

Minéralogie du filon plombo-cuprifère d'Ambly, Province de Luxembourg, Belgique

Michel BLONDIEAU^{1,*}, Frédéric HATERT², Martin DEPRET² et Augustin DEKONINCK³

¹ Val des Cloches 131, B–6927 Tellin, Belgique

² Université de Liège, Laboratoire de Minéralogie B18, B–4000 Liège, Belgique

³ Département de Géologie, ULB, Campus du Solbosch – CP 160/02,
Avenue F. D. Roosevelt 50, B–1050 Bruxelles

* Auteur correspondant : michel.blondieau@skynet.be

Manuscrit reçu le 30 juillet 2025 et accepté le 16 octobre 2025

Article publié selon les termes et conditions de la licence Creative Commons CC BY 4.0.

Résumé

Comme toutes les occurrences Pb–Cu situées sur le bord sud du synclinorium de Dinant, le gisement d'Ambly présente une minéralogie variée comportant 25 espèces, dont certaines peu fréquentes pour la Belgique. On y a notamment identifié le cuivre natif, la rosasite, la tétraédrite-(Zn) et la mimétite. En Belgique, cet arséniate n'a été identifié que dans les roches cambro-ordoviciennes du Massif de Stavelot, ainsi que dans les roches du Dévonien inférieur de l'Ardenne. Sa découverte dans les calcaires du Dévonien moyen (Givétien) méritait donc d'être signalée. Alors que la partie nord du filon ne renferme que de la galène, la partie sud se caractérise également par la présence d'une brèche siliceuse minéralisée en chalcopryrite. Une comparaison minéralogique avec d'autres filons de la région est également présentée.

Mots-clés : minéralogie, mimétite, tétraédrite-(Zn), Ambly, Belgique

Abstract

Mineralogy of the Pb-Cu deposit of Ambly, Belgium The Pb-Cu deposit of Ambly (Famenne region, Belgium) is located in the southern border of the Dinant Synclinorium, and exhibits an interesting mineralogy with 25 species among which several uncommon minerals such as native copper, rosasite, tetrahedrite-(Zn), and mimetite. This arsenate has already been identified in Belgium in the Cambro-Ordovician rocks of the Stavelot-Venn Massif, as well as in the Lower Devonian rocks of the Ardenne area. Its occurrence in veins cross-cutting Middle Devonian limestones (Givetian) therefore deserved to be reported. The Ambly veins are mainly mineralized in galena, except in the southern part of the deposit which also shows a siliceous breccia containing grains of chalcopryrite.

Keywords: mineralogy, mimetite, tetrahedrite-(Zn), Ambly, Belgium

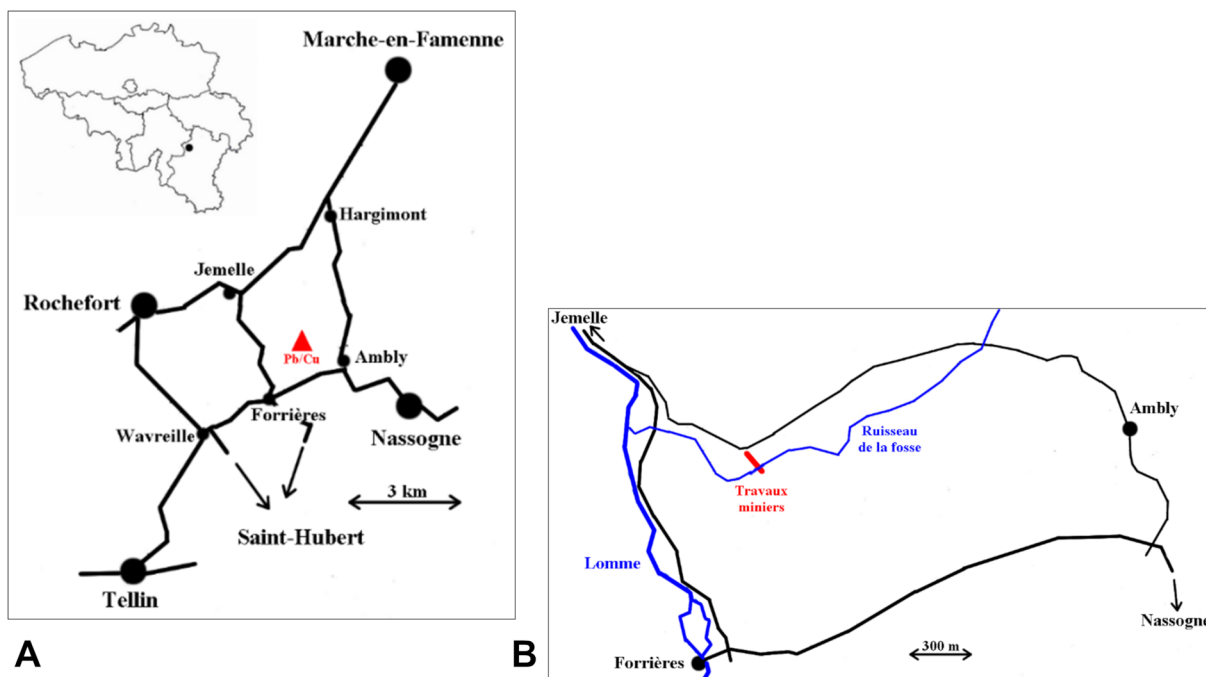


Figure 1 : Localisation des travaux miniers. **A** – En Belgique (médaille) et régionalement. **B** – Dans le vallon près du ruisseau de la Fosse.

1. Introduction

Dès le XVIII^e siècle, des recherches minières visant à trouver de nouvelles ressources en plomb et en cuivre ont été réalisées aux alentours des anciennes communes d'Ambly et de Forrières, aujourd'hui commune de Nassogne, Province de Luxembourg (Fig. 1A). Van de Roy (1985) signale en effet qu'un octroi pour l'exploitation des minerais régionaux de fer, plomb et cuivre avait déjà été accordé par l'Empereur Charles VI en 1717 à la société « WILMET ». Tous ces travaux n'ont laissé que peu de traces, excepté près du ruisseau de la Fosse, là où les échantillons décrits dans le présent article ont été récoltés (Fig. 1B). À cet endroit, de petites fosses et des déblais sont observés sur une longueur de 115 mètres, dans la pente du vallon qui descend vers le ruisseau. De l'autre côté du cours d'eau, des travaux ont été réalisés sur une longueur de 35 mètres (Fig. 2). À l'époque, les territoires situés au nord du ruisseau dépendaient de la commune d'Ambly, alors que ceux, plus modestes, situés au sud de ce ruisseau, dépendaient de la commune de Forrières. Par souci de clarté, nous ne ferons pas de distinction et tous les échantillons récoltés dans les déblais de ces filons seront considérés comme venant d'Ambly. Ces deux villages font partie aujourd'hui de la commune de Nassogne.

Van de Roy (1985) a publié de larges extraits d'un rapport réalisé par le sous-Ingénieur des mines Mueseler, qui avait visité les travaux en 1866 (Archives de l'État à Namur, Mines n°82). Ce rapport précise que des recherches dans des « schistes cuivreux » avaient déjà été réalisées plus anciennement, notamment au sud et à l'est du filon, sans doute par la société WILMET. Le plan annexé au rapport est cependant très imprécis et ne nous a pas permis de localiser ces travaux. Il ne s'agissait sans doute que de quelques recherches peu importantes qui ont disparu avec le temps. Dans son rapport, Mueseler indique que les minéralisations d'Ambly consistent



Figure 2 : Vestiges des travaux miniers réalisés à Ambly au XIX^e siècle.
A – Gros déblai au fond du vallon. **B** – Déblai le long du ruisseau de la Fosse. Photos : M. Blondieau, 2006.

en deux filons parallèles irréguliers, distants d’une dizaine de mètres et d’orientation grossièrement nord-sud. Au Nord, seule la galène était observée en veinettes de quelques centimètres d’épaisseur, alors que dans la partie sud, on rencontrait également des minerais de cuivre. Des puits de plusieurs dizaines de mètres de profondeur et des galeries ont été réalisées à l’époque ; toutefois, malgré l’importance de ces travaux, aucune demande en concession n’a été introduite.

La minéralogie d’Ambly avait déjà été abordée par Blondieau (1995), mais de nouvelles analyses ont permis d’identifier d’autres espèces, comme le cuivre natif, l’hydrozincite, la tétraédrite-(Zn) et la mimétite. Le but du présent article est de fournir les résultats de ces analyses et de compléter ainsi l’inventaire minéralogique de la localité. Une comparaison avec d’autres gisements régionaux est également réalisée.

2. Contexte géologique

Les filons d’Ambly recoupent les calcaires givétiens de la Formation de Trois-Fontaines, ainsi que des calcaires argileux de la Formation d’Hanonet (Eifelien) plus au sud (Fig. 3). Leur direction est d’environ 20° vers le Nord-Ouest. Jean-Marc Marion, géologue au Service public de Wallonie, indique (comm. pers., 20 mars 2023) : « Ces minéralisations NO-SE sont situées sur des failles “secondaires,” associées aux grands cisaillements et chevauchements NE-SO, de la famille de failles représentée notamment par la Faille de Lamsoul, qui impacte directement cette zone, la Faille de Marenne ou encore, plus au NE, la Faille de Mormont. » Les minéralisations d’Ambly se sont donc probablement mises en place le long de failles secondaires perpendiculaires aux failles de Lamsoul et de Forrières.

3. Descriptions minéralogiques

La plupart des minéraux, généralement présents en faibles quantités, ont été identifiés par diffraction des rayons X en mode « Debye-Scherrer », sur un diffractomètre à quatre cercles Rigaku Xcalibur, équipé d’un détecteur EOS et utilisant la radiation $\text{MoK}\alpha$ ($\lambda = 0,7107 \text{ \AA}$).

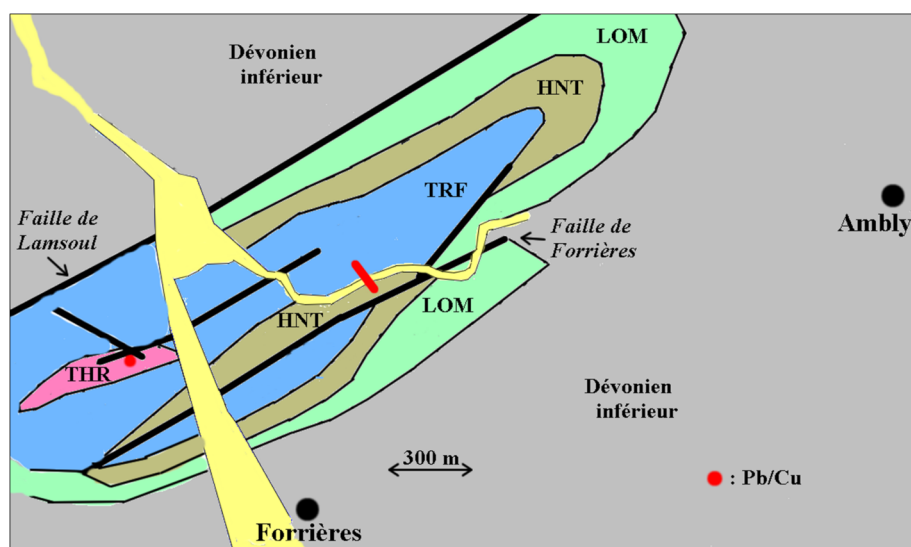


Figure 3 : Esquisse géologique réalisée à partir de la nouvelle carte géologique de la Wallonie (Barchy et al., sous presse) sur laquelle nous localisons les filons d'Ambly et l'indice plombifère du « trou de la gâ-lène » de Forrières.

Lorsque les quantités disponibles étaient plus importantes, un diffractomètre de poudres BRUKER D8 ECO, équipé d'une source $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), a été utilisé. Les quantifications des différentes phases minéralogiques ont été obtenues grâce au logiciel TOPAS 4.2.

La morphologie de certaines espèces minérales a été observée à l'aide d'un microscope électronique à balayage environnemental FEI ESEM-FEG XL 30 (CAREM, ULiège). Les images ont été obtenues en mode électrons secondaires, sous une tension d'accélération de 15 kV, et sur des échantillons métallisés à l'or. Des spectres EDS (« *Energy Dispersive X-ray Spectrometry* ») de microanalyse élémentaire aux rayons X ont été obtenus avec le même microscope, équipé d'un détecteur de rayons X Si(Li) EDAX ou SDD Bruker 129 eV. Selon les cas, la tension d'accélération était réglée à 15, 20 ou 30 kV. Les spectres ont été traités soit par le logiciel EDAX, soit par le logiciel Quanta Esprit 1.9, qui a fourni l'identification des éléments ainsi que des analyses semi-quantitatives basées sur la matrice de correction ZAF sans standard. Quelques analyses EDS ont également été réalisées à l'aide d'un microscope électronique à balayage « SNE-4500M Plus » utilisant une tension d'accélération de 20 kV, localisé au Département Géosciences, Environnement et Société de l'Université Libre de Bruxelles.

Les éléments en traces présents dans certains échantillons ont été déterminés à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X portable (pXRF) Thermo Fischer–Niton XL3T-980 GOLDD+. Cet instrument est équipé d'un tube à rayons X avec anode en or, pouvant émettre un faisceau de 3 mm de diamètre sous une tension de 9 à 50 kV et un courant de 0 à 40 μA . Le détecteur de type GOLDD (*Geometrically Optimized Large Area Drift Detector*) présente une résolution inférieure à 185 eV, sous 60000 cps et pour un temps de mise en forme de 4 μs .

Des sections polies ont été réalisées et observées en lumière réfléchie avec un microscope polarisant LEICA (ULiège). Sur les photos, nous avons parfois indiqué les noms des espèces



Figure 4 : Anglésite d'Ambly (largeur de la photo : 1,9 mm). Photo : P. Chollet.

en utilisant les symboles préconisés par la *Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification* de l'*International Mineralogical Association* (CNMNC-IMA ; Warr, 2021).

Les différentes espèces sont décrites successivement par ordre alphabétique, et tous les échantillons photographiés proviennent de la collection de M. Blondieau. Les formules chimiques idéales sont tirées de la liste officielle de la CNMNC-IMA.

3.1. Anglésite, $\text{Pb}(\text{SO}_4)$

L'anglésite, identifiée par diffraction des rayons X, n'est pas très fréquente à Ambly où elle forme de petits cristaux prismatiques lancéolés et incolores (Fig. 4). Cette espèce est toujours associée à la galène dont elle est le produit d'altération.

3.2. Aragonite, CaCO_3

L'aragonite, identifiée visuellement et confirmée par diffraction des rayons X, n'est pas très fréquente à Ambly, où elle cristallise en aiguilles blanches ou incolores dans des masses brunes riches en goethite. Les échantillons contenant de l'aragonite sont tout à fait comparables à ceux observés à la carrière de la Lesse à Resteigne (Blondieau, 1995; Van der Meersche, 1996).

3.3. Calcite, CaCO_3

La calcite est une espèce commune dans les encaissants calcaires. À Ambly, elle est identifiée par diffraction des rayons X, mais ne se présente que rarement en cristaux, qui sont généralement petits et mal formés. Des blocs bruns observés dans la partie nord du filon renferment jusqu'à 60 % de calcite et 25 % de quartz, le reste étant constitué de goethite.



Figure 5 : Cérusite d'Ambly (largeur de la photo : 4,9 mm). Photo : P. Cholet.

3.4. Cérusite, PbCO_3

La cérusite est associée à la galène et se présente en pellicules blanches ou en beaux cristaux globuleux blanc laiteux à brun clair, atteignant parfois plus de 5 mm de diamètre (Fig. 5). L'identification visuelle du minéral est confirmée par diffraction des rayons X.

3.5. Chalcopyrite, CuFeS_2

La chalcopyrite est surtout abondante en bas du vallon, le long du ruisseau de la fosse. Elle est disséminée en cristaux millimétriques dans le ciment dolomitique d'une brèche siliceuse (Figs. 6A et 7). Une fois ce carbonate éliminé par attaque acide, les cristaux de chalcopyrite irisés dans des tons très colorés apparaissent sur des cristaux de quartz millimétriques (Figs. 6B, C). L'identification visuelle de la chalcopyrite est confirmée par diffraction des rayons X.

En lumière réfléchie, la chalcopyrite montre de nombreuses fissures remplies de goethite, liées à l'altération. Entre ces fissures, les plages de chalcopyrite semblent optiquement homogènes, mais des textures particulières apparaissent après quelques jours, lors de l'oxydation atmosphérique de la section polie. On y voit des lamelles de chalcopyrite ressemblant à des textures d'exsolution, jaunes et non-altérées, alors que la chalcopyrite autour de ces lamelles est totalement noircie par oxydation (Fig. 7). L'hypothèse d'un phénomène d'exsolution est peu vraisemblable, mais il pourrait s'agir de macles provoquant un changement d'orientation de certaines lamelles, dont les surfaces deviendraient plus ou moins sensibles à l'oxydation.

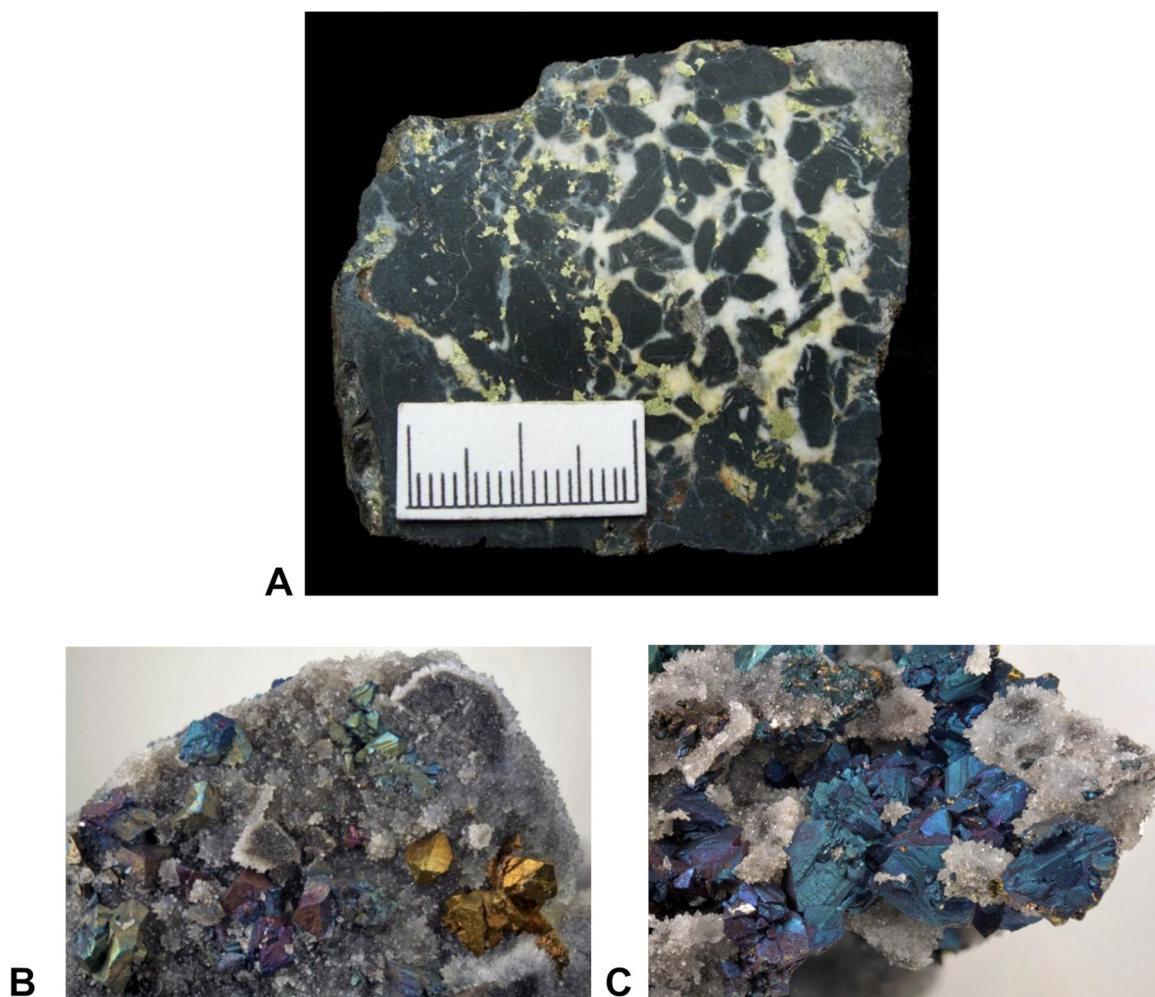


Figure 6 : Chalcopyrite d'Ambly. **A** – Échantillon scié et poli de la brèche minéralisée; les parties noires sont des éléments de quartzite cimentés par la dolomite. **B** et **C** – Cristaux sur tapis de quartz, après dissolution de la dolomite par attaque acide (largeurs de photos : **B** – 11 mm ; **C** – 7,6 mm). Photos : **A** – M. Blondieau ; **B**, **C** – P. Chollet.

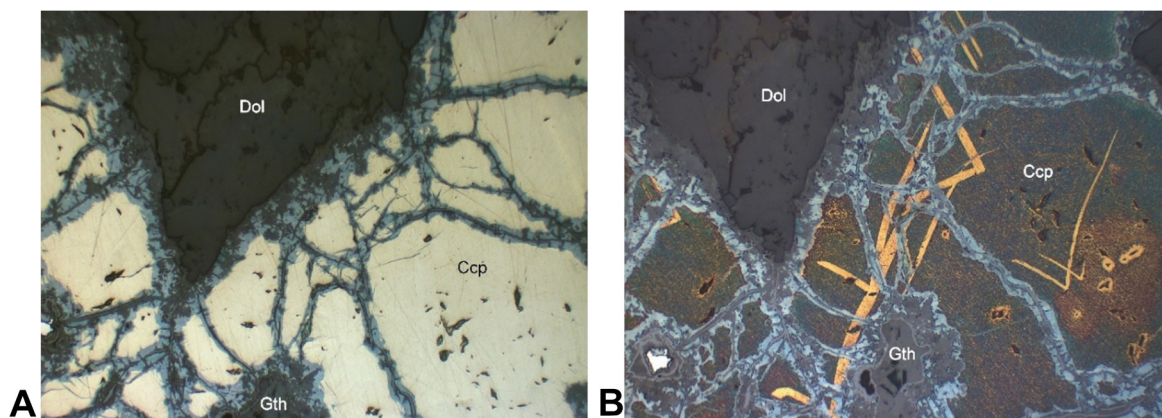


Figure 7 : Chalcopyrite de la section polie AMB-2 (largeurs des photos : 600 μ m). **A** – Section nettoyée avant observation. **B** – La même section avec oxydation de surface, mettant en évidence des structures lamellaires. Observation avec un microscope polarisant en lumière réfléchie simplement polarisée. *Légende* : Ccp = chalcopyrite, Dol = dolomite, Gth = goethite. Photos : M. Blondieau.

3.6. Covellite, CuS

La covellite est observée en association avec la chalcopyrite et la pyrite (Fig. 8A) et également en petites plages dans la galène (Fig. 8B). Ce minéral est associé à la goethite dans des fissures, et provient de l'altération de la chalcopyrite et de la galène. En lumière réfléchie, le pléochroïsme intense dans des tons bleus est caractéristique de cette espèce, dont l'identification est confirmée par diffraction des rayons X.

3.7. Cuivre natif, Cu

Le cuivre natif a été identifié sur plusieurs sections polies, où il se présente en petits grains montrant une couleur orange caractéristique en lumière simplement polarisée (Fig. 9). La fine dissémination de ces grains, ainsi que leur association à la goethite, semblent indiquer que le cuivre natif pourrait provenir de l'altération de la chalcopyrite en conditions réductrices.

En Belgique, le cuivre natif a déjà été signalé à Chanly, Resteigne, Vielsalm et Visé, ainsi que dans la roche magmatique de la Helle (Hatert et al., 2002). Ce minéral a également été identifié dans les minerais de manganèse de la Lienne (Hatert et al., 2014), et sur les sections polies d'échantillons provenant de Vieux-Schimper (Plombières)

3.8. Cuprite, Cu₂O

La cuprite est rare à Ambly, où elle se présente en très petites plages rouges associées à la chalcopyrite et à la malachite. L'identification visuelle du minéral est confirmée par diffraction des rayons X.

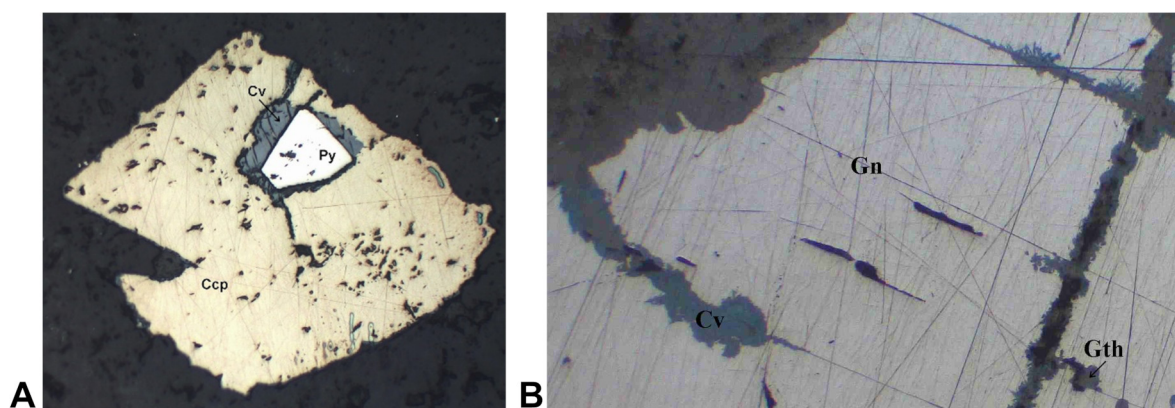


Figure 8 : Covellite d'Ambly observée au microscope polarisant, en lumière réfléchie simplement polarisée (largeurs des photos : 600 μ m). **A** – Association avec pyrite et chalcopyrite (section polie AMB-3). **B** – Grains de covellite associés à la goethite, dans des fissures de la galène (section polie GAL-AMB). *Légende :* Ccp = chalcopyrite, Cv = covellite, Gn = galène, Gth = goethite, Py = pyrite. Photos : M. Blondieau.

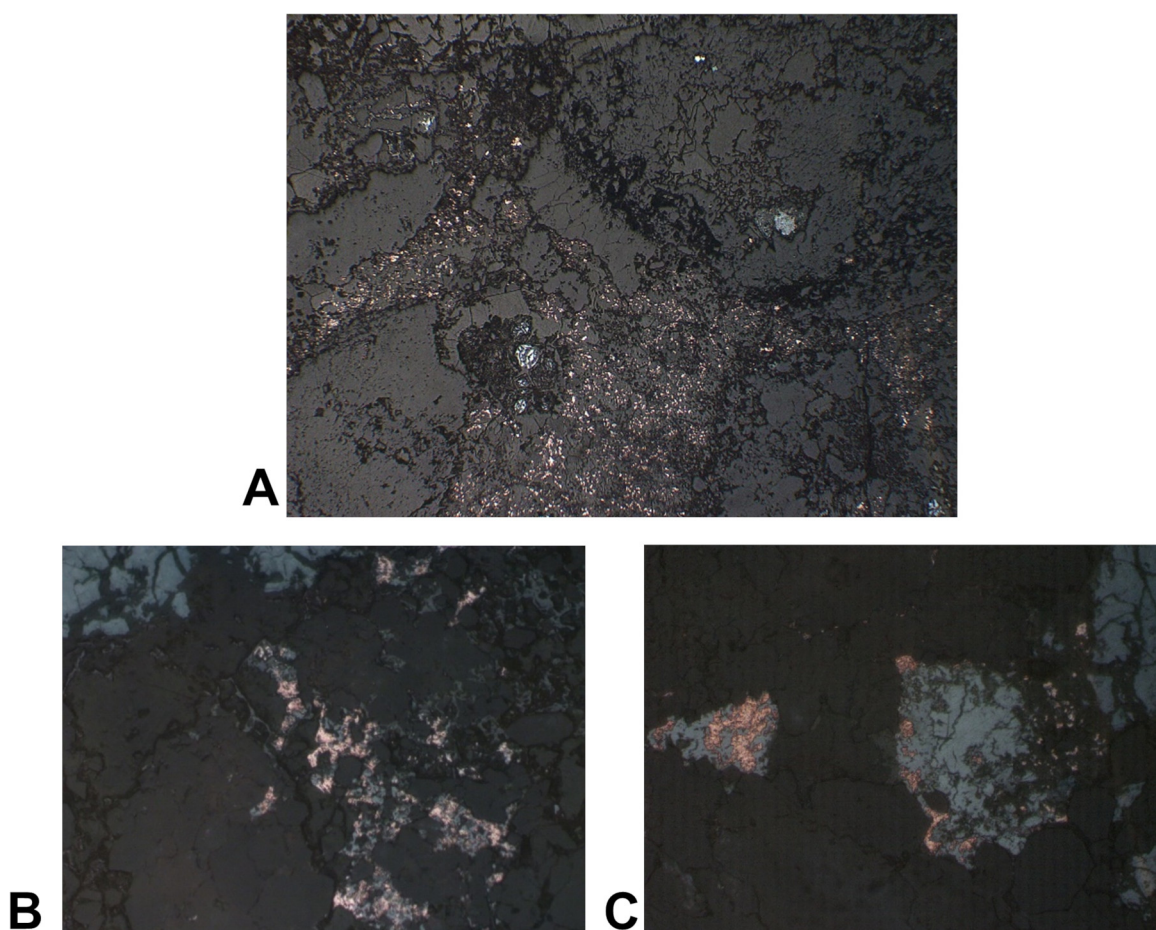


Figure 9 : Cuivre natif d'Ambly, associé à de la goethite et observé en lumière réfléchie simplement polarisée (largeurs des photos : **A** – 2,4 mm ; **B** – 1,2 mm ; **C** – 300 μ m). **A** et **C** : section polie AMB-6 ; **B** – section polie AMB-2. Photos : M. Blondieau.



Figure 10 : Brèche siliceuse d'Ambly cimentée par de la dolomite, et contenant de la chalcopryrite (largeur de la photo : 4 cm). Photo : M. Blondieau.

3.9. Dickite, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

Un minéral blanc d'aspect micacé, déposé sur un échantillon de quartz renfermant de la galène, a été identifié comme dickite par diffraction des rayons X. Ce minéral d'altération est très fréquent dans les filons métalliques régionaux, notamment à Masbourg (Blondieau et al., 2017), Chanly (Blondieau et al., 2019), Wisembach (Blondieau et al., 2022) et Grupont (Blondieau et al., 2024). Des analyses récentes par diffraction des rayons X ont également permis d'identifier cette espèce dans les déblais des travaux de recherche pour plomb localisés le long de la Lomme à Bure (Tellin), site décrit par Blondieau (2011).

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

La dolomite, dont l'identification est confirmée par diffraction des rayons X, cimente une brèche siliceuse contenant principalement de la chalcopryrite et plus accessoirement de la galène (Fig. 10). Ce minéral est généralement massif, et sa surface s'altère fréquemment en se recouvrant d'une pellicule de teinte brun-foncé. Les parties moins altérées des échantillons permettent d'observer des cristaux millimétriques brun clair, constitués de rhomboèdres montrant la morphologie caractéristique « en selle » (Fig. 11).

3.11. Galène, PbS

La galène était le principal minéral recherché à Ambly, mais à ce jour, elle n'est plus très abondante. Les documents anciens indiquent que la puissance des veines minéralisées était d'ailleurs assez ténue, de l'ordre de quelques centimètres d'épaisseur seulement (Fig. 12). De



Figure 11 : Dolomite et petits cristaux ternis de marcasite, Ambly (largeur de la photo : 6,3 mm). Photo : P. Chollet.

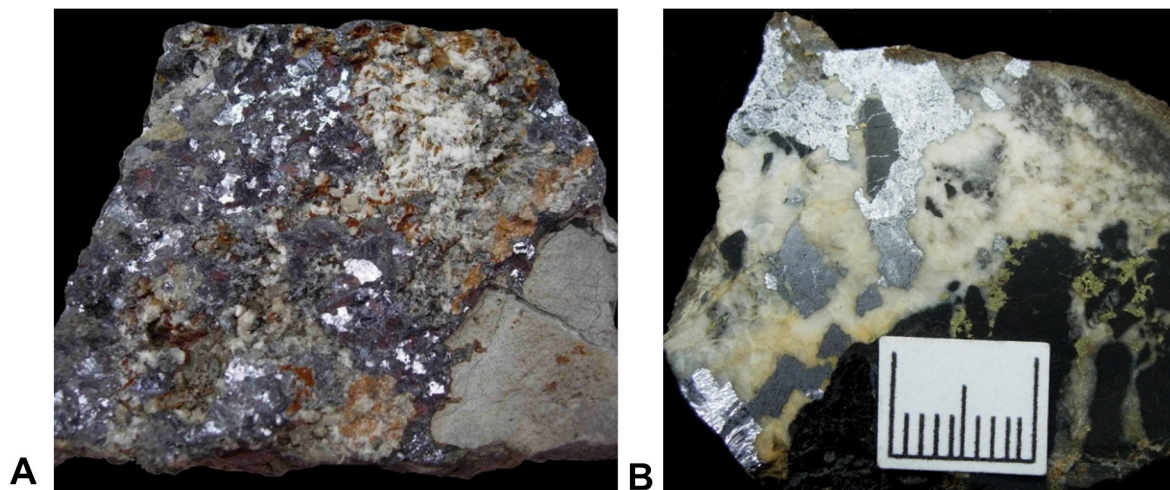


Figure 12 : Galène d'Ambly. **A** – Placage sur calcaire avec calcite et cérusite (largeur de la photo : 7 cm). **B** – Galène dans le ciment dolomitique de la brèche silicifiée, contenant aussi de la chalcoppyrite. Photos : M. Blondieau.

petits cristaux centimétriques de forme cubique, isolés, sont parfois observés dans la dolomite brune, mais ils sont généralement extrêmement corrodés. La galène forme également des plages centimétriques dans la brèche silicifiée (Fig. 12B), mais elle y est moins fréquente que la chalcopryrite. L'identification visuelle est confirmée par les observations en lumière réfléchie, qui montrent des triangles d'arrachement caractéristiques du minéral (Fig. 13A). Les analyses chimiques qualitatives par EDS indiquent la présence majoritaire du plomb et du soufre, mais également de plus faibles quantités de nickel et d'antimoine.

3.12. Goethite, $\text{FeO}(\text{OH})$

La goethite est abondante à Ambly et se présente sous forme de « limonite » assez pulvérulente dans des blocs bruns. Les analyses par diffraction des rayons X indiquent que ces blocs sont constitués d'environ 15 % de goethite, associée au quartz et à la calcite. La goethite est également visible dans de nombreuses sections polies, sous forme de veinules parcourant les cristaux de pyrite (Figs. 13A, B) ou de chalcopryrite (Fig. 13C) très corrodés.

3.13. Hydrozincite, $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$

Un minéral blanc bleuté, montrant un éclat nacré et associé à la sphalérite et à la rosasite, a été identifié par diffraction des rayons X comme hydrozincite (Fig. 14).

3.14. Malachite, $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

La malachite, toujours associée à la chalcopryrite dont elle est génétiquement issue par altération, se présente en enduits verts ou en petites gerbes cristallines (Figs. 15A, B). Parfois, cette espèce forme de petits agrégats sur les cristaux de chalcopryrite (Fig. 15C). La malachite est identifiée visuellement et par diffraction des rayons X ; les analyses EDS mettent en évidence les éléments majoritaires Cu, O et C.

3.15. Marcasite, FeS_2

La marcasite n'est pas très fréquente à Ambly, où elle forme de petits cristaux souvent ternis, déposés sur la dolomite (Fig. 11). En lumière réfléchie, le minéral a été observé en de rares cas, en association avec de la pyrite dans des plages de chalcopryrite (Fig. 16). L'identification est confirmée par diffraction des rayons X.

3.16. Mimétite, $\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$

De minuscules cristaux prismatiques hexagonaux, formant des gerbes millimétriques d'une couleur jaune très lumineuse (Fig. 17) et toujours associés à des placages de galène (Fig. 10) et à de la cérosite, ont été initialement identifiés visuellement comme pyromorphite (Blondieau, 1997). Des analyses par diffraction des rayons X ont cependant montré un décalage significatif des pics de diffraction, et les analyses chimiques qualitatives EDS indiquent la présence des

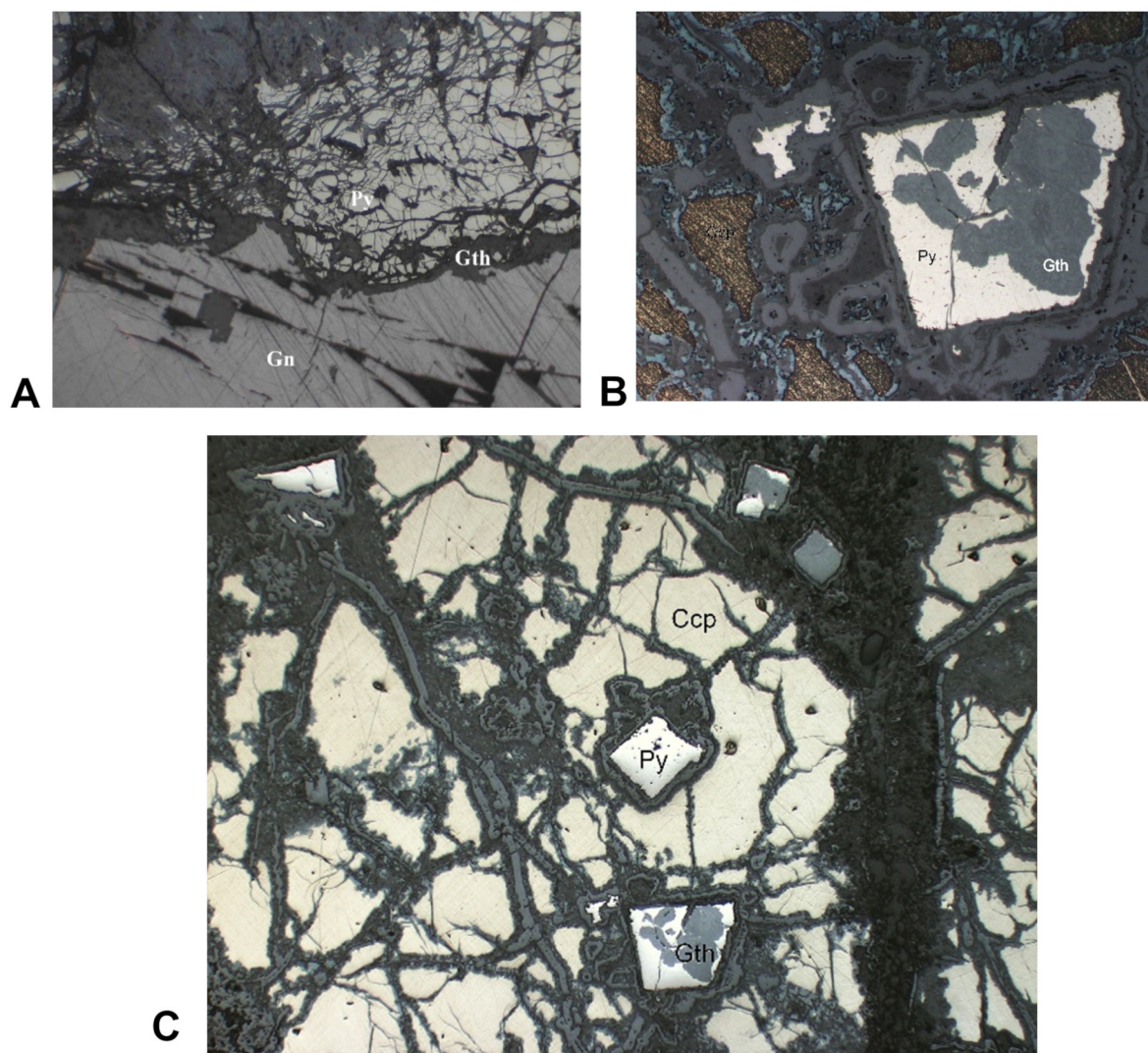


Figure 13 : **A** – Goethite en veinules dans un cube de pyrite très altéré, inclus dans de la galène (section GAL-AMB ; largeur de la photo : 600 μm). **B** – Goethite dans un cube de pyrite (section AMB-2 ; largeur de la photo : 300 μm). **C** – Goethite en veinule dans de la chalcopryrite (section AMB-2 ; largeur de la photo : 1,2 mm). Observations au microscope polarisant, en lumière réfléchiée simplement polarisée. *Légende :* Gth = goethite, Py = pyrite, Gn = galène. Photos : M. Blondieau.



Figure 14 : Rosasite et hydrozincite (plages blanchâtres) sur dolomite, Ambly (largeur de la photo : 6,7 mm). Photo : P. Chollet.

éléments chimiques O, Pb et As. Il s'agit donc d'une mimétite relativement pure puisque le phosphore n'a pas été mis en évidence dans ces analyses.

Les photos spectaculaires réalisées avec le microscope électronique à balayage montrent des gerbes de cristaux prismatiques accolés, présentant le prisme $\{10\bar{1}0\}$ associé aux terminaisons pyramidales $\{10\bar{1}1\}$ (Fig. 18). La mimétite est une espèce peu fréquente en Belgique dont Ambly devient la cinquième occurrence.

3.17. Pyrite, FeS_2

La pyrite cristallise en petits cubes dans les plages de chalcopryrite, bien visibles sur les sections polies (Figs. 16 et 19). Elle est souvent altérée en goethite (Figs. 13A, B). L'observation de cristaux de pyrite dans les plages de chalcopryrite est assez habituelle en Ardenne, où elle a déjà été signalée en de nombreux endroits, notamment à Stolzembourg (Philippo et al., 2007), Masbourg (Blondieau et al., 2017), Chanly (Blondieau et al., 2019), Wisembach (Blondieau et al., 2022), ainsi que dans la vallée de la Lienne (Hatert et al., 2014).

3.18. Quartz, SiO_2

Le quartz est observé après élimination de la dolomite cimentant la brèche minéralisée en chalcopryrite (Fig. 20). Les éléments de calcaire silicifié ou de quartzite sont couverts de minuscules cristaux de quartz, dont la taille n'excède généralement pas un millimètre. L'identification visuelle de l'espèce étant suffisante, nous n'avons pas envisagé de la confirmer par diffraction des rayons X. Cependant, le dépouillement de nombreuses analyses réalisées sur divers échantillons a permis de l'identifier comme un minéral accessoire fréquent, notamment associé à la calcite et à la goethite dans des blocs bruns.

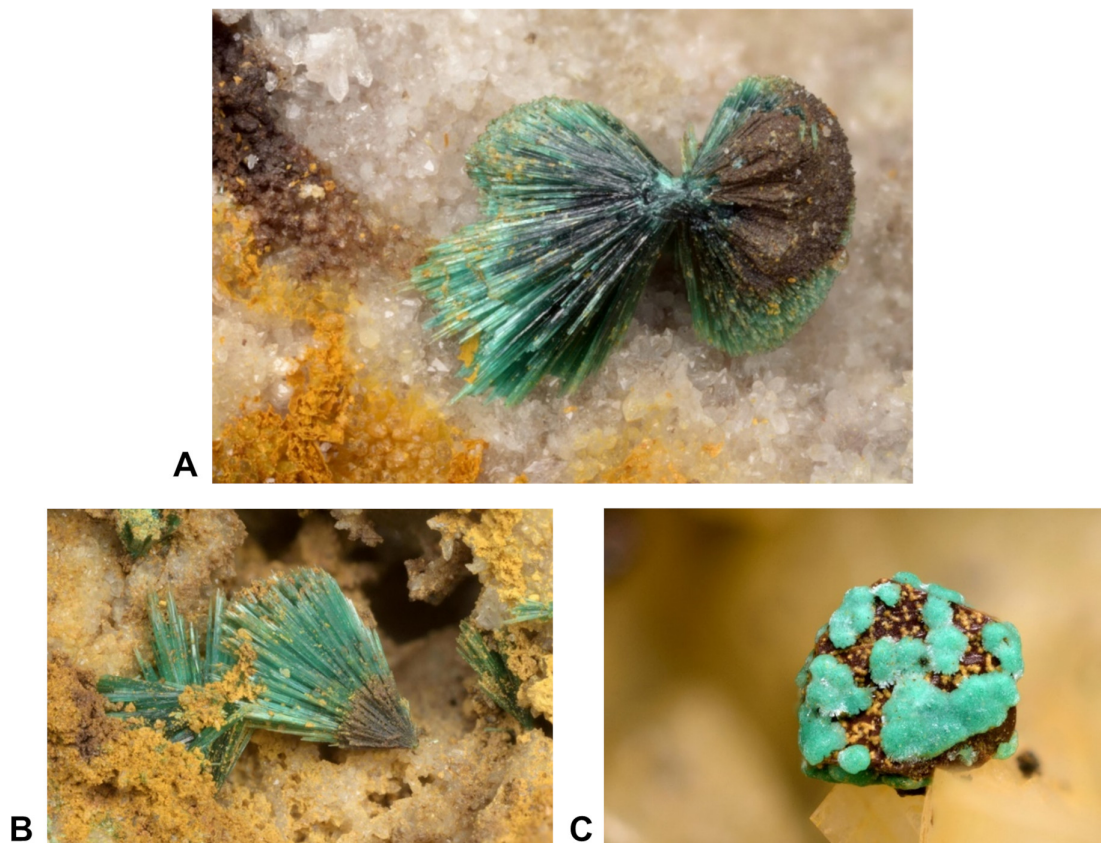


Figure 15 : Malachite d'Ambly, formant des gerbes fibreuses sur quartz (A, B) ou en petits agrégats sur un cristal de chalcopyrite (C). Largeurs de photos : A – 3 mm ; B – 3,4 mm ; C – 1,6 mm). Photos : P. Chollet.

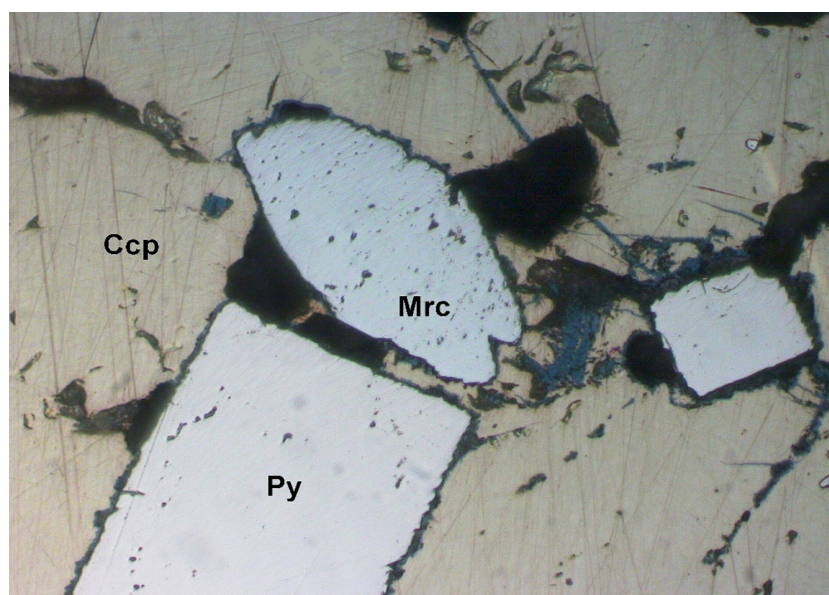


Figure 16 : Marcasite (Mrc) et pyrite (Py) dans une plage de chalcopyrite (Ccp) d'Ambly (section polie AMB-3, lumière réfléchiée simplement polarisée ; largeur de la photo : 300 μ m). Photo : M. Blondieau.

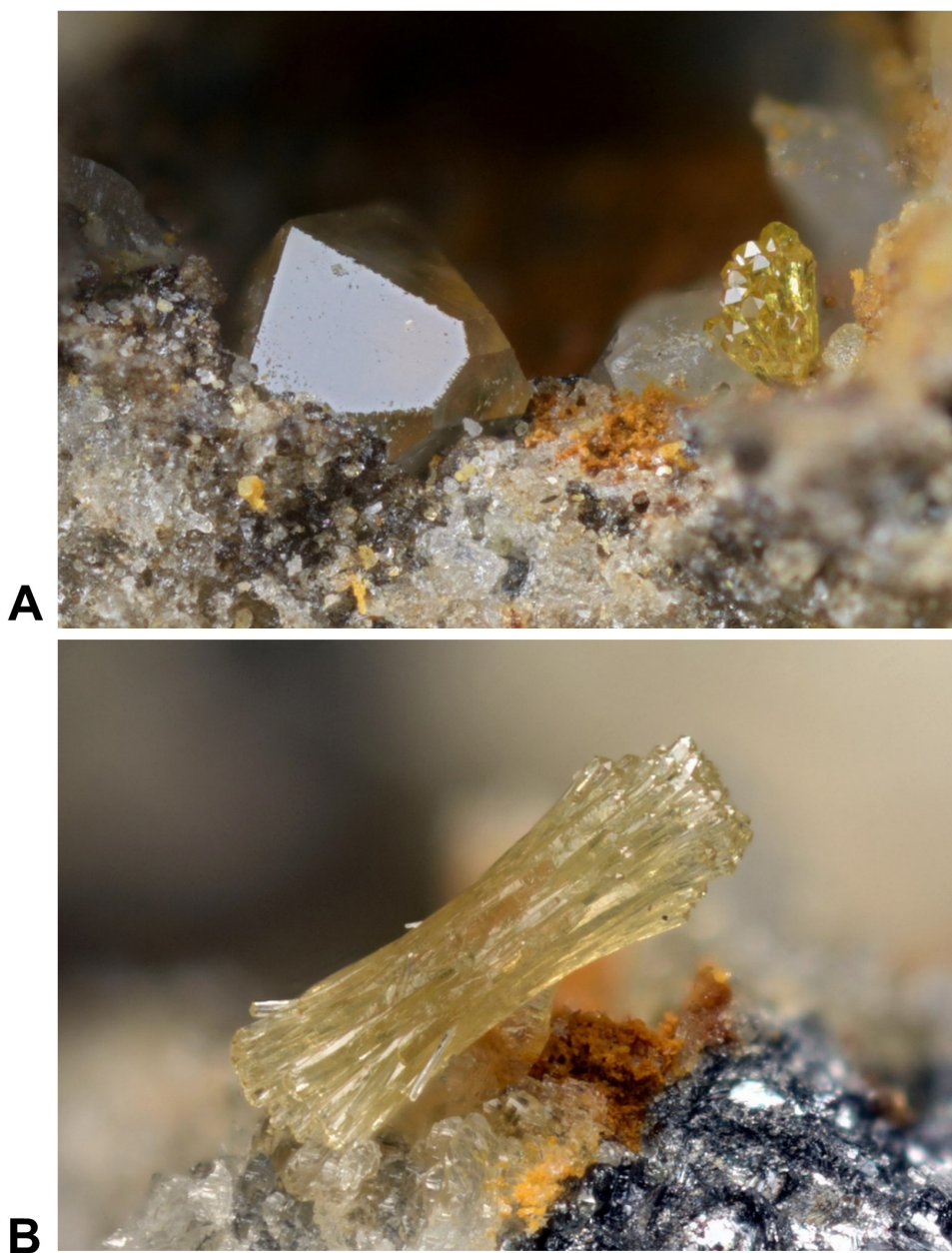


Figure 17 : Mimétite d'Ambly : **A** – gerbe cristalline et cristal de cé-
rusite (largeur de la photo : 1,35 mm); **B** – gros plan sur une gerbe
cristalline (largeur de la photo : 1,15 mm). Photos : P. Chollet.

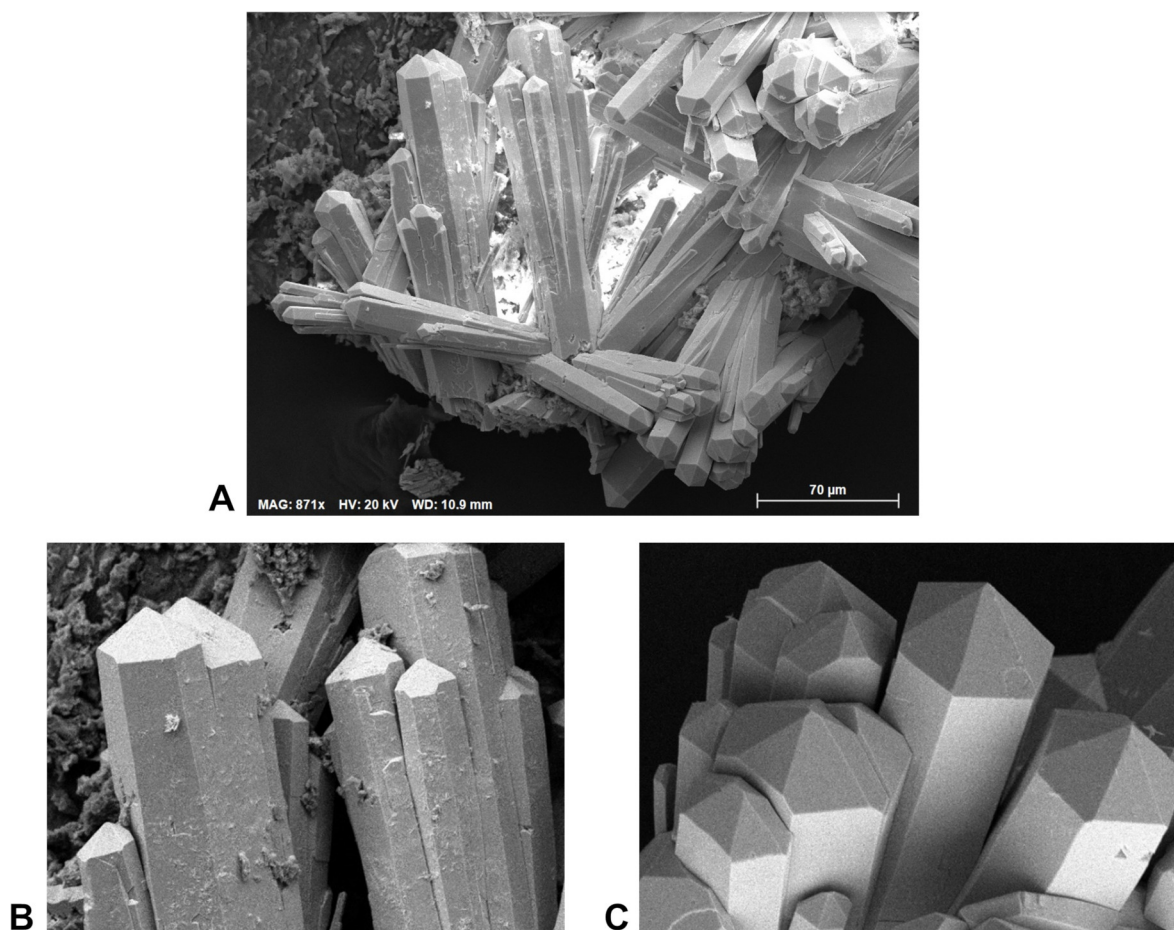


Figure 18 : Miméteite d'Ambly (échantillon AMB-1, photographies au microscope électronique à balayage, mode électrons secondaires ; largeurs des photos : **A** – 350 µm ; **B** – 100 µm ; **C** – 60 µm).

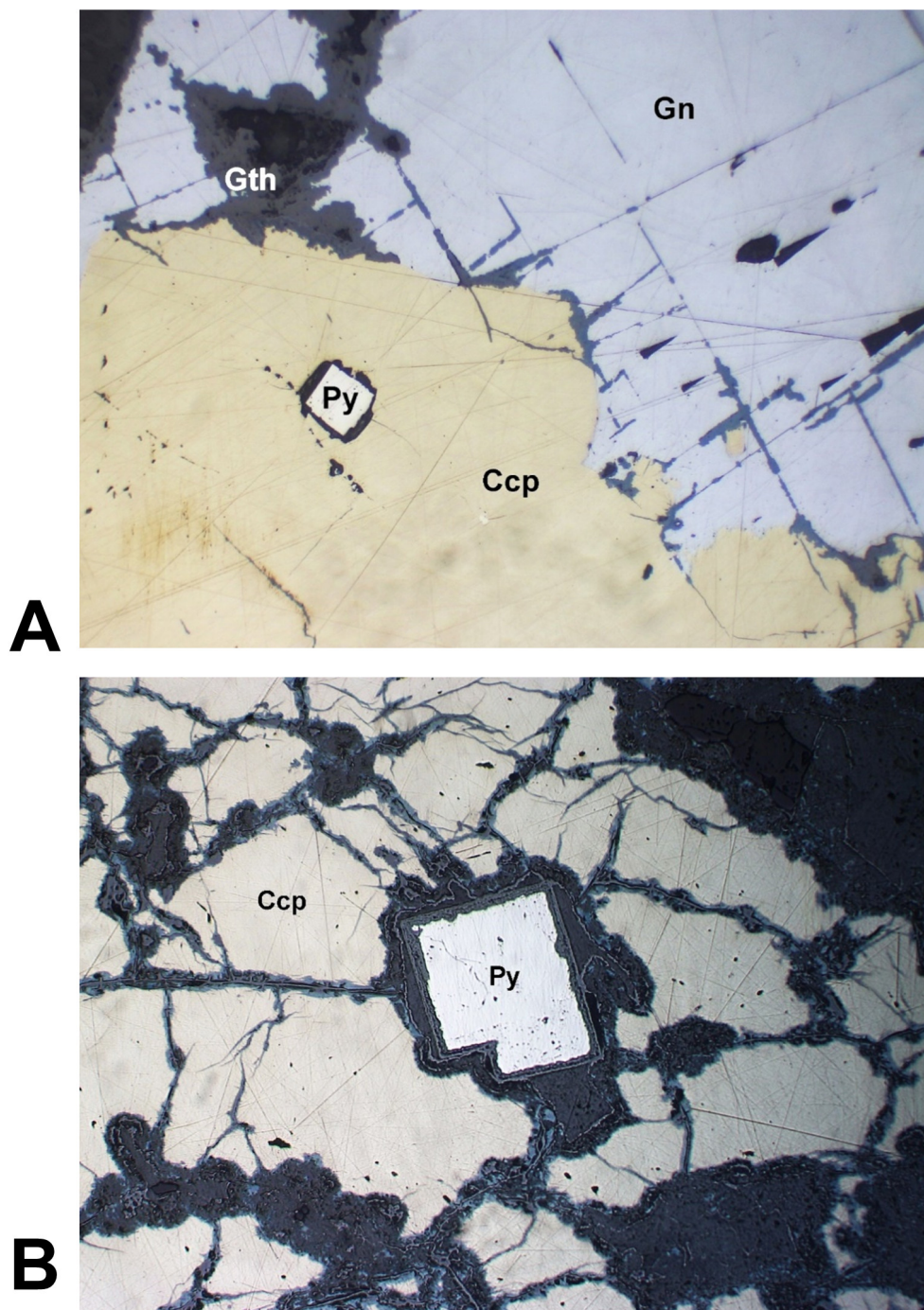


Figure 19 : Pyrite d'Ambly dans des plages de chalcopyrite, observée en lumière réfléchie simplement polarisée (largeurs des photos : 600 μm) : **A** – section polie AMB-5 ; **B** – section polie AMB-6. *Légende* : Ccp = chalcopyrite, Gn = galène, Gth = goethite, Py = pyrite. Photos : M. Blondieau.



Figure 20 : Brèche siliceuse minéralisée en chalcopyrite d'Ambly, après élimination de la dolomite par attaque acide. Des enduits de quartz microcristallin grisâtre recouvrent les éléments de la brèche et la chalcopyrite est observée avec des irisations colorées. Photo : M. Blondieau.

3.19. Rosasite, $\text{CuZn}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$

La rosasite forme des sphérules constituées de lamelles de couleur bleue, et associées à l'hydrozincite (Fig. 14). Peu d'échantillons ont été découverts, et le minéral avait été initialement identifié à notre demande par Michel Deliens (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique), ce qui avait été rapporté par Blondieau (1997). Des analyses récentes par diffraction des rayons X ont confirmé cette identification. La rosasite est une espèce peu fréquente en Belgique, où une seule autre occurrence est connue : La Roche-en-Ardenne (Blondieau et Hatert, 2009).

3.20. Sidérite, FeCO_3

La sidérite a été identifiée grâce aux analyses EDS réalisées sur l'échantillon AMB-4, où l'on peut voir ce minéral en petites plages ou en petits cristaux dans la galène (Fig. 21).

3.21. Smithsonite, ZnCO_3

La smithsonite est très rare à Ambly et n'a été observée qu'en association avec la rosasite, la sphalérite et l'hydrozincite. Elle forme des petites concrétions millimétriques de couleur brun clair, présentant de minuscules cristaux rhomboédriques relativement arrondis. Son identification visuelle a été confirmée par diffraction des rayons X.

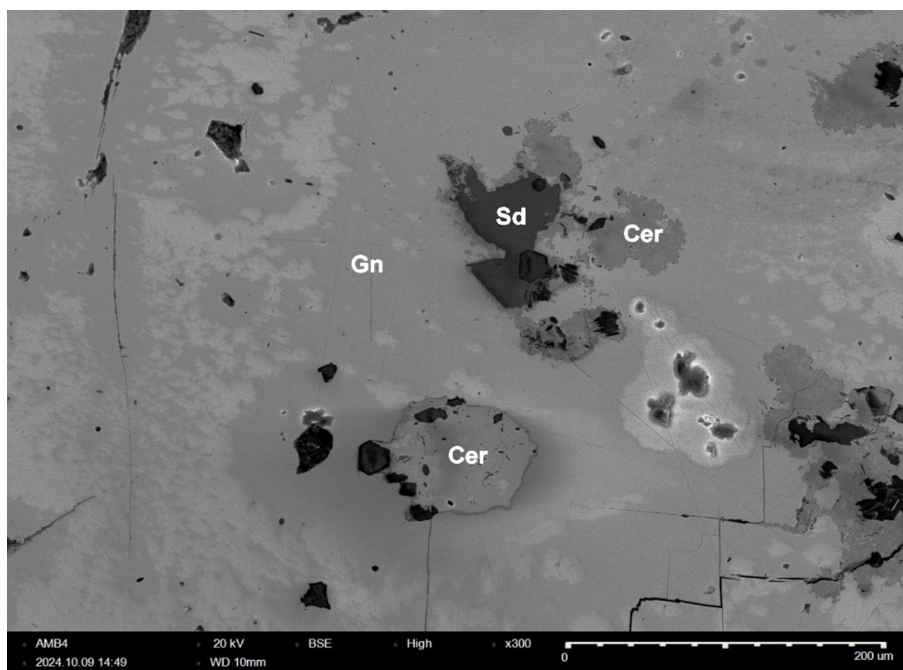


Figure 21 : Sidérite (Sd) et cérusite (Cer) dans de la galène (Gn) d’Ambly (section polie AMB-4, microscope électronique à balayage, mode électrons rétrodiffusés). Photo : A. Dekoninck.

3.22. Soufre, S

De petits globules jaunes millimétriques, posés sur un cristal de galène, ont été identifiés par diffraction des rayons X comme du soufre. Ce minéral est assez fréquent dans les anciens déblais miniers où les sulfures peuvent s’altérer, mais il n’a été observé que très rarement à Ambly.

3.23. Sphalérite, ZnS

Peu fréquente à Ambly, la sphalérite forme de petites masses cristallines brun clair associées à la marcasite et la galène, dans des blocs bruns constitués majoritairement de calcite, de quartz, et plus accessoirement de goethite (Fig. 22). L’identification visuelle du minéral est confirmée par diffraction des rayons X.

3.24. Tetraédrite-(Zn), $\text{Cu}_6(\text{Cu}_4\text{Zn}_2)\text{Sb}_4\text{S}_{13}$

Une section polie, réalisée dans un échantillon de galène où la mimétite a été identifiée, montre une plage triangulaire dont la morphologie peut correspondre à des cristaux tétraédriques (Fig. 23A). Le caractère isotrope du minéral, ainsi que son pouvoir réflecteur moyen, nous ont fait soupçonner un « cuivre gris ».

Les analyses EDS, réalisées au microscope électronique à balayage sur la même plage (Fig. 23B), indiquent la présence de S, Cu, et Sb majoritaires, associés à de plus faibles quantités de As, Zn et Ag. Une évaluation semi-quantitative des proportions atomiques indique que



Figure 22 : Sphalérite en association avec la marcasite et la galène, Ambly (largeur de la photo : 3,5 mm). Photo : P. Chollet.

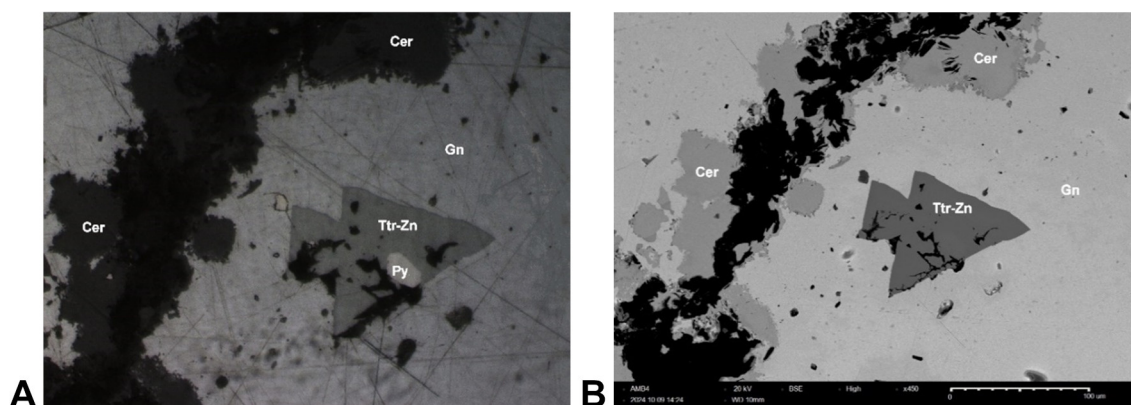


Figure 23 : Inclusion de tétraédrite-(Zn) dans la galène d'Ambly (échantillon AMB-4) : **A** – photo au microscope polarisant (largeur de la photo : 300 µm); **B** – image obtenue au microscope électronique à balayage, mode électrons rétrodiffusés. *Légende* : Ttr-Zn = tétraédrite-(Zn), Gn = galène, Cer = cérusite, Py = pyrite. Photos : **A** – M. Blondieau; **B** – A. Dekoninck.



Figure 24 : Todorokite et calcite d'Ambly (largeur de la photo : 10,5 mm). Photo : P. Chollet.

l'arsenic est présent à raison d'un atome pour trois d'antimoine, et les concentrations en zinc confirment qu'il s'agit de tétraédrite-(Zn). La nomenclature du sous-groupe de la tétraédrite été révisée par Biagioni et al. (2020), qui y définissent sept espèces : la tétraédrite-(Cd), la tétraédrite-(Cu), la tétraédrite-(Fe), la tétraédrite-(Hg), la tétraédrite-(Mn), la tétraédrite-(Ni), et la tétraédrite-(Zn), cette dernière étant l'une des plus communes. En Belgique, ces espèces sont cependant très rares, et n'ont été signalées qu'en petits grains dans de la diorite de Lembeek (Hatert et al., 2002), ainsi qu'en inclusions dans la galène de Resteigne (Herbosch et al., 1983).

3.25. Todorokite, $(\text{Na,Ca,K,Ba,Sr})_{1-x}(\text{Mn,Mg,Al})_6\text{O}_{12}\cdot 3\text{--}4\text{H}_2\text{O}$

La todorokite, identifiée par diffraction des rayons X, est un minéral très tendre d'aspect spongieux et de couleur brun violacé (Fig. 24). Dans la région, c'est une espèce assez fréquente qui a notamment été observée dans la carrière de la Lesse à Resteigne, mais aussi à Grupont où elle est associée à la ranciéite $[(\text{Ca,Mn}^{2+})_{0,2}(\text{Mn}^{4+},\text{Mn}^{3+})\text{O}_2\cdot 0,6\text{H}_2\text{O}]$ (Blondieau et al., 2024). Son association avec la calcite dans des masses « limonitiques » est assez caractéristique.

4. Conclusions et comparaison avec les indices miniers régionaux

Comme tous les indices minéralisés de la région, le petit site minier d'Ambly se caractérise par une minéralogie variée comportant 25 espèces (Tableau 1). On y rencontre notamment certains minéraux peu fréquents pour la Belgique, comme le cuivre natif, la rosasite, la tétraédrite-(Zn) et la mimétite.

Des analyses réalisées par spectrométrie de fluorescence X indiquent que la galène d'Ambly renferme approximativement 130 ppm d'argent, teneur assez élevée pour une galène filonienne belge dont les plus riches en cet élément montrent des teneurs ne dépassant guère

Tableau 1 : Espèces minérales identifiées à Ambly.

Minéral	Formule chimique idéale
Anglésite	$\text{Pb}(\text{SO}_4)$
Aragonite	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$
Calcite	$\text{Ca}(\text{CO}_3)$
Cérusite	$\text{Pb}(\text{CO}_3)$
Chalcopyrite	CuFeS_2
Covellite	CuS
Cuivre natif	Cu
Cuprite	Cu_2O
Dickite	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
Dolomite	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Galène	PbS
Goethite	$\text{FeO}(\text{OH})$
Hydrozincite	$\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$
Malachite	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
Marcasite	FeS_2
Mimétite	$\text{Pb}_5(\text{AsO}_4)_3\text{Cl}$
Pyrite	FeS_2
Quartz	SiO_2
Rosasite	$\text{CuZn}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
Sidérite	$\text{Fe}(\text{CO}_3)$
Smithsonite	$\text{Zn}(\text{CO}_3)$
Soufre	S
Sphalérite	$(\text{Zn},\text{Fe})\text{S}$
Tétraédrite-(Zn)	$\text{Cu}_6(\text{Cu}_4\text{Zn}_2)\text{Sb}_4\text{S}_{13}$
Todorokite	$(\text{Na},\text{Ca},\text{K},\text{Ba},\text{Sr})_{1-x}(\text{Mn},\text{Mg},\text{Al})_6\text{O}_{12}\cdot 3-4\text{H}_2\text{O}$

200 ppm. La tétraédrite-(Zn) est encore plus riche en argent, avec des teneurs avoisinant les 15.000 ppm (= 1.5 % poids Ag). Ceci n'est pas étonnant puisque cette structure cristalline peut facilement accueillir l'argent, comme le démontre l'existence de nombreuses espèces argentifères dans le groupe de la tétraédrite (Biagioni et al., 2020).

La mimétite n'a été identifiée en Belgique que dans le Massif de Stavelot (Vielsalm et Hourt; Hatert et al., 2002), ainsi que dans la zone centrale de l'Ardenne (La Roche-en-Ardenne et Housinne; Blondieau et Hatert, 2009; Blondieau et al., 2021). Dans le Massif de Stavelot, d'âge cambro-ordovicien, elle est observée dans des veines de quartz en association avec des cristaux d'arsénopyrite et d'autres arséniates dont la scorodite, la pharmacosidérite, la carminite et la graulichite-(Ce) (Lefèvre et Hatert, 2003; Hatert et Lefèvre, 2004; Hatert et al., 2003). En Ardenne centrale, la mimétite est associée à de l'érythrite $[\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}]$ dans des filons de plomb logés dans la Formation de Villé (Dévonien inférieur), mais elle n'y a jamais été rencontrée en association directe avec un minéral d'arsenic primaire comme l'arsénopyrite. À Ambly, la mimétite est très rare et ne s'exprime qu'en minuscules cristaux associés à la cérusite, dans un joint minéralisé en galène logé dans les calcaires de la Formation de Trois-Fontaines (Givétien, Dévonien moyen). Cette galène renferme également des inclusions de tétraédrite-(Zn) contenant un peu d'arsenic. La présence de mimétite à Ambly est donc inattendue, puisque toutes les autres occurrences belges de ce minéral sont observées dans des encaissants du Dévonien inférieur ou du Cambro-Ordovicien.

La mimétite est un minéral du groupe de l'apatite, qui forme fréquemment des solutions solides vers son phosphate isomorphe, la pyromorphite, $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$. Dans toutes les occurrences belges, toutefois, la mimétite est très pure et ne forme pas de solution solide avec la pyromorphite, comme c'est très souvent le cas en France, notamment. De la même manière, les pyromorphites sont très pures en Ardenne, où elles cristallisent dans des filons recoupant des couches du Dévonien inférieur. C'est le cas à Wisembach (Blondieau et al., 2022), à Longvilly (Hatert et al., 2002), dans la carrière au sud de Bertrix, ainsi qu'à Bure (Blondieau, 2011), un indice plombifère qui ne se trouve pourtant qu'à quelques kilomètres de celui d'Ambly. L'identification des pyromorphites de Bertrix-sud et de Bure ont été réalisées par diffraction des rayons X (analyses inédites).

Finalement, remarquons que les filons d'Ambly recoupant les calcaires de la Formation de Trois-Fontaines (Givétien) sont essentiellement minéralisés en galène, alors que la chalcoppyrite peut être localement abondante dans les veines situées dans les calcaires plus argileux et plus quartzeux de la Formation d'Hanonet (Eifelien). C'est d'ailleurs dans cette formation que l'on a pu observer la rosasite, l'hydrozincite et le cuivre natif. Il existe donc une corrélation entre la nature des roches encaissantes et le type de minéralisation, suggérant une remobilisation métasomatique d'éléments chimiques depuis l'encaissant vers les filons.

Remerciements

Nous souhaitons remercier chaleureusement Pascal Chollet, qui nous a fourni de magnifiques photos de minéraux parfois fort petits, ainsi que Jean-Marc Marion, un des géologues qui a

levé la carte géologique de la région d'Ambly, pour ses précieuses explications concernant la structure minéralisée du gisement. Nos remerciements vont encore à Raphaël Deville, litholameilleur du Département de Géologie de l'ULiège, qui a achevé le polissage de nos sections polies, permettant la réalisation d'observations de grande qualité.

Informations supplémentaires

Identifiants ORCID des auteurs

0000-0003-3125-9755 (Frédéric HATERT)

0000-0001-5215-8326 (Augustin DEKONINCK)

Contributions des auteurs

MB a récolté les échantillons sur le terrain et réalisé la plupart des analyses par diffraction des rayons X au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Liège. MB a également confectionné et observé des sections polies en lumière réfléchie, et a rédigé la première version du manuscrit. MD et FH ont contribué aux analyses et à la rédaction du manuscrit. AD a réalisé les observations et analyses au MEB sur la tétraédrite-(Zn).

Conflits d'intérêt

Les auteurs déclarent que cet article ne présente aucun conflit d'intérêt.

Références

- Barchy, L., Dejonghe, L., et Marion, J.-M. (sous presse) Rochefort–Nassogne. Carte géologique de Wallonie. 59/3-4. Accepté pour publication par SPW/EDIWAL. Version acceptée pour publication disponible sous <https://hdl.handle.net/2268/82908> ; dernière consultation : 6 novembre 2025.
- Biagioni, C., George, L. L., Cook, N. J., Makovicky, E., Moëlo, Y., Pasero, M., Sejkora, J., Stanley, C. J., Welch, M. D., et Bosi, F. (2020) The tetrahedrite group : Nomenclature and classification. *American Mineralogist*, **105**(1), 109–122. <https://doi.org/10.2138/am-2020-7128>.
- Blondieau, M. (1995) Minéraux et fossiles de la région de Rochefort, Han-sur-Lesse et de ses environs. Édition de l'auteur.
- Blondieau, M. (1997) Recherches minières, mines et carrières de Famenne. Édition de l'auteur.
- Blondieau, M. (2011) Anciens travaux de recherches pour plomb à Bure : Historique, localisation et minéralogie. *De la Meuse à l'Ardenne*, **43**, 61–93.

- Blondieau, M., Depret, M., Dal Bo, F., et Hatert, F. (2024) Minéralogie d'une couche de minerai de fer sédimentaire anciennement exploitée à Grupont, Province de Luxembourg, Belgique. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **93**(1), 54–82. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.12204>.
- Blondieau, M. et Hatert, F. (2009) Minéralogie de l'ancienne mine de plomb de La Roche-en-Ardenne (Belgique). *Règne Minéral*, **88**, 5–20. Disponible sous <https://hdl.handle.net/2268/29159> ; dernière consultation : 6 novembre 2025.
- Blondieau, M., Hatert, F., Puccio, S., Depret, M., et Dal Bo, F. (2022) Minéralogie et métallogénèse des filons de barite plombifère de Wisembach (Fauvillers), Province de Luxembourg, Belgique. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **91**, 270–296. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.11131>.
- Blondieau, M., Puccio, S., et Hatert, F. (2017) Minéralogie de l'ancienne mine de plomb de Masbourg : (Nassogne, Province de Luxembourg, Belgique). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **86**, 169–201. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.7269>.
- Blondieau, M., Puccio, S., et Hatert, F. (2021) Minéralogie de l'indice plombifère de Petite-Hoursinne (Érezée, Province de Luxembourg, Belgique). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **90**, 136–157. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.10414>.
- Blondieau, M., Puccio, S., Hatert, F., et Bruni, Y. (2019) Minéralogie des filons quartzeux cuivre–plomb de Chanly (Wellin, Province de Luxembourg, Belgique). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **88**, 76–116. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.9103>.
- Hatert, F., Blondieau, M., Puccio, S., Baijot, M., et Gustine, C. (2014) Le gisement de manganèse de la Vallée de la Lienne (Belgique). *Règne Minéral*, **117**, 5–24. Disponible sous <https://hdl.handle.net/2268/188051> ; dernière consultation : 6 novembre 2025.
- Hatert, F., Deliens, M., Fransolet, A.-M., et Van Der Meersche, E. (2002) *Les minéraux de Belgique*. Muséum des Sciences Naturelles, Bruxelles (BE), 2^e éd., 304 p.
- Hatert, F. et Lefèvre, P. (2004) Carminite et kintoreite de Hourt, Massif de Stavelot, Belgique. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **73**(1), 35–41. <https://popups.uliege.be/0037-9565/index.php?id=721>.
- Hatert, F., Lefèvre, P., Pasero, M., et Fransolet, A. M. (2003) Graulichite-(Ce), a new arsenate mineral from the Stavelot Massif, Belgium. *European Journal of Mineralogy*, **15**(4), 733–739. <https://doi.org/10.1127/0935-1221/2003/0015-0733>.
- Herbosch, A., Cauet, S., et Preat, A. (1983) *Recherche de métallotectes de nature géochimique pour la prospection des gîtes Pb-Zn belges*. N° 197 dans Professional Papers of the Geological Survey of Belgium. Service géologique de Belgique, Bruxelles (BE), 123 p. https://biblio.naturalsciences.be/rbins-publications/professional-papers-of-the-geological-survey-of-belgium/pdfs/pp_1983_2_197.pdf.

- Lefèvre, P. et Hatert, F. (2003) Or natif, arsénopyrite et minéraux secondaires dans les quartzites devilliens de Hourt, Massif de Stavelot, Belgique. *Geologica Belgica*, **6**(3-4), 193–200. <https://popups.uliege.be/1374-8505/index.php?id=2181>.
- Philippo, S., Hoffmann, I., Faber, A., Heinen, G., Schoellen, J., Schroeder, N., Luc, B., et Bornain, S. (2007) La minéralisation en cuivre de Stolzembourg. *Ferrantia*, **49**, 7–99. Disponible sous https://www.researchgate.net/publication/274379272_La_Mineralisation_en_cuivre_de_Stolzembourg ; dernière consultation : 6 novembre 2025.
- Van de Roy, J.-L. (1985) Les mines et les recherches minières en Famenne : Forrières. Édition de l’auteur.
- Van der Meersche, E. (1996) Aragonite de Resteigne. *Mineralcolor*, p. 37–48.
- Warr, L. N. (2021) IMA–CNMNC approved mineral symbols. *Mineralogical Magazine*, **85**(3), 291–320. <https://doi.org/10.1180/mgm.2021.43>.