

minéralisées en quartz dans la région nous permet d'établir un lien avec celles bien décrites dans la région de Bastogne.

La prospection alluvionnaire nous permet non seulement de décrire la première occurrence d'or alluvionnaire du Grand-Duché de Luxembourg mais également de décrire de très beaux grenats et d'en établir l'origine en Belgique. Concernant l'or, les paillettes étant peu émoussés, on peut supposer que le transport est de courte distance. Puisque l'occurrence d'or primaire la plus proche est à Bastogne (Hatert et al., 2000) en association avec les roches grenatifères, on peut prendre comme première hypothèse que l'or trouvé dans la Wiltz à Schimpach en provient

Mais l'élément prédominant de cette étude a été de décrire et de mettre en évidence la présence de gravegliaite. Ce minéral connu jusqu'aujourd'hui sur un seul site naturel au monde (Val Graveglia en Italie), a été trouvé au Grand-duché sur le site de Schimpach.

Remerciements

Nous tenons, par la présente, à remercier les propriétaires du terrain pour avoir laissé un libre accès du site au personnel du MnhnL et à ses collaborateurs.

Au professeur Jean Naud de l'UCL, pour les analyses de minéraux par diffraction de rayons x et à Jacques Wauthier pour les analyses à la microsonde électronique sur les grenats.

A Alain Hanson, pour la relecture de cet article et sa critique éclairée.

Bibliographie

- Antun P. 1971. - Le prolongement de la zone métamorphique de Bastogne au Grand-Duché de Luxembourg. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 45: 101-111.
- Asselberghs E. 1946. - L'Eodévonien de l'Ardenne et des régions voisines. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 14.
- Basso R., Lucchetti G. & Palenzona A. 1991. - Gravegliaite, $MnSO_3 \cdot 3H_2O$, a new mineral from Val Graveglia (northern Apennines, Italy) - *Z. Kristallogr.*, 197: 97-106.
- Beugnies A. 1986. - L'aire anticlinale de l'Ardenne dans la région de Bastogne. *Aardkundige Mededelingen*, 3: 31-44.
- Billiet V. & Van den Driessche A. 1937. - Grenats de la région de Bastogne-Libramont. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, 47:222.
- Brühl H.K. 1966. - Ein Betrag zur Geologie der Diegener schichten im Gebiet Laroche-Bastogne-Houffalize. *Geol. Mitteil.*, B5, 4S: 301-376.
- Corin F. 1932. - A propos du boudinage en Ardennes. *Bull. Soc. Belg. Géol.*, XIII: 101-118.
- De Béthune S. 1977. - Les minéraux de la zone métamorphique de Libramont. *Serv. Géol. Belg.*, Prof. Paper, 1977/5, n°142.
- Hatert F., Fransolet A-M., et Houssa M. 1996. - La titanite de Bastogne (Belgique) et les minéraux associés. *Bull. Soc. Roy. Sc. Liège*, V.65, 6: 387-397.
- Hatert F., Deliens M., Houssa M., et Coune F. 2000. - Native gold, native silver, and secondary minerals in the quartz veins from Bastogne, Belgium. *Sciences de la Terre*, 70, 223-229.
- Hatert F., Deliens M., Fransolet A.M., et Van der Meersche E. 2002. - Les minéraux de Belgique 2. Ed. *Museum des Sciences naturelles*, 304pp.
- Jambor J.L. 1992. - New Mineral Names: Gravegliaite. *Am. Min.* 77: 672.
- Jongmans D., & Cosgrove J.W. 1993. - Observations structurales dans la région de Bastogne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T116-1: 129-136.
- Lambert A. & Bellière J. 1976. - Caractères structuraux de l'Eodevonien aux environs de Bastogne. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T99: 99-297.
- Lohest M. 1909. - De l'origine des veines et des géodes des terrains primaires de Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, T36: B275-B282.
- Lucius M. 1950. - Das Oesling. *Publ. Serv. Geol. Luxbg.*, Band VI.
- Stainier X. 1907. - Sur le mode de gisement et l'origine des roches métamorphiques de la région de Bastogne (Belgique). *Acad. roy. Belg.*, mém. In 4, 2^{ème} sér., t1.

La minéralisation en antimoine de Goesdorf*

Simon Philippo

Musée national d'histoire naturelle
25, rue de Münster
L-2160 Luxembourg
sphilippo@mnhn.lu

Alain Hanson

Collaborateur scientifique du MnhnL
Département en Sciences et Gestion de l'Environnement de l'ULg
Université de Liège
185, Av. de Longwy, 6700 ARLON.
alain.hanson@ulg.ac.be

**Ergebnisse eines vom wissenschaftlichen Forschungszentrum des Nationalen Naturhistorischen Museums in Luxemburg durchgeführten Projektes.*

Résultats d'un projet de recherche réalisé par le Centre de recherche du Musée national d'histoire naturelle à Luxembourg.

Results of a research project conducted by the research centre of the National Museum of Natural History in Luxembourg.

Résumé

Le gisement d'antimoine de Goesdorf est très mal connu. A ce jour, aucune publication scientifique, hormis celle de Lucius en 1948, ne décrit ce site minéralogiquement exceptionnel. Pourtant, il s'agit là d'une des plus anciennes mines du pays car la première concession remonte à 1527.

Depuis 1997, le Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg s'intéresse au site. Les projets de recherche sur la mine et ses environs se succèdent: prospections géophysiques, levés géologiques et structuraux, prospection et analyses minéralogiques ... Le présent article est la compilation de l'ensemble de ces données. Une des pierres angulaires de cette publication est le travail de Diplomarbeit de Nies (2005). Ce travail a permis de

Abstract

The antimony deposit of Goesdorf is very badly known. Until this day, no scientific publication, except the one of Lucius in 1948, describes this mineralogically exceptional deposit. However, it is one of the oldest mines of the country because the first concession was given in 1527.

Since 1997, the national Museum for natural history of Luxembourg is investigating this locality. Many research

compiler les données du musée et de l'encadrer dans des levés de terrain complémentaires.

Des six espèces citées pour le site dans la publication de Kronz et Heinen en 1993 aux 34 identifiées à ce jour, un long travail de prospection, de recherche et d'analyse fait le lien. Un travail de collaboration entre le musée et les universités mais aussi entre le musée et ses collaborateurs scientifiques (professionnels ou amateurs).

Ce travail mettant en évidence une minéralogie insoupçonnée (chalcostibine, jamesonite, zinkénite, berthiérine, ...) permet de relier le site de Goesdorf aux travaux de Wagner et Cook (2000) sur des gisements équivalents du Rheinisches Schiefergebirge. Et ainsi de définir de nombreuses perspectives pour les recherches futures ...

projects related to the mine and its surroundings are being carried through: geophysical prospection, geological and structural surveys, mineralogical research and analysis... This paper is the compilation of all of these data. This publication is partially based on the graduation paper of Nies (2005). This work made it possible to compile the data of the museum and to frame it in complementary geological and structural surveys.

Between the six mineralogical species quoted for the site in the publication of Kronz and Heinen in 1993 and the 34 identified by today, lies a long work of prospection, research and analysis. The fruit of collaboration between the museum, universities and the collaborators of the museum (professionals or amateurs).

Zusammenfassung

Das Antimonerzvorkommen von Goesdorf ist bislang nur spärlich wissenschaftlich untersucht. Bis heute beschreibt keine wissenschaftliche Veröffentlichung, ausgenommen jene von Lucius im Jahre 1948 dieses mineralogisch außergewöhnliche Vorkommen. Handelt es sich hierbei doch um eines des ältesten Bergwerke Luxemburgs da die erste Verleihung der Schürfrechte auf das Jahr 1527 zurückgeht.

Seit 1997 untersucht das Naturhistorische Museum Luxemburgs dieses Vorkommen. Es folgten verschiedene Projekte zur Untersuchung des Bergwerkes und der umgebenden Geologie: geologische, strukturelle und geophysikalische Untersuchungen sowie mineralogische Analysen...

Der vorliegende Artikel ist die Synthese der Gesamtheit dieser Resultate. Eckstein dieser Veröffentlichung ist die Diplomarbeit von Nies (2005). Diese Arbeit erlaubte die

1. Introduction

La commune de Goesdorf se situe sur le plateau de l'Eisleck (490 m d'altitude) à 8 km au Sud de Wiltz (nord du Grand-duché de Luxembourg). Le nom de ce petit village de 240 habitants viendrait de 'Gießdorf' et signifierait étymologiquement "village des fondeurs". L'ancienne mine de Goesdorf se situe à 1 km à l'Est du village, sur une colline notée 'Weissenstein' sur les anciennes cartes. Ce qui signifie 'Weißer Stein', pierre blanche et correspondrait aux filons de quartz formant la gangue de la minéralisation.

Des traces de prospection remontent à l'époque romaine cependant la première concession a été délivrée en 1354. Peu de données sont connues quant aux volumes exploités. Certains documents signalent entre 1852 et 1854, des tonnages en minerai de première qualité de 67 tonnes et de 30 tonnes de minerai de moindre qualité. La teneur en antimoine de ce minerai est mal connue. De

This paper is putting into evidence an unsuspected mineralogy (chalcostibite, jamesonite, zinkenite, berthierite, ...) and allows to relate the Goesdorf deposit to the papers of Wagner and Cook (2000) on equivalent deposits in the "Rheinisches Schiefergebirge". And thus to define many research projects in the future...

vorhandenen Daten mit denen der zusätzlich erfassten Daten in einen Rahmen zu setzen.

Zwischen den sechs nachgewiesenen Mineralien in der Veröffentlichung von Kronz und Heinen im Jahre 1993, bis zu den 34, am heutigen Tage bekannten Mineralien, liegt viel Untersuchungs-, Forschungs- und Analysearbeit. Das Resultat der Zusammenarbeit zwischen dem Museum und den Universitäten, aber auch zwischen dem Museum und seinen wissenschaftlichen Mitarbeitern (professionelle oder Amateure).

Diese Arbeit, die eine unvermutete Mineralogie hervorhebt (chalcostibit, jamesonit, zinkenit, berthierit, ...) erlaubt, das Vorkommen von Goesdorf mit den Arbeiten von Wagner und Cook (2000) über entsprechende Vorkommen im Rheinischen Schiefergebirge zu verbinden. Und so zahlreiche Perspektiven für die künftigen Forschungsarbeiten zu definieren...

nombreuses prospections ont eu lieu dans les environs mais sans succès. La mine a été définitivement fermée en 1944.

A Goesdorf, le minerai se présente sous la forme de filons de plus ou moins deux mètres d'épaisseur. Ils sont de direction est-ouest. L'antimoine est disséminé dans les filons composés de quartz squelettique avec des zones de "salbandes" (argiles compactes). Il se présente principalement sous la forme de stibine (Sb_2S_3).

Nous pouvons d'ores et déjà dire que la minéralisation en sulfures à Goesdorf est le résultat d'un processus hydrothermal de basse température ($\pm 200^\circ C$) par lequel se sont formés les minéraux comme le quartz, la pyrite, la stibine, les carbonates et la sphalérite.

Les minéraux tels que la valentinite, la sénarmontite, le soufre, la stibiconite et le gypse, se sont formés par altération supergène (réactions d'oxydation de type "gossan").

Des recherches minéralogiques ont été réalisées par le Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg et ses collaborateurs au cours de l'été 97 à Goesdorf sur le site de l'ancienne mine d'antimoine. Les fouilles ont été réalisées sur un ancien remblai proche du puits d'extraction (40 m de profondeur) datant de 1847 et sur les déblais devant la galerie d'exhaure. Elle a été poursuivie durant une semaine de fouille sur le site et 2 jours pour le transport de matériel et installation du site de fouille.

En parallèle une prospection géophysique (magnétique et électrique) a été réalisée de manière à compléter la connaissance géologique de l'encaissant et de cerner les extensions minéralogiques du filon.

2. Historique de la mine d'antimoine à Goesdorf

2.1. Les premiers indices d'exploitation

Yante (1982) a effectué un bon travail de synthèse sur l'exploitation de la mine de Goesdorf avant 1531. Il laisse ouverte la possibilité d'une première mise en valeur du minerai de Goesdorf par les Romains.

Il est probable que les Seigneurs d'Esch-sur-Sûre aient exploité la mine jusqu'à ce que cette dynastie disparaisse vers 1300.

Le 7 décembre 1354, le duc Wenceslas I^{er} donne aux nouveaux Seigneurs d'Esch-sur-Sûre le droit d'exploitation. Mais Yante (1982) signale que cette affirmation n'a pas été prouvée. Il est également possible, selon Lucius (1948) qu'une exploitation du site ait été faite par les comtes de Neuenaar, de Horn et/ou de Mansfeld.

2.2. La concession de Henry de Vance (1527-1531)

Le 5 décembre 1527, la concession est accordée par Charles-Quint à Henry de Vance, originaire d'Arlon, et à Nicolas Fritag, originaire de Vaudrevange sur la Sarre, qui a apporté son savoir-faire (Yante, 1982). Cet octroi de Charles Quint, dont voici un extrait ci-dessous, est la première source

écrite certaine d'exploitation de la mine d'antimoine de Goesdorf.

'Consentement et octroy fait a Nicolas Fritag de Walderfingen et Henry de Vance, maistres ouvriers de mynes, de povoir descouvrir, ouvrir et sercher tous métaulx, mineraulx en certaine montaignes prouchaine du villaige de Goestorff, soubz la seignourie d'Esch gisant sur la Sourre, dependant de la chastellenie et prevosté d'Arlon, pays de Luxembourg, ...'

H. de Vance et N. Fritag demandent à leur souverain les mêmes franchises et privilèges qui ont été accordés aux mineurs du duché de Limbourg, des Pays d'Outre-Meuse ou d'Allemagne. Le souverain leur donne la concession sur tous les minerais métallifères (cuivre, plomb, fer, azurite, or et argent) sous condition de ne pas interrompre les travaux pour plus de six semaines et trois jours, que l'état des travaux soit déclaré au receveur d'Arlon et que les concessionnaires versent la dixième part du métal affiné au duc de Luxembourg.

Ils sont à la recherche d'argent, d'or, de cuivre et de plomb mais ils sont vite déçus de ne trouver que du minerai dont ils ne peuvent profiter. L'exploitation est entre autre gênée par Otton, Seigneur de Bourscheid et d'Esch, malgré l'article de l'octroi qui stipule que les deux associés sont placés sous la sauvegarde spéciale du duc de Luxembourg. Les concessionnaires obtiennent le droit d'élire un prévôt ou justicier de mines, qui doit s'occuper des injures verbales et des délits miniers. En 1529-30, la mine de Goesdorf apparaît pour la première fois dans la comptabilité domaniale d'Arlon. On a expédié du minerai à plusieurs spécialistes dans plusieurs pays, de même qu'on a fait 'appel à des étrangers pour édifier fourneau, moulin et autres constructions nécessaires à l'entreprise'. Les exploitants trouvent de l'or, mais seulement 25,28 g. En 1530-31, les travaux sont arrêtés parce qu'on n'a pas encore pu trouver quelqu'un qui puisse tirer profiter du minerai. Jusque là, les concessionnaires ont investi plus de 4.000 florins dans la mine déficitaire, dont ils croyaient qu'elle contenait de l'argent. Voilà pourquoi l'octroi est révoqué et la mine redevient possession du souverain.

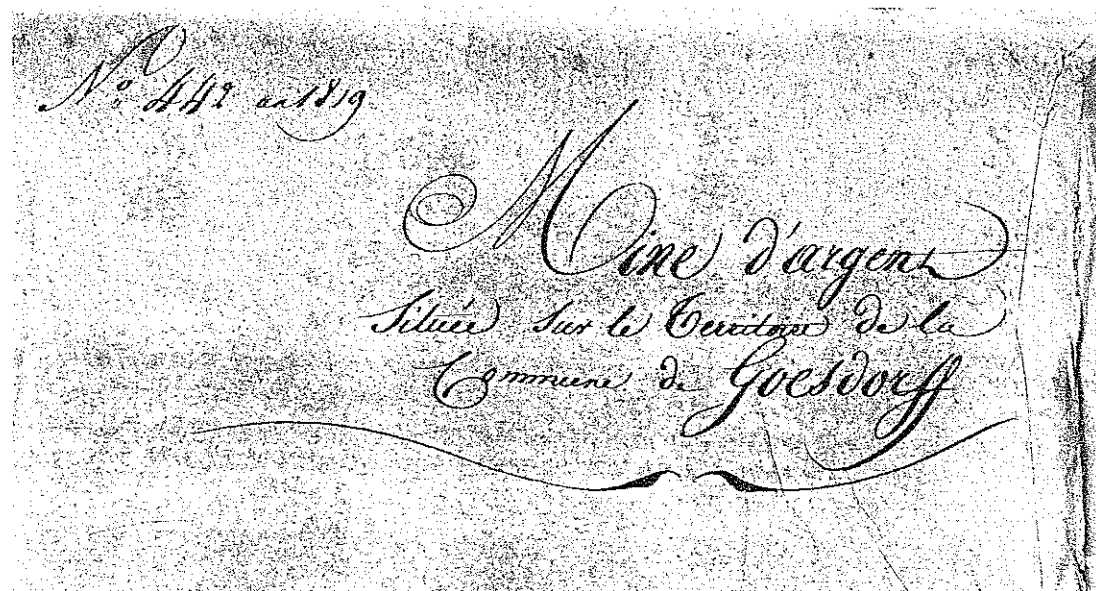


Fig. 1: Page de garde du rapport du sous-intendant de Diekirch au gouverneur du Grand-duché de Luxembourg rédigé en date du 25 février 1819.

2.3. Réclamation des droits miniers par les seigneurs d'Esch-sur-Sûre

Philippe Alexis du Bost-Moulin, Seigneur d'Esch-sur-Sûre, déclare, le 10 novembre 1681 au Parlement de Metz à propos des mines de Goesdorf :

'Item je tiens ce fief par patente des archiducs; les minières de dans la terre d'Esch, et autres lieux, lesquelles minières s'estant jusqu'à présent trouvées fausses, elles sont délaissées et inutiles'.

Entre 1743 et 1745, Charles du Bost-Moulin reprit l'exploitation. Pendant cette période, on a probablement trouvé une veine composée d'argent et d'antimoine, mais les ouvriers faisaient semblant de ne pas l'avoir vue, parce qu'ils avaient entendu que leur patron voulait fermer la mine. Ils voulaient attendre et exploiter eux-mêmes cette veine. Mais, on a fermé tous les accès, de façon à ce que les ouvriers ne puissent plus se rendre sur les lieux pour l'exploiter.

En 1818, le comte de Fürstenstein (le Baron Doyen), propriétaire des forges de Bissen, examine les travaux et les trouve en bon état. Cependant, il ne fait pas de nouvelles recherches.

Le 25 février 1819, le sous-intendant de Diekirch relate sa visite de la mine au gouverneur du

Grand-duché de Luxembourg et en parle comme d'une mine d'argent (Figure 1). Le sous-intendant fait remarquer qu'il n'y a pas de documents écrits concernant celle-ci et que la tradition orale commence à se perdre.

2.4. Refus de concession à la 'Société du Luxembourg' (1827-1830)

Dès 1827, la société du Luxembourg (canal Meuse-Moselle) fait des recherches et demande, le 7 janvier 1830, une concession sur *soixante douze bonniers, deux perches, soixante-trois aunes*, qui n'est pas accordée à cause de la révolution belge. Un cahier des charges est envoyé à la 'Société du Luxembourg', le 18 septembre 1830 par l'Ingénieur des Mines Wirz. Selon les informations de la société, les travaux de recherche auraient coûté 30.000 francs. Un habitant du village, Wilhelm Koetz, redécouvrit la veine comportant de l'argent et de l'antimoine. On commença à l'exploiter et le minerai fut transporté dans une grande pièce de la maison dite «Sonntag» (4, op der Tomm), où il resta jusqu'à l'échec de la société en 1831. Aux environs du carrefour Goesdorf - Heiderscheidgrund - Goebelsmuehle se trouvait une forge

appartenant à la Seigneurie d'Esch-sur-Sûre. Là, on purifiait et fondait le minerai. L'église d'Esch-sur-Sûre en obtint quelques chandeliers, tandis que l'église de Goesdorf obtint, entre autres, un ostensor et un encensoir en argent.

2.5. La concession de Hartmann & Cie (1847-1862)

L'arrêté Grand-ducal Nr 631b du 21 mars 1847 accorde le droit d'exploitation sur un terrain de 750 ha à une société fondée par Guillaume Kaempff (négociant), Pierre Kaempff (orfèvre), Charles Hartmann (industriel de Paris), Maurice Moris (médecin à Diekirch), Jean Fischer (chef magasinier), Charles G. Kind (ch. Porion), Michel Hilger (huissier de justice à Luxembourg) et Auguste Fischer (huissier de justice à Luxembourg). Le cahier des charges avait cependant déjà été établi le 12 décembre 1845 par l'ingénieur en chef Wirtz. Il existe une note très intéressante sur les travaux de 1847 à 1854, établi conformément au registre de la société, par un certain Monsieur Weyer, comptable de l'entreprise. Conformément à ses indications, les travaux de fouilles amènent à notre connaissance l'existence de deux filons parallèles, de direction N108°E et de pendage oscillant entre 65° et 75° S. Ces filons sont séparés l'un de l'autre par distance de 'deux heures', soit approximativement 6 à 8 m d'un Grauwacke très durs. Des veines mineures du minerai apparaîtraient de temps en temps dans ce Grauwacke. Il semblerait que les mineurs ne s'y soient toutefois pas arrêtés. Chacun des filons se présente, conformément au rapport, de la manière suivante: une épaisseur de 2 à 3 m et de l'argile assez douce avec des veines du minerai d'antimoine, de la pyrite et du quartz friable. Les Salbandes 'Salbänder', se situent à l'interface entre le filon et l'encaissant. Elles se composent d'argile plastique. Les veines d'antimoine, bien que continues, changent toutefois de puissance et de teneur presque chaque demi-mètre. Conformément au même rapport, en 1854, alors que la société a mis la mine au ralenti, on retiendra l'image suivante du réseau de galeries : il existe deux puits d'extraction dans le gisement, séparés l'un de l'autre de 18 m et tous deux de 38,50 m de profondeur. De ces puits, cinq galeries superposées, sont creusées dans la direction du filon minéralisé. La plus profonde d'entre elles se situe à 37 m sous la surface du sol.

Un de ces puits a été continué par un forage qui a abouti à la galerie d'exhaure de l'exploitation, qui s'est trouvée à 69 m sous la surface de sol. Une galerie de jonction a permis de mettre en relation le puits d'extraction et la galerie d'exhaure, longue de 279 m et creusée dans la pente de montagne au sud des puits, et de dévier ainsi l'eau contenue dans les galeries (Figure 2).

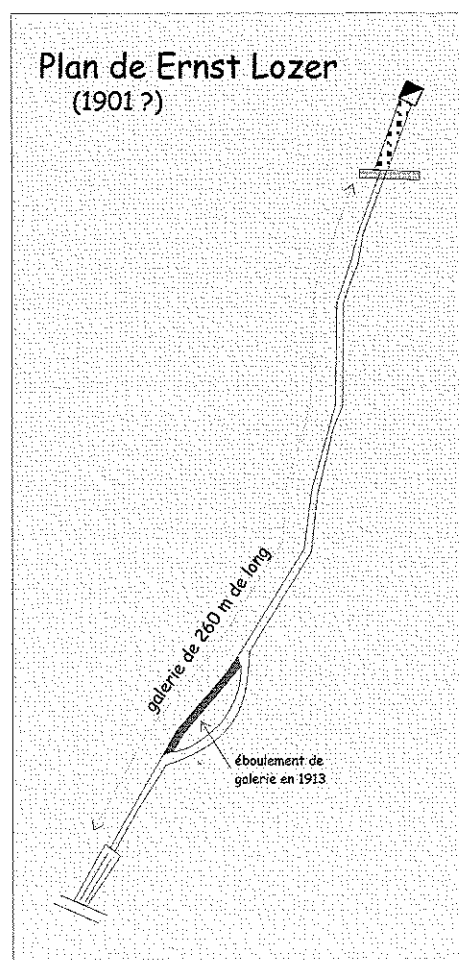
L'extraction des produits de la mine se faisait par le puits au moyen d'un treuil mu à bras d'homme. C'est lors de ces travaux qu'il y a le premier accident mortel dans l'histoire connue de la mine: Le 16 novembre 1849, Paul Reuter, âgé de 32 ans, habitant de Nocher, tombe dans le puits d'extraction. Le 9 janvier 1849, l'ingénieur en chef Wirtz se rend sur les lieux afin de voir l'état des travaux. Le 19 janvier 1849, la société demande l'autorisation de construire une fonderie et Guillaume II donne son accord, sous condition qu'une cheminée d'au moins 15 m de hauteur soit construite, condition qui n'est jamais réalisée. La maison ('*Minnenhaus*') était construite en quelques semaines pour fondre le minerai et pour abriter les 32 ouvriers travaillant à la mine, de même que leurs outils de travail. (Les ouvriers viennent entre autres de Nocher, Goesdorf et Esch) Les propriétaires voulaient pour eux-mêmes construire une villa dont les traces sont encore visibles aujourd'hui (dépression de terrain près de la maison des ouvriers). Cette villa n'a jamais été terminée probablement parce qu'on s'est rendu compte assez rapidement que la mine n'apporterait pas le profit estimé. De 1852 à 1854, on a extrait de la mine 67 tonnes de minerai de première qualité et 30 tonnes de minerai de deuxième qualité. En 1853 le minerai est analysé par F. Reuter. Néanmoins, les travaux sont arrêtés, faute de profit: les dépenses dépassent les recettes de plus de 10.000 francs pour la période du 1^{er} janvier 1853 au 1^{er} juin 1854. Le manque de profits résultant essentiellement de problèmes de transport. En effet, les gares les plus proches étaient, au Sud, Luxembourg et au Nord Spa. En plus, il semble que les concessionnaires ne pouvaient plus trouver des accords entre eux.

Le 27 juin, Guillaume Kaempff et G. J. de Marie introduisent une nouvelle demande en concession pour leur propre compte.

Entre 1858 et 1862, seuls quatre hommes travaillent sur le site car la mine n'est pas rentable. Le 28 juillet 1859, il y a l'assemblée générale des actionnaires à Luxembourg, à l'hôtel de ville. En 1862, la société



extrait de la carte topographique - 8A (Heiderscheid) - 1/10000 -



levé au compas et au décamètre
par S.Philippo et S.Bornain (1999)

MnhnL, S.Philippo '99

Fig. 2: Plan de la galerie d'exhaure de la mine de Goesdorf et localisation sur fond topographique.

abandonne définitivement les travaux à Goesdorf, parce que les recettes n'arrivent jamais à dépasser les dépenses (Lucius, 1948)

2.6. Demande en concession de la Banque Bielefeld & Cie (1870-1887)

En 1870, Auguste Fischer, tanneur à Wiltz, achète la mine en adjudication publique au prix de 400 francs. Il ne tarde pas à la revendre à la Banque Bielefeld et Cie d'Aix-la-Chapelle qui l'achète au prix de 1.000 francs (selon l'acte de vente du 06 novembre 1885, passé devant le notaire Mertens de Wiltz).

Depuis 1883, J. J. Westhofen de Flammersheim (probablement mandataire de la Banque Bielefeld & Cie) essaie d'obtenir la concession. Il la demande pour 2.800 ha et fait des recherches non seulement à Goesdorf mais aussi dans la Menersbach près de Kaundorf, à Schlierbach et à Bockholtz.

Le 30 décembre 1885 et le 23 mars 1886, la Banque Bielefeld & Cie demande la concession sur 3.175 ha. En 1887, la Banque Bielefeld & Cie est déclarée en faillite, alors que la demande en concession n'a pas encore aboutie.

2.7. La «Luxemburger Antimonwerke» (1892-1902)

Westhofen, travaillant avec six hommes, devient propriétaire le 21 mars 1892. Il effectue de nombreux travaux de recherche (Lucius, 1948) mais il n'obtient pas de résultats satisfaisants. Il creuse notamment une galerie à Bockholtzermuehle, sur la rive gauche de la Sûre, au bord de la route menant vers Goebelsmuehle. Celle-ci a une longueur de 95 m en direction NE-SW/65° et une largeur de 2 m pour une hauteur de 2,2 m. C'est M. Jean-Pierre Deckenbrunnen qui l'a redécouvert d'après les mémoires qu'il avait des récits de son père.

Résultats des travaux de fouille de Westhofen dans les environs de Goesdorf:

Dans le Manerbach au NNE du village de Kaundorf, un puits de 11 m de profondeur a été creusé, au fond duquel un filon de 0,30 m de quartz a été trouvé. Le quartz contient des cristaux de la pyrite et du minerai d'antimoine. Depuis le puits, une galerie de 6 m de direction

nord a été creusée. Au fond de celle-ci un autre filon de quartz de 0,90 m, de direction O-E et de pendage 45° E a été signalé. Dans le quartz, on notera la présence de cristaux de pyrite.

Dans le Schlierbachtal, à l'ouest de Goesdorf, une galerie a été ouverte, à gauche de la route après Büderscheid, 100 m en amont du moulin (scierie). La galerie est orientée O-E, à l'intérieur de laquelle ils trouvent une minéralisation de pendage 55°S. La minéralisation est constituée de quartz, avec des injections de blende et des traces de chalcopryrite. A 47 m de l'entrée de la galerie, un puits a été creusé en suivant la minéralisation; l'inclinaison est de 47°S. A 60 m de l'entrée de galerie, un deuxième puits a été creusé en suivant la minéralisation: La longueur totale de la galerie est de 77 mètres. Aucune autre minéralisation n'est signalée. Dans la même vallée, à 40 m en amont du moulin, également dans la pente de la colline, à gauche de la route après Büderscheid, une seconde galerie d'une longueur totale de 13 m a été creusée. Une veine de pyrite de direction E-O et de pendage 75°-80°S est signalée. A 400 m à l'ouest de cette seconde galerie on mentionne un puits de 20 m de profondeur à la base duquel une galerie de 15 m de long et de direction NW a été creusée. On y signale des veines de quartz avec de la pyrite. Dans la même vallée et toujours du même côté de la route, à 200 m au nord du moulin, une galerie de 14 m de long est signalée mais sans informations quant à son contenu. Une dernière galerie de 205 m de long est signalée dans cette vallée, à 800 m au nord du moulin, dans laquelle une minéralisation de direction NNE-SSO avec un pendage de 85°S a été observée. Celle-ci contenait de la galène, de la blende et de la chalcopryrite.

Dans la Sauertal près de Bockholtz, sur la rive gauche de la Sûre, au bord de la route Esch - Goebelsmuehle, à 800 m à l'est du village vers Bockholtz, une galerie de 95 m de long a été creusée. Un filon de direction NE-SO et de pendage 65°S est signalé. Celui-ci contiendrait des traces de cuivre et de plomb. Une autre galerie de 20 m de long, se trouve le long de la même route, sur les hauteurs du village de Bockholtz. Elle contiendrait un filon de direction NNE-SSO et de pendage 85°S dans lequel on signale des traces de galène, de blende et de chalcopryrite.

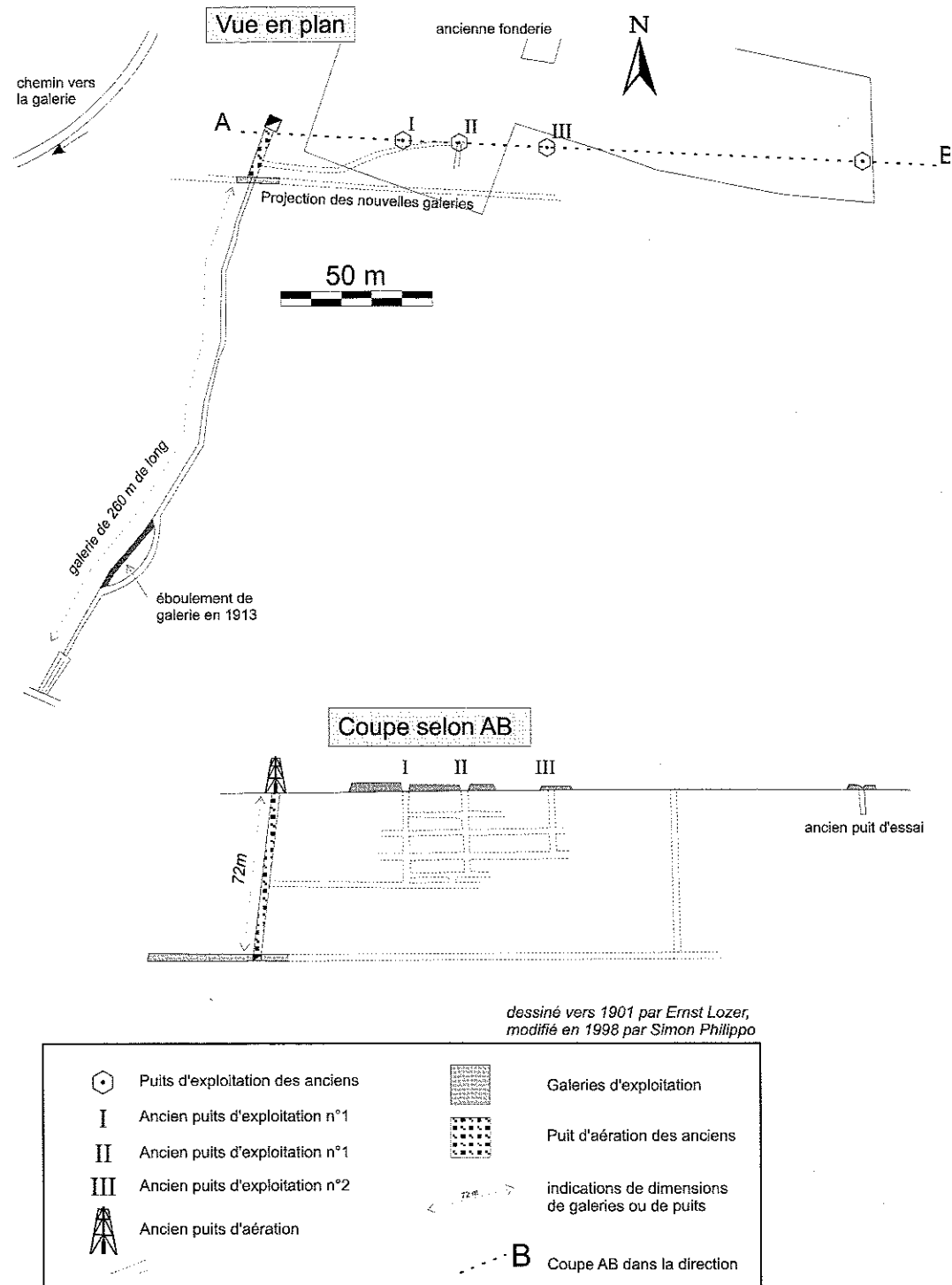


Fig. 3: Vue en plan et en coupe de la mine de Goesdorf dessiné par Ernst Lozer aux environs de 1901 et modifié en 1998.

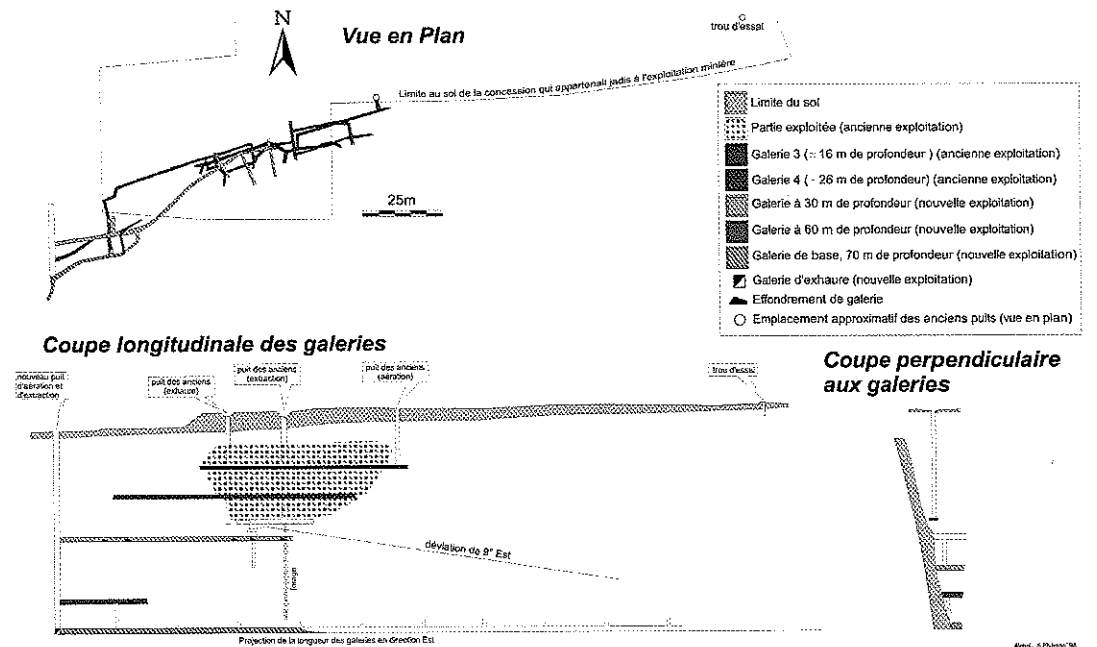


Fig. 4: Vue en plan et en coupe de la mine de Goesdorf tirée de M. Lucius (1948), compilation des données de Lozer et de Weyer. Retracer en mis en couleur en 1998.

Le 26 octobre 1892, le garde-mine du district de Diekirch déclare dans un relevé que la mine d'antimoine à Schlierbach sur la route Wiltz - Heiderscheidergrund, appartenant à Westhofen n'est pas en activité.

En 1899, Jos. Brassel travaillant pour Westhofen informe le Ministère des travaux publics que la 'Luxemburger Antimonwerke' créés à Cologne veut la concession.

En 1901, La 'Luxemburger Antimonwerke' (E. Lozer et consorts) de Cologne s'accapare la concession et veut acheter la mine avec un capital de base de 200.000 Mark. Les concessionnaires ont fait des recherches et repris l'exploitation de petites quantités de minerai. La galerie d'accès est refaite et reboisée sur une longueur de 260 m (Figure 3 et 4). Une galerie de contournement d'un éboulement est réalisée à 30 m de l'entrée, des rails pour les Lorrys sur lesquelles le minerai est transporté vers la sortie, sont posées (ce qui n'est pas sûr d'après les souvenirs de M. Wiseler). À la fin du mois d'avril 1902, l'Ardenner Zeitung informe ses lecteurs qu'on ne travaille plus depuis un certain temps dans les mines de Goesdorf. La 'Luxemburger Antimonwerke' ne possède pas encore la mine

et ne peut l'acheter à cause de sa faillite déclarée le 24 août 1902. En avril de la même année il y a un procès contre deux des actionnaires qui sont accusés de ne pas avoir payé les salaires.

En 1902, Westhofen meurt et la mine revient à sa fille habitant à Bruxelles. Monsieur Berger, son mari, ne s'intéresse pas à l'exploitation et ce sont les deux filles de ce mariage qui héritent de la mine abandonnée.

Selon Campill (1918), Georges Gaston Stéphan Marcellin de Diekirch aurait effectué des recherches à Goesdorf durant l'année 1914.

En 1929, les héritiers Berger-Westhofen et le Baron Van Cuyck forment une nouvelle société et reprennent les travaux sous la direction de l'ingénieur H. Cuyllits. On ouvre la galerie d'accès sur 90 m.

2.8. La concession de Ries, Hirt et Cambier (1934-1938)

Le 07 décembre 1934, les travaux ont repris sous la direction de J. Hirt. La première année, on fait surtout des recherches sur la méthode d'extraction

et la rentabilité, mais c'est cette même année qu'un bloc de 52 kg riche en antimoine est trouvé. Il est analysé à Paris, où on constate que le bloc d'antimoine de Goesdorf est le plus grand qui ait été trouvé à cette date.

Le 14 décembre 1936, trois hommes demandent la concession: il s'agit de Nicolas Ries, Joseph Hirt (tous deux de la fabrique d'accumulateurs Tudor à Heverlée - Louvain) et René Cambier (ingénieur de mines de Bruxelles). Ils l'obtiennent par l'Arrêté Grand-ducal du 22 février 1938 sur base du cahier des charges datant du 16 février 1938. Les principales conditions de l'Arrêté sont la reprise des travaux d'exploitation endormis les six mois et l'interdiction d'une interruption de ceux-ci pendant plus d'une année. Faute de capitaux, les concessionnaires tardent de les reprendre et le 23 décembre 1938 l'Arrêté Grand-ducal est révoqué suite à la lettre adressée au Ministre du Travail et datée du 04 février 1938, dans laquelle Ries, Hirt et Cambier renoncent à leurs droits. Le cahier des charges prévoyait l'aménagement d'un puits d'aération et de secours muni d'échelles et d'un treuil d'extraction aboutissant à la galerie d'accès. Les concessionnaires étaient priés de veiller à la sécurité et à la santé de leurs ouvriers qui étaient, dans la mesure du possible, de nationalité luxembourgeoise. De plus, les recherches devaient se faire surtout en profondeur. Les propriétaires des terrains obtenaient 5% du bénéfice et devaient être remboursés par la société lors de dégâts répercutés en surface.

2.9. Les derniers intérêts pour le site

De 1940 à 1944, les occupants allemands s'intéressent à la mine mais n'y font cependant pas de recherches sérieuses. Il semble que cet intérêt fut le plus grand en été 1944. La bataille des Ardennes (hiver 1944) a interrompu toute possibilité de poursuite de travaux de recherche sur le site.

En 1949, l'ingénieur Miguel Steffen signale que le minerai à Goesdorf est loin d'être exploité dans sa totalité. En plus il suppose qu'une quantité considérable, jusqu'ici méconnue, de minerai d'antimoine se trouve près d'Esch-sur-Sûre.

Après cette date, il semble que la mine soit tombée dans l'oubli sauf que, d'après les dires des habitants du village, quelques étrangers l'ont visité, mais ces visites n'ont pas eu plus de suites que des rumeurs.

Ce n'est qu'en 1998, année de la réouverture, que la mine occupe de nouveau un rôle important dans le village.

La galerie d'exhaure de la mine a été réouverte sur 30 m en date du 24 juillet 1998 par des personnes consacrant leur fin de semaine à cette cause. Il semble, que la mine va dans l'avenir surtout servir d'attraction scientifique et touristique.

D'après les informations fournies par M. Emile Wiseler, habitant de Goesdorf et âgé de 78 ans, il n'y a plus (pas) eu de rails dans la galerie principale peu avant la cessation définitive des travaux en 1938. Il ne parle que d'un treuil à main qu'il y avait dans cette galerie et qu'il a vu en accompagnant son père. Les rails dont parlent plusieurs auteurs ont donc été enlevés (dans la période entre 1901 à 1938) ou bien elles n'ont pas existé. Les galeries étaient étayées à l'aide de bois de sapin. On montait le minerai à l'aide de seaux jusqu'au treuil où il était versé dans des récipients plus grands suspendus à un câble en acier. De là, on les tirait jusqu'à la sortie. Le minerai était transporté à la fonderie dans des brouettes et non pas sur des chars à boeufs comme l'indique le 'Luxemburger Wort' (1977) dans son article: 'Der Berg hütet seinen Schatz'. En ce qui concerne les objets qu'a reçu l'église, M. Wiseler parle de 2 ou 3 lustres en argent et antimoine. Ces lustres ont disparu par la suite, comme d'ailleurs plusieurs choses précieuses de l'église de Goesdorf.

Documents répertoriés par ordre chronologique

- 1819/2/17: Lettre du gouverneur au sous-intendant concernant sa visite à la mine 'd'argent' de Goesdorf.
 1819/2/25: Réponse du sous-intendant
 1827/10/3: Rapport de Delneufcour sur le résultat de la surveillance des travaux exécutés dans le 4e district des mines pendant le 3e trimestre de 1827
 1830/1/7: Demande en concession de la Société du Luxembourg.
 1830/9/18: Cahier des charges.
 1830/9/24: Lettre à l'administrateur dirigeant concernant la demande en concession.
 1847/5/11: Exercice 1847, redevances fixes et proportionnelles.
 1847/5/11: Redevance fixe sur les mines.

1849/1/3: Lettre de l'administration des Travaux publics adressée au Bourgmestre de Goesdorf datée du 5 janvier 1849 (n°42) et ayant pour objet l'installation d'une fonderie d'antimoine à Goesdorf.

1849/1/23: Arrêté par Guillaume II autorisant objet l'installation d'une fonderie d'antimoine à Goesdorf daté du 23 janvier 1849.

1849/11/7: Lettre de l'ingénieur en chef à l'Administrateur Général.

1849/11/19: Lettre de l'ingénieur en chef à l'Administrateur Général concernant l'accident mortel de Paul Reuter.

1849/11/28: Lettre de l'ingénieur Général en chef concernant l'accident de Paul Reuter.

1849/12/21: Lettre de l'Administrateur Général à l'ingénieur en chef.

1850/1/11: Lettre à l'ingénieur en chef concernant le calcul des redevances pour l'année 1849.

1850/1/14: Lettre de l'ingénieur en chef à l'Administrateur Général, redevances.

1850/1/31: Etat des déboursés faits dans le courant de l'année.

1850/2/13: Lettre de l'ingénieur en chef à l'Administrateur Général.

1852/8/2: Lettre des syndics de la Société des mines d'antimoine de Goesdorf à l'ingénieur en chef.

1852/8/10: Lettre de l'ingénieur en chef à l'Administrateur Général, dépenses et recettes.

1852/8/12: Loi du 14/8bre/1842, concernant les mines, minières et carrières.

1853/1: Arrêté concernant les redevances à payer.

1854/7/3: Lettre de l'administration des Travaux publics à l'Administrateur Général des travaux publics datée du 3 juillet 1854 (n°2286) et ayant pour objet l'obtention d'une concession pour l'exploitation des mines d'antimoine de Goesdorf.

1854/9/1: Lettre de l'ingénieur en chef à l'Administrateur Général.

1885/12/30: Plan d'une galerie d'exploration le long de la Sûre (Sauer) le long de la Chaussée vom Heiderscheidergrund (Eisenbachstation - Goebelsmühle), Echelle 1/500, signé par J. Bielefeld, 30 déc. 85 (?) à Aachen

1892/10/26: Relevé indiquant les carrières souterraines situées dans la commune de Mecher. - manuscrit

1913: Plan et coupe AB de l'exploitation à l'échelle 1/1000 datant d'après 1913 (pas de date exacte signé par Ernst Loser

1938/2/18: Cahier des charges pour l'exploitation de la concession de Goesdorf daté du 18 février 1938.

1938/3/5: Mémorial du Grand-duché de Luxembourg n°15 du Samedi 5 mars 1938. 'Arrêté grand-ducal du 22 février 1938, accordant une concession pour l'exploitation de la mine d'antimoine de Goesdorf', page 236

1994: Extrait du plan cadastral de la commune de Goesdorf, Section F de Goesdorf, Echelle 1/2500, Exercice 1994, référence VE dont le titulaire est 'Goesdorf la fabrique d'église' 745/2029 mais. pl. 28a20ca (en double exemplaire)

3. Géologie de la minéralisation

Les roches de la région de Goesdorf sont des sédiments d'âge Siegénien supérieur (Sg3) et Emsien moyen (E1a). Les schistes du Sg3 sont appelés 'Grobschiefer' par Lucius (1950). Il s'agit de schistes rugueux avec de nombreux bancs de grès dans lesquels on rencontre fréquemment des structures de type ripple-marks ou loadcast. Les schistes du E1a sont appelés 'Schiefer von Stolzemburg' par Lucius (1950). Il s'agit de schistes gris rubanés sableux ou silteux avec de rares bancs quartzeux.

La zone de Goesdorf se situe sur le flanc nord de l'anticlinorium de Givonne - Oesling. Dans cette zone, on distingue une succession de 3 anticlinaux de vergence nord: celui de Schliebachtal, celui de Esch / Sûre et celui de Eschdorf - Bourscheid (Konrad et Wachsmut, 1973). En plus, une série de plis couchés et cisailés de 3^{ème} ordre sont observables à l'affleurement (Nies, 2005). La Figure 5 présente, de manière résumée, les données géologiques de la zone autour de Goesdorf. Pour ne pas surcharger cette figure, seul l'anticlinal d'Esch / Sûre a été tracé.

Une nouvelle campagne de cartographie a été réalisée, dans le cadre du Diplomarbeit de N. Nies en 2005, sur une zone d'approximativement 30 km² autour de Goesdorf. Les résultats de cette campagne sont présentés sur la carte de la figure 6.

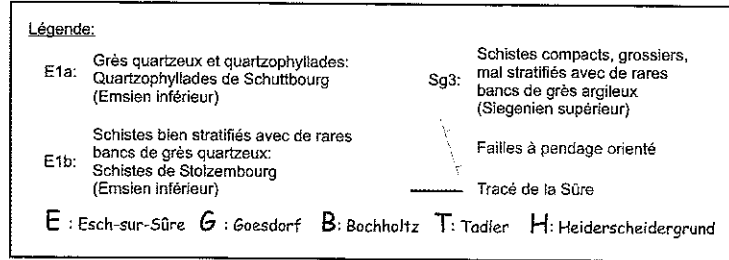
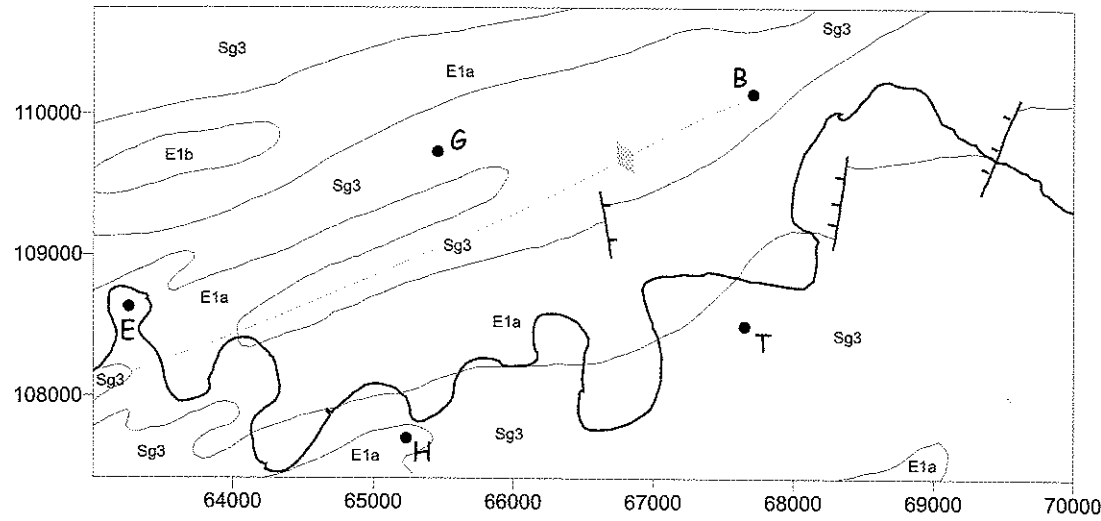


Fig. 5: Carte géologique schématique de la zone de prospection autour de Goesdorf, informations tirées de la carte géologique de Luxembourg - avec tracé de l'anticlinal d'Esch/Sûre.

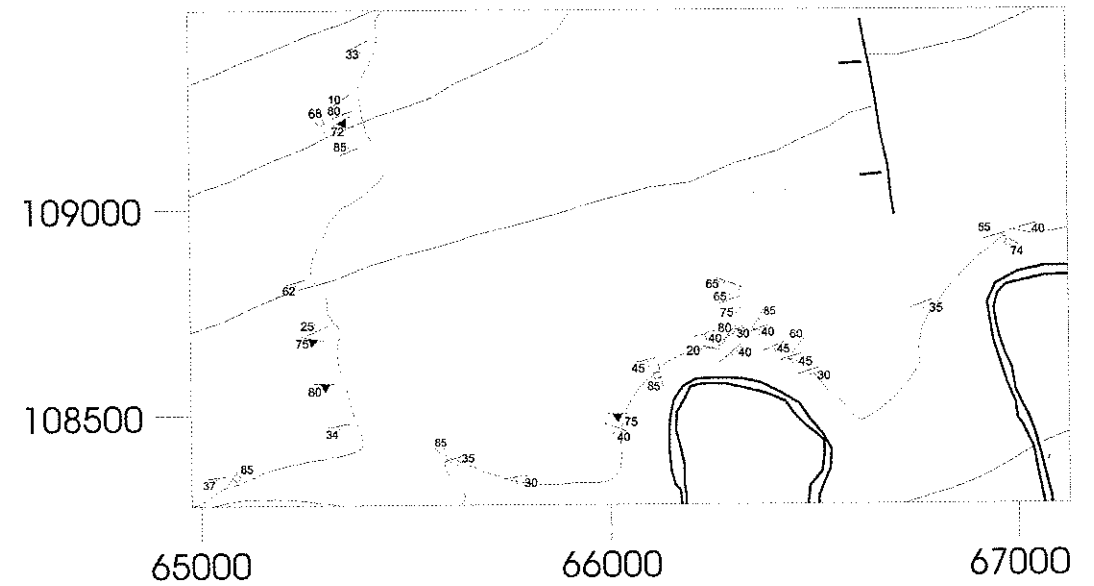
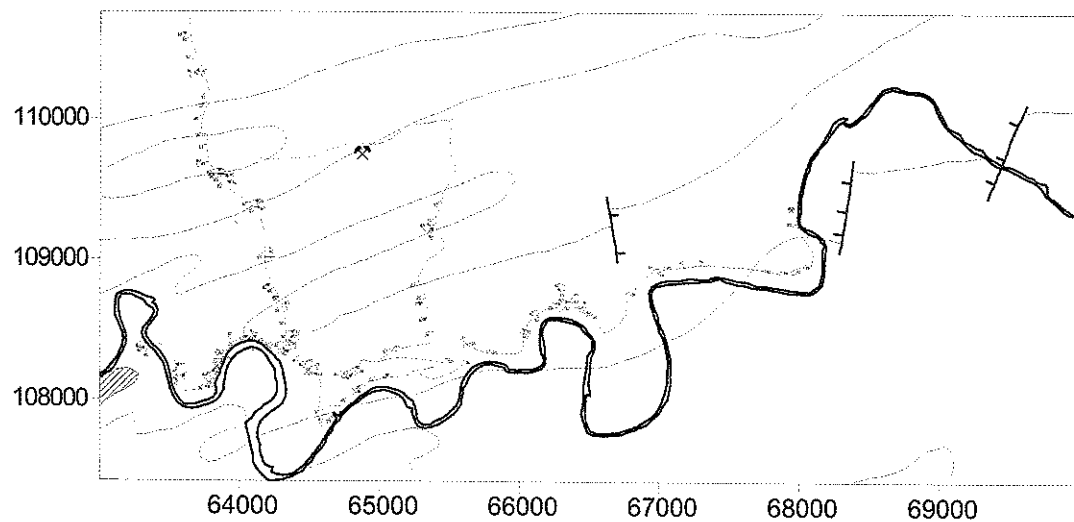


Fig. 7: Zoom sur les données structurales de la campagne de cartographie de Nies (2005) et Philippo (2006) - route de Heidersheidgrund vers Wiltz et route de Esch/Sûre.

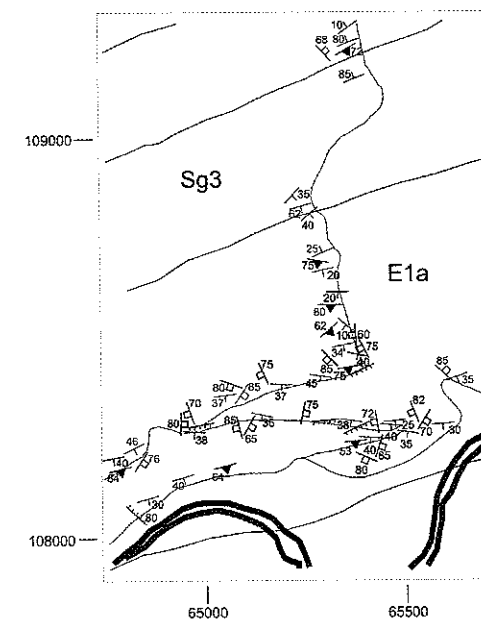


Fig. 8: Zoom sur les données structurales de la campagne de cartographie de Nies (2005) et Philippo (2006) - lors des travaux d'élargissement de la route de Goesdorf.

Deux détails de cette carte sont présentés en figure 7 et 8. Les surfaces mesurées sont la stratification, la schistosité, les diaclases et les failles. La stratification moyenne observée est de direction NNO-SSE avec un pendage nord. La schistosité est subparallèle à la stratification et la direction de clivage principale est ENE-OSO.

Une analyse des plans de fractures a été réalisée et des conclusions ont été tirées par rapport aux anticlinaux régionaux. Cette analyse est schématisée à la figure 9. Cette figure reprend une rose de distribution spatiale des principaux plans de fracture mesurés lors de la campagne de cartographie. Les trois directions principales sont notées $S1$, $S2$ et e . Sur cette figure, nous avons également ajouté la direction $\sigma1$ qui est la direction de contrainte principale du plissement hercynien (Mosar, 1992). Cette direction est perpendiculaire (orthogonale) aux plans axiaux des plis. Les figures 9a et 9b présentent schématiquement l'action de fracturation sur un anticlinal (comme celui d'Esch/Sûre): une faille de distension (extension) e orthogonale à la direction de contrainte principale $\sigma1$ et un système de deux failles de cisaillement ($S1$ et $S2$) formant un angle de 60° entre elles et dont la bissectrice de cet angle est à nouveau $\sigma1$, autrement appelé 'conjugate shear joints'. La

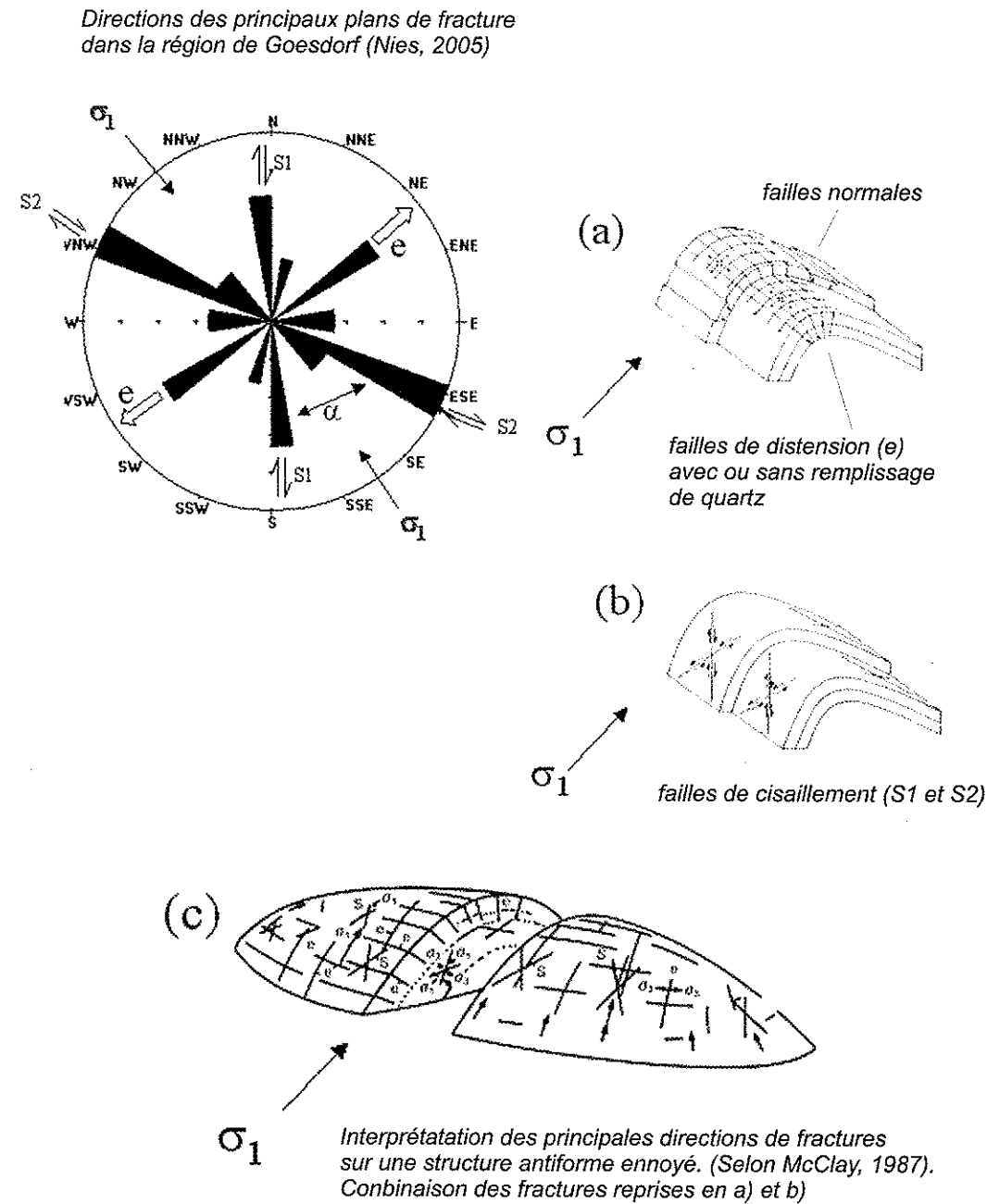


Fig. 9: Analyse des principales directions de fractures de la zone cartographiée (Nies, 2005) et schématisation de celles-ci par rapport à l'anticlinal d'Esch/Sûre. Le symbole σ_1 donne la direction principale de contrainte du plissement (Mosar, 1992).

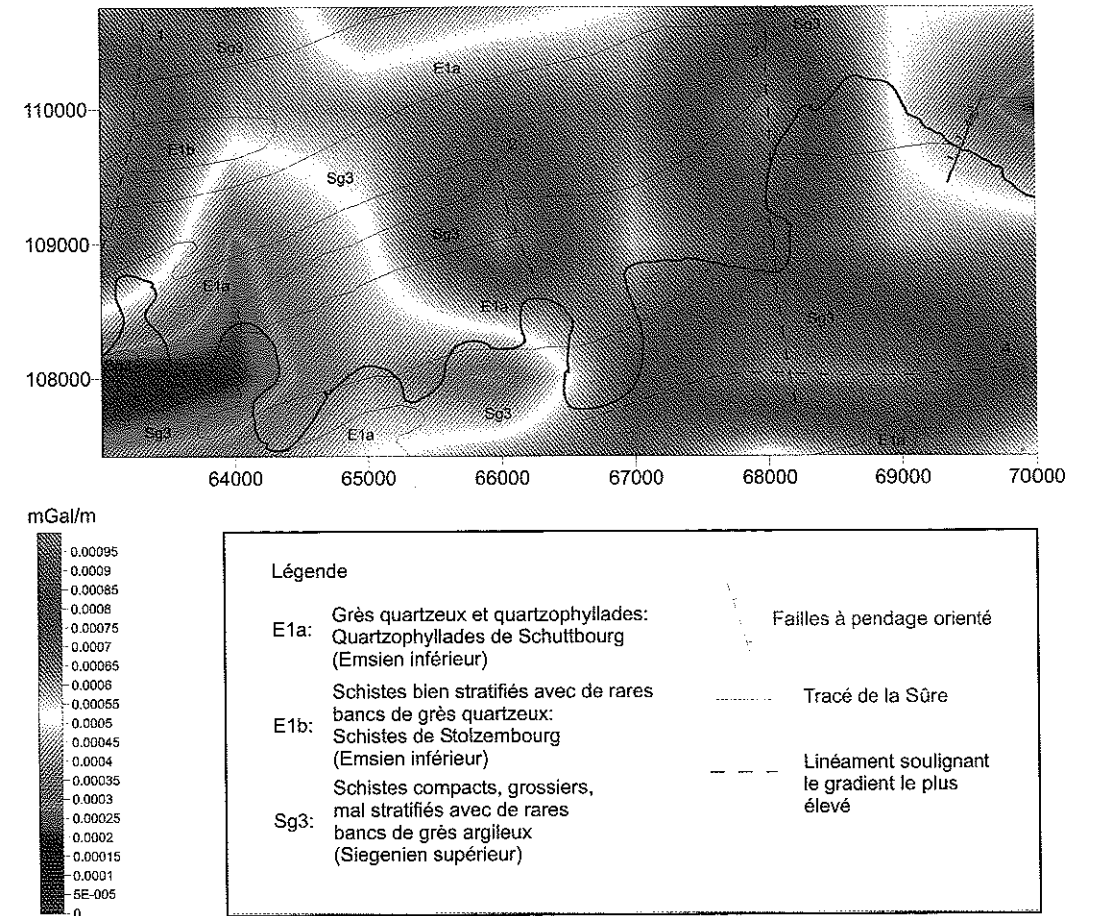


Fig. 10: Carte de gradients, synthèse de la prospection gravimétrique de Bornain pour le compte du MnhnL en 2005.

figure 9c est la plus proche possible de la réalité de ce travail; elle présente la combinaison des trois directions de fractures sur un anticlinal ennoyé. Les failles d'extension sont souvent soulignées par un remplissage de quartz. Parfois, elles présentent des cristaux de quartz tordus montrant ainsi ces fractures ont subi d'autres mouvement qu'une simple extension.

En parallèle, une campagne de prospection gravimétrique a été réalisée par Bornain en 2005 pour le compte du MnhnL (Figure 10). Les résultats ont été présentés et discutés dans le Diplomarbeit de Nies (Nies, 2005). Cette prospection met en évidence trois linéaments correspondants à la direction de cisaillement S1 (linéaments 1, 2 et 3) et un linéament

(4) correspondant très approximativement à la direction de cisaillement S2. La figure 11 présente une réinterprétation des données géologiques de la figure 5 à la lumière des linéaments mis en évidence par la prospection. Les linéaments 2 et 3 correspondent probablement aux failles normales de la figure 5 avec un décalage de 500 m. Comme les failles de la carte géologique ne sont pas visibles sur le terrain, on peut considérer leur localisation comme supposée et approximative. Les linéaments sont donc des arguments en faveur d'une localisation plus précise des accidents sans modifier fondamentalement la carte géologique. Le linéament 1 ne correspond à aucune structure de la carte géologique. Par parallélisme, nous lui avons donné la même action que les deux autres

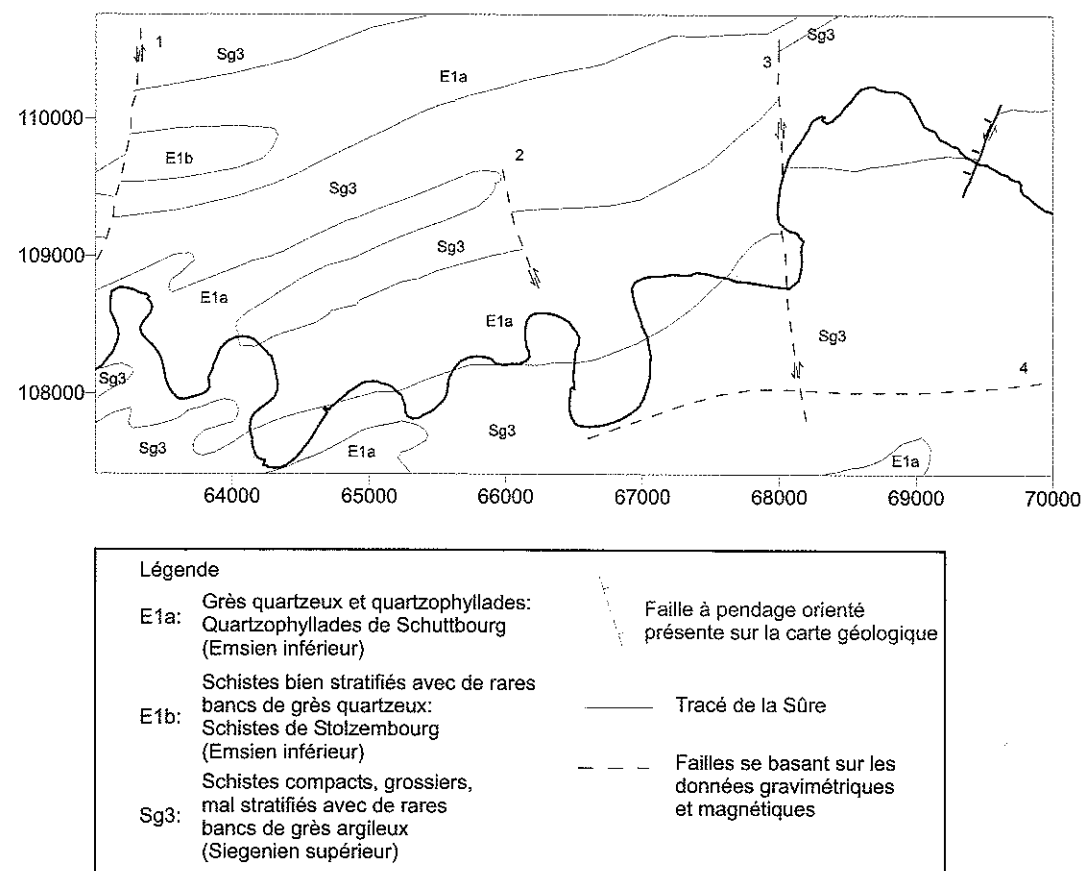


Fig. 11: Carte d'interprétation structurale et géologique basée sur la prospection gravimétrique de Bornain pour le compte du MnhnL en 2005.

linéaments de même direction. Cette hypothèse devra toutefois être vérifiée.

La figure 12 résume les travaux de Fomino (1994) et nous permet directement de confronter ses données d'anomalies en Ni et Sb à celles déduites de notre prospection géophysique. L'objectif du travail de Fomino (1994) était l'identification de facteurs métallogéniques pertinents qui pourraient avoir conduit à la formation du minerai. Dans ce but, il a récolté et analysé le contenu en métaux d'échantillons de quartz orienté. Il définit comme quartz orientés, tous les échantillons d'une faille remplie de quartz, bien localisés sur le terrain et orienté par rapport au système de fractures. Les échantillons provenant de poches à orientation aléatoire ou mal localisées sont exclus. La spectrométrie d'absorption atomique a été utilisée

pour l'analyse du Ni, du Co, du Cu, du Pb et du Sb. Les anomalies en Ni et Sb sont surtout localisées au SO de la mine. Fomino (1994) schématise la minéralisation par un hachuré gras de direction ENE-OSO correspondant à l'alignement de ses anomalies et qui serait, selon lui, la trace d'une faille décrochante. Or cette orientation est en désaccord avec les données structurales que nous avons recueillies et avec les données historiques de Weyer (1854) qui donnent une orientation N108°E.

Les données concernant la minéralisation sont tirées de la bibliographie (Weyer, 1854 et Lucius, 1948) et comparées à celles recueillies lors du levé de la galerie d'exhaure. Cette galerie en travers bancs de 269 m de long nous amène des informations géologiques, minéralogiques et structurales

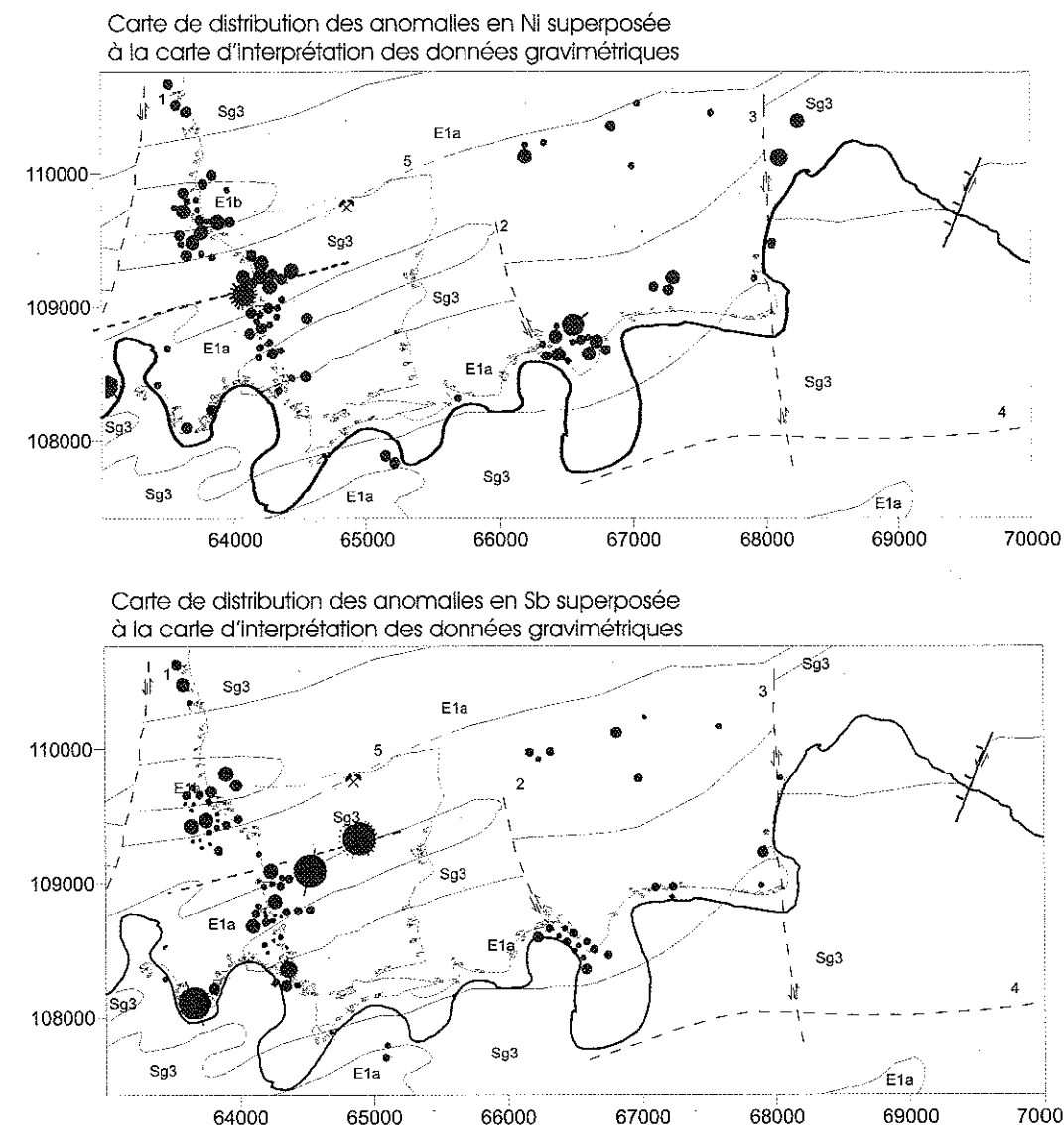


Fig. 12: Superposition de la carte d'interprétation structurale de Bornain, 2005 et de la prospection géochimique du nickel (Ni) et de l'antimoine (Sb) de Fomino.

(Figure 13). En début de galerie, des fractures de quelques cm de direction NO-SE contiennent des carbonates, des sulfures (stibine) et/ou du quartz. Ces fractures correspondent à la direction de cisaillement S2. On note des plans de failles de décrochement remplies d'argiles grises de direction N-S, soit la direction S1. Le long de ces miroirs de failles, correspondant à l'une des parois dans la seconde partie de la galerie, on distingue

les directions de déplacement au moyen des stries de glissement sur le miroir de faille. Ce qui nous permet d'affirmer qu'il s'agit de décrochements dextres. L'argile grise pourrait être le résultat d'une mylonitisation, processus typique d'une zone de cisaillement. Une troisième famille de plans de faille remplies d'argiles jaunes et de direction E-O a été cartographiée. Ces veines d'argiles correspondent elles aux salbandes?

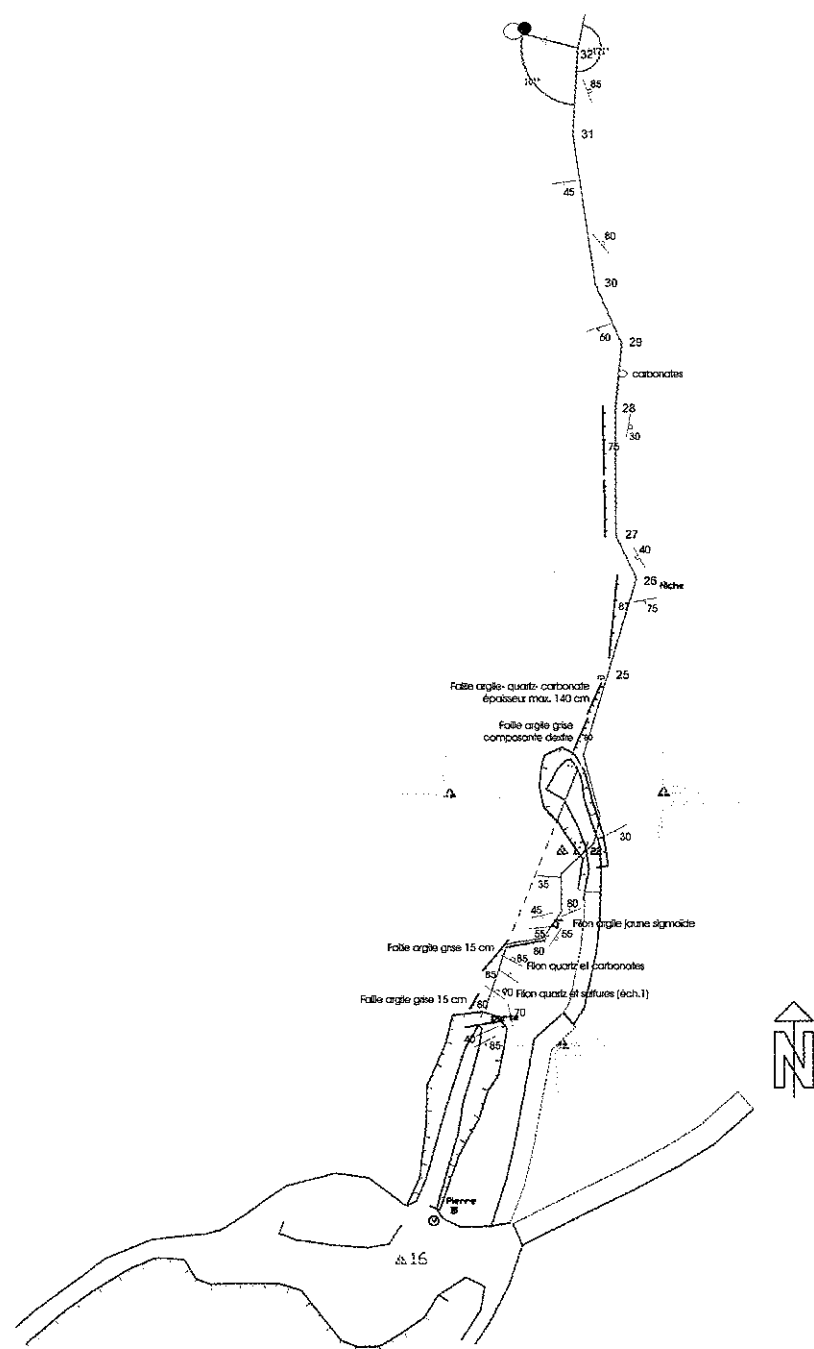


Fig. 13: Levé géologique et structurale de la galerie d'exhaure de la mine de Goesdorf - levé géologique de Nies, Bornain et Filippo en 2005 sur base des travaux de levé topographique de J. Mersch.

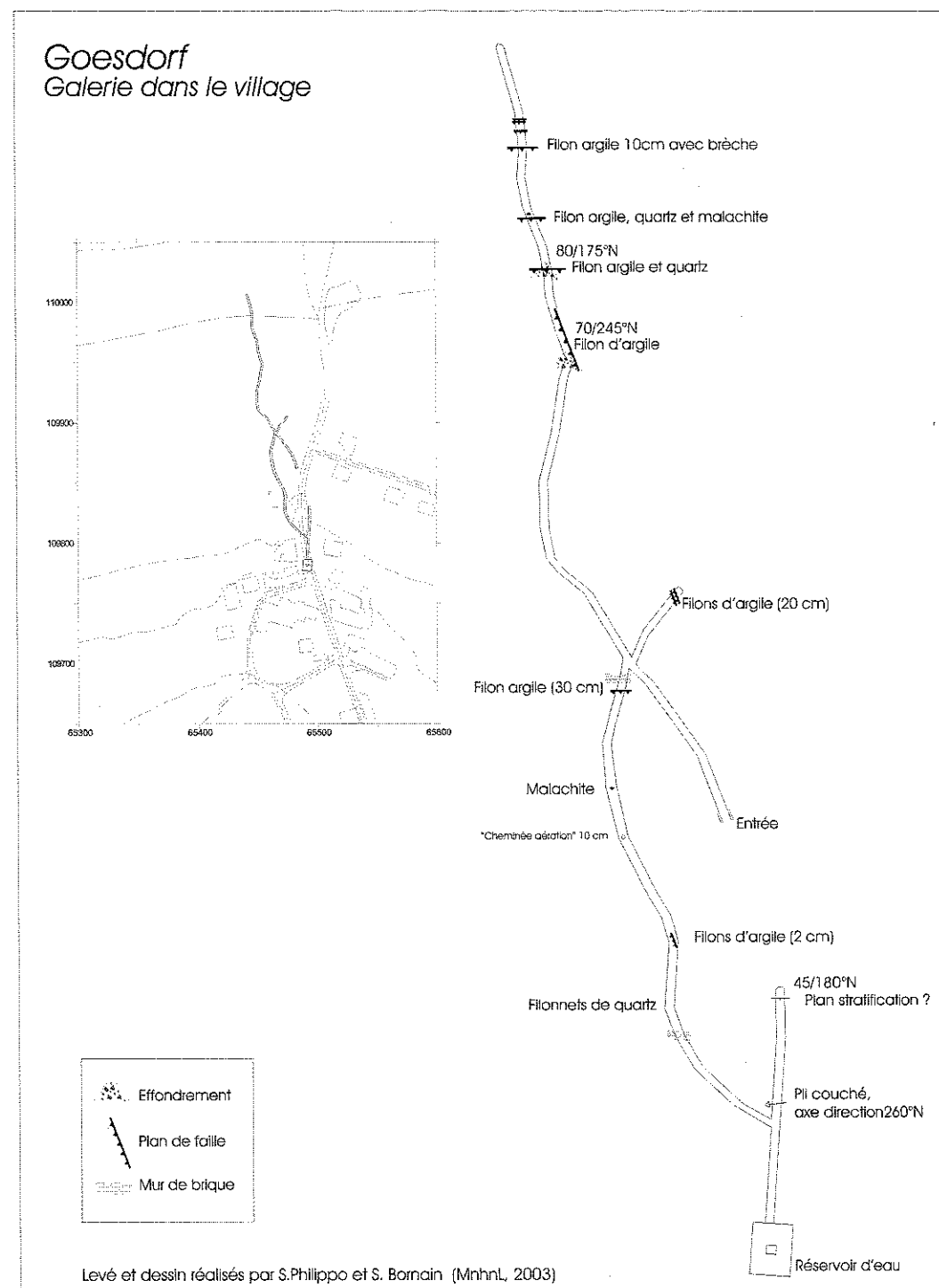


Fig. 14: Levé géologique et structural d'une galerie d'exploration dans le village de Goesdorf - levé géologique et topographique de Bornain et Filippo en 2003.

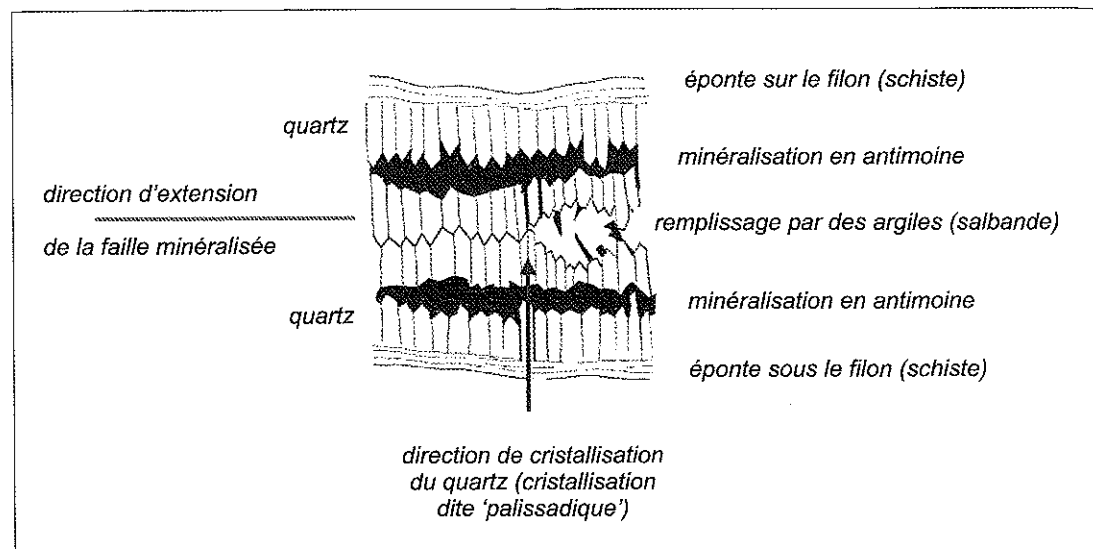


Fig. 15: Dessin schématique du filon minéralisé en antimoine de Goesdorf, croquis réalisé sur base de l'observation de l'échantillon G22 - échelle: épaisseur du filon de 5 cm.

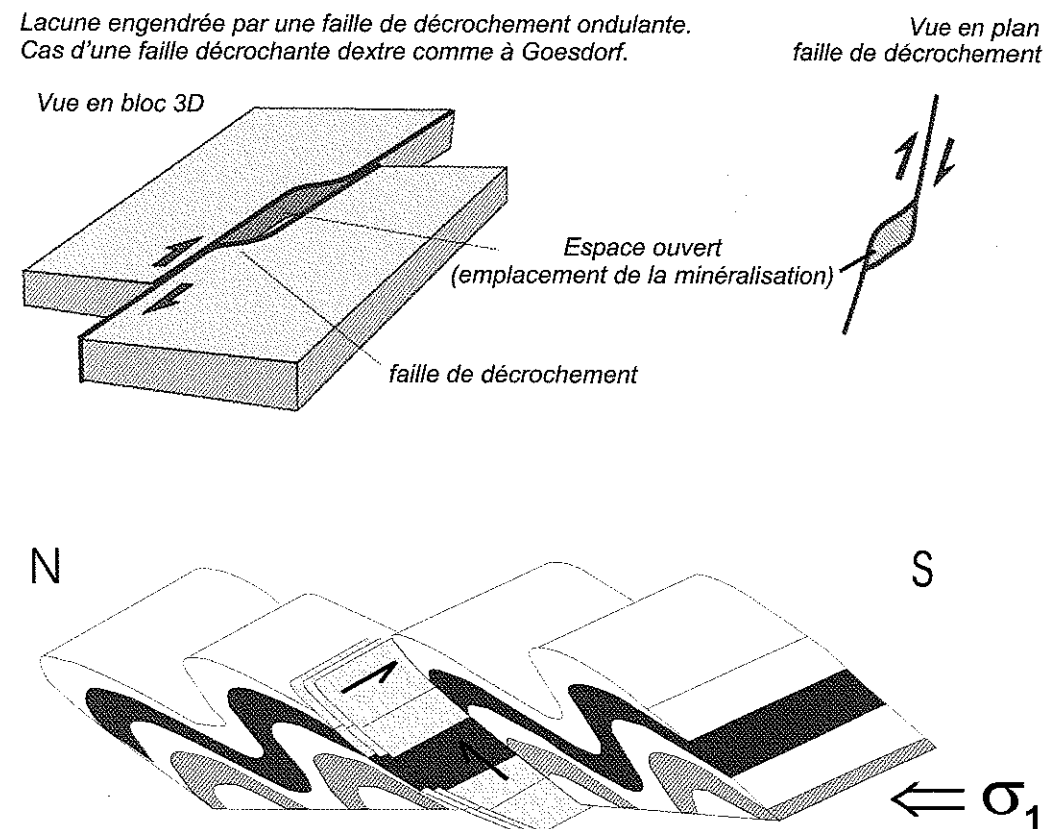
En 2003, nous avons également eu l'occasion de cartographier une galerie dans le village de Goesdorf même. Cette galerie (Figure 14)

	Reuter 1853 voie humide	MnhnL 1998 xrf	Born43 1998 xrf
Sb ₂ S ₃	97,874	54,000	95,160
SiO ₂	0	33,200	1,920
MgCO ₃	0,359	0	0
MgO	0	9,300	0,088
Al ₂ O ₃	0,059	1,150	0,267
CaCO ₃	0,544	0	0
CaO	0	0	0,264
K ₂ O	0	0	0,058
FeS ₂	0,229	0	0,510
Pb	0	1,710	0,290
Zn	0	0,319	0,010
Cu	0	0,214	0,040
Rb	0	0,00645	0
Ni	0	0	0,020
AsS	0,142	0	0
PbS	traces		
insolubles	0,171		
Total	99,378	99,899	98,63

Fig. 16: Analyses chimiques en pourcentage poids du minerai: analyses du minerai trié (Reuter, 1853 et Born43, 1998) analyse d'un morceau de filon non trié (MnhnL, 1998).

présente deux orientations de faille. La première de direction E-O est minéralisée en argile, quartz et malachite. Nous supposons que la malachite provient d'un minerai contenant du cuivre. Quelques filons d'argile bleu-grise de direction NNO-SSE ont également été notés. Dans la galerie d'exhaure et dans celle du village, les fractures principales correspondent à S1 et S2. Les fractures S1 sont minéralisées; tandis que les fractures de type S2 sont des mylonitisations stériles. Les fractures d'extension sont plus rares et sont remplies d'argile jaune.

La meilleure description du filon est faite par Weyer (1854). On note l'existence de deux filons parallèles, de direction N108°E et de pendage oscillant entre 65° et 75° S. Ces filons sont séparés par un grauwacke épais de 6 à 8 m. Chaque filon se présente de la manière suivante: une épaisseur de 2 à 3 m et de l'argile assez douce avec des veines du minerai d'antimoine, de la pyrite et du quartz friable. Les Salbandes se situent souvent à l'interface entre le filon et l'encaissant. Les veines d'antimoine, bien que continues, changent toutefois de puissance et de teneur presque chaque demi-mètre. La figure 15, réalisée sur base d'un filon de 5 cm, est en accord avec cette description et permet de montrer la relation spatiale entre les épontes, le quartz palissadique, le minerai d'antimoine et les salbandes.



Schématisme des anticlinaux de la région de Goesdorf et de la faille de décrochement dans laquelle la minéralisation en antimoine s'est mise en place. Vue en bloc 3D.

Fig. 17: Schématisation de la structure anticlinale de la région de Goesdorf et de la faille de décrochement (selon S2) dans laquelle la minéralisation lenticulaire en antimoine s'est mise en place.

Le minerai sensu stricto a été analysé (Figure 16). L'analyse la plus ancienne est celle de Reuter (1853). Elle signale la présence de carbonates et de traces de Pb, As et Fe. L'analyse plus récente d'un morceau de filon, minerai brut, c'est à dire minerai et gangue (MnhnL, 1998) met également en évidence le Mg de la dolomite (le C n'a pas été analysé) et note des traces de Pb, Zn et Cu. L'analyse (Born 43) est faite sur un échantillon de minerai trié. Elle présente des traces de Fe, Pb, Zn, Cu et Ni. Tous ces éléments en trace se retrouvent dans les espèces plus rares de la paragenèse minérale de Goesdorf.

Concernant l'orientation du filon, certaines données de la littérature sont contradictoires entre elles et en contradiction avec nos observations. Fomino (1994) trace la minéralisation (Figure 12) avec une direction ENE-OSO. Nies (2005), sur base d'une prospection magnétique mettant en évidence un contact lithologique, associe la minéralisation à la direction des fractures d'extension (orientation NE-SO). Or le seul le rapport d'expertise de la mine (Weyer, 1854) donne une orientation des filons de N108°E. Cette description est en accord avec nos observations de filons de quartz minéralisés en antimoine dans la galerie d'exhaure qui donnent une orientation ONO-ESE. On peut donc, sur base de ces deux

observations, affirmer que la minéralisation est liée au système de failles de cisaillement S2.

Pour fixer l'ensemble des informations récoltées et les synthétiser, nous avons réalisé un schéma de la faille contenant la minéralisation en antimoine (Figure 17). L'hypothèse d'une faille décrochante (de cisaillement) ondulante permet d'expliquer la création d'un espace de 2 à 3 m pouvant être remplis par du minerai. Cette espace créé est lenticulaire. Ceci est en accord avec l'observation ponctuelle de la minéralisation à Goesdorf (aucune continuité latérale observée) et ne nous oblige pas à supposer des failles de direction N-S qui limiterait (ou déplacerait) la minéralisation à l'Est et à l'Ouest. La deuxième partie de cette figure 17 replace la faille minéralisée dans son contexte géologique régional.

4. Minéralogie

La liste des 34 espèces de minéraux inventoriées à Goesdorf est donnée dans le tableau 1.

4.1. Ankérite, $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$

Ce minéral de la famille des carbonates a été confirmé par diffraction des rayons x (analyse Born47). Il se présente en petits cristaux de 1 ou 2 mm.

Tableau 1: Liste des minéraux inventoriés à Goesdorf. En italique les minéraux indéterminés ou non confirmés

<i>Ankérite</i>	Berthiérinite	Calcite
<i>Calcédoine</i>	Chalcostibite	Chalcopryrite
<i>Clinochlore-Fe</i>	<i>Dickite</i>	<i>Dolomite</i>
<i>Goethite</i>	<i>Gypse</i>	<i>Hématite</i>
<i>Illite</i>	<i>Indéterminé 1</i>	<i>Indéterminé 2</i>
<i>Indéterminé 3</i>	<i>Indéterminé 4</i>	<i>Jamesonite</i>
<i>Kermésite</i>	<i>Marcassite</i>	<i>Malachite</i>
<i>Or</i>	<i>'Oxydes de Mn'</i>	<i>Pyrite</i>
<i>Quartz</i>	<i>Sénarmontite</i>	<i>Sidérite</i>
<i>Soufre</i>	<i>Sphalérite</i>	<i>Stibiconite</i>
<i>Stibine</i>	Todorokite	<i>Valentinite</i>
<i>Zinkénite</i>		

4.2. Argiles, phyllosilicates alumineux hydratés

Les minéraux de type argiles sont contenues dans ce que l'on appelle les salbandes' de la minéralisation. Ce terme vient de l'allemand 'Salband' et signifie éponte argileuse d'un filon.

Des analyses en diffraction des rayons x ont montré un mélange de dickite $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, de clinochlore $(\text{Mg}, \text{Fe}^{++})_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ (variété clinochlore-Fe (1MIIB) et d'illite $\text{K}_{0,65}\text{Al}_2[\text{Al}_{0,65}\text{Si}_{3,35}\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$. Ces argiles contiennent des traces de Cr (0.015 %), de Ni (0.007 %), de Rb (0.015 %), de Sr (0.015 %), de Zr (0.03 %), de Ba (0.04 %), de La (0.010 %) et de Ce (0.020 %).

La chlorite, clinochlore-Fe (1MIIB) se présente également sous la forme d'agrégats microscopiques, micacés, en forme de sphéroïdes.

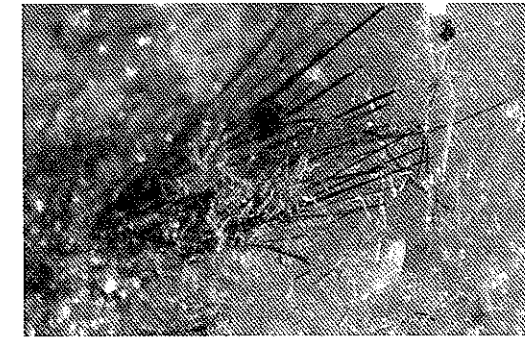
4.3. Berthiérinite, FeSb_2S_4

La berthiérinite se présente en fins microcristaux iridescents (photo NA82-G101). Celle-ci ne peut être distinguée avec certitude de la stibine et de la zinkénite sans l'emploi de techniques telle que les rayons x.

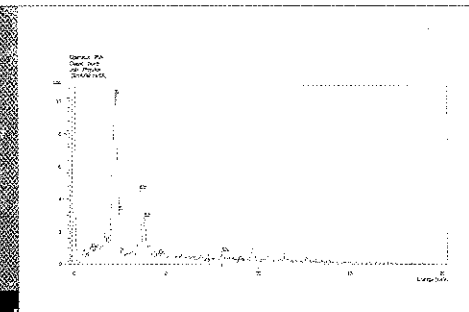
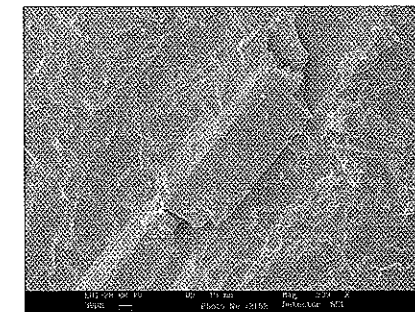
Elle est beaucoup moins commune que la stibine et se présente généralement en individus plus fibreux et moins déformés.

4.4. Calcite, CaCO_3

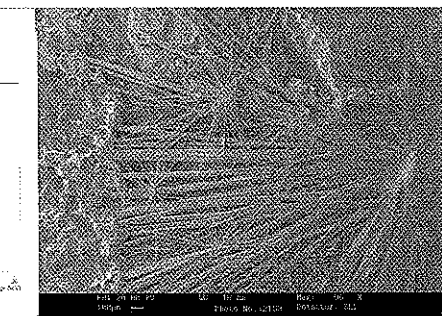
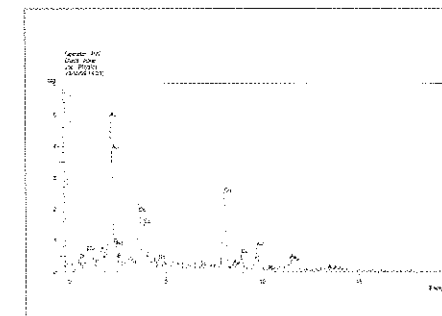
La calcite est un minéral de la gangue assez rare sur les haldes. Il s'agit la plupart du temps de scalénoèdres de couleur jaune dont les arêtes sont



Chalcostibite en fibres
(spécimen G44, photo Nb55)
et phase d'altération



Chalcostibite monocristal
(cliché Meb et analyse Edax)



Chalcostibite en fibres
(cliché Meb et analyse Edax)

Chalcostibite monocristal
(spécimen G36, photo NB49)
et une phase d'altération

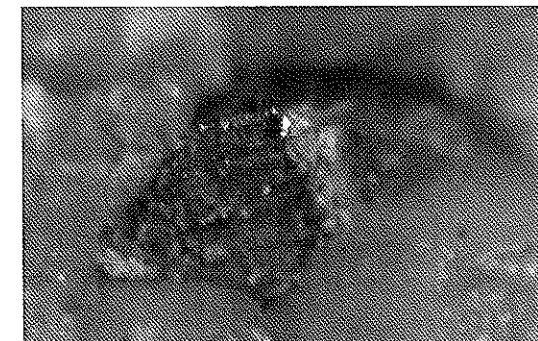


Planche 1: Chalcostibine, CuSbS_3 , de Goesdorf - variations d'habitats de l'espèce (fibres ou monocristaux), photographies à la loupe binoculaire, clichés au microscope électronique à balayage (MEB) avec analyses Edax correspondantes. © MnhnL, 2007.

souvent corrodées. L'échantillon G184 présente des rhomboédres jaunes. Des échantillons plus fournis en calcite ont été récoltés dans le fond de la galerie d'exhaure.

4.5. Chalcopryrite, CuFeS_2

La chalcopryrite, observée dans les échantillons G23 et G32 provenant des parties du filon de quartz riches en carbonates, est généralement partiellement altérée en malachite.

4.6. Chalcostibine, CuSbS_2

Ce minéral se présente sous forme de fibres iridescentes à structure fibroradiée plane (planche 1) ou en monocristaux (planche 1). Les gerbes de cristaux sont isolées dans une gangue de quartz et ne se trouvent pas dans des filons de minerais. Ce minéral est partiellement altéré en fibres vertes qui sont décrites comme indéterminé 3. La présence de ces minéraux cuprifères d'altération est souvent un bon critère de reconnaissance.

La présence de la chalcostibine, minéral rare a été confirmée par XRD. Il véhicule une partie du cuivre repéré dans l'analyse du minerai. Des clichés de cette phase minérale ont été pris au microscope électronique à balayage (planche 1) et des analyses chimiques ont été faites simultanément à l'Édad (planche 1).

4.7. Dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

C'est l'une des phases carbonatées de la gangue avec l'ankérite, la sidérite et la calcite. Elle se présente en cristaux de 2 à 3 mm en remplissage de géodes.

4.8. Goethite, FeOOH

Ce minéral se trouve en encroûtement rougeâtre sur la pyrite.

4.9. Gypse, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Le gypse (identification visuelle et analyse xrd sph15) est un minéral rare du gisement de Goesdorf. En général, il est le résultat de la décomposition des sulfures en présence de carbonates de calcium. A Goesdorf, ce minéral est généralement associé à la pyrite altérée. On le trouve sous forme de cristaux en tablettes longues de 2 à 3 mm (voir minéral isolé G46) qui sont parfois squelettiques (G118), sous forme fibreuse en amas de cristaux allongés selon l'axe c et courbés en forme de cornes de bélier (G126 - dias NA47) ou sous forme

de cristaux isolés prismatiques de 1 à 2 mm (G46 - dias NA48). Les faciès de ce minéral est typique.

4.10. Jamesonite, $\text{FePb}_4\text{Sb}_6\text{S}_{14}$

Ce minéral de la famille des sulfosels de plomb se présente en cristaux finement aciculaires regroupés en agrégats fibroradiés de 2 mm de diamètre (Photo G36-NA83). Il a un éclat polymétallique marqué. Il est toujours associé avec la stibine et la zinkénite avec lesquelles il peut être confondu. L'identité de l'espèce a été vérifiée par diffraction des rayons x (spectre born45).

4.11. Kermésite, $\text{Sb}_2\text{S}_2\text{O}$

En 1993, Kronz et Heinen avaient observé des petits minéraux rouge vif et avaient cité le nom de kermésite mais sans pouvoir le confirmer. La kermésite est un minéral de couleur rouge cerise (sherry-red) à éclat adamantin. C'est un minéral classique de la paragenèse des minerais d'antimoine en phase d'oxydation.

Nous observons, dans l'échantillon G112, un cristal rouge vif dans une géode de stibine; dans l'échantillon G113, une croûte de cristaux rouge vif remplissant les parois d'une géode dans la stibine massive; dans l'échantillon G115, des petits cristaux rouge vif sur cristaux de quartz dans une géode de quartz et stibine et dans l'échantillon G157, un encroûtement de petits cristaux rouge vif sur stibine altérée et valentinite. L'analyse de l'échantillon G113 (spectre xrd sp5), montre nettement les raies de la kermésite.

4.12. Or, Au

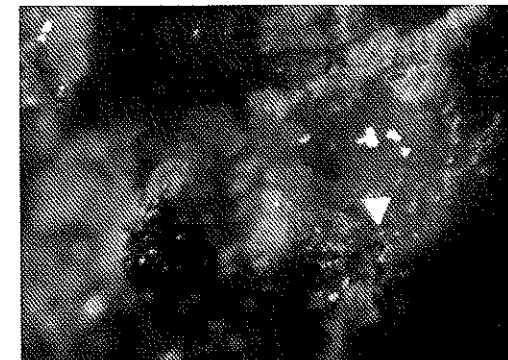
Un échantillon des collections du MnhnL, signalé comme trouvé à Goesdorf en 1893 (soit à l'époque des travaux de Westhofen) présente des traces d'or avec stibiconite sur quartz.

4.13. Oxydes de Mn

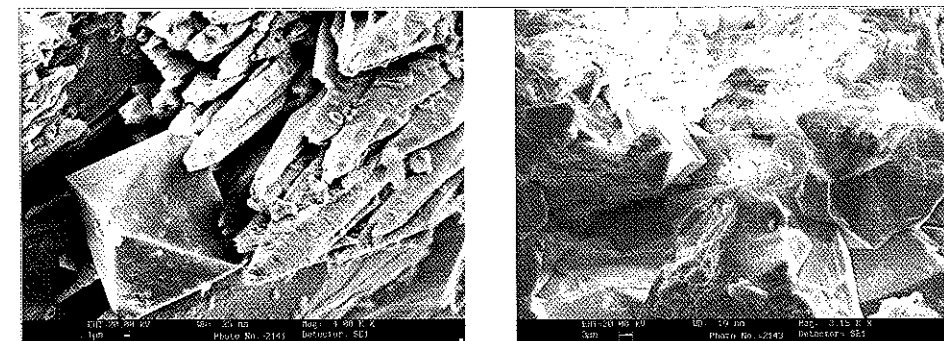
On trouve parfois ces oxydes de manganèse (pyrolusite?) sous la forme de dendrites sur des quartz massifs ou sur le grès de l'encaissant au contact avec le filon.

4.14. Pyrite, FeS_2

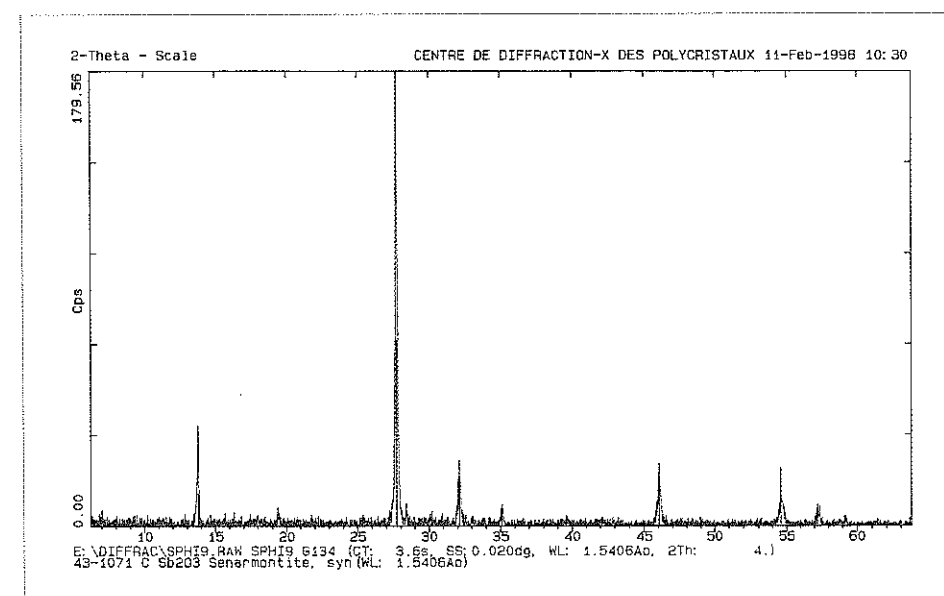
La pyrite est un minéral courant de l'encaissant schisteux. On le trouve sous forme de nodules partiellement altérés dans des structures de 'pressure shadow'.



Sénarmontite
cristaux de 0.2 mm
(spécimen G134)



Sénarmontite
(clichés MEB)



Spectre de diffraction de rayons x de la sénarmontite de Goesdorf

Planche 2: Sénarmontite de Goesdorf, cristaux octaédriques de 0,2 mm - photographie à la loupe binoculaire, clichés au microscope électronique à balayage (MEB) et spectre de diffraction de rayons x (XRD). © MnhnL, 2007.

Dans le minerai, elle est souvent associée à la gangue de quartz et recouverte d'une mince pellicule d'altération en goethite, ce qui confère aux cristaux une couleur rouge. Cette couche est superficielle et se gratte facilement. En-dessous, la pyrite a son éclat métallique jaune caractéristique. On la trouve sous forme de cubes, de dodécaèdres pentagonaux avec troncature de l'arête du cube d'origine, de tétraèdres avec troncature des sommets (faces du cube d'origine). La taille des cristaux varie entre 1 et 4 mm. L'échantillon G67, envoyé pour analyse XRD, a permis de confirmer la détermination. Des analyses chimiques nous amène à penser que le Ni et le Co seraient inclus en substitution du fer dans la pyrite. Cette substitution est classique et référencée notamment dans Anthony et al. (1990). Seules les pyrites incluses dans le minerai ont été analysés. Les pyrites aux épontes du filon le seront prochainement.

4.15. Quartz, SiO_2

Le quartz est le minéral le plus courant de la gangue à Goesdorf. Souvent, il se présente en cristaux palissadiques à cristallisation perpendiculaire aux épontes des filons minéralisés (Figure 15). Au centre du filon, la direction de croissance des cristaux est plus aléatoire. On peut distinguer deux générations de quartz: des cristaux de 2 à 3 cm, laiteux, en pyramides hexagonales avec des faces plagiédres, souvent recouverts d'un enduit argileux et des cristaux euhédraux généralement hyalins de seconde génération qui croissent perpendiculairement à l'axe c des cristaux plus grands.

L'échantillon G89 montre un cristal de quartz hyalin tronçonné perpendiculairement à son axe c, ce qui pourrait suggérer une extension des fissures lors de la mise en place de la minéralisation. Signalons dans ce contexte que les cristaux formant la gangue sont souvent corrodés.

4.16. Sénarmontite, Sb_2O_3

La sénarmontite est un minéral, polymorphe de la valentinite, rare à Goesdorf. Il a été signalé pour la première fois par Kronz et Heinen (1993) sur un seul échantillon mais nous pouvons, d'ores et déjà, confirmer qu'il ne s'agit pas là d'un cas isolé. C'est un minéral secondaire formé par oxydation de la stibine. On le trouve dans de petites vacuoles jaunâtres (3 à 4 mm) situées dans le minerai de stibine sous la forme de cristaux octaédriques incolores et

transparents de 0,2 à 0,3 mm (Planche 2). Ils ne sont jamais isolés mais remplissent la vacuole et on peut parfois observer des agrégats de cristaux en forme de druse. L'échantillon G134 a confirmé l'occurrence par analyse XRD (planche 2). La forme octaédrique est particulièrement bien visible au microscope électronique à balayage (planche 2).

4.17. Sidérite, FeCO_3

La sidérite est un minéral de la gangue assez rare, tout comme les autres carbonates. Il est souvent associé à la pyrite et se présente sous la forme de rhomboèdres primitifs striés perpendiculairement à leur axe c dont les faces sont souvent courbes. Elle est de couleur brune à rouge (photo G119).

4.18. Soufre, S

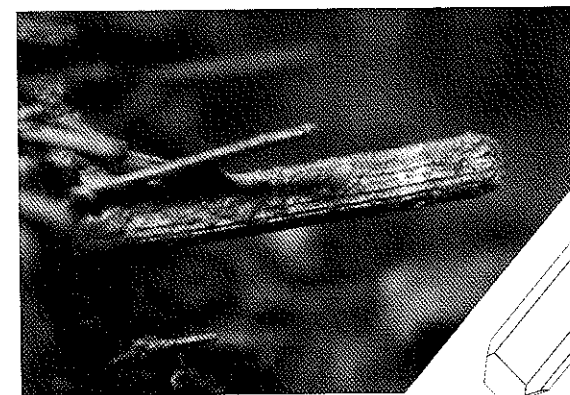
Le soufre se présente sous forme de cristaux microscopiques de 0,2 mm (photo G85-NA43). Ce minéral est le résultat de la dégradation des sulfures et notamment de la stibine, car il n'est pas rare de trouver des géodes présentant le soufre et la valentinite simultanément. Les cristaux sont souvent euhédraux, transparents et jaunes. Ils présentent de multiples faces évoquant des billes à facettes. Souvent l'intérieur des faces est creux avec une structure conique, ce qui fait penser à une croissance rapide du cristal avec formation complète des arêtes et lacune des milieux de faces. L'échantillon G134 a confirmé l'occurrence par analyse XRD

4.19. Sphalérite, ZnS

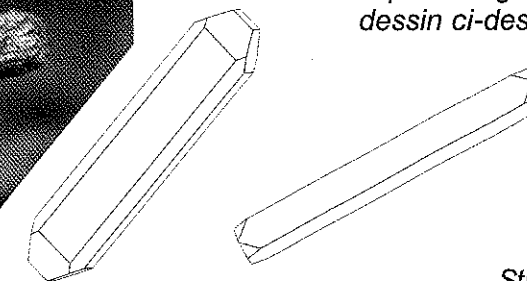
La sphalérite est un minéral rare à Goesdorf. Il s'agit de cristaux en forme de tétraèdres simples de 0,5 mm environ, translucides et de couleur ambrée avec parfois une légère troncature des arêtes. Deux habitus différents ont été observés sur les échantillons du MnhnL. Ils sont toujours associés à la stibine (photo NA21-G60). Les échantillons G163 et G60 ont confirmé l'occurrence par analyse XRD (sphi1). Ce minéral serait le porteur du zinc révélé par l'analyse du minerai.

4.20. Stibiconite, $\text{Sb}^{+3}\text{Sb}^{+5}_2\text{O}_8(\text{OH})$

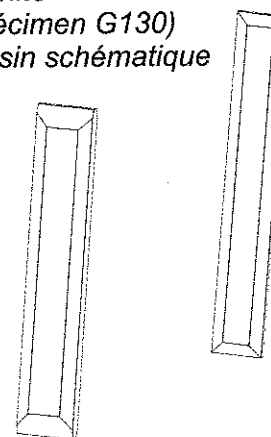
La stibiconite est un des minéraux d'altération de la stibine par oxydation. Il se présente à Goesdorf sous la forme d'une pellicule compacte de couleur brun - jaune à éclat terreux recouvrant partiellement les cristaux de stibine (photo G80-NA28).



Stibnite
cristal prismatique de 4 mm
(spécimen G138)
photo à gauche
dessin ci-dessous



Stibnite
(spécimen G130)
dessin schématique



Stibnite
(spécimen G138, photo Na24)
cristal courbe de 0,5 mm
dessin du spécimen G170 ci-dessous



Stibnite
(spécimen G144)
dessin schématique

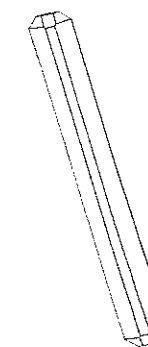
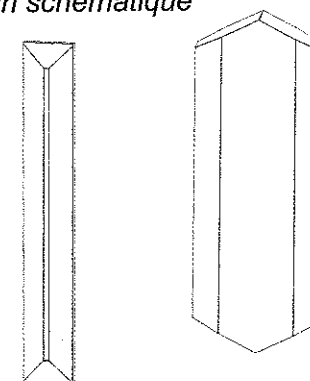


Planche 3: Stibine de Goesdorf - photographies et dessins des différents habitus. © MnhnL, 2007

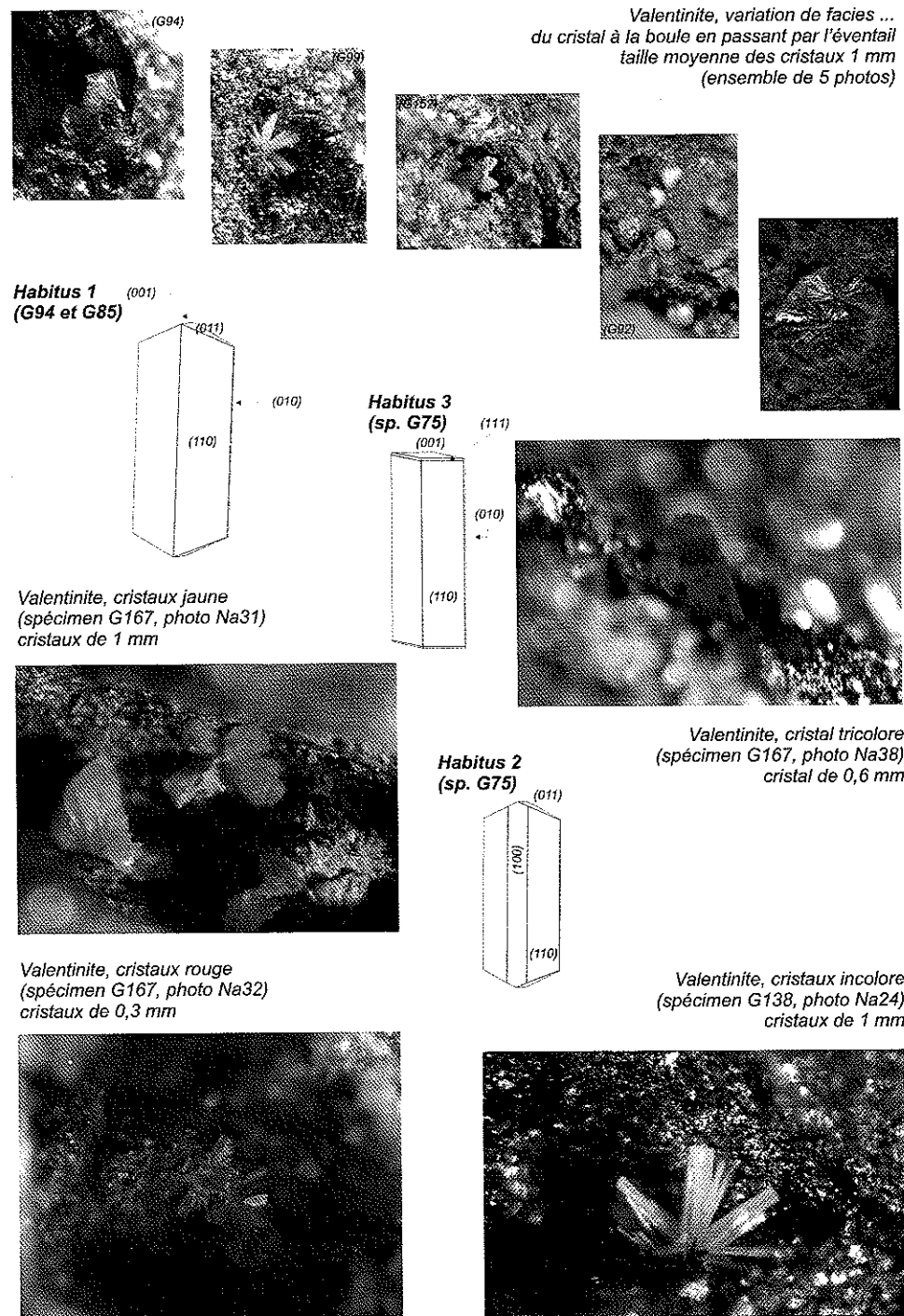


Planche 4: Valentinite de Goesdorf - photographies des variations de facies, dessins des trois habitus observés et photographie des variations de couleur de l'espèce. © MnhnL, 2007

Dans de rares cas, il y a pseudomorphose complète du cristal de stibine (G80). Les échantillons G5 et G35 ont confirmé l'occurrence par analyse XRD.

4.21. Stibine, Sb_2S_3

La stibine est le minéral principal du gisement d'antimoine de Goesdorf. Il se présente le plus souvent sous la forme de minerai compact. De temps à autre, on trouve des géodes ou des fractures dans le minerai ou dans la gangue de quartz présentant de cristaux euhédraux. Dans ces géodes, les cristaux aciculaires sont groupés en agrégats sous la forme de pelotes d'aiguilles. Ils se présentent en prismes longs, striés verticalement (planche 3) et parfois courbes (G102-G138-G17) de couleur bleu acier (planche 3). Leur taille varie de 0,2 à 4 mm. Selon Kronz et Heinen (1993), les cristaux présents dans la gangue de quartz peuvent atteindre 1 cm. Ils présentent un éclat métallique soutenu lorsqu'ils ne sont pas recouverts de stibiconite et il n'est pas rare de voir diverses teintes d'iridescence. Diverses terminaisons cristallines (planche 3) ont été mises en évidence sur les échantillons G133, G138, G144 et G170. Les échantillons G27 (stibine sur quartz), G90 (stibine massive, minerai) ont confirmé l'occurrence par analyse XRD (sphi11, 12 et 13).

4.22. Valentinite, Sb_2O_3

La valentinite est le principal minéral d'oxydation de la stibine. A Goesdorf, c'est le minéral qui présente le plus de morphologies différentes: en prismes ou, en forme de tablettes. Les différents facies sont schématisés sur la planche 4. Les cristaux sont rarement isolés et se regroupent souvent en éventails. Ce regroupement pouvant même être en rayons partiels ou complets et former des boules de valentinite. Les boules sont alors fibroradiées. La couleur de la valentinite est souvent jaune ou blanc crème mais on trouve aussi à Goesdorf des cristaux incolores (dia NA34), orangés (dia NA31), rouges (NA32) et même tricolores (NA38). L'échantillon G82 a confirmé l'occurrence par analyse XRD. En 1993, Kronz et Heinen avaient déjà mentionné ce minéral mais sans confirmation précise.

4.23. Zinkénite, $Pb_9Sb_{22}S_{42}$

Cette espèce cristalline se présente en pelotes d'aiguilles à éclat métallique (planche 5). L'identification de l'espèce a été vérifiée par diffraction

des rayons x (planche 5). Des clichés pris au microscope électronique à balayage confirment l'habitus vu à la loupe (planche 5) et l'analyse Edax confirme les informations obtenues par diffraction des rayons x. Ce minéral véhiculerait une partie du plomb identifié dans l'analyse du minerai.

4.24. Minéral indéterminé 1

Cette phase que nous avons observé sous la forme d'un encroûtement bleuté sur un ancien marteau de mineur trouvé dans les haldes (échantillons G128 et G129) est peut-être de l'hydromagnésite ou de la dypingite qui sont deux carbonates de magnésiums hydratés.

4.25. Minéral indéterminé 2

Ce minéral présente des cristaux en plaquettes pseudo-hexagonales de 3 à 4 mm, blanches ou incolores et striées sur la tranche. Les plaquettes sont souvent interpénétrées. Elles sont alors incolores sur les bords et blanches vers le centre. Le plus bel échantillon, noté G188, a été photographié (planche 6).

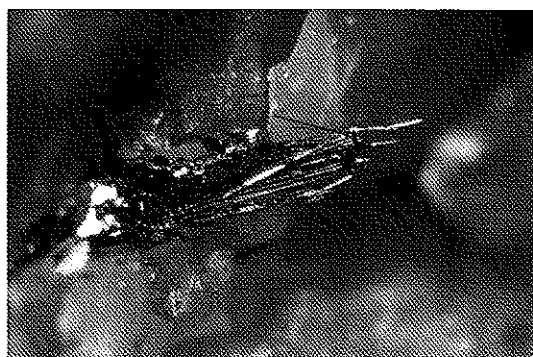
Il a été observé sur les échantillons G151, G149, G127, G137 et G73. Une première analyse par diffraction des rayons x de l'échantillon G151 est reprise sur la fiche du minéral (planche 6). Les phases identifiées par le programme de recherche automatique JCPDS mais sans corrélation exacte avec l'espèce (ni forme, ni chimisme, ...) sont la todorokite et la zinnwaldite.

Un échantillon a été envoyé au Musée de Géologie de Lausanne pour affiner la détermination. A première vue, il devrait s'agir d'un minéral apparenté à la brandholzite $Mg[(Sb(OH)_6)_2(H_2O)_6]$ et à la bottinoite $Ni[(Sb(OH)_6)_2(H_2O)_6]$.

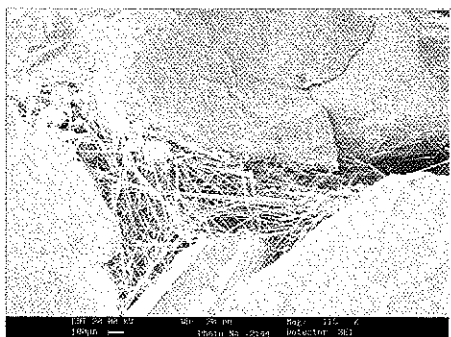
4.26. Minéral indéterminé 3

L'échantillon G36 présente des cristaux en fibres vertes à éclat adamantin sur chalcostibite et quartz. Les échantillons G38, G40, G42, G44, G76, G117 et G125 présentent un encroûtement vert d'eau sur la chalcostibite (planche 1).

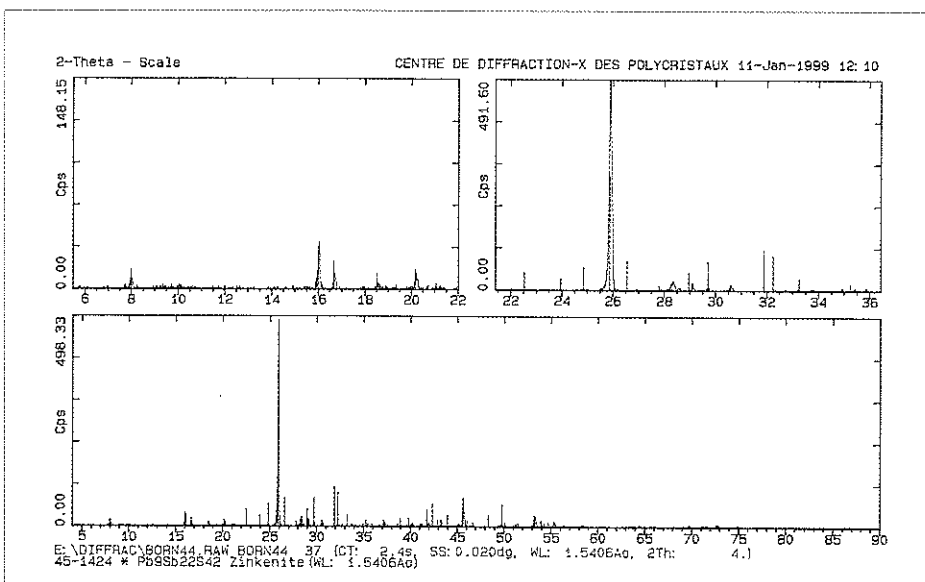
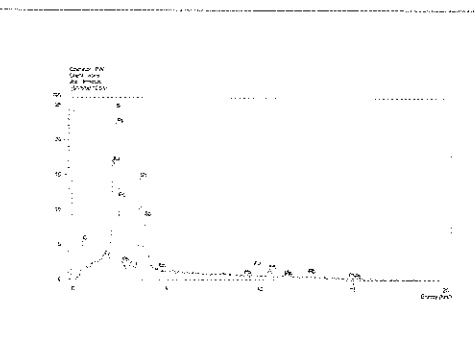
L'échantillon G36 a été analysé par diffraction des rayons x, photographié au microscope électronique à balayage et analysé par Edax (planche 7). Cette analyse suggère une phase contenant les éléments suivants: Sb, O, Cu, Fe et Si.



Zinkénite
cristaux fibreux de 1 mm

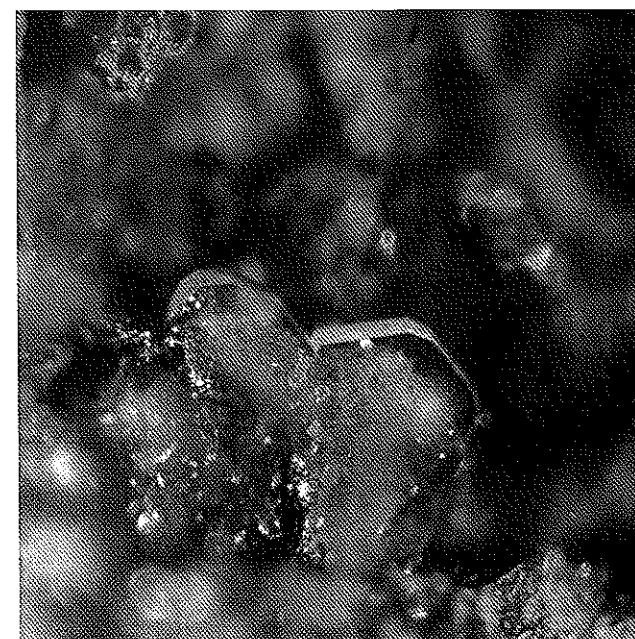


Zinkénite
(clichés Meb et analyse Edax)



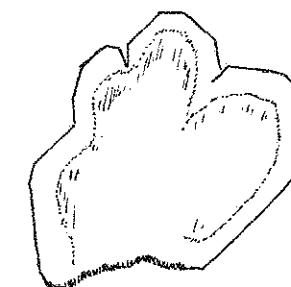
Spectre de diffraction de rayons x de la zinkénite de Goesdorf

Planche 5: Zinkénite de Goesdorf - photographie à la loupe binoculaire, cliché au microscope électronique à balayage (MEB) avec analyse Edax correspondante et spectre de diffraction de rayons x (XRD). © Mhnl, 2007.



Indéterm.2.
Cristaux pseudo-hexagonaux
taille du cristal 3 mm
(photo Nc04)

Indéterm.2.
(spécimen G188)
croquis cristal de 3 mm



Goesdorf G188

Raies mesurées	Int. rel.	Facteur1/2	Facteur1/2	Facteur1/3
19.34	3	19.34		
9.812	45	9.67	9.812	9.812
4.913	100	4.835	4.906	
3.278	18			3.271
2.460	3	2.417	2.453	
1.091	2			1.090

Indéterm.2: données xrd: mesure 'd' des raies mesurées, intensités relatives des raies et calculs des facteurs 1/2 et 1/3 des 2 raies les plus significatives

Cette espèce a été observée sur les échantillons G151, G149, G137, G127, G73, G188 et G191.

Planche 6: Minéral indéterminé 2 de Goesdorf, minéral apparenté à la brandholzite $Mg[(Sb(OH)_2)_2(H_2O)_6]$, et à la bottinoite $Ni[(Sb(OH)_2)_2(H_2O)_6]$ - photographie, dessin et données de diffraction de rayons x. © Mhnl, 2007.

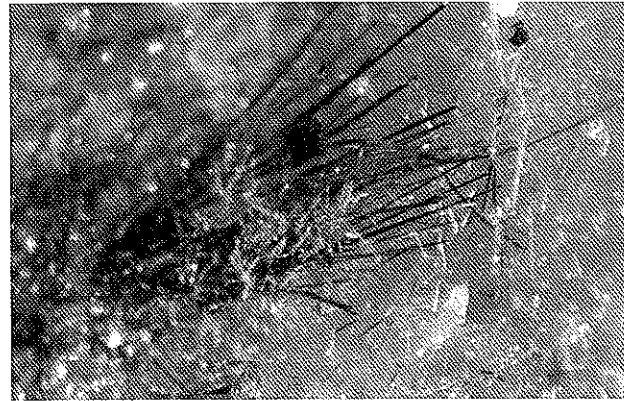
L'analyse par diffraction des rayons x donne quelques raies qui pourraient correspondre à la brochantite, la ramsbäckite ou le chrysocolle. L'intensité diffractée est tellement faible qu'il est impossible de faire un choix.

Nous supposons qu'il s'agit très probablement d'un sulfate de cuivre ... à préciser.

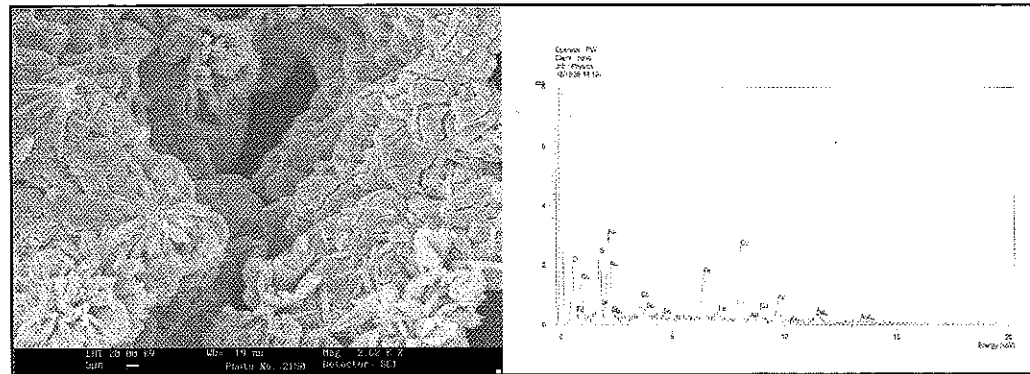
4.27. Minéral indéterminé 4

La présence de silice dans l'analyse et la forme cristalline sub-amorphe de la photo au microscope électronique à balayage plaide en faveur du chrysocolle mais celui-ci ne se présente jamais en fibre comme dans l'échantillon G36.

Des cristaux fibreux et torsadés de composition fort proche de la schafarzikite $FeSb_2O_4$ ont été observés au microscope électronique. Des analyses complémentaires sont nécessaires pour valider cette espèce.



Minéral indéterminé 3
(spécimen G44, photo Nb55)
phase verte sur chalcostibite



Minéral indéterminé 3
(cliché MEB et analyse Edax)

Planche 7: Minéral indéterminé 3 de Goesdorf, phase d'altération verte de la chalcostibine, sulfate de cuivre à préciser - photographie, cliché au microscope électronique à balayage (MEB) avec analyse Edax correspondante. © MnHL, 2007.

4.28. Autres minéraux

Les autres minéraux identifiés par diffraction des rayons x sont la todorokite, la marcassite (FeS_2), l'hématite (Fe_2O_3), la calcédoine ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$).

Pour être complet, nous ajouterons que sur internet, le site Mindat.com cite en plus les espèces suivantes: aragonite, azurite, cervantite, delafossite, gahnite, gibbsite et tripuyhite. Certaines de ces espèces nous paraissent très douteuses... Ces minéraux ne figurent pas dans notre liste de départ car aucune information sur les méthodes de détermination ne figure sur le site.

5. Métallogénie

La stibine Sb_2S_3 présente une structure en rubans constituée de pyramides SbS_3 mettant en commun leurs arêtes. Hormis le remplacement partiel de

l'antimoine par le bismuth, la stibine étant isotype de la bismuthinite Bi_2S_3 , et l'existence d'une substitution dans la structure d'un atome de soufre par l'arsenic dans la pääkkönenite Sb_2AsS_2 , la stibine présente généralement une composition proche de la composition idéale de l'espèce, avec 71,5% de son poids constitué par l'antimoine.

Hormis la récupération de l'antimoine dans le traitement de minerais des métaux de base et le recyclage des anciennes batteries, la stibine Sb_2S_3 est le principal minerai exploité pour obtenir le régule d'antimoine (Chine, Bolivie, Afrique du Sud, Canada...). Les usages du métal sont multiples et liés à la production des accumulateurs (l'antimoine métal est un des durcisseurs du plomb utilisé dans les batteries) ou à la fabrication du trioxyde d'antimoine utilisé comme additif dans les industries manufacturières (plastique, peinture, verre, ...) en raison de ses différentes

propriétés physiques (retardateur de flamme, catalyseur, décolorant,....)

La rareté du métal Sb qui ne présente qu'une teneur de 0,2 g/t dans la croûte terrestre (l'arsenic y est 10 fois plus abondant), et la multiplicité des usages en font un métal très demandé qui a connu une flambée des cours depuis fin 2003 (L'Usine Nouvelle 19/03/2004). Dans ces conditions, la mise au point en 2005 de mémoires «Flash» à tellure d'antimoine (Philips et IBM) moins énergivores et plus performantes que les mémoires utilisées actuellement en microinformatique est de nature à prolonger la demande.

Outre l'impact sur les cours du métal, la rareté de l'antimoine et de son principal minerai, la stibine, est génératrice d'un vaste intérêt pour sa métallogénie.

Les différents gisements connus de stibine montrent pratiquement toujours des gisements encaissés dans des séries sédimentaires, constitués de petites entités filoniennes anastomosées et discontinues souvent associées à des structures anticlinales fracturées ou faillées. La proximité avec des phénomènes magmatiques est observée dans certains districts européens (Massif Central, district de Massiac - Brioude) ou chinois (Hunan, Xikuangshan) mais n'est certainement pas générale.

Dans le socle hercynien du massif schisteux rhénan la liaison avec des phénomènes magmatiques n'est pas établie et les travaux de Wagner et Cook (2000) concluent sur la mise en place des minéralisations à quartz - stibine dans des phases tardives postérieures au paroxysme du cycle de plissement hercynien, épisode correspondant à une phase d'extension, sans liaison flagrante avec des phénomènes magmatiques.

La mise en place lors de la phase d'extension, a l'avantage d'expliquer la localisation des minéralisations en quartz-stibine dans les structures ouvertes, faillées et fracturées comme celle de Goesdorf. L'étude des gisements allemands les plus proches (Ahrbruck, Altenhar et Mayen) montre à cet égard l'importance de ces structures dans la localisation des minéralisations (métallogénie) et explique également par le rejou de zones fracturées minéralisées antérieurement, la présence de minéraux d'antimoine plombifères (jamesonite, zinkenite, ...) et cuprifères (chalcostibite, meneghinite, ...) par superimposition de la minéralisation en stibine sur des minéralisations

plus anciennes à sidérite, galène (PbS), sphalérite (ZnS) et chalcopyrite (CuFeS_2).

Comme le notent Wagner et Cook (2000), la mise en place de cette minéralisation est liée à une importante circulation de fluides et s'effectue préférentiellement dans les flancs et dans les zones axiales des anticlinaux varisques. La minéralisation débute par la mise en place de cristaux idiomorphe de pyrite arsenicales dans l'encaissant et dans la veine, suivie par l'apparition de sphéroïdes (patches) de chlorite, le dépôt de quartz palissadique non déformé et enfin le dépôt de la stibine et du quartz à température décroissante.

L'examen de la succession des phases à Goesdorf montre bien que la pyrite est préférentiellement dans les épontes et rarement dans la stibine, que lorsque exceptionnellement les deux phases coexistent les cristaux de pyrite sont intacts dans la stibine, de plus les 'pressures shadows' existantes autour des cristaux de pyrite sont occupés par des fibres de quartz et de stibine et dans le cas où le cristal de pyrite est fracturé, il est cimenté par la stibine. Cette succession est en accord avec le modèle de Wagner et Cook (2000), et la présence de berthièrite à Goesdorf pourrait s'expliquer par un épuisement du fer nécessaire à la formation de la pyrite et l'entrée du fer dans la structure d'un minéral antimonifère.

Par sa localisation dans une structure anticlinale faillée, par la présence de salbandes argileuses, témoins de la circulation de fluides générant une importante altération de l'encaissant, par la structure palissadique des veines de quartz corrodés et la présence d'une cavité filonienne centrale à recristallisation désorientée du quartz avec de la stibine, le gisement de Goesdorf s'intègre donc bien dans ce type de modèle métallogénique des gisements d'antimoine du massif schisteux rhénan.

L'origine des éléments minéralisateurs est probablement trouvée dans le lessivage par des fluides de volumes importants de roches pyriteuses de l'Ardenne et la minéralisation est formée par le dépôt séquentiel des éléments transportés par refroidissement différentiel (brutal et/ou bullage). Les perspectives ouvertes par l'identification du contexte métallogénique du gisement de Goesdorf suggèrent d'affiner l'origine exacte de ces fluides minéralisateurs par l'étude des rapports isotopique du plomb et du soufre, de la teneur en arsenic de la pyrite des épontes et l'examen des inclusions fluides sur une coupe du filon.

Bibliographie

- Adler R., Fenchel W. & Pilger A. 1982. - Statistische Methoden in der Tektonik II. in Pilger, A. (Hrsg): Clausthaler Tektonische Hefte, Band 4, Ellen Pilger, Clausthal-Zellerfeld.
- Anonyme - 'Einige Daten aus der Geschichte der Antimon-Mine Goesdorf'.
- Anonyme. 1977. - 'Der Berg hütet seinen Schatz, Die Goesdorfer Antimon-Mine'. Luxemburger Wort 207: 11.
- Anthony J., Bideaux R., Bladh K. & Nichols M. 1990. - Handbook of Mineralogy, Vol.1. Elements, Sulfides, Sulfosalts. Mineral Data Publishing, Tucson, Arizona, 588 p.
- Aschman P. 1954. - Eine uralte Öslinger Siedlung: Goesdorf & Schätze der Luxemburger Erde: Goesdorfer Antimon - Revue (Letzeburger Illustre'ert) (17/07/1954), 29: 3-9.
- Baumann L. Nikolskij D. & Wolf M. 1979. - Einführung in die Geologie und Erkundung von Lagerstätten. 1. Aufl., Verlag Glückauf, Essen.
- Baumann L. 1994. - Klassische Erzlagerstätten des Erzgebirges, Aufschluss, 45, 56-66.
- Bielefeld J. 1885. - Plan d'une galerie d'exploration le long de la Sûre (Sauer) le long de la Chaussée vom Heiderscheidergrund (Eisenbachstation - Goebelsmühle), Echelle 1/500, signé par J. Bielefeld, 30 déc. 85 à Aachen.
- Beyschlag F., Krusch P. & Vogt J. 1921. - Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien und Gesteine. Band 2, Erzlagerstätte. 2. Aufl., Enke, Stuttgart.
- Bintz J. et al. 1985. - Der Jura im Trier-Luxemburger Raum. Jahrestagung in Trier vom 16.5-18.5.1985, Trier.
- Bornain S. 2003. - La tectonique cassante dans la région de Stolzenbourg (Grand-duché de Luxembourg) à la lumière de données géophysiques (gravimétrie, magnétisme, spectrométrie gamma et émanométrie radon). Dissertation, Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences, Département de Géologie et de Géographie, Louvain-la-Neuve, 275 p.
- Berg D. 1965. - Die Klüfte im Paläozoikum und Mesozoikum von Luxembourg und der westlichen Eifel. Publ. Serv. Geol. Lux., Vol XVI, Service Geologique du Luxembourg, Luxembourg.
- Campill Jul. 1918. - Die Rechtsverhältnisse der Bergwerke & Steinbrüche im Großherzogtum Luxemburg - Ed. Luxemburg, Druck und Verlag Ed. Nimax Wlithheimstraße 12 : 26-31 et 608-627.
- Cahier des charges pour l'exploitation de la concession de Goesdorf daté du 18 février 1938.
- Carte géologique du Grand-duché de Luxembourg 1974. - Carte géologique du Grand-duché de Luxembourg au 1 :100.000. Version 2. Service Géologique du Luxembourg.
- Carte géologique du Grand-duché de Luxembourg 1998. - Carte géologique du Grand-duché de Luxembourg au 1 :100.000. Version 2.2. Service Géologique du Luxembourg.
- Debbaut V. & Hanson A. 1997. - Etude géophysique du site de l'ancienne mine de Goesdorf pour le compte du Musée national d'histoire naturelle à Luxembourg : prospection magnétique, prospection par la méthode des résistivités. Rapport d'expertise, F.U.L. Arlon, 10 p.
- Ernst Loser 1913. - Plan et coupe AB de l'exploitation à l'échelle 1/1000 datant d'après 1913 (pas de date exacte).
- Everaerts M. 1996. - Réseau gravimétrique à but géodésique du Grand-duché de Luxembourg et calcul du géoïde local. Rapport réalisé pour l'Administration du Cadastre et de la Topographie du Grand-duché de Luxembourg.
- Extrait du plan cadastral de la commune de Goesdorf, Section F de Goesdorf, Echelle 1/2500, Exercice 1994, référence VE dont le titulaire est 'Goesdorf la fabrique d'église 745/2029 mais. pl. 28a20ca.
- Fomino Rasvan. 1994. - Geochemische und metallogenetische Untersuchungen in der Umgebung der antimonführenden Gangvererzung von Goesdorf/Luxemburg. Dissertation, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Geologie, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 177 p.
- Friedrich Evy. 1976. - Goesdorfer Weltrekord, in : Tageblatt, 204: 8.

- Furtak H. 1966. - Die Tektonik der unterdevonischen Gesteinsfolge im deutsch-belgisch-luxemburgischen Grenzgebiet. Geol. Mitt., Band 4, Aachen.
- Guillaume II. 1849. - Arrêté autorisant l'installation d'une fonderie d'antimoine à Goesdorf daté du 23 janvier 1849.
- Heinen G. & Kronz G. 1993. - Die Mineralien des Oeslings - Numéro hors-série de l'AGMP, 1: 19 p.
- Hermann R. 1979. - Untersuchungen zur Bestimmung von Pb, Cu, Zn, As, Se und Sb in den Böden und deren Ausgangsgestein mit ausgewählten Beispielen aus der nördlichen Eifel.- Dissertation, Aachen.
- Jacobs F. & Meyer H. 1992. - Geophysik-Signale aus der Erde. 1. Aufl., B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- Junker Henri 1961. - Die Heilig Kreuz-Pfarrei Goesdorf - Sonderdruck der Sankt-Paulus-Druckerei A.G., Luxemburg.
- Kasig W. & Wilder H. 1983. - The Sedimentary Development of the Western Rheinisches Schiefergebirge and the Ardennes (Germany/Belgium). in Martin, H. & Eder, F.W. (Hrsg.): Intacontinental Fold Belts, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Knödel K., Krummel H. & Lange G. 1997. - Geophysik. In: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.), Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten, Band 3, Springer, Berlin.
- Konrad H. J. & Wachsmut W. 1973. - Zur Lithologie und Tektonik des Unterdevons im südlichen Ösling Luxemburgs. Publ. Serv. Geol. Lux., Vol XVII, Service Geologique du Luxembourg, Luxembourg.
- Krahn L. 1988. - Buntmetall- Vererzung und Blei-Isotopie im Linksrheinischen Schiefergebirge und in angrenzenden Gebieten.- Dissertation, Aachen.
- Krahn L. & Baumann A. 1996. - Lead isotope systematics of epigenetic lead-zinc mineralization in the western part of the Rheinisches Schiefergebirge, Germany, Mineral Deposita, 31: 225-237.
- Lettre de l'administration des Travaux publics adressée au Bourgmestre de Goesdorf datée du 5 janvier 1849 (n°42) et ayant pour objet l'installation d'une fonderie d'antimoine à Goesdorf.
- Lettre de l'administration des Travaux publics à l'Administrateur Général des travaux publics datée du 3 juillet 1854 (n°2286) et ayant pour objet l'obtention d'une concession pour l'exploitation des mines d'antimoine de Goesdorf.
- Lindner H. et al. 1984. - Gravimetrie und Magnetik. in Militzer, H. & Weber, F.(Hrsg.), Angewandte Geophysik, Band 1, Akademie-Verlag, Berlin.
- Lucius M. 1948. - Les gîtes métallifères de l'Ösling. Revue Techn. Luxembourg, Imp. V. Buck, Luxembourg, 4: 228-233
- Lucius M. 1950. - Geologie Luxemburgs, Bd IV: Das Ösling. Publ. Serv. Geol. Lux., Service Géologique du Luxembourg, Luxembourg.
- Lucius M. 1952. - Übersicht über die Geologie Luxemburgs. Z. dt. geol. Ges.,103, Hannover.
- Lunkenheimer C. 1989. - Stratigraphische und tektonische Untersuchungen im Unterdevon des Givonne-Ösling Antiklinoriums. Diplomarbeit, Fachrichtung Angewandte Geochemie, Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- Maquil R., Mosar J. & Thein J. 1984. - Unterdevon-Stratigraphie und variszischer Gebirgsbau im Eislek /Nord-Luxemburg (Exkursion D am 26. und 27. April 1984). Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N. F. 66, Stuttgart.
- McClay K. 1987. - The Mapping of Geological Structures. 1. Edition, Butler & Tanner Ltd, London.
- Meier D. & Kronberg P. 1989. - Klüftung in Sedimentgesteinen. Enke, Stuttgart.
- Mémorial du Grand-duché de Luxembourg n°15 du Samedi 5 mars 1938 - 'Arrêté grand-ducal du 22 février 1938, accordant une concession pour l'exploitation de la mine d'antimoine de Goesdorf', page 236
- Mosar J. 1992. - Structures et dynamique dans l'Ardenne luxembourgeoise vues dans le cadre d'une tectonique chevauchante. Structural Geology, Eislek, Luxembourg. Projet de Recherche R&D/BFR/89012-A1.
- Murawski H. 1982. - Geologisches Wörterbuch. 2. Aufl., Enke, Stuttgart.

- Nies N. 2005. - Geologische Interpretation der Umbeugung der Antimonlagerstätte bei Goesdorf. - Diplomarbeit Universität Trier, 147 p.
- Quiring H. 1945. - Antimon. Die Metallischen Rohstoffe, ihre Lagerungsverhältnisse und ihre wirtschaftliche Bedeutung, Heft 7, Enke Verlag, Stuttgart.
- Ramdohr P. 1975. - Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. 4. Aufl., Akademie-Verlag, Berlin.
- Reuter F. 1853. - Analyse d'un échantillon de minerai d'antimoine de Goesdorf
- Société de Sciences naturelles Grand-duché de Luxembourg, Imprimerie V. Buck, 1 : 94-96.
- Roehl K. 1990. - Geologische Kartierung im Ösling in der Umgebund von Holtz (S-Ardennen, Luxemburg). Diplomarbeit, Geologie, Universität Karlsruhe, Karlsruhe.
- Schneiderhöhn H. 1962. Erzlagerstätten. 4. Aufl., Fischer Verlag, Stuttgart.
- Schönenberg R. 1979. - Geographie der Lagerstätten. Erträge der Forschung, Bd 103, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.
- Schönenberg R. & Neugebauer J. 1997. - Einführung in die Geologie Europas. 7. Aufl., Rombach Verlag, Freiburg.
- Schuh W.-D. 2003. - Geodätische Randwertaufgaben: Normalfeld, Normalfigur. Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Astronomische, Physikalische und Mathematische Geodäsie, Institut für Theoretische Geodäsie, Bonn.
- Thein J. 1979. - Strategische Erzprospektion mit Hilfe von Oberflächenwässern und deren Sedimenten in Nord-Luxemburg, Publ. Serv. Geol. Luxembourg, 11: 9-39.
- Wagner T. & Cook N.J. 2000. - Late-Variscan antimony mineralisation in the Rheinisches Schiefergebirge, N.W. Germany: evidence for stibnite precipitation by drastic cooling of high temperature fluid system, Mineralium Deposita, 35, 206-222.
- Wagner T. & Schneider J. 2002. - Lead isotope systematics of vein-type antimony mineralization, Rheinisches Schiefergebirge, Germany: a case history of complex reaction and remobilization processes, Mineralium Deposita, 37, 185-197.
- Walter R. 1995. - Geologie von Mitteleuropa. 6. Aufl., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Yante Jean-Marie 1982. - Les entreprises industrielles de l'arlonais Henri de Vance : mine de Goesdorf (1527), fourneau et forge de La Soye (1538) - Annales de l'institut archéologique du Luxembourg Arlon, Tomes CXII - CXIII : 19-29.