

8.1 Géométrie et structures de la bande minéralisée de Setolazar-Bokoya

8.1.1 Travaux historiques et coupe proposée

La bande minéralisée de Setolazar-Bokoya a été étudiée dans son ensemble par RHODEN & ERENO (1962), puis plus spécifiquement au niveau de Bokoya par DUFLOT *et al.* (1984). Il n'existe pas de carte minière pour l'exploitation proche du village de Setolazar, pour laquelle nous avons produit une coupe basée sur nos observations de terrain (Figure 8.2).

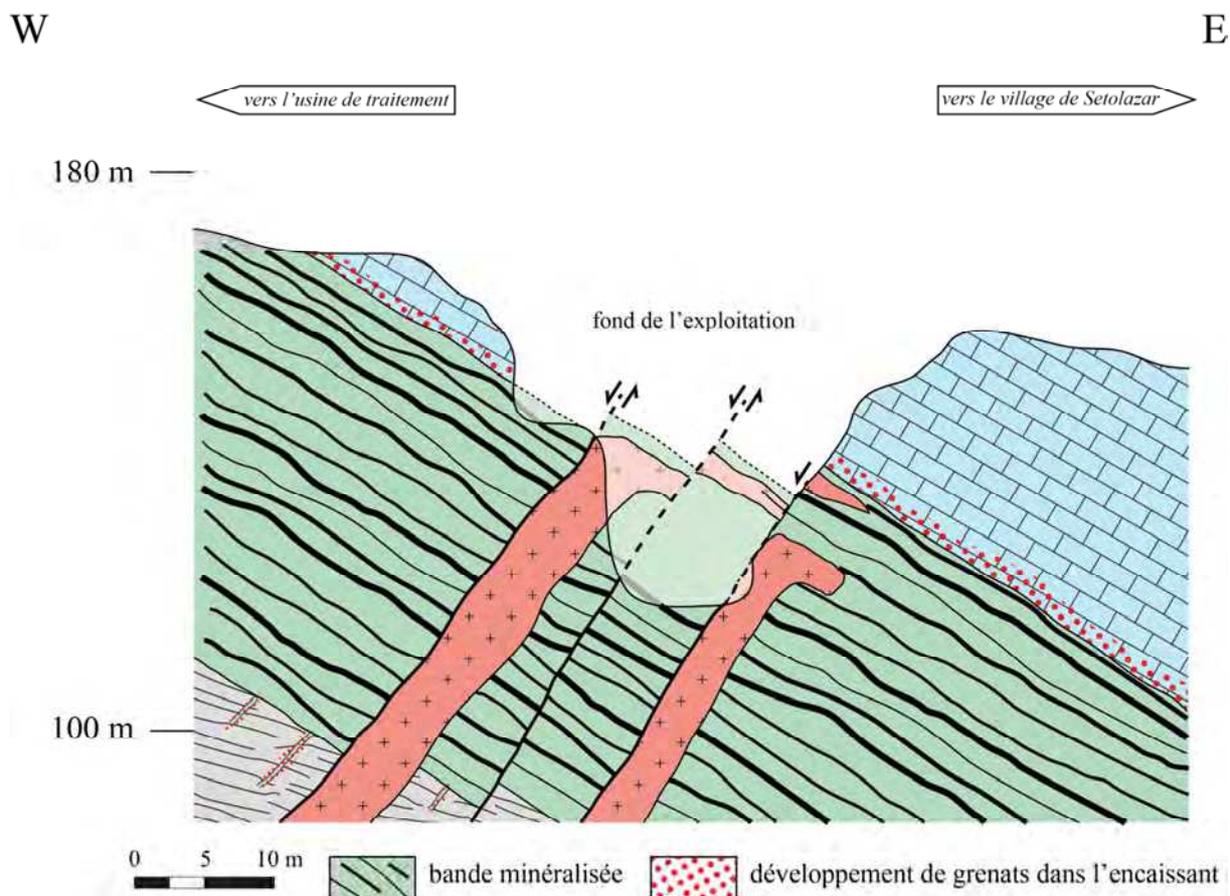
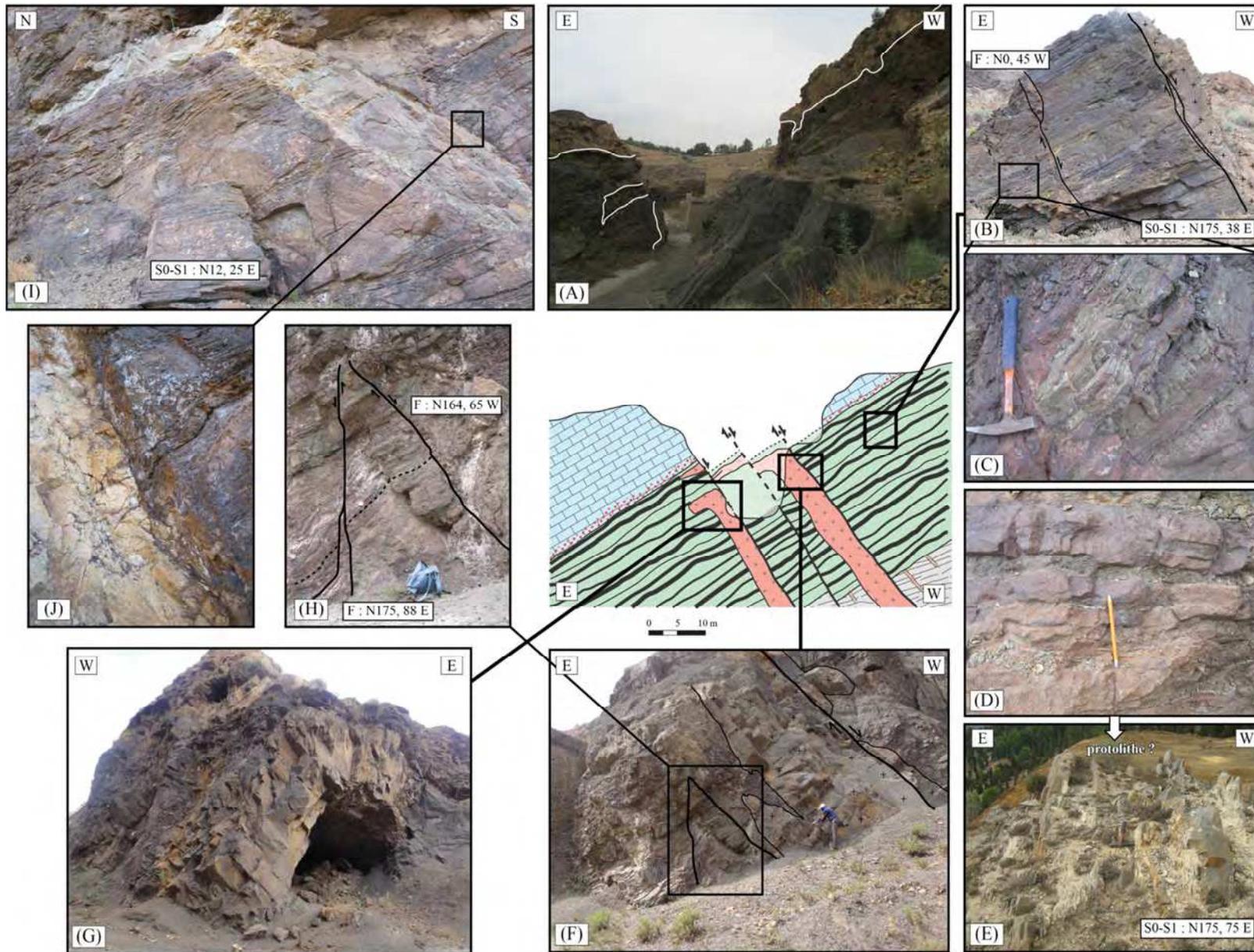


Figure 8.2 : coupe géologique réalisée au niveau de la bande minéralisée, près du village de Setolazar (ce travail).

8.1.2 Observations de terrain

8.1.2.a Expressions de la minéralisation

L'exploitation de Setolazar s.s., à l'extrême nord de la bande minéralisée de Setolazar-Bokoya, en représente un bon échantillon à petite échelle de la géométrie et des structures (Figure 8.3 A). On y voit immédiatement que le minerai est contrôlé directement par la stratigraphie : la séquence sédimentaire débute par des schistes argentés, surmontés de cette bande minéralisée (environ 30 m) qui est elle-même coiffée d'une barre carbonatée. Le minerai consiste en une alternance de bancs à magnétite massive riches en pyrite et de bancs



verdâtres silicatés pouvant correspondre à de l'exoskarn (Figure 8.3 B et C). Ces alternances ne sont pas régulières : les bancs sont épais de 1 à 20 cm et jusqu'à 50 cm, ceux à magnétite se révélant généralement plus épais que leurs semblables silicatés. Cette configuration plaide pour le remplacement préférentiel d'une lithologie particulière de la série stratigraphique. Ce protolithe était probablement déjà composé d'alternances : le remplacement sélectif des niveaux calcaireux aurait ainsi produit les bancs à magnétite, expliquant l'allure du minerai (Figure 8.3 D). Un protolithe possible, niveau alternant des bancs carbonatés emballés dans une matrice schisteuse, se trouve sur une crête entre les bandes minéralisées d'Axara et de Setolazar-Bokoya (Figure 8.3 E). Par ailleurs, quelques veines à grenats se propagent depuis la bande minéralisée jusque dans les schistes sous-jacents. De la même façon, les carbonates au toit montrent une minéralisation disséminée, devenant au contact du minerai des grenatites massives d'ordre métrique, comme cela a déjà été observé par RHODEN & ERENO (1962).

L'exploitation de Bokoya, située cette fois à l'extrême sud de la bande minéralisée, reprend la même logique en plus démonstratif. Le banc minéralisé y atteint en effet jusqu'à 50 m d'épaisseur (Figure 8.4 B) et le minerai y semble moins oxydé qu'à Setolazar s.s.. De même, les alternances peuvent y dépasser l'épaisseur du mètre (Figure 8.4 C).

Entre ces deux gisements, une petite exploitation (probablement le « Zona 1 » de RHODEN & ERENO, 1962) se révèle différente (Figure 8.5 A). La minéralisation n'y est pas portée par un banc stratigraphique continu. En effet, elle remplace un niveau carbonaté au sein des schistes, produisant un banc de magnétite massive riche en pyrite dont l'extension se poursuit sous la forme d'une lentille stratiforme (Figure 8.5 B). Une autre lentille de magnétite massive forme un septa dans une intrusion magmatique voisine. Au contact avec la magnétite massive, les schistes peuvent être imprégnés d'hématite et prendre une couleur verdâtre.

8.1.2.b Perturbations ultérieures

Dans le gisement de Setolazar-Bokoya, la bande minéralisée est recoupée par de nombreuses intrusions magmatiques d'épaisseur métrique à plurimétrique, de texture lavique et par ailleurs très altérées. Des failles méridiennes à pendage ouest réutilisent les épontes figées de ces intrusions, ce qui se traduit parfois par des brèches remaniant des blocs magmatiques (Figure 8.3 B, F et G). Ces failles, qui peuvent présenter des conjuguées, occasionnent des microplissements sous forme de crochons dans les alternances du banc

Page précédente

Figure 8.3 : planche illustrant les caractères géométriques du site de Setolazar. (A) Panorama de l'exploitation. On y voit le banc minéralisé et son unité carbonatée sommitale ; (B) Zoom sur la bande minéralisée, recoupée par des failles méridiennes. Celles-ci réutilisent les épontes des dykes qui s'y sont mis en place (brèche comprenant des éléments magmatiques) ; (C) et (D) Zoom sur les alternances de bancs ferrifères et de bancs verdâtres ; (E) Faciès à bancs carbonatés emballés dans une matrice schisteuse blanche, protolithe possible pour la bande minéralisée ; (F) Bande minéralisée recoupée par des failles (dont des conjuguées) et une intrusion ; (G) Intrusion en dyke, devenant un sill concordant avec la bande minéralisée ; (H) Zoom sur les failles conjuguées affectant la bande minéralisée (crochons) ; (I) Zoom sur la Figure 8.1. Aux épontes du dyke qui devient sill, (J) présence de magnétite.

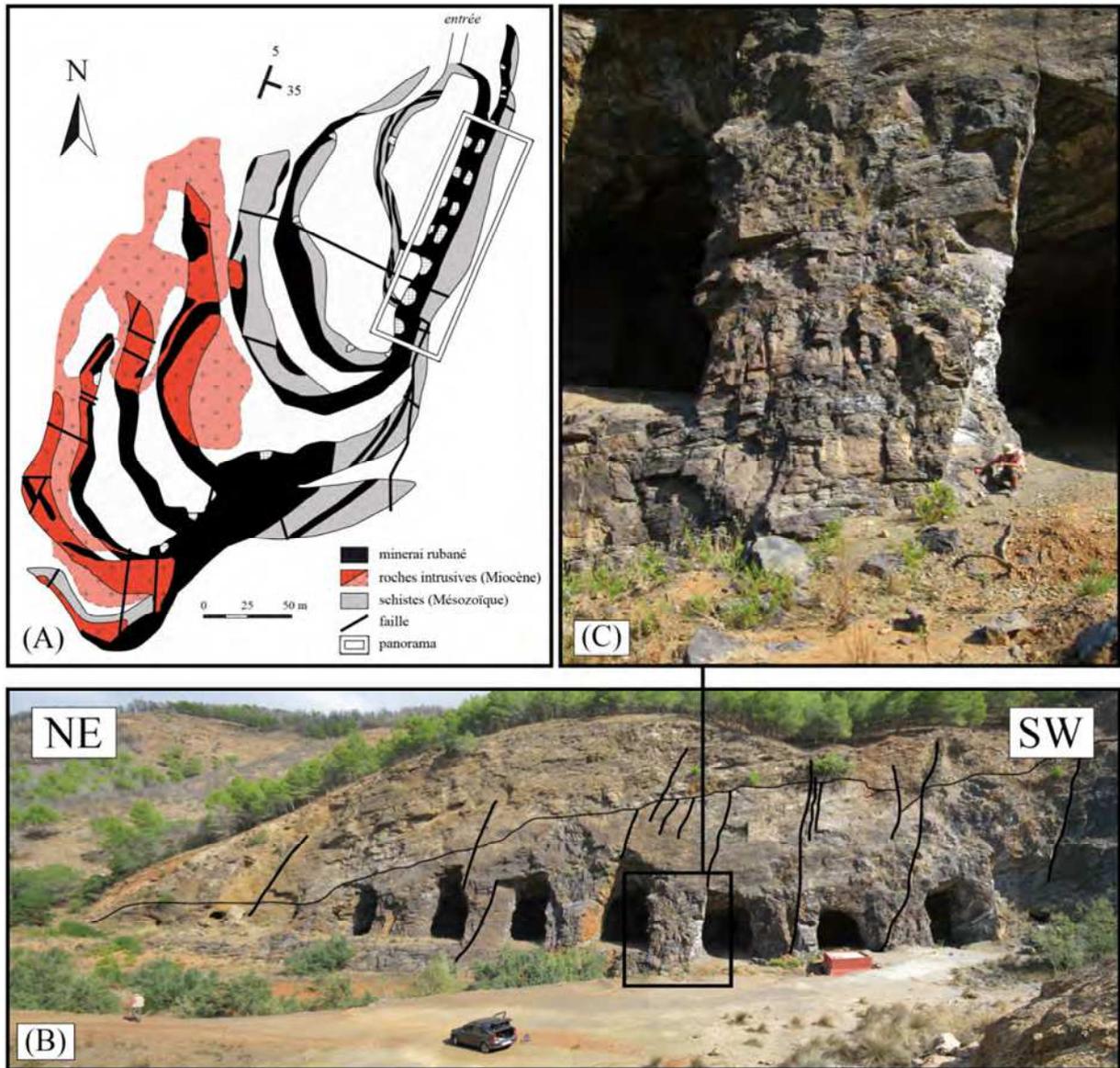


Figure 8.4 : planche illustrant l'exploitation de Bokoya. (A) Relevé géologique et minier (modifiée d'après DUFLOT *et al.*, 1984) ; (B) Panorama de l'ensemble de l'exploitation de Bokoya ; (C) Zoom sur l'un des piliers de l'exploitation, montrant les mêmes alternances qu'à Setolazar en mieux préservé.

minéralisé (Figure 8.3 H). Les intrusions magmatiques recoupent le minerai sous forme de dyke avant de se conformer à la stratigraphie du banc minéralisé (Figure 8.3 I) ; leur bordure se révèle parfois magnétitisée (Figure 8.3 J).

Le site intermédiaire de Zona 1 se trouve au cœur d'un réseau de failles normales d'orientation N12, 70 W (Figure 8.5 C). L'intrusion magmatique présente un mur abrupt faillé, et un toit plus diffus. Le septa est intégré au niveau du conduit vertical de l'intrusion lors de son ascension, avant que celle-ci ne s'étale en sill sous la crête.

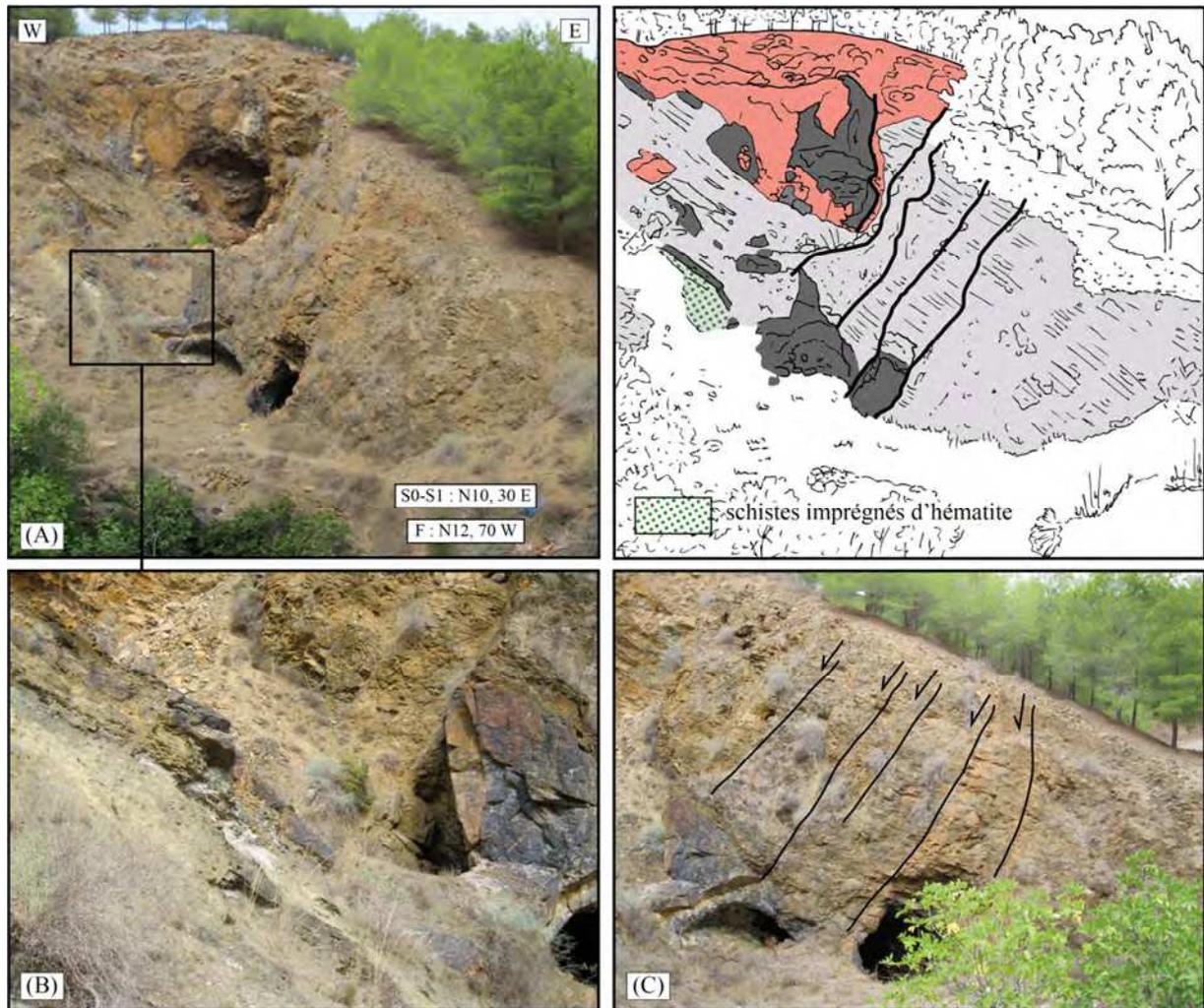


Figure 8.5 : planche illustrant le site intermédiaire. (A) Photo et interprétation de l’affleurement. La bande lithologique préférentiellement remplacée à Setolazar et Bokoya n’est ici pas présente. La minéralisation ferrifère remplace un banc de carbonates intercalé dans des schistes. En arrière-plan, un dyke magmatique emporte une lentille minéralisée (septa calcaire) avant de s’épancher en sill sous la crête ; (B) Zoom sur le banc calcaire magnétitisé. En bordure, les schistes sont imprégnés d’hématite ; (C) Vue sur les schistes intensément faillés.

8.1.3 Interprétation de la structure du gisement de Setolazar-Bokoya

L’existence d’une bande minéralisée continue et concordante avec la stratigraphie locale témoigne du contrôle lithologique fort du minerai à Setolazar-Bokoya. Par ailleurs, les roches magmatiques du secteur, bien qu’altérées, sont clairement postérieures à l’évènement minéralisateur (remobilisations ferrugineuses en bordure) et l’on n’y trouve nulle trace d’un stockwerk. En l’absence d’intrusion semblant minéralisatrice, les roches magmatiques sont cependant nombreuses et malgré tout systématiquement présentes à proximité du minerai (Figure 8.4 A).

L’ensemble de ces caractères semblent favoriser une minéralisation diffusive via la circulation de fluides au sein d’un protolithe dont la perméabilité augmente du fait des alternances. Bien que postérieures au banc minéralisé, les intrusions magmatiques semblent

contrôler ces circulations hydrothermales, sans doute en y apportant la chaleur nécessaire. L'épaisseur de ce banc minéralisé suggère par ailleurs l'ampleur de ces circulations, qui ont dû se poursuivre après le dépôt des minéralisations, ainsi que le montrent l'état d'altération des intrusions et l'oxydation des bancs de magnétite.

8.2 Paragenèse de la bande minéralisée de Setolazar-Bokoya

Le banc minéralisé de Setolazar-Bokoya est constitué d'alternances décimétriques de niveaux à magnétite massive et de niveaux skarnoïdes. L'examen des alternances skarnoïdes de la bande minéralisée montre une absence quasi-totale des pyroxènes. L'altération, oxydante, est cependant très intense sur le site, au point que peu de grenats sont eux-mêmes préservés ; au hasard des échantillons, ils présentent néanmoins plusieurs stades d'évolution, et constituent ainsi une parfaite illustration de la métasomatose et de sa rétro-morphose intense subie dans le secteur. L'observation de l'évolution des grenats est donc essentielle pour dresser la séquence paragenétique de la bande minéralisée de Setolazar, qui se résume ainsi :

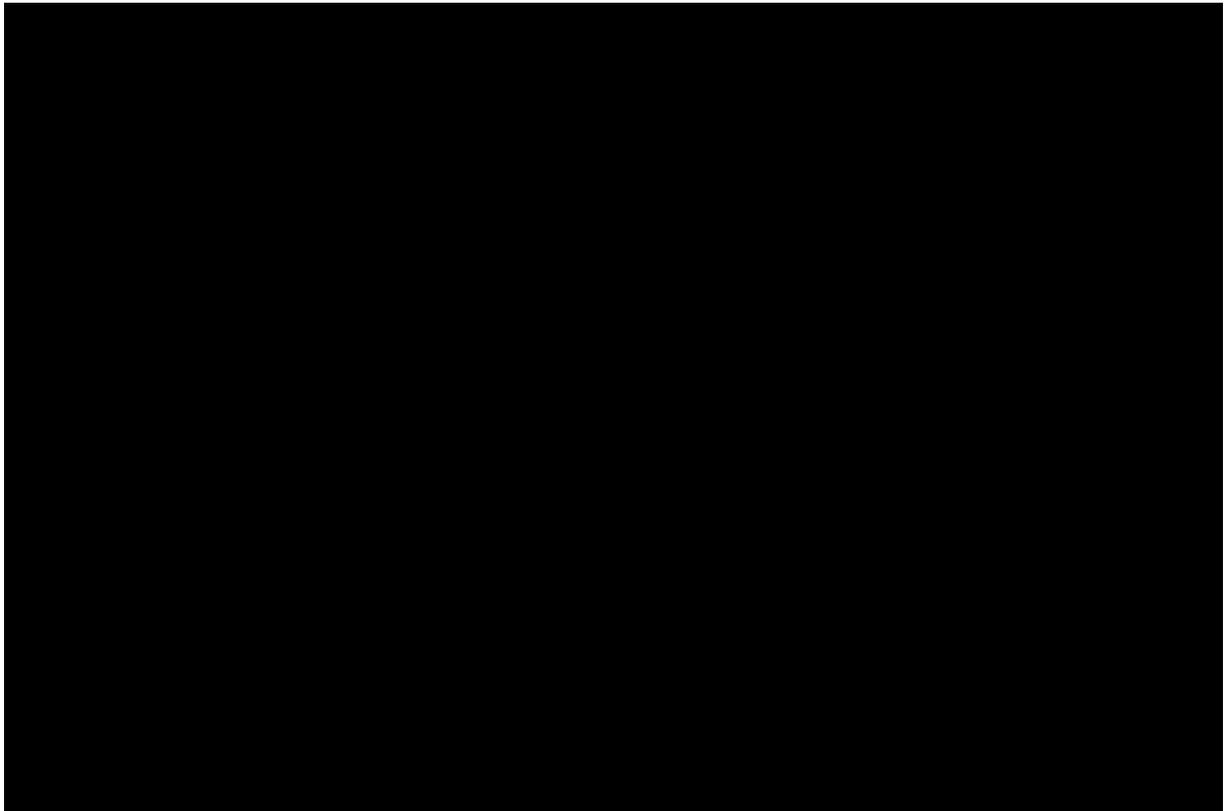


Figure 8.6 : séquence paragenétique de la bande minéralisée de Setolazar.

8.2.1 La phase prograde

Des silicates anhydres de la phase prograde ont été observés au contact avec un banc de magnétite massive au niveau du site Zona 1 (Figure 8.5 B). La présence d'apatites, d'amphiboles chloritisées et de feldspaths dans le fond de roche semblent montrer qu'il s'agit d'un endoskarn (Figure 8.7 A). Les grenats y sont largement dominants, fréquemment

associés à des baguettes d'hématite. Ils peuvent croître à partir de feldspaths ou d'amphiboles (Figure 8.7 B) et les plus gros marquent parfois une zonation à cœur rosé isotrope et bordure verdâtre anisotrope. Les pyroxènes, plus rares et généralement plus petits, sont intercroissants avec les grenats, ce qui traduit leur synchronisme au sein de la séquence paragenétique. Certains semblent être des giga-structures poecilithiques. Si l'endoskarnisation est pervasive, on y trouve néanmoins des veines grenatitiques massives (environ 500 µm d'épaisseur) ; on peut imaginer que l'endoskarnisation se propage à partir de ces veinules.

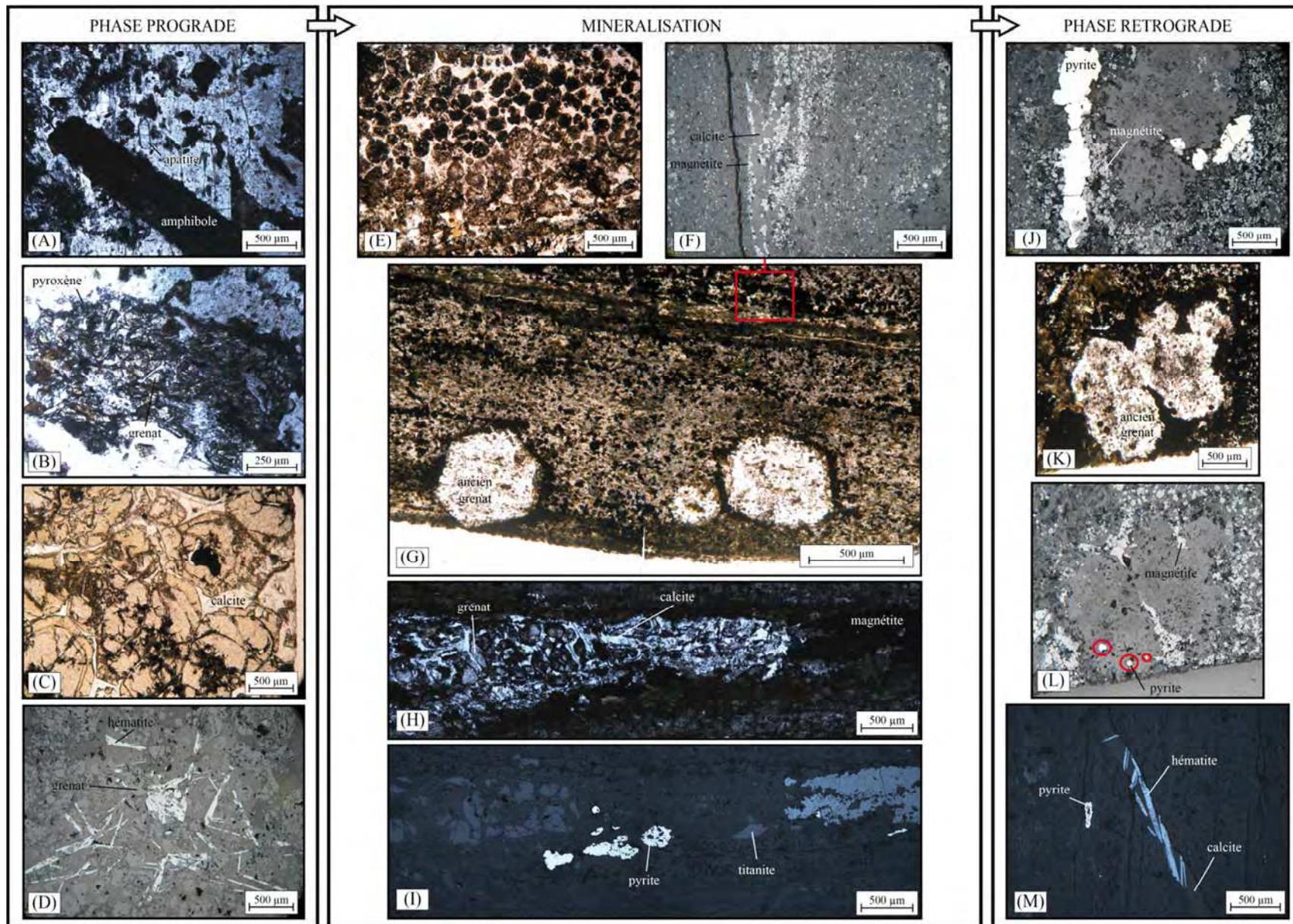
Comme il a été observé sur le terrain, des veines métasomatiques d'épaisseur centimétrique s'échappent localement de la bande minéralisée à Setolazar s.s. pour parcourir les schistes sous-jacents. Cette diffusion fissurale a permis de préserver des grenats au stade initial. Ces grenats fissuraux, plurimillimétriques, montrent une zonation cœur-bordure très nette : si le cœur est rosé et isotrope, la bordure prend des teintes plus jaunes-verdâtres et anisotrope (Figure 8.7 C). La plupart des cœurs montrent en outre une zone d'oxydation, et les cristaux peuvent également être fissurés par des carbonates et des oxydes. Hormis les grenats, les veines, dont la matrice est carbonatée, comprennent également des baguettes d'hématite.

Localement, la concentration de grenats au sein de grenatites a également permis de mieux les préserver. Ces grenatites remplacent probablement d'anciens bancs plus épais de la lithologie originelle, mais forment également un remplacement métrique dans la barre carbonatée sommitale. Les grenats s'y révèlent plus petits (de l'ordre de 100 µm) et plus globuleux, et souvent peu ou pas zonés. L'oxydation des cœurs est toujours présente. Le fond de la roche est une fois encore carbonaté, et l'hématite primaire intègre des morceaux de grenats lors de sa croissance (Figure 8.7 D).

Dans les alternances skarnoïdes plus réduites, l'ensemble des minéraux forme un rubanement la plupart du temps rétro-morphosé. On y retrouve des niveaux à grenats, rosés et isotropes.

Page suivante

Figure 8.7 : planche illustrant les points-clés de la séquence paragenétique de Setolazar-Bokoya. (A) Apatite, amphibole chloritisée et feldspaths dans le fond de roche d'un endoskarn ; (B) Croissance de grenats (cœur) et de pyroxènes (bordure) à partir d'un ancien cristal d'amphibole magmatique ; (C) Grenats fissuraux montrant une zonation cœur-bordure dans un fond carbonaté ; (D)* Hématite primaire intégrant des grenats lors de sa croissance ; (E) Bancs de grenats complètement transformés en magnétite et carbonates au contact avec les bancs ferrifères ; (F)* Veine à calcite et magnétite automorphe suivant le rubanement primaire des niveaux skarnoïdes ; (G) Niveau skarnoïde montrant d'anciens grenats transformés et de petits cristaux de magnétite disséminés dans le fond de la roche à calcite-chlorite ; (H) et (I)* Ruban continu de grenat préservé, montrant un remplacement latéral par la magnétite (remplacement préférentiel) ; (J)* Pyrite fissurale englobant des cristaux de magnétite ; (K) et (L)* Pyrite en mouche dans les grenats transformés. La magnétite forme une couronne autour ; (M)* Phase fissurale à calcite et hématite recoupant le fond rubané à chlorite-calcite des niveaux skarnoïdes. Les images * sont prises au microscope métallographique.



8.2.2 La minéralisation

Dans l'endoskarn, la minéralisation est assez peu exprimée. Les oxydes y sont en effet essentiellement représentés par de petites magnétites trapues au niveau des minéraux ferromagnésiens, ainsi que par une magnétitisation de l'hématite fibreuse primaire.

Au niveau de la bande minéralisée, l'étude des bancs ferrugineux montre un envahissement pervasif par un ensemble de petits cristaux trapus de magnétite (généralement inférieurs à 100 µm) bien individualisés et formant donc une masse relativement poreuse baignant dans un fond carbonaté. On y retrouve parfois des cristaux de magnétite plus gros (environ 200 µm) et légèrement zonés.

Si l'on se penche sur les niveaux silicatés, plusieurs évidences montrent qu'au stade minéralisateur une magnétisation progressive s'y opère. Ainsi, au contact avec les alternances ferrugineuses, des bancs de grenats sont complètement transformés en magnétite et carbonates (Figure 8.7 E). Au sein même des skarnoïdes, des veines carbonatées bordées de cristaux de magnétite automorphes (100 µm d'épaisseur en moyenne) parcourent la roche tout en respectant son rubanement primaire (Figure 8.7 F). Dans les niveaux où la magnétitisation est la plus avancée, de plus petits cristaux de magnétite (inférieurs à 50 µm) sont disséminés dans tout le fond de la roche (Figure 8.7 G). Ils forment également des couronnes autour des grenats isolés, complètement remplacés par la phase rétrograde à calcite-chlorite-pyrite. Sur les quelques rubans continus de grenats préservés, il est en revanche possible d'y voir latéralement la magnétite les remplacer (Figure 8.7 H et I).

8.2.3 La phase rétrograde

L'endoskarn a été relativement épargné par la phase rétrograde. On n'y retrouve guère que de l'épidote comme silicate hydraté, souvent en amas dans le fond de roche. Pour ce qui est des minéraux métalliques, la pyrite est parfois présente, souvent associée aux grenats.

Dans l'exoskarn en revanche, la phase rétrograde est très pervasive. L'association chlorite-calcite est omniprésente et se retrouve aussi bien dans les cavités nombreuses laissées dans le minerai des niveaux ferrugineux, qu'en rubans dans les niveaux skarnoïdes dont elle peut complètement occulter la lithologie initiale (Figure 8.7 G). La chlorite (chamosite) est rarement isolée dans la calcite, mais plutôt présente en bordure des cristaux de magnétite automorphe. Dans les niveaux les mieux préservés de la phase rétrograde, on retrouve beaucoup de biotite. La pyrite de l'exoskarn est généralement fissurale, entraînant alors des cristaux subautomorphes de magnétite (Figure 8.7 J), ou encore en mouches au cœur des grenats complètement rétro-morphosés (Figure 8.7 K et L). Lorsque les grenats sont préservés, elle y est très fréquemment associée. La pyrite se retrouve également en intercroissance avec les titanites.

Ce fond pervasif à pyrite-calcite-chlorite dominant est lui-même recoupé d'une nouvelle phase fissurale à calcite qui contient des fibres d'hématite (Figure 8.7 M), mais également quelques cristaux isolés d'épidote ou de titanite. La phase de rétro-morphose et l'oxydation supergène se traduisent par une hématisation intense des cristaux de magnétite à l'échelle de la bande minéralisée.