

## LES ASSOCIATIONS DES MINÉRAUX OPAQUES ET SEMI-OPAQUES DE LA ROCHE IGNEE DE LA HELLE<sup>1</sup>

par

WEIS, D.<sup>2</sup>, DEJONGHE, L.<sup>3</sup> & HERBOSCH, A.<sup>2</sup>

(1 planche, 2 figures et 1 tableau)

**RESUME.**- Les minéraux opaques ou semi-opaques qui constituent la minéralisation de la roche ignée de la Helle sont par ordre d'abondance décroissante : la pyrite, la chalcopirite, le rutile, la molybdénite, la pyrrotite, la sphalérite, la marcasite, la titanite, la galène, un tellurure de bismuth de la série tellurobismuthite-hedleyite, l'ilménite, la cobaltite et la hessite pour les minéraux hypogènes et la goethite, la malachite, la covellite, la chalcocite, la lépidocrocite, la néodigénite et le cuivre natif pour les minéraux d'altération supergène. Parmi ces minéraux, le tellurure de bismuth de la série tellurobismuthite-hedleyite ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  à  $\text{Bi}_7\text{Te}_3$ ), la hessite ( $\text{AgTe}_2$ ) et la cobaltite [(Fe,Co)AsS] sont nouveaux pour la Belgique.

La minéralisation passe graduellement d'une forme uniquement disséminée au coeur de la roche ignée à une forme en veines et veinules dans les roches encaissantes. Cette disposition et la nature des associations rencontrées évoquent les gisements des porphyres cuprifères.

**ABSTRACT.**- The opaque or semi-opaque minerals of the Helle igneous rock mineralization are in order of decreasing abundance : pyrite, chalcopyrite, rutile, molybdenite, pyrrhotite, sphalerite, marcasite, titanite, galena, Bi-telluride of the tellurobismuthite-hedleyite series, ilmenite, cobaltite and hessite for the hypogenic minerals, and goethite, malachite, covellite, chalcocite, lepidocrocite, neodigenite and native copper for the minerals resulting from supergenic alteration. Among these minerals, the Bi-telluride of the tellurobismuthite-hedleyite series ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  to  $\text{Bi}_7\text{Te}_7$ ), the hessite ( $\text{AgTe}_2$ ) and the cobaltite [(Co,Fe)AsS] are new for Belgium.

The mineralization, which is found disseminated in the centre of the igneous rock, gradually becomes concentrated in veins and veinlets in the enclosing rocks. This disposition and the nature of the mineral associations are similar to those of the porphyry copper deposits.

### INTRODUCTION

L'étude de la minéralisation associée à la roche ignée de la Helle (WEIS, 1979) a été effectuée dans le but principal de compléter l'inventaire minéralogique de la Belgique ; en effet, la dernière étude relative à la minéralisation de la Helle date de plus de vingt ans (VAN WAMBEKE, 1954, 1956b) et a été réalisée uniquement sur des échantillons de surface.

Bénéficiant d'un échantillonnage plus représentatif grâce à quatre sondages, effectués par l'Union Minière en 1977, recoupant la roche ignée sur toute son épaisseur, ainsi que de techniques modernes d'étude minéralogique, il semblait possible d'identifier de manière plus précise les minéraux opaques de la minéralisation et de décrire l'évolution de leur distribution par rapport à la géométrie de l'intrusion. Ce dernier point nous

amena à établir la répartition des minéraux et de leurs associations dans l'espace et dans le temps.

### LA ROCHE IGNEE DE LA HELLE

Le massif intrusif de la Helle affleure dans le Massif de Stavelot où il forme la butte du lieu-dit Herzogenhügel dans le Hertogenwald. Hormis cette butte, les affleurements de la roche ignée en place sont très rares et limités aux bords des routes et des cours

<sup>1</sup> Communication reçue le 26 avril 1980 et présentée le 8 juillet 1980.

<sup>2</sup> WEIS, D., aspirante du F.N.R.S. - HERBOSCH, A. Laboratoires associés Géologie-Pétrologie. Université Libre de Bruxelles, avenue F.D. Roosevelt, 50, B-1050 Bruxelles.

<sup>3</sup> Service géologique de Belgique, rue Jenner 13, 1040 Bruxelles.

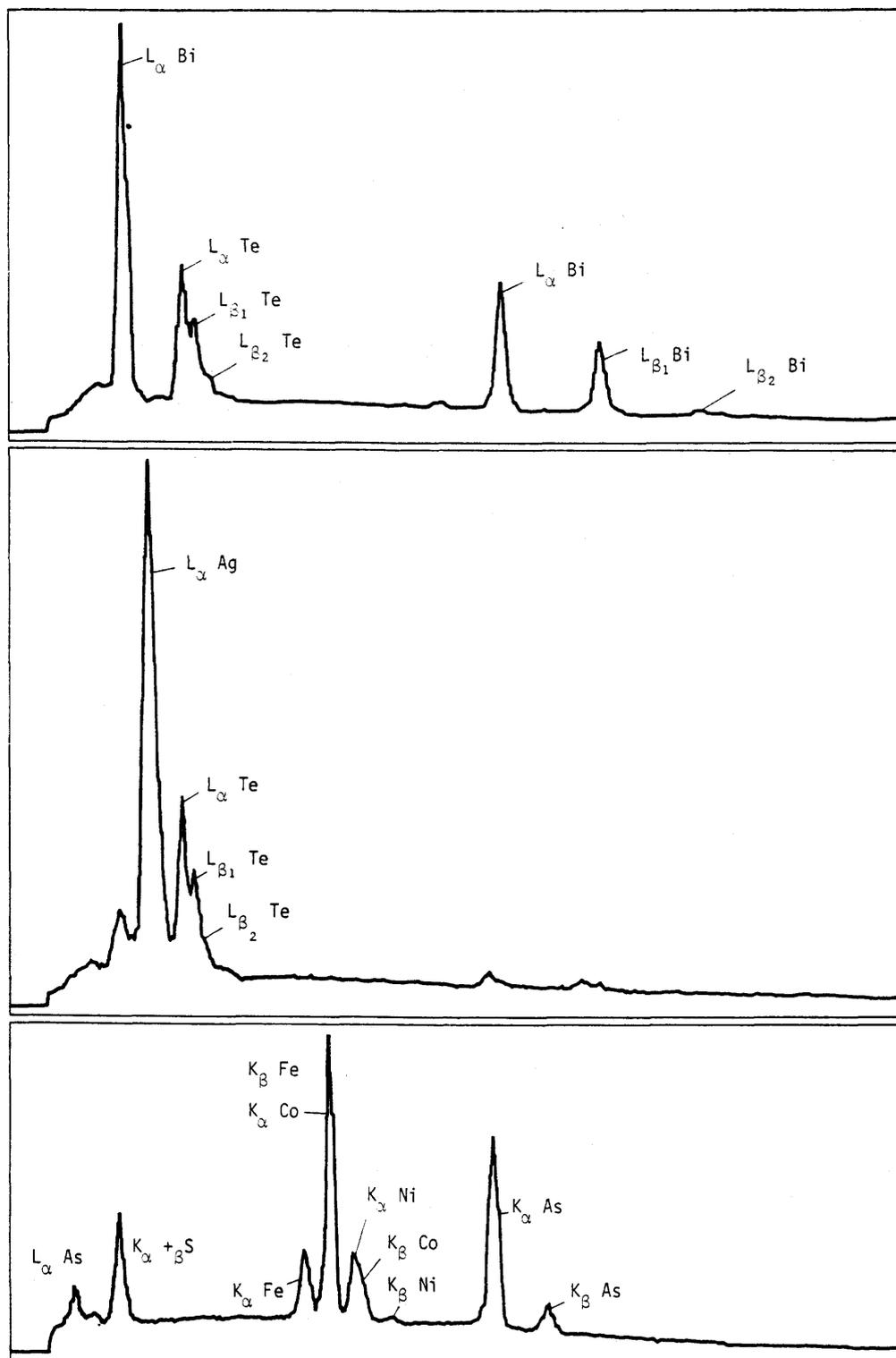


Figure 1.- Spectre qualitatif à la microsonde des trois nouveaux minéraux pour la Belgique découverts dans la minéralisation associée à la roche ignée de la Helle.

1. tellurure de bismuth de la série tellurobismuthite-hedleyite -  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  à  $\text{Bi}_2\text{Te}_7$ ; échelle verticale 16 K; 60073 coups sur la raie  $L_\alpha$  du bismuth
2. hessite -  $\text{Ag}_2\text{Te}$ ; échelle verticale 4096; 60082 coups sur la raie  $L_\alpha$  de l'argent.
3. cobaltite -  $(\text{Co},\text{Fe})\text{AsS}$ ; échelle verticale 8192; 64365 coups sur la raie  $K_\alpha$  du cobalt.

d'eau, en l'occurrence de la Helle et de ses deux affluents, le Spohrbach et le Boneur (VAN WAMBEKE, 1954).

La roche ignée de la Helle a été qualifiée de façons diverses. En effet, DANNENBERG & HOLZAPFEL (1898) qui en firent la première description, l'appelèrent granite. IDDINGS (1913) la rangea dans les "quartz diorites" de sa classification. RONCHESNE (1930) la rebaptisa tonalite. Enfin, SCHREYER & ABRAHAM (1979) ont considéré qu'il s'agissait plutôt d'une trondhjemite dont le chimisme a été modifié par métamorphisme et l'ont qualifiée de métatonalite. En fait, sur base de la composition minéralogique modale de la roche donnée par VAN WAMBEKE (1956a), il s'agirait d'une granodiorite, en se rapportant à la classification de STREICKEISEN (1973). Les résultats préliminaires d'une étude pétrographique, actuellement en cours sur les échantillons prélevés lors des sondages, montrent de larges variations dans les proportions des minéraux clairs et principalement du rapport feldspath potassique/plagioclase : la roche de la Helle a donc une composition variable, de la monzodiorite à la tonalite. C'est pourquoi nous parlerons de roche ignée de la Helle et non plus de tonalite.

La présence de minéraux opaques avait déjà été signalée par DANNENBERG & HOLZAPFEL (1898) et RONCHESNE (1930) qui citent notamment la pyrite, la chalcopyrite, la pyrrhotite et la molybdénite. C'est cependant à VAN WAMBEKE (1956b) que l'on doit la première étude détaillée de la minéralisation associée à la roche ignée.

Cet auteur identifie les minéraux suivants : chalcopyrite, pyrite, molybdénite, pyrrhotite, sphalérite, scheelite, tétradymite (associée à trois autres minéraux non identifiés), covellite et graphite. Il signale aussi, en faibles quantités, ferrimolybdite (1958), malachite, oxydes de manganèse, ilménite, rutile, titanite, leucocène et magnétite.

La présence de ferrimolybdite sous forme cristallisée a été confirmée par JEDWAB (1971).

### ETUDE MINÉRALOGIQUE

L'étude des sections polies des échantillons de sondage au microscope à réflexion et au microscope électronique à balayage (muni d'une sonde à dispersion d'énergie) nous a permis de faire l'inventaire des différents minéraux opaques ainsi que de quelques minéraux semi-opaques.

Ces minéraux sont dans l'ordre d'abondance décroissante, pour les minéraux hypogènes, la pyrite, la chal-

copyrite, le rutile, la molybdénite, la pyrrhotite, la sphalérite, la marcasite, la titanite, la galène, un tellure de bismuth de la série tellurobismuthite-hedleyite, l'ilménite, la cobaltite et la hessite, et pour les minéraux d'altération supergène, la goethite, la malachite, la covellite, la chalcocite, la lépidocrocite, la néodigénite et le cuivre natif.

Dans les veines (centimétriques) et les veinules (millimétriques) qui recourent la roche ignée et son encaissant en tous sens, les minéraux de gangue sont principalement : le quartz, l'albite, le feldspath potassique, la chlorite, la zoisite, l'épidote, la sidérite, la dolomite et la calcite.

Parmi tous ces minéraux, sept n'avaient pas encore été décrits dans la roche ignée de la Helle : galène, marcasite, dolomite, sidérite, tellure de bismuth ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  à  $\text{Bi}_2\text{Te}_7$ ), hessite ( $\text{AgTe}_2$ ) et cobaltite ( $(\text{Fe},\text{Co})\text{AsS}$ ). Les trois derniers sont nouveaux pour la Belgique (MELON, BOURGUIGNON & FRANSOLET, 1976). Les caractères optiques de ces minéraux sont repris au tableau 1 et leur spectre qualitatif à la microsonde est représenté à la figure 1.

Nous n'avons par contre trouvé ni la scheelite, ni la graphite, ni la tétradymite signalés par VAN WAMBEKE (1956b); sans l'aide de la microanalyse, ces minéraux auraient très bien pu être confondus respectivement avec la dolomite (fluorescente), le rutile et le tellure de bismuth.

### ASSOCIATIONS

La minéralisation de la roche ignée de la Helle est sulfurée et sous forme essentiellement disséminée. L'évolution spatio-temporelle de la forme et de la nature des composants de la minéralisation est très caractéristique : dans le coeur de l'intrusion, la minéralisation est sous forme disséminée. Elle évolue, au fur et à mesure que l'on s'écarte du centre, vers une forme filonienne qui se manifeste pleinement dans l'encaissant. De même, la nature des minéraux constitutifs de la minéralisation varie suivant la position qu'ils occupent dans le corps intrusif (fig. 2).

Dans la roche ignée, la minéralisation disséminée en plages xénomorphes intersticielles est constituée principalement par la chalcopyrite et la pyrrhotite étroitement associées. Ces minéraux sont accompagnés de plages mixtes de pyrite et marcasite, de sphalérite et de cobaltite. La galène est toujours absente. On rencontre aussi du rutile généralement bordé de titanite ce qui semble indiquer un apport de  $\text{SiO}_2$  et de  $\text{CaO}$  par les venues minéralisantes.

Tableau 1.- Caractères des trois minéraux de la Helle qui sont nouveaux pour la Belgique

	Tellurobismuthite-hedleyite ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ - $\text{Bi}_2\text{Te}_7$ )	Hessite ( $\text{Ag}_2\text{Te}$ )	Cobaltite ( $(\text{Fe},\text{Co})\text{AsS}$ )
couleur	blanc pur un peu rosé	blanc gris avec une nuance brune à côté du tellure de Bi.	blanc pur avec une nuance crème à côté de la pyrrhotite.
biréflectance	moyenne, blanc rosé à blanc gris poli très bon mais fragile	faible à sec marquée sous huile : gris assez sale à gris brunâtre plus clair	non observable vu la faible taille des plages rencontrées (10-20 $\mu\text{m}$ ).
réflectance (à 545 nm)	57 à 67 %	40.2 à 37 %	proche de celle de la pyrite ( $\pm 55$ %) mais apparaissant plus réfléchissante vu sa couleur blanc pur et son excellent poli
anisotropie	moyenne, brun marron à brun pâle avec du bleu vert	forte dans des teintes vives et variées, surtout sous huile : brun foncé à ocre clair	faible dans l'air et dans des teintes peu caractéristiques - très distincte sous huile
macles	-	macles polysynthétiques lamellaires dans les grandes plages (80 $\mu\text{m}$ )	-
microdureté	VHN <sub>15</sub> : 46-65 kg/cm <sup>2</sup>	VHN <sub>15</sub> : 45 kg/cm <sup>2</sup> dureté inférieure à celle de tous les minéraux rencontrés	très dur, toujours en relief par rapport aux minéraux qui l'entourent
analyse qualitative (figure 1)	éléments majeurs Bi et Te	éléments majeurs Ag et Te	éléments majeurs Co, As et S; mineurs Fe et Ni dans des proportions variables
occurrence dans la roche de la Helle	veines de quartz ou de quartz-carbonates qui recourent l'encaissant	idem	toujours dans la pyrrhotite ou la chalcopirite en disséminations dans la roche ignée ou dans les veines de quartz-carbonates
associations	plages xénomorphes (300 $\mu\text{m}$ ) incluant galène et hessite suivant les joints de grains et parfois chalcopirite minuscules inclusions avec mouchetures de hessite dans de grandes plages de galène anisotrope		petits grains automorphes, terminés en pointe ou allongés inclus dans la pyrrhotite ou la chalcopirite.

Les premières veines que l'on observe en s'écartant du coeur de la roche ignée sont les veines de quartz-feldspaths (albite et/ou feldspath potassique) qui recoupent uniquement l'intrusion et dont la minéralisation est constituée par la pyrrhotite, la chalcopryrite, la pyrite, la sphalérite et un peu de rutile. La paragenèse de ces veines de quartz-feldspaths est donc identique à celle de la roche ignée.

Par disparition progressive des feldspaths vers les zones externes du corps intrusif, ces veines passent à des veines de quartz sans feldspath ni carbonate dont la minéralisation est plus variée et différente suivant la position de la veine dans le corps intrusif. Les veines de quartz recoupant la roche ignée sont minéralisées en pyrite, marcasite, sphalérite, chalcopryrite, molybdénite, galène et cobaltite. La pyrrhotite est

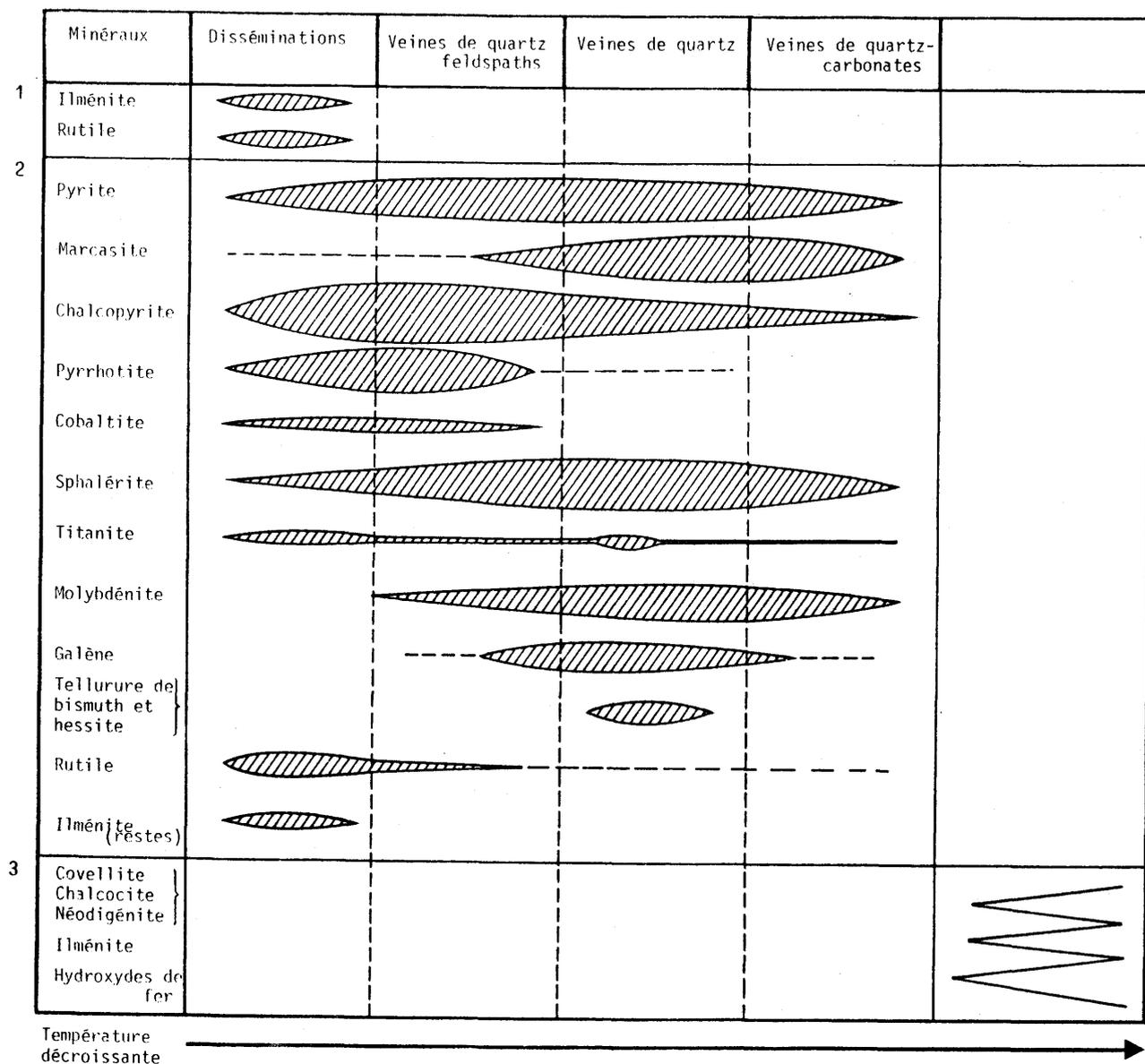


Figure 2.- Schéma de la succession des minéraux dans la minéralisation de la roche ignée de la Helle.  
 1. association originelle de la roche ignée ; 2. association hydrothermale ; 3. association d'altération supergène.

encore présente mais nettement moins abondante que sous forme disséminée dans la roche ignée et que dans les veines de quartz-feldspaths.

Les veines de quartz qui recoupent les zones externes de la roche ignée sont minéralisées en sphalérite, molybdénite, titanite, chalcopryrite, galène, pyrite et marcasite. La pyrrhotite est systématiquement absente de ces veines.

Dans les veines de quartz recoupant l'encaissant, la minéralisation est formée de sphalérite, galène, chalcopryrite, tellure de bismuth de la série tellurobismuthite-hedleyite, et hessite, pyrite, marcasite, parfois de rutile et rarement de molybdénite.

Au contraire des veines de quartz-feldspaths et des veines de quartz seul, les veines de quartz-carbonates (sidérite, dolomite et/ou calcite) ont une distribution spatiale ne présentant aucune relation définie avec l'intrusion. Ces veines de quartz-carbonates présentent une minéralisation plus pauvre aussi bien en ce qui concerne les variétés des minéraux que leur abondance; elle est généralement constituée par la pyrite et la marcasite quelquefois associées à la chalcopryrite et la pyrrhotite.

La minéralisation associée à la roche ignée de la Helle présente donc une répartition spatio-temporelle bien définie par rapport au corps intrusif. Cette répartition correspond vraisemblablement à une cristallisation par température décroissante.

Dans cette hypothèse, la minéralisation disséminée dans la roche ignée serait de haute température de même que celle des veines de quartz-feldspaths, relativement aux autres types de veines.

Les veines de quartz seul présentent des associations minérales qui correspondraient à une gamme de températures plus faibles indiquées par la disparition progressive de la pyrrhotite et par l'apparition de minéraux tels que la galène ou la marcasite. Ces températures seraient néanmoins encore assez élevées, vu la présence de la molybdénite, généralement considérée comme un minéral de haute température (RAMDOHR, 1969).

Les veines de quartz-carbonates, quant à elles, semblent représenter le dernier stade de cette évolution suivant la température décroissante; en effet, la marcasite y présente son plus grand développement (températures de formation aux environs de 300°C (RAMDOHR, 1969)).

En conclusion, les conditions de formation des sulfures s'échelonnent sur une certaine gamme de températures correspondant au refroidissement lent et

graduel de l'intrusion (fig. 2). Ces conditions correspondent très probablement à un continuum physico-chimique allant de températures magmatiques faibles à des températures hydrothermales conventionnelles.

Les minéraux supergènes ne se sont formés que beaucoup plus tardivement, lorsque la roche ignée a été soumise à l'altération superficielle. Ils résultent de l'action de processus de surface indépendants des venues hydrothermales responsables de la minéralisation sulfurée et se rencontrent préférentiellement dans les quelques premiers mètres des sondages.

## CONCLUSIONS

La minéralisation étudiée présente de fortes similitudes, tant en ce qui concerne ses minéraux constitutifs que sa forme et sa distribution, avec les gisements des porphyres cuprifères de l'Ouest des Etats-Unis, c'est-à-dire avec les gisements répondant au modèle de Lowell et Guilbert (LOWELL & GUILBERT, 1970, 1974; HOLLISTER, 1975).

Une étude pétrographique des altérations hydrothermales est cependant nécessaire pour que cette hypothèse puisse être étayée.

L'étude de la minéralisation de la roche ignée de la Helle a aussi permis de mettre en évidence trois nouveaux minéraux pour la Belgique: un tellure de bismuth de la série tellurobismuthite-hedleyite, la hessite et la cobaltite.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Union Minière pour la mise à disposition des échantillons sans lesquels cette étude n'aurait pu être réalisée.

Notre gratitude s'adresse également au Professeur JEDWAB qui nous a enseigné les méthodes de micro-analyse et nous a apporté ses conseils tout au long de la réalisation de ce travail.

L'une d'entre nous (D. WEIS) a bénéficié de l'aide du F.N.R.S.

## BIBLIOGRAPHIE

- DANNENBERG, A. & HOLZAPFEL, E., 1898. Die Granite der Gegend von Aachen, Jahrb. der K. Preuss. Geol. Landesanstalt: 1-19.

- HOLLISTER, V.F., 1975. An appraisal of the nature and source of porphyry copper deposits, *Min. Sci. Engng.*, 7(3) : 225-233.
- IDDINGS, J.P., 1913. *Igneous rocks* (deuxième volume), p. 133.
- JEDWAB, J., 1971. Ferrimolybdite cristallisée de la Helle. *Bull. Soc. belge Géol.*, 80 : 159-164.
- LOWELL, J.D. & GUILBERT, J.M., 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. *Econ. Geol.*, 65(4) : 373-408.
- LOWELL, J.D. & GUILBERT, J.M., 1974. Variations in zoning patterns in porphyry ore deposits. *CIM Bull.*, 2 : 99-109.
- MELON, J., BOURGUIGNON, P. & FRANSOLET, A.M., 1976. Les minéraux de Belgique. Ed. G. Lelotte, B-4820, Dison, Belgique.
- RAMDOHR, P., 1969. *The ore minerals and their intergrowths*. Pergamon Press, London, 769 p.
- RONCHESNE, P., 1930. Contribution à l'étude de la roche éruptive de la Helle (Hautes-Fagnes). *Ann. Soc. géol. de Belg.*, LIV : B 35-43.
- SCHREYER, W. & ABRAHAM, K., 1979. Prehnite/chlorite and actinolite/epidote bearing mineral assemblages in the metamorphic igneous rocks of La Helle and Challes, Venn-Stavelot massif, Belgium. *Ann. Soc. géol. de Belg.*, 101 : 227-241.
- STRECKEISEN, A.L., 1973. Plutonic rocks. Classification and nomenclature recommended by the IUGS, *Geotimes*, 10 : 26-30.
- VAN WAMBEKE, L., 1954. Etude de la minéralisation des tonalites (Hautes-Fagnes). Thèse, U.L.B.
- VAN WAMBEKE, L., 1956a. Compositions minéralogique et chimique des tonalites de la Helle et de Lammersdorf. *Bull. Soc. belge Géol.*, LXIV : 477-509.
- VAN WAMBEKE, L., 1956b. La minéralisation des tonalites de la Helle et de Lammersdorf et leurs relations avec les autres minéralisations. *Bull. Soc. belge Géol.*, LXIV : 534-580.
- VAN WAMBEKE, L., 1958. Deux nouveaux minéraux belges : la turquoise d'Otré et la ferrimolybdite de la tonalite de la Helle. *Bull. Soc. belge Géol.*, 67 : 455-459.
- WEIS, D., 1979. Etude des minéraux opaques et semi-opaques de la tonalite de la Helle, Mémoire, U.L.B.

**PLANCHE 1**

1. sondage 623 - profondeur 8 m 55  
section polie - lumière naturelle - objectif à sec 16x1.6 rutile (r), maclé polysynthétiquement ( $\lambda$ ), entouré et infiltré de titanite (ti) qui le remplace dans un filon de pyrite (p).
  
2. sondage 624 - profondeur 101 m 50  
section polie - lumière naturelle - objectif à immersion d'huile 40x1.25 tellurure de bismuth (tb) de la série tellurobismuthite-hedleyite (dont la biréfractance apparaît nettement ( $\lambda$ )), incluant de la galène (g) et de la hessite (h), préférentiellement suivant les joints de grains (exsolutions).

