

Les minéraux du Jura vaudois

Autor(en): **Andermatt, Paul J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **101 (2022)**

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1003696>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

Les minéraux du Jura vaudois

Paul J. ANDERMATT¹

ANDERMATT P. J., 2022. Les minéraux du Jura vaudois. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 101 : 97-116.

Résumé

La calcite est un minéral ubiquiste et le plus fréquent dans les roches sédimentaires du Jura vaudois. Dans le contrefort de La Sarraz – Éclépens, la présence de formes de cristaux rares à l'échelle mondiale a pu être expliquée par des anomalies géothermiques. La célestine se présente à Baulmes (et parfois ailleurs) sous forme de magnifiques cristaux limpides, souvent bleutés. Nous avons publié des articles détaillés sur ces deux minéraux dans ce Bulletin.

Le but de ce travail est de documenter les autres minéraux moins souvent rencontrés dans cette région. Le nombre d'espèces minérales inventoriées dans ce travail est de 25. Quelques-uns sont très photogéniques et certains relativement fréquents.

Mots-clés: cristaux, formes de cristaux, Crétacé, Jurassique, Jura vaudois

ANDERMATT P. J., 2022. The minerals of the Vaud Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 101 : 97-116.

Abstract

Calcite is the ubiquitous mineral in the sedimentary rocks of the Vaud Jura. In the La Sarraz - Éclépens branch of the Jura, the presence of crystal forms rare on a world scale could be explained by geothermal anomalies. Celestine is found in Baulmes (and sometimes elsewhere) with beautiful often bluish limpid crystals. We have reported on these minerals in this Bulletin earlier in detail. The purpose of this work is to document other minerals that are less often encountered in this area; 25 species are described in this work. Some are very photogenic and some are relatively common.

Keywords: crystals, crystal forms, Cretaceous, Jurassic, Vaud Jura

ANDERMATT P. J., 2022. Die Mineralien im Waadtlander Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 101 : 97-116.

Zusammenfassung

Calcit ist das allgegenwärtigste Mineral in den Sedimentgesteinen des Waadtlander Juras. Er bildet im Juraausläufer La Sarraz – Éclépens weltweit einzigartigen Formen, die durch aussergewöhnliche geothermische Vorkommnisse erklärt werden konnten. Coelestin zeigt sich hauptsächlich in Baulmes in glasklaren, oft bläulichen Ausbildungen. Über diese beiden Mineralien haben wir in diesem Bulletin ausführlich berichtet.

Der Zweck dieser Arbeit ist, die verbleibenden, hier weniger oft vorkommenden Mineralien zu würdigen. In dieser Arbeit sind 25 Mineralienarten aufgeführt. Sie sind zum Teil sehr fotogen und einzelne kommen oft vor.

Schlüsselwörter: Kristalle, Kristallformen, Kreide, Jura, Waadtlander Jura.

¹ Ruelle de la Condémine 5, 1321 Arnex-sur-Orbe. www.svm.ch/paul.anderstatt.html.

Correspondance: anderstatt.arnex@outlook.com



INTRODUCTION

La chaîne du Jura recèle de beaux minéraux. Certes, cette richesse n'égale pas celle des Alpes. Il faut bien dire que la monotonie des roches – essentiellement des calcaires – et l'histoire géologique du Jura, en particulier l'absence de métamorphisme, ne favorisent pas la diversité minérale. Néanmoins, une soixantaine de minéraux sont connus. C'est dans les cavités de fossiles et particulièrement dans les fractures au sein des calcaires et des marnes que l'on peut récolter des cristaux. Parmi ceux-ci, la calcite est de loin la plus répandue.

On sait que la formation des Alpes a été liée à des mouvements tectoniques massifs, au cours desquels les roches ont été soumises à de fortes pressions et à une chaleur intense. Vers la fin de la formation des Alpes, il y a environ 5 millions d'années, les montagnes du Jura ont été soulevées, mais contrairement aux Alpes, elles n'ont été soumises qu'à des influences thermiques minimales. Ainsi, durant ce plissement, les minéraux ont cristallisé dans des conditions thermiques basses, de l'ordre de 56 à 68 °C (DE HALLER 2011), ou de 50 à 70 °C (DE HALLER 2015). Dans les régions intensément affectées par de grandes failles, comme la Faille de Pontarlier (figure 1), la circulation hydrothermale a permis d'atteindre localement des températures plus élevées (ANDERMATT *et al.* 2019). Dans son travail sur le Mormont, SCHEIDT (2020) écrit que les cristaux se sont probablement formés dans une plage de 60-140 °C. Ces circonstances, ainsi que la présence de fer ont probablement contribué à la diversité particulière des formations dans ce contrefort du Jura. Des recherches sur la géothermie devraient fournir des informations supplémentaires (LOOSER 2021, ETHZ, comm. pers.). Le gisement d'Éclépens est assez riche en bitume dont l'influence sur les cristaux doit encore être étudiée.

Le Crétacé couvre une bonne partie de Jura vaudois, y compris à La Sarraz et à Éclépens. La figure 2 montre les nouvelles dénominations des couches (PICTET 2021) de la carrière d'Éclépens. Le gisement de Baulmes se trouve dans le Jurassique supérieur (Malm).

Dans ce travail, nous ne nous occuperons pas des minéraux constituant la roche mais des cristaux macroscopiques bien formés qui se sont développés dans des vides comme des géodes, des fractures ouvertes ou des cavités karstiques au sein des roches.

Nous vous donnons ici une vue d'ensemble des minéraux présents, photos à l'appui.

MÉTHODES

Les minéraux trouvés sur le terrain, en très grande partie par l'auteur, ont après nettoyage d'abord été examinés sous une loupe binoculaire. Cette approche simple et naturaliste permet déjà de déterminer visuellement la majorité des espèces minérales. Le reliquat indéterminable à l'œil nu a été confié à des laboratoires spécialisés, afin de procéder à des analyses poussées basées sur des méthodes physico-chimiques. Ainsi au Musée cantonal de géologie, site de l'Université de Lausanne (Dr Nicolas Meisser) où la plupart des analyses ont été effectuées, les méthodes suivantes ont été utilisées à des fins de diagnose :

- Analyses chimiques qualitatives ou quantitatives par spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (Energy-dispersive X-ray Spectroscopy, EDS ou EDXS) une méthode couplée avec la microscopie électronique à balayage (MEB) ou Scanning Electron Microscopy (SEM).
- Analyses par radiocristallographie ou diffractométrie de rayons X (DRX, ou XRD).

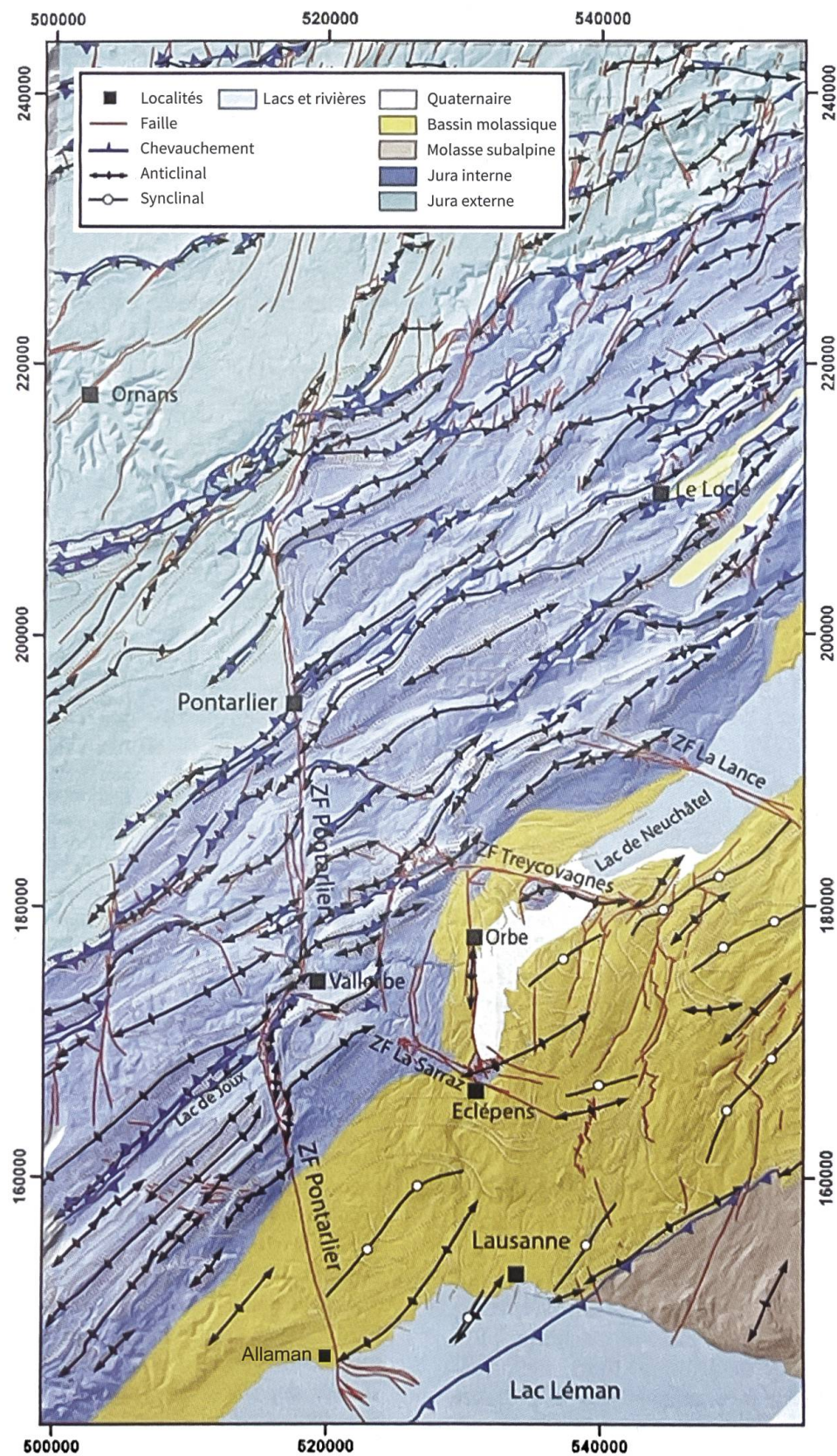


Figure 1. Carte structurale de la zone de la faille de Pontarlier, adapté de V.-T. NGUYEN (2018). Les zones avec des failles en rouge sur la carte sont des secteurs favorables à la formation de cristaux ou de minéraux particuliers.

- Analyses par spectroscopie d'absorption à l'aide de la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier ou spectroscopie IRTF (ou encore FTIR).

Le Dr Lars Epple a déterminé un cristal par Debye-Scherrer, Cédric Schnyder par Raman et le Dr Halil Sarp par DRX.

Les sites étudiés

Lors de ces 25 dernières années, la carrière souterraine de Baulmes, abandonnée en 1962, et les carrières à ciel ouvert de La Sarraz et d'Éclépens ont été minutieusement explorées par l'auteur. Dans les deux sites encore en activité, l'exploitation permanente de la roche permet d'accéder continuellement à des échantillons frais, ce qui représente une opportunité unique pour les scientifiques comme pour les simples collectionneuses et collectionneurs. Les affleurements naturels sont moins intéressants parce que les cristaux sont souvent altérés.

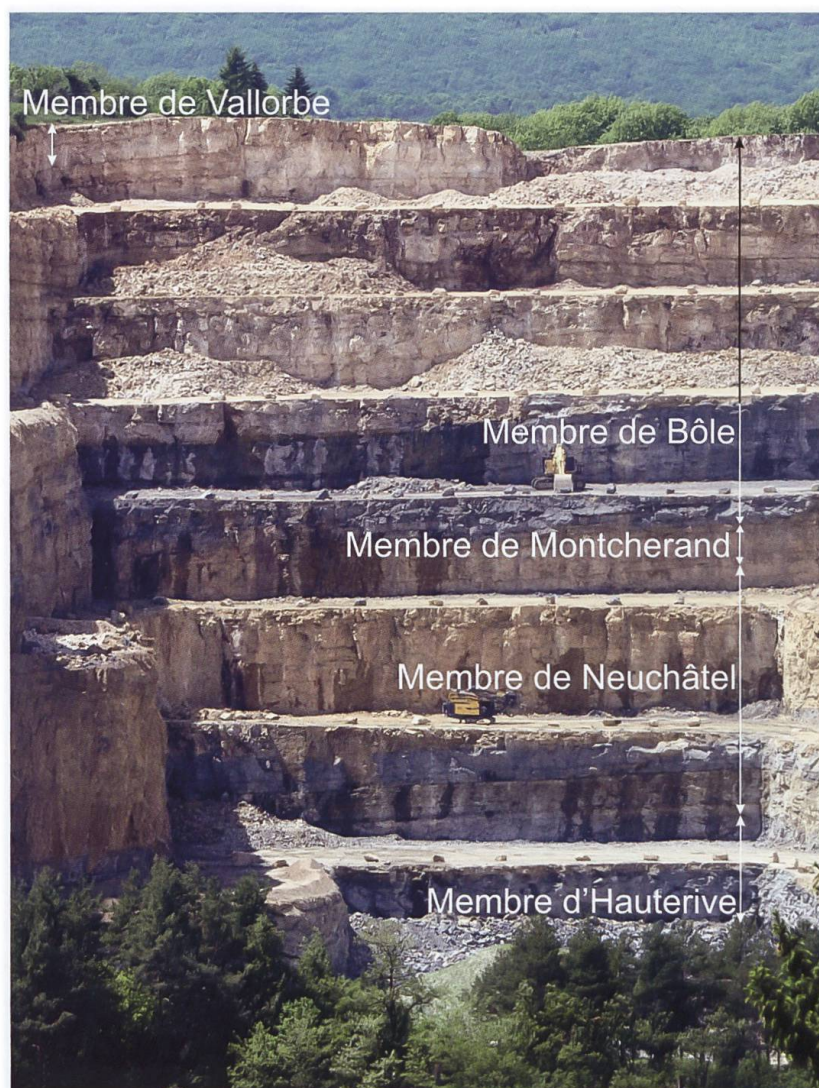


Figure 2. Lithostratigraphie de la carrière du Mormont avec les nouvelles dénominations des formations géologiques, selon le Dr Antoine Pictet.

RÉSULTATS

Il serait fastidieux de décrire uniquement par un texte tous les minéraux rencontrés dans le Jura vaudois. Les observations naturalistes et les mesures en laboratoire, mises en relation avec les photographies des spécimens étudiés, permettent au lectorat une compréhension aisée au travers d'une visualisation immédiate.

Éléments

Or Au

Ce minéral très convoité pour les bijoux et l'industrie, n'apparaît que sporadiquement dans le Jura vaudois. Actuellement, aucun gisement d'or en place n'est connu. Par contre, une cinquantaine d'indices d'or alluvionnaire ont été répertoriés. Ils se trouvent tous dans des cours d'eau de la Côte et de la région d'Orbe (MEISSER 1995). L'or est d'origine alpine et il est lié aux dépôts morainiques.

Soufre S

CHAVANNE (1853) a mentionné le soufre dans le contrefort du Jura près de La Sarraz. La présence de soufre natif colloïdal dispersé dans de la « limonite » à la carrière d'Éclépens a été confirmée le 22.12.04 par N. Meisser au moyen d'une analyse MEB/EDXS.

Sulfures

Pyrite FeS₂

Assez courant dans le Jura, ce sulfure de fer de formule FeS₂, système cristallin cubique-disodécédrique, apparaît rarement à Baulmes, soit comme inclusion dans ou sur des cristaux de calcite, soit en cuboctaèdres millimétriques ou en cubes jusqu'à 10 mm (ANDERMATT 1997).

À La Sarraz, elle se rencontre occasionnellement en cubes, en octaèdres ou en petites boules irisées groupées en grappes. Les cristaux sont rarement plus grands que 1 mm. Détermination Debye-Scherrer (L. Epple 14.12.2000).

Par contre, la pyrite est très bien représentée à Éclépens. Le remarquable travail de MEISSER (2008) décrit en détail l'important filon de l'ordre de 30 m² représentant une masse approximative de 15 tonnes de pyrite mise à jour en 2005 entre les paliers 530 et 542. Depuis lors, du gypse et de la jarosite ont cristallisé sur ces cristaux de pyrite (figure 27). Toutefois, nous pouvons constater que la pyrite est aussi relativement abondante à d'autres endroits de cette carrière. Elle se présente généralement sous forme cubique (figure 3), parfois aussi en octaèdres (figure 4) en sphérules, en rhombododécédrique (figure 5), cuboctaèdres (figure 6), sphérique, botroïdale (en grappe de raisin), lamelloradiée et en macles de pénétration. La taille des cristaux varie entre <1 mm et 3 cm. Leur teinte va du jaune doré pour les cristaux légèrement oxydés ou couverts d'une très fine pellicule de bitume au gris argent ou au blanc jaune sur les cassures fraîches ou les faces dégagées récemment de leur matrice calcaire.

Les ammonites pyritisées sont très courantes dans certains endroits dans le Jura. Dans la partie vaudoise, par contre, JACCARD (1893) a décrit un seul et unique gisement dans les argiles albiennes du bassin de l'Auberson, anciennement utilisées dans les tuileries. Les ammonites



Figure 3. Agrégat de cristaux cubiques de pyrite, largeur d'image 8 cm; Éclépens. Photo: Anton Perner.

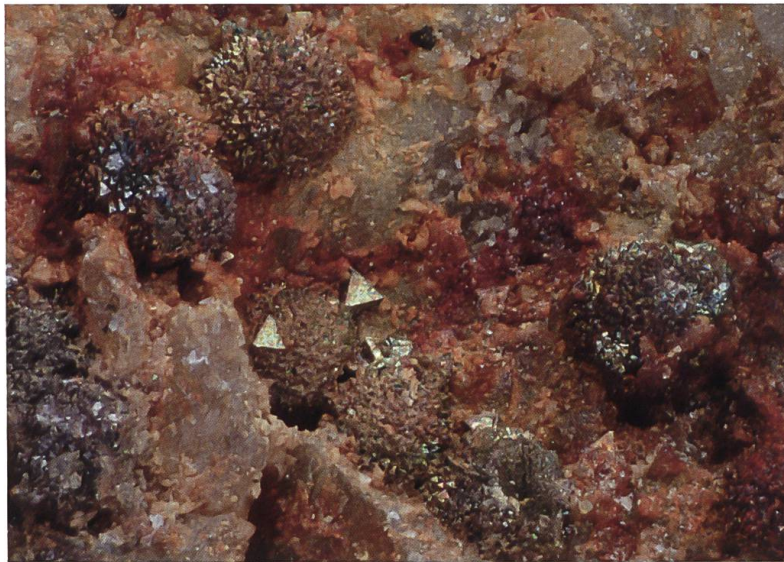


Figure 4. Cristaux de pyrite octaédriques, taille 5 microns et hémisphères de pyrite, diamètre 0,1 mm, largeur de l'image 2 mm; Éclépens. Photo: Stefan Ansermet.



Figure 5. Cristaux de pyrite rhombododécaédriques, dimension des 3 cristaux accolés 2,7 mm, respectivement de l'image 12,0 x 12,5 mm; Éclépens. Photo: Pascal Grundler.

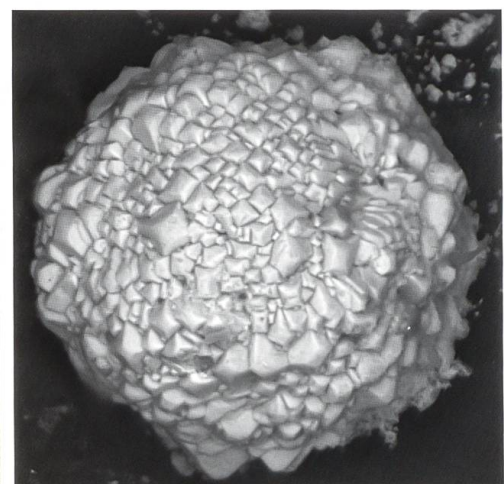


Figure 6. Sphère de pyrites cubo-octaédriques, largeur d'image 218 μm , Éclépens. Photo MEB: R. Peter Richards.

pyritisées atteignent jusqu'à 20 cm, une taille rare dans le Jura. Si au moment de leur sédimentation et de la solidification du limon, il n'y a pas d'oxygène dans l'eau, les restes organiques sont décomposés par des bactéries. Le gaz soufré libéré cristallise, avec le fer, sous forme de pyrite. Une ammonite fossilisée dans un tel milieu est donc pyritisée.

Marcassite FeS_2

La marcassite est un sulfure de fer de la même formule que la pyrite (FeS_2) mais qui cristallise dans le système orthorhombique-dipyramidal. Elle présente relativement souvent des cristaux maclés.

À Baulmes, une marcassite maclée a été trouvée par P. J. Andermatt (figure 7).

À La Sarraz, la présence de fer et de soufre a été confirmée par L. Epple (Analyse EDX 10.10.2001) dans des cristaux orthorhombiques (ANDERMATT 2012).

Le site d'Éclépens a fourni des agrégats de cristaux millimétriques en forme de crêtes de coq (ANDERMATT 2010), qui ont été déterminés par Debye-Scherrer, par N. Meisser le 18.06.2000. Le site a aussi permis des découvertes spectaculaires de monocristaux ressemblant à un coussin (figure 8), de macles (figures 9 à 11) gris argenté ou dorées jusqu'à 4 mm (ANDERMATT 2018). La morphologie de ce minéral fort intéressant fera l'objet une publication prochainement.



Figure 7. Macle de marcassite, largeur du cristal 10 mm, sur calcite; Baulmes. Photo: Anton Perner.



Figure 8. Agrégat de cristaux de marcassite. Le plus grand, en haut à droite, présente un aspect typique de monocristal similaire à un coussin. Plusieurs autres cristaux sont des parties de macles cycliques; Éclépens. Photo: Thomas Schüpbach.



Figure 9. Marcassite (011) maclée, vue de l'arrière, angle d'inclinaison d'environ 30° vers l'avant. Seule la moitié supérieure du cristal est développée; Éclépens. Photo: Thomas Schüpbach.

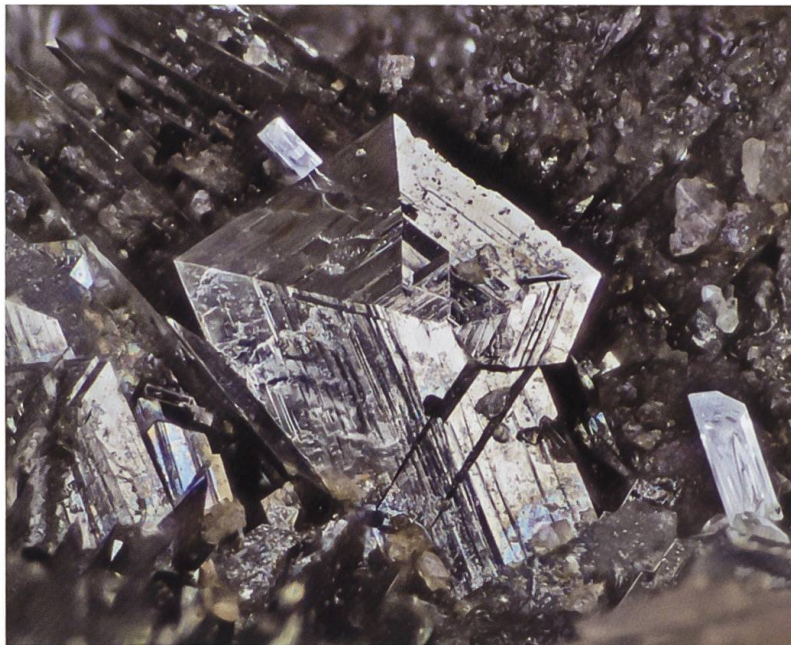


Figure 10. Macle pentagonale incomplète composée seulement de quatre individus. La cinquième partie qui se trouve en bas dépasse la limite déterminée par le reste de la macle; Éclépens. Photo: Stefan Ansermet.

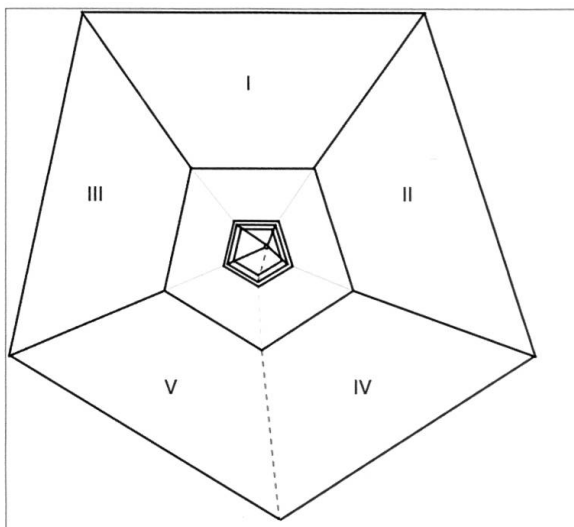


Figure 11. Dessin idéalisé d'une macle pentagonale parfaite, ce qui arrive peu souvent dans les macles de marcassite. Auteur: R. Peter Richards.

Dans le Jura, comme ailleurs, les déterminations visuelles de marcassite ne se confirment que rarement aux rayons X. En fait, la marcassite est, contrairement à la pyrite, très rare dans nos contrées. Dans le filon de pyrite mis à jour en 2005 d'une surface de l'ordre de 30 m², la marcassite n'a été observée qu'en minuscules cristaux intimement mélangés à la pyrite (MEISSER 2008). La revue extraLapis Pyrit (1999) donne beaucoup d'informations et de comparaisons pertinentes entre les deux minéraux.

Smythite (FeNi)₉S₁₁

Sous forme de lamelles hexagonales, très fines, de couleur de bronze, brillantes, <1 mm, sur ou dans la calcite scalénoédrique, elle a été trouvée à La Sarraz pour la première fois en Suisse romande (figure 12). Analyses N. Meisser EDXS 2956 du 11.10.2016 et XRD 4932 du 04.08.2016.

Sphalérite ZnS

À Baulmes, où elle apparaît en cristaux bruns et comme variété « Marmatite » (noire, riche en fer). Elle peut atteindre 10 mm.

Pyrrhothite Fe_{0.85-1}S

Trouvée à La Sarraz en forme de plaquettes hexagonales, brillantes, de couleur bronze, brune ou noire, < 0,5 mm. Analyse par diffraction de rayons X, méthode de la caméra de Gandolfi 2379 15.06.1998 et analyse chimique par MEB/EDS 26.10.2004 par N. Meisser. Une seconde découverte en forme de cristaux micacés, brun, avec un reflet de bronze a été confirmée (XRS 4656, 31.03.2014, N. Meisser, MGL 92993).

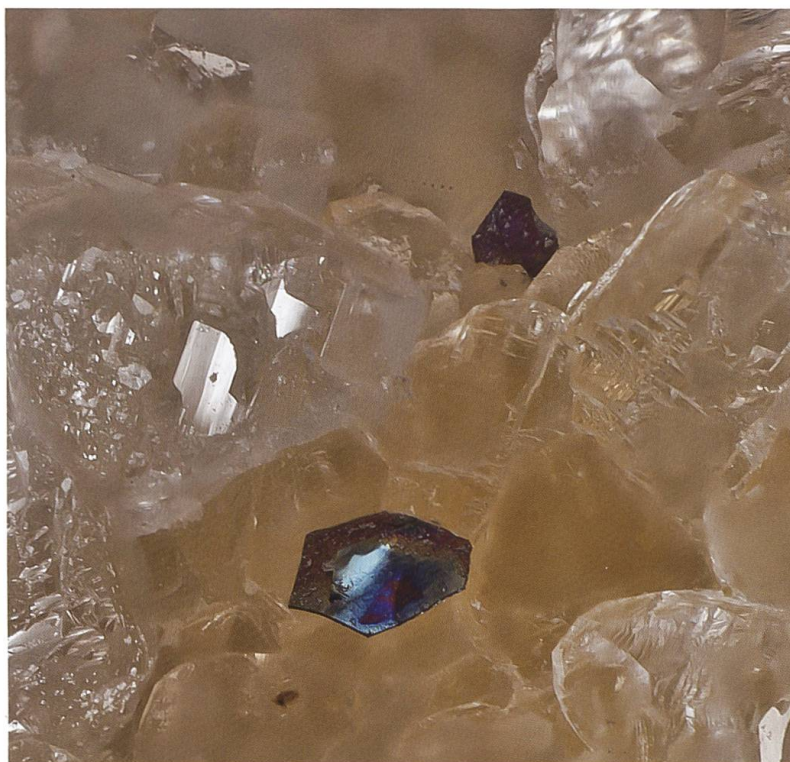


Figure 12. Smythite, taille du grand cristal 0,1 mm ; La Sarraz. Photo: Thomas Schüpbach.

Halogénures

Fluorite CaF_2

La fluorite est l'un des minéraux les plus recherchés du Jura. Elle s'y rencontre occasionnellement sous forme de cubes, parfois parquetés, jusqu'à 6 mm environ. À La Sarraz, elle est incolore ou jaunâtre, à Éclépens plutôt brunâtre ou légèrement violette (figures 13 et 14). Analyse EDXS N. Meisser 2955 du 11.10.2016.

Oxydes

Quartz SiO_2

Contrairement aux Alpes, le quartz se présente plutôt modestement dans le Jura. Sa variante **calcédoine** bleuâtre et un liseré blanc, la **moganite**, un constituant de la calcédoine, ont été rencontrés dans des géodes à La Barillette près de la Dôle (figures 15 et 16). Le nodule documenté ici mesure environ 5 cm de longueur et a été récolté dans les Calcaires Roux (Valanginien) de



Figure 13. Deux cristaux cubiques, transparents et violacés de fluorite, 3 mm, sur calcite; Éclépens. Photo: Anton Perner.

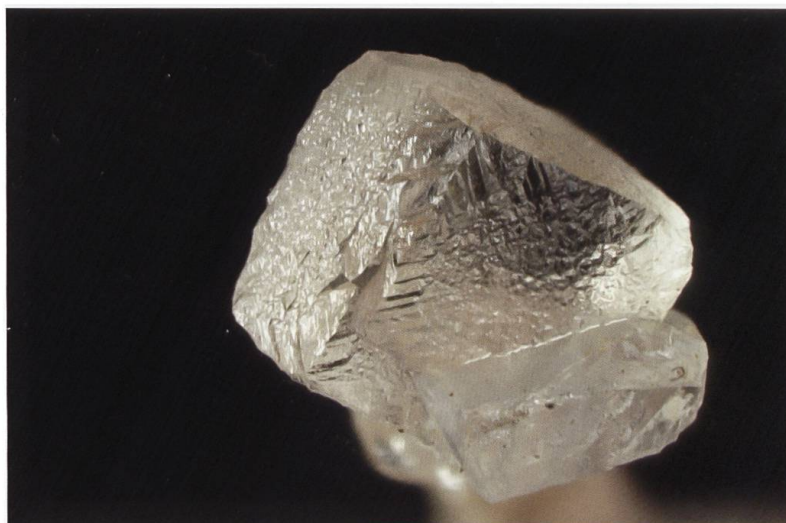


Figure 14. Fluorite, cubique, incolore, transparente, sur un fragment de calcite. La surface est granuleuse, les arêtes en partie corrodées, notamment le bord irrégulier ou en escalier; longueur d'arête 3 mm; Éclépens. Photo REM: R. Peter Richards.

la Dôle. Détermination par N. Meisser XRD avec des temps d'analyse très longs et confirmée par une analyse Raman de C. Schnyder. Échantillon MHNG 422.097. Il s'agit d'un nouveau minéral pour la Suisse (MEISSER 2009).

Goethite, « Limonite » $\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$

Ce minéral a été détecté à La Sarraz sous forme de croûtes brunes dures sur calcaire (analyse XRD N. Meisser 4944 du 17.09.2016) et de rhomboédres aplatis brun-bronze, en très probables pseudomorphoses de cristaux de sidérite. Analyse N. Meisser XRD 4653, MGL n° 92992.

À Éclépens, cet oxyde a été analysé par N. Meisser (XRD 4645, 10.03.2014) sur un échantillon de F. Mouron: sphérules microscopiques, brunes, avec un cœur noir sur des cristaux de calcite associés à la barytine. L'auteur l'a trouvée sous forme botryoïde, brune sur calcite. EDXS N. Meisser 3678, 08.12.2021.

La « limonite », largement répandue, est un mélange microcristallin d'hydroxydes de fer, principalement de la goethite.



Figure 15. Nodule de quartz/cal-cédoine bleu clair avec un liseré blanc de moganite, longueur env. 10 cm. Échantillon MHNG 422.097; La Barillette près de La Dôle. Photo: Philippe Wagneur.

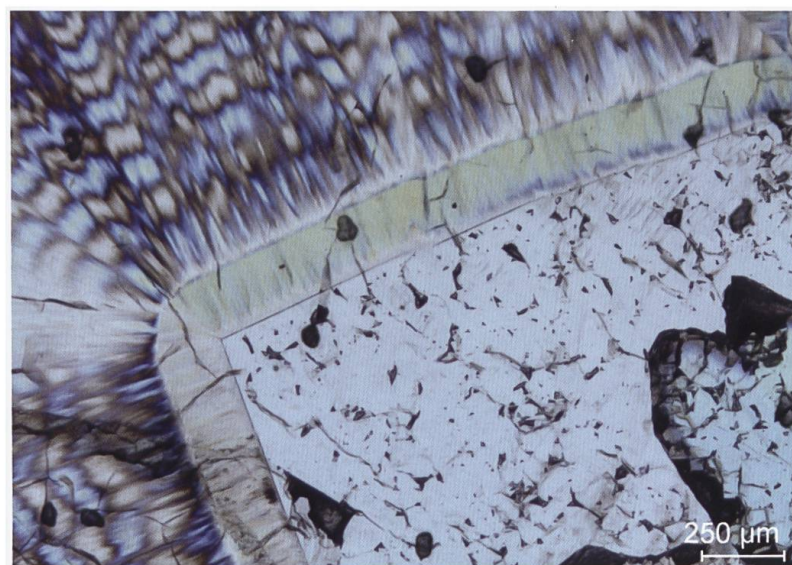


Figure 16. Détail du même nodule (fig. 15) en lame mince sous lumière polarisée montrant les couleurs d'interférence de la moganite à gauche à côté de la calcédoine et du quartz. MHNG 422.097. Photo: Cédric Schnyder.

Hématite Fe_2O_3

La seule trouvaille que nous possédons de cet oxyde de fer sont quelques minuscules inclusions dans des cristaux de calcite scalénoédrique transparente de La Sarraz (DRX H. H. Sarp, 1998). Toutefois, PELET (1978) mentionne brièvement des affleurements d'hématite au Corbey, L'Auberson.

Todorokite $(\text{Mn}^{2+}, \text{Ca}, \text{Mg})\text{Mn}_3^{4+}\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$

De formation récente, elle se présente sous forme de dendrites pulvérulentes de couleur noir foncé, trouvées au Col des Étroits, près de Ste-Croix. Elle a été identifiée par analyse chimique EDS et diffraction de rayons X par N. Meisser en juin et septembre 1998).

Carbonates**Calcite** $\text{Ca}[\text{CO}_3]$

Ce minéral ubiquiste et sa morphologie ont été traités en détail dans ce Bulletin (ANDERMATT *et al.* 2019). La beauté de ses macles, particulièrement à La Sarraz, est d'un intérêt européen (figure 17) (ANDERMATT & RICHARDS 2022).

Ankérite $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})[\text{CO}_3]_2$

Trouvaille unique à La Sarraz, couleur rouge sang et ambre en cours d'altération pseudomorphose en « limonite » (analyse chimique qualitative N. Meisser EDXS 9.9.03).

Malachite $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2]\text{CO}_3$

Ce joli minéral n'a été rencontré qu'une seule fois, en buissons de moins de 1 mm sur de la « limonite », à La Sarraz.

Aragonite $\text{Ca}[\text{CO}_3]$

P. Grundler a observé ce carbonate à une seule occasion à Éclépens: néoformée, en agrégats fibro-radiés. Détermination N. Meisser XRD 2748, 13.03.2001. L'identification visuelle de l'aragonite n'est pas toujours facile. La calcite présente dans le karst se transforme assez rapidement en aragonite (pseudomorphose) car le karst est humide, alors que l'air libre est sec.



Figure 17. Calcite maclée selon la loi $(01\bar{1}2)$, avec surcroissance dans les angles rentrants, transparente, incolore, longueur du cristal 5 mm; La Sarraz. Photo: Anton Perner.

Sidérite $[(\text{Fe}_{0.65}\text{Mg}_{0.26}\text{Ca}_{0.09})\text{CO}_3]$

Il m'a été permis de la découvrir à La Sarraz où certains cristaux rhomboédriques de couleur jaune-brun à brun apparaissent soit sur la gangue, soit dans ou sur des cristaux de calcite. Leur taille va jusqu'à 1 mm. Analyse chimique N. Meisser par MEB/EDS du 26.10.2004.

La sidérite se rencontre occasionnellement à Éclépens sur la même matrice, en groupes de milliers de magnifiques cristaux rhomboédriques jaune pâle, orange ou brun miel, brillants, translucides à transparents, (figure 18). Analyses EDXS N. Meisser 2954 du 11.10.2016, EDXS 3195 et 3196, 14.06.2017, MGL 93307 et EDXS 3437 du 07.12.2018. À notre connaissance, ceci est le gisement le plus impressionnant du Jura tant sur le plan esthétique que pour le nombre de cristaux.

Barytine $\text{Ba}[\text{SO}_4]$

Ce sulfate se présente dans l'ancienne carrière souterraine de Baulmes d'une manière très discrète, sous forme d'agrégats poudreux de couleur laiteuse (XRD N. Meisser 1900, 11.01.1996 et 2325, 08.04.1998).

Le plus grand cristal de Suisse romande vient probablement de La Sarraz. Il est tabulaire transparent jaunâtre, d'une largeur de 22 mm (figure 19). Détermination N. Meisser XRD 2382, 18.06.1998. De plus petits individus, aussi en forme de rosettes, incolores, transparents, sur calcite scalénoédrique ont également été observés dans des fossiles de coraux (figure 20). EDS, N. Meisser 28.07.1999.

À Éclépens, la barytine se présente sous forme de prisme aplati, blanc laiteux, brillant mais opaque, d'une longueur de 8 mm (figure 21).

Un cristal tabulaire de 2,5 mm d'aspect brillant opalin, représente la première trouvaille connue par BEAUD en 1976. Nous avons découvert d'autres cristaux tabulaires jaunâtres et laiteux d'une longueur d'arrête jusqu'à 2 mm (analyse chimique N. Meisser EDS, 1551, 09.03.2009), un agrégat radié de cristaux tabulaires blanc crème sur calcite (analyse N. Meisser XRD 5382 28.05.2020); des boules cristallines blanches sur calcite associées à de la fluorite (XRD 5383, 28.05.2020) et des cristaux sous forme de palmes blanc crème, analyse N. Meisser EDXS 3679, 08.12.2021 (figure 22) La figure 23 documente un agrégat riche en cristaux de barytine tabulaires.



Figure 18. Plusieurs centaines de cristaux rhomboédriques de sidérite infra-millimétriques, de couleur brun doré, sur calcite, recouvrant une surface de moins d'un cm^2 ; Éclépens. Photo: Anton Perner.

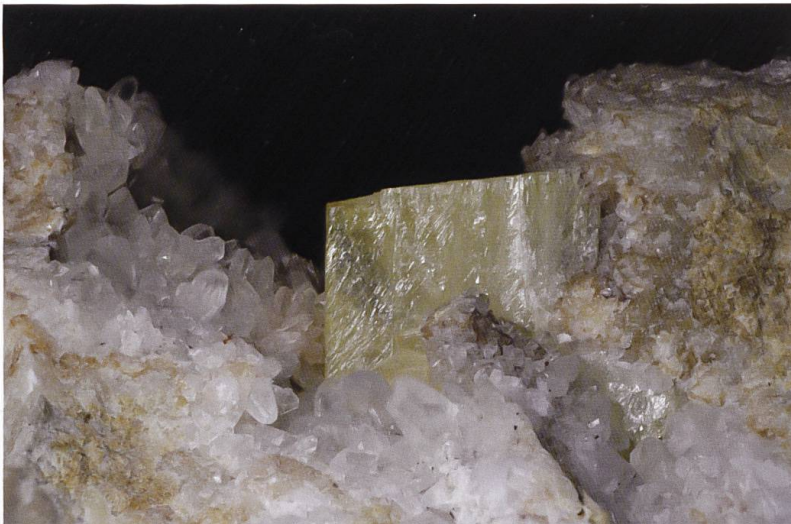


Figure 19. Cristaux de barytine de 3 à 22 mm de largeur, translucides, jaunes, disposés sur des petits cristaux de calcite, soit rhomboédriques, soit riches en faces, soit maclés selon (011̄2); La Sarraz. Photo: Anton Perner.



Figure 20. Barytine, en forme de deux rosettes, transparente, incolore, largeur de l'agrégat 10 mm, sur calcite scalénoédrique, brunâtre; La Sarraz. Photo: Anton Perner.



Figure 21. Barytine, en forme de prisme aplati, opaque, blanc laiteux, brillant, 8 mm; Éclépens. Photo: Anton Perner.



Figure 22. Agrégat de cristaux de barytine palmés, beiges, brillants, largeur 3 mm; Éclépens. Photo: Anton Perner.



Figure 23. Agrégat de cristaux de barytine tabulaires sur calcite, largeur de l'agrégat 7 mm; Éclépens. Photo: Anton Perner.

Célestine $\text{Sr}[\text{SO}_4]$

Un article sur ce magnifique minéral et sa morphologie a été publié dans le Bulletin de la SVSN (ANDERMATT *et al.* 2008). La célestine se distingue par la perfection de ses cristaux transparents, souvent bleutés (figure 24).

Gypse $\text{Ca}[\text{SO}_4] \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

Le gypse est l'un des plus remarquables minéraux du Jura. Ces cristaux sont très souvent maclés. À Baulmes, il peut être rencontré dans la variété d'albâtre et comme formation primaire en habitus tabulaire, tandis que l'habitus aciculaire, jusqu'à 3 cm, a cristallisé pendant ou après l'exploitation de la carrière souterraine.

Quelques années après la publication de MEISSER (2008), l'auteur a constaté la présence de gypse et de jarosite sphérique, incolore ou beige clair sur l'énorme filon de pyrite mis à jour à Éclépens en 2005 (figure 27). Ces cristaux se sont formés récemment sur la pyrite altérée. Sous l'action des eaux de surface, ce sulfure se corrode en acide sulfurique lequel réagit, avec le calcium des roches avoisinantes, pour former du gypse (analyse N. Meisser EDXS 2954 du 11.10.2016).

Dans la même carrière, dans un four contenant beaucoup de bitume, nous avons dernièrement pu détecter des cristaux de gypse maclés sur toute leur longueur, selon la loi (100), incolores, transparents, longueur jusqu'à 0,2 mm et d'un diamètre d'environ 5 μm (figure 25 et 26).

À Éclépens, une ancienne découverte d'un agrégat squelettique par R. Beaud qui, contrairement à d'autres régions du Jura, constitue ici une exception, a pu être documenté (figure 28).

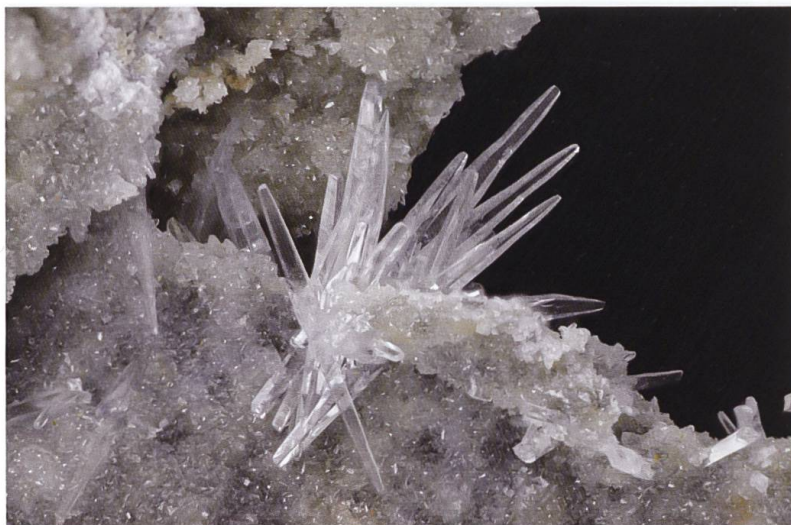


Figure 24. Agrégat de cristaux de célestine, habitus à pointe effilée, sur calcite, longueur des cristaux env. 10 mm; Baulmes. Photo: Anton Perner.



Figure 25. Gypse, cristaux maclés sur toute leur longueur, selon la loi (100), transparents, incolores, longueur jusqu'à 0,2 mm, diamètre environ 5 μm ; Éclépens. Photo: Jacques Lapaire.

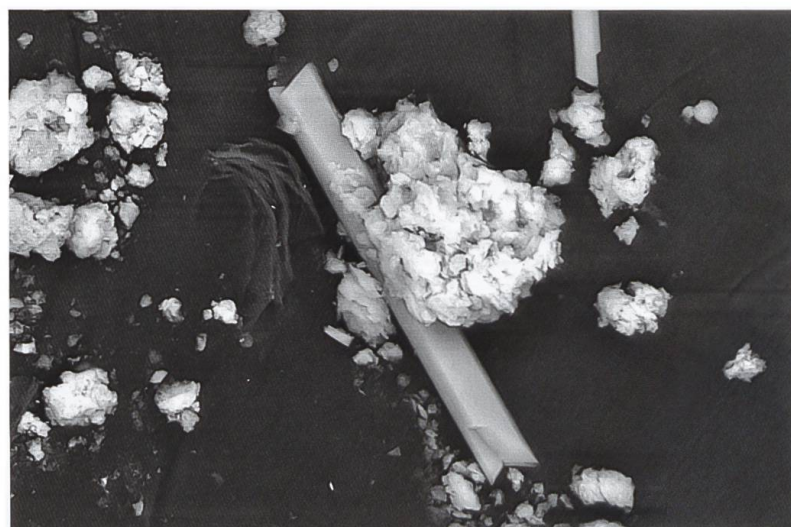


Figure 26. Contrairement à ceux de la figure 24, cette photo MEB montre, du même gisement, un cristal unique, largeur d'image 167 μm . Auteur: R. Peter Richards.



Figure 27. Gypse (néoformé) sur jarosite brun-jaune (terreuse), largeur d'image, 80 mm; Éclépens. Photo: Anton Perner.



Figure 28. Monocristal de gypse, à gauche, au milieu, une macle intégrée en forme de V, transparent, incolore, longueur du cristal environ 25 mm, trouvé en 1975 par Roland Beaud; Éclépens. Photo: Anton Perner.

Jarosite $\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$

Dans les argiles, la pyrite s'oxyde et se transforme, avec apport d'eau et de potassium, en jarosite. Terreuse et brun-jaune, celle-ci est associée à du gypse de formation récente dans la carrière d'Éclépens (détermination chimique par N. Meisser, sept. 1998) (figure 27); voir aussi sous gypse. Une découverte dans l'ancienne carrière souterraine de Baulmes, a livré de la jarosite pulvérulente jaune, tirant sur l'orange (N. Meisser EDXS, août 2000). Il s'agit ici de jarosite au sens strict, avec 70 mol % de potassium (K) partiellement substitué par seulement 30 mol % de sodium (Na), correspondant donc à la formule: $(\text{K}_{0.7}\text{Na}_{0.3})\text{Fe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ (N. Meisser, MEB/EDS oct. 04).

Sulfates

Szomolnokite $\text{Fe}^{2+}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$

À Éclépens, ce sulfate rare, néoformé, se rencontre en flocons cristallins incolores, recouvrant la pyrite altérée. Première découverte dans le Jura suisse romand (figure 29). Analyse N. Meisser XRD 3968, 27.05.2009 et analyse chimique N. Meisser 1597 29.07.09.



Figure 29. Amas poudreux de szomolnokite sur pyrite, largeur d'image 5 mm; Éclépens. Photo: Thomas Schüpbach.

Phosphates :

Hydroxylapatite $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ et **Fluorapatite** $\text{Ca}_5[\text{F}(\text{PO}_4)_3]$

Les cristaux hexagonaux trouvés à La Sarraz sont superbes mais petits (10 sur 2 μm). L'analyse chimique effectuée par N. Meisser (MEB et EDS, février 2005) montre qu'il s'agit d'une apatite de composition intermédiaire entre l'hydroxylapatite et la fluorapatite. À cause de la petitesse des cristaux, il n'a pas été possible d'attribuer ces cristaux à l'une des deux espèces. L'association apatite-sidérite résulte très probablement d'un lessivage du sidérolitique (riche en fer et en phosphore) par de l'eau chargée de gaz carbonique en milieu réduit et suivi d'une recristallisation dans les fines fractures et cavités de fossiles au sein du calcaire sous-jacent.

Silicates

Glauconite $(\text{K},\text{Na})(\text{Fe}^{3+},\text{Al},\text{Mg})_2[(\text{OH}_2)](\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$

Elle apparaît sur des fossiles d'éponges en agrégats granulaires arrondis, < 1 mm, de couleur noire. Il s'agit d'une découverte unique à Éclépens.

CONCLUSION

Il est étonnant que les minéraux du Jura, exception faite de la célestine (ANDERMATT *et al.* 2008), et la calcite (ANDERMATT *et al.* 2019), n'aient, à notre connaissance, pas fait l'objet d'une publication dans la littérature scientifique. Il est vrai que l'exploitation intensive de grandes carrières comme celle des Buis à La Sarraz ou du Mormont à Éclépens est relativement récente. L'accès à des zones profondes, favorise ainsi la découverte de cristaux aux faces nettes et brillantes.

Géologiquement, ces sites se localisent dans un contrefort jurassien et sont traversés par des failles. La circulation hydrothermale et la présence de fer bien documentées à Éclépens, ont probablement contribué à la diversité particulière des minéraux. L'influence de bitume sur les cristallisations à Éclépens doit encore être étudiée.

Pour des raisons de sécurité et par respect pour la propriété privée, l'accès aux carrières mentionnées nécessite l'autorisation du propriétaire et la recherche se fait à ses propres risques et périls.

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier le Dr Nicolas Meisser, du Musée cantonal de géologie, des analyses effectuées et de son aide en général, le Dr Lars Epple, le Dr Halil Sharp et Monsieur Cédric Schnyder du Muséum d'histoire naturelle de Genève pour les analyses effectuées, Le Dr Antoine Pictet, du Musée cantonal de géologie, a fourni des informations au sujet des ammonites pyritisées. Le Dr R. Peter Richards a réalisé un dessin, des images MEB et a donné des informations intéressantes au sujet de la marcasite et de la pyrite. La Commune de Baulmes et l'entreprise Holcim, propriétaire et exploitante des carrières de La Sarraz et d'Éclépens ont grandement facilité notre travail en mettant à notre disposition des échantillons géologiques.

Comme les images sont le pivot de la compréhension de cette publication, notre gratitude va à MM. Anton Perner, Jacques Lapaire, Stefan Ansermet, Pascal Grundler, Philippe Wagneur, Cédric Schnyder et Thomas Schüpbach pour la réalisation des clichés en couleur.

Le Dr Michel Borzykowski a relu le texte du point de vue linguistique.

Conscient qu'un article, même profondément naturaliste, mais consacré à la cristallographie n'est pas souvent publié dans le Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, nous remercions ses rédacteurs, Sarah Schmid, Robin Séchaud, Sacha Zahnd et Mathias Vust, ainsi que le représentant des Sciences de la Terre auprès du comité, David Giorgis, d'avoir accepté de le publier.

Enfin, en leurs qualité d'experts, les relecteur-ices, au travers de leur relecture attentive et de leurs remarques pertinentes, ont grandement contribué à améliorer la qualité de cet article et d'éviter les écueils propres à cette science ardue qu'est la cristallographie.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERMATT P. J., 1997. Mineraliensuche im Jura: Baulmes VD.- *Urner Mineralienfreund*, 3, 1-4.
- ANDERMATT P. J., 2010. La minéralogie dans la carrière Holcim à Éclépens. *Schweizer Strahler*, 3, 2-6.
- ANDERMATT P. J., 2012. La morphologie des cristaux de calcite de la carrière des Buis, La Sarraz, Vaud. *Schweizer Strahler* 1, 9-19.
- ANDERMATT P. J., 2018. Complément à la minéralogie de la carrière d'Éclépens VD. *Schweizer Strahler* 3, 20-25.
- ANDERMATT P. J., GRAF H.-W., MEISSER N., GRAESER S., RICHARDS R. P., BUSSY F., 2008. La morphologie et la couleur des cristaux de célestine du Jura vaudois. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 367: 15-31.
- ANDERMATT P. J. & RICHARDS R.P., 2022. Die Morphologie der Calcit-Kristalle im Juragebirge. *Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft beider Basel*. 3-34.
- ANDERMATT P. J., RICHARDS R.P., MEISSER N., 2019. La morphologie des cristaux de calcite du Jura vaudois. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 98: 5-34.
- CHAVANNE S., 1853. Études géologiques des environs de La Sarraz et plus spécialement du Mauremont. Séance du 20 avril 1853.- *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* III. 197-203.
- DE HALLER A., 2011. Fluid flow through the sedimentary cover in northern Switzerland recorded by calcite-celestite veins (Oftringen borehole, Olten). *Swiss Journal of Geosciences* 104(3): 493-506.
- DE HALLER A., 2015. Effingen Member in the Baulmes Quarry (near Orbe, Yverdon): Calcite-celestite veins as indicators of past fluid flow. *Nagra Arbeitsbericht NAB* 15-36: 114 p.
- JACCARD A., 1893. Note sur les niveaux et les gisements fossilifères des environs de Sainte-Croix. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 29: 39-50.
- MEISSER N., 1995. Les Occurences d'or en Suisse occidentale. Manuscript, 7 p.
- MEISSER N., 2008. La pyrite de la carrière d'Éclépens VD. *Schweizer Strahler*, 3, 15-18.
- MEISSER N., 2009. *Bulletin d'activités MCG Lausanne*, p. 23.

- NGUYEN V.-T., 2018. Étude cinématique et structurale de la faille décrochante de Pontarlier. Travail de Master, Université de Fribourg (Suisse). Unpublished. 97 p.
- PELET P.-L., 1978. Fer, charbon, acier dans le Pays de Vaud, tome 2. La lente victoire du haut fourneau. *Bibliothèque historique vaudoise* 59, p. 128.
- PICTET A., 2021. New insights on the Early Cretaceous (Hauterivian–Barremian) Urgonian lithostratigraphic units in the Jura Mountains (France and Switzerland): the Gorges de l’Orbe and the Rocher des Hirondelles formations. *Swiss Journal of Geosciences* 114, 18. 47 p. <https://doi.org/10.1186/s00015-021-00395-5>
- SCHEIDT N., 2020. Fault anatomy, porosity and pore connectivity: The La Sarraz-Mormont Fault System. Thesis. GeoFocus, Département de Géosciences – Sciences de la Terre, Université de Fribourg (Suisse). Vol. 46, 191 p.