



PROCESSUS MÉTALLIFÈRES SYN-OROGENIQUES DANS LES ALPES INTERNES : l'exemple du gîte cuprifère de Saint Véran

Tuduri Johann, Vautier Rémi, Scaillet Stéphane, Raimbourg Hugues, Nimis Paolo
Chauvet Alain, Barbanson Luc et Hélène Barge
25 janvier 2020

Résultats du projet de fin d'études de Rémi Vautier réalisé de juin à octobre 2019

- Synthèse des occurrences minéralisées cuprifères des Alpes
- Observations lames minces du gîte de Saint Véran
- Pétrographie des roches métamorphiques, métallographie
- Géochronologie Ar/Ar
- Pb/Pb
- Modèle



RAPPORT DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Juin 2019 – Octobre 2019

GISEMENTS CUPRIFERES DU DOMAINE INTERNE ALPIN. ORIGINE
HYDROTHERMALE OCEANIQUE OU OROGENIQUE ? EXEMPLE DE
LA MINE DE CUIVRE DE SAINT-VERAN



Etudiant :

Rémi VAUTIER 3A

Encadrant :

Johann TUDURI (Responsable BRGM Campus, BRGM)

Stéphane SCAILLET (Chargé de recherche, ISTO)

Hugues RAIMBOURG (Maître de conférences, ISTO)

Paolo NIMIS (Professeur, Université de Padoue)

Tuteur :

Philippe MARION (ENSG Nancy)

École Nationale Supérieure de Géologie
2 Rue du Doyen Marcel Roubault - BP 10162
54505 Vandœuvre-lès-Nancy cedex
Tél : 03 72 74 46 00
ensg-contact@univ-lorraine.fr
www.ensg.univ-lorraine.fr



BRGM - Siège social
3 avenue Claude-Guillemain, BP 36009
45060 Orléans Cedex 02
Tél. : +33 (0)2 38 64 34 34
ISTO
1A rue de la Férolierie - 45100 Orléans
Tél. : +33 (0)2 38 49 25 34

Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Occurrences à Cu(-Pb-Zn, -Au, -Co-Ni)

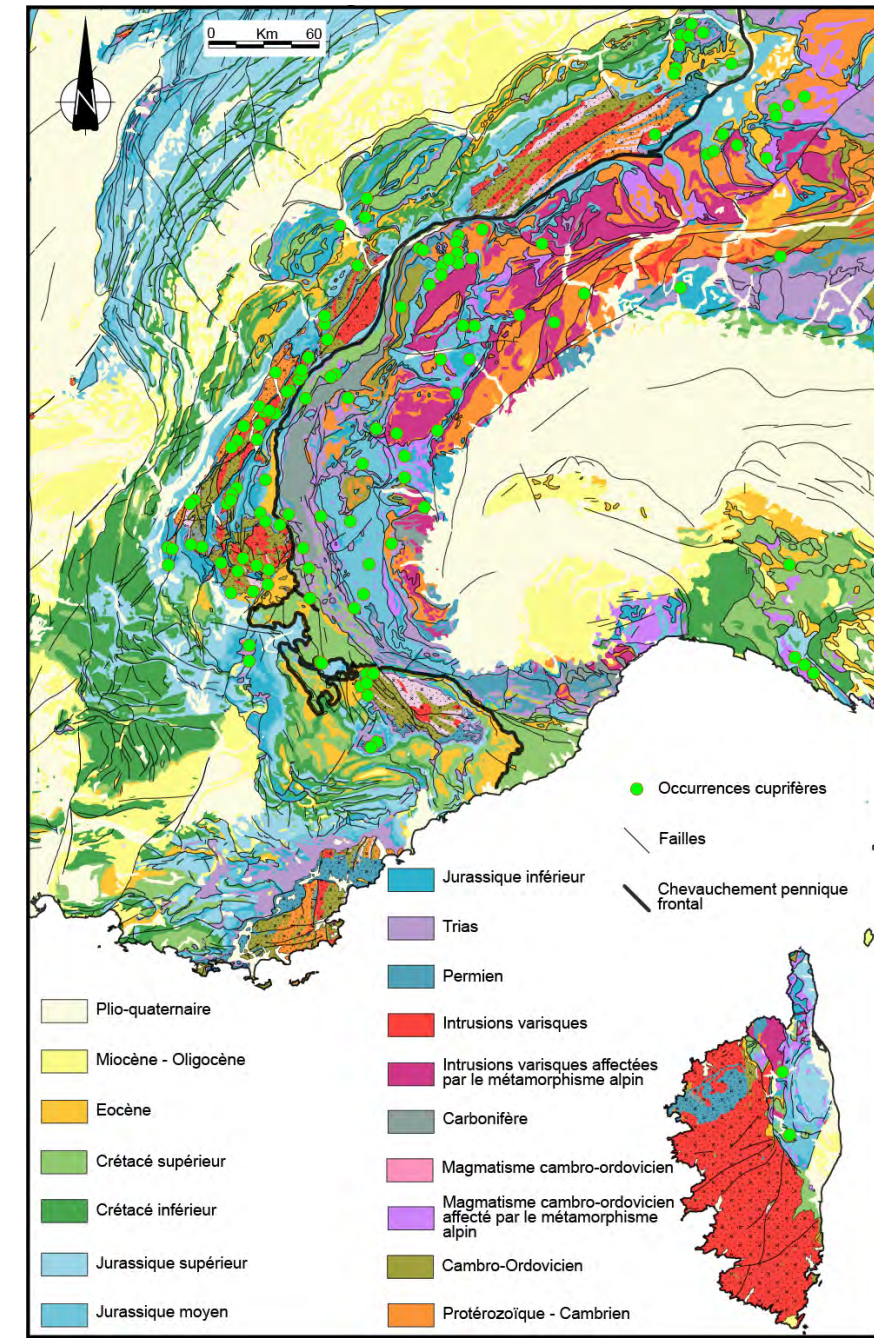
Typologie et distribution entre la France, la Suisse et l'Italie.

Occurrences nombreuses (>230)

- Gîtes d'affiliation hydrothermale (>95%)
 - Systèmes filoniens (e.g. orogénique, 5 éléments ...)
 - Minéralisations en amas (e.g. VMS ...)
 - Disséminations (e.g. sediment-hosted...)
- Rares skarns

Distribution

- Domaine externe
 - Dans et autour des massifs cristallins externes



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Occurrences à Cu(-Pb-Zn, -Au, -Co-Ni)

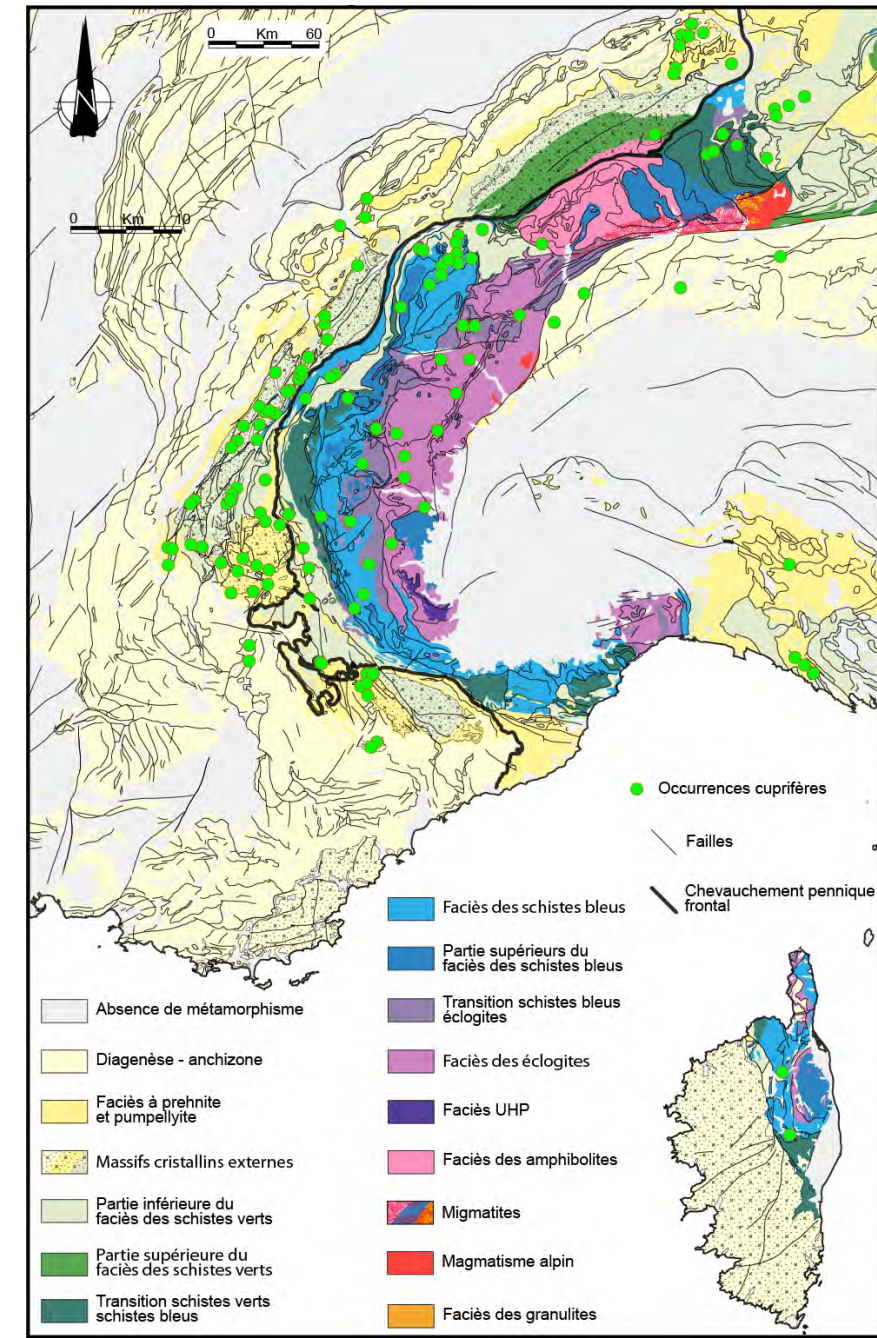
Typologie et distribution entre la France, la Suisse et l'Italie.

Occurrences nombreuses (>230)

- Gîtes d'affiliation hydrothermale (>95%)
 - Systèmes filoniens (e.g. orogénique, 5 éléments ...)
 - Minéralisations en amas (e.g. VMS ...)
 - Disséminations (e.g. sediment-hosted...)
- Rares skarns

Distribution

- Domaine externe
 - Dans et autour des massifs cristallins externes
- Domaine interne
 - Faciès métamorphique de haut-grade (SB et éclogites)
 - Faciès métamorphique de bas-grade (SV en Italie)



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Occurrences à Cu(-Pb-Zn, -Au, -Co-Ni)

Typologie et distribution entre la France, la Suisse et l'Italie.

Occurrences nombreuses (>230)

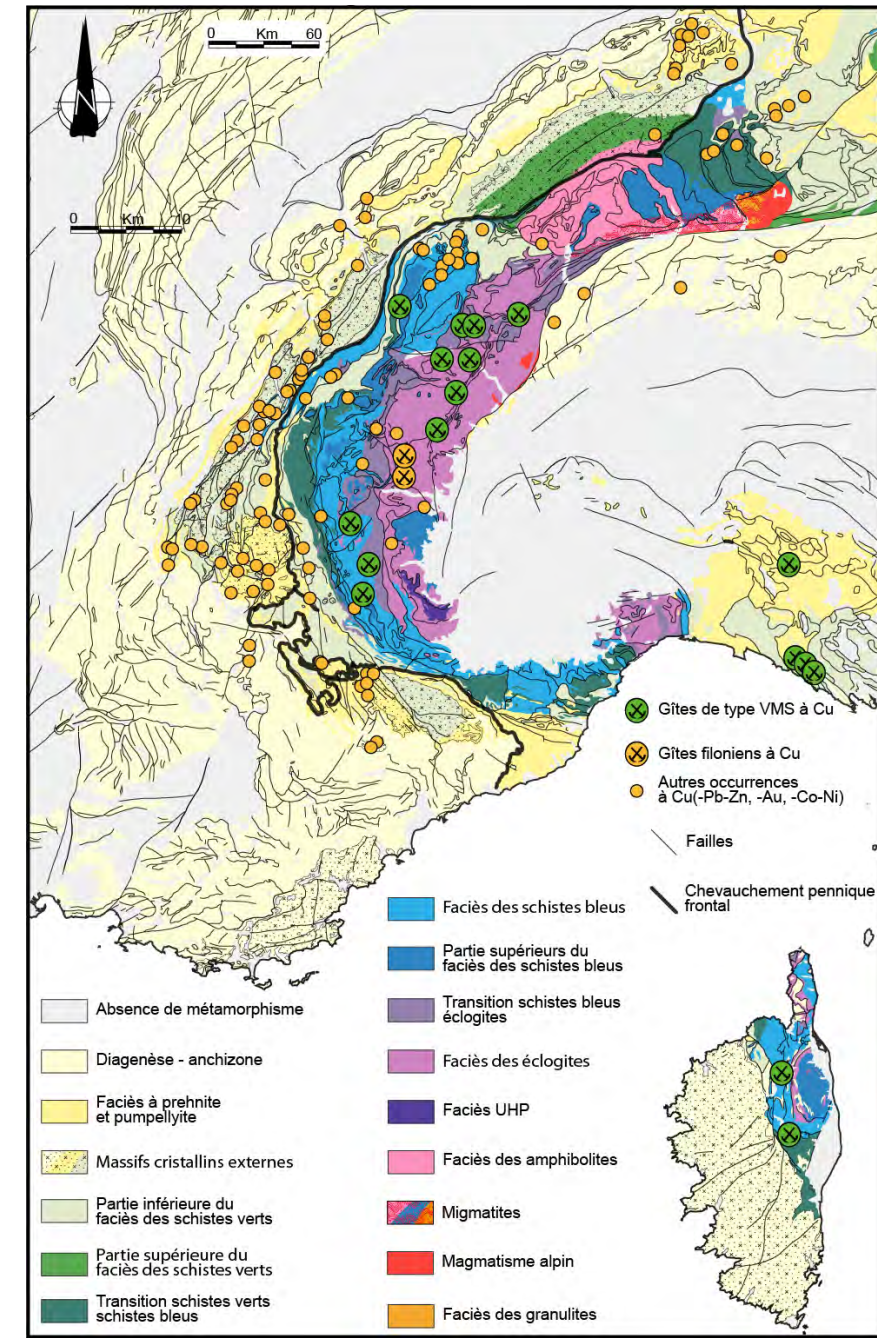
- Gîtes d'affiliation hydrothermale (>95%)
 - Systèmes filoniens (e.g. orogénique, 5 éléments ...)
 - Minéralisations en amas (e.g. VMS ...)
 - Disséminations (e.g. sediment-hosted...)
- Rares skarns

Distribution

- Domaine externe
 - Dans et autour des massifs cristallins externes
- Domaine interne
 - Faciès métamorphique de haut-grade (SB et éclogites)
 - Faciès métamorphique de bas-grade (SV en Italie)

Particularité du domaine interne

- Occurrences de gîtes de type VMS en France et Italie



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Le contexte de Saint Véran

Cadre géologique régional

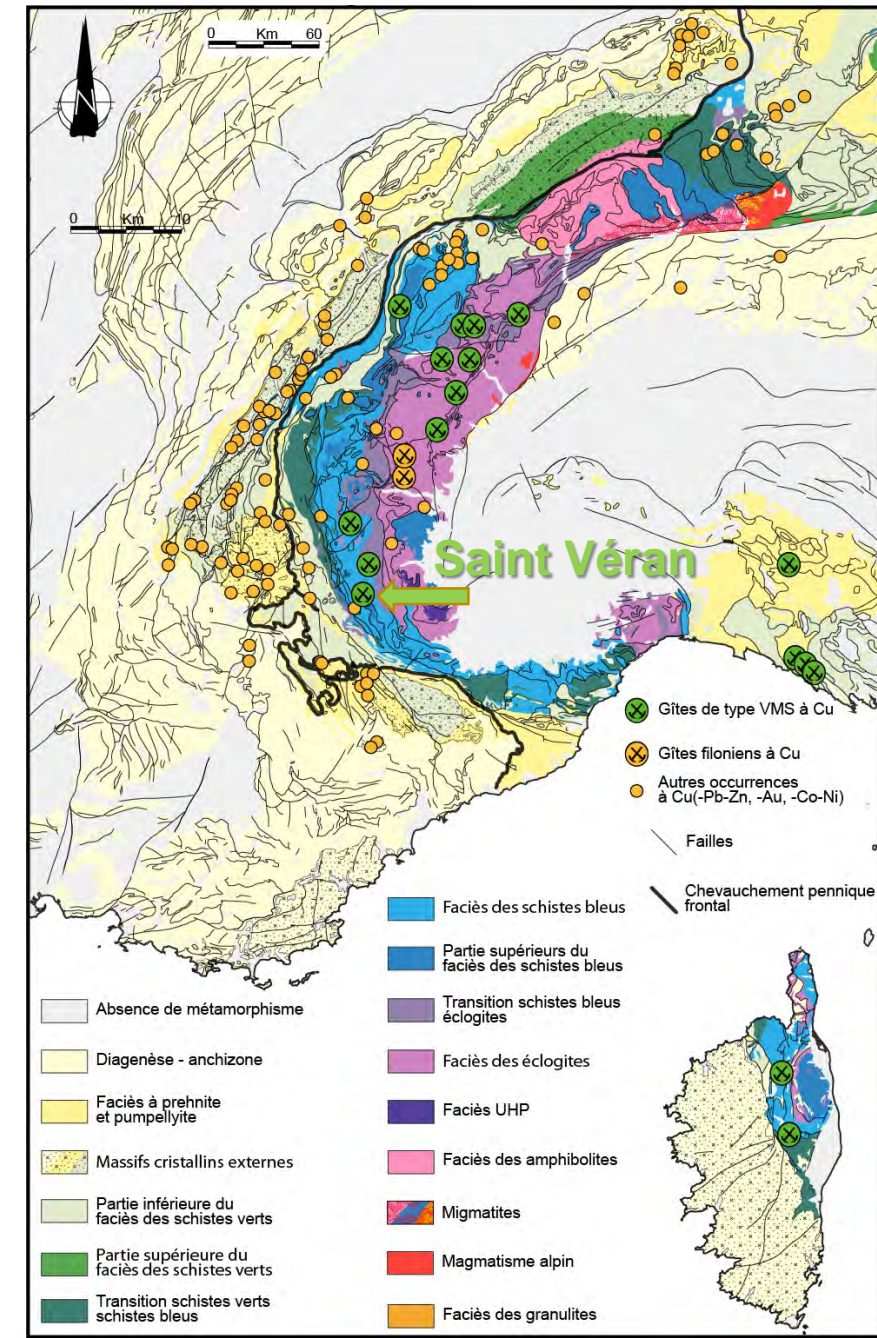
Localisé dans les Schistes Lustrés des Alpes occidentales

- ↪ Paléo-prisme d'accrétion océanique caractérisés par des fragments d'ophiolites, des sédiments supra-ophiolitiques et d'abondants volumes de calcschistes,
- ↪ Occurrences à Cu(-Zn-Co-Ni-Au).
- ↪ Formation rattachée à l'histoire précoce et océanique du domaine liguro-piémontais = amas sulfurés volcanogéniques.

Questions

La déformation et le métamorphisme observés dans ce domaine évoluent d'ouest en est, depuis le faciès SB à éclogites

- ↪ Quels sont les effets de remobilisations alpines
- ↪ Existe-t-il une métallogenèse alpine?



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

A propos des amas sulfurés

Naissance d'un concept autour des années 1960 à partir d'exemples canadiens (Noranda) et japonais (Beshi, Kuroko)

- Oftung, C., 1958. A Theory of Exhalative-Sedimentary Ores
- Gilmour, P., 1965. The origin of the massive sulphide mineralization in the Noranda district
- Lambert, I.B. & Sato, T., 1974. The Kuroko and Associated Ore Deposits of Japan

Application du modèle à la chaînes téthysienne et aux Alpes

- Bouladon, J. & Picot, P., 1968. cuivre des ophiolites de Corse et des Alpes françaises
- Spooner, E.T.C., 1977. ophiolitic cupriferous pyrite ore deposits of Cyprus
- Ferrario, A. & Garuti, G., 1980. Copper deposits in the eastern ligurian ophiolites

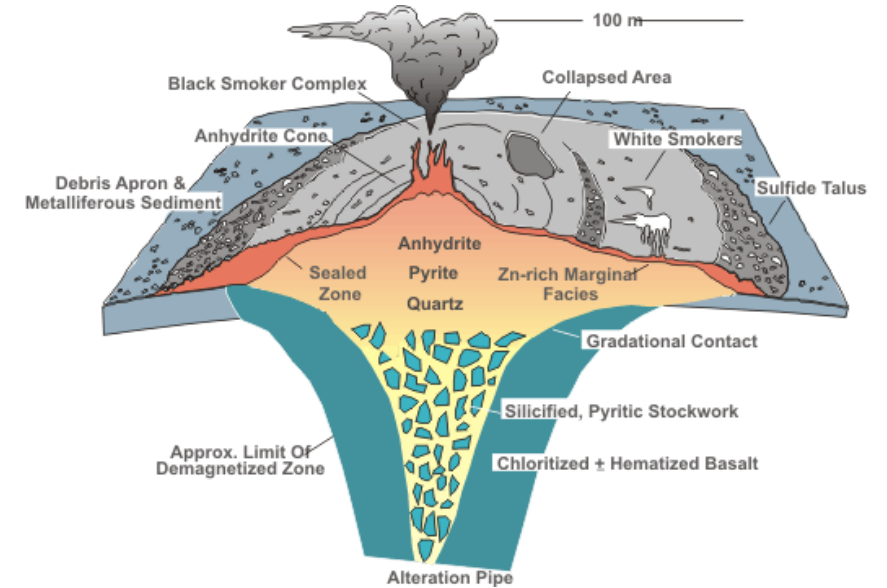
Chypre :
Italie :
France :

Troodos
Monte Catini
Saint Véran

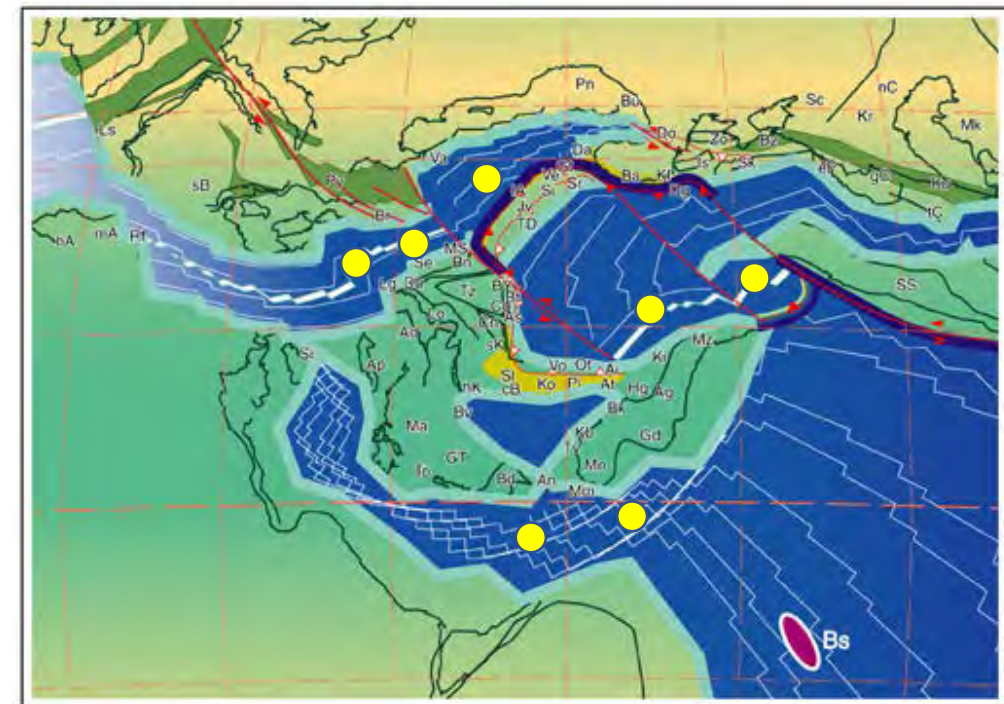
Exploitations anciennes ... les plus anciennes mines de Cu d'Europe occidentale - Chalcolithique

- Monte Lorento, Libiola, Saint Véran

Anatomie d'un VMS ... Galley et al., 2007



Siège de VMS au Crétacé inférieur ... Stampfli et al., 2002



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

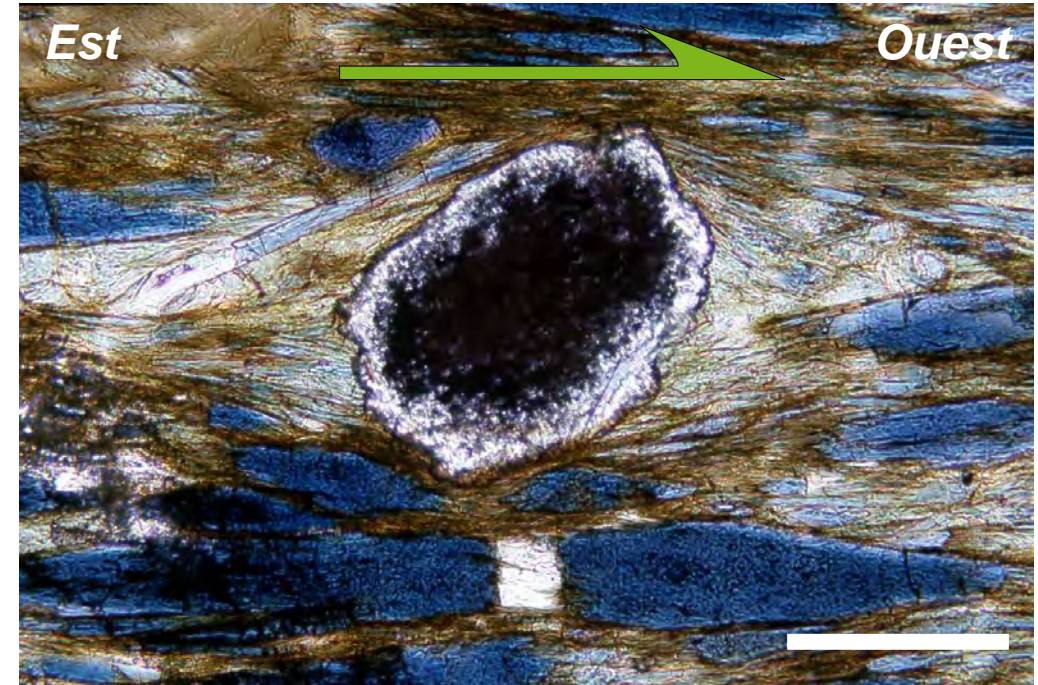
Enregistrement de la déformation

Phase (D1-S1?)/D2-S2



Magnésio-riébeckite, lawsonite, phengite

Phase D3-S3



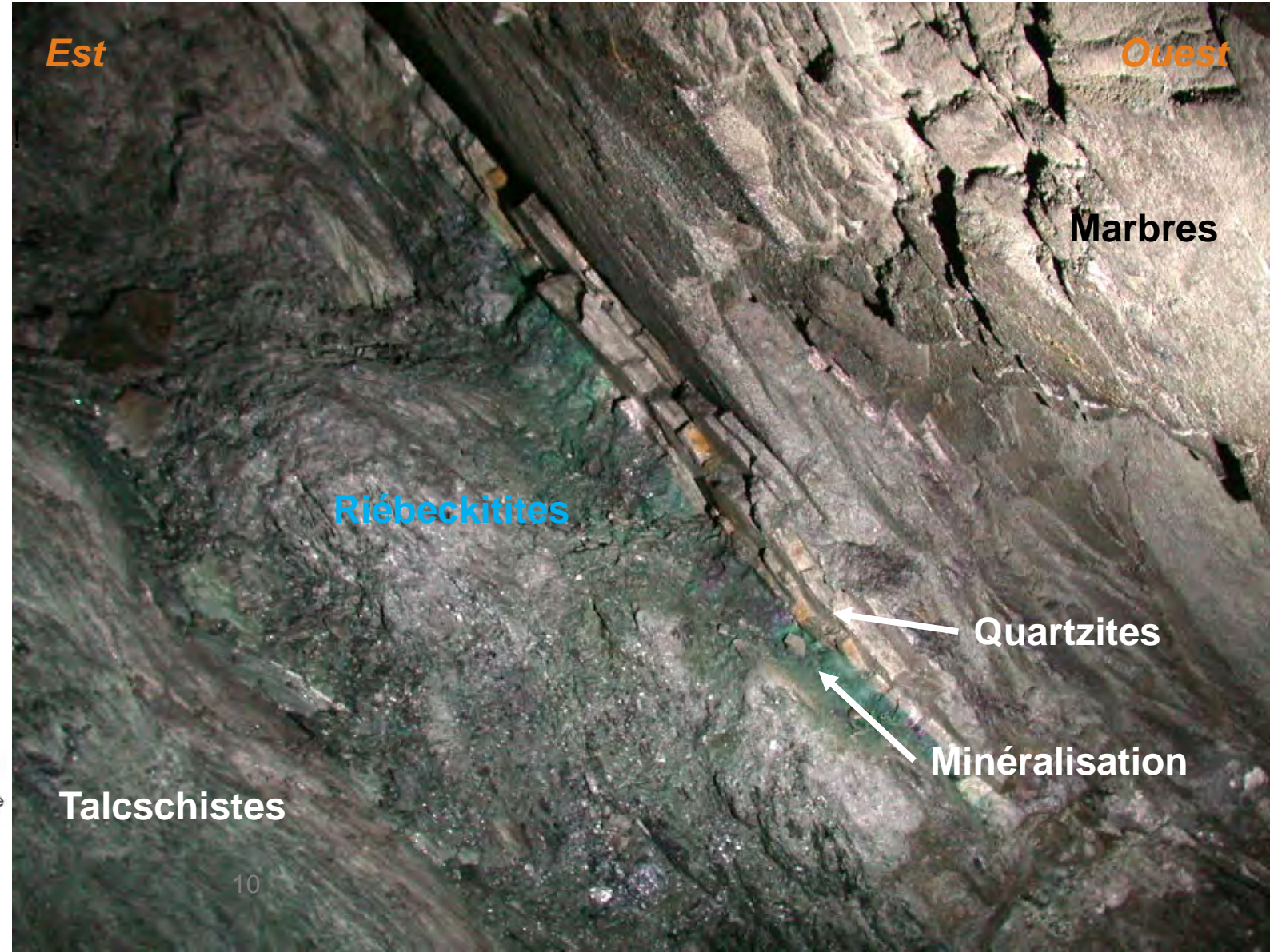
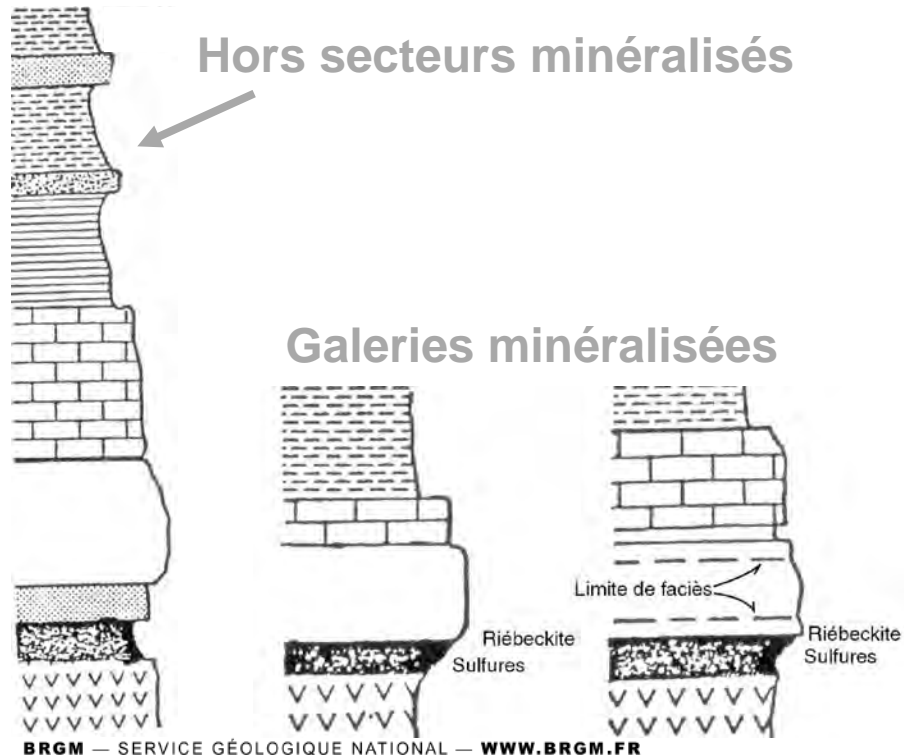
Chlorite, albite, stilpnomélane, rutile

Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Le gîte cuprifère des Clausis à Saint Véran

Structures minéralisées

- ↪ Une minéralisation « stratiforme »
- ↪ Une minéralisation fissurale !



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Structures parallèles à la foliation

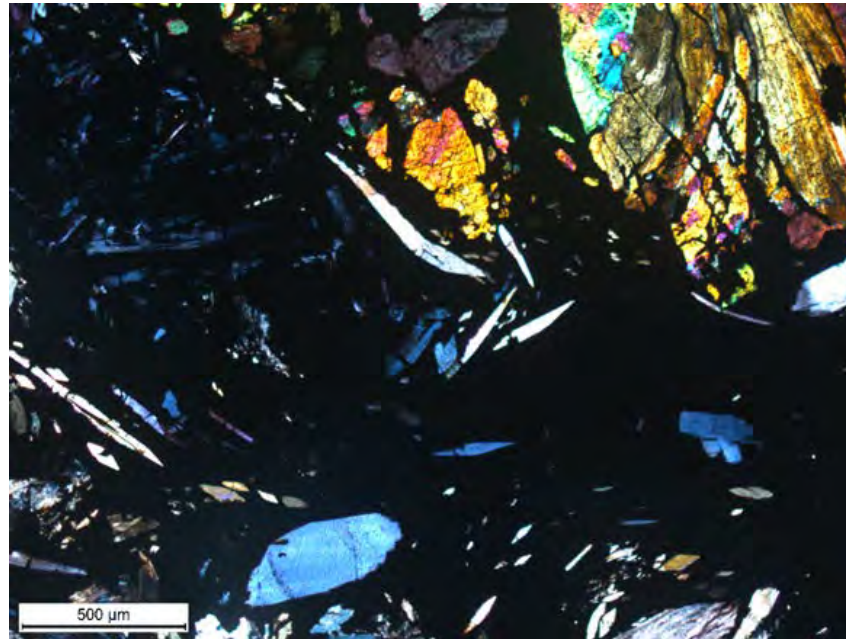
Lentilles orientées *ca.* N020 60°W

Contexte géologique

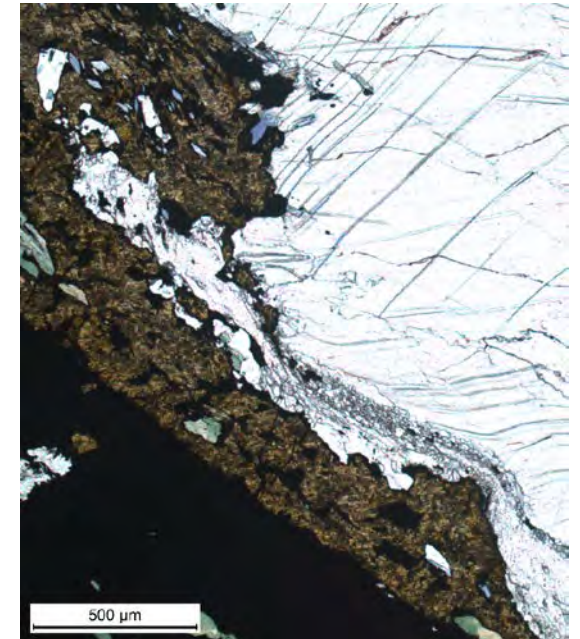
↳ Texture massive (bornite) avec parfois rubans mm de sphalérite



Eponte (toit) de la structure à cc, stp, ab, qtz et minéralisation massive



Caractère bréchi de la minéralisation avec clastes de rbk, ae, ab, qtz, stp, chl



Clastes de rbk, qtz et chl dans la sphalérite

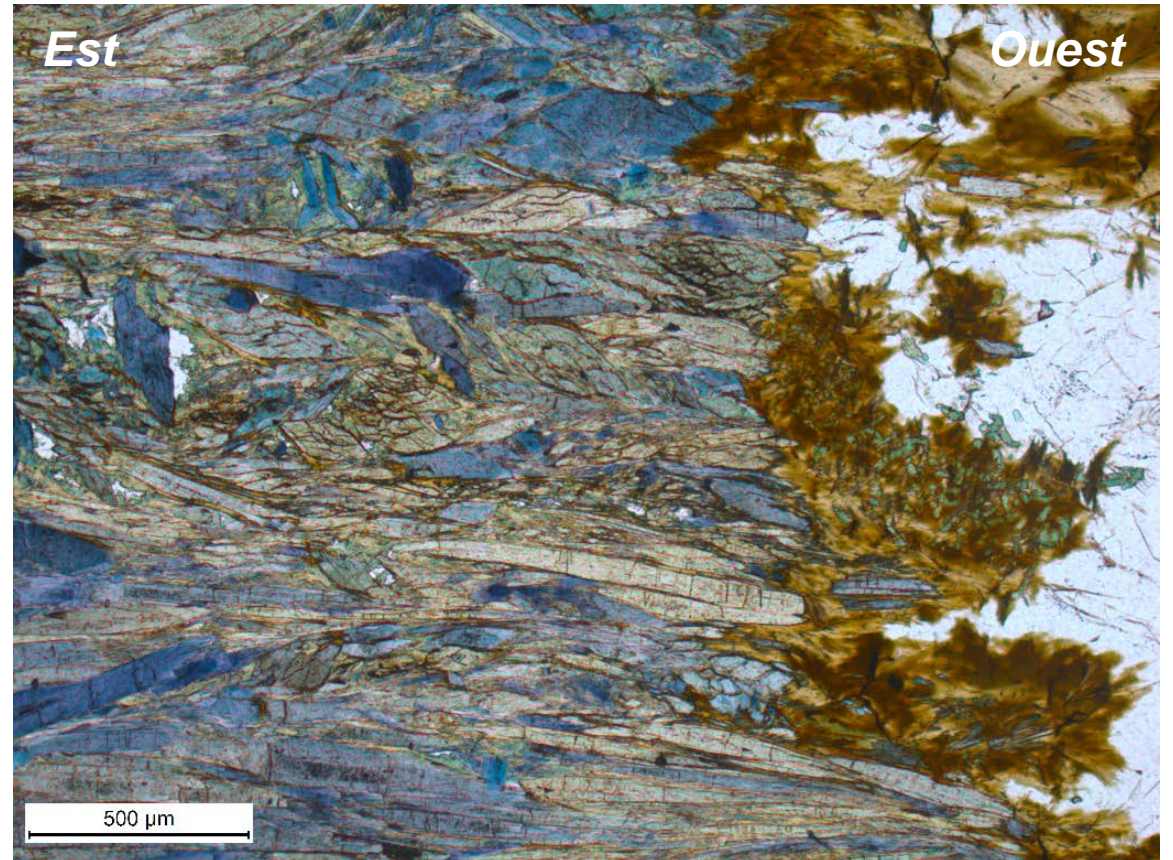
Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Structures recoupant la foliation

Fentes de tension orientées *ca.* N120 60-50°NE



Fentes de tensions N120 à qz-ab-cc-chl-stp et sulfures

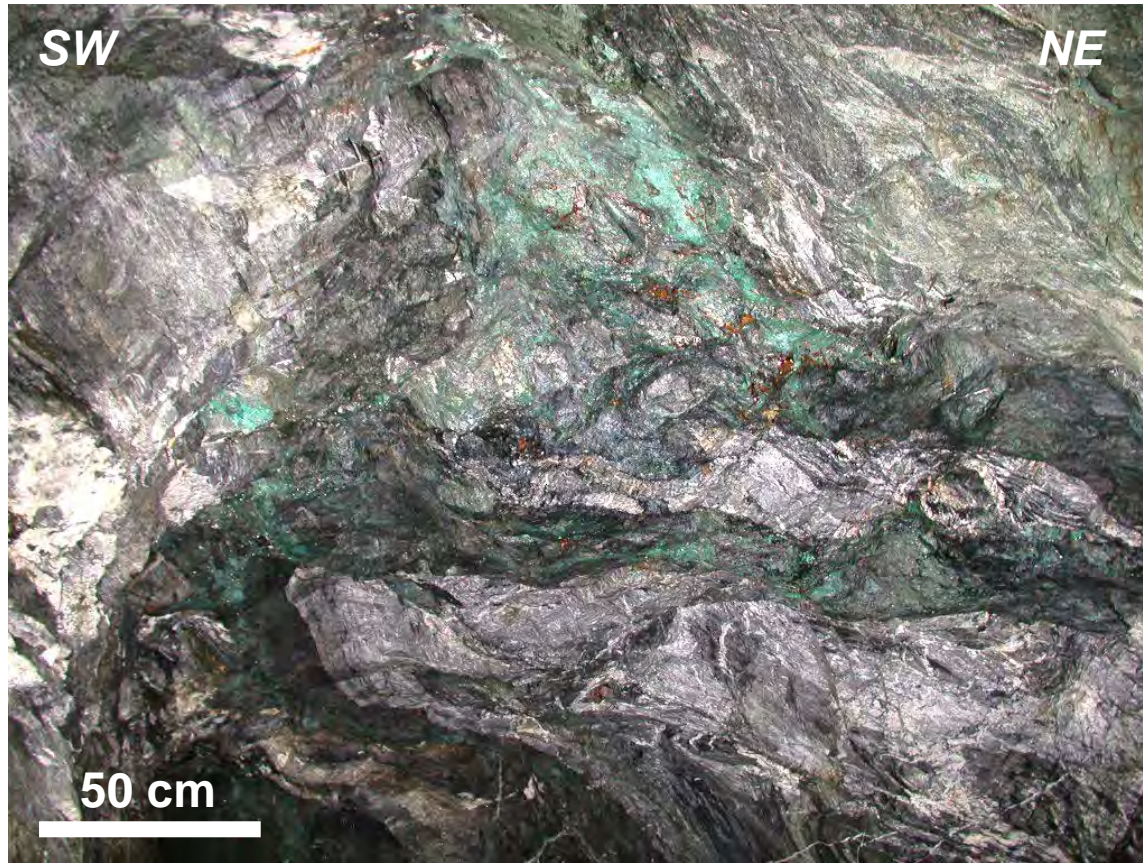


Riébeckite déstabilisée en magnésio-riébeckite ou ferro-glaucophane, fentes de tensions N120°E à qtz-ab-cc-chl-stp

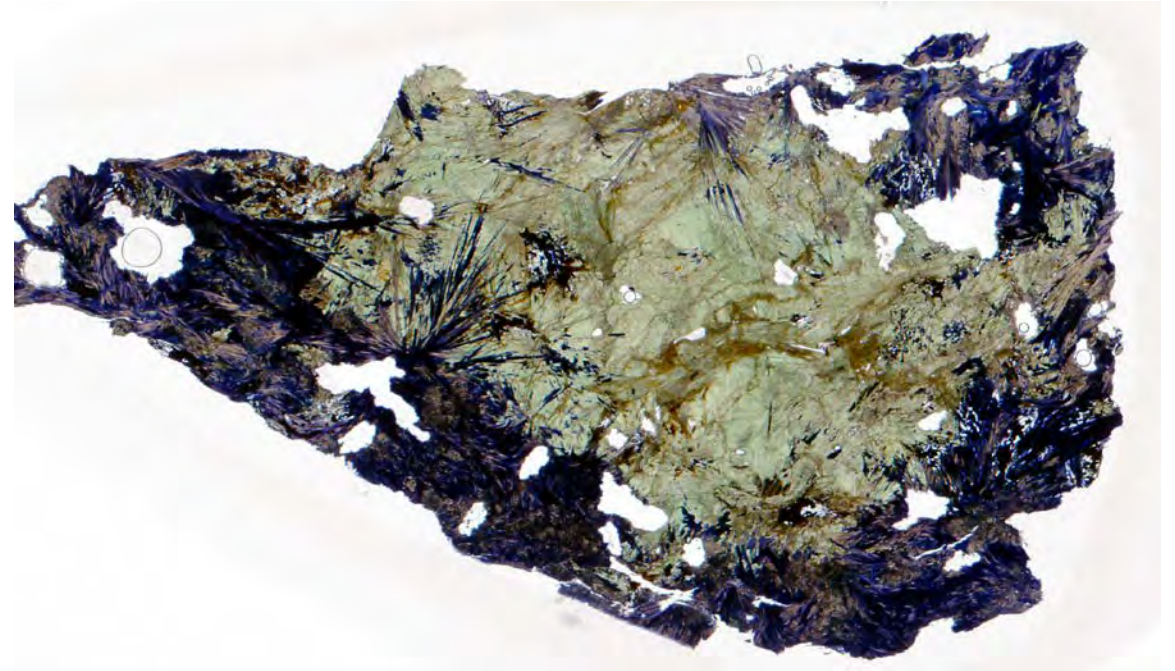
Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Timing et paragenèse de la minéralisation cuprifère

Stade 1 – *Ægyrine*, riebeckite + chalcopryrite



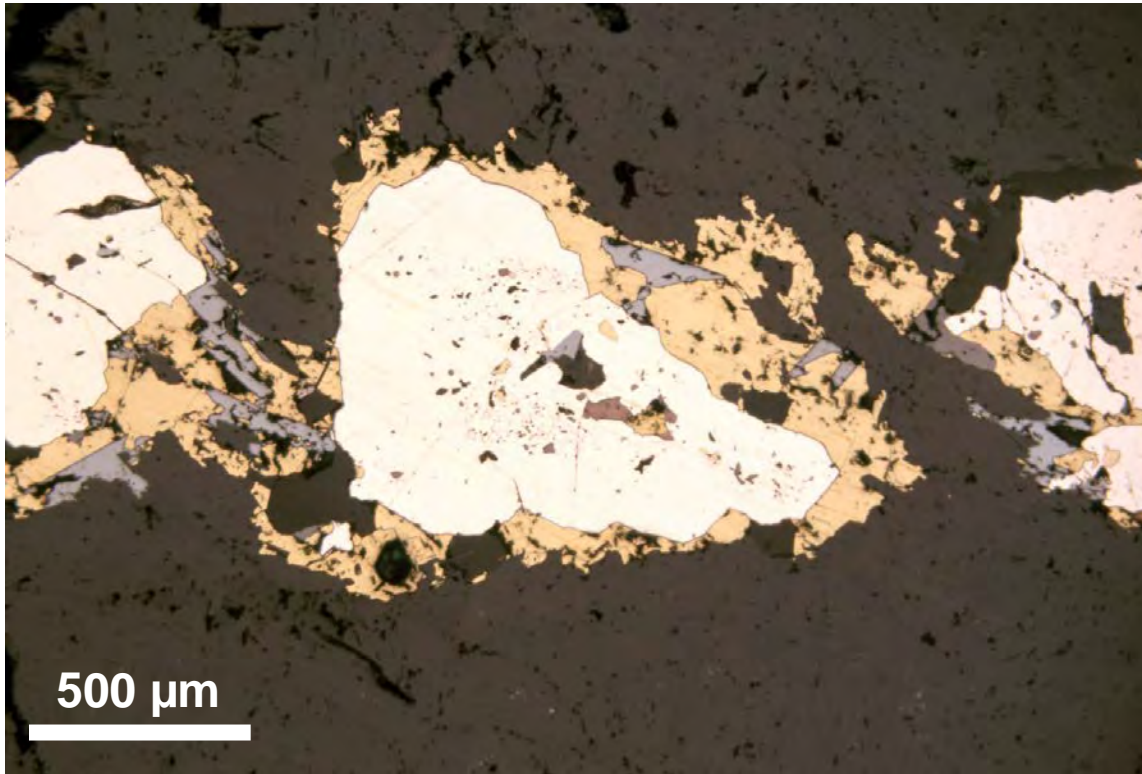
Filons de riebeckite sécants sur foliation S2



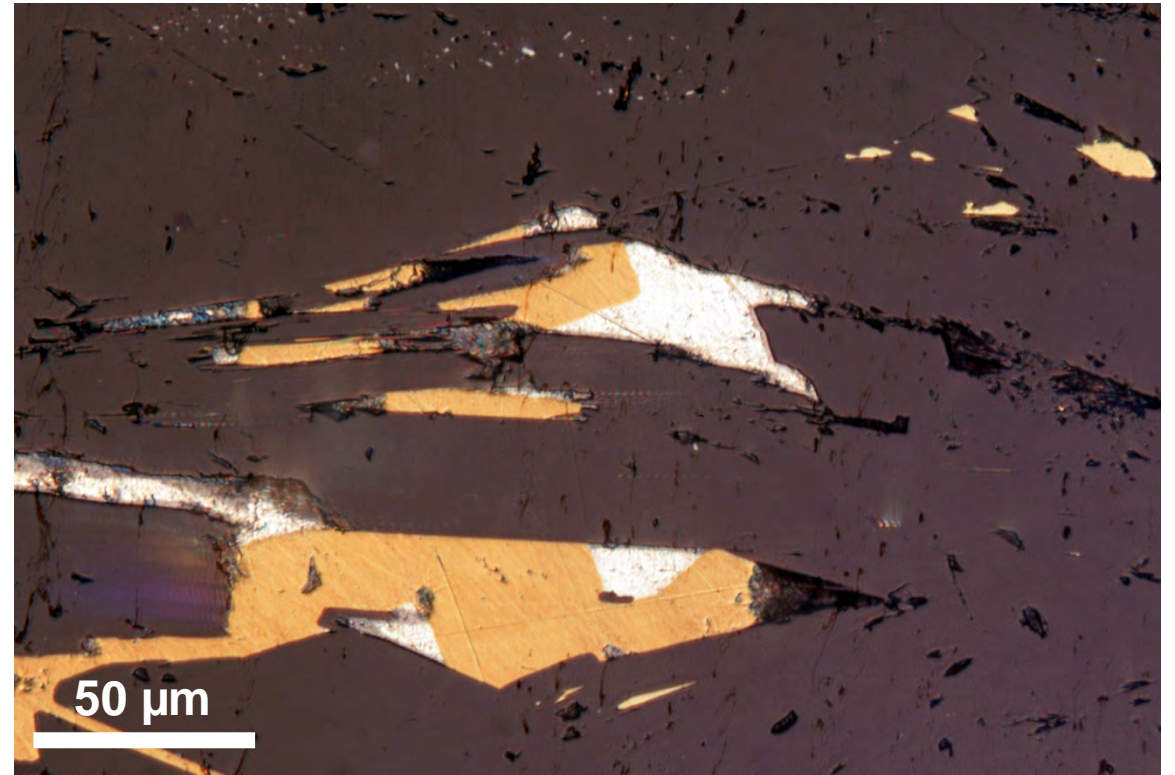
Ægyrine remplacée par riebeckite

Timing et paragenèse de la minéralisation cuprifère

Stade 1 – Ægyrine, riebeckite + chalcopryrite



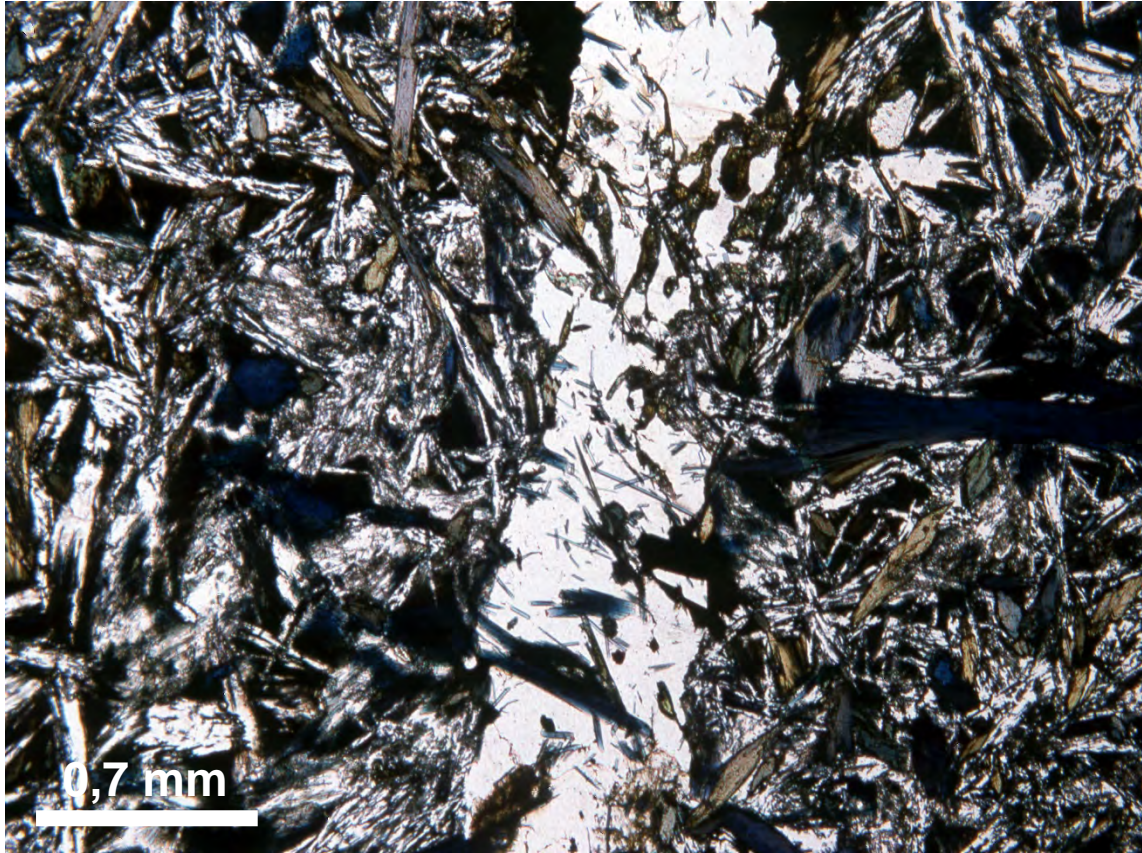
Dissémination de chalcopryrite, pyrite, ilménite dans la riébeckite



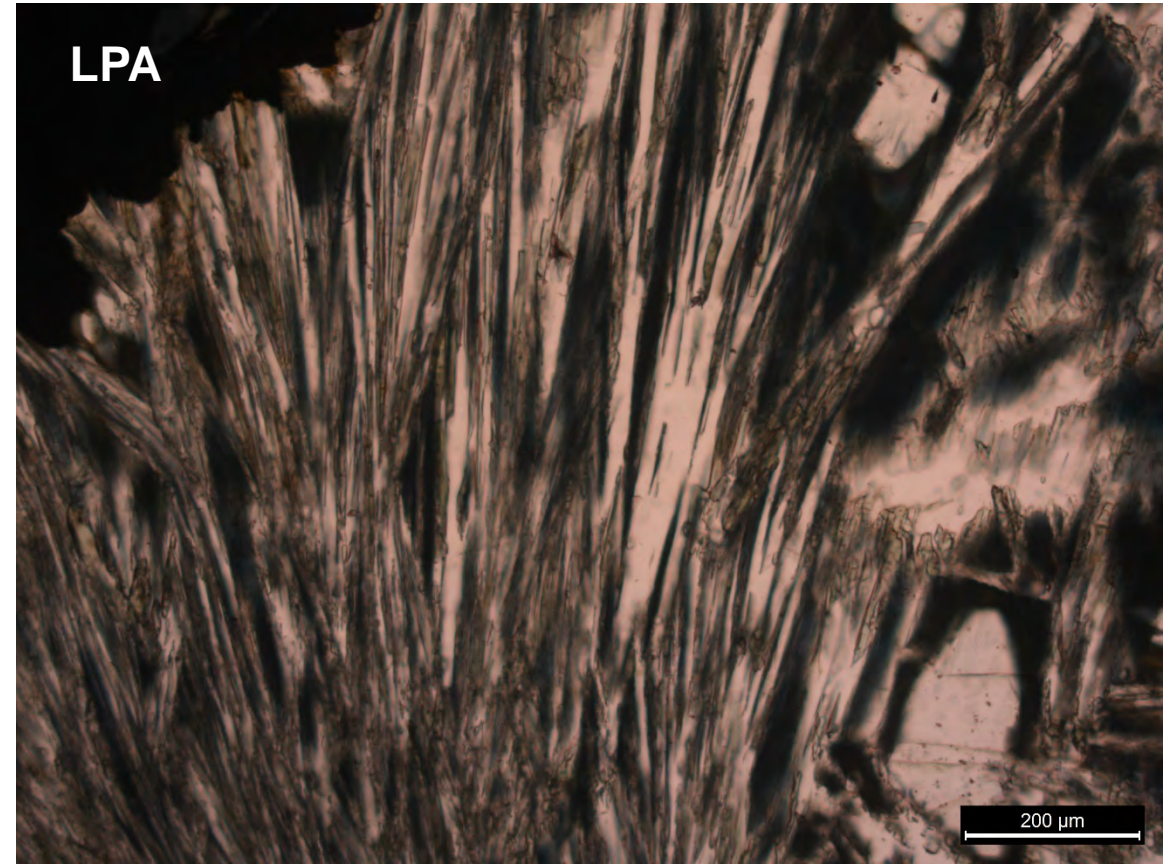
Dissémination de chalcopryrite et clausthalite dans la riébeckite

Timing et paragenèse de la minéralisation cuprifère

Stade 2 – Déstabilisation des assemblages à Rbk et Æ \Rightarrow quartz + albite + hématite + magnétite puis sulfures



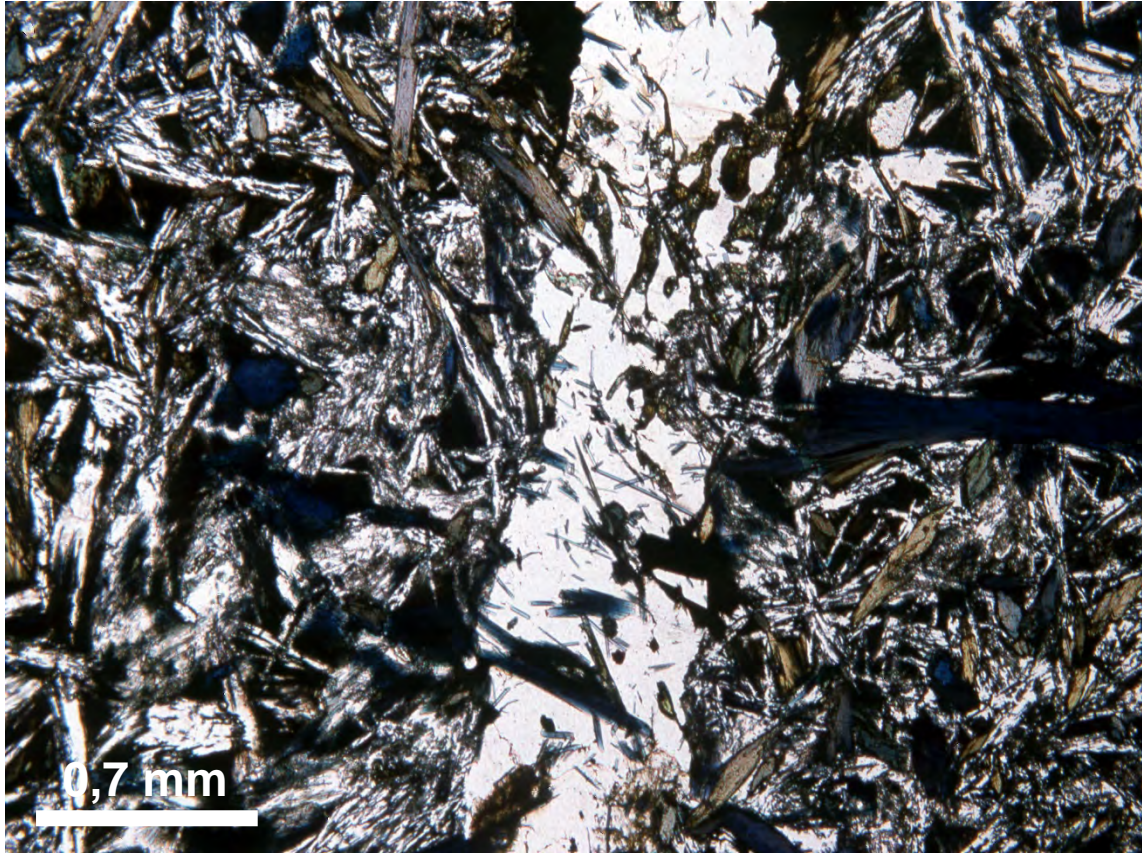
Filons de quartz, albite recoupant Rbk et Æ



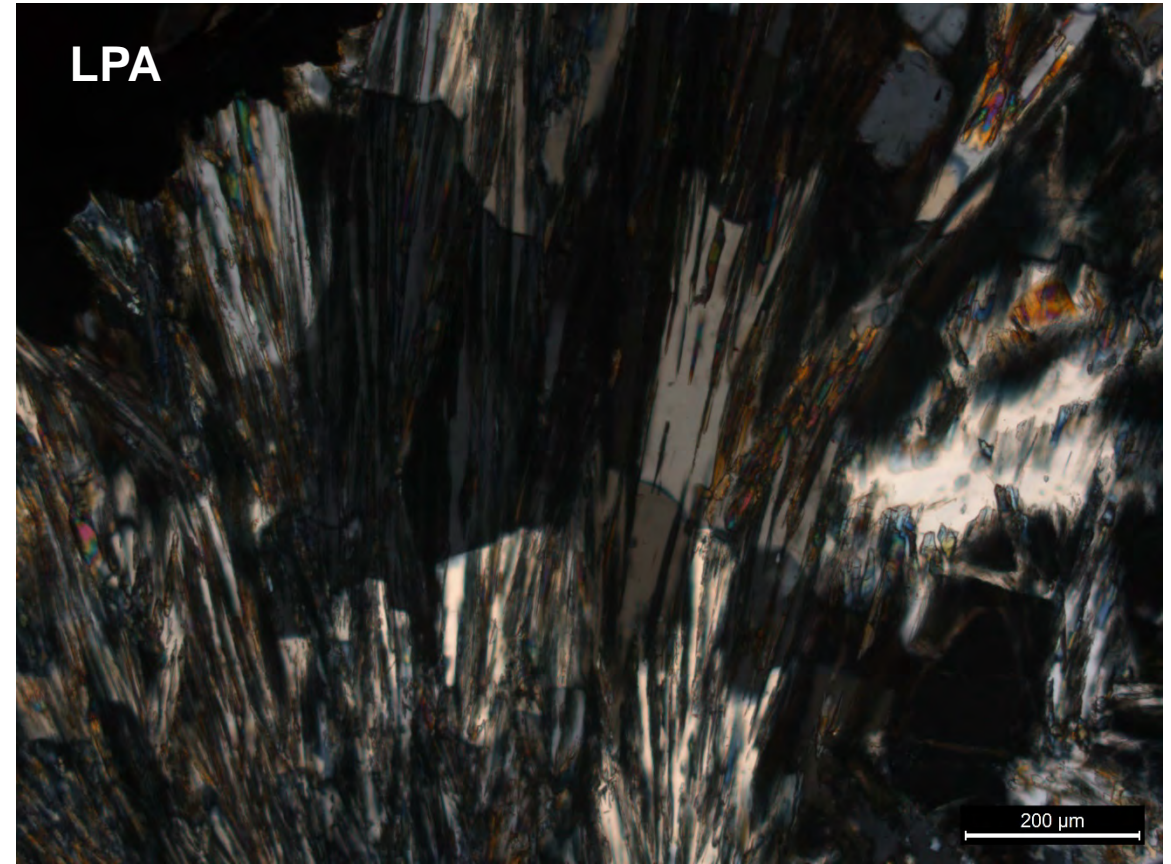
Rbk et Æ gyrine remplacées par qtz

Timing et paragenèse de la minéralisation cuprifère

Stade 2 – Déstabilisation des assemblages à Rbk et Æ \Rightarrow quartz + albite + hématite + magnétite puis sulfures



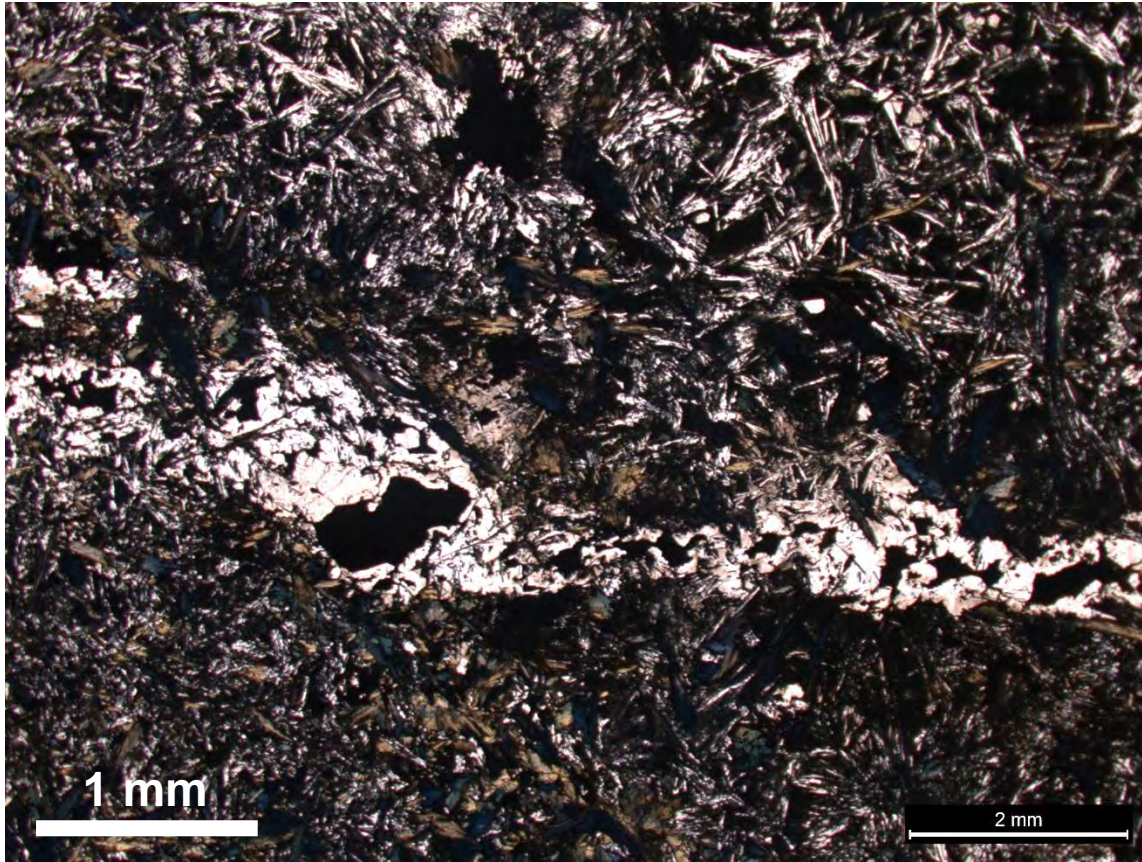
Filons de quartz, albite recoupant Rbk et Æ



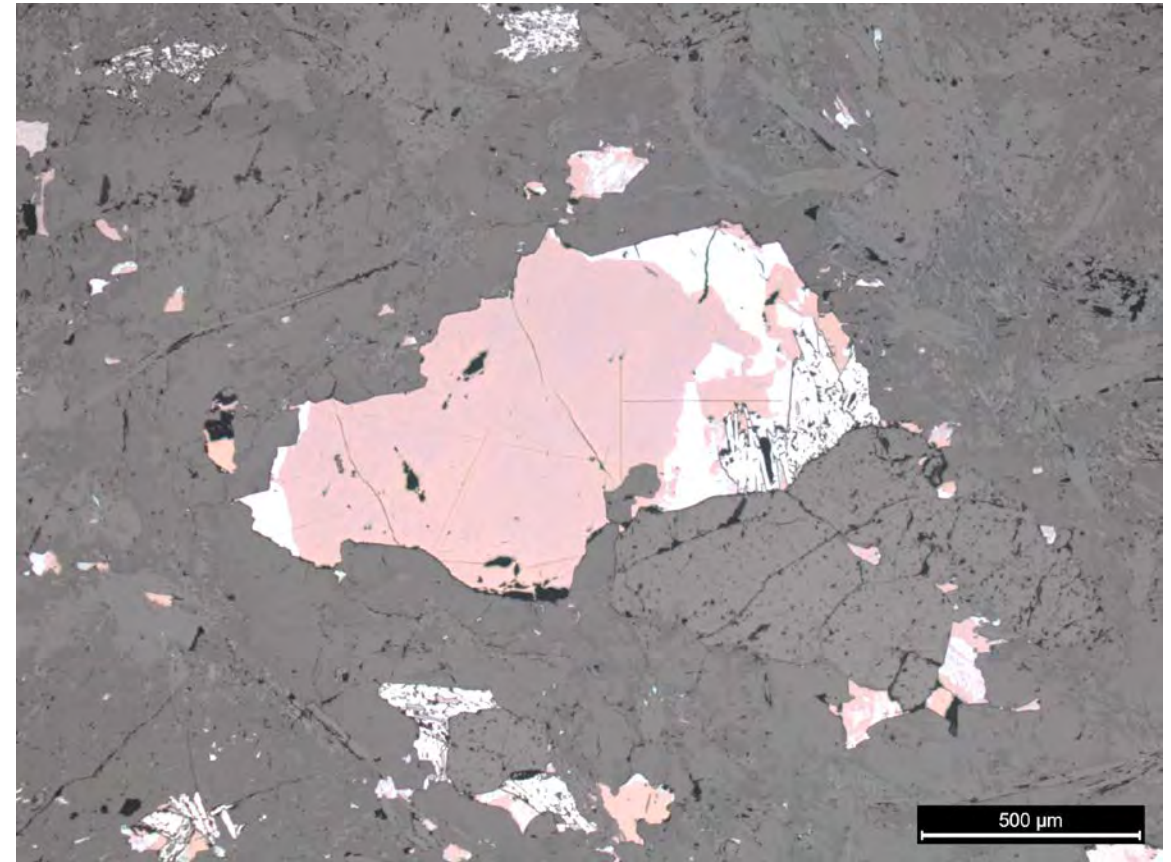
Rbk et Æ gyrine remplacées par qtz

Timing et paragenèse de la minéralisation cuprifère

Stade 2 – Déstabilisation des assemblages à Rbk et Æ \Rightarrow quartz + albite + hématite + magnétite puis sulfures



Filons de quartz, albite et sulfures recoupant Rbk et Æ



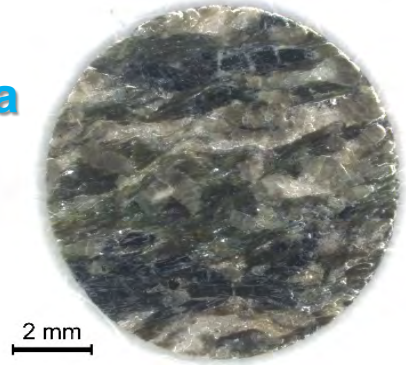
Hématite, bornite, chalcocite

Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

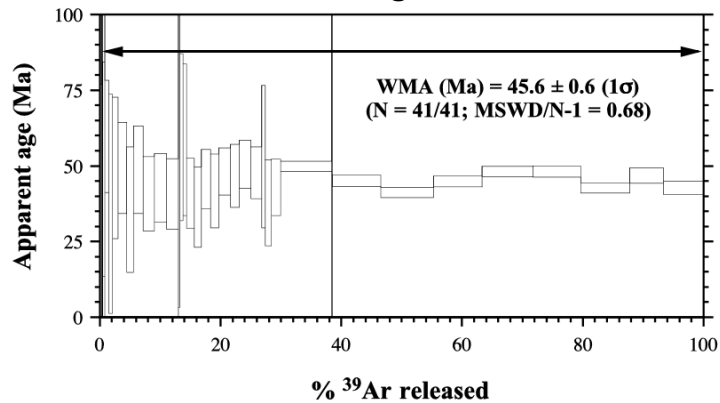
Géochronologie Ar-Ar

Phase **D2-S2**

45,6 Ma

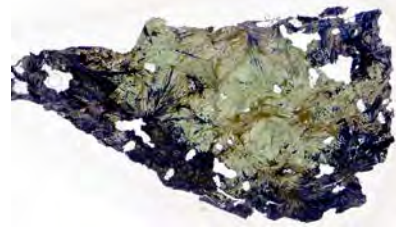


Phengite D2

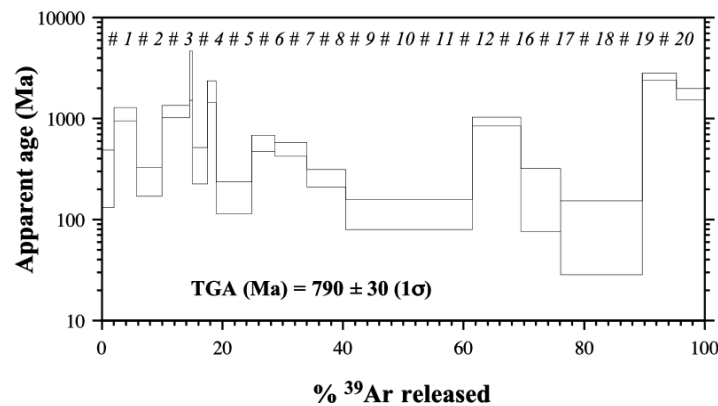


Riébeckite

Indatable

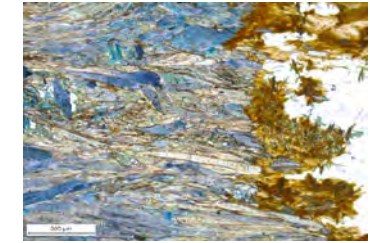
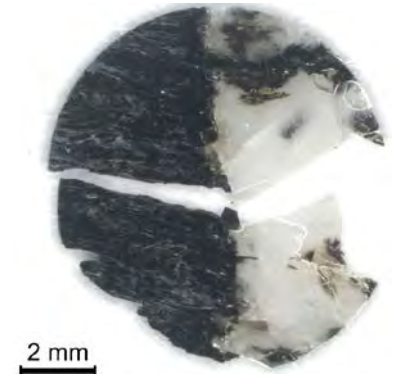


D2 < Riébeckite < D3

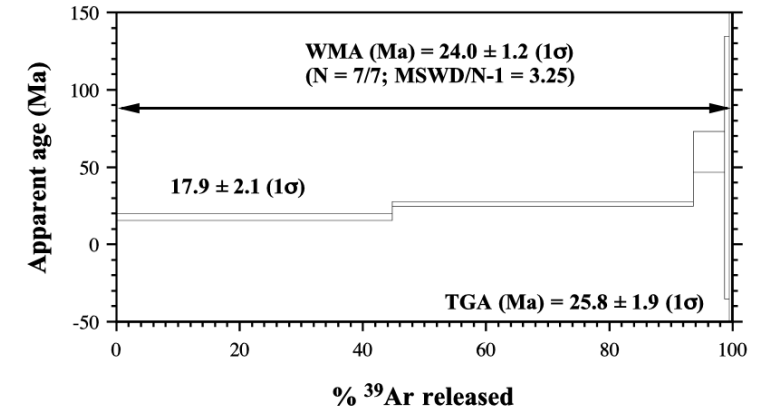


Phase **D3-S3**

17,9 Ma



Stilpnomélane D3



Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Géochimie isotopique du plomb

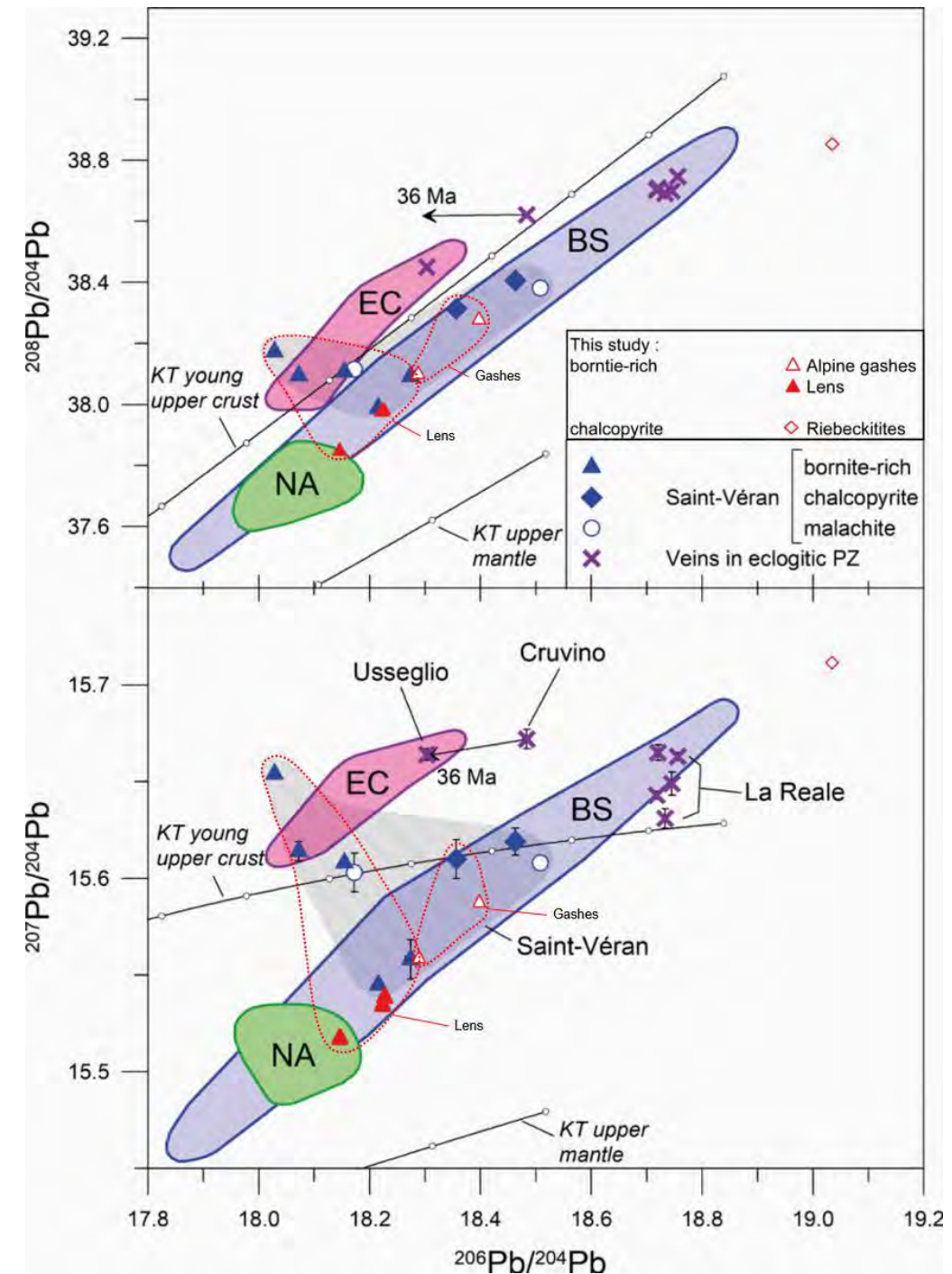
Réalisée sur bornite (lentilles massives, fentes de tension), et chalcoppyrite (dissémination dans la riébeckite)

Résultats

- Grande variabilité isotopique \Rightarrow mélange de Pb provenant de différentes sources
- Données à cheval sur les signatures de gîtes cuprifères des environnements éclogitiques & schistes bleus
- Faible rapport $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ dans les lentilles de bornite massive suggère une composante mantellique
- Fort rapport $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ dans les fentes de tension et riebeckitite suggère une composante crustale

Conclusion

- Minéralisation de Saint-Véran peut être liée à la dévolatilisation de formations crustales/mantelliques plus profondes subissant un métamorphisme prograde dans le faciès des éclogites, et/ou



Discussion - conclusion

Minéralogie

- Richesse en sulfures de cuivre
- Association sulfures avec niveau de riébeckitites
- Lentilles massives à texture bréchiques : sulfures massifs (bn, sp) et clastes de rbk, ab, chl, stp
- Fentes de tensions minéralisées

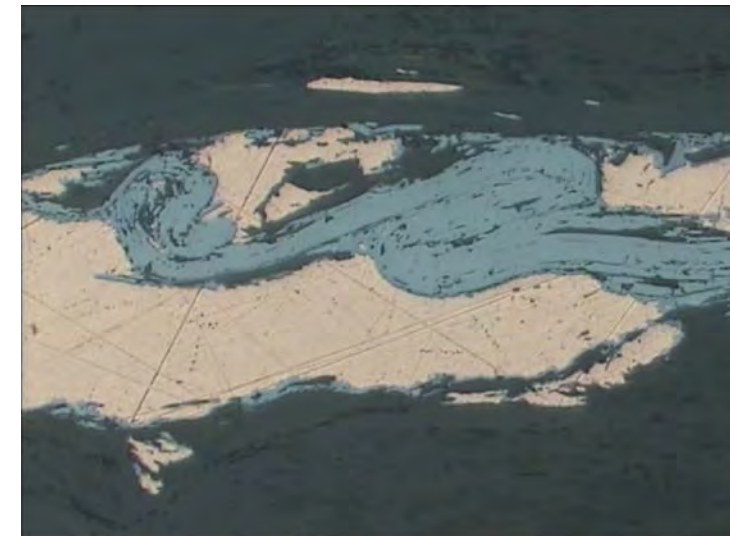
↪ mise en place synchrone de la rétro-morphose des assemblages de HP dans le faciès Schistes Verts

Formation

- Développement d'une paragenèse de HP-BT à gl-ph-lw datée à $45,6 \pm 0,6$ Ma (Ar/Ar sur phengite)
- Mise en place des riébeckitites et dépôt des premiers sulfures (cpy)
- Silicification, albitisation, hématisation résultant de la déstabilisation des riébeckitites
- Dépôt de sulfures de HT ($>400^\circ\text{C}$) appartenant au système Cu-S-Fe déstabilisés en phases de BT ($<300^\circ\text{C}$) et développement d'un important système de fentes de tension minéralisées à qtz-ab-chl-stp datées à $17,9 \pm 2,1$ Ma (Ar/Ar sur stilpnomélane)
- Déformations tardives et remobilisations secondaires (cuivre natif, covellite ...).



Fente à bn, sp, qtz, cc, ab recoupant les assemblages de HP

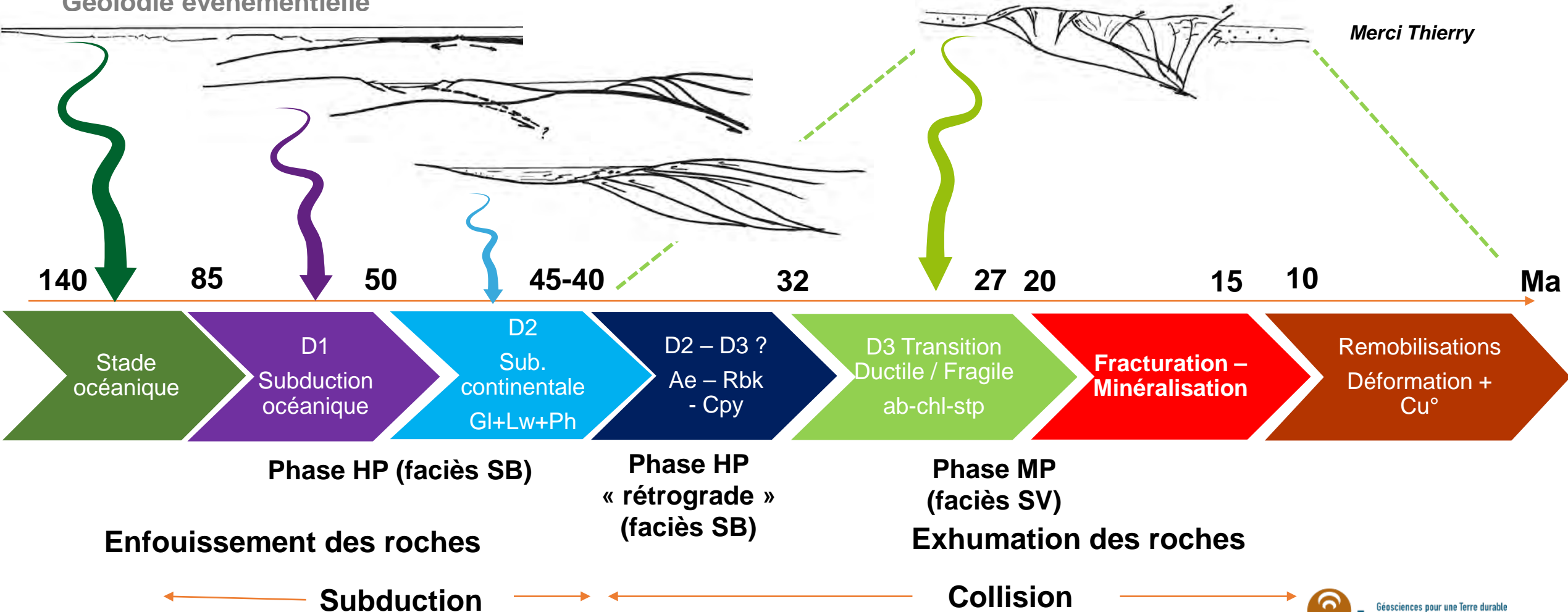


Cuivre natif et covellite

Processus métallifères syn-orogéniques des Alpes internes

Discussion - conclusion

Géoloaie évènementielle



Discussion - conclusion

Conclusion

- Le gisement de Clausis à Saint Véran n'est pas un VMS mais un gîte orogénique cuprifère.
- La paragenèse d'altération sodique (ae, rbk, ab), potassique (stp) ainsi que la richesse en oxyde de fer, Cu et les traces d'Au et U observées dans le gisement questionne sur l'éventualité d'un IOGC,
- Si les remobilisations alpines de gîtes pré-alpin restent possibles (e.g. Italie), l'existence d'une métallogénèse cuprifère alpine est ici prouvée
- Mieux comprendre les processus à l'origine de la mobilité des fluides et des métaux au cours de l'enfouissement et de l'exhumation des roches de HP constitue donc un enjeu important pour mieux contraindre la formation de gîtes orogéniques atypiques (i.e. autres que l'or) et donc la prospection de nouveaux modèles de gisements.

À suivre ...

Processus de serpentinitisation au stade océanique + subduction précoce, puis de déserpentinisation à HP