



**Hector S., Scheffer C., Tarantola A. et Delangle C.
(2017)**

Carrière de marbre du Chipal (La Croix-aux-Mines)

***Contribution ORAGE originale à la Banque de données du sous-sol
n°7.***

Coordonnées SRS: Latitude : 48.205240 Longitude : 7.034882

Département : Vosges Commune : La Croix-aux-Mines

Nature : Carrière

La Croix-aux-Mines : Carrière de marbre du Chipal

Nature : Carrière

Coordonnées SRS:

Latitude : 48.205240

Longitude : 7.034882

Altitude : 620 m (plancher de la carrière supérieure)

Département : Vosges

Commune : La Croix-aux-Mines

Citation : Hector, S., Scheffer, C., Tarantola, A., Delange, C. (2017) La Croix-aux-Mines : Carrière de marbre du Chipal. *Contribution ORAGE originale à la Banque de données du sous-sol n°7.*

Les carrières de marbre des Vosges, dont celles du Chipal ont déjà été étudiées à plusieurs reprises au cours des 19^{ème} et 20^{ème} siècles, entre autres par A. Delesse (1850) ou H. Carrière (1890). J. Jung en a fait une remarquable étude publiée dans son mémoire « Contribution à la géologie des Vosges varisques d'Alsace » de 1928, reprenant les travaux réalisés jusqu'alors et y ajoutant ses propres observations et études. La carrière étant encore en activité à l'époque, il a pu étudier des affleurements frais et accessibles. Les travaux de cartographie ultérieurs réalisés par J.-P. Rothé (1961), ceux de J. Hameurt (1967) et ceux de J.-P. Von Eller et P. Fluck (1970) ont permis d'approfondir la connaissance sur les lentilles de calcaires cristallins des Vosges tandis que les travaux de thèse d'E. Skrzypek (2011) apportent une compréhension nouvelle de l'histoire géodynamique et métamorphique des Vosges.

L'objectif de cette étude est de réunir et d'approfondir les études pétrologiques précédemment réalisées sur cette carrière et de les illustrer.

Localisation :

Le Chipal est un hameau appartenant à la commune de La Croix-aux-Mines dans le département des Vosges, il se situe sur le versant est du massif des Vosges Moyennes (Figure 1, Figure 2). Les carrières se situent au nord-ouest du hameau, dans la courbe du virage du col des Chauffours. Leur emplacement est entouré en rouge sur l'extrait de la carte IGN au 1/25 000^{ème} de Sainte-Marie-aux-Mines (Figure 3) et sur la vue aérienne ci-dessous (Figure 4).

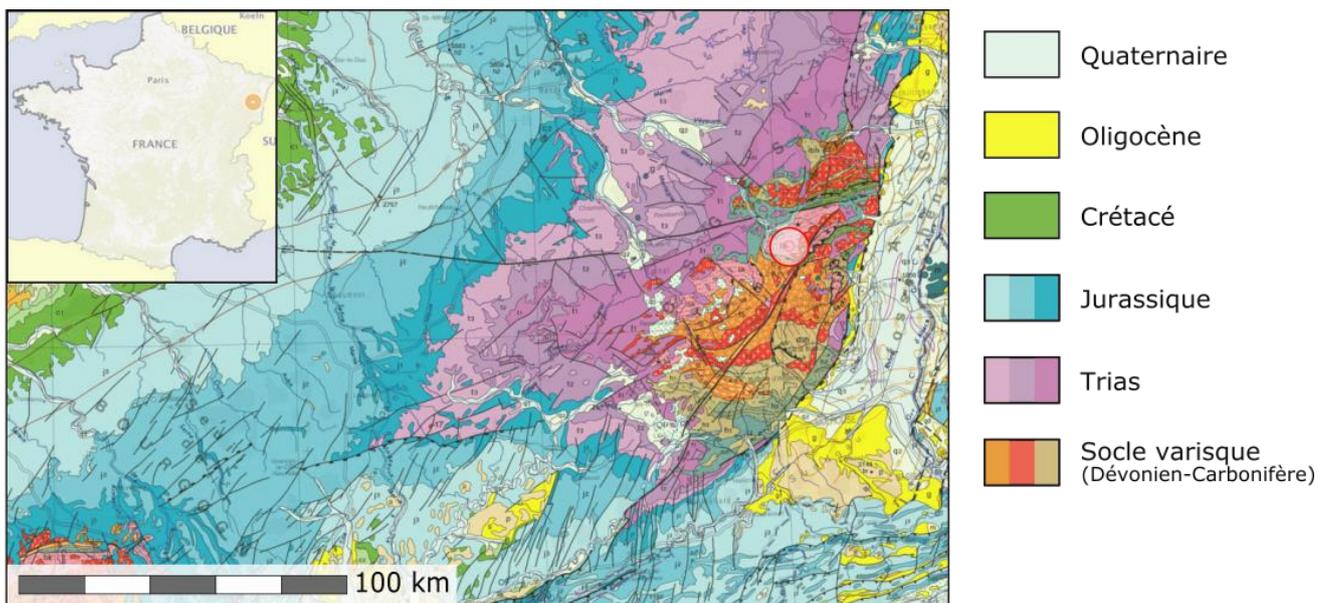


Figure 1- Localisation du Chipal sur la carte géologique de France au 1/1 000 000^{ème} (BRGM). Le Chipal se situe dans le massif cristallin des Vosges Moyennes, au centre du cercle rouge.

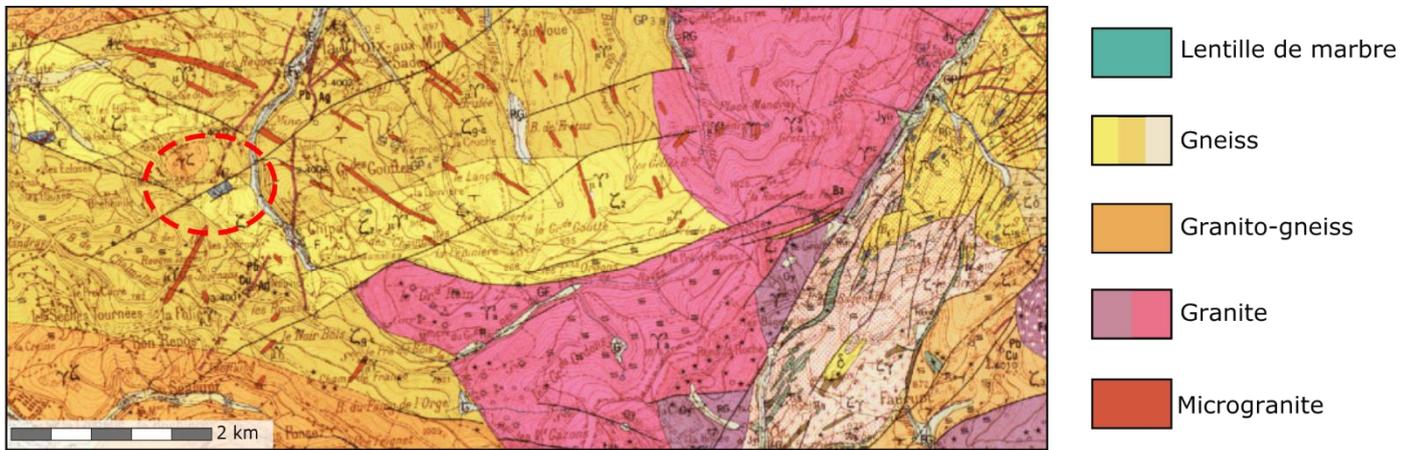


Figure 2 - Extrait de la carte géologique au 1/50 000^{ème} de Gérardmer, la lentille de marbre du Chipal (au centre du cercle rouge en pointillé) se situe dans un encaissant de gneiss. Une seconde lentille de marbre, celle de Mandray se situe à l'est de celle du Chipal

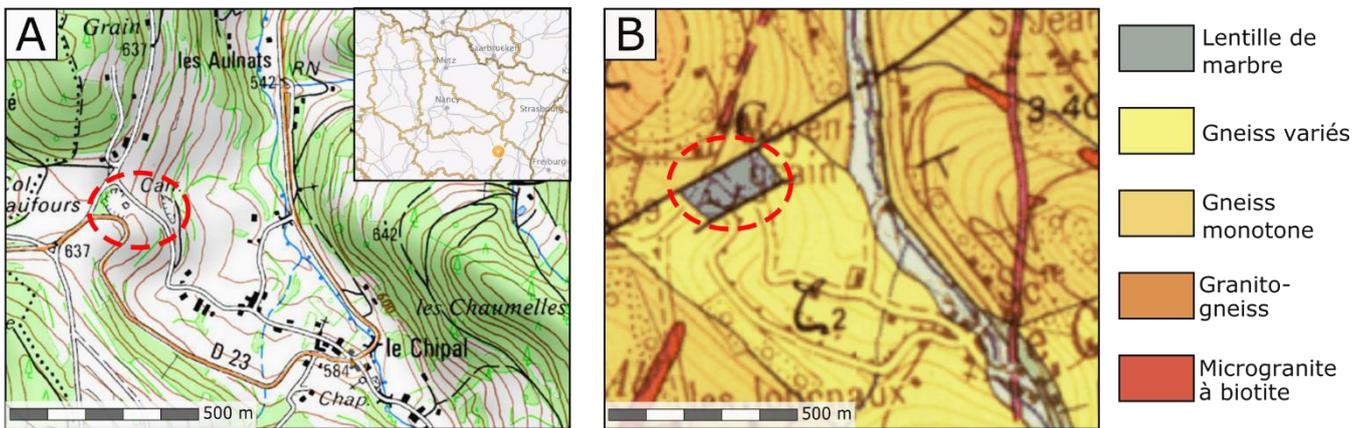


Figure 3 – (A) Localisation des deux carrières de marbre, au nord-ouest du Chipal (cercle pointillé rouge). ©GEOPORTAIL ; (B) Localisation des deux carrières de marbre (cercle pointillé rouge) sur la carte géologique au 1/50 000^{ème} de Gérardmer (BRGM).

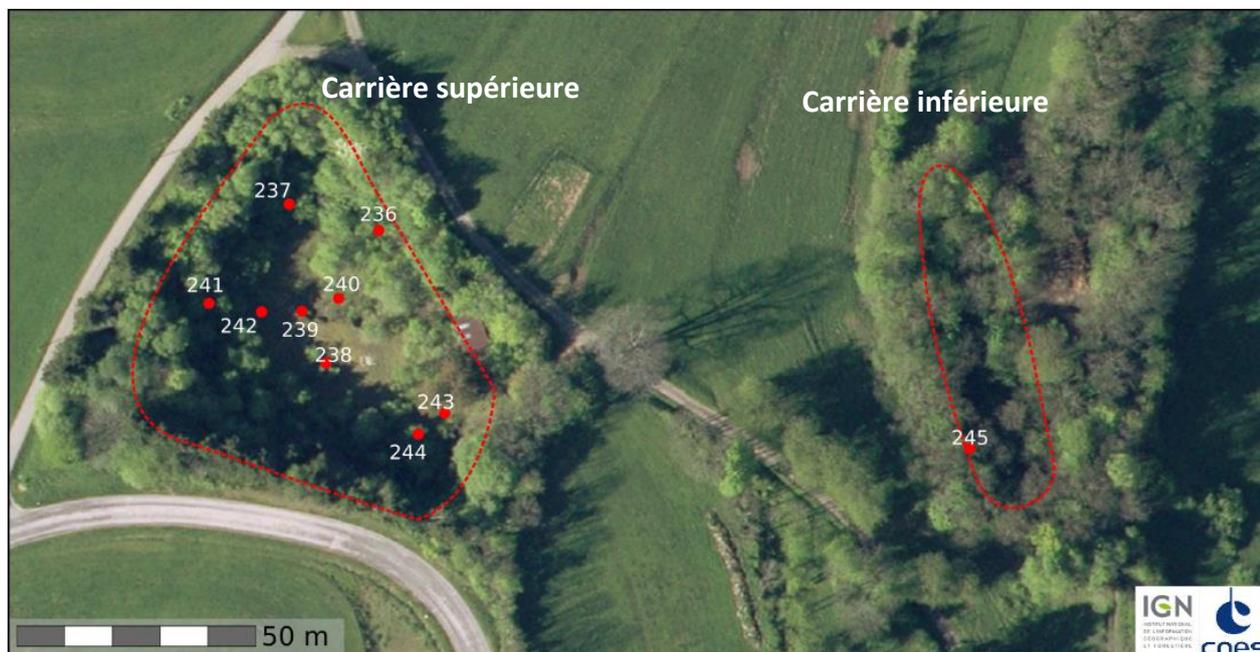


Figure 4 - Vue aérienne, emprises des carrières (pointillés rouges) et géolocalisation des échantillons recueillis. ©GEOPORTAIL

Présentation des carrières :

La carrière supérieure est une propriété privée dont l'accès est interdit par une barrière. Les affleurements, d'une hauteur d'une dizaine de mètres, sont en grande partie masqués par la végétation. Le front de taille principal forme les limites de la carrière ; un second front de taille a été ouvert au cœur de la carrière. La carrière inférieure est accessible à travers un champ, elle présente des parois de marbre lisses d'une quinzaine de mètres de hauteur. Bien que la végétation y soit moins présente, la carrière est peu praticable : le sol est très meuble et est en partie inondé et la partie nord a été transformée en décharge sauvage. Les fronts de taille sont difficilement accessibles.

Etudes préalables :

Historique :

Les marbres du Chipal sont connus depuis au moins le 19^{ème} siècle (Hogard, 1834). Ils ont été exploités en deux carrières principalement pour la production de chaux destinée à l'amendement des terres agricoles, cette activité a laissé une trace dans la toponymie locale, avec le col des Chauffours où se situent les deux carrières. Le marbre a également été utilisé par les marbriers et sculpteurs d'Epinal. Ces carrières ont définitivement fermé vers 1934 (Delangle, s.d.). Depuis, la végétation a envahi les lieux.

Contexte géologique :

Ces carrières font partie des lentilles de calcaire cristallin des Vosges qui se sont individualisées dans les gneiss variés de La Croix-aux-Mines. Cet ensemble d'origine sédimentaire a subi les déformations liées au cycle orogénique varisque. L'encaissant gneissique présente un degré de métamorphisme moyen à haut (jusqu'à 12-14 kbar et 840-880 °C pour les gneiss variés) atteignant les conditions de la fusion partielle (formation de migmatites), le pic de pression est daté à environ 350 Ma et la fin de l'évènement de haute température à 340 Ma (Skrzypek, 2011). Ces roches sédimentaires anté-orogéniques ont été enfouies à de grandes profondeurs par subduction lors de l'orogénèse varisque puis exhumées et mises à l'affleurement suite à l'érosion du massif des Vosges.

Pétrologie :

Le marbre, dit le Cipolin du Chipal :

Le marbre du Chipal est décrit par J. Jung (1928) comme étant très similaire à celui de la carrière de Saint-Philippe à proximité de Sainte-Marie-aux-Mines mais bien moins riche en minéraux accessoires.

Si Jung parle de calcaire en désignant les roches du Chipal, il s'agit bel et bien de marbre, c'est-à-dire d'un calcaire métamorphisé.

Il s'agit d'un marbre massif presque pur à cristaux de calcite millimétrique présentant des lits de minéraux. A partir de la composition chimique du marbre et de minéraux accessoires, Jung a déduit que le protolithe du marbre serait un calcaire dolomitique. Les différents minéraux accessoires présents dans le marbre seraient les témoins de l'impureté du protolithe dolomitique (phyllosilicates et quartz notamment). Ce protolithe dolomitique a formé un marbre calcitique enrichi en minéraux magnésiens et calco-magnésiens par métamorphisme (Jung, 1928).

Le marbre du Chipal est considéré comme un cipolin (Jung, 1928), c'est-à-dire un marbre présentant de minces veines de serpentines favorisant le débit mécanique en fines pelures, tel un oignon (*cipolla* en italien). Le cipolin qualifie également plus largement les marbres présentant des lits de micas, formés par métamorphisme de lits argileux (Foucault et Raoult, 2010). Ainsi, dans le cas de la carrière du Chipal, le marbre observé correspond à un cipolin dans son sens large.

Le marbre à minéraux magnésiens et calco-magnésiens est distingué en trois sortes de bancs (Jung, 1928):

- Les bancs de marbre à forstérite, dont l'origine serait liée à la présence de silice dans le calcaire dolomitique. Le spinelle se manifeste également dans ces bancs, ce qui témoigne de la présence d'argiles et de quartz dans le protolithe dolomitique. La forstérite est fréquemment altérée en serpentine. La roche présente également du grenat, qui témoigne du haut degré de métamorphisme subi par le marbre.
- Les bancs de marbre à diopside et à trémolite indiqueraient une proportion en silice supérieure à celle du calcaire dolomitique, ce qui semble confirmé par la présence de quartz libres dans la roche.
- Les marbres à phlogopite représenteraient des bancs riches en argiles et quartz au sein du protolithe.

Jung considère que toutes les lentilles de marbre des Vosges étaient à l'origine une même unité dolomitique avec des hétérogénéités locales, ces hétérogénéités étant à l'origine des différences de pétrologie observées dans le marbre. Cependant cette hypothèse ne peut être démontrée sur le terrain, les différences de composition des différentes lentilles de marbre, tantôt fortement magnésiennes, tantôt calcaires, suggérant plutôt le dépôt de plusieurs niveaux calcaires dans la série sédimentaire, dans des conditions physico-chimiques légèrement différentes et avec des apports terrigènes locaux (Hameurt, 1967).

Sills de roche dure :

Des sills de roche dure sont observés au sein du marbre. Ces filons ont été observés par Jung au Chipal et dans la carrière de marbre de Saint-Philippe (Sainte-Marie aux Mines, Alsace) située à proximité de celle du Chipal (environ 10 km), il considère ces carrières comme formant un même ensemble. Il décrit les sills de Saint-Philippe comme des filons feldspathiques de pegmatite calco-alkaline formés d'oligoclase accompagnée accessoirement par de l'orthose et parfois par du diopside, de l'amphibole, de la phlogopite et du sphène (Jung, 1928). Ils forment des lits boudinés, irréguliers, discontinus et sont généralement parallèles à la schistosité du marbre marquée par les lits de minéraux. Ces filons sont d'une épaisseur comprise entre 50 cm et moins de 5 cm (Delesse, 1851).

Jung qui a pu observer des affleurements frais mentionne le remplacement du marbre à forstérite par du marbre à phlogopite à proximité des sills avec au niveau des épontes une accumulation de phlogopite formant une sorte de gaine autour du sill.

Filons de granito-gneiss :

Des filons de granito-gneiss centimétriques à métriques recoupent la carrière en plusieurs endroits, Jung (1928) associe ce granite aux apophyses de l'ensemble de « granite à deux micas de Fraize », situé au sud du Chipal. Skrzypek (2011) propose que ce granite soit un granite d'anatexie qui se serait formé par fusion du gneiss monotone au cours du cycle orogénique varisque.

Etude structurale et pétrographique :

L'étude suivante vise à observer plus en détail l'organisation des carrières, ses roches et, dans la mesure du possible, à déterminer leurs compositions. Les abréviations suivantes sont utilisées pour illustrer les figures : cal = calcite ; for = forstérite ; phl = phlogopite ; qtz = quartz ; ser = serpentine ; grt = grenat, ort = orthose, pla = plagioclase, mus = muscovite.

Panorama des fronts de taille de la carrière :

Les relevés réalisés lors de l'expédition de terrain associés aux points GPS ont permis de réaliser un panorama des fronts de tailles de la carrière du Chipal. La végétation ayant repris ses droits sur la carrière depuis plusieurs décennies, la qualité des panoramas réalisés est limitée, cependant ils permettent de rendre compte de la diversité lithologique de la carrière (Figure 5).

La carrière supérieure ne présente pas une lithologie homogène (Figure 5 : A). De nombreux filons de granites souvent décimétriques à métriques recoupent la lentille de marbre et englobent des fragments de marbre. Des sills de syénite quartzifère boudinés dans le marbre sont également présents et sont recoupés par les filons de granite intrusif. La lithologie de la carrière inférieure est plus homogène que celle de la carrière supérieure. Sa superficie est moindre par rapport à la carrière supérieure, mais elle présente un front de taille vertical et lisse d'une quinzaine de mètre de haut, aucun filon de granite ne recoupe le marbre, un sill de granite boudiné dans le marbre est présent au point GPS 245 (Figure 5 : A).

Les secteurs de la carrière où le marbre est exempt de filons de granite ont été exploités sous forme de fronts de tailles verticaux et lisses pouvant atteindre une dizaine de mètres de hauteur, ce qui laisse supposer que ces zones ont plutôt servi à l'extraction de marbre en blocs ou plaques, destinés à la statuaire et à l'ornement (Figure 6 : A). A l'inverse, les zones riches en filons granitiques ont fait l'objet d'une exploitation moins soignée, le marbre étant vraisemblablement récupéré pour la production de chaux (Figure 6 : B).

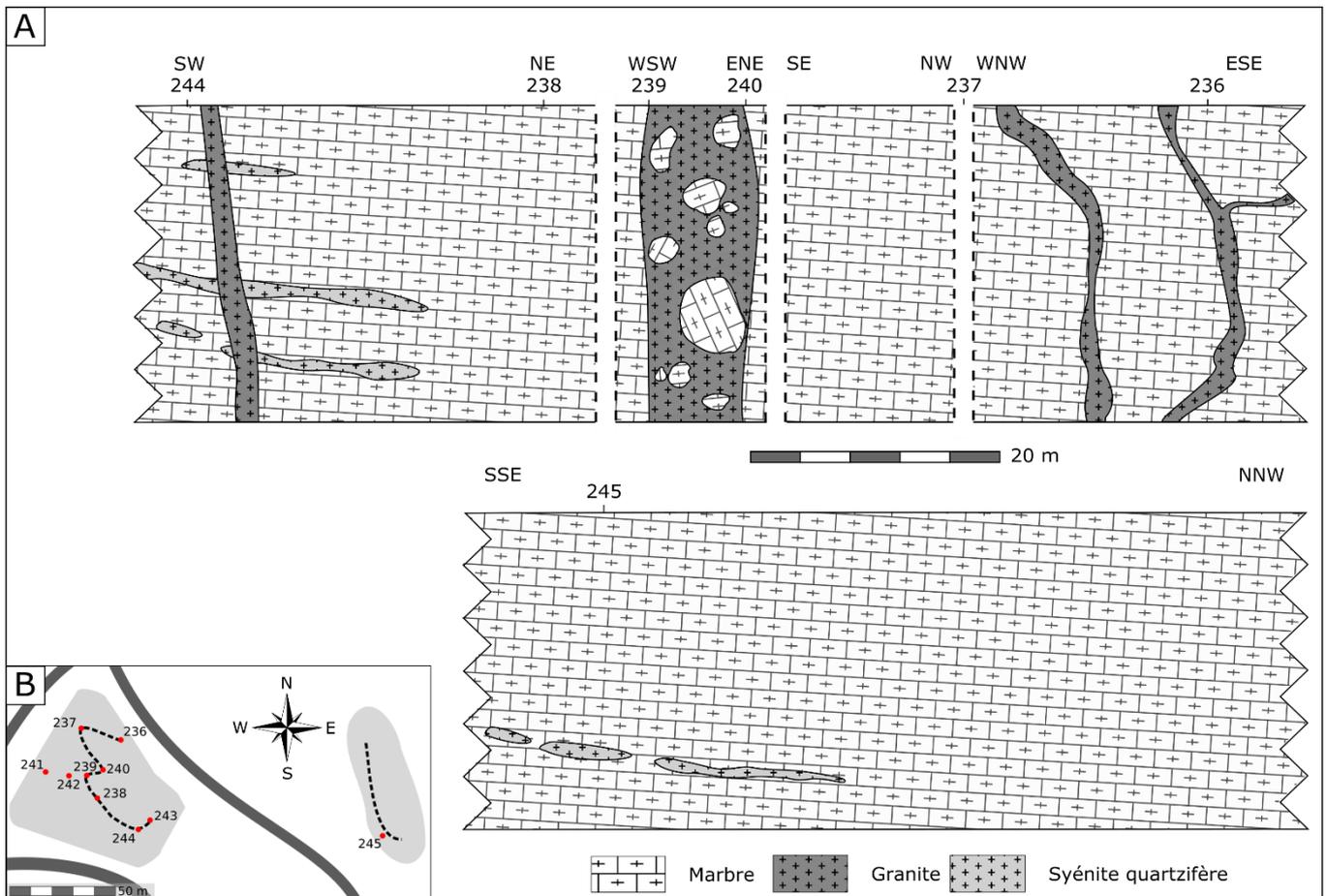


Figure 5- Panoramas des carrières supérieures et inférieures du Chipal. (A) En haut, le panorama de la carrière supérieure est divisé en quatre segments selon les changements d'orientations de l'affleurement, le marbre présente des sills boudinés de syénite quartzifère suivant la foliation, des filons de granite recoupent l'affleurement, des xénolithes de marbre sont pris dans le granite entre les points GPS 239 et 240. En bas est présenté le panorama de la carrière inférieure, aucun filon de granite n'y a été observé. (B) Tracé des panoramas des carrières en vue de dessus, voir Figure 4 pour la vue aérienne des carrières.

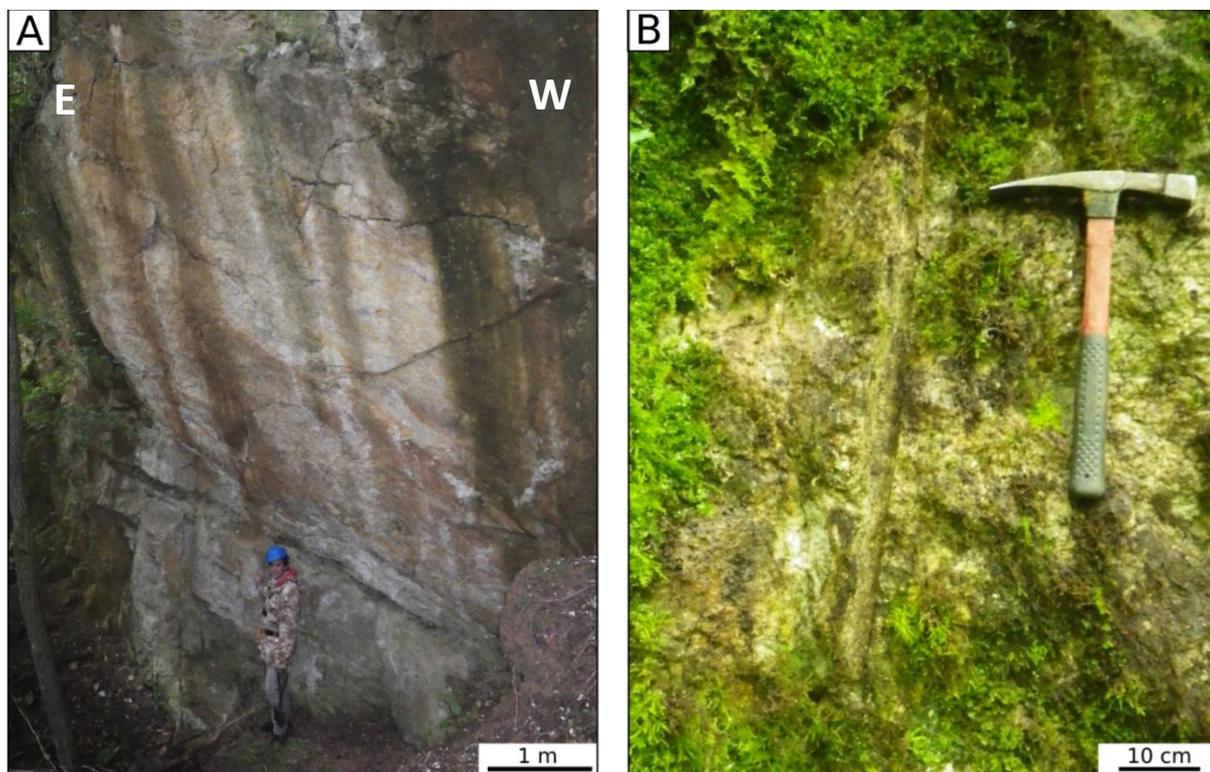


Figure 6- Exploitation de la carrière. (A) Front de taille de marbre lisse au point GPS 244. (B) Trace d'exploitation de la carrière au sein du marbre.

Le marbre, dit le Cipolin du Chipal :

Le marbre du Chipal est massif, il se présente dans la carrière sous forme de fronts de tailles pouvant dépasser 10 mètres de haut, il est recoupé à plusieurs endroits par des filons de granite décimétriques à métriques qui contiennent également des fragments marbre. Des sills de roche dure sont boudinés dans le marbre et marquent la foliation du massif.

Les données suivantes sont issues d'échantillons collectés lors de l'étude de terrain, (Chi236 et Chi239b), et de lames du Chipal issues de la collection de lames minces du Département des Géosciences de la faculté des Sciences et Technologies de Nancy (Chipal X, Chipal, Chipal 203 et Chipal 54), cependant ni la localisation exacte ni les échantillons macroscopiques correspondant à ces lames ne sont disponibles, ce qui limite leur intérêt à la stricte pétrologie du marbre du Chipal.

Les échantillons de terrain de marbre récoltés sont composés de marbre calcitique pur (Figure 7 : A) présentant parfois quelques cristaux de phlogopite et de quartz (Figure 7 : B). Les lames minces Chipal, Chipal X, Chipal 203 et Chipal 54 présentent un marbre à minéraux magnésiens et calco-magnésiens avec de la phlogopite, de la forstérite et du grenat. La forstérite est fréquemment altérée en serpentine (Figure 7 : A, B, E, F ; Figure 8 : A, B, C, D).

Aucune orientation préférentielle des minéraux n'est observable sur les échantillons de roche, ni sur les cristaux de calcite, ni sur les minéraux accessoires, notamment la phlogopite. Cependant la calcite présente des macles mécaniques de types 2 et 3 (Ferill et al., 2004) (Figure 7 : C, D). Les cristaux de grenat, forstérite et phlogopite sont disséminés dans la matrice calcitique. Ils sont automorphes à sub-automorphes et de tailles submillimétriques à millimétriques.

Le marbre présente deux types de fractures dans la calcite, un premier où de la calcite identique à celle de l'encaissant a reprécipité dans les fractures (Figure 8 : B, C, E) et un second où les fractures ont été comblées avec de la calcite orangée (Figure 8 : F).

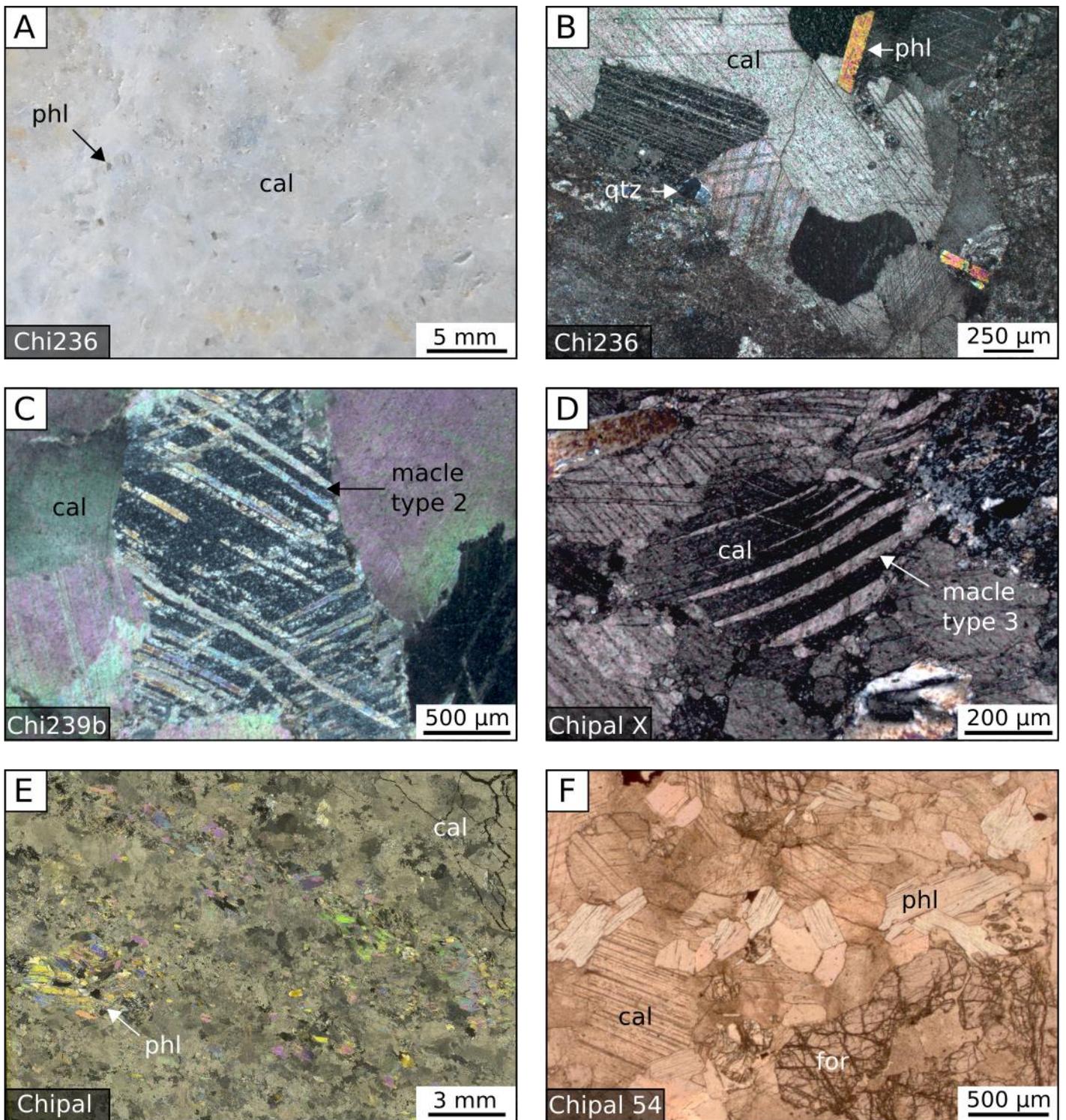


Figure 7 - Observations du marbre du Chipal : (A) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre Chi236 présentant des cristaux de calcite pluri-millimétriques et de petites phlogopites. (B) Observation microscopique de l'échantillon Chi236 mettant en valeur la présence de rares cristaux de phlogopite et de petits cristaux de quartz. (C) Observation microscopique de l'échantillon de marbre Chi239b. Les macles de type 2 sont bien visibles sur certains cristaux de calcite. (D) Observation microscopique de l'échantillon de marbre Chipal X. Les macles de type 3 sont bien visibles sur certains cristaux de calcite. (E) Observation macroscopique de la lame mince Chipal d'un échantillon de marbre riche en phlogopite. Les lits de phlogopite sont bien visibles. (F) Observation microscopique de la lame mince Chipal 54 d'un échantillon de marbre riche en phlogopite et forstérite.

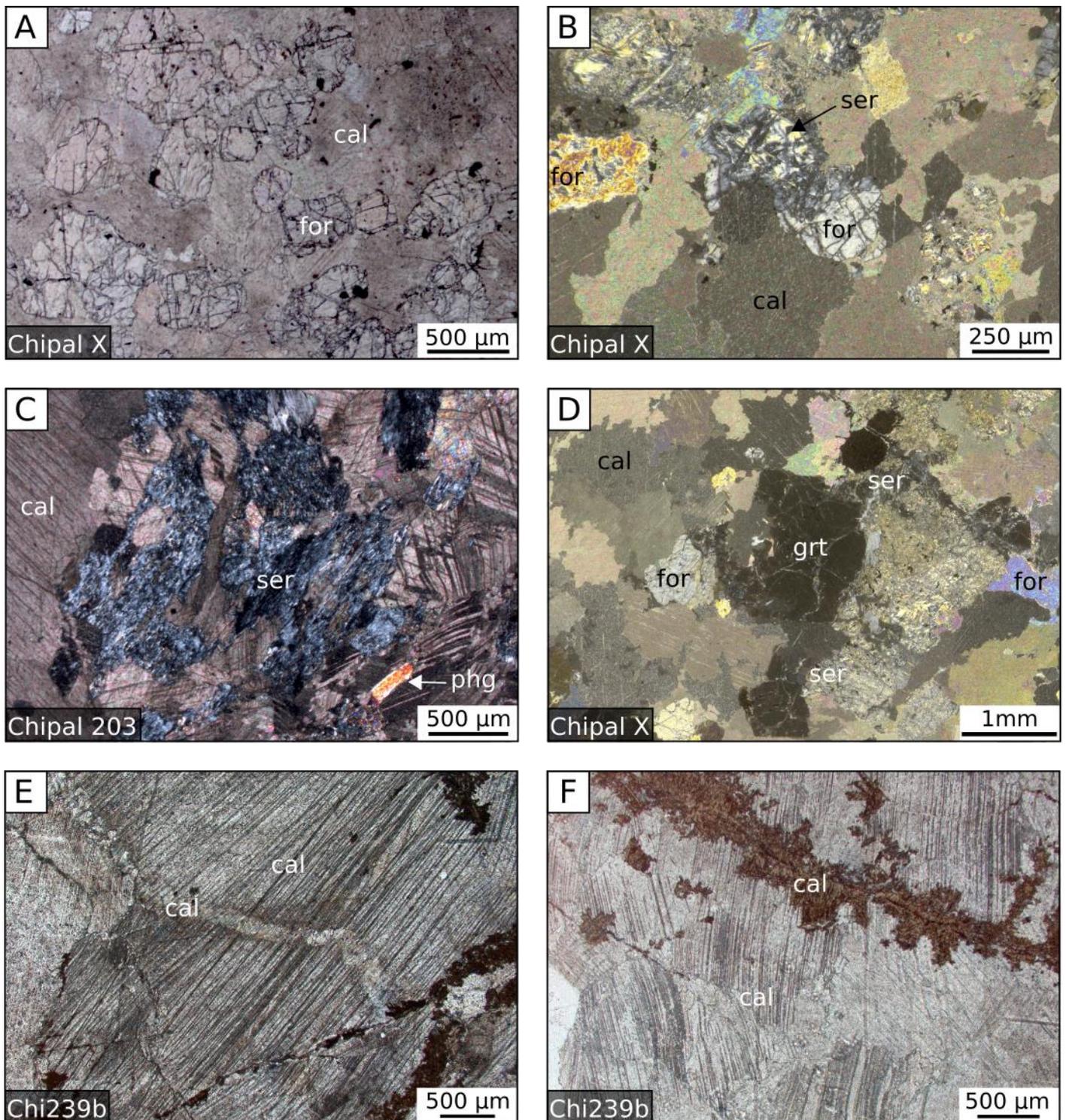


Figure 8- Observation du marbre du Chipal. (A) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre à forstérite Chipal X. (B) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre à forstérite Chipal X. La serpentinisation de la forstérite est visible. (C) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre à forstérite Chipal 203. La serpentinisation affecte la forstérite à grande échelle. (D) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre à forstérite Chipal X. Des cristaux de grenat automorphes sont mis en évidence au sein de la roche. (E) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre Chi239b. Remplissage de calcite au sein d'une fracture. (F) Observation macroscopique de l'échantillon de marbre Chi239b. Remplissage de calcite orangée au sein d'une fracture.

Les sills de roche dure :

Les sills de roche dure sont boudinés dans le marbre et marquent une foliation N140 25° (mesure en pendage à droite), ils sont recoupés par un filon de granite au point GPS 243 (Figure 9 : A, B).

L'étude des échantillons recueillis lors de l'expédition de terrain révèle que la roche du sill observé au point GPS 243 de la carrière du Chipal est microgrenue et n'est pas homogène, elle présente une différence de composition entre les épontes et le cœur du sill. Elle est composée d'orthose, de plagioclase et de chlorite. Les épontes du sill étant moins riches en chlorite, elles apparaissent roses. Le cœur du filon, plus riche en chlorite, prend une teinte violacée (Figure 9 : C, D, E).

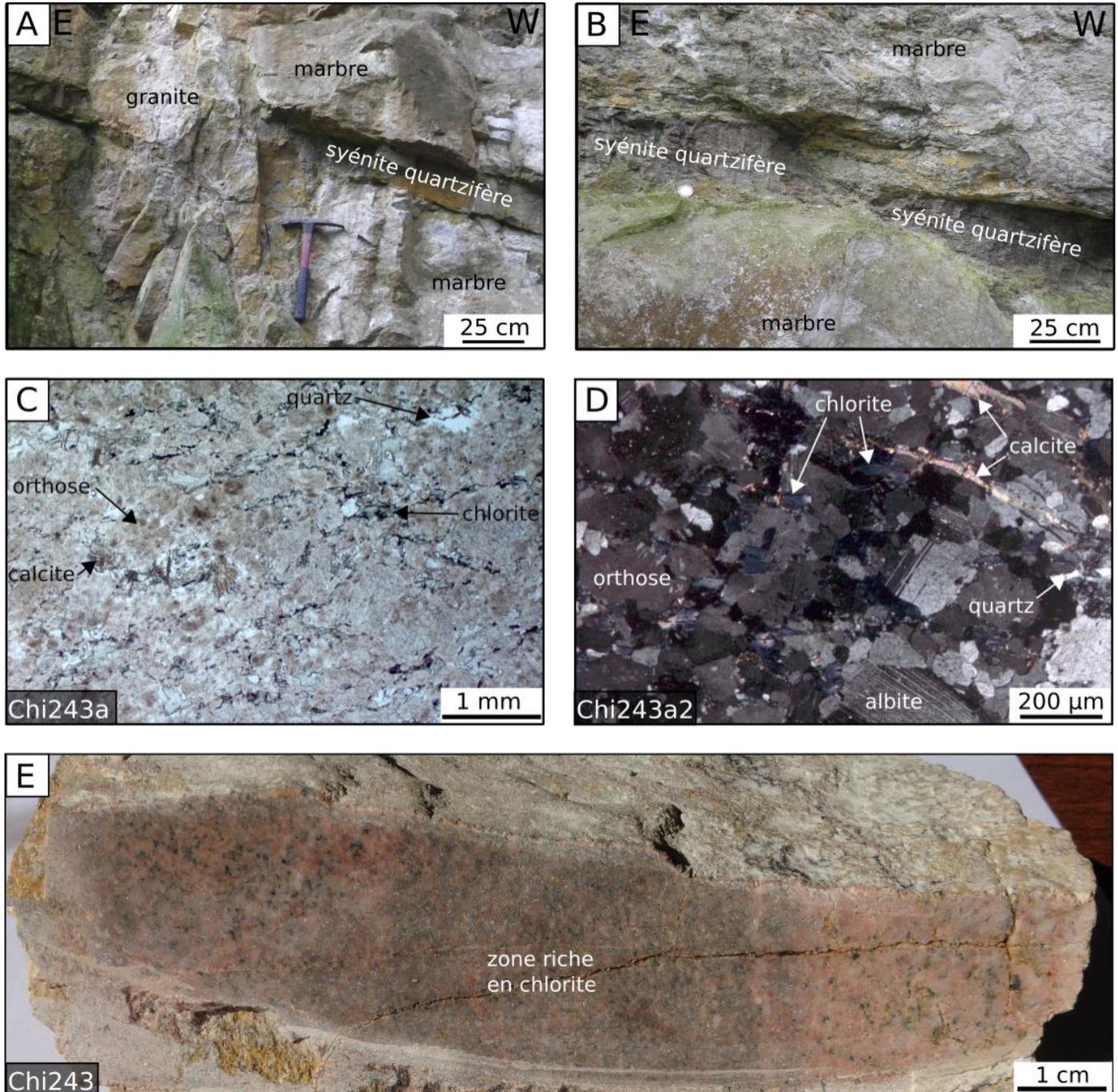


Figure 9 - Sill de syénite quartzifère boudiné dans le marbre au point GPS 243. (A) Situation de l'affleurement, le massif de marbre est recoupé par un filon de granite postérieur à la mise en place des sills. (B) Exemple de boudinage des sills au sein du marbre, témoins d'une déformation du marbre suite à la mise en place des sills. (C) Observation microscopique de l'échantillon de syénite quartzifère Chi243a. La lame mince a été réalisée dans la zone riche en chlorite. (D) Observation microscopique de l'échantillon de syénite quartzifère Chi243a2. La lame mince a été réalisée dans la zone riche en chlorite. Les fractures sont remplies par de la calcite qui ne montre aucun indice de déformation/recristallisation. (E) Section d'un échantillon de syénite quartzifère. La différence de teneur en chlorite entre le cœur du sill et ses épontes est bien visible, de même que la foliation au sein de la roche.

La composition de la roche, déterminée par comptage, est d'environ 70% d'orthose, 15% de plagioclase, 10% de chlorite, 5% de quartz et 3% de calcite. Cette composition correspond à une syénite quartzifère (Figure 10). La détermination de la nature des plagioclases selon la méthode statistique des doubles macles indique un angle d'extinction maximal de 18°. Cet angle étant inférieur à 20°, il est nécessaire d'étudier le liseré de Beck du plagioclase afin de déterminer si la composition du plagioclase est plutôt sodique ou calcique. L'étude du liseré de Beck consiste à comparer au microscope optique la réfraction entre deux minéraux en faisant le point sur leur jonction. La mise au point est ensuite détruite en modifiant légèrement le grossissement, le déplacement relatif du liseré entre les deux minéraux indique la réfringence relative entre les deux minéraux. En réduisant le grossissement, le liseré se déplace vers le minéral le plus réfringent. Ici, la comparaison du plagioclase au quartz révèle que celui-ci est une albite. (Figure 10).

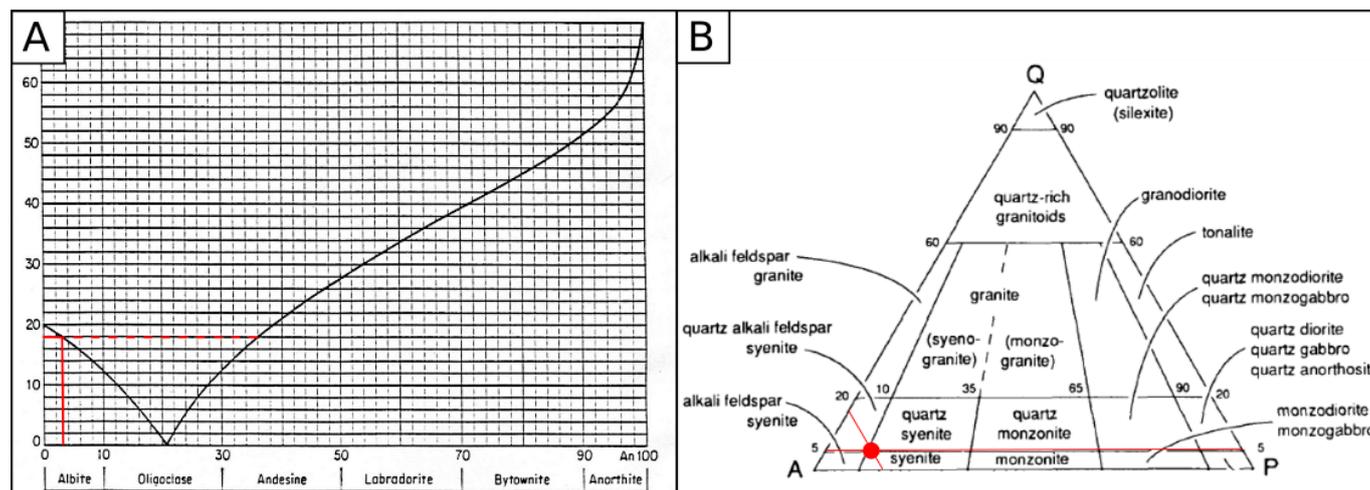


Figure 10- Étude pétrologique de la roche des sill au point GPS 243. (A) Composition du plagioclase de la roche selon la méthode de Michel-Lévy. (B) Classification de la roche du sill à l'aide d'un diagramme de Streckeisen.

Filons de granito-gneiss :

Les filons de granito-gneiss recoupent la lentille de marbre et les sills de syénite quartzifère, ils présentent de larges décimétriques à métriques et peuvent englober des fragments de marbre.

Des échantillons de granite ont pu être récupérés sur des filons recoupant le marbre lors de l'expédition de terrain au niveau des points GPS 237 et 239, dont un contact entre le marbre et une intrusion (Figure 11 : A, B). Les intrusions sont composées d'une roche cristalline grenue, légèrement fracturée, constituée de quartz, de feldspaths (orthoses et plagioclases) (Figure 11 : F). Un comptage des minéraux sur plusieurs lames minces indique que la roche est un granitoïde de type syéno-granite (Figure 11 : C).

La relation entre le marbre et le granite a pu être observée sur un contact au point GPS 239. Le contact entre le marbre et le granite est franc (Figure 11 : B). Le marbre semble peu perturbé par l'intrusion de granite. Seule de petites intrusions de plages de quartz microcristallin et des recristallisations de quartz au sein des fractures indiquent la présence du granite voisin. Un liseré orangé lié à l'altération de la roche sépare le marbre du granite (Figure 11 : D). Le granite en contact avec le marbre présente une texture fine et est fortement altéré, les feldspaths sont presque complètement altérés, ne laissant que de petits quartz, parfois associés à de la calcite qui vient cristalliser dans les fractures et au sein des produits d'altération des feldspaths. Le granite qui a cristallisé à quelques centimètres de distance du marbre présente une texture grenue à microgrenue. A l'échelle de l'affleurement et de la lame mince ((Figure 11 : B), aucun indice de métamorphisme de contact n'est apparent. Les cristaux d'orthose, parfois à texture perthitique, ne sont pas tous sujets à l'altération, cependant certains cristaux ainsi que les plagioclases s'altèrent fortement en muscovite, les fractures de la roche sont encore remplies par de la calcite (Figure 11 : E, G).

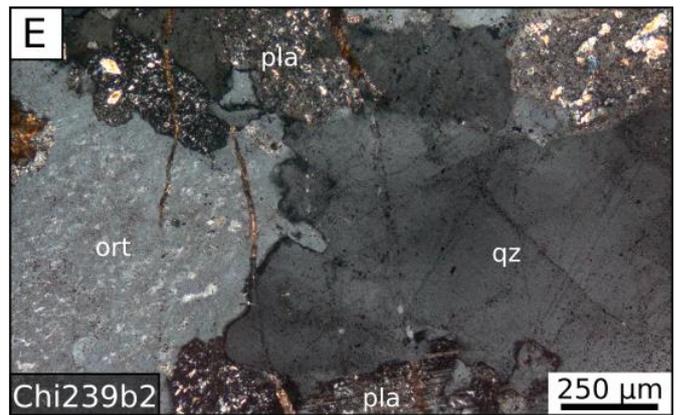
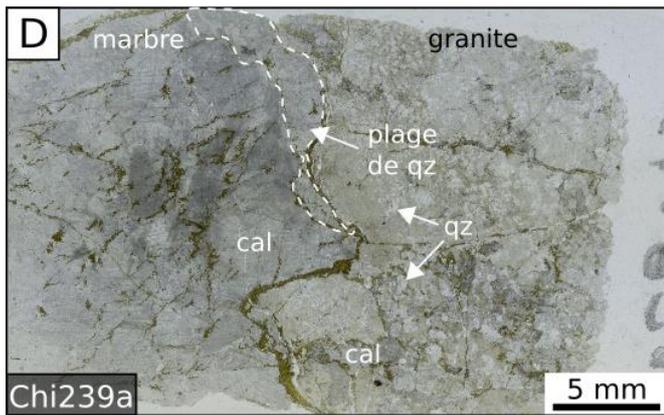
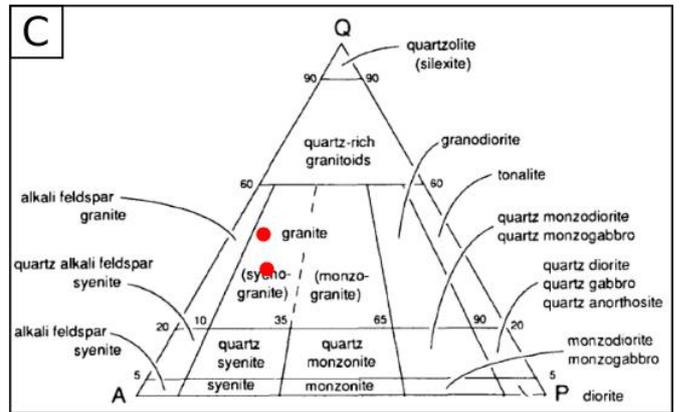
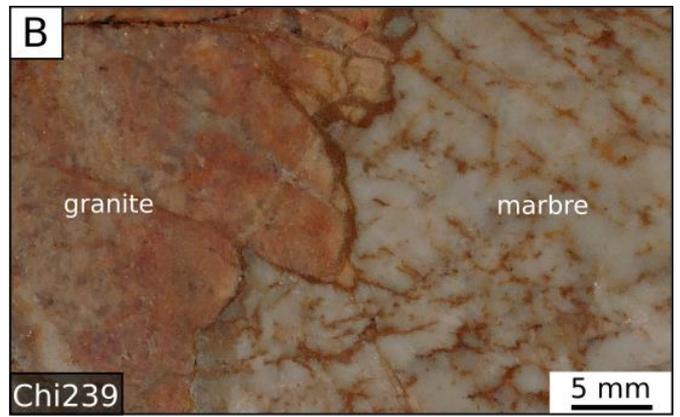
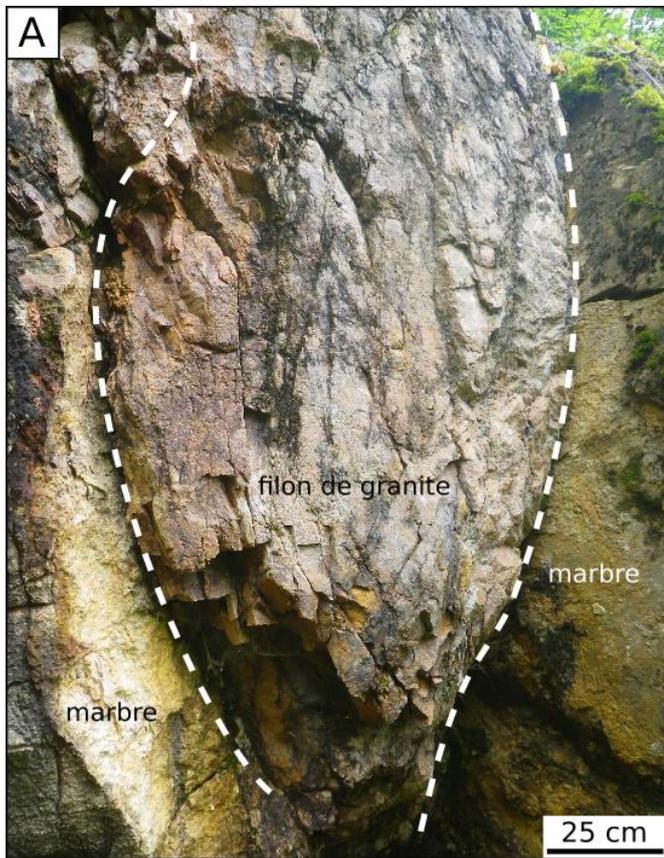


Figure 11 – Relations entre le granite intrusif et le marbre. (A) Filon de granite au point GPS 238. (B) Section d'un échantillon présentant un contact entre le granite intrusif et le marbre au point GPS 239. (C) Classification du granite à l'aide d'un diagramme de Streckeisen. (D) Lame mince Chi239a du contact granite-marbre de l'échantillon Chi239a. (E) Observation microscopique de l'échantillon de granite Chi239b2. L'orthose présente une texture perthitique et le quartz présente une extinction ondulante. (F) Observation macroscopique de l'échantillon de granite Chi239b. (G) Observation microscopique de l'échantillon de granite Chi239b. Certains cristaux d'orthose présentent une altération en muscovite. Les fractures présentent des remplissages de calcite. Le quartz montre des indices de recristallisation dynamique.

Discussion :

L'étude des affleurements des carrières du Chipal et de ses roches permet de mieux comprendre leurs relations et leur histoire.

Le marbre, dit le Cipolin du Chipal :

La coexistence de phlogopite et de forstérite dans le marbre du Chipal remet en cause la distinction du marbre en trois bancs à lithologie différente effectuée par Jung (1928), d'autant plus que le marbre du Chipal est très homogène et ne présente pas de débit en bancs.

Le marbre ne présente aucune foliation ni témoins de déformations autres que de petites veines de calcite orangée lors d'une observation macroscopique (Figure 8 : F), cependant l'étude au microscope de la roche révèle des marqueurs de son histoire métamorphique et tectonique. Ainsi la présence de grenat millimétrique automorphe dans le marbre témoigne du haut degré de métamorphisme (faciès éclogite) subit par la roche au cours de l'orogénèse varisque (Skrzypek, 2011). La présence de macles mécaniques de types 2 et 3 au sein de la calcite témoigne d'une recristallisation dynamique à des températures de plus de 200 °C, ce qui indique que la roche a subi un épisode de déformation au cours de son exhumation (Ferrill et al., 2004; Passchier et Trouw, 2005) (Figure 7 : C, D).

Les sills de roche dure :

Les sills de roche dure boudinés dans le marbre ont été identifiés comme étant composés de syénite quartzifère. Ces observations ne sont pas en accord avec celles faites par Jung en 1928, qui pour sa part décrit les sills comme étant formés d'oligoclase accompagnée accessoirement par de l'orthose et parfois par du diopside, de l'amphibole, de la phlogopite et du sphène. Cependant Jung a décrit les sills de la carrière de Saint-Philippe (Sainte-Marie aux Mines, Alsace), il est possible que ceux du Chipal n'aient pas exactement la même origine que ceux de Saint-Philippe.

Il est possible que la chlorite observée dans la roche soit le produit de l'altération totale de la biotite au sein de la roche au cours du chemin rétrograde du métamorphisme. Bien qu'aucune trace de biotite ne soit détectée, la chlorite n'a pas semblé provenir de l'altération des feldspaths lors de l'étude des lames minces (Figure 9 : C, D).

Les affleurements étant peu accessibles, l'étude détaillée des relations entre les sills de syénite quartzifère et l'encaissant de marbre n'a pas pu être réalisée, cependant la morphologie des sills permet de supposer que ceux-ci se sont mis en place dans le marbre sous forme de filons au cours de sa subduction alors qu'il était encore cassant. La roche des sills étant plus résistante que le marbre, elle a pu se boudiner dans le marbre au cours de la subduction et ainsi souligner sa foliation (Figure 5).

Filons de granito-gneiss :

Le granite recoupe toutes les formations décrites, ce qui signifie que ces granites se sont mis en place suite à une phase de déformation ductile du marbre, c'est-à-dire alors qu'il était de nouveau cassant durant le trajet d'exhumation, les fragments de marbre dans les filons de granite sont également des indices dans ce sens (Figure 9 : A). Les roches sont également parcourues de fractures remplies de calcite et de quartz ce qui indique que la carrière a subi un régime de déformation cassante postérieur à l'intrusion du granite (Figure 11 : E).

Reconstitution de l'histoire de la carrière :

Les travaux réalisés par Jung (1928), Hameurt (1967) et Skrzypek (2011) permettent de retracer les grandes étapes de la formation des lentilles de marbre des Vosges, dont fait partie la carrière du Chipal et ainsi de replacer la carrière et ses lithologies dans un contexte régional.

Les sédiments à l'origine des gneiss variés au sein desquels se trouve la lentille de marbre du Chipal se sont déposés sur la marge passive du bassin saxo-thuringien à partir de l'Ordovicien moyen jusqu'au Silurien à partir de matériel détritique Cambrio-Ordovicien probablement volcano-sédimentaires (Skrzypek, 2011). Quelques niveaux carbonatés ont sédimenté au sein des sédiments pélitiques. Ce sont ces niveaux qui sont à l'origine du marbre.

L'ensemble sédimentaire a subducté sous la plaque moldanubienne lors de la fermeture du bassin saxothuringien et a subi un métamorphisme jusqu'au faciès granulite au cours des différents épisodes de l'orogénèse varisque, le calcaire se métamorphisant en marbre et le matériel volcano-sédimentaire en gneiss. La présence dans le marbre de phlogopite, de forstérite et de grenat, qui marque le passage par des conditions HT-HP, sont autant de témoins du métamorphisme subit par la roche.

A la fin du cycle orogénique du massif des Vosges, l'augmentation de température liée à la hausse de la dégradation radioactive au sein de la croûte à cause de l'épaississement crustal provoque l'anatexie d'une partie du gneiss monotone qui compose alors une grande partie du massif des Vosges au Carbonifère inférieur, permettant la mise en place du granite des Crêtes (Skrzypek, 2011). Ce granite intrude les roches métamorphisées et forme les sills et les filons au sein du marbre. Les sills se mettent en place en régime de déformation ductile-fragile durant l'exhumation, au cours de cet épisode les lentilles de marbre s'individualisent par boudinage au sein du gneiss et la syénite quartzifère se boudinent dans les marbres. Des traces de ce régime tectonique ductile sont conservées dans la calcite du marbre qui présente des macles de type 2 et 3, typiques de recristallisation (Passchier et Trouw, 2005). Les filons de granites se mettent place en régime cassant et recourent les lithologies déjà présentes, des marqueurs de la tectonique cassante sont présent dans le marbre et le granite. Des fractures recourent les roches et sont remplies de calcite, des stylolithes ont également été repérés au sein du marbre du Chipal.

Conclusions :

Cette étude des carrières du Chipal a permis d'effectuer un état des lieux des données déjà existantes sur le sujet et de réaliser une mise à jour sur l'état des affleurements. L'étude pétrographique a permis d'illustrer les informations apportées par la bibliographie et d'étayer des hypothèses concernant l'histoire métamorphique des roches, de plus le relevé d'un panorama permet de mieux appréhender les relations entre les différentes lithologies et les différentes phases de mise en place des roches dans le massif de marbre. Cette étude a permis de replacer la lentille de marbre du Chipal dans son contexte géodynamique à l'aide des travaux de Skrzypek (2011).

Références bibliographiques :

DELANGLE C. (s. d.) – Cipolin du Chipal., *Académie Nancy-Metz*. Consultable à <http://www4.ac-nancy-metz.fr/base-geol/fiche.php?dossier=082> [Accédé le 15 juin 2016].

DELESSE A. (1851) – Mémoire sur la constitution minéralogique et chimique des roches des Vosges. Calcaire saccharoïde du gneiss., *Annales des Mines*, 4, 20, p.p. 141- 182.

FOUCAULT A., RAOULT J.-F. (2010) –Dictionnaire de géologie, *Dunod*, 388 p.

HAMEURT J. (1967) – Les terrains cristallins et cristallophylliens du versant occidental des Vosges moyennes, Université de Strasbourg, Service de la carte géologique d’Alsace et de Lorraine., (*Mémoires du Service de la carte géologique d’Alsace et de Lorraine*, 26), 386 p.

HOGARD H. (1834) – Tableau minéralogique des roches des Vosges suivi d’une liste des espèces minérales constituant ces roches, disséminées dans leurs masses ou associées avec elles., *Annales de la Société d’Emulation du département des Vosges*, 2, 1, p.p. 271- 350.

JUNG J. (1928) – Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d’Alsace (avec 5 planches et deux cartes hors texte), Strasbourg, Université de Strasbourg, Service de la carte géologique d’Alsace et de Lorraine., (*Mémoires du Service de la carte géologique d’Alsace et de Lorraine*, 2), 481 p.

PASSCHIER C.W., TROUW R.A.J. (2005) – Microtectonics, 2nd, and enl. ed, Berlin ; New York, *Springer*, 366 p.

SKRZYPEK E. (2011) – Contribution structurale, pétrologique et géochronologique à la tectonique intracontinentale de la chaîne hercynienne d’Europe (Sudètes, Vosges), *Université de Strasbourg*, 381 p.

Table des figures :

Figure 1- Localisation du Chipal sur la carte géologique de France au 1/1 000 000 ^{ème} (BRGM).	1
Figure 2 - Extrait de la carte géologique au 1/50 000 ^{ème} de Gérardmer	2
Figure 3 – (A) Localisation des deux carrières de marbre, au nord-ouest du Chipal.	2
Figure 4 - Vue aérienne, emprises des carrières	2
Figure 5- Panorama des carrières supérieures et inférieures du Chipal.....	6
Figure 6- Exploitation de la carrière.	6
Figure 7 - Observations du marbre du Chipal	8
Figure 8- Observation du marbre du Chipal.	9
Figure 9 - Sill de syénite quartzifère boudiné dans le marbre au point GPS 243.....	10
Figure 10- Etude pétrologique de la roche des sill au point GPS 243	11
Figure 11 – Relations entre le granite intrusif et le marbre.	12