

Conclusions générales : les skarns et le tungstène

Essayons de voir ici quelles réponses le présent travail apporte au problème de la formation des gisements de tungstène liés aux granitoïdes dans

les Pyrénées et quelles orientations on peut en tirer pour la prospection.

12.1. Les questions posées au début de cette étude

Rappelons d'abord en quelques lignes comment se posait le problème au début de cette étude. Nous nous rendrons ainsi mieux compte de ce qui a été accompli et de ce qu'il reste à faire.

Les nombreux indices de scheelite et les deux gisements de skarns à scheelite, découverts depuis 25 ans dans les Pyrénées sont en relation spatiale avec les granitoïdes. Pour comprendre une telle situation, on était amené à s'interroger sur le double rôle de ces massifs plutoniques : celui lié directement à l'origine à l'évolution du magma et des phases fluides libérées d'une part; celui mobilisateur, dû à leur position crustale et leurs relations parfois complexes avec les roches environnantes, d'autre part.

On pouvait ainsi se poser plusieurs questions :

Sur l'origine du tungstène :

— les granites sont-ils responsables du stock tungstène et dans ce cas peut-on caractériser une famille de granites tungstifères, c'est-à-dire y a-t-il des différences géochimiques entre les granites porteurs ou stériles ?

— à l'inverse y a-t-il des préconcentrations en tungstène dans la série paléozoïque en relation avec les skarns, les granites jouant un rôle simplement mobilisateur ?

Sur le mode de piégeage du tungstène :

— quels sont les pièges privilégiés du tungstène, du point de vue géochimique et structural ?

— l'évolution hydrothermale elle-même conduisant à la formation des skarns doit-elle être spécifique pour fabriquer un gîte riche en tungstène ?

Sur le premier groupe de questions, à ce stade de l'étude nous nous sommes limités à faire le point sur les nombreuses études pétrologiques des granites pyrénéens qui ont été réalisées ces dernières années et à essayer d'en dégager un début de réponse à la question de l'existence ou non d'une lignée de granites spécifiquement liés aux skarns minéralisés. Cette comparaison des massifs fait clairement apparaître que les massifs où ne sont représentés que les termes basiques (gabbro-diorites) ou la lignée calco-alcaline en continuum d'évolution (diorite, tonalite, granodiorite sombre, granodiorite claire) ne montrent aucun skarn minéralisé. Seuls les massifs formés de monzogranite ou de granite subalumineux à péralumineux, dont la composition chimique est la plus « contaminée » par la fusion crustale, ou qui dérivent intégralement de la fusion crustale, sont associés à des skarns minéralisés en scheelite. Ces faciès peuvent constituer, à eux seuls, des massifs (Costabonne) ou former des intrusions toujours tardives à l'intérieur des appareils composites de la lignée précédente (cas de Cauterets oriental, de Quérigut, de Mont-Louis). Si leur présence paraît être une condition nécessaire, elle n'est malheureusement pas suffisante !

Remarquons aussi que les granites des Pyrénées sont très différents par leur rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ et leurs caractères alumineux des granites calco-alcalins étudiés au Pérou ou en Colombie britannique dans la première partie et qui, dans leurs riches cortèges minéralisés, ne montrent pas trace de tungstène. Ils s'apparentent beaucoup, par contre, aux granites de « l'Omineca belt » dans les rocheuses canadiennes, où les gîtes de skarns à tungstène sont abondants.

Sur le deuxième groupe de questions (mode de piégeage du tungstène) on avait par contre déjà des éléments sur le contrôle structural de la localisation des skarns.

L'expérience avait montré que les contacts entre roches carbonatées et granites sont le lieu de formation des skarns à scheelite et que la forme du contact est un facteur important : voisinage d'un apex granitique, indentation du contact (golfe, morphologie en gouttière, recouvrement du granite par le calcaire, etc.), cette forme semblant pouvoir opposer granites minéralisés et granites stériles.

Cette approche a été abordée à l'échelle d'un gîte, pour le cas de la mine de Salau, et à une échelle régionale par comparaison de la morphologie des différents granites déjà décrits, ce qui a confirmé, en les précisant les règles connues rappelées ci-dessus.

La mise en évidence de déformations importantes (notamment de cisaillements) pendant la durée de la formation des skarns à Salau et leur quasi absence à Costabonne (voir chap. 2, 3 et 6) est un résultat dont l'importance apparaît mieux, maintenant que le rôle essentiel de la phase hydrothermale à plus basse température est mieux compris : le maintien de la perméabilité fissurale, ou sa réouverture, tout au long de la formation des skarns est une condition nécessaire au développement de ceux-ci sur un volume important et donc, aux stades tardifs, c'est une condition majeure de la formation des zones enrichies en scheelite (et sulfures). Le milieu semble s'être obturé à Costabonne avant ce stade tardif, alors que le caractère beaucoup plus syntectonique de la formation des skarns de Salau semble avoir favorisé la continuation d'un flux important et en conséquence l'acquisition des fortes teneurs en tungstène de ce gisement.

Cependant ces contrôles magmatiques, géochimiques (ou topochimiques) et structuraux ne paraissent pas suffisants puisque des sites les réunissant ne sont pas minéralisés : on pouvait donc supposer

que l'analyse précise du processus hydrothermal métasomatique apporterait un quatrième type de contrôle décisif, puisque c'est lui qui pouvait permettre d'identifier le type de fluide vecteur du tungstène et la spécificité des conditions physico-chimiques de son piégeage.

Pour entreprendre ce type d'étude, on disposait déjà d'études pétrographiques détaillées de deux cas exemplaires : les gîtes de Salau et Costabonne (M. FONTEILLES et G. MACHAIRAS, 1968; G. GUILTARD et P. LAFFITTE, 1960) qui pouvaient constituer une base solide à l'étude de l'évolution hydrothermale.

Nous avons ainsi consacré l'essentiel des recherches à essayer de dégager des caractères spécifiques de l'activité hydrothermale responsable de skarns à teneur et tonnage économiques.

D'une façon générale en effet les skarns montrent une évolution polyphasée en relation avec la température, évolution qui semble jouer un rôle décisif quant à la concentration du tungstène.

Pour reprendre les exemples de Salau et Costabonne que nous venons de mentionner, l'on avait remarqué les différences entre ces deux gisements, à la fois du point de vue pétrographique et du point de vue du contenu en tungstène. Salau connaît en effet de hautes teneurs et constitue aujourd'hui le gisement important français, tandis que Costabonne n'a pas de teneur suffisante dans le contexte où il se trouve. A Salau la scheelite riche est associée à la pyrrhotite de la phase d'altération (basse température); à Costabonne la scheelite prépondérante est plutôt associée aux silicates calciques primaires, notamment les grenats (haute température).

Il apparaissait ainsi qu'il fallait, d'une part, préciser dans chaque cas le caractère polyphasé du processus hydrothermal par ses effets minéralogiques et la qualité de ses fluides, d'autre part pousser l'étude comparative entre ces deux gisements l'un riche, l'autre pauvre en tungstène, en étendant même la comparaison à des skarns dépourvus de tungstène.

Cette voie paraissait plus efficace à perfectionner et adapter pour tirer des règles d'utilisation simple pour sélectionner les indices de surface prometteurs et éventuellement même déceler des gîtes cachés dont on observerait le « métamorphisme hydrothermal » apical, à l'intérieur des nombreux « halos » de métamorphisme périplutoniques connus dans les Pyrénées.

12.2. Éléments apportés par le présent travail

Voyons comment nous percevons les choses aujourd'hui :

Étude de l'évolution polyphasée des skarns et situation de la scheelite

a) Le travail effectué a permis de définir de façon précise la succession des étapes de formation des skarns, tant à Salau qu'à Costabonne. Ceci fut rendu parfois difficile par la non-indépendance, dans le cas des skarns, des variables de temps et d'espace du fait de la propagation des divers fronts minéralogiques : des assemblages synchrones se développent dans l'espace et se remplacent les uns les autres au même endroit.

Rappelons en bref ce que nous avons établi : nous confirmons que l'évolution à Salau, comme à Costabonne, montre deux grandes étapes. Une étape primaire où pyroxène puis grenat se développent aux dépens des marbres; une seconde étape où précipitent les sulfures avec hydroxylation des premiers minéraux et dépôt de quartz et calcite (« phase hydrothermale »).

À Costabonne, le grenat prédomine largement sur le pyroxène, au contraire de Salau. Dans ce deuxième cas la pyrrhotite est présente (phase hydrothermale) là, où l'on trouve la pyrite dans le premier. Ce sont là les différences les plus frappantes.

Cette séparation classique entre deux phases, nous avons pu la nuancer; elle résulte en effet davantage de la séparation des paragenèses par des seuils thermochimiques et d'éventuelles reprises texturales (fracturations à la suite desquelles des minéraux en recourent d'autres) que d'une discontinuité de l'évolution du fluide lui-même. C'est ce que l'étude détaillée des grenats de Costabonne nous a enseigné, par exemple. *Cette évolution est un fil directeur qu'il faut suivre* : il peut permettre de relier entre elles les différentes étapes et nous autoriser précisément à comparer des gisements sur toute leur durée de formation.

Nous avons pu ainsi donner des éléments de comparaison détaillés entre Salau et Costabonne depuis la phase primaire jusqu'à la phase hydrothermale.

Cette évolution « continue » n'empêche pas des interruptions dans le passage du fluide au niveau du gisement, comme s'est sans doute le cas à Salau.

b) L'étude pétrographique et minéralogique a été complétée d'une étude thermochimique fondée sur l'analyse des paragenèses et les données isotopiques. Elle a permis de fixer les conditions physico-chimiques de formation des skarns au cours de leur évolution (P_s , P_F , T , f_{O_2} , F_{S_2} , X_{CO_2} , pH); un paramètre majeur pour l'évolution, outre bien sûr le fluide lui-même, est la température.

Une des conséquences de cette étude est que les skarns de Salau et Costabonne correspondent en gros à des conditions semblables, une différence essentielle portant sur f_{O_2} , dont le niveau est plus élevé à Costabonne qu'à Salau.

À un moment donné l'ensemble des skarns n'est pas à l'équilibre et nous avons insisté sur l'existence de gradients de f_{O_2} (décroît vers l'encaissant) de X_{CO_2} (croît vers l'encaissant) et pH (devient plus basique vers l'encaissant) notamment, outre ceux portant sur les concentrations des éléments dans le fluide lui-même.

c) La définition spatio-temporelle des assemblages minéralogiques, dont on a rappelé les grands traits dans le paragraphe a), a été un préalable nécessaire pour préciser la situation de la scheelite.

Nous avons montré l'association assez stricte de la scheelite à un certain nombre de roches et de zones parfois dans ces roches (relativement à la zonation métasomatique) et avons donné quelques éléments d'interprétation thermochimique : rappelons la localisation de la scheelite primaire aux skarns plutôt grenatiques à Costabonne (mais le grenat n'est pas quelconque, c'est le grenat « 2 » de composition moyenne Gro 50 - And 50), aux skarns et skarnoïdes à ferrosalite à Salau; de la scheelite secondaire dans les mêmes roches, plus ou moins transformées, avec concentration parfois plus importante du côté des marbres (rôle du pH). Ce contrôle relativement strict de la précipitation de la scheelite est un point important : il peut aider à plus de finesse sur la prospection ou la discussion sur la valeur des indices connus.

Mais, malgré les différences minéralogiques des skarns, la scheelite apparaît aux deux pôles cités plus haut à des teneurs semblables dans les deux

gisements; à savoir 0,1-0,3 % dans les silicates primaires, plus de 1 % dans la phase d'altération (*).

Au total donc, nous avons été amenés, du point de vue de la situation qualitative de la scheelite à Salau et Costabonne, à constater une certaine similitude. Cela conduit alors à une double question :

— peut-on expliquer les différences minéralo-

giques marquantes entre Salau et Costabonne, indépendamment de la scheelite ?

— peut-on expliquer les différences de tonnages dans les deux cas ?

Nous avons voulu approfondir la première question avant de passer à la seconde.

12.3. Comparaison Salau-Costabonne

Le rôle de l'encaissant dans le mécanisme de formation des skarns.

Pour la question posée à la fin du paragraphe précédent, une réflexion approfondie sur le mécanisme de formation des skarns, fondée sur des raisonnements à caractère théorique et les diverses analyses disponibles, a permis de donner des éléments de réponse.

Estimant que les conditions physiques et les fluides sont dans les deux cas très analogues, nous avons insisté sur le rôle de l'encaissant. Nous avons noté l'importance du rôle réducteur du graphite dans le cas de Salau, imposant dans ce gîte un niveau en f_{O_2} plus bas qu'à Costabonne pendant toute l'évolution. Nous avons montré que c'était là un facteur explicatif majeur permettant de comprendre l'abondance de grenat à Costabonne par rapport au pyroxène et sa plus grande richesse en fer qu'à Salau.

Notons que nous n'avons pas habituellement accès aux « proportions » des minéraux en considérant les paramètres intensifs : *l'originalité a été ici une approche somme toute cinétique du problème* concernant des zones rocheuses en déséquilibre les unes sur les autres. Leurs vitesses d'avan-

cées sont reliées aux bilans chimiques entre la roche et le fluide (métasomatose de percolation - travaux de Korzhinskii). Le temps de formation donne à ces différences de vitesse leur expression quantitative observée.

Le niveau plus haut en f_{O_2} , à Costabonne, explique aussi la présence de pyrite, par rapport à la pyrrhotite, de même que la richesse relative de la scheelite en molybdène.

Ces points ont été très importants pour la compréhension d'ensemble. Nous avons vu donc que l'existence de grenat plutôt que de pyroxène, de pyrite plutôt que de pyrrhotite n'est pas primordiale, dans la mesure même où les teneurs en scheelite sont en gros les mêmes.

Si nous pouvons faire la part de l'encaissant, nous pouvons à l'inverse essayer de chercher les particularités du fluide lui-même apportant le tungstène (**) au cours des étapes de formation des skarns.

Ce point de vue donne une nouvelle approche pour le problème même de la comparaison d'une part avec des skarns non minéralisés, d'autre part entre gîtes riches et pauvres.

12.4. Les fluides source. Leurs caractéristiques isotopiques

Nous avons abordé la caractérisation des fluides source par la géochimie isotopique. Les analyses effectuées sur le soufre des sulfures, le carbone et l'oxygène des carbonates nous renseignent pour le moment sur la phase hydrothermale.

Avant d'atteindre les valeurs sources, il a fallu discuter des causes locales de fractionnement par l'influence de l'encaissant et des paramètres physico-chimiques. Ceci fait, nous avons vu la nécessité

de faire intervenir un apport externe des éléments C, O, S, en excluant leur reprise au niveau de l'encaissant du gisement. Ceci pour Salau, Costabonne et un troisième gîte minéralisé des Pyrénées Orientales, Roc Jalère.

Remontant aux valeurs source, celles-ci ont permis de situer l'origine des éléments au niveau mag-

(*) % WO_3 en roche.

(**) Le tungstène n'est pas contenu initialement dans l'encaissant au niveau du skarn.

matique ou mantellique (source « profonde » de la bibliographie) en bonne cohérence avec d'autres gisements semblables. Cette convergence est pour nous très significative (en laissant à d'autres pour le moment le soin de préciser la signification de ces valeurs source) (*). Des résultats préliminaires sur les isotopes de l'hydrogène sont allés dans le même sens à Costabonne.

Pour les skarns non minéralisés de Lacourt au contraire, les résultats isotopiques se sont révélés nettement différents. Ils ne sont pas encore bien expliqués mais semblent plus proches d'une remobilisation sur place. Remarquons aussi le défaut d'apport de fer dans ce cas.

Dans ces conditions, si la source de l'eau (déterminée par les isotopes de H et O) et de quelques éléments qu'elle transporte (S, C) est d'origine magmatique, on serait tenté de mettre le tungstène dans le même cortège et de lui attribuer une origine endogène.

Mais l'on peut bien sûr imaginer des solutions différentes, faisant appel à d'éventuelles préconcentrations sédimentaires de tungstène remobilisées sous l'effet du granite.

Nous avons posé cette question au départ de notre étude, en la laissant provisoirement de côté. Pour discuter d'une telle possibilité, il faudrait imaginer un mécanisme précis de cette remobilisation qui nous redonne, malgré tout, les valeurs isotopiques observées et leurs variations spatiales pour les différents éléments S, C, O, H. Et ceci en faisant la part des différentes causes de fractionnement possible et de l'influence des valeurs isotopiques sédimentaires (pour C, S, O) et météoriques (pour H, O) qui ne manqueraient pas de se faire sentir.

Il faut sans doute attendre une telle réflexion pour réfuter dans les cas envisagés le rôle de la reconcentration.

Par ailleurs les granites associés à ces skarns ayant une origine crustale majeure, le tungstène peut provenir d'une zone crustale non accessible à partir de laquelle, extrait lors de l'anatexie, il s'est concentré progressivement grâce à son caractère hygromagmatophile, dans les derniers bains granitiques d'un massif.

Quoiqu'il en soit de la source du tungstène, nous avons vu en tout cas que l'on met en évidence une gamme de fluides d'origine profonde à laquelle semblent reliés les gisements des Pyrénées étudiés alors qu'un contre exemple non minéralisé indique une origine différente.

Quelle conséquence cela a-t-il sur la prospection de ce métal ? Étant donné la localisation très stricte de la scheelite, comme nous l'avons remarqué, et l'absence de halo de tungstène en roche, maintes fois signalée par les auteurs (J. BARBIER, à paraître), cette conclusion sur les fluides source peut être essentielle pour discuter de la présence éventuelle de tungstène au niveau de skarns apparemment non minéralisés en surface (étant donné les zonations de skarns, y a-t-il des zones internes qui pourraient l'être ?) ou même de la possibilité d'en détecter à distance par les halos isotopiques marqués dans les carbonates, comme on l'a vu à Costabonne, ou même dans d'autres roches. En effet la formation des skarns exige la percolation d'un grand volume de fluide qui a dû s'échapper au-delà du gisement et s'est fait sentir par des effets isotopiques, à défaut de nouveaux assemblages minéralogiques. Cela demande malgré tout des études complémentaires et une discussion sur le contrôle structural des « chenaux de sortie » de fluides.

Remarques

Ce que nous avons fait nous permet de revenir au granite lui-même. Rappelons que les skarns se développent à partir de discontinuités lithologiques et de fractures qui servent de voies de passage à la remontée des fluides. Le contact granite-encaissant est une telle voie mais soulignons qu'à Costabonne, par exemple, les skarns se développent au contact schistes-roches carbonatées, sur une puissance de plusieurs dizaines de mètres, en-dehors du granite. Ceci souligne que le granite à l'affleurement n'est pas directement responsable de la formation des skarns adjacents.

À la suite de ce que nous avons dit sur les fluides, nous voyons que la signature « profonde » des fluides par rapport au contexte du gisement rend à nouveau moins essentielles les différences des granites à l'affleurement.

Nous avons d'ailleurs noté que les granites adjacents aux skarns peuvent présenter des différences géochimiques sensibles, comme c'est le cas à Salau et Costabonne. Nous en avons discuté et remarqué que l'on connaît à Salau un granite profond semblable à celui de Costabonne et auquel les fluides pourraient être liés au sens large.

À la limite, si la source est encore plus profonde, les granites peuvent ne pas directement intervenir,

(*) L'étude géochimique de A. MICHARD-VITRAC *et al.*, (1980), fournit de nombreuses valeurs de la composition isotopique de l'oxygène dans les granites et granodiorites du massif de Maladetta et confirme la possibilité d'une origine endogène granitique de ce fluide.

si ce n'est comme chemin des fluides. Un tel point de vue demande une réflexion et des études géochimiques complémentaires, mais l'on sent ici comment l'on rejoint certaines questions que l'on avait laissées provisoirement de côté.

On voit aussi l'importance des facteurs structuraux (chemins des fluides). Ce point n'est pas encore suffisamment travaillé, mais rappelons tout de même les résultats obtenus dans le cadre de cette étude, sur Salau.

12.5. Le régime des fluides : Les rapports phase primaire - phase d'altération et la richesse en scheelite

Dans tout ce qui précède nous avons débattu des questions tenant principalement à l'existence, ou au piégeage, du tungstène en insistant sur la source et le contrôle géochimique des gisements.

Mais, repensant aux différences de richesse entre Salau et Costabonne, il nous faut malgré tout maintenant essayer de discuter des proportions relatives de scheelite primaire et secondaire du point de vue économique. Là, réside un nœud du problème : en effet, les fortes teneurs et le tonnage de scheelite de Salau sont rencontrés dans les roches hydrothermales.

A cet égard, soulignons encore les différences entre Salau et Costabonne : elles tiennent aux volumes respectifs des phases primaire et hydrothermale comme cela a été mentionné à plusieurs reprises. A Costabonne, l'altération des silicates primaires est très discrète par rapport à ce qu'elle est à Salau : elle respecte les textures initiales, alors qu'à Salau les roches sont complètement transformées. Ceci donne l'impression de la poursuite d'un flux à Salau à cette température inférieure tandis qu'à Costabonne l'altération semble se faire « sur place » sans apport nouveau.

Ce point de vue est important pour la scheelite car l'on a vu que les teneurs sont plus élevées à plus basse température. Les résultats isotopiques concernant le rapport D/H sont intéressants sur ce point. Nous avons pu en effet les interpréter en considérant qu'à Costabonne, l'altération des minéraux s'est faite en système quasi fermé, en utilisant l'eau de porosité apportée au stade précoce et de signature isotopique magmatique. Ceci indiquerait que l'absence d'un flux de fluide venant de l'extérieur à ce stade est bien en relation avec le faible développement de l'altération et aussi sans doute de la minéralisation qui lui est reliée. A Salau il semble y avoir poursuite d'un apport qui se traduit par la formation de roches nouvelles contenant la scheelite à concentration plus élevée, constituant les roches exploitées.

Ces fluides plus évolués ne contiennent plus de molybdène, alors qu'à Costabonne on passe simplement du domaine scheelite molybdique à celui de la scheelite pauvre en molybdène+molybdénite, ce fait confirmant l'impression d'évolution en système plus fermé.

Il est à noter que les zones les plus riches de Costabonne se rencontrent entre granite et grenatite, dans une zone très silicifiée où l'on ne reconnaît plus toujours les roches initiales et qui peut faire un peu penser aux « roches d'origine hydrothermale » de Salau. Ceci pourrait correspondre à la poursuite d'un apport très localisé à Costabonne à plus basse température, dans le même « piège » structural qui avait déjà localisé une forte concentration de scheelite molybdique dès le stade initial à haute température.

Cette comparaison des deux gîtes nous montre donc que la poursuite d'un apport de fluide, à plus basse température, au niveau local, est nécessaire pour obtenir des roches minéralisés riches en tungstène.

Cet apport remobilise peut-être une part du tungstène primaire des niveaux inférieurs. Il fait intervenir dans le cas de Salau une eau magmatique (résultats isotopiques sur les carbonates) gonflée sans doute d'un peu d'eau météorique qui se manifeste aux stades les plus tardifs (mesures D/H préliminaires).

Nous avons d'ailleurs constaté un léger écart du groupe de Salau (isotopes de carbonates) par rapport à ceux de Costabonne et Roc Jalère suggérant déjà au stade hydrothermal majeur une légère participation d'eau météorique. On peut dire, à la suite de ce qui précède, que c'est l'importance du flux de fluide Φ à chaque température T, sur toute la gamme de température de formation des skarns (600 à 200 °C) qui est le facteur important pour obtenir le meilleur enrichissement. Une telle courbe Φ (T), caractéristique de chaque gisement, ne

peut pas être construite dans l'absolu, mais ses variations peuvent être saisies intuitivement d'un gîte à un autre.

Il convient de remarquer que les gisements mondiaux comparables ne montrent pas du tout des teneurs moyennes aussi élevées qu'à Salau : on les exploite souvent à une teneur de coupure de 0,3% WO_3 qui est d'ailleurs celle de Costabonne. Dans le contexte d'exploitation de ces gisements des Pyrénées (difficultés d'accès / faibles tonnages)

il est malgré tout important de trouver des gisements relativement riches et les considérations qui précèdent ont tout leur sens.

Pour avoir un tonnage suffisant il faut certes un flux important, mais nous insistons maintenant sur les volumes respectifs aux différentes températures, ce qui est une nuance capitale étant donné l'évolution polyphasée des skarns et les divers enrichissements de la scheelite.

12.6. Voies de recherche ouvertes et conclusions

A la suite de ce qui précède indiquons sommairement quelques pistes pour la recherche à venir.

Nous devons approfondir notamment :

1. la question de la source elle-même;
2. le rôle de la structure : elle constitue un guide des fluides dans l'espace mais conditionne aussi, par l'intermédiaire du champ thermique

associé, l'évolution en température (il faudra faire la part dans ce cas du régime de la source elle-même);

3. les mécanismes de formation des skarns à partir d'encaissants variés;
4. les facteurs conditionnant le dépôt de la scheelite à différentes échelles.