

Etude géophysique des environs du gîte de Kaltenberg (Valais) par polarisation spontanée, magnétisme et électromagnétisme

Autor(en): **Gex, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **74 (1981)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165099>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Etude géophysique des environs du gîte de Kaltenberg (Valais) par polarisation spontanée, magnétisme et électromagnétisme¹⁾

Par PIERRE GEX²⁾

ABSTRACT

The geophysical exploration of Alpine ore deposits presents various problems. The small extent of the lodes and rugged topography imply frequent adjustments of measuring techniques. After some considerations on the field apparatus, the paper gives an account of spontaneous potential, magnetic and electromagnetic (VLF) measurements carried out in an old Ni-Co mine of central Valais. The interpretation and discussion suggest a possible extension of the mineralized zone.

1. Introduction

Situation géographique

La mine de nickel-cobalt de Kaltenberg est située sur le versant gauche du val de Tourtemagne, un peu à l'amont de Gruben, à l'altitude de 2400 m environ. On y accède du fond de la vallée par une mauvaise route carrossable conduisant à l'important alpage de Kaltenberg. De là, par un bon sentier presque horizontal, on parvient rapidement au petit bâtiment de la mine. Les alentours du gisement et la zone explorée lors de cette étude forment le versant nord de l'arête rocheuse qui sépare le Bluömttäli du Frilitäli (fig. 1). Il s'agit d'une forte pente de moraine et d'éboulis, presque dépourvue d'affleurements, praticable en général sans grandes difficultés. Notre étude s'étend sur une superficie d'environ 500 sur 200 m, certains profils ayant dû être écourtés prématurément face à une paroi ou à une difficulté particulière du terrain.

Aperçu géologique

La région de la mine appartient à la série qu'on a appelée jusqu'ici «schistes de Casanna inférieurs», qui constituent une partie du noyau de la nappe du Grand St-Bernard. Cette dénomination doit désormais être abandonnée car les travaux les plus récents entrepris dans cette zone du Pennique semblent montrer qu'il s'agit

¹⁾ Etude réalisée dans le cadre d'un projet du Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, requête n° 82.647.0.78.

²⁾ Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne, 5, rue de l'Université, 1005 Lausanne, Suisse.

plutôt d'une série complexe, à rattacher aux gneiss des Mischabels, et dont l'âge antétriasique doit être probablement remis en question pour la série supérieure.

Plus concrètement, les roches encaissant le gisement appartiennent au sommet d'une zone de schistes chloriteux à séricite et albite. Vers le haut apparaissent des pegmatites à tourmaline et muscovite, puis des roches amphibolitiques. Tous ces niveaux, très hétérogènes dans le détail, sont intensément plissotés et le passage d'un terme à l'autre se fait sans limite nette. L'ensemble de la série présente un pendage assez régulier d'environ 30° vers le sud-est.

La zone étudiée comporte plusieurs accidents tectoniques importants. Par exemple, GILLIÉRON (1946), dans un travail consacré à cette zone, montre que le fond du Bluömattali correspond à une faille qui abaisse de 300 m les roches du compartiment nord. Cet accident peut vraisemblablement expliquer la disparition de notre zone anormale dans cette direction. Enfin, d'autres failles importantes, parallèles à la précédente, caractérisent la région sans affecter toutefois la zone explorée.

Minéralisation

Le minerai, où domine le cobalt, est constitué essentiellement de smaltine, de chloanthite et de safflorite, ainsi que dans une moindre mesure, de magnétite, de mispickel et de bismuth natif. Il se présente en filonnets et en lentilles épaisses parfois de 0,3 m, mais les zones exploitables ne se suivent en général que sur quelques mètres, relayées par des zones stériles ou disloquées.

La gangue se compose de carbonates (sidérose, ankérite, dolomie), de quartz, de chlorite et d'albite. Elle contient également un peu de magnétite et de mispickel. La teneur relativement élevée en magnétite de la gangue et du minerai joue un rôle important pour l'interprétation de l'anomalie magnétique décrite plus loin.

La forme du gisement est grossièrement celle d'un filon-couche d'environ 0,4 m de puissance avec quelques veines secondaires parallèles peu développées. De

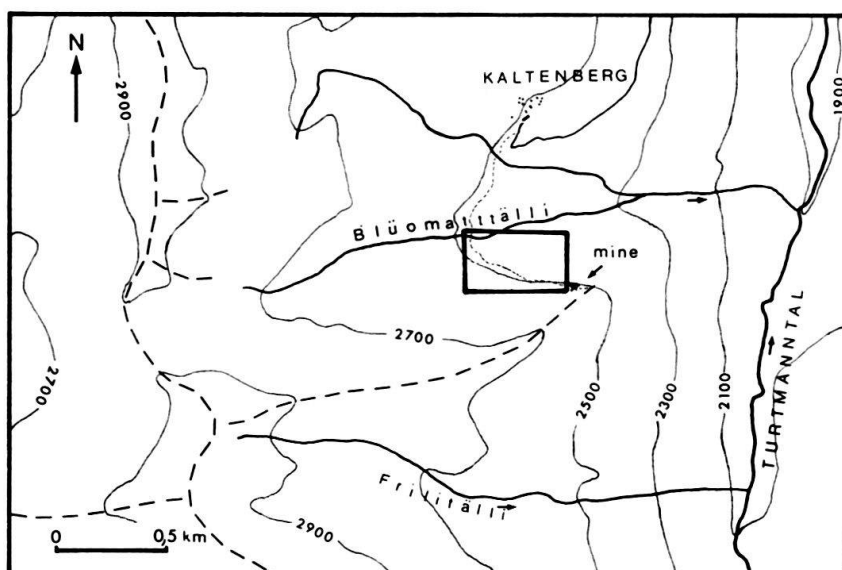


Fig. 1. Plan de situation.

nombreux plis et chevauchements compliquent singulièrement l'exploitation d'un tel gîte.

Dans la mine, l'extraction du minerai s'est faite sur plusieurs étages et le développement total des galeries atteint 500 m. Beaucoup sont praticables sans grandes difficultés.

Mentionnons enfin que le gisement, découvert en 1854, fut exploité avec de fréquentes et importantes interruptions jusqu'en 1918. Le Bureau Fédéral pour l'Armement tenta en 1942 une réévaluation du gîte et une remise en exploitation qui resta sans lendemain. Les baraquements et le sentier visibles aujourd'hui datent de cette époque. Il est difficile d'évaluer le tonnage total de minerai extrait. On peut l'estimer à environ 100 t, à 8% de Co et 1% de Ni. Pour fixer les idées, la valeur totale des métaux extraits représente près de 700 000 francs, en prenant le cours des métaux en vigueur au moment de cette rédaction.

2. But de l'étude

Lors d'une campagne d'essais réalisée en 1973, quelques profils P.S. (polarisation spontanée) menés non loin du gisement, dans sa partie ouest, révélèrent la présence de quelques anomalies. Mais l'utilisation d'un matériel classique, mal adapté aux conditions alpines, ainsi qu'un écartement excessif des mesures sur les profils, conduisirent à l'abandon provisoire du site. En 1974, un travail de diplôme n'apporta rien de nouveau, sinon des conclusions négatives sur un essai de prospection magnétique. La présence des anomalies P.S. ne prouvait pas nécessairement la présence de minerai, mais l'existence d'un niveau conducteur et d'une composition favorable à la production de courants naturels. Il semblait dès lors intéressant de reprendre l'étude sur une base nouvelle, avec une mise en œuvre exactement adaptée au problème. Quelques considérations sur la direction et le pendage de la série amenèrent à tenter quelques essais sur une prolongation éventuelle de ce niveau à plus de 400 m à l'ouest de la mine. Des mesures très serrées (tous les 2,5 m), possibles grâce à un matériel nouveau, montrèrent rapidement à l'endroit présumé la présence d'une anomalie aiguë et d'une amplitude de -200 mV environ. Deux profils de contrôle menés parallèlement au premier confirmèrent pleinement ces observations. Des mesures magnétiques exécutées sur les mêmes stations, avec une densité semblable, révélèrent une anomalie d'une forme identique, atteignant 100γ .

Ces nouveaux résultats nous incitèrent à entreprendre une étude systématique de la partie située à l'ouest de la zone exploitée. Les cartes et profils présentés plus loin ont été réalisés grâce à 300 mesures de P.S. et de champ magnétique total sur les mêmes stations. Enfin, deux profils par la méthode électromagnétique VLF ont apporté une confirmation intéressante. La synthèse de ces différentes observations, ainsi qu'un essai d'interprétation, constituent l'essentiel de cet article.

3. Méthodes de mesures et mises en œuvre

Polarisation spontanée (P.S.)

Les mesures de P.S. ont été réalisées par la méthode de la canette. Elle consiste à mesurer le potentiel des points du sol par rapport à une électrode de référence fixe, située loin de la zone principale de travail.

La liaison électrique nécessaire est assurée par un fin fil de cuivre isolé (0,2 mm de \varnothing) qui se dévide d'une canette. Celle-ci se compose d'un cylindre contenant la bobine de fil. Cette bobine est fixe et le fil se dévide par la simple traction due à la marche de l'opérateur. Les électrodes sont du type impolarisable ($\text{Cu}-\text{CuSO}_4$) et réalisées en PVC et bois. Les valeurs du potentiel sont lues sur un millivoltmètre digital à polarité automatique, spécialement construit pour le travail de terrain.

Le repérage des stations se fait grâce à un compteur métrique actionné par le dévidage du fil de cuivre. Ce dispositif rend l'opérateur complètement autonome et permet un espacement aisé et précis des stations selon l'intérêt des anomalies rencontrées. La souplesse dans l'adaptation immédiate des mesures aux particularités d'un site est la condition essentielle dans l'application de la méthode par P.S. Un mince niveau électriquement actif peut passer pour discontinu ou même être manqué par l'emploi systématique d'une densité de mesures fixée a priori. Comme on l'a vu plus haut, le cas de Kaltenberg en offre une bonne illustration.

Mesures magnétiques

Les mesures magnétiques ont été exécutées grâce à un magnétomètre à protons, modèle G-826, construit par Geometrics. L'appareil mesure la valeur absolue du champ total avec une résolution de 1γ (10^{-5} Oe). Lors de la campagne, les mesures magnétiques ont porté sur les mêmes stations que celles de la P.S. et simultanément, profitant ainsi des indications métriques du compteur décrit précédemment. Deux opérateurs suffisent à la mise en œuvre efficace des deux méthodes. La rapidité du levé a permis de négliger l'influence de la variation diurne.

Mesures électromagnétiques (VLF)

Les mesures ont été espacées en général tous les 5 m et menées le long de deux profils également explorés par P.S. et magnétisme, afin d'obtenir sur un même niveau trois réponses paramétriques différentes.

L'appareil utilisé est du type SE-81 de Scintrex. La bande des fréquences de travail possible s'étend de 15 à 25 kHz. Par la méthode VLF, il est possible de mesurer plusieurs éléments du champ électromagnétique tels que composantes horizontale et verticale, angle de déphasage. Lors de cette étude, nous avons mesuré l'amplitude de la composante verticale, exprimée en pour-cent de la valeur du champ primaire horizontal. Théoriquement, en l'absence de conducteur, la composante verticale est nulle, au bruit de fond près.

4. Résultats

Polarisation spontanée

L'ensemble des 14 profils permet l'établissement d'une carte équipotentielle significative (fig.2). Le caractère linéaire de l'anomalie, sa faible largeur, montrent vraisemblablement l'existence d'un mince niveau électriquement actif, pratiquement continu. L'étalement relatif des courbes dans la partie centrale de la carte provient, semble-t-il, d'un épaissement de la couverture dû à un cône de déjection localement plus développé. La valeur du minimum de l'anomalie est comprise le plus souvent entre -150 et -200 mV, le potentiel remontant rapidement de part et d'autre. L'allure typique des profils est donnée par les deux exemples de la figure 3. Le caractère aigu des anomalies indique à première vue une faible profondeur du niveau actif.

Magnétisme

Les mesures du champ total, un peu moins étendues que les mesures électriques, permettent néanmoins de dessiner une carte intéressante (fig.4). L'anomalie est

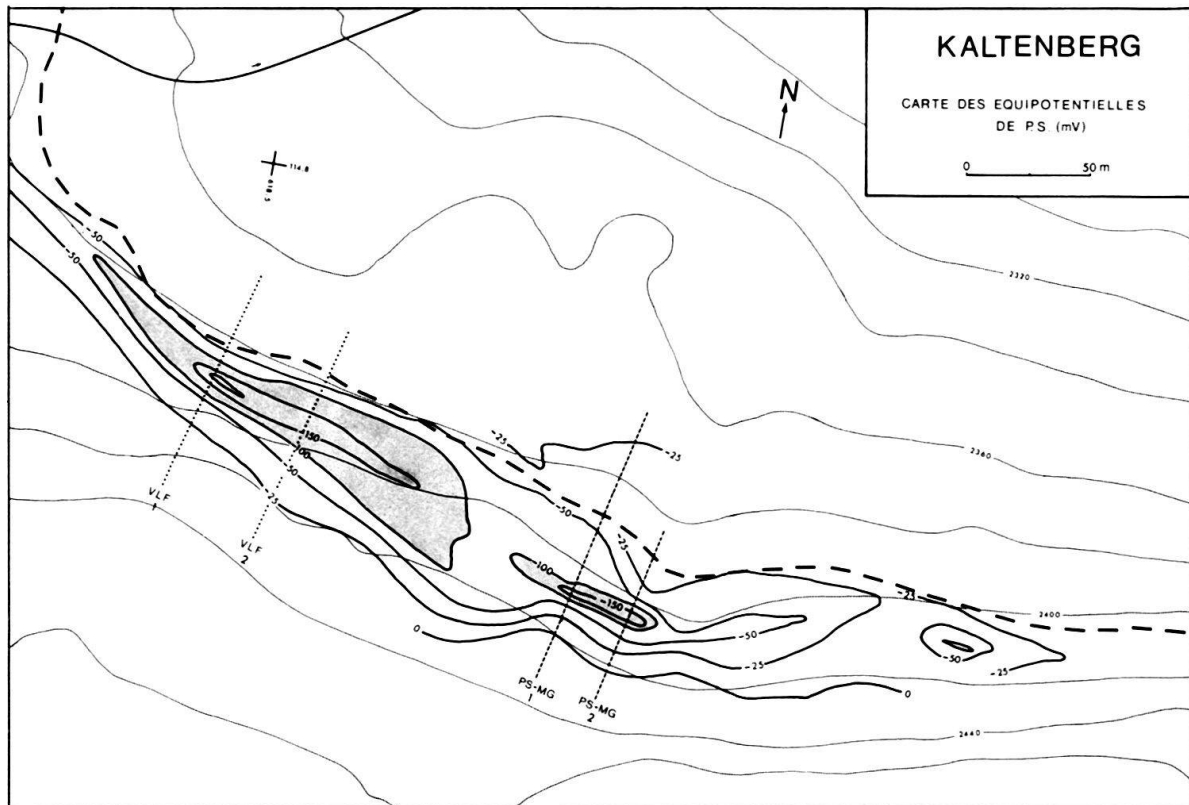


Fig. 2. Carte des équipotentiels de polarisation spontanée.

négative, atteignant 100γ au maximum. Son allure sensiblement linéaire correspond probablement à un niveau continu et bien individualisé. La figure 5 montre deux anomalies magnétiques obtenues sur les profils électriques décrits plus haut. Cette similitude remarquable se retrouve également sur d'autres profils. Notons enfin le caractère exclusivement négatif des anomalies malgré l'orientation normale nord-sud des profils. Cette particularité sera discutée au chapitre consacré à l'interprétation.

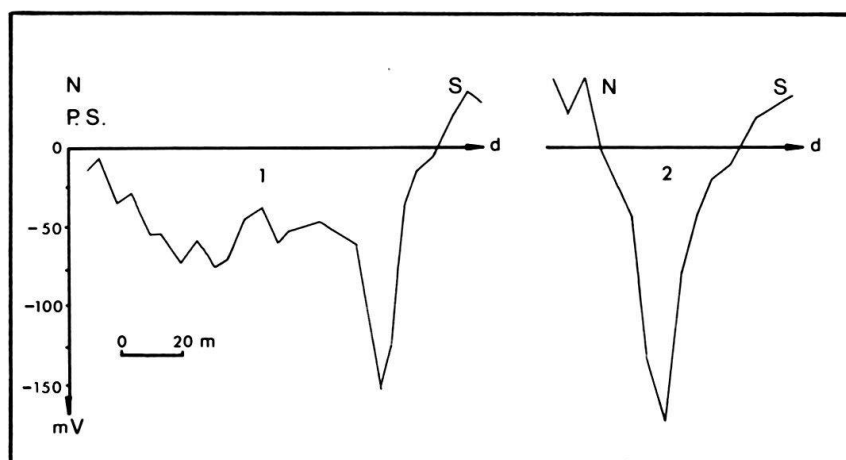


Fig. 3. Exemples de profils de polarisation spontanée.

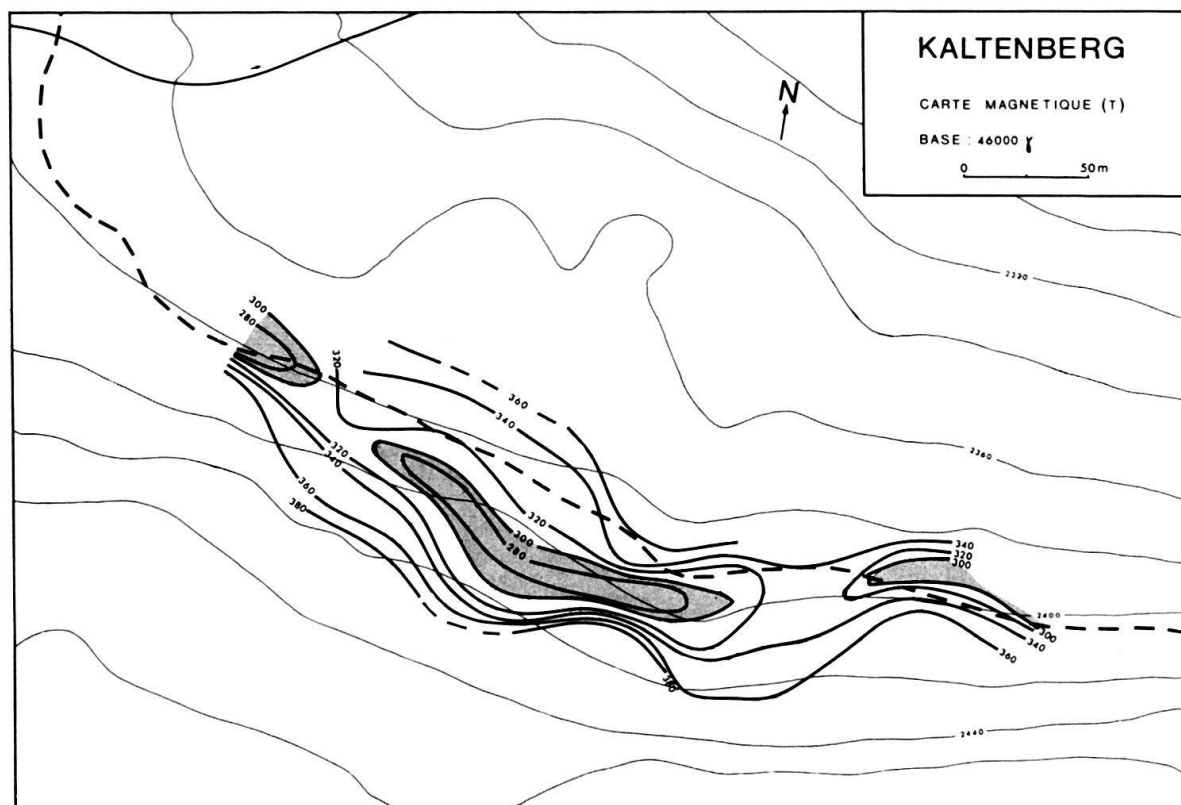


Fig. 4. Carte du champ magnétique total.

Electromagnétisme

Les mesures VLF, peu nombreuses, ne constituaient primitivement qu'un essai de mise en œuvre de la méthode. Cependant, les résultats obtenus se révélèrent d'emblée intéressants et permettent d'apporter une contribution originale à la connaissance de l'anomalie de Kaltenberg. Les deux profils relevés (fig. 6) montrent un maximum de 60 à 70% et une bonne corrélation de l'un à l'autre. Ces résultats montrent que l'on se trouve en présence d'un niveau nettement plus conducteur que les roches environnantes. Une exploration systématique de la zone mériterait d'être entreprise par cette méthode.

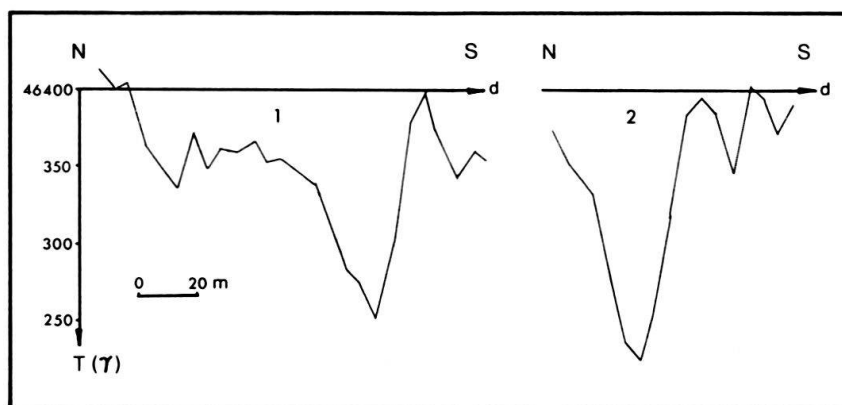


Fig. 5. Exemples de profils magnétiques.

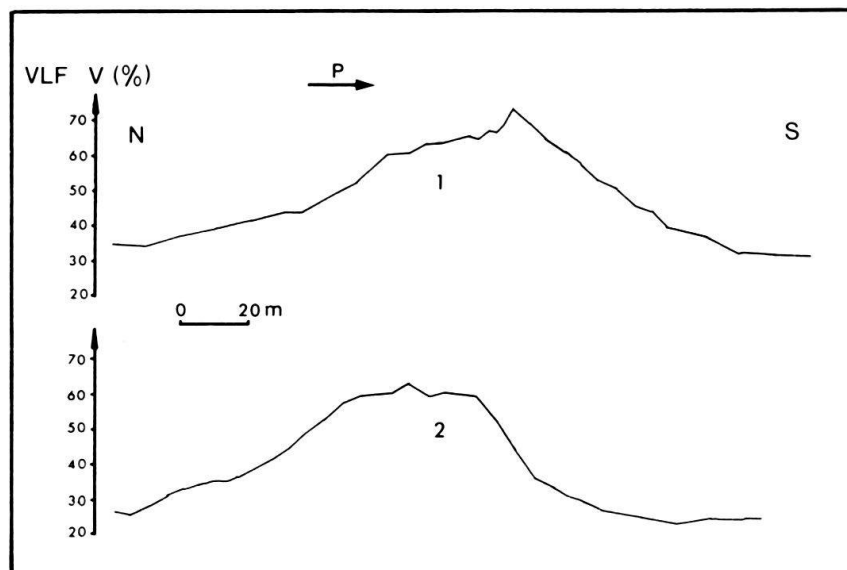


Fig. 6. Profils d'électromagnétisme VLF.

5. Interprétation et discussion

La convergence des informations fournies par les trois méthodes utilisées, liée aux données géologiques et pétrographiques, permet d'envisager une extension possible du niveau minéralisé. L'absence d'affleurement dans la zone d'anomalies réduit cependant toute interprétation au rang d'hypothèse.

Comme le montre la carte de P.S. (fig. 2), l'anomalie électrique semble provenir d'un mince niveau probablement continu. Un essai d'interprétation semi-quantitative a fourni une valeur de l'ordre de 3 à 5 m pour l'épaisseur du recouvrement. La cause de la réaction électrique peut être due soit au minerai de Ni et Co ou à d'autres sulfures ou arsénio-sulfures, soit encore à un niveau graphiteux, bien que ce minéral n'ait pas été signalé par F. Gilliéron. Cependant, près des baraquements de la mine, nous avons découvert, à l'aplomb du minimum d'un profil de détail, un mince niveau de schistes noirs charbonneux. Par sa faible dureté, sa couleur et sa grande conductibilité électrique, le minéral se présente comme du graphite. Or, ni le diffractomètre, ni la caméra de Guinier n'ont pu mettre en évidence une des raies caractéristiques de ce minéral.

Ce fait s'accorde avec d'autres observations du même genre sur des «graphites» alpins, où seule la microsonde a pu montrer la teneur quasi totale en C (MOREL 1978). FEYS (1957), dans son étude du Houiller briançonnais, note également l'absence de cristallinité observable à propos de prétendus graphites, même situés dans des roches métamorphisées par des filons de roches intrusives.

Grâce à son habitus pelliculaire, ce «graphite» peut, même sous une faible teneur, rendre un niveau très conducteur et créer le phénomène P.S. si sa continuité électrique est suffisante et son environnement physico-chimique adéquat.

L'amplitude des anomalies de P.S. dues au graphite est habituellement de l'ordre de -500 mV et plus, or les potentiels observés à Kaltenberg ne dépassent pas -200 mV. Cette valeur relativement faible s'explique peut-être par la minceur (quelques cm?) du niveau électriquement actif.

Il est possible également que l'anomalie soit due en partie au minerai de Ni-Co et aux autres minéraux qui complètent sa paragenèse, comme le mispickel et la pyrite. Les sulfures et arsénio-sulfures de nickel et de cobalt ne sont pas connus particulièrement pour être le siège d'une réaction de P.S., mais l'absence d'exemples ou d'essais concernant ces minéraux n'autorise pas à conclure par la négative. Leur conductibilité électrique est semblable à celle des autres minéraux détectables par P.S., et cette caractéristique est importante puisqu'elle satisfait la seule condition admise sans restriction par toutes les théories sur la genèse du phénomène P.S.

Il est vraisemblable enfin que graphite et arsénio-sulfures coexistent dans le même niveau. Cette association s'observe assez fréquemment et on peut citer comme exemples des gîtes de mispickel aurifère de Salanfe, d'Astano et de St-Paul-sur-Isère, ainsi que Goppenstein (galène). La présence de schistes graphiteux s'explique peut-être par le rôle de lubrifiant tectonique facilitant la création de zones décollées et cisailées, favorables à la mise en place d'une minéralisation. L'aspect physico-chimique de la relation carbone-métaux a peut-être également une certaine importance métallogénique.

La présence de magnétite liée au minerai et à la gangue, soulignée maintes fois par F. Gilliéron, permet d'interpréter l'anomalie magnétique avec une certaine confiance. D'après un calcul théorique adapté aux conditions locales, une anomalie de l'ordre de 100γ ne nécessite qu'une teneur de quelques pour-cent de magnétite dans la roche. Cette valeur semble très plausible pour le minerai de Kaltenberg. L'anomalie observée ne semble pas provenir des minéraux de Ni et de Co, leur susceptibilité magnétique étant trop faible ($\sim 200 \cdot 10^{-6}$ cgs).

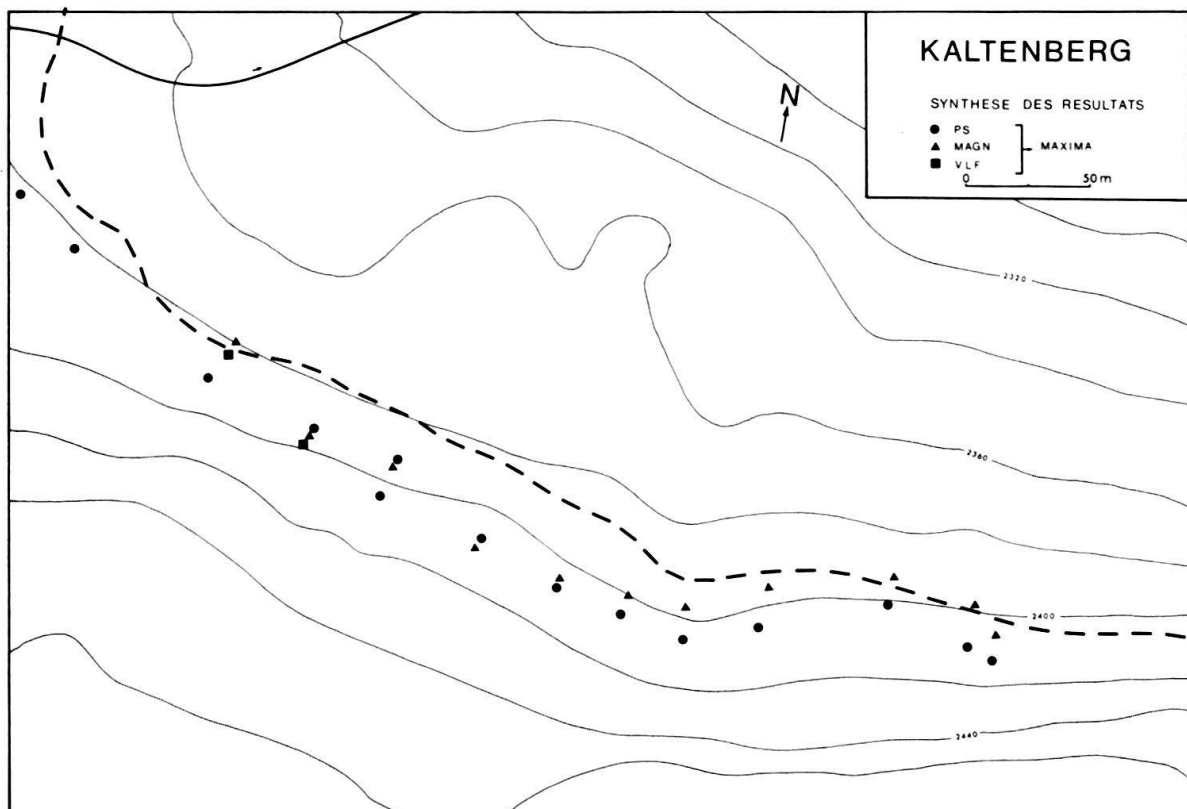


Fig. 7. Carte des maxima de polarisation spontanée, magnétisme et VLF.

Le signe négatif et l'allure inhabituelle des anomalies ont été signalés précédemment. Une explication complète de ce phénomène n'est pas possible avec les données de terrain disponibles. L'hypothèse d'un magnétisme rémanent de sens inverse à celui du champ inducteur actuel semble plausible. La position inverse du vecteur anomal peut s'expliquer soit par la situation renversée de la série contenant le gisement, soit par une période de magnétisme inverse contemporaine d'une recristallisation, ou du moins d'un réchauffement, de la magnétite. Une étude de paléomagnétisme devrait apporter quelques réponses à ce problème.

Les résultats des essais de VLF confirment nettement l'existence d'un niveau conducteur dans la même zone que celui décelé par P.S. En l'absence d'une étude plus complète par cette méthode, il n'est guère possible de dépasser cet aspect purement qualitatif.

En résumé, la synthèse des résultats permet de dresser la carte de la figure 7. Les symboles marquent les emplacements des amplitudes maximales des valeurs mesurées pour chaque méthode. L'examen de la carte montre une convergence des informations dans une étroite zone de terrain, révélant ainsi un niveau minéralogique très particulier. Ce document constitue la base des études complémentaires nécessaires pour confirmer ou non la présence du minerai. Une campagne de géochimie des sols portant principalement sur Ni, Co et As fournirait rapidement des résultats décisifs. Des profils de résistivité électrique réalisés avec une courte ligne d'émission permettraient de préciser l'allure et peut-être la nature du niveau conducteur.

6. Conclusions

L'étude géophysique des environs de la mine de Kaltenberg fournit un bon exemple de l'intégration de diverses méthodes à un problème minier alpin, insoluble par la géologie classique faute d'affleurements. L'adaptation de chaque méthode à la nature du terrain et aux dimensions du corps cherché est une condition essentielle à la qualité des mesures et à leur cohérence. La méconnaissance de cette règle conduit à une perte considérable de l'information ou même peut amener des conclusions erronées. Seule l'adaptation continuelle de la prospection aux résultats du moment rend possible l'établissement d'un document géophysique utile, capable de prolonger les méthodes d'investigation traditionnelles.

Enfin, grâce à l'avance de la technologie, plusieurs méthodes de la géophysique d'exploration, longtemps trop lourdes par leur instrumentation ou leur mise en œuvre, pourraient s'appliquer avec succès aux terrains montagneux d'accès difficile et contribuer à l'étude de nombreux problèmes de gîtologie et de géologie alpines.

Remerciements

Il m'est agréable de remercier P. Zaech de son amicale et précieuse collaboration sur le terrain, en particulier lors des mesures simultanées de P.S. et de magnétisme. J'exprime également ma reconnaissance au Fonds national suisse de la recherche scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

- FEYS, F. (1957): *Etude géologique du Carbonifère briançonnais (Hautes-Alpes)*. - Thèse Univ. Paris.
- GILLIÉRON, F. (1946): *Geologisch-petrographische Untersuchungen an der Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg*. - Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 25.
- MOREL, F. (1978): *L'extension du filon Pb-Zn de Goppenstein. Contribution à son étude géophysique et géochimique*. - Matér. Géol. Suisse 57.