

# Cryptokarst de Maubeuge un dilemme sur les origines de la karstogénèse sulfureuse

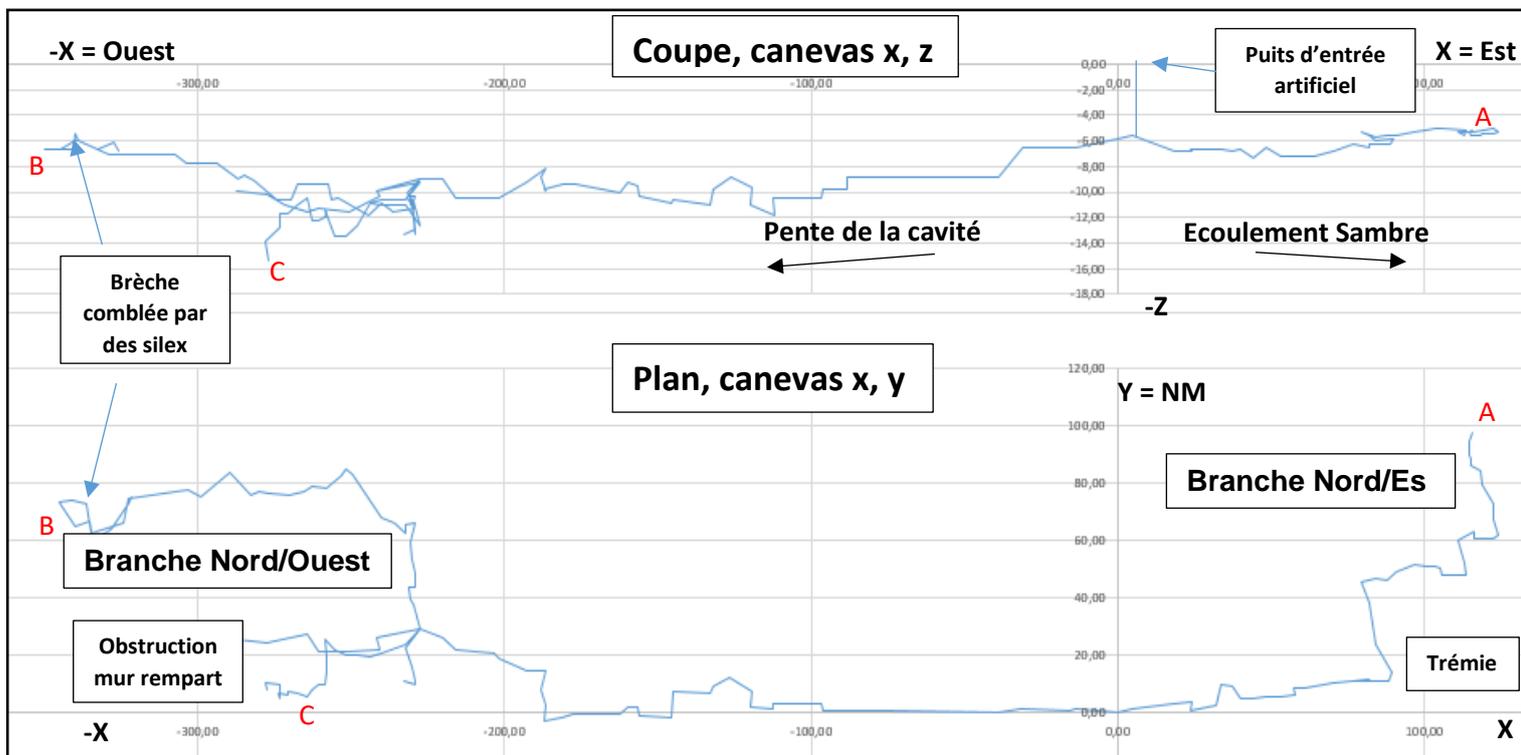
par Luc FRANCOIS

Fédération Française de  
spéléologie

Janvier 2023

## Relation karst bassin hydrographique de la Sambre

Initialement, l'orientation du réseau laissée penser à un recouplement du méandre de Sambre qui forme une sinuosité au Sud de Maubeuge. Mais le Canevas topographique ci-dessous montre que la pente du réseau karstique est inclinée à l'inverse de celui de la Sambre.



Canevas des projections orthonormées des galeries

## Formation de lignite dans le Landénien

Des végétaux morts se déposent dans des bassins sédimentaires Landénien. La subsidence de cette zone (enfoncement progressif du fond du bassin) provoque l'enfouissement de la végétation, ce qui empêche sa décomposition.

L'alternance de couches d'argile et de grès ou de sables favorise un aquifère dans le grès au contact de l'argile. C'est dans les grès du Landénien supérieur que sont enfermés les débris végétaux

Ainsi dans un milieu aqueux à l'abri de l'air, les débris végétaux se transforment progressivement (en plusieurs dizaines de Ma) en roches sous l'effet de bactéries anaérobies (sans O<sub>2</sub>),

A faible profondeur, sans trop d'augmentation de pression et de température, les débris végétaux restent à l'état de lignite. Les fragments de bois sont encore reconnaissables à l'œil nu. C'est une roche intermédiaire entre la tourbe et la houille.

L'altération des craies sous-jacentes et la décalcification, laisse un niveau d'argile à silex au contact direct des discordances des séries schisto-calcaires du Dévonien. C'est la destruction du niveau crayeux qui a produit les subsidences et consécutivement l'enfouissement de la végétation.

**Rc3.** Le résidu de la décalcification des terrains crétacés est connu sous le nom d'Argile à silex. C'est une argile brun verdâtre ou gris bleuâtre, très plastique, sans fossiles; elle est généralement peu épaisse (0,75 m à 1 m aux environs de Maubeuge et d'Assevent) mais peut constituer une masse de 8 à 10 m à la Porquerie, près de Pont-sur-Sambre (sur la feuille voisine du Quesnoy) où elle a été appelée « Marne de la Porquerie » par J. Gosselet (1876). A la base, elle renferme quelques gros silex caverneux provenant de l'assise des « rabots » du Turonien supérieur, non roulés, parfois brisés, à surface verdie et emballés dans une argile sableuse grise. L'Argile à silex s'étend jusqu'aux environs de Pont-sur-Sambre (feuille du Quesnoy). Au Sud de la Sambre, elle n'a été repérée qu'autour de Rousies. Elle a été exploitée autrefois pour agglomérer les charbons fins de ménage.

Extrait notice BRGM de Maubeuge

### Formation de limonite

L'altération des grès limonitiques du Landénien sup et la présence de lignite pourrait avoir produit des suintements de méthane en provenance des dégradations des matières organiques et de lignite conduisant à une chaîne d'oxydation méthanique anaérobie par des bactéries sulfato-réductrices

**e2b. Landénien supérieur** (faciès continental). Cet étage correspond à l'assise des *Sables du Quesnoy*. En réalité, il s'agit d'une formation complexe. Les sables sont quartzeux, souvent blancs, parfois jaunâtres, et contiennent généralement quelques petits grains verts de glauconie (Villers-Sire-Nicole, Héron-Fontaine). Ils peuvent être roux et même rouges (Ferrière-la-Petite) et contenir des rognons de grès limonitique friable. Ils sont fins mais peuvent aussi passer à un gravier grossier contenant de nombreux silex noirs de la craie, brisés et émoussés, de petits galets de quartz blanc, de grès quartzitique gris et de phtanite. A la partie supérieure, on peut observer des bancs ou de gros blocs de grès blancs, quartzitiques, à débris végétaux, mamelonnés, qui, par suite de l'ablation des sables, subsistent parfois seuls dans les limons de plateaux. Les sables peuvent contenir de petites veines ligniteuses et devenir noirs eux-mêmes par pigmentation de matières ligniteuses; ils peuvent aussi devenir argileux. Ils sont accompagnés d'argile, parfois sableuse et grisâtre, parfois pure et plastique, blanche, gris vert ou noire et ligniteuse, anciennement exploitée pour poteries (Ferrière-la-Petite). Les amas argileux peuvent être bien différenciés mais peuvent aussi passer à des lits subordonnés aux sables blancs grossiers ou contenir des lentilles de sables roux. L'ensemble présente une stratification entrecroisée; à la base, on trouve un cailloutis de gros silex de la craie ou de roches dévoniennes avec des quartz blancs. L'assise ravine souvent la formation sous-jacente qui peut être le Landénien marin, la craie ou les terrains primaires dont la surface contient de petites poches de sable blanc.

Extrait notice BRGM de Maubeuge

Fossil bacterial ecosystem at methane seeps: Origin of organic matter from Be'eri sulfur deposit, Israel

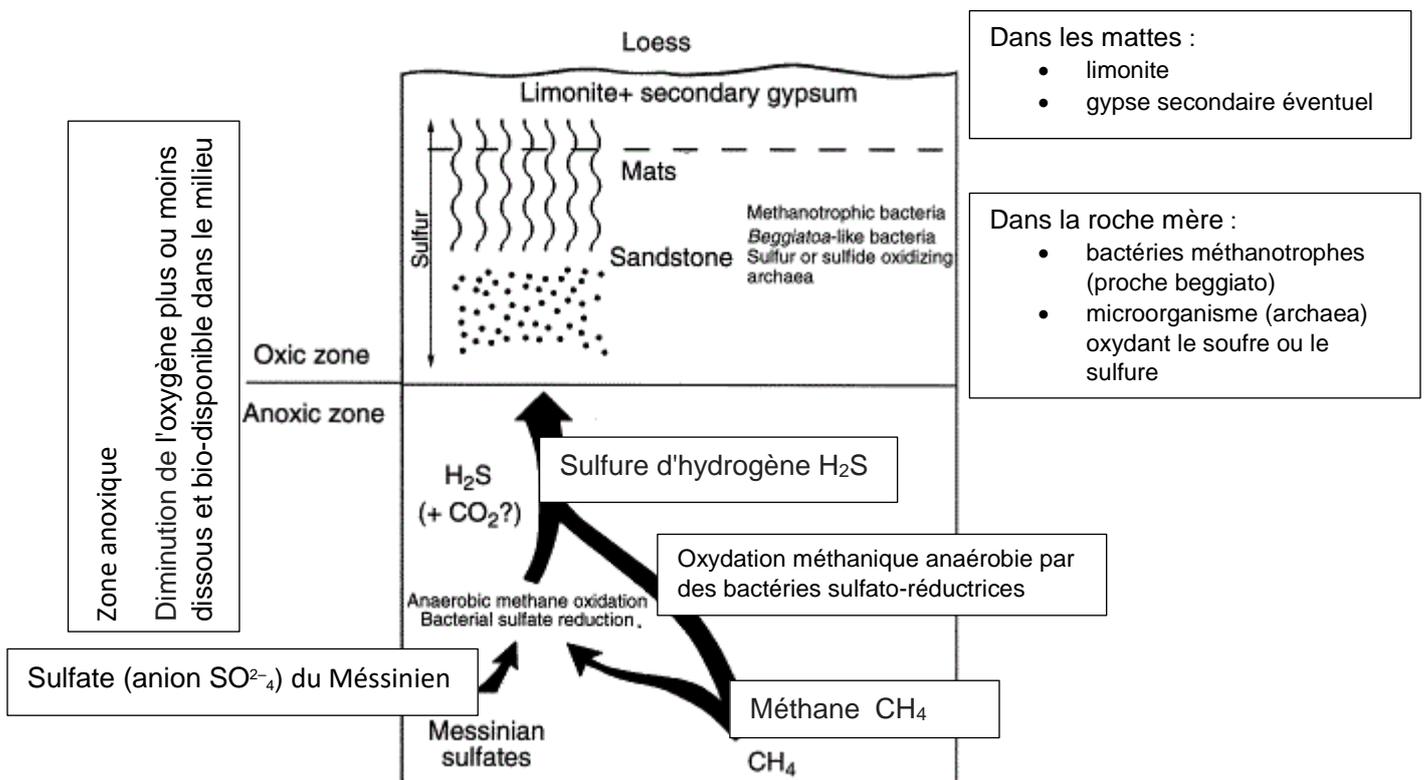
Author links open overlay panel R.Y.P Burhan†, J.M Trendel, P Adam, P Albrecht, A Nissenbaum

## Écosystème bactérien fossile de suintements de méthane : Origine de la matière organique du gisement de soufre de Be'eri, Israël

La mine de soufre Be'eri (Israël) est un gisement unique composé **principalement de grès intercalé de strates biogéniques (stromatolithe)** et de matière organique exceptionnellement appauvrie en  $^{13}\text{C}$ .

Le soufre élémentaire provenant du gisement provient probablement de l'oxydation du sulfure d'hydrogène qui s'est infiltré avec le méthane, qui aurait pu être oxydé soit abiotiquement, soit biologiquement par des bactéries et des archées du type *Beggiatoa* oxydant le soufre. Une oxydation plus poussée du soufre élémentaire pourrait expliquer la forte acidité du dépôt.

Les conditions oxydantes qui prévalent actuellement dans le gisement de Be'eri ont été révélées par l'apparition de structures *hopanoïdes* dégradées, oxydées ou thiophéniques. Certains d'entre eux, caractérisés sans ambiguïté par synthèse, ont également été obtenus en chauffant des hopanes avec du soufre élémentaire, suggérant ainsi que ce dernier pourrait jouer un rôle d'agent déshydrogénant et oxydant dans les transformations subies par la matière organique dans le gisement Be'eri

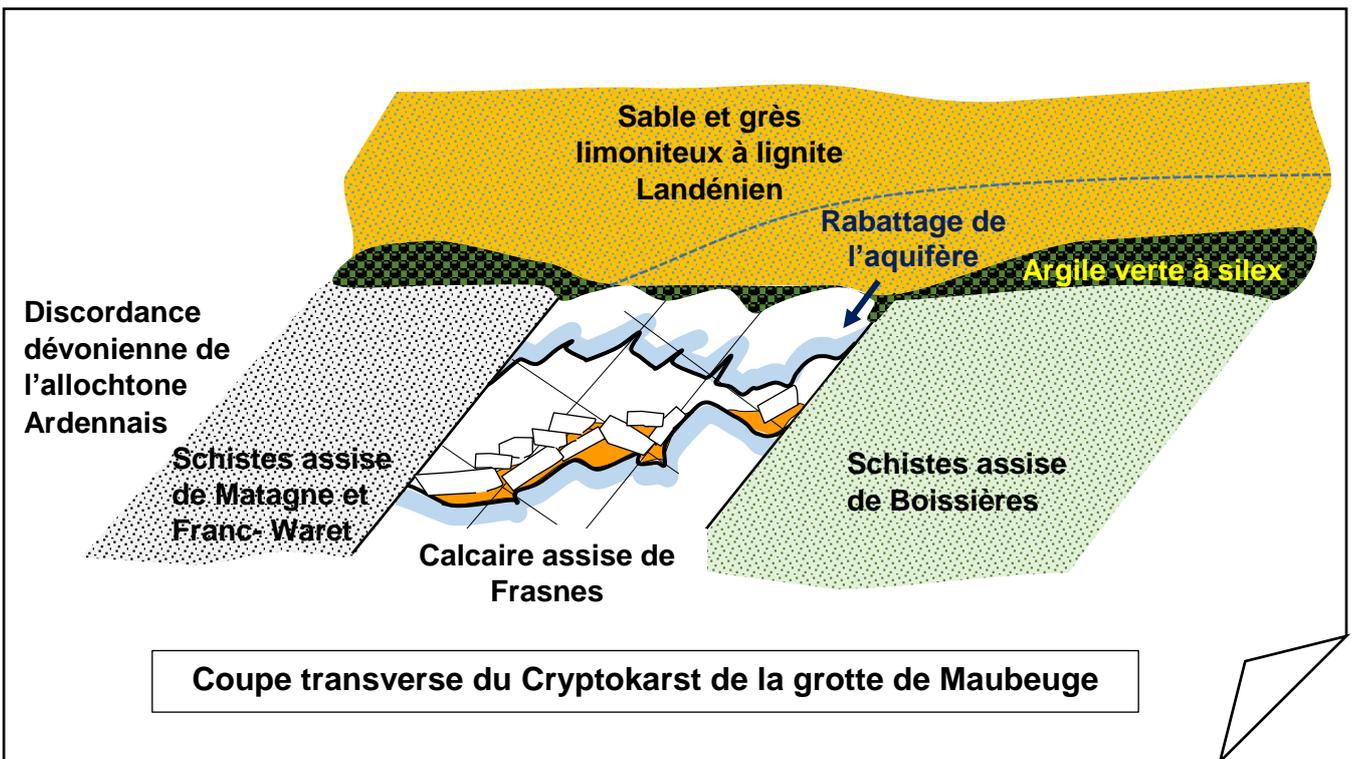


Les **bactéries sulfato-réductrices** sont des bactéries anaérobies pour lesquelles les sulfates remplacent l'oxygène pour la respiration cellulaire.

La **matte** désigne une matière sulfurée semi-métallique,

Un **hopanoïde** est un composé organique dans laquelle au moins une série d'atomes, notamment de carbone, est liée de manière successive par des liaisons covalentes pour former un cycle une molécule cyclique (pentacyclique) dérivé de l'hopane qui est un hydrocarbure de formule brute  $\text{C}_{30}\text{H}_{52}$ . et appartenant à une famille de molécules présentes dans la membrane plasmique des bactéries où elles jouent un rôle en améliorant la résistance et la rigidité membranaires.

les **polythiophènes** (PT) constituent une famille de polymères (macromolécules) résultant de la réaction de polymérisation du thiophène, un hétérocycle sulfuré,



Voûte d'une galerie au contact du calcaire (à gauche) et du schiste (à droite)

### Lode ou épigénéation

Veine de calcite dont les cristaux seraient remplacés par d'autres par simple échange tout en conservant tout ou partie la morphologie cristalline initiale à la façon d'une épigénéation ?



Gros plan sur une veine jaunâtre fortement altérée dans la roche mère (calcaire). épigénisation possible d'une veine de calcite entretenant pour certains le fantasme du filon aurifère.

A priori, une veine initiale de calcite  $\text{CaCO}_3$  de formule générale  $\text{ACO}_3$ , où «A» ions métalliques ( $+2$ ) Ca sont remplacés par les ions Fe donnant de la Sidérite  $\text{FeCO}_3$  par suite d'énnoiment ou de ruissellement d'eaux ferrugineuses. Cette épigénisation est le remplacement d'un corps chimique de structure cristalline par un autre, avec dissolution préalable ou avec simple échange par diffusion,

- soit un dépôt de lode (gîte filonien) de remonté hydrothermale de métaux dissous dans des solutions hydrothermales (source chaude acide) déposant les minéraux métalliques à l'intérieur des fissures dans les roches calcaire préexistantes.

### Les dépôts jaunâtres sur les parois



**ALTERATION DE LA PYRITE** Formation de petits agrégats de cristaux jaunes de copiapite  $(\text{Fe}^{2+}(\text{Fe}^{3+})_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2 \cdot 20\text{H}_2\text{O})$  par oxydation humide de la pyrite



## Conclusion

Cet article montre que les dépôts du Landénien sus-jacents au Cryptokarst de Maubeuge peuvent avoir développés une karstogenèse supergénique par suintements dans la zone karstifiée sous-jacente. Mais il reste délicat de faire la part des choses entre la karstogenèse sulfureuse par acquisition thermique hydrogénique et la karstogenèse supergénique par suintements de méthane du Landénien. De plus des ennoissements des galeries par les eaux de la Pisselote saturées de débris végétaux peuvent avoir produit des pyrites framboïdales (cf. annexe ci-dessous).

## Les empreintes fossiles circulaires



Ci-dessus, empreinte de fossile circulaire avec des anneaux de croissance . Contrairement au fossiles circulaire photographiés dans le réseau Ouest, il n'ya pas d'empreintes de fossile ou de ridules radiantes

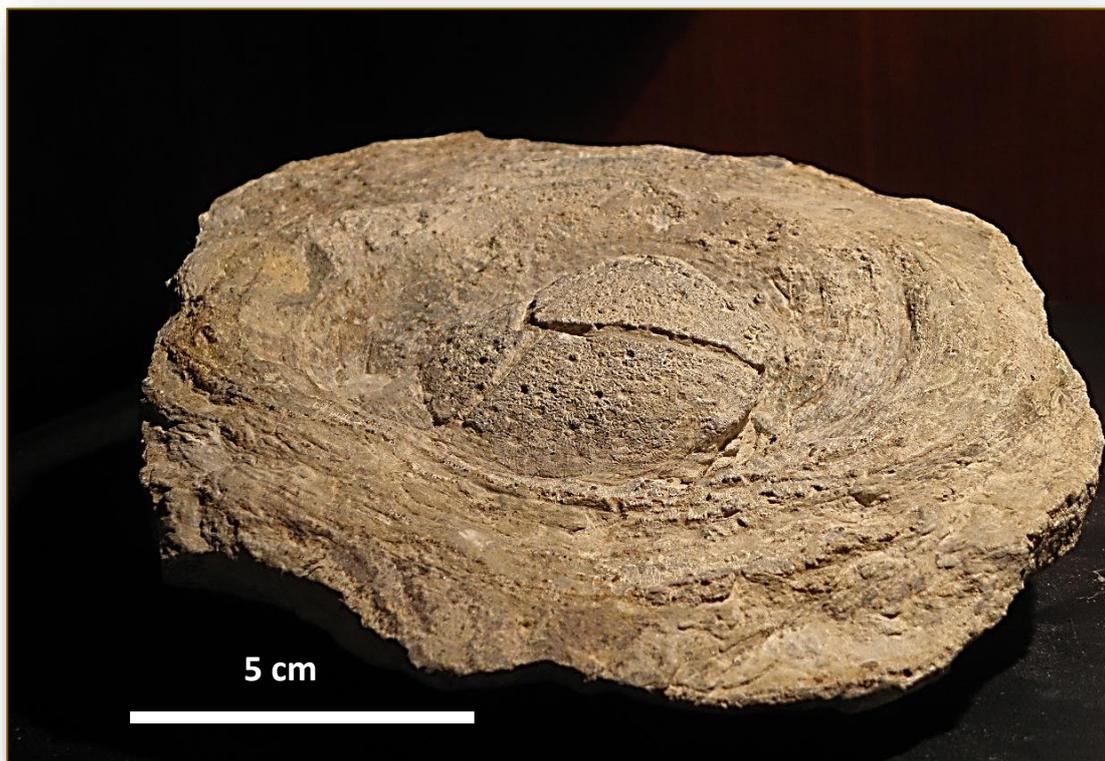


Fossile circulaire du réseau Est, marqué par des empreintes de fossiles



Fossile circulaire avec par des ridules radiales

Ci-dessous fossile circulaire avec des anneaux de croissance qui après brossage à l'eau révèle une colonie d'organismes disposés en coupole



A noter que l'un des flancs ébréché au cours de l'extraction montre une surface grisâtre émaillée de cristaux plus clairs (pyrité ?)



Gros plan sur les organismes coloniaux polygonaux (hexagonaux)

## Colonie arborescente de coraux



Au-dessus : fossilisation d'une colonie arborescente de coraux.  
Ci-dessous : Agrandissement d'une branche de corail.





A noter, les petites taches noires sur la paroi que nous avons également photographiées dans la zone Est. L'analyse de prélèvements (que nous n'avons pas faits) pourrait nous indiquer s'il s'agit de cristaux de Pyrite (disulfure de fer  $\text{FeS}_2$ ), d'hématite (oxyde de fer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) ou ... .

## Annexe

### Minéralisation en greigite de débris végétaux d'une vase récente (Grote Geu) par JACQUES JEDWAB, Laboratoires de Géochimie de l'Université Libre de Bruxelles.

Résumé. - Des vases récentes contiennent des quantités notables d'un sulfure de fer magnétique ayant la structure de la greigite. Ce sulfure se présente en remplissages de cavités cellulaires de végétaux vasculaires ainsi qu'en concrétions. Des détails cytologiques ont été conservés au cours de la minéralisation. La sulfuration des matières organiques semble passer par une étape d'hydroxyde de fer. Caractéristiques de ces pyrites framboïdales:

- formule chimique de la pyrite :  $\text{FeS}_2$  (disulfure de fer)
- origine bactérienne.
- mode de formation ainsi que le temps nécessaire à leur cristallisation semblent mal connus.
- Leur taille peut varier de 5  $\mu\text{m}$  à 400  $\mu\text{m}$  de diamètre.
- peuvent être composées de milliers, parfois de millions, de petits octaèdres de pyrites qui les composent.

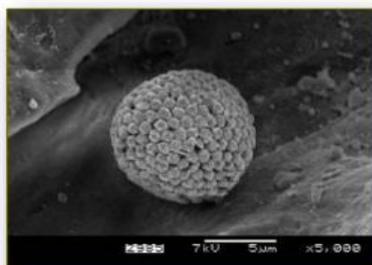
Ci-dessous quelques photos prises au microscope électronique à balayage.  
(L'appareil de Franck, même avec la fonction macro, semble atteindre ses limites)

Pyrites framboïdales (boules noires) dans (ou sur?) appendice de fossile



Grossissement: 150x Microscope: Axioskop 40 PolCamera:  
AxioCam HS

Pyrites framboïdales



Grossissement: 5000x MEB : JEOL JSM-5800