

**Zeitschrift:** Mycologia Helvetica  
**Herausgeber:** Swiss Mycological Society  
**Band:** 1 (1983-1986)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Nouvelles observations sur les cristaux du *Gastrosporium simplex* Matt. (Gasteromycetes)  
**Autor:** Monthoux, Olivier  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1036448>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# MYCOLOGIA HELVETICA

Vol. I No 1

1983

## NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LES CRISTAUX DU GASTROSPORIUM SIMPLEX MATT. (GASTEROMYCETES)

Olivier Monthoux

Conservatoire Botanique de Genève  
Case postale 60 / CH-1292 Chambésy - Genève

### RESUME

Une étude précédente avait conclu, à l'aide de la diffraction des rayons X, que les cristaux du Gastrosporium simplex Matt. étaient du quartz. Cette nouvelle étude, utilisant en plus la microsonde dispersive en énergie (XRMA), est plus nuancée. Sans infirmer la présence du quartz, ou du moins de la Silice, elle indique que la majeure partie de ces cristaux est de nature calcique (Whewellite: oxalate de Calcium). La place qui revient au Silicium reste problématique. Il est en tous cas sûr que la plus grande partie de celui mis en évidence par la nouvelle technique est due à une pollution d'origine pédologique.

### ZUSAMMENFASSUNG

Eine frühere Arbeit mit Hilfe von Röntgenstrahl-Diffraktion ergab, dass die Kristalle von Gastrosporium simplex Matt. aus Quarz bestanden. Eine neue Untersuchung, bei der zusätzlich eine energie-dispersive Mikrosonde (XRMA) eingesetzt wurde, zeigt neue Resultate. Der grösste Teil dieser Kristalle besteht aus Kalken (Whewellite: Calciumoxalat). Das Vorhandensein von Quarz oder zumindest von Silikat kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, obwohl ein grösserer Teil dieses problematischen Siliciums auf die Verschmutzung durch den Boden zurückzuführen sein wird.

### SUMMARY

A study with X-ray diffraction published in an earlier paper showed that the crystals of Gastrosporium simplex Matt. consisted of quartz. A new approach using also a microprobe, dispersive in energy (X-ray microanalysis: XRMA), has revealed that the major part of these crystals are Whewellite (Calcium oxalate). However, the presence of Silicium cannot be excluded, though a greater part of it may be attributed to soil pollution.

## INTRODUCTION

Dans un article précédent (Monthoux, 1977), les premiers résultats d'une analyse des cristaux de l'exopéridium et des thallorhizes du *Gastrosporium simplex* Matt. ont été donnés. Cette analyse faite par la technique dite "des poudres", qui consiste à relever le spectre de diffraction des rayons X et de le comparer à ceux d'échantillons de référence, avait indiqué d'une manière qui semblait péremptoire, qu'il s'agissait de cristaux de quartz. Cette première analyse avait été conduite sur du matériel ancien récolté par Jules Favre.

De nombreux articles ont été récemment consacrés à la biochimie du *Silicium*. Beaucoup ont été concentrés dans un compte-rendu de symposium sur ce sujet (Bendz & Lindqvist 1978). Holzapfel & Engel (1954) ont étudié le métabolisme du *Silicium* entre autres chez l'*Aspergillus niger* cultivé sur milieu enrichi en SiO<sub>2</sub>. Ils ont montré que la croissance du champignon est fortement augmentée par un apport de silice, mais d'une manière encore plus forte par ce qu'ils appellent une "silice organique" qui est un complexe *Silicium*-glucose ou *Silicium*-galactose. L'apparition de ce complexe, aurait lieu lors de la préparation du milieu de culture à partir de quartz broyé et avec un apport d'oxygène gazeux (O<sub>2</sub>). Ces auteurs ont aussi observé une différence importante de concentration de *Silicium* entre le mycélium aérien et le mycélium immergé, ce dernier contenant, suivant les cas, de 3 à 5 fois plus de *Silicium* que celui-là. D'autre part, Turian (1977) a montré que certains lichens peuvent être maintenus sur le gel de silice. Merz (1981) ainsi que Schwarz & Carlisle (deux articles in Benz & Lindqvist, 1978) indiquent la corrélation Calcium/*Silicium* dans les mitochondries des ostéoblastes (cellules formatives des os).

Sur la base bibliographique, illustrée par ces quelques exemples, on peut donc dire, en résumé, que si de nombreux organismes vivants de différents groupes sont capables de métaboliser le *Silicium* ou d'être à l'origine de dépôts siliceux amorphes ou à cristallisation limitée, aucun d'entre eux n'a jamais été trouvé être le siège de la cristallisation du quartz proprement dit. Vu l'intérêt que représenterait une éventuelle formation biogène du quartz, il devenait urgent de reprendre ces expériences sur du matériel frais récolté personnellement et à l'aide de différentes techniques.

## MATÉRIEL, MÉTHODES ET REMERCIEMENTS

Les échantillons de *Gastrosporium simplex* utilisés pour l'expérimentation sont: 1) "Avusy, au bord de la route, 8.5.1949 J. Favre no. GK8390", (exopéridium et thallorhizes); 2) "Peney-dessus, Le Sinaï, talus, O. Monthoux 5.3.1976 no. 6037" (thallorhizes); tous deux sont déposés à G-K. Il faut relever que ce matériel est relativement rare et peu abondant.

La première série d'expériences était destinée à distinguer les différences de poids spécifique entre la silice amorphe et le quartz. On a utilisé le bromoforme dilué par l'huile de paraffine.

La centrifugation a été faite soit à bas régime à l'aide d'une petite centrifugeuse de table, soit à moyenne vitesse avec une centrifugeuse SORVALL RC2B au laboratoire du Professeur Cléménçon, à Lausanne.

Les spectres de diffraction des rayons X ont été faits à l'aide d'une caméra de "Guinier-Hägg" par Jacques Deferne, minéralogiste au Museum d'Histoire Naturelle de Genève.

Les spectres de dispersion ont été faits sur deux appareils de même type, mais de marque différentes, des "microsondes dispersives en énergie" (X-ray microanalyse = XRMA) en liaison avec des microscopes électroniques à balayage. Le premier, celui de l'Institut limnogéologique A. Forel à Versoix (Ge) était de marque EDAX sur un SEM PHILIPS, le second de marque PDG sur le SEM JEOL JSM35 du Centre de microscopie électronique de l'Université de Lausanne. L'observation a été faite sur le matériel brut après évaporation d'une couche de carbone de 20 ou 40 nm. Ces appareils étaient manipulés respectivement par MM. le Dr. J.-M. Jacquet, géologue et Ardizzoni technicien du centre de Lausanne.

Je voudrais ici remercier MM. les Profs. G. Turian, H. Cléménçon et J.-J. Vernet, MM. les Drs. J. Deferne et J.-M. Jacquet ainsi que M. Ardizzoni de l'aide qu'ils m'ont apportée pour l'exécution de ces différentes analyses et pour les discussions et suggestions fructueuses qu'ils ont bien voulu faire à propos de ce travail. Je remercie également les trois Instituts qui ont mis leurs appareils à disposition.

## RESULTATS

La première série d'expériences était une tentative de distinguer le quartz de la silice amorphe sur la base de leurs différences de poids spécifiques. Cette différence est faible, puisqu'elle est respectivement de 2,65 et de 2,4. Le bromoforme ( $d=2.9$ ), dilué à l'huile de paraffine à une densité intermédiaire ( $d=2.5-2.55$ ), a été utilisé comme liquide de flottaison différentielle. La centrifugation, effectuée dans des tubes minces, d'un diamètre d'environ 5mm, a été faite à bas régime avec la centrifugeuse de table, puis à moyenne vitesse avec la centrifugeuse SORVALL en présence d'échantillons de référence. Dans les deux cas, il n'a pas été possible d'obtenir des résultats nets à cause d'une part de la faible différence de densité entre le liquide et les cristaux et d'autre part à cause de la nature de ceux-ci. Contrairement à la matière organique, leur cohésion, quand ils sont centrifugés, est faible et à cause de leur faible taille, qui est de l'ordre de 0,1 à 1 micron, l'abaissement de la vitesse lors de l'arrêt de la centrifugeuse provoque des tourbillons qui remélangent le contenu du tube, même si on agit précautionneusement. Cette méthode a été abandonnée sitôt qu'on eût obtenu les premiers résultats de la microsonde.

La première investigation avec la microsonde EDAX, sur l'échantillon 2, montra qu'il contenait beaucoup plus de Calcium que de Silicium. Cela remettait en question les résultats antérieurs où le quartz aurait dû être prédominant. Un certain nombre de contre-expériences fut alors planifié, utilisant conjointement les deux techniques.

La microsonde dispersive en énergie (XRMA), montée sur un microscope électronique à balayage (SEM), permet de détecter les rayons X émis lors du freinage des électrons sur la cible, de les sélectionner selon leur énergie, de les dénombrer selon ce même critère, puis de tracer une courbe sur laquelle on pourra marquer la place des éléments arrangés dans l'ordre de la table de Mendeleeff. Le temps de comptage est de 100 secondes. Les éléments détectés dans nos échantillons se trouvent situés entre le Magnésium et le Fer. L'Aluminium, le Silicium et le Calcium sont ceux qui nous intéressent plus particulièrement, le Magnésium, le Phosphore, le Soufre, le Potassium et le Fer sont présents en plus faible quantité. Un point important à souligner, c'est que cette méthode, appliquée de cette manière, n'est que semi-quantitative: les hauteurs relatives des pics ne donnent qu'une indication approximative de la quantité existante de l'élément considéré.

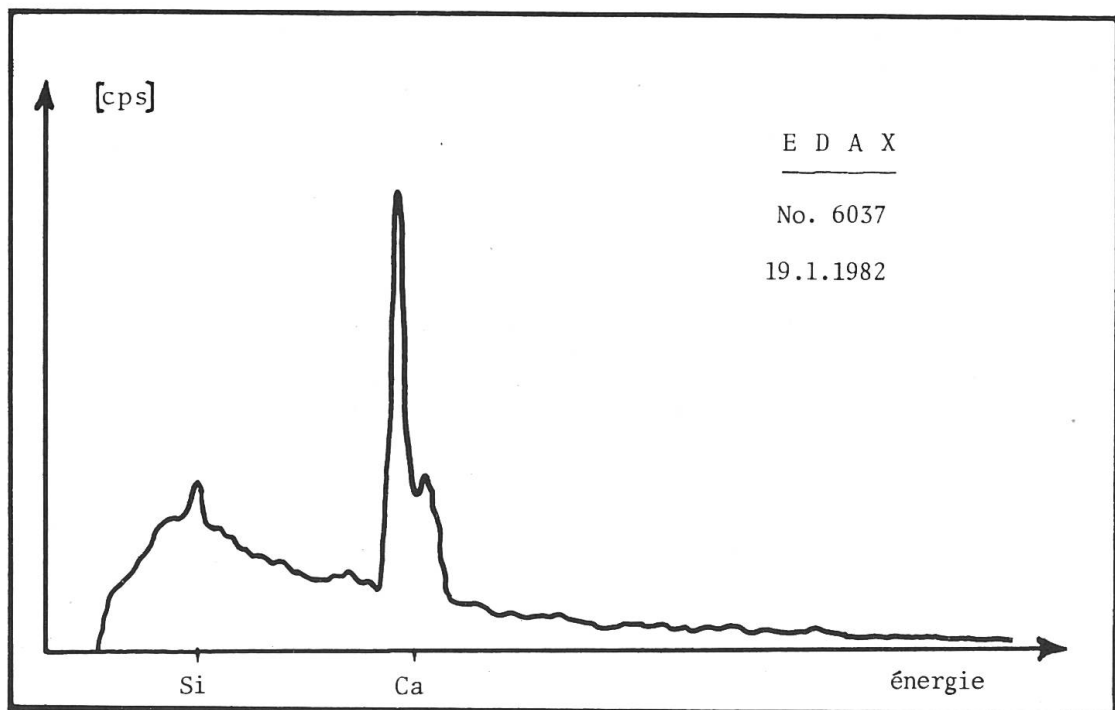


Figure 1: Spectre de dispersion en énergie (XRMA) d'une portion de thallorhize du *Gastrosporium simplex* Matt., No. 6037 (portion choisie à l'intérieur du panorama représenté en 4 de la fig. 2.)

La figure 1 présente le premier spectre que nous ayons obtenu sur l'échantillon 6037. Il montre une prédominance très forte du Calcium sur le Silicium. Le "fond" du spectre, qui a son maximum un peu à gauche du pic du Silicium et qui s'étend asymptotiquement jusque bien au-delà du pic du Fer, est dû à la matière organique. On voit que le pic du Silicium le dépasse très peu, alors que le

double pic du Calcium est très fort. D'autres résultats obtenus sur du matériel équivalent ont montré des rapports Ca/Si moins forts, comme par exemple sur l'échantillon 6037 étudié à Lausanne avec le prof. Cléménçon où ces deux pics étaient de hauteur égale (spectre F2 du 3 févr. 1982, non reproduit ici).

Elément	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Fe
1. Cristal isolé du thallorhize No. 6037							+	
							+	
							+	
							+	
		+	+					
2. Grain de sable calcaire du sol entourant les thallorhizes							+	
							+	
							+	
			+				+	
3. Panorama du sol entourant les thallorhizes	+	+	+			+	+	+
4. Panorama du thallorhize No. 6037	+	+	+			+	+	+
							+	
							+	
							+	
5. Panorama de la face externe de l'exopéridium du No. 8390	+	+	+			+	+	+
							+	
							+	
							+	
6. Panorama de la face interne de l'exopéridium du No. 8390		+	+	+	+		+	
		+	+				+	
		+	+				+	

Figure 2: Comparaison de spectres de dispersion X en énergie pour diverses cibles: vues d'ensemble (panoramas) et vues de détails (thallorhizes et exopéridium du *Gastrosporium simplex* et sol entourant les carpes).

La figure 2 compare 6 spectres représentés schématiquement. La notation semi-quantitative est la suivante: "+" correspond à un petit pic nettement discernable du "fond", "++++" correspond à un grand pic nettement au dessus des autres, "++", "+++" et "++++" sont les valeurs intermédiaires. Dans le cas de la fig. 1, on aurait donné respectivement + et +++++ pour les pics du Silicium et du Calcium.

Les spectres 1 et 2 sont à peu près équivalents, ce sont ceux du centre d'un cristal du thallorhize no. 6037 et d'un grain de

sable calcaire provenant du sol sableux-argileux entourant, dans la station de récolte, ce même thallorhize. Dans les deux cas, le Calcium est nettement dominant, avec très peu de Silicium et, chez le premier, un peu d'Aluminium.

Le spectre 3 est un spectre "panoramique" (c'est à dire d'une relativement grande surface de l'échantillon) du sol entourant le no. 6037. Il montre une prédominance de Silicium avec une quantité notable d'Aluminium et de Fer avec très peu de Magnésium, de Potassium et de Calcium.

Le spectre 4 se rapporte à une portion de thallorhize du no. 6037: prédominance de Calcium, une quantité relativement forte de Silicium, un peu d'Aluminium, et très peu de Magnésium, de Potassium et de Fer.

Les spectres 5 et 6 sont ceux de l'exopéridium du no. 8390 (ancienne récolte de Favre) face externe, puis face interne. Cette portion d'échantillon est polluée par le sol sur la face externe. La comparaison des deux faces est donc intéressante. A part la présence faible des Magnésium, Phosphore, Soufre, Potassium et Fer inégalement répartis, les deux spectres contiennent l'Aluminium, le Silicium et le Calcium mais dans des proportions différentes.

## DISCUSSION

Un résultat très net peut être lu sur le spectre de dispersion 1 de la fig.2. Le faisceau électronique était focalisé au centre d'un microcristal et on peut donc supposer que, dans ce cas, les risques de pollution étaient faibles. On peut donc en inférer la présence dans ce cristal de l'élément Calcium. Il en est de même pour le grain de sable calcaire en provenance du sol du spectre 2.

Si l'on joint à ce résultat du spectre 1, celui obtenu par la technique des poudres aux rayons X sur le matériel total, on peut définir cette cristallisation du *Gastrosporium simplex* comme étant de la Whewellite ( $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), chimiquement parlant de l'oxalate de Calcium. Ceci n'a rien pour nous surprendre puisqu'il est couramment rencontré chez les plantes et les champignons. Il faut toutefois remarquer que cette forme de cristallisation en microplaquettes est inhabituelle et que, d'après ce qui a été observé en 1977, sa solubilité semble notablement plus faible que pour les formes plus courantes d'oxalate de Calcium. Frey-Wyssling (1972), dans son article sur les processus d'élimination chez les plantes, cite comme produits de la "récrétion" (élimination des ions absorbés surnuméraires non assimilés) du ion  $\text{Ca}^{++}$ , l'oxalate de Calcium ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ ) sous forme de "crystal sand, solitary crystals, druses, styloids, raphides", mais pas de microplaquettes.

Le spectre 4 comprenant l'ensemble d'une portion de thallorhize y compris les impuretés inévitables en provenance du sol (analysé au spectre 3) montre bien une superposition des spectres 1 et 3, il indique donc la présence d'une part de Calcium et d'autre part d'éléments du sol par la présence du Silicium.

Pour estimer l'importance de la pollution par le sol, des portions d'exopéridium visiblement polluées à l'extérieur ont été analysées sur cette face extérieure (spectre 5) et sur la face interne (spectre 6). Les résultats sont démonstratifs, puisqu'on voit que le Silicium est plus faiblement représenté à l'intérieur qu'à l'extérieur, et que c'est le contraire pour le Calcium.

La pollution est donc bien à l'extérieur et c'est elle qui est, au moins pour une grande part, responsable de la présence du Silicium.

Il faut toutefois remarquer que sur le spectre 1 on a tout de même une légère réponse pour le Silicium. Ce qui ne devrait pas être le cas, puisqu'on vise exactement le centre d'un seul cristal de Whewellite. De même, plusieurs analyses ont montré des quantités de Silicium anormalement élevées si l'on considère la faible proportion de sol polluant par rapport à l'amas de cristaux du Gastrosporium simplex. Pour cette raison, on ne peut pas absolument exclure la possibilité d'une présence du Silicium dans ces thallorhizes et cet exopériidium.

La première analyse publiée (Monthoux 1977) à partir de l'échantillon 8390, était basée sur la méthode des poudres, c'est à dire l'étude du spectre de diffraction des rayons X qui donne des indications sur le mode de cristallisations et les paramètres du cristal. Elle indiquait clairement la présence du quartz. Les deux contre-analyses que nous avons conduites, avec la même technique sur les échantillons 6037 (thallorhize) et 8390 (exopériidium) ont toutes deux indiqué la "Whewellite" qui est un oxalate de Calcium, avec la présence faible de la ligne principale du quartz.

Une étude attentive du film de l'analyse de 1977 permet de voir par comparaison avec les films récents, les lignes principales de la Whewellite très faiblement surimposées à celles très fortes du quartz. L'erreur d'interprétation, dans l'analyse de 1977, vient donc du fait de la forte prédominance des lignes du quartz par rapport à la Whewellite. On peut donc, du fait de la présence des faibles lignes de la Whewellite sur ce film, être sûr qu'il n'y a pas eu, par exemple, échange de notre échantillon avec un autre lors de la première analyse. La présence d'un cristal de quartz provenant du sol et correctement orienté a probablement été la cause de cette diffraction.

-----

NOTE: Au moment de la mise sous presse, un ouvrage est venu à ma connaissance (Simpson & Volcani, 1981) qui apporte certainement nombre de réponses sur le métabolisme du Silicium, je le signale.

-----



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bendz, G. & I. Lindqvist (1978)  
Biochemistry of Silicon and Related Problems. Plenum Press, New-York and London, 591 pp.
- Frey-Wyssling, A. (1972)  
Elimination Processes in Higher Plants. Saussurea 3:79-90
- Holzapfel, L. & W. Engel (1954)  
Der Einfluss organischer Kieselsäure-Verbindungen auf das Wachstum von *Aspergillus niger* und *Triticum*. Zeitschr. Naturforsch. 9B-:602-606.
- MERZ, W. (1981)  
The essential trace elements. Science 213:1332-1338.
- Monthoux, O. (1977)  
Nature des cristaux de l'exopéridium du *Gastrosporium simplex* Matt. Schweiz. Zeitschr. Pilzk. 55:89-92.
- Simpson, T.-L. & B.-E. Volcani (1981)  
Silicon and Siliceous Structures in Biological Systems. Edit.? (Krypto no. 79.7600)
- Turian, G. (1977)  
Croissance sélective de moisissures algi-saxicoles et de lichénoïdes sur gel de silice. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 87:25-33.
-