

Zeitschrift: Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse

Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft

Band: 87 (1977)

Heft: 1-2

Artikel: Ultrastructure des parois sporiques des Aphylophorales. IV.
Ontogenese des parois sporiques de Pachykytospora tuberculosa et de Ganoderma lucidum

Autor: Keller, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61654>

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: 16.01.2026

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

Ultrastructure des parois sporiques des Aphyllophorales. IV. Ontogénèse des parois sporiques de *Pachykytospora tuberculosa* et de *Ganoderma lucidum*

par J. Keller

Instituts de Botanique des Universités
de Lausanne et de Neuchâtel

Manuscrit reçu le 28 février 1977

Il est généralement admis que les basidiospores sont endogènes et non, comme on l'a cru longtemps, exogènes. En effet, les études faites au microscope électronique par Wells (1965), Perreau-Bertrand (1967), Hugueney (1972 et 1975), McLaughlin (1973), Olah et Reisinger (1974), Keller (1974), et Capellano et Kühner (1975) montrent que la paroi basidiale se poursuit sur les stérigmates et entoure les vésicules qui sont les ébauches des jeunes spores. A l'intérieur de cette enveloppe d'origine basidiale — qui disparaît parfois à maturité — la spore mûrit et produit sa propre paroi. Si des observations relativement nombreuses ont été consacrées aux premiers stades de la spore (vésicule), très peu seulement ont montré l'évolution des vésicules et la mise en place des diverses strates de la paroi sporique. Signalons toutefois les travaux de Hugueney (1972 et 1975), d'Olah et Reisinger (1974) ainsi que ceux de Capellano et Kühner (1975) qui tous, cependant, concernent des Agaricales. Il nous a donc paru intéressant de combler une lacune en analysant les spores blanches de *Pachykytospora tuberculosa* (DC ex Fr.) Kotl. et Pouz. et les spores pigmentées de *Ganoderma lucidum* (Leyss. ex Fr.) Karst.

Matériel et méthode

Des fragments de champignons frais ont été prélevés et immédiatement fixés au KMnO_4 à 1,5% dans un tampon cacodylate. Après inclusion dans l'épon, nous les avons coupés et contrastés par l'acétate d'uranyle et le citrate de plomb (Reynolds, 1963).

Le matériel provient de la région de Neuchâtel où il croît en grande quantité (*P. tuberculosa*) et du jardin botanique de Lausanne (*G. lucidum*).

Analyse des parois

a) *Pachykytospora tuberculosa*

La paroi de la très jeune spore comporte 3 strates qui sont (de l'extérieur vers l'intérieur) le *sporothecium*, le *péristratum* et le *réticulostratum*. Le sporothecium et le réticulostratum sont les strates opaques et floconneuses séparées l'une de l'autre par le péristratum transparent. Cette structure ne s'observe cependant que rarement car, le sporothecium et le péristratum, de faible consistance et, de surcroît, situés à la face externe de la paroi, disparaissent souvent au cours des diverses manipulations et ne figurent pas, par conséquent, sur tous nos documents.

La paroi ainsi décrite ne subsiste pas longtemps sous cette forme car elle est rapidement modifiée par l'adjonction de masses opaques qui se déposent localement à l'intérieur du réticulostratum et font saillie dans la masse cytoplasmique surtout (Pl. I, fig. 1); à ce stade, il nous serait impossible de préciser la strate à laquelle elles appartiennent, mais la suite du développement nous permet d'affirmer qu'elles font partie de la *coriotunica*. Ces masses, isolées au début, sont immédiatement reliées entre elles et englobées par le réticulostratum qui s'épaissit considérablement (Pl. I, fig. 2). Dès lors, la paroi comprend 4 strates dont la coriotunica encore incomplète.

La maturation de la paroi se poursuit par la croissance centripète du réticulostratum et des massifs de coriotunica qui atteignent 0,5 µm d'épaisseur. Cet épaississement s'accompagne d'un éclaircissement considérable du réticulostratum car ses fibrilles opaques se disloquent et présentent une structure nettement réticulée alors que les massifs de la coriotunica deviennent, au contraire, plus consistants et constituent les piliers (Pl. II, fig. 1 et 2).

Lorsque les piliers ont atteint leurs dimensions définitives, de la nouvelle substance opaque se dépose à la base des piliers et entre ceux-ci engendrant par là le feuillet basal de la coriotunica (Pl. II, fig. 2, Pl. III et IV); sa structure lamellée est si caractéristique et, de plus, identique à celle des piliers que nous sommes persuadés de l'appartenance des 2 éléments (feuillet basal et piliers) à la même strate, à la coriotunica (Pl. V).

Ainsi, la paroi mûre comporte un sporothecium, un péristratum, un réticulostratum et une coriotunica. Cette interprétation correspond à celle que nous avions donné en 1974, le péristratum excepté. L'analyse de l'ontogénèse n'aura donc pas fondamentalement modifié notre conception, mais elle aura servi à mieux comprendre l'architecture et surtout l'apparition successive des différentes strates.

b) *Ganoderma lucidum*

La vésicule présente également, à son début, une paroi composée de 3 strates qui sont le *sporothecium*, le *péristratum* et le *cerostratum* (Pl. VI, fig. 4). Le sporothecium constitue la fine pellicule externe opaque, le péristratum la strate centrale transparente et le cerostratum – encore réduit à son feuillet externe – le feuillet opaque situé à la face interne de la paroi. Cette structure, souvent incomplète (même problème que chez *P. tuberculosa*), se modifie et évolue en 4 phases distinctes.

Dans la première phase, le cerostratum semble se dissoudre par places et le feuillet, primitivement régulier, devient, de par ce processus, une enveloppe parsemée de „plages claires“ (Pl. VI, fig. 1 à 4). Au même instant et aux mêmes endroits (plages), le plasmalemme se détache du cerostratum auquel il était intimement lié et finit par faire de légères saillies dans la masse cytoplasmique (Pl. VI, fig. 3 et 4 et Pl. VII, fig. 1 et 2).

Dans la seconde phase, de la substance opaque se dépose à la face interne du cerostratum qui subit une croissance centripète. Mais, ces dépôts ne concernent pas le feuillet dans sa totalité car ils font entre autre défaut au niveau des plages; cela revient à dire que le cérostratum s'épaissit localement seulement (Pl. VII, fig. 3). Ces épaississements se développent considérablement et atteignent 0,3 µm de hauteur (Pl. VIII, fig. 1).

La troisième phase se caractérise également, comme la précédente, par des dépôts de substances opaques, mais cette fois-ci, toute la face interne est concernée. Au départ, de petits amas opaques se forment à la base des piliers et entre ceux-ci (Pl. VIII, fig. 2); par la suite, ces amas augmentent de volume, finissent par confluer et forment le feuillet basal du cerostratum (Pl. VIII, fig. 3 et Pl. IX et X, fig. 1).

La quatrième et ultime phase enfin, voit la formation de la dernière strate, que nous nommons coriotunica à cause de sa structure (Pl. X, fig. 2).

Parallèlement à l'édification de la partie rigide de la paroi – ce que nous venons de voir à l'instant – des masses cytoplasmiques sont emprisonnées par le cerostratum et évoluent de manière particulière, ce que nous allons rapidement décrire maintenant. Au stade de la vésicule, le cytoplasme occupe l'ensemble du volume à disposition et s'applique étroitement au feuillet externe du cerostratum (Pl. VI et Pl. VII, fig. 1 et 2). Très tôt cependant, il en est écarté aux endroits où naissent les piliers, mais subsiste toutefois entre ceux-ci (Pl. VII, fig. 3 et Pl. VIII, fig. 1). Ainsi sont délimitées des portions cytoplasmiques comprises entre les piliers, portions qui seront entièrement séparées et isolées du reste du cytoplasme lorsque le feuillet basal du cerostratum sera mis en place. Ces masses cytoplasmiques ne semblent pas se distinguer de la masse-mère si ce n'est l'absence d'organites cellulaires (fixation au KMnO₄ uniquement!). Plus tard, en revanche, l'isolement entraîne une modification de structure qui se traduit par la désintégration des éléments opaques (Pl. VIII, fig. 2 et 3, Pl. IX, fig. 1 et 2 et Pl. X, fig. 1). Les résidus cytoplasmiques, encore nombreux au début, s'accollent aux parois du cerostratum (piliers, feuillet externe et basal) puis finissent par disparaître, laissant des cavités vides, les lacunes (Pl. X, fig. 2).

L'analyse de l'ontogénèse de la spore de *G. lucidum* nous apprend que la paroi se compose de 4 strates qui sont le sporothecium, le péristratum, le cerostratum et la coriotunica. Ce résultat semble nouveau puisqu'il ne correspond à aucune interprétation donnée jusqu'ici.

Furtado (1962) par exemple, n'a pas discerné la strate interne de la paroi, ni la fine pellicule transparente située sous l'exospore.

Heim (1962) a recensé, pour sa part, une strate supplémentaire (endospore) que nous n'avons jamais vue. Par ailleurs, il a disposé la périspore dans les lacunes (occupées en réalité par des résidus cytoplasmiques) et placé l'ectospore directement sur les piliers (alors qu'entre les 2 se trouve le péristratum). La même interprétation a été donnée par Perreau-Bertrand en 1967 et 1973.

Pegler et Young (1973) ont également observer une strate supplémentaire à la face interne de la paroi (endospore); mais, contrairement à Heim et Perreau-Bertrand, ils ont placé la périspore sur les piliers et non dans les lacunes, ce qui est, évidemment, plus correct. De plus, ils ont insisté sur la résistance de la strate en question et l'on associée à l'ectospore en parlant notamment d'ecto-périspore pour bien montrer la relation étroite qui existe entre les deux strates.

En 1974 enfin, nous avions assimilé les résidus cytoplasmiques des lacunes à une strate supplémentaire, à un mucostratum; cette interprétation est à rejeter pour les raisons que nous venons de voir. Par ailleurs, nous avions omis de parler du péristratum quand bien même il était visible.

Conclusions

L'étude de l'ontogénèse des parois sporiques de *P. tuberculosa* et *G. lucidum* met en évidence quelques caractéristiques communes aux deux espèces:

- 1^o La paroi, très simple au début, subit une *croissance centripète* par l'accumulation de matière nouvelle à sa face interne.
- 2^o Les piliers présentent la même croissance centripète.
- 3^o La dernière strate à se former se situe tout à l'intérieur de la paroi; il s'agit, dans les deux cas, de la coriotunica.

L'analyse détaillée enfin se résume à quelques considérations à propos de *G. lucidum*, seule espèce à avoir été analysée sous cet angle particulier (ontogénèse) par Perreau-Bertrand (1967). En effet, l'auteur français a décrit l'évolution des spores ornées des chromosporées parmi lesquelles figurent les *Ganoderma*. Mais, l'évolution citée diffère fondamentalement de la nôtre par l'ordre d'apparition des diverses strates et par la croissance centrifuge de la paroi et des piliers.

L'explication de cette énorme différence vient de nous parvenir. Mme Perreau-Bertrand précise en effet (communication personnelle) qu'elle n'a pas, lors de sa thèse de 1967 „suivi l'ontogénèse de la paroi sporique des Ganodermes, mais généralisé à partir de nombreux autres documents obtenus notamment pour *Lacrymaria velutina* et *Strobilomyces strobilaceus*“.

Pour conclure enfin, il nous a paru utile de résumer nos résultats sous forme d'un tableau, destiné à faciliter la compréhension et, surtout, la comparaison des ontogénèses des parois sporiques de *P. tuberculosa* et *G. lucidum*.

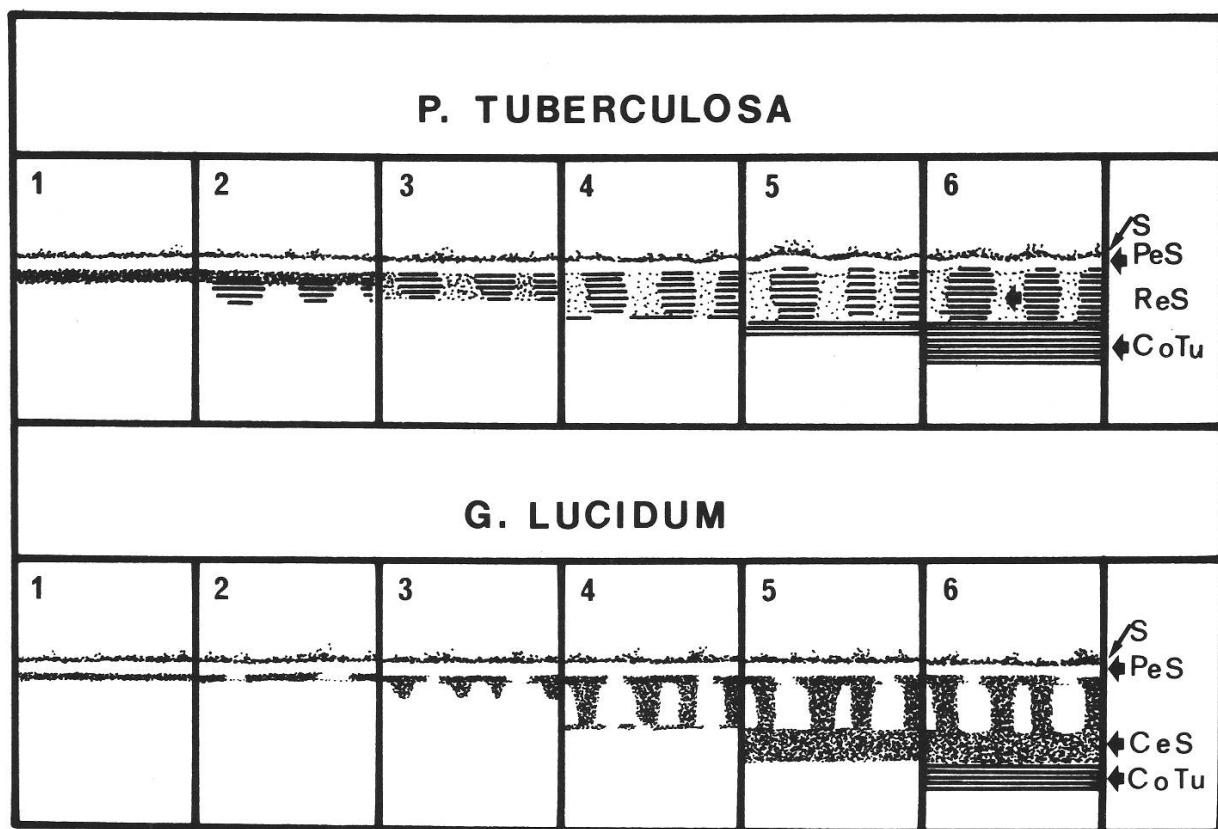


Tableau 1:
Ontogénèses des parois sporiques de *P. tuberculosa* et *G. lucidum*. Explications dans le texte.

Résumé

Les observations faites au microscope électronique ont permis d'analyser l'ontogénèse des parois sporiques de *P. tuberculosa* et *G. lucidum*. En partant de spores très jeunes (vésicules), il a été possible de mettre en évidence l'ordre d'apparition des diverses strates, leurs modifications ainsi que leur croissance centripète; cette dernière caractéristique concerne d'ailleurs également les piliers qui ne s'élèvent non pas vers l'extérieur, mais vers l'intérieur.

Zusammenfassung

Ultrastruktur der Sporenwand von aphylophoralen Pilzen.

IV. Bildung der Sporenwände von *Pachykytospora tuberculosa* und *Ganoderma lucidum*.

Elektronenmikroskopische Beobachtungen erlaubten eine Analyse der Entwicklung der Sporenwände. Von sehr jungen Sporen ausgehend war es möglich, die Reihenfolge des Auftretens der verschiedenen Schichten, ihre Veränderungen und ihr zentripetales Wachstum zu verfolgen. Auch die „Säulen“ in der Sporenwand entwickeln sich nicht nach aussen, sondern nach innen.

Summary

Ultrastructure of spore walls of aphylllophorous fungi.

IV. Formation of spore walls in *Pachykytospora tuberculosa* and *Ganoderma lucidum*.

Observations made by the electron microscope permitted an analysis of the development of the spore walls. Starting with very young spores it was possible to follow the sequence of apparition of the different layers, their modifications and their centripetal growth. It was also shown that the echinules (or spines) in the spore wall do not develop towards the exterior but towards the interior.

Bibliographie

- Capellano A. et R. Kühner, 1975. Architecture de la paroi sporique des Volvariacées en microscopie photonique et électronique. Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon 44 (1), 4–21.
- Furtado J.S. 1962. Structure of the spore of the Ganaderoideae Donk. Rickia 1, 227–241.
- Heim R. 1962. L'organisation architecturale des spores des Ganodermes. Rev. Mycol. Paris 27 (4–5), 199–211.
- Hugueney R. 1972. Ontogénèse des infrastructures de la paroi sporique de *Coprinus cineratus* Quél. var. *nudisporus* Kühner. C.R. Acad. Sc. Paris 275, Série D, 1495–1498.
- 1975. Morphologie, ultrastructure et développement de l'apicule des spores de quelques Coprinacées: Etude particulière du punctum lacrymans. Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon 44 (8), 249–256.
- Keller J. 1974. Contribution à la connaissance de l'infrastructure de la paroi sporique des Aphyllophorales. Thèse, Univ. Neuchâtel.
- McLaughlin D.J. 1973. Ultrastructure of sterigma growth and basidiospore formation in *Coprinus* and *Boletus*. Can. J. Bot. 51 (1), 145–150.
- Olah G.M. et O. Reisinger, 1974. L'ontogénie des téguments de la paroi sporale en relation avec le stérigmate et la gouttelette hilaire chez quelques Agarics mélanosporés. C.R. Acad. Sc. Paris 278, Série D, 2755–2758.
- Perreau-Bertrand J. 1967. Recherches sur la différenciation et la structure de la paroi sporale chez les Homobasidiomycètes à spores ornées. Ann. Sc. Nat. Paris, 12e série, 8(4), 639–741.
- Reynolds E.S. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. J. Cell. Biol. 17, 208–212.
- Wells K. 1965. Ultrastructural features of developing and mature basidia and basidiospores of *Schizophyllum commune*. Mycologia 57 (2), 236–261.

Jean Keller
Institut de Botanique de l'Université
Rue E. Argand 11
CH-2000 Neuchâtel 7

Exlications des figures

Planche I (*P. tuberculosa*)

- Fig. 1: La paroi de la très jeune spore présente un réticulostratum continu et une coriotunica incomplète (ébauches des piliers).
- Fig. 2: A un stade plus avancé, le réticulostratum devient plus épais et enserre les masses opaques de la coriotunica.

Planche II (*P. tuberculosa*)

- Fig. 1: La croissance centripète du réticulostratum se poursuit; en revanche, elle s'amorce maintenant seulement au niveau de la coriotunica. Ce processus se traduit par un éclaircissement du réticulostratum (dislocation de ses particules opaques) alors que la coriotunica acquiert toujours davantage de consistance.
- Fig. 2: De la nouvelle matière se dépose entre les piliers constituant l'ébauche du feuillet basal de la coriotunica.

Planche III (*P. tuberculosa*)

- Fig. 1 et 2: L'apport de matière nouvelle se poursuit au niveau du feuillet basal de la coriotunica qui se transforme en un feuillet continu.

Planche IV (*P. tuberculosa*)

- Fig. 1 et 2: Le feuillet basal de la coriotunica subit à son tour une importante croissance centripète.

Planche V (*P. tuberculosa*)

Au terme du développement, le feuillet basal de la coriotunica possède une structure en tous points identique à celle des piliers; cette caractéristique prouve l'appartenance des 2 éléments évoqués (feuillet basal et piliers) à la même strate, à la coriotunica.

Planche VI (*G. lucidum*)

- Fig. 1–4: La paroi de la très jeune spore comporte un sporothecium, un péristratum et un cerostratum (Fig. 4); très rapidement cependant, elle change d'aspect à la suite de nombreuses dissolutions localisées du cerostratum, entraînant la formation de „plages“ claires caractéristiques. Cette première modification est encore mise en évidence par le plasmalemme qui se détache du cerostratum et fait légèrement saillie dans la masse cytoplasmique.

Planche VII (*G. lucidum*)

- Fig. 1–2: Le modeste agrandissement des 2 figures permet de se faire une idée du nombre important des plages.
- Fig. 3: Le développement de la paroi se poursuit par des dépôts de matière opaque à la face interne du cerostratum; remarquons toutefois que ces dépôts ne sont pas continus, mais distinctement localisés.

Planche VIII (G. lucidum)

- Fig. 1: La croissance localisée et centripète du cerostratum se poursuit jusqu'à la formation complète des piliers.
- Fig. 2: De la nouvelle matière opaque se dépose à la base des piliers et entre ceux-ci amorçant la mise en place du feuillet basal du cerostratum.
- Fig. 3: Le feuillet basal continue de prendre de la consistance et devient une enveloppe continue, à quelques exceptions près.

Planche IX (G. lucidum)

- Fig. 1 et 2: Les masses cytoplasmiques emprisonnées par le cerostratum ne présentent que peu de modifications au début (Fig. 1), mais elles ne tardent pas à s'éclaircir par suite de dislocation et désagrégation de ses particules opaques (Fig. 2).

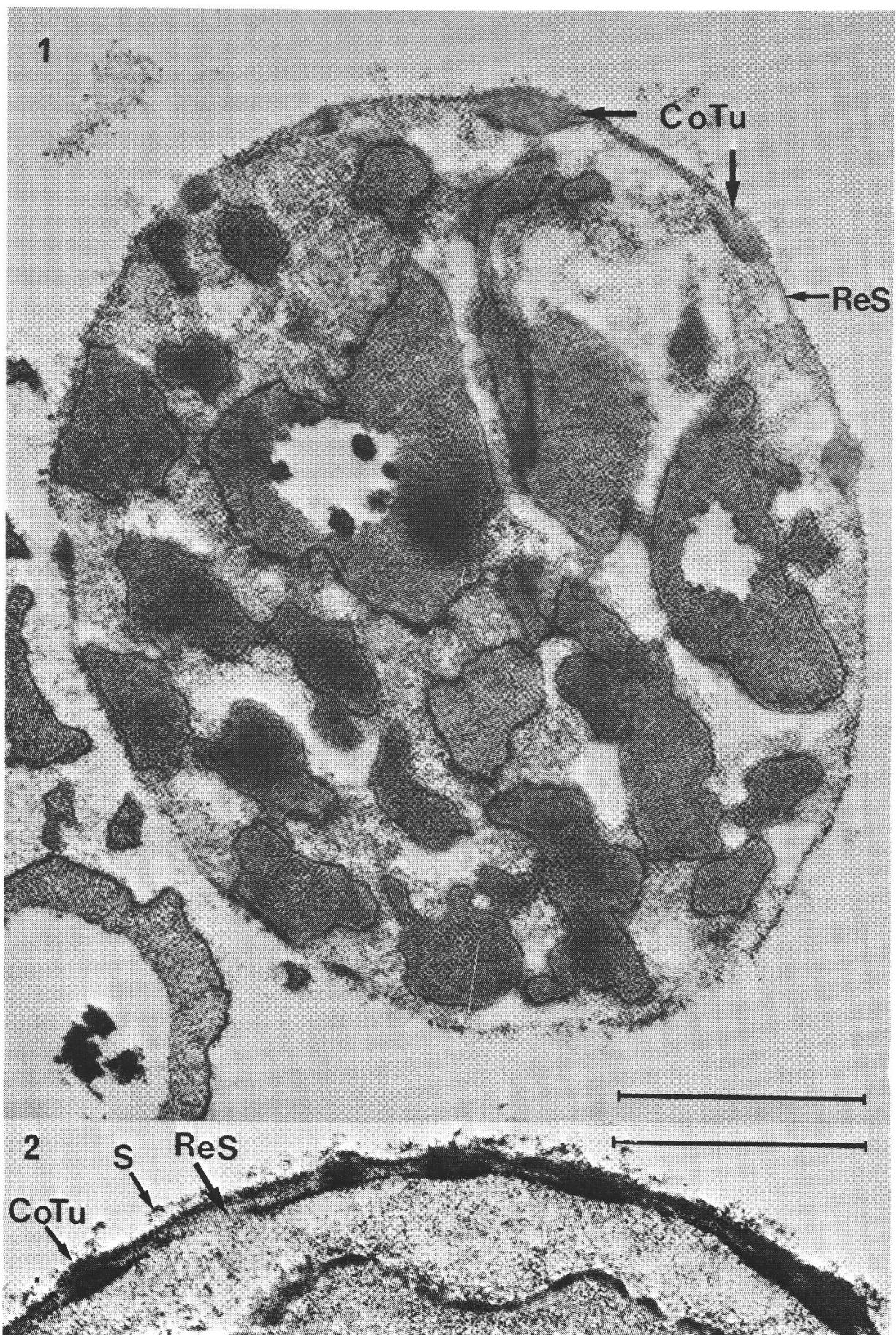
Planche X (G. lucidum)

- Fig. 1: Le feuillet basal du cerostratum arrive au terme de son développement. Les passages cytoplasme sporique — lacunes du feuillet basal du cerostratum disparaissent. Ainsi, les portions cytoplasmiques des lacunes sont totalement isolées, accélérant leur dégradation au point de ne laisser finalement que des lacunes vides.

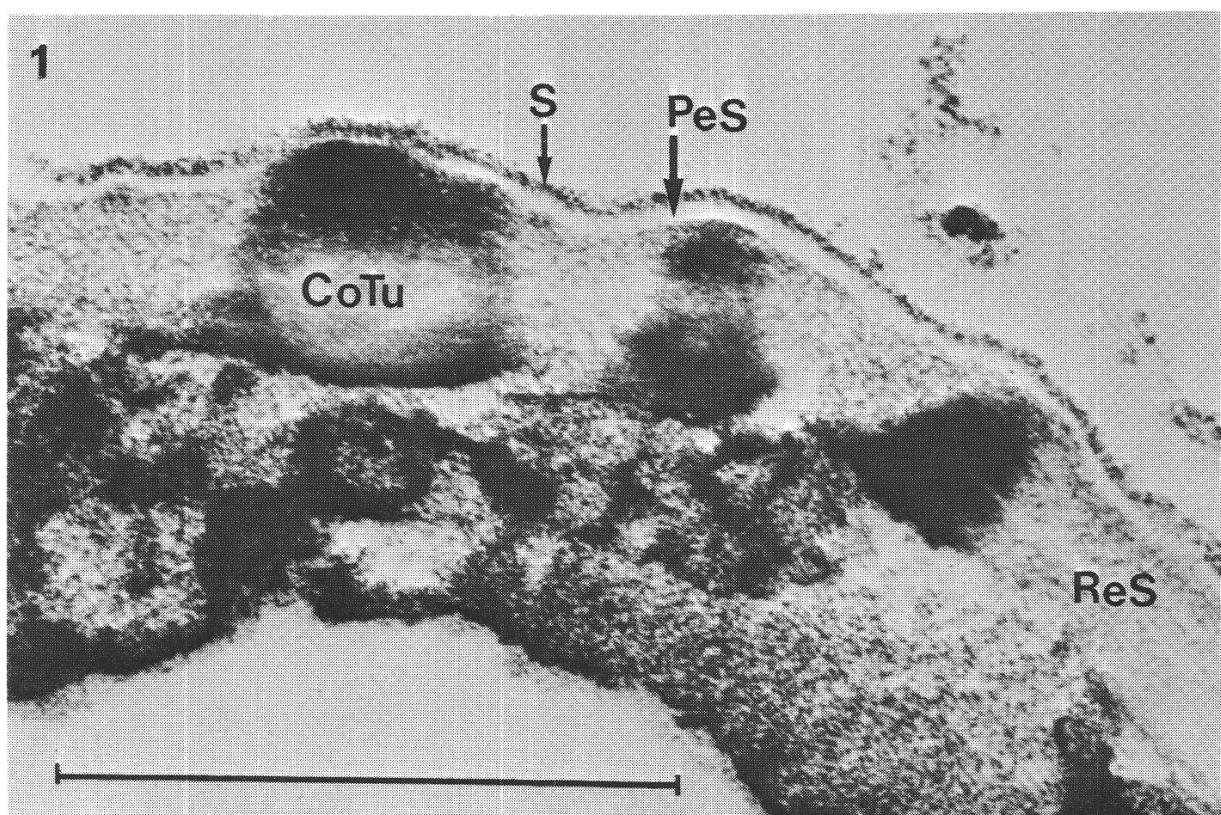
Abreviations

CeS	Cerostratum	Terminologie Clémençon 1970,
CoTu	Coriotunica	modifiée dans Keller, 1974.
Cy	Cytoplasme	
La	Lacune	
P	Plage	
PeS	Réistratum	
ReS	Réticulostratum	
S	Sporothecium	
Ste	Stérigmate	

Les traits portés sur les figures correspondent à 1 um exceptés ceux de la planche II, figure 2 et de la planche VI, figures 1 à 4 où ils représentent 0,1 um.



1



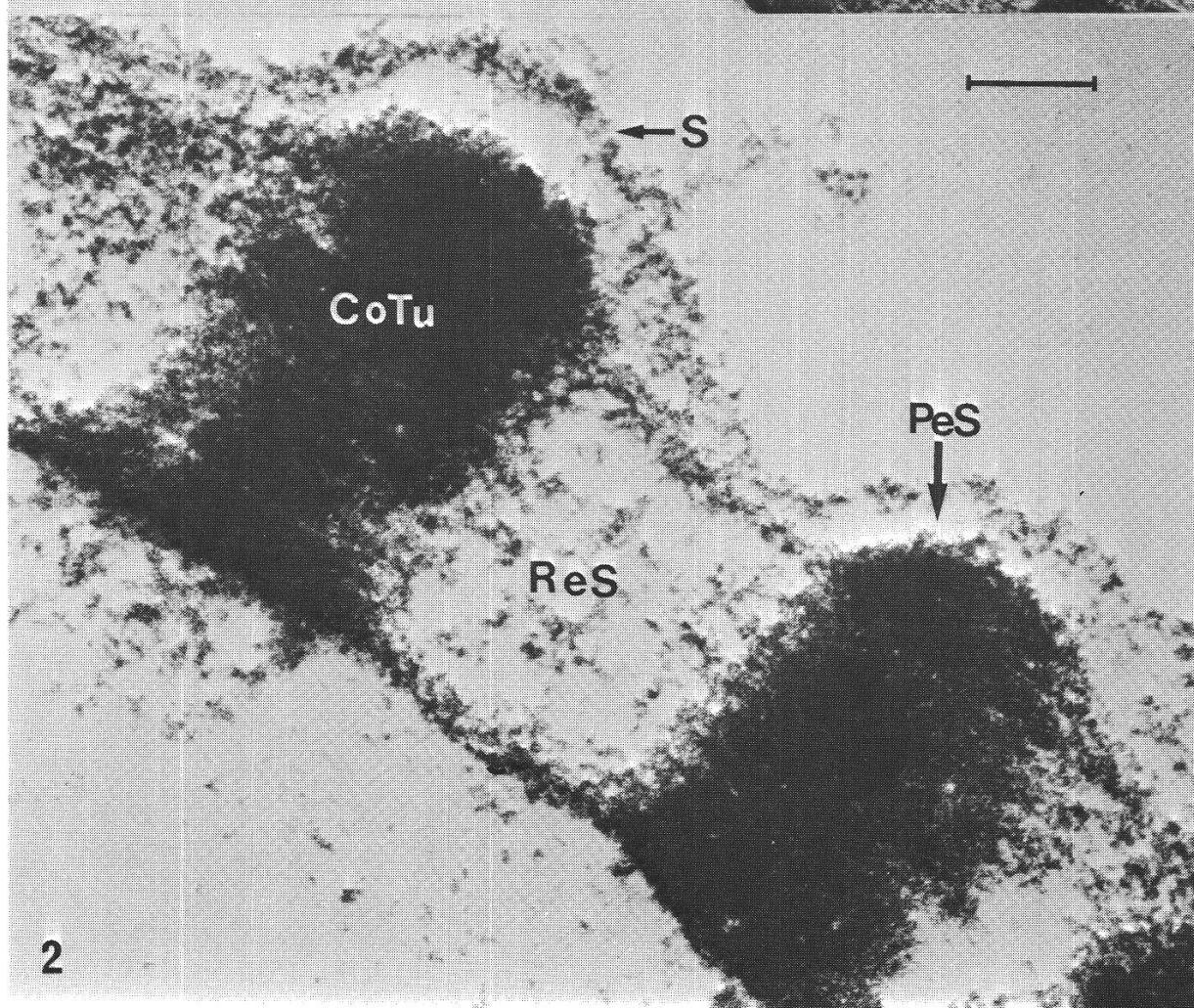
ReS

PeS

CoTu

S

2



PeS

ReS

CoTu

S

