées, pouvant atteindre 1,5% de teneur en moyenne dans des volumes importants.

La production cumulée a atteint en 1977, 5 576 t de WO_3 contenues dans un minerai à 1,33%. L'accumulation de tungstène dans ce gisement, en prenant en compte les réserves prouvées en 1977, correspond à 10 660 tonnes de WO_3 , à une teneur moyenne de 1,44% WO_3 . Si l'on prend en compte le volume des skarns minéralisés, indépendamment de leur teneur, les gîtes de Costabonne et de Salau sont d'importances comparables.

(1977). Cet auteur montre en effet qu'à 1 Kb, dans des solutions hydrothermales chlorurées, la solubilité de la scheelite en fonction de la température passe par un maximum relatif vers 450°C, alors qu'à 2 Kb elle décroît continûment. Pour une pression fluide comprise entre 1 et 2 Kb (indiquée dans l'étude thermochimique) la scheelite se déposerait ainsi en deux temps : au-dessus de 450°C (scheelite primaire), puis au-dessous de 350°C (scheelite secondaire), la scheelite primaire pouvant être partiellement remobilisée entre ces deux températures.

B. Localisation de la scheelite primaire

Nous n'expliquons pas pour le moment de façon précise la situation de la scheelite dans la phase primaire, notamment son association avec un cer-

tain type de grenat à Costabonne. Son dépôt est probablement inhibé par la f_{O_2} sans doute trop élevée dans la zone à grenat andradite.

H. SHIMAZAKI (1974) a noté aussi la localisation de scheelite dans des zones à caractère plus réducteur.

Par contre, pour la phase secondaire, l'évolution vers un pH plus basique près des marbres, pourrait être mise en cause. Les observations faites à Salau et Costabonne le montrent et ceci est en accord avec les résultats de R.P. FOSTER (1977) qui estime qu'à ces températures, le pH a un rôle important.

On ne retrouve pas de scheelite au-delà des skarns, ce qui fixe le pH à une valeur intermédiaire légèrement basique (les wolframates de Mn et Fe sont stables à des pH plus acides : H. GUNDLACH, 1971; G.R. KOLONIN *et al.*, 1969).

Dans ces conditions il y aurait précipitation totale (ou presque) et les extensions latérales ne seraient guère à rechercher.

C. Niveaux de f_{O_2} dans les deux gisements et teneur en molybdène de la scheelite

Nous avons vu qu'une des différences majeures entre Salau et Costabonne concernait le paramètre f_{O_2} , dont le niveau est plus bas dans le premier gîte que dans le second. Ceci s'accorde bien avec les teneurs en molybdène des scheelites dans les deux gisements. En effet, les travaux de L.C. HSU (1977) montrent que la teneur en molybdène de la scheelite croît avec f_{O_2} : on observe précisément

une scheelite riche en molybdène à Costabonne (teinte jaune de fluorescence UV), alors qu'elle n'existe pas à Salau.

La scheelite secondaire correspond à des situations moins oxydantes et est peu molybdique (teinte de fluorescence blanc bleuté) dans les deux gisements. Elle est accompagnée de molybdénite qui est l'expression du molybdène à bas niveau de f_{O_2} , ceci en accord avec le résultat de L.C. HSU (1977). Ce minéral fréquent à Costabonne l'est beaucoup moins à Salau.

Le point triple pyrite-pyrrhotite-magnétite, au voisinage duquel on se trouve dans les deux gisements pour la phase hydrothermale, est contenu dans le domaine scheelite + molybdénite.

L'absence de molybdénite dans la masse des roches minéralisées de Salau pourrait donc correspondre à des fluides plus évolués déjà appauvris en molybdène.

Certaines observations que nous avons reportées suggèrent que, à conditions physico-chimiques identiques, des facteurs du « second ordre » peuvent avoir une importance prépondérante pour la précipitation et la croissance de la scheelite.

Nous entendons par là des facteurs que nous cernons mal pour le moment mais qui joueraient notamment au niveau de la nucléation (exprimés en termes d'énergie de surface, de seuils énergétiques de nucléation, etc.).

Rappelons, encore une fois, que les roches minéralisées à teneur notable sont fréquemment voisines de roches apparemment identiques mais stériles. La nature de la roche exerce donc un contrôle décisif sur la précipitation de la scheelite, mais n'est pas un contrôle exclusif.