

Micromorphologie des spores et capillitiums des Gastéromycètes des stations xériques de la région de Genève, étudiée au microscope électronique à balayage (SEM)

Autor(en): **Monthoux, Olivier**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Candollea : journal international de botanique systématique = international journal of systematic botany**

Band (Jahr): **37 (1982)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-880018>

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.

Micromorphologie des spores et capillitiums des Gastéromycètes des stations xériques de la région de Genève, étudiée au microscope électronique à balayage (SEM)

OLIVIER MONTHOUX

RÉSUMÉ

MONTHOUX, O. (1982). Micromorphologie des spores et capillitiums des Gastéromycètes des stations xériques de la région de Genève, étudiée au microscope électronique à balayage (SEM). *Candollea* 37: 63-99. En français, résumé anglais.

Les spores et les capillitiums des Gastéromycètes (*Tulostoma*, *Cyathus*, *Gastrosporium*, *Bovista*, *Lycoperdon*, *Vascellum* et *Geastrum*), récoltés dans les stations xériques de la région genevoise, sont étudiés au microscope électronique à balayage (SEM). On donne des micrographies de toutes les espèces et on discute leurs caractères micromorphologiques: forme et ornementation, ainsi que leur taille. On passe en revue les travaux publiés sur l'ultrastructure et la micromorphologie des Gastéromycètes et on fait l'historique des travaux anciens sur la microscopie électronique (SEM et TEM) des Basidiomycètes en général.

ABSTRACT

MONTHOUX, O. (1982). SEM-studies on spore and capillitium micromorphology of Gasteromycetes growing in xeric habitats of the region of Geneva (Switzerland). *Candollea* 37: 63-99. In French, English abstract.

The spores and capillitia of the Gasteromycetes (*Tulostoma*, *Cyathus*, *Gastrosporium*, *Bovista*, *Lycoperdon*, *Vascellum* and *Geastrum*) collected in xeric habitats around Geneva have been studied with the Scanning Electron Microscope (SEM). Micrographs of all species are given and their micromorphological characters discussed: form and ornamentation, as well as size. The publications on ultrastructure and micromorphology of Gasteromycetes are reviewed and a general history of previous papers on electron microscopy (SEM and TEM) of Basidiomycetes is presented.

Introduction et remerciements

Les spores et capillitiums qui sont présentés ici, correspondent aux genres *Tulostoma*, *Cyathus*, *Gastrosporium* et *Bovista*, décrits dans les articles précédents (MONTHOUX & RÖLLIN, 1974, 1975, 1976a et 1976b) et aux genres *Lycoperdon*, *Vascellum* et *Geastrum* décrits dans celui à paraître (MONTHOUX & RÖLLIN, 1982).

Les spores et les capillitiums ont, pour la plupart, été protographiés pour la première fois au SEM. Quelques photographies de spores ont été publiées par ECKBLAD (1971) et PERREAU (1971, 1976), ce sont *Geastrum triplex*, *Lycoperdon lividum* (= *spadiceum*), *Bovista pusilla*, *B. plumbea* et *Vascellum pratense*.

Je voudrais exprimer ici ma gratitude à Madame le D^r Jacqueline Perreau, du Laboratoire de cryptogamie du Muséum de Paris, qui a bien voulu discuter avec moi des problèmes de la microscopie électronique à balayage et qui m'a indiqué les méthodes, recettes et tours de main relatifs à cette technique, de même qu'à mon collègue le D^r Manfred Dittrich pour m'avoir initié au maniement de ce modèle de microscope, pour ses conseils et son soutien tout au long de mon travail.

Les agrandissements photographiques ont été exécutés dans nos laboratoires par Madame Maryse Kolakowski et Monsieur Bernard Renaud, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude. Je remercie aussi la Ville de Genève d'avoir accordé au Conservatoire botanique les crédits nécessaires à l'acquisition et à l'entretien du microscope à balayage Camscan. Cet appareil se révèle être un instrument de recherche de premier ordre.

Revue bibliographique

Jules Favre est le premier mycologue à avoir observé des spores de champignons au microscope électronique. Dans ce premier article (FAVRE & al., 1948), il a montré un certain nombre de silhouettes de spores, dont celles de *Bovista nigrescens*, photographiées au microscope électronique à transmission (TEM). La technique utilisée était l'observation au TEM de spores entières directement montées sur collodion. Elles étaient montées soit directement sans autre préparation, soit après avoir été traitées à l'eau distillée pour provoquer leur éclatement par pression osmotique, ce qui permettait de se faire une idée grossière du contenu de la cellule. De même, GREGORY & NIXON (1950), après avoir monté les spores, non pas à la surface, mais dans le support de collodion, les ont observées directement au TEM. Ils montrèrent, parmi d'autres, des silhouettes de spores de *Lycoperdon*, *Bovista*, *Geastrum* et *Astraeus*. Usant de la même technique, HEIM (1957, 1962) publia des photographies de spores de *Ganoderma*.

D'autres techniques importantes furent ensuite mises au point pour l'observation au TEM: les coupes ultraminces et les répliques au carbone. FURTADO

(1962) semble être le premier à avoir utilisé la technique des coupes, qui, pour autant qu'on puisse en juger d'après les micrographies, étaient encore relativement épaisses. Il publia les genres *Ganoderma*, *Amauroderma* et *Elfvigia*.

Dès l'apparition des premiers microscopes électroniques à balayage (SEM), les mycologues ont vu tout l'intérêt que pouvait présenter ce genre d'appareil pour l'étude des spores. Dans de nombreux cas les auteurs modernes utilisent simultanément les diverses techniques. C'est le cas pour un certain nombre de ceux qui sont cités ci-dessous et qui ont publié au SEM d'autres espèces que celles qui sont présentées dans cet article.

Dans la liste qui suit, seuls les genres de Gastéromycètes illustrés sont cités après la référence. Ces articles contiennent souvent l'étude de spores d'autres groupes de Basidiomycètes, souvent des Agaricales. Ce sont: BURGE (1966): Gastéromycètes de la série des Astérosporés; PERREAU & HEIM (1969): *Battarea* et *Stephanospora*; CLÉMENÇON (1970): *Octavianina*; HEIM & PERREAU (1971): *Queletia*, *Tulostoma*, *Phellorina*, *Whetstonia*, *Geastrum*, *Trichaster*, *Myriostoma*, *Mycenastrum*, *Calvatia*, *Bovista* et *Lycoperdon*; PERREAU (1971): ornementation sporale de nombreux *Lycoperdon*; PERREAU & HEIM (1971): *Mycenastrum*, *Glyptoderma* et *Calbovista*; WRIGHT & GAMUNDI (1973): *Broomeia*; PERREAU (1974): *Mycenastrum*, *Leucogaster*, *Tulostoma*, *Scleroderma*, *Calostoma* et *Abstoma*; PERREAU (1976): *Lycoperdon*, *Bovista*, *Langermannia*, *Geastrum*, *Pisolithus*, *Scleroderma*, *Mycenastrum* et autres Basidiomycètes; BRODIE & DIETRICH (1977): *Nidulariaceae*; WRIGHT (1977, 1979): *Tulostoma*; FLEGLER & HOOPER (1978, 1980): étude ultrastructurale assez complète des *Cyathus stercoreus* et *Nidularia pulvinata* (notamment les hyphes bouclées de ces deux espèces); PEGLER & YOUNG (1979): diverses espèces de Gastéromycètes *secotioides*; WRIGHT (1980): *Setchelliogaster*; LOCQUIN (1981): *Scleroderma*.

HESS & al. (1968) et HESS & STOCKS (1969) ont découvert, après cryodécoupage, que la surface des spores des *Penicillium* et des *Aspergillus* étaient formée de bâtonnets ("rodlets"). TURIAN (1976) en a discuté et montré un exemple, celui de l'*Aspergillus aculeatus*. BRONCHART & DEMOULIN (1971, 1973) ainsi que BRONCHART & al. (1975), usant des mêmes techniques que HESS & al. (1969), ont montré la structure fibrilleuse ou en "rodlets" de l'ectospore des *Tulostoma brumale*, *T. fimbriatum* et *Geastrum fimbriatum*. Dans ces articles, ils ont également étudié des représentants des genres *Lycoperdon*, *Scleroderma*, *Mycenastrum*, *Abstoma*, *Disciceda*, *Pisolithus*, *Astraeus*, *Geastrum*, *Arachnion*. Ils ont discuté du type d'ultrastructure de leurs couches internes.

Plusieurs auteurs ont publié des articles plus spécialisés, les plus importants sont: MELÉNDEZ-HOWELL (1967) qui a fait un travail important sur le pore germinatif des Basidiomycètes comprenant également les Gastéromycètes; PERREAU (1977) a étudié, aux TEM et SEM, l'organisation de la partie proximale sporique, comprenant l'appendice hilaire, et REISINGER & al. (1977) ont travaillé sur l'ultrastructure, la cytochimie et la microdissection de la paroi des hyphes et des spores des Asco- et Basidiomycètes.

D'une manière plus générale, BURGE (1966), PERREAU-BERTRAND (1967), PERREAU (1976), BESSON (1970) et CLÉMENÇON (1970), par leurs études au TEM,

ont défini des couches de la paroi sporique et ont ensuite entrepris de mettre au point une terminologie uniforme de celles-ci. Les dernières contributions sont celles de KÜHNER (1973, 1980), LOCQUIN (1975), CLÉMENÇON (1977) et celle de PERREAU (1981).

On ne peut pas terminer cette revue bibliographique sans citer un certain nombre de travaux importants sur la spore considérée dans un cadre plus large, mais toujours en liaison avec la microscopie électronique. D'abord ceux de Lilian E. Hawker, dont l'un des premiers et des plus importants, HAWKER (1965), traite de l'ultrastructure interne des spores, basides, etc., des champignons en général. Même sujet pour BECKETT & al. (1975), alors que PEGLER & YOUNG (1971) présentent surtout des répliques au carbone de spores d'Agaricales. Trois comptes-rendus de symposiums, MADELIN (1966), WEBER & HESS (1976) et TURIAN & HOHL (1981), contiennent des articles orientés davantage dans la direction biologique.

En ce qui concerne les capillitiums, le seul qui ait été observé au SEM est celui du *Mycenastrum corium* par ECKBLAD (1971).

Matériel et méthodes

D'une manière générale, les spores et les capillitiums observés ont été prélevés sur les mêmes échantillons que ceux qui ont servi aux descriptions publiées dans MONTHOUX & RÖLLIN (1974, 1975, 1976a, 1976b, 1982). Les références précises sont indiquées lors de la discussion réservée à chaque espèce.

Les prélèvements ont été faits, sauf indication contraire, à mi-chemin du rayon des carpes, c'est-à-dire ni dans la région columellaire, ni près du péridium. Pour la préparation des spores, une petite touffe de capillitium chargé de spores a été prélevée à l'aide de brucelles et déposée dans l'éthanol à 85%. Les spores mises en suspension dans l'alcool ont alors été déposées sur le porte-objet du microscope à balayage. Pour le capillitium, le mode de prélèvement a été le même. La touffe de capillitium a été débarrassée de ses spores soit à l'air comprimé, soit à l'éthanol, soit à l'aide de l'un et de l'autre. Le capillitium a ensuite été déposé sur le porte-objet. La métallisation à l'or a été effectuée par "sputtering" sous atmosphère d'argon, à l'aide d'un appareil Hummer-Junior. Le matériel a ensuite été observé et photographié à l'aide du microscope à balayage Cambridge-Camscan III de notre institut.

Certaines spores ont une paroi mince ou un myxosporium très gélatineux, ce qui les rend plus déformables. La technique utilisée provoque chez ce type de spores, à cause de la déshydratation, une rétraction et une déformation assez marquée. Pour pallier cet inconvénient, nous avons appliqué la méthode du "point critique", mais ceci sans grand succès, car les résultats n'ont pas été meilleurs. J'ai donc renoncé à l'appliquer à ces spores.

Par souci d'uniformité, tous les spores et capillitiums ont été reproduits à des échelles uniformes, c'est-à-dire à un agrandissement de 8000 diamètres pour les spores, sauf pour celles du *Cyathus stercoreus* qui sont agrandies 1900 fois, et de 1000 diamètres pour les vues d'ensemble des capillitiums, les détails étant agrandis 2000, 4000 ou 8000 fois.

Toutes les mesures des spores sont données y compris l'ornementation. Dans plusieurs cas, en effet, son importance est telle que le sporoïde (spore sans son ornementation!) est invisible, il ne serait donc pas possible d'en donner les dimensions. C'est donc également par souci d'uniformité que je donne dans tous les cas les dimensions extérieures totales. Par contre, l'apicule ou le pédicelle sont, comme c'est la règle, toujours exclus, leurs dimensions sont données séparément.

Les observations ont été faites sur des spores mûres. Dans certains cas, il est possible de trouver dans le même sporocarpe des spores de maturités différentes. Il faut se garder de se référer à des échantillons qui auraient été cueillis trop jeunes et qui auraient mûri en laboratoire ("Notreife"). Dans certains cas, on peut tout de même trouver un certain nombre de spores moins bien développées que la moyenne. On sait que dans ce cas, les spores n'ont pas leur morphologie normale, elles sont de taille inférieure et leur ornementation est moins développée. Celles que j'ai pu observer étaient en général plus elliptiques que les spores "normales", elles montraient un rétrécissement un peu cône au point de départ du pédicelle. Il n'en a pas été tenu compte lors des descriptions et des mensurations.

Remarques sur les spores

Les espèces de Gastéromycètes considérés dans ce travail font bien apparaître les grandes différences de morphologie sporique existant dans ce groupe de champignons, tant en ce qui concerne la taille que la forme et l'ornementation. Il est inutile de rappeler que le microscope électronique à balayage (SEM) ne montre que la surface externe des objets, mais qu'il ne permet pas l'observation, chez les spores par exemple, des nombreuses couches internes de la paroi.

La taille

Si les Gastéromycètes comptent dans leurs rangs des espèces de Basidiomycètes dont les spores sont parmi les plus petites du groupe, comme par exemple chez les *Geastrum*, ils comprennent également des genres à spores très grandes, comme c'est le cas chez les *Cyathus*. Si l'on compare la taille des spores observées aux microscopes photonique et électronique, les résultats ne sont pas tout à fait comparables, surtout pour les spores à paroi mince et délicate. Compte tenu des techniques d'observation différentes, les spores

observées au microscope photonique montrent une certaine turgescence. Les dimensions mesurées seront donc supérieures, surtout les mesures des largeurs et des épaisseurs. Au contraire, ces mêmes spores, vues au microscope électronique et préparées selon la technique décrite, c'est-à-dire incluant une déshydratation poussée et un séjour sous vide, montreront une rétraction plus ou moins forte. Cette rétraction provoquera, dans certains cas, où la paroi est particulièrement mince, un collapsus de celle-ci. Selon GREGORY & NIXON (1950), la diminution moyenne de volume serait de l'ordre de 10%, ce qui correspond donc à une rétraction linéaire d'environ 3%.

Une autre différence notable avec l'observation au microscope photonique est due au relativement faible pouvoir séparateur de ce dernier. Pour cette raison, certains détails qui sont interprétés d'une certaine manière avec ce microscope sont démentis d'une manière parfois brutale au SEM. On pourra en voir deux exemples, dont l'un frappant, dans le genre *Tulostoma* (*T. petrii* et *T. squamosum*). Il est vrai que l'ornementation de spores déjà si petites par elles-mêmes est de l'ordre de grandeur de la résolution maximale du microscope photonique, ce qui rend l'interprétation difficile.

La forme

La forme est aussi une caractéristique variable de ces spores. Chez la plupart des espèces, elles sont subglobuleuses, mais c'est loin d'être la règle, et dans les exemples que nous présentons ici, on en trouve aussi de longuement elliptiques, chez le *Tulostoma fulvellum* par exemple. Dans d'autres cas, comme chez le *Tulostoma squamosum*, bien que la ligne théorique entourant l'ornementation soit subglobuleuse, l'ampleur de cette dernière est telle, qu'il est quasiment impossible, au microscope à balayage, de connaître la forme générale du sporoiide (volume sporal sans son ornementation!). Dans ce cas, le microscope photonique fait preuve d'un certain avantage, puisqu'il permet de s'en faire une idée approximative par transparence.

L'ornementation

La variabilité de l'ornementation en fonction des espèces est plus grande que pour la taille et la forme. Il est intéressant de constater que, de ce point de vue, les deux extrêmes sont présents dans le genre *Tulostoma*, où certaines espèces ont des spores pratiquement lisses, comme le *T. fulvellum*, mais d'autres, comme le *T. squamosum*, en ont une des plus prononcées.

Le type de l'ornementation est aussi très variable, il va des verrues hémisphériques de moyenne grandeur et relativement nombreuses, à de grosses verrues informes et plus rares, ou grandes et cubiques. On observe aussi des crêtes qui sont, soit bien homogènes, soit formées de verrues soudées entre elles.

Le phénomène de rétraction, dont j'ai parlé ci-dessus à propos de la taille des spores, est encore plus sensible pour l'ornementation. PERREAU & HEIM (1969) et PERREAU (1976) ont montré que le revêtement pérисporique-ectosporique peut, à l'état déshydraté, soit complètement disparaître, soit être réduit à un simple feuillet apprimé sur l'exospore. Les résultats ne seront donc pas tout à fait comparables à ceux que l'on observe au microscope photonique, où l'ornementation sera plus ou moins turgescente suivant le milieu d'observation utilisé. Au SEM, l'ornementation (sous-jacente) sera définie avec plus de précision, puisque la ou les couches externes sont réduites à peu de chose, ayant perdu presque toute leur épaisseur. Les dessins (verrues, crêtes, foveae, etc.) seront mieux individualisés et plus visibles, ceci indépendamment du plus fort pouvoir de résolution du SEM. Dans la nature, les objets peuvent être secs ou imbibés et je pense qu'on peut aussi retenir ces deux modes d'observation qui sont l'un et l'autre valables, ils montrent simplement des aspects différents de la réalité. Il faut donc accepter les différences qui sont le résultat de ces deux points de vue, tout en gardant en mémoire les conditions de travail: si on observe du matériel sec, il en aura l'apparence, si l'on observe du matériel en milieu aqueux, il sera turgescent et montrera des détails en fonction des réactifs utilisés.

Les spores des *Tulostoma*

Parmi les genres de Gastéromycètes étudiés, le genre *Tulostoma* se distingue des autres genres par ses spores à caractères extrêmes en ce qui concerne le type de l'ornementation et l'ampleur de celle-ci. Il est, d'autre part, frappant que les spores de certaines espèces aient davantage d'affinités avec celles de certaines espèces de genres différents, qu'avec d'autres espèces intragénériques. C'est le cas de celles du *T. petrii* qui ressemblent davantage aux spores des *Geastrum* qu'à celles des autres espèces de *Tulostoma* considérées. De même, les spores du *T. fulvellum* sont plus proches, en ce qui concerne le manque d'ornementation (la taille mise à part) de celles des *Cyathus* qu'à celles des autres *Tulostoma*.

Les spores du *Tulostoma brumale* Pers. ex Pers. (fig. 1) sont premièrement caractérisées par leur petite taille et le fait qu'elles ont subi une rétraction dans le sens longitudinal (la longueur étant mesurée selon l'axe du stérigmate). Leur largeur est, y compris l'ornementation, de 4-4.5 μm . La mesure de leur longueur n'a pas de sens à cause de la rétraction. L'ornementation est très prononcée, elle est formée de grands éléments assez différents les uns des autres, c'est-à-dire soit de verrues à base plus ou moins polygonale, soit de piliers polyédriques (avec tous les intermédiaires), à pointe parfois assez marquée, soit de crêtes que l'on voit être formées de la juxtaposition de plusieurs piliers ou verrues. L'apicule est court et épais et l'épaisseur de sa

paroi n'est pas distinguable. Matériel observé: "*T. brumale*: Boucle du Rhône (Moulin de Vert), alt. 356 m, 22.12.1968, O. Röllin 6552 (= O. R. 13)" (G-K).

Les spores du *Tulostoma squamosum* Gmel. trans. Pers. (fig. 2) sont parmi les spores observées et, du point de vue de l'ornementation, définies d'une manière extrêmement tranchée par leurs crêtes très prononcées et tortueuses. Ces crêtes sont soit obtuses, soit plus ou moins aiguës, comme c'est le cas sur une prise de vue non reproduite ici. Le relief est très tourmenté et il serait dans ce cas absolument impossible de donner une mesure tant soit peu exacte de la spore sans son ornementation. L'enveloppe de l'ornementation est subsphérique et la dimension maximale est de l'ordre de 4.4-5.5 μm . L'apicule est bien formé, cylindrique et court. Matériel observé: "*T. squamosum*: Moulin de Vert, 29.11.1969, O. Röllin 6556 (= 31b)" (G-K).

J'ai relevé ci-dessus que les spores du *Tulostoma petrii* (fig. 3) rappellent, par leur ornementation, celles des *Geastrum*. En effet, comme ces dernières, elles sont munies de nombreuses verrues serrées, de grandeur à peu près égale et à sommet hémisphérique. Très souvent, ces verrues sont soudées entre-elles et forment alors des catenae ou des crêtes à arêtes arrondies. Autour de l'apicule, qui est en général peu distinct et de taille réduite, les verrues ont tendance à s'organiser en un ou deux cercles concentriques, la taille des verrues étant plus faible dans le cercle intérieur. Le diamètre "hors-tout" de ces spores, qui sont sphériques, est de 3.7-4.2 μm . Si l'on compare les spores de *T. petrii* observées au SEM avec les dessins des observations au microscope photonique, on est frappé par les différences. Dans notre article (MONTHOUX & RÖLLIN, 1974), j'ai dessiné l'ornementation comme des verrues isolées, sauf sur une spore dont le dessin est assez incompréhensible. Mais ceci devient clair quand on voit les photos prises au scanning, il n'était, en effet, pas possible de voir cette ornementation tourmentée au microscope photonique. Matériel observé: "*T. petrii*: Moulin de Vert (crête), 6.2.1972, O. Röllin 6533 (= O. R. 14a)" (G-K).

Le *Tulostoma fulvellum* Bres. in Petri (fig. 4) est, de tous les exemples donnés dans cet article, celui qui est le mieux caractérisé. Mis à part le fait que ses spores sont particulièrement petites, c'est la seule espèce qui en possède de nettement allongées et lisses. En effet, le rapport L/l (Longueur/largeur) est compris, en faisant abstraction du pédicelle, entre 1.18 et 1.52. Les dimensions mesurées sur les différentes photos au SEM sont: 3.1-4/2.2-2.9 μm . Ces spores sont "lisses", c'est-à-dire qu'elles ne possèdent pas d'ornementation organisée. Toutefois, leur surface est couverte de pellicules, souvent en plusieurs couches, qui tirent leur origine de la gélicification du myxosporium et/ou des hyphes primordiales de la gléba. L'apicule est large et relativement court (0.4-0.6 μm), parfois un peu cône, étant plus étroit à la partie proximale, son diamètre moyen est un peu inférieur à un micron (environ 0.9 μm). Ces spores ont une paroi mince, ce qui explique leur fragilité. Matériel observé: "*T. fulvellum*: Moulin de Vert, 356 m, 3.2.1974, O. Röllin 7423" (G-K).

Les spores des *Cyathus*

Les autres Gastéromycètes ont une gléba qui devient pulvérulente à maturité, leurs spores sont isolées et libres à l'intérieur d'un péricidium plus ou moins déhiscent. Tel n'est pas le cas des *Cyathus*. Leur péricidium contient un certain nombre de péricidioles indéhiscentes, à l'intérieur desquelles la partie fertile est prise en "sandwich" entre deux couches de matrix. Elle se présente, à l'état de maturité, comme une masse gélatineuse dense, ayant son origine dans la gélification des basides et des hyphes primordiales de la gléba, et dans laquelle les spores sont incluses.

Je pense toutefois, d'après les photographies au SEM, que la couche gélatineuse n'adhère pas aux spores, car on en verrait des traces à leur surface. Il semble plutôt que chacune d'entre-elles soit enfermée dans une gangue de gélatine assez ferme, dont il est difficile de la faire sortir. Ces conditions ne facilitent pas les préparations. Pour la microscopie photonique, il est possible, en milieu aqueux et après avoir laissé les péricidioles s'imbiber et se ramollir, de préparer à partir d'une petite portion d'hyménium des "squashes" entre lame et lamelle, la préparation étant facilitée par l'emploi de l'ammoniaque ou du KOH dilué.

Pour l'observation au SEM, on ne peut pas se contenter de cette manière de faire, puisque en fin de compte on devra travailler en milieu déshydraté. Il faut donc, dans la mesure du possible, séparer les spores de leur gangue gélatineuse et éloigner celle-ci le mieux possible, car en séchant elle réduit considérablement de volume et devient dure comme de la corne. Ce travail a été fait sous la loupe binoculaire, ce qui pose un certain nombre de problèmes, vu la taille des spores. Elles ont ensuite été traitées de la même manière que les autres avant d'être observées au SEM, c'est-à-dire: montage, déshydratation puis métallisation. Mais soit à cause de la minceur de leur paroi, soit à cause de la nature de celle-ci, il n'a pas toujours été possible d'en éviter le collapsus.

Si on admet que l'ornementation des spores, comme c'est le cas pour les pollens, est un avantage pour l'anémochorie, on comprend que les spores des *Cyathus* soient lisses, elles n'ont en effet nul besoin d'un surplus de portabilité, puisque leur moyen de propagation est tout autre, et se fait par les péricidioles entières. Celles-ci sont, comme on le sait, spécialement équipées dans ce but.

Les spores du *Cyathus olla* Batsch ex Pers. (fig. 5) sont lisses. Mesurées en microscopie photonique, elles font 9.5-12.2/9-10 μm . A cause de la rétraction due à la déshydratation, leur taille vue au SEM est plus faible, elle est de l'ordre de 8-9/6-8 μm , mais elle n'a pas beaucoup de sens à cause des déformations. La ponctuation blanche que l'on voit sur la photographie est un artefact, elle est absente sur d'autres prises de vue, dont certaines à plus fort grossissement. Matériel observé: "*C. olla*: Malval (Allondon), 13.12.1972, O. Röllin 5013 (= O. R. 206)" (G-K).

Les spores du *Cyathus stercoreus* (Schw.) De Toni in Sacc. (fig. 6, agrandissement 1900 fois) sont également lisses. Les bosselures qui sont visibles sur la photographie sont dues à la rétraction. Vues au microscope photonique elles sont lisses, sphériques ou plus rarement légèrement ellipsoïdales, mais leur taille varie dans de grandes proportions (18-35/15-32 μm), et leur paroi très épaisse peut être mise en évidence sur les spores éclatées. Ceci explique que les déformations dues à la déshydratation soient moins prononcées que pour le *C. olla*. Les spores de la figure ci-jointe ont des dimensions de 20/20 μm (vue probablement dans le sens de la longueur) et 30/20 μm . Matériel observé: "*C. stercoreus*: Moulin de Vert, 6.2.1972, O. Röllin 6547b (= O. R. 19b)" (G-K).

Les spores du *Gastrosporium simplex*

Le *Gastrosporium simplex* Matt. (fig. 15) a de petites spores délicates qui sont, dans les conditions d'observation utilisées, pratiquement toutes collapsées. Au microscope photonique, elles sont subsphériques ou plus ou moins elliptiques avec une taille de 3.2-5/3.2-4.2 μm . Au SEM elles ont une longueur de 3.3-3.6 et une largeur avoisinant 3 μm . Leur ornementation est formée par des verrues obtuses, basses, mal différenciées ou soudées les unes aux autres d'une manière qui en rend la distinction peu nette. Ces verrues sont de l'ordre de grandeur de 0.1 à 0.2 μm et sont nettement plus basses qu'elles ne sont larges. Elles sont régulièrement réparties sur toute la surface de la spore jusqu'à l'apicule qui est très court et large (0.1/0.7 μm).

J'ai profité de l'occasion pour prendre quelques vues des cristaux qui recouvrent l'exopéridium et les thallothécies de ce champignon. Elles ont confirmé les vues prises en leur temps à Berlin par M^{me} Mathey et que j'avais alors publiées (MONTHOUX, 1977). Pour ce qui est de la nature chimique de ces cristaux, j'ai entrepris de nouvelles recherches qui ne sont pas terminées et dont les résultats seront donnés dans un prochain article. Matériel étudié: "*G. simplex*: Allondon, Pont de Malval, 12.3.1972, O. Röllin 6558 (= O. R. 32)" (G-K).

Les spores des *Bovista*

Les *Bovista* Pers. sont caractérisés par des spores plutôt petites, sphériques et munies d'un très long apicule auquel on donne, dans ce cas, le nom de pédicelle. La longueur de ce pédicelle peut, chez d'autres espèces du genre, atteindre ou dépasser deux fois le diamètre de la spore, ce n'est pas le cas de nos espèces. Cette longueur est spécifiquement relativement constante, elle fournit donc un caractère distinctif utile. La taille des spores considérées est assez uniforme, de l'ordre de trois à cinq microns. L'ornementation est, chez toutes les espèces, formée de verrues de taille moyenne, assez bien individua-

lisées et nombreuses, sauf dans le cas du *B. tomentosa* où elles sont plus grandes et moins nombreuses.

Un certain nombre d'auteurs notamment COKER & COUCH (1928) décrivent les spores de *Bovista* comme lisses. GRÉGORI & NIXON (1950) disent également que si on les observe au microscope photonique, elles paraissent lisses. D'autre part, KREISEL (1967), dans sa monographie du genre *Bovista*, décrit des spores (il montre notamment celles de *B. plumbea*) avec une ornementation recouverte d'une "substance incolore et amorphe". Il s'agit des couches externes du myxosporium qui recouvrent l'ornementation d'origine exosporique (BRONCHART & al., 1975). C'est en effet cette couche externe que l'on voit en microscopie photonique quand on observe dans l'eau. Pour voir l'ornementation sous-jacente, il faut s'aider de certains colorants, notamment le Bleu de méthyle, comme je l'ai fait pour les dessins de spores publiés dans MONTHOUX & RÖLLIN (1976b). Dans le cas de l'observation au SEM, cette couche gélatineuse externe du myxosporium (ectosporium ou ectospore) est déshydratée et appliquée sur l'ornementation.

Le *Bovista limosa* Rostrup (fig. 7) possède des spores globuleuses d'un diamètre total de 4.5-5.1 μm . L'ornementation est constituée soit de verrues parfois appointies, soit de piliers côniques. Ces éléments sont parfois réunis et forment alors des structures plus complexes qui restent tout de même assez individualisées. Ces ornements mesurent 0.3-0.4 μm de haut. Entre eux, on remarque de rares verrues de taille plus faible. Le pédicelle est long, il mesure 5.2-7.7 μm , il est donc toujours plus court que le double diamètre de la spore. Il est souvent plus ou moins cône ou de largeur uniforme. Parfois, comme c'est le cas sur la micrographie donnée ici, il s'évase légèrement mais brusquement à l'extrémité distale. Son diamètre moyen est 0.6-0.8 μm . A l'état sec, ce qui est son statut naturel, il montre de grossiers sillons obtus longitudinaux. Matériel observé: "*B. limosa*: Moulin de Vert, plateau, alt. 450 m, 25.2.1976, O. Röllin 6036" (G-K).

Les spores du *Bovista tomentosa* (Vitt.) Qué. (fig. 8) sont subglobuleuses ou légèrement elliptiques, de dimensions 3.8-4.1/3.5-3.7 μm . L'ornementation est plus raréfiée et plus grossière que dans le cas des trois autres *Bovista*. Elle est formée de verrues soit isolées soit réunies, mais qui sont, proportionnellement à leur largeur un peu moins hautes que chez l'espèce précédente. Elles ont une hauteur moyenne d'environ 0.25 μm , celles qui sont isolées ont un diamètre à la base de l'ordre de 0.45 μm . Entre les verrues de taille "normale", on en voit quelques-unes, assez rares, qui ont une taille nettement inférieure. Le pédicelle est souvent droit, parfois arqué, cylindrique et d'épaisseur constante. Il mesure 6.8-8.8 μm de longueur pour une épaisseur moyenne de l'ordre de 0.7 μm . Matériel observé: "*B. tomentosa*: Moulin de Vert, alt. 356 m, 6.2.1972, O. Röllin 6720 (= O. R. 17c)" (G-K).

Les spores du *Bovista plumbea* Pers. per Pers. (fig. 9) se distinguent par leurs verrues plus nombreuses et plus serrées, rarement isolées, mais réunies à plusieurs pour former des structures qui prennent souvent la forme de crêtes caténulées. Cette ornementation est de forme bien arrondie, sans angles aigus. Vue en coupe, sa hauteur est plus faible que le demi-diamètre de sa base. Chez les verrues isolées ou celles qui forment les catenae, l'ordre de grandeur du diamètre de la base est de $0.25\ \mu\text{m}$ et leur hauteur moyenne de $0.12\ \mu\text{m}$. Entre ces verrues de grandeur relativement uniforme, s'en trouvent quelques autres de taille moindre. Les dimensions des spores, y compris l'ornementation, est de $4.0\text{-}5.1/3.5\text{-}4.3\ \mu\text{m}$. Le pédicelle est d'épaisseur régulière, avoisinant $0.6\ \mu\text{m}$ de diamètre et grossièrement sillonné par la dessiccation. Sur le pédicelle d'une des spores représentées ici, on voit ce qui est très probablement du matériel détritique provenant de la gélification des hyphes génératives de la gléba. Matériel observé: *B. plumbea*: "Moulin de Vert, 26.2.1966, O. Röllin 6583 (= O. R. 4)" (G-K).

Les spores du *Bovista pusilla* (Batsch) ex Pers. (fig. 10) sont parfaitement sphériques. Elles ont un diamètre, y compris l'ornementation, de $4.0\text{-}4.5\ \mu\text{m}$. Leur ornementation est formée de deux types de verrues assez distincts. Les premières sont "grandes" et hémisphériques, elles sont assez régulièrement distribuées et ont un diamètre variant de 0.25 à $0.4\ \mu\text{m}$. Leur hauteur dépasse un peu leur demi-diamètre et elles sont parfois un peu appointies. Entre les verrues de ce premier type, sont semées assez régulièrement et en nombre variable, des ponctuations difficilement mesurables à cette échelle, que j'estime être cinq à huit fois plus petites. Le pédicelle de cette espèce est nettement plus court que celui des trois espèces déjà décrites. Il est inférieur au diamètre (même au rayon) de la spore. Il mesure $1.0\text{-}1.2\ \mu\text{m}$ de long pour un diamètre assez régulièrement de $0.5\ \mu\text{m}$, il est nettement tronqué. Matériel observé: "*B. pusilla*: Boucle du Rhône (Moulin de Vert), 25.12.1971, O. Röllin 6503" (G-K).

Les spores du *Lycoperdon lividum*

Le *Lycoperdon lividum* Pers. (fig. 12) possède des spores ressemblant beaucoup à celles de nos *Bovista*, surtout à celles du *B. pusilla*. Il se distingue cependant de ceux-ci par son pédicelle plus court. Le *B. pusilla* qui, parmi les Bovistes, est le plus courtement pédicellé en possède cependant un qui est moitié plus long que celui qui nous occupe. La spore est sphérique. Elle mesure, y compris l'ornementation $3.7\text{-}4.5\ \mu\text{m}$. Elle a une ornementation assez régulièrement répartie, mais elle est formée de verrues qui n'ont pas toutes la même taille. Les plus grandes d'entre-elles ont une base quasiment circulaire d'un diamètre pouvant atteindre $0.4\ \mu\text{m}$ et une hauteur égale ou un peu supérieure. Elles sont en général côniques et un peu émoussées, mais peuvent avoir aussi un sommet hémisphérique. Les autres verrues ont une forme sensible-

ment la même. Entre ces verrues on peut voir parfois assez nettement les restes "en draperie" du myxosporium. Ces spores sont proches de celles du *Vascellum pratense* qui leur ressemblent sur ce point. Chez ces deux espèces, de même que chez *Tulostoma fulvellum*, ces restes sont plus visibles que chez les autres Gastéromycètes étudiés.

Le pédicelle est en général cylindrique, bien qu'il puisse être parfois très légèrement cônique dans un sens ou dans l'autre. Il a une longueur qui va de 0.5 à 1.0 μm pour une largeur de 0.5-0.6 μm . Matériel étudié: "*L. lividum*: Les Râclerets, 24.2.1973, O. Röllin 6561" (G-K).

Les spores du *Vascellum pratense*

Les spores du *Vascellum pratense* (Pers.) Kreisel (fig. 11) montrent bien la parenté de cette espèce avec celles de la famille des Lycoperdaceés dont elle fait partie. Elles ressemblent, en effet, aux spores des *Bovista* et du *Lycoperdon lividum*. Elles sont subsphériques, c'est-à-dire sphériques avec un cône nettement marqué en direction du pédicelle. Celui-ci est souvent implanté de travers: il s'éloigne de l'axe de symétrie défini par son point de départ sur la spore. Il a une longueur de 0.4-0.5 μm , il est cylindrique et a une largeur de l'ordre de 0.4 μm . La spore elle-même mesure avec l'ornementation 3.2-3.5/2.9-3.4 μm .

L'ornementation est formée de verrues hémisphériques ou un peu appointies, reliées entre-elles par le myxosporium collapsé qui forme des crêtes incurvées entre les verrues. En ceci, elle marque une ressemblance avec le *Lycoperdon lividum*. Les spores de ces deux espèces se ressemblent assez, si ce n'est que le *V. pratense* ne possède pas de verrues de taille intermédiaire, il montre seulement les grandes verrues et une fine ponctuation qui est même presque absente chez certaines spores. Les verrues ont un diamètre à la base de 0.2-0.3 μm et une hauteur de 0.15-0.25 μm . Matériel étudié: "*V. pratense*: Moulin de Vert: esplanade centrale, prairie sèche, 28.11.1970, O. Monthoux 1975" (G-K).

Les spores des *Geastrum*

Les spores des *Geastrum* se distinguent par leur ornementation très prononcée. La hauteur de cette ornementation, ajoutée au fait que les très grandes verrues sont très serrées, fait que c'est tout ce qu'il est possible de voir de la spore, sauf dans la région de l'apicule. Ce sont sans doute les spores qui possèdent l'ornementation la plus haute et la plus serrée parmi celles que nous étudions ici.

Les spores du *Geastrum minimum* Schwein. (fig. 13) sont subsphériques et un peu aplaties dorsi-ventralement. Il semble bien que cet aplatissement ne soit pas un artefact, puisque toutes celles qui furent observées montraient cette asymétrie ce qui est rare chez les Gastéromycètes. Leur ornementation, qui est tout ce qui est visible à part l'apicule, est très forte. Elle est formée de "tubercules" nettement plus hauts que larges qui sont, pour autant qu'on puisse en juger, serrés les uns contre les autres à la base, et qui s'écartent ensuite vers leur sommet, à cause de leur divergence et du fait qu'ils s'appointissent légèrement à leur extrémité. Ils ont une taille 0.4 à 0.6 μm à leur base, qui est un peu polygonale. J'estime leur hauteur à 0.6-0.8 μm . Leurs sommets sont plus ou moins arrondis. Vers l'apicule, ils sont organisés en couronne par huit ou neuf. L'apicule qui a une paroi épaisse, a un diamètre de 1.1 μm et une longueur du même ordre de grandeur. La spore totale mesure 3.9-4.7 μm de large, 3.1-4.0 μm d'épaisseur et 4.0-5.0 μm de longueur. Matériel étudié: "*G. minimum*: Allondon, Malval, 25.12.1976, O. Röllin 6290" (G-K).

Le *Geastrum sessile* (Sow.) Pouz. (= *G. fimbriatum* auct. plur.) (fig. 14) a des spores plus petites, mais l'allure générale est la même. Les tubercules de l'ornementation mesurent à la base 0.3-0.5 μm pour une hauteur de l'ordre de 0.6-0.7 μm .

D'après les différentes prises de vue faites au SEM, on constate une assez grande variabilité de taille, pour de mêmes proportions que l'espèce précédente, la longueur peut varier de 2.5 à 3.5 μm . Matériel étudié: "*G. sessile*: Moulin de Vert, 15.2.1970, O. Röllin 6576" (G-K).

Les capillitiums

Une étude systématique des capillitiums des Gastéromycètes au SEM apporterait sûrement une aide supplémentaire aux taxonomistes de ce groupe, car ils montrent dans leur micromorphologie, si elle est observée à un grossissement suffisant, un certain nombre de caractères qui semblent assez constants au niveau des genres. Ces caractères sont soit invisibles au microscope photonique, soit ils sont passés inaperçus à cause de leur petitesse. Au début du siècle déjà, PETRI (1904) avait attiré l'attention sur l'importance des capillitiums pour la taxonomie du genre *Tulostoma*.

Le statut naturel de la gléba pulvérulente d'un gastéromycète mûr, est d'être le plus souvent sèche. Il en est de même pour les spores qui en font partie. C'est justement les conditions que nous avons pour l'observation au SEM, elles correspondent donc aux conditions naturelles. Mais cela pose un problème pour les capillitiums à parois minces car ils peuvent être, dans ce cas, plus ou moins aplatés. Il est alors délicat de donner des dimensions pour la largeur de ces filaments, puisque ils ne sont plus cylindriques. Si le collapsus est complet, la mesure minimale correspond à deux fois l'épaisseur de la paroi

de l'hyphes en question et la mesure maximale à environ la moitié de son périmètre. Ces dimensions doivent donc être interprétées en tenant compte de ce fait. De toute manière, les conditions de mesure seront données dans chaque cas.

Matériel observé. — Les échantillons utilisés pour le prélèvement des capillitiums sont les mêmes que pour les spores et leur identité a été citée dans les chapitres précédents.

Tulostoma

Les auteurs anciens, PETRI (1904, déjà cité), et moins anciens, WRIGHT (1955) ont attiré l'attention sur l'intérêt de l'étude des capillitiums des *Tulostoma*. La microscopie électronique à balayage pourra donc en tirer un parti encore meilleur.

Les quatre espèces de *Tulostoma* étudiés ont des capillitiums que l'on peut diviser en deux groupes, deux à deux. Le premier groupe, comprenant *T. brumale* (fig. 17) et *T. fulvellum* (fig. 20) se caractérise par ses hyphes parfois nettement plus larges, pouvant atteindre jusqu'à 14 μm , mais surtout par les renflements caractéristiques qu'elles montrent au niveau des septa. Ces renflements sont généralement en forme de poire, c'est-à-dire que d'un côté l'hyphes s'élargit progressivement, mais, de l'autre elle le fait très brusquement, en formant parfois un angle droit. Dans certains cas, chez le *T. brumale*, le renflement brusque se fait de chaque côté, on en a un exemple sur la figure 17. Sur cette même figure, des cristaux d'oxalate de calcium sont bien reconnaissables à leur forme bipyramidale, ceux qui sont en plaquettes sont moins typiques. Les embranchements ne sont pas très nombreux surtout chez *T. brumale* où ils existent cependant, bien qu'il n'y en ait pas sur la micrographie de la figure 17.

Les espèces du deuxième groupe, comprenant les *T. petrii* (fig. 19) et *T. squamosum* (fig. 18) ont un capillitium mince et flexueux de largeur régulière et assez constante. Il est lisse et exempt de cristaux ou de déchets pariétaux. Ce qui le distingue surtout du premier groupe, c'est qu'il n'est pas sensiblement renflé au niveau des septa. Les embranchements sont assez nombreux et à angle droit.

Il est délicat de donner des dimensions pour ces espèces à paroi mince. Les valeurs données ici sont des estimations (voir introduction de ce chapitre). *T. brumale*: 4-10 μm , septa (diamètre): 10-13 μm ; *T. squamosum*: double paroi 1 μm , demi-périmètre 3-4 μm ; *T. petrii*: double paroi 1 μm , demi-périmètre 3-4 μm ; *T. fulvellum*: double paroi 1.5 μm , demi-périmètre 4-6 μm , septa 8 μm .

Cyathus

Dans le genre *Cyathus*, le capillitium est absent. La glèbe est remplacée, comme nous l'avons vu lors de la discussion sur les spores, par une masse

gélatineuse dans laquelle baignent les spores et des restes d'hyphes génératives.

Gastrosporium

Chez le *Gastrosporium simplex* (fig. 16), le capillitium vrai manque. La gléba est formée d'un paracapillitium aux hyphes à paroi mince, complètement collapsées, entre lesquelles les spores sont retenues. Ces hyphes aplaties ont une largeur maximale qui est de l'ordre de 4 μm .

Bovista

Les capillitiums des *Bovista tomentosa* (fig. 27, 28) et *B. plumbea* (fig. 31) sont gros et flexueux, alors que ceux des *B. limosa* (fig. 25, 26) et *B. pusilla* (fig. 29, 30) sont relativement plus minces et droits. Tous sont plus ou moins recouverts de déchets parétaux. Chez *B. plumbea* et *B. limosa*, il n'est pas poré. Chez *B. pusilla* il l'est très nettement, alors que chez *B. tomentosa* il est, comme je l'avais relevé dans MONTHOUX & RÖLLIN (1976), irrégulièrement poré. En effet, sur la figure 27 on ne distingue pas de pores, alors que sur la figure 28 qui provient du même échantillon, ils sont très visibles, bien que petits. Il me semble que ce sont surtout les plus grosses hyphes (ou plutôt les hyphes dans leurs parties les plus épaisses) qui en sont pourvues. Aucun septum n'est visible ou indiqué par un renflement extérieur. Chez les *Bovista* le capillitium forme, dans les cas typiques, en son milieu un tronc épais qui va se dichotomisant et s'amincissant insensiblement jusque vers les extrémités, où il est alors extrêmement mince. Il n'y a pas de sens, dans ce cas de donner d'autres mesures d'épaisseur que les maxima, même si on n'est pas sûr d'avoir affaire à un tronc principal, ce qui est probable. C'est ce que je ferai ici, même s'il s'agit du type de transition.

Dimensions (maxima): *B. limosa* 7 μm ; *B. tomentosa* 9 μm ; *B. plumbea* 15 μm ; *B. pusilla* 8 μm .

Lycoperdon

Le capillitium du *Lycoperdon lividum* (fig. 21, 22) est formé de filaments relativement droits et étroits, il est également poré. Ces pores sont plutôt rares. On en voit nettement deux sur l'hyphe verticale la plus à gauche de la figure 21 et sur la figure 22 où ils sont toutefois peu nets. Leur diamètre est de l'ordre de 0.3-0.7 μm . Ce capillitium a des embranchements à angle droit assez nombreux. On y voit quelques débris de matériel pariétal plus ou moins lamellaire. Le diamètre des hyphes montrées ici est compris entre 1.3 et 4 μm .

Vascellum

Le *Vascellum pratense* (fig. 23, 24) a pendant longtemps passé pour ne pas avoir de capillitium, mais KEISEL (1962) a montré qu'il pouvait exister en faible quantité près de l'endopéridium.

Si on observe au microscope photonique des exemplaires juvéniles au début de la maturation, c'est-à-dire quand la gléba commence à virer au jaune, on voit qu'elle est formée de sortes de plaques (les "Tramaplatten" des auteurs allemands). C'est un reste de son organisation lacunaire. Ces "Tramaplatten" sont les parois des "chambres" (les "Kammern", qui ont la forme de polyèdres aplatis); elles sont formées de matière pariétale amorphe et mince où sont fixées les hyphes du paracapillitium et où adhèrent librement les spores. Observée au SEM, la gléba des échantillons mûrs montre des restes de ces "Tramaplatten". Les hyphes sont fortement empâtées dans le matériel amorphe dont on reconnaît la nature lamellaire (fig. 23, à gauche). Les hyphes ont des parois très minces et donc complètement collapsées à l'état de déshydratation. Leur largeur moyenne, quand elles sont aplaties, avoisine 4 à 5 microns.

Le capillitium proprement dit (fig. 23, à droite et 24), se distingue sur les micrographies par le fait qu'il n'est pas collapsé. Le diamètre des hyphes est du même ordre de grandeur que celui du paracapillitium et l'on n'y distingue pas de pores.

Geastrum

Le capillitium des *Geastrum* (fig. 32-34) est mince, flexueux et cylindrique, mais pas très régulier. Il est ridulé dans le sens longitudinal, ce qui est bien visible sur la figure 34 chez le *G. sessile*. Il n'y a pas de septa visibles et les embranchements sont très rares. A leur surface, restent attachés quelques restes de matériel pariétal sous forme d'écailles. Les capillitiums de ces deux espèces sont très semblables bien que le premier soit un peu plus épais. La largeur des filaments du *G. sessile* (fig. 33, 34) est de 1.5-4 μm et celle du *G. minimum* (fig. 32) 1.5-3.5 μm .

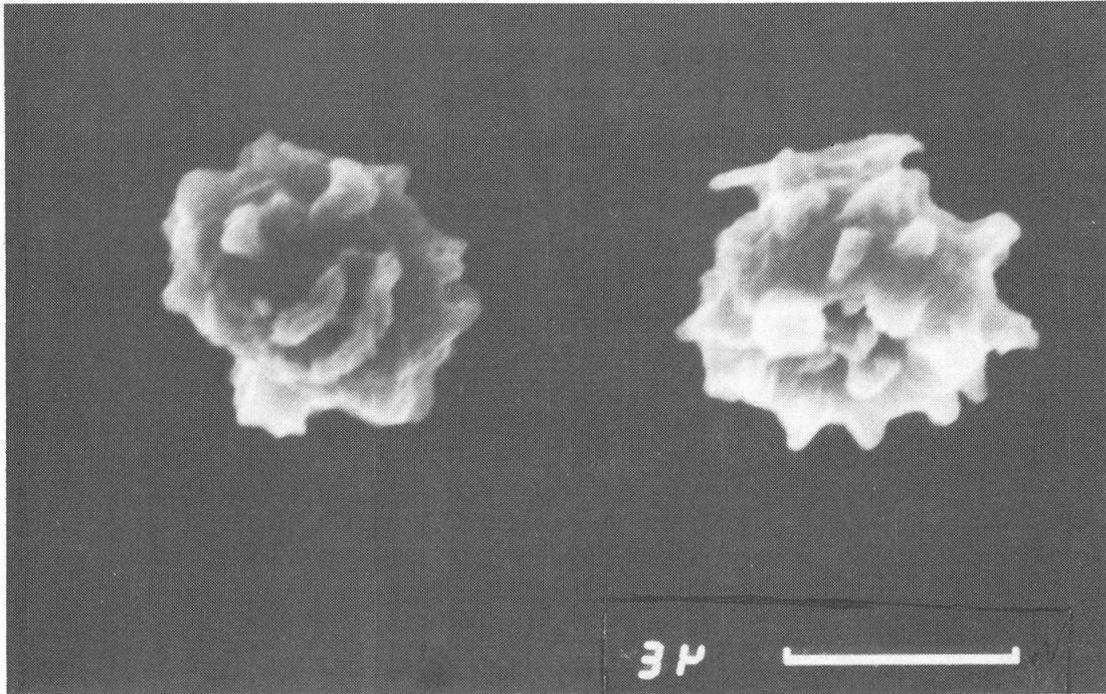


Fig. 1. — Spores du *Tulostoma brumale* ($\times 8000$). (L'échelle de référence est la même pour toutes les spores, sauf pour celles de la figure 6. Photos de l'auteur).

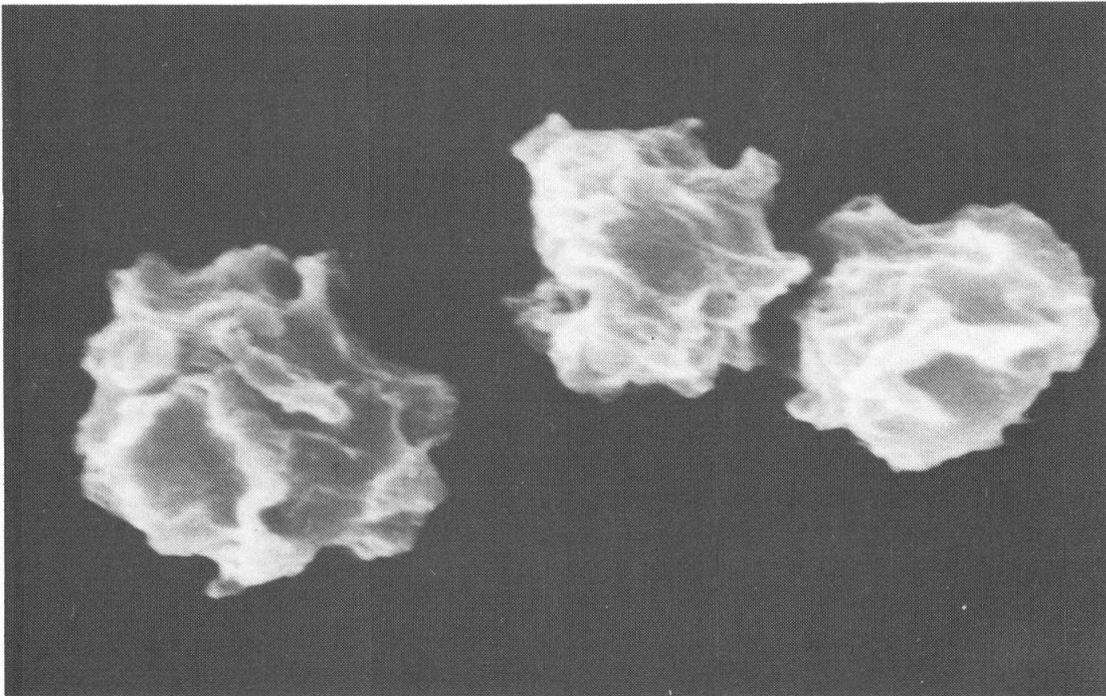


Fig. 2. — Spores du *Tulostoma squamosum* ($\times 8000$).

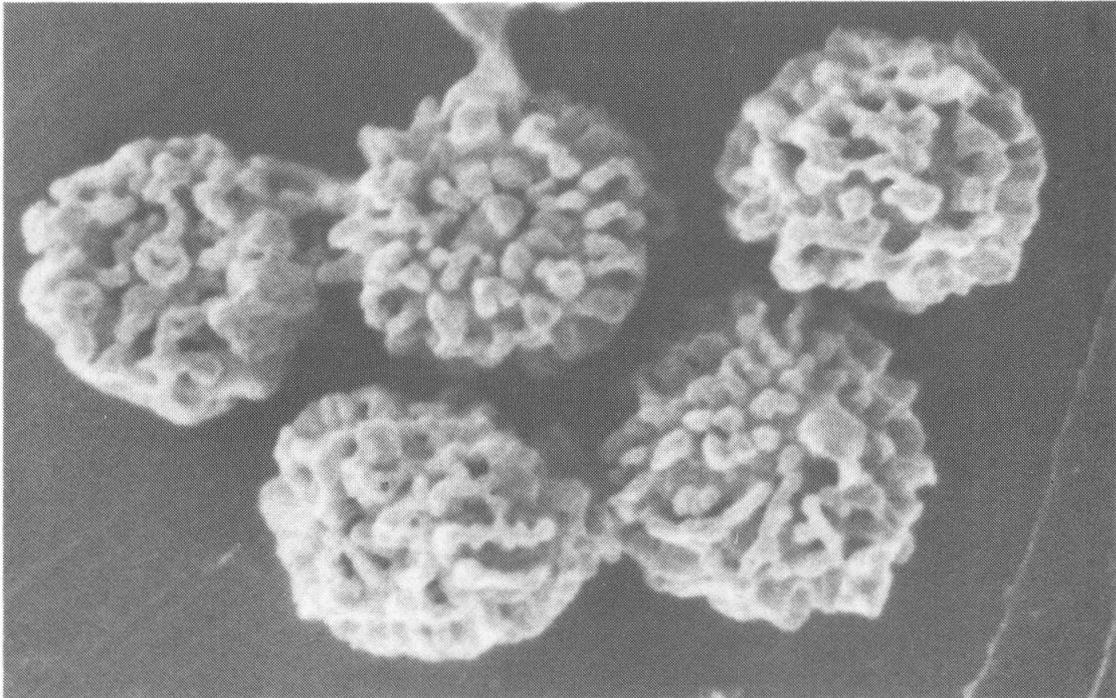


Fig. 3. — Spores du *Tulostoma petrii* ($\times 8000$).

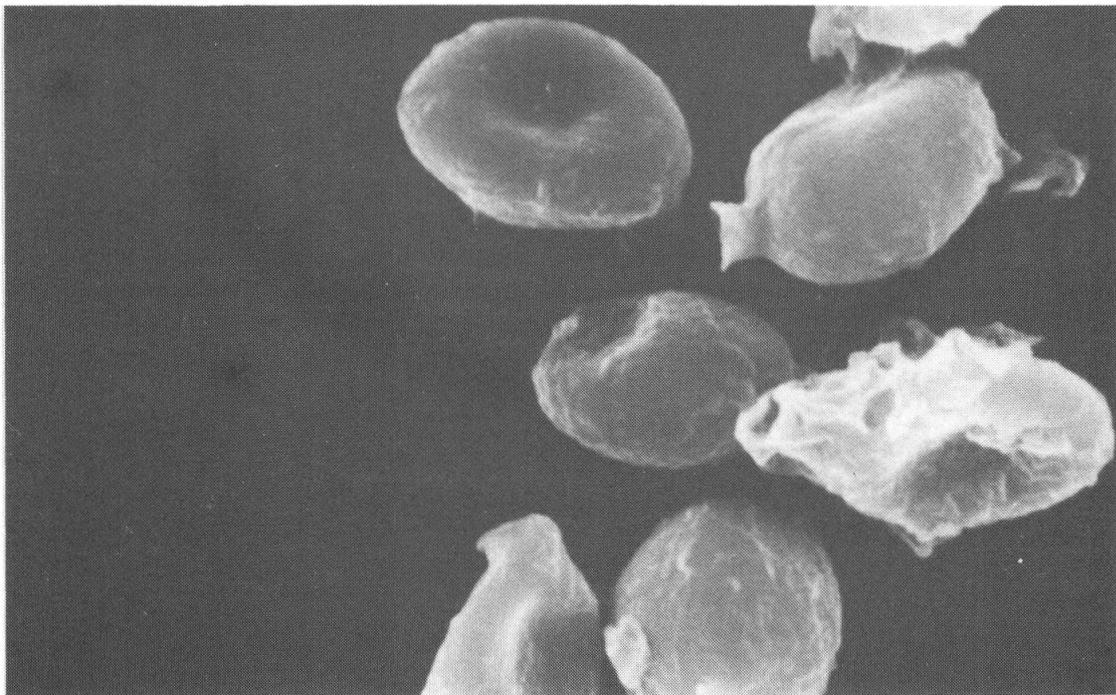


Fig. 4. — Spores du *Tulostoma fulvellum* ($\times 8000$).

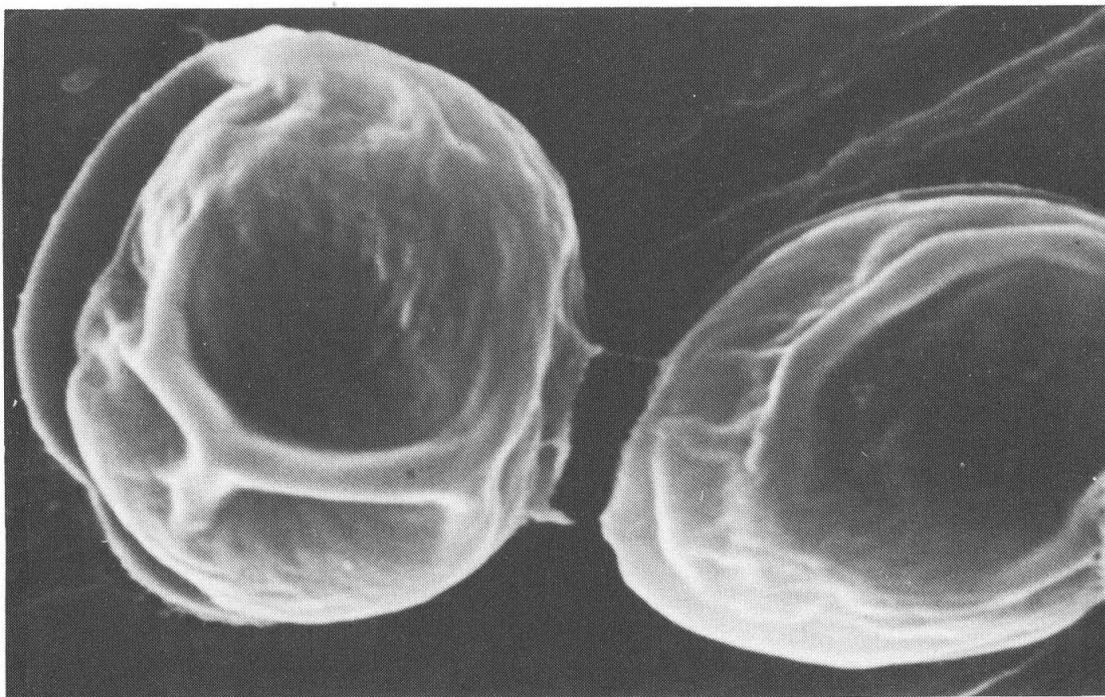


Fig. 5. — Spores du *Cyathus olla* ($\times 8000$).

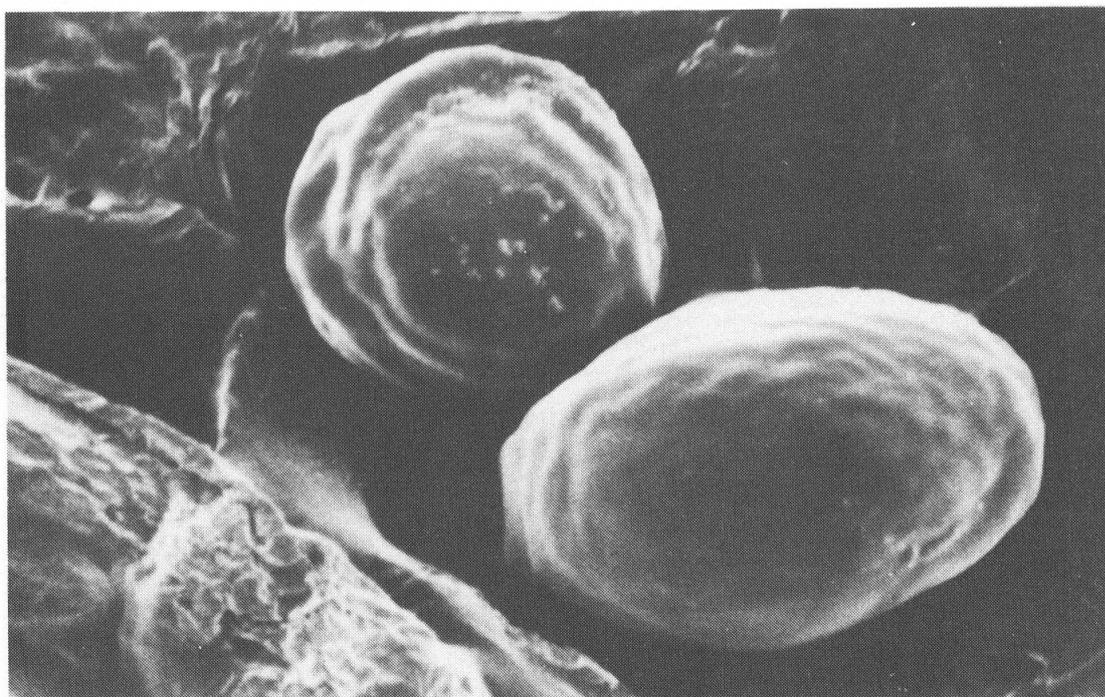


Fig. 6. — Spores du *Cyathus stercoreus* ($\times 1900$).

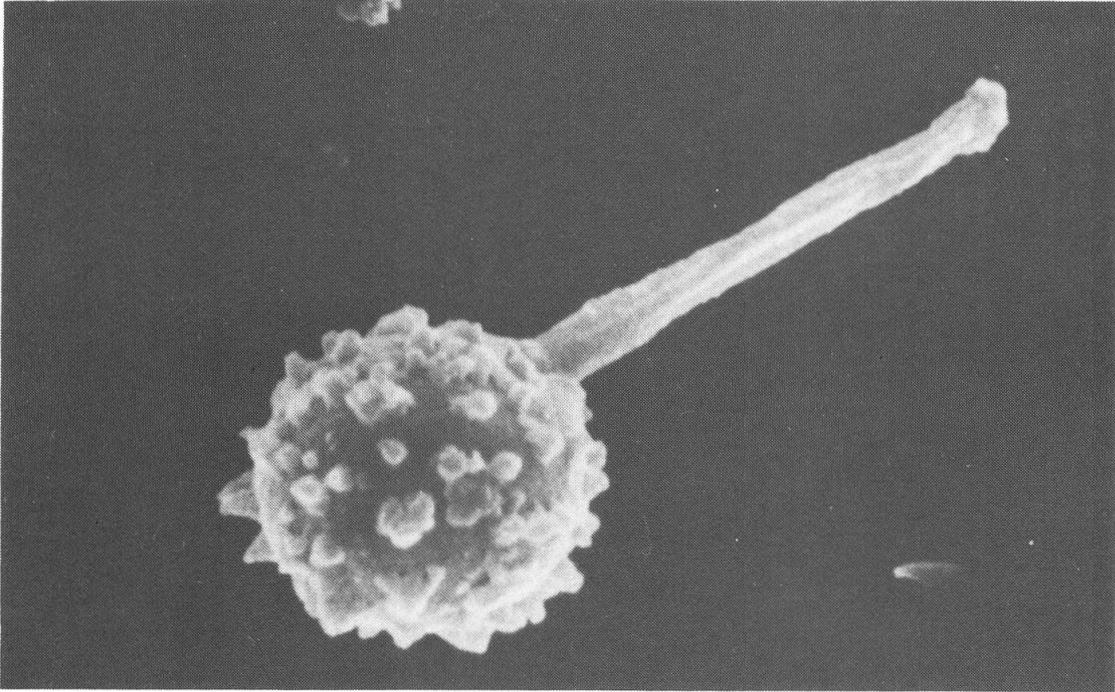


Fig. 7. — Spore du *Bovista limosa* ($\times 8000$).

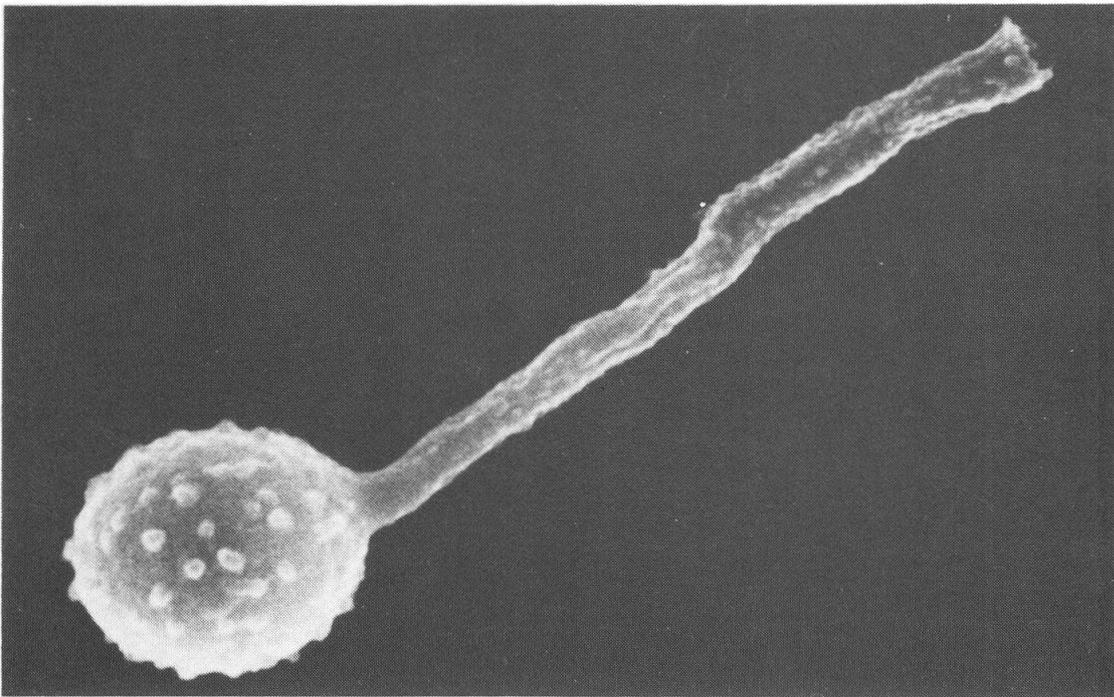


Fig. 8. — Spore du *Bovista tomentosa* ($\times 8000$).

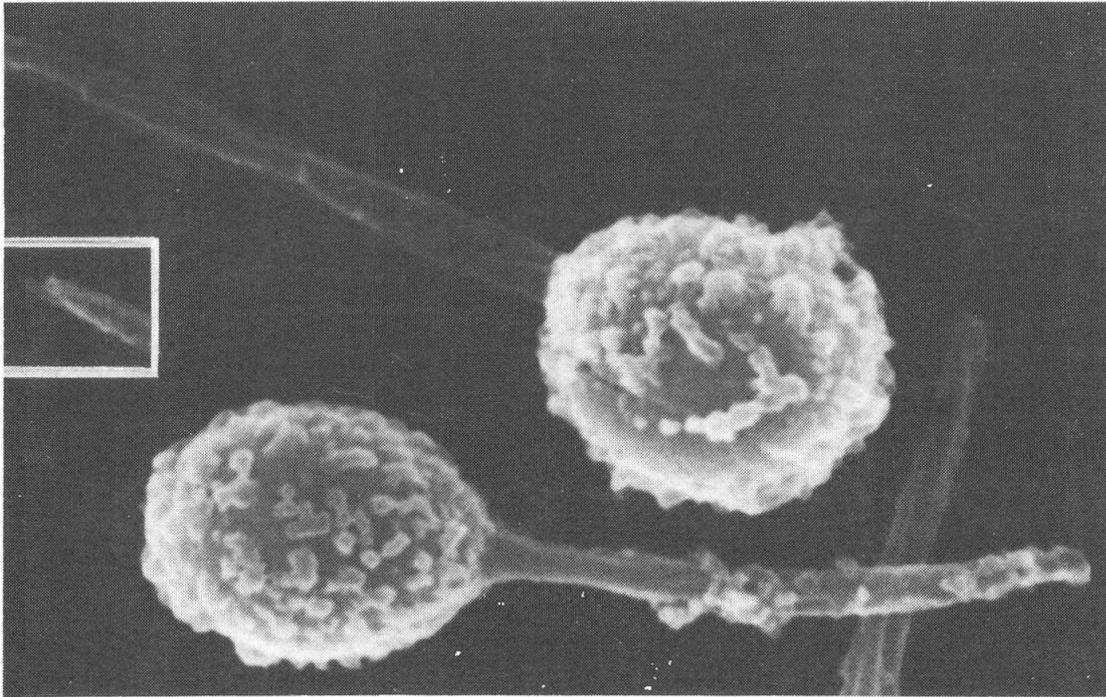


Fig. 9. — Spores du *Bovista plumbea* ($\times 8000$) (l'extrémité du pédicelle de la spore supérieure est rapportée).

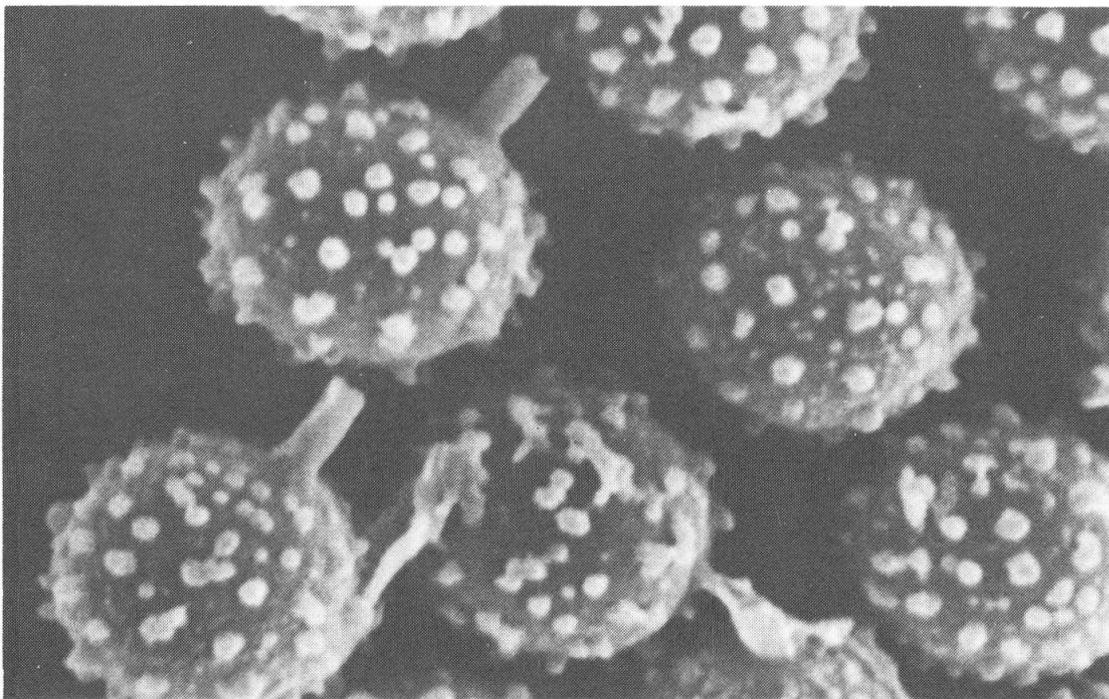


Fig. 10. — Spores du *Bovista pusilla* ($\times 8000$).

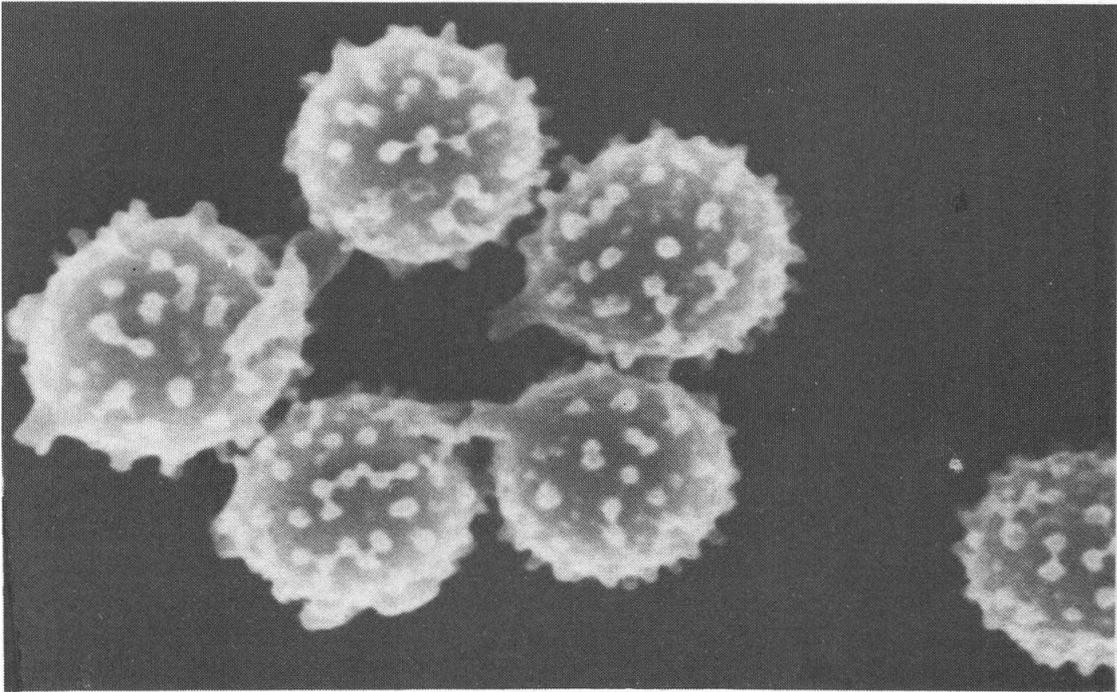


Fig. 11. — Spores du *Vascellum pratense* ($\times 8000$).

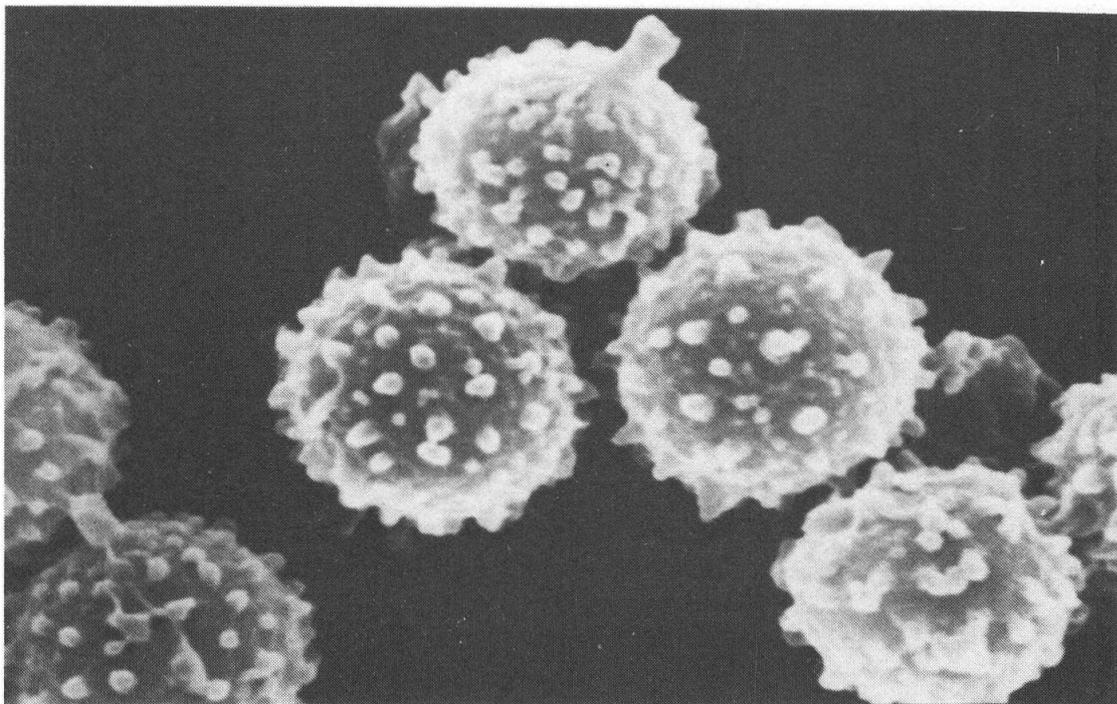


Fig. 12. — Spores du *Lycoperdon lividum* ($\times 8000$).

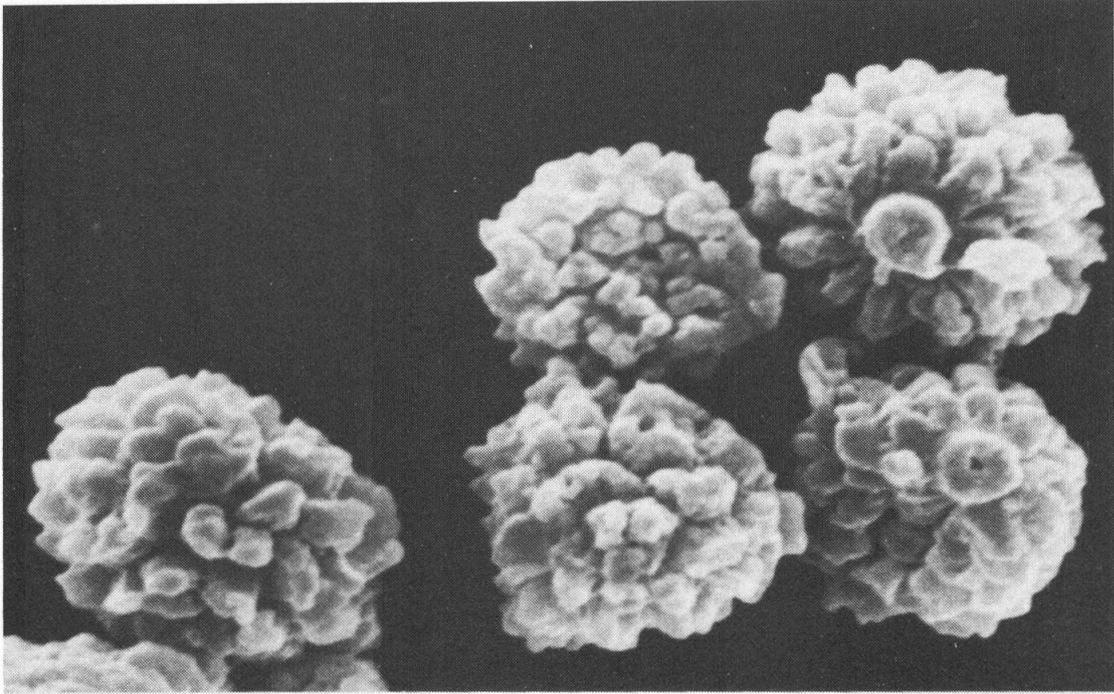


Fig. 13. — Spores du *Geastrum minimum* ($\times 8000$).

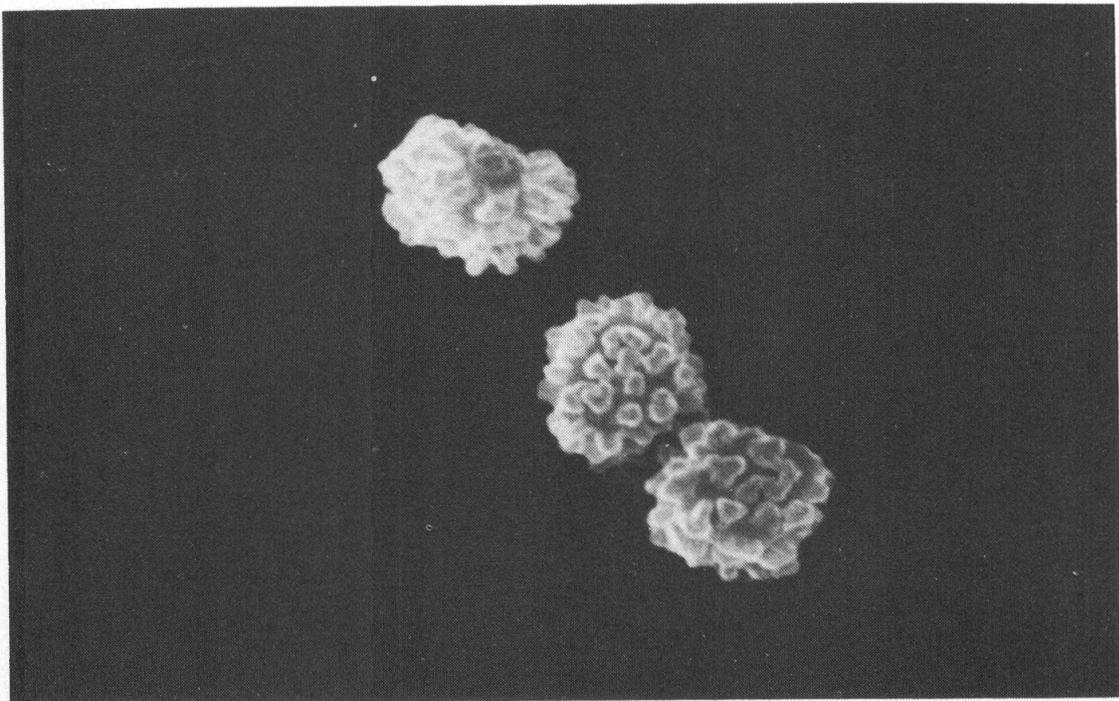


Fig. 14. — Spores du *Geastrum sessile* ($\times 8000$).

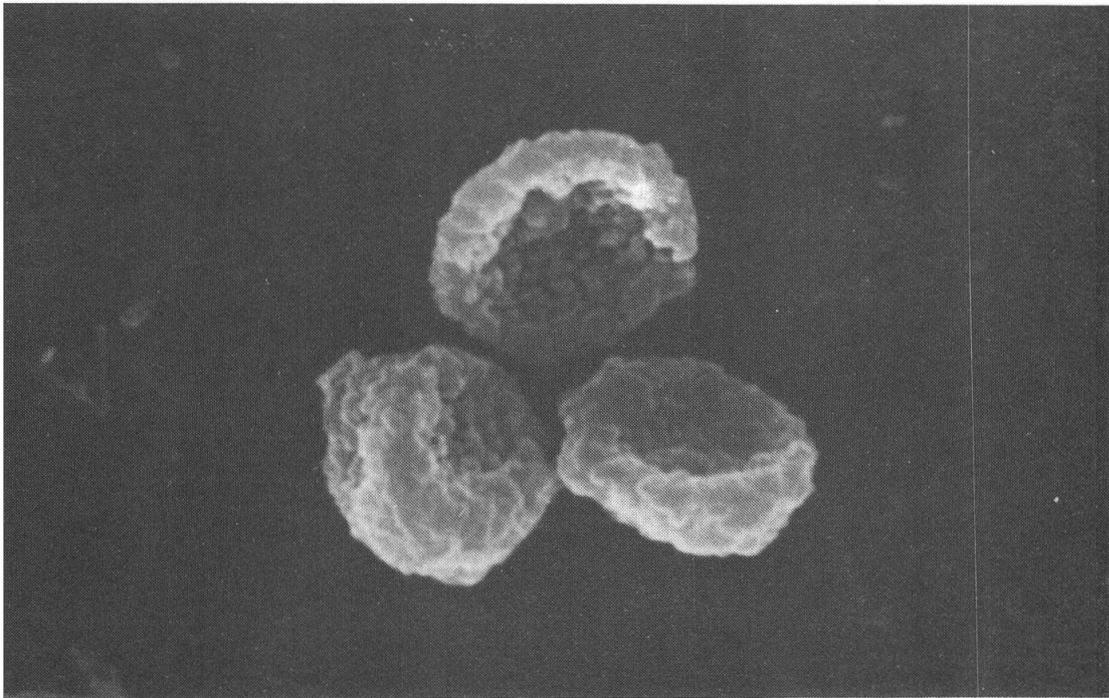


Fig. 15. — Spores du *Gastrosporium simplex* ($\times 8000$).

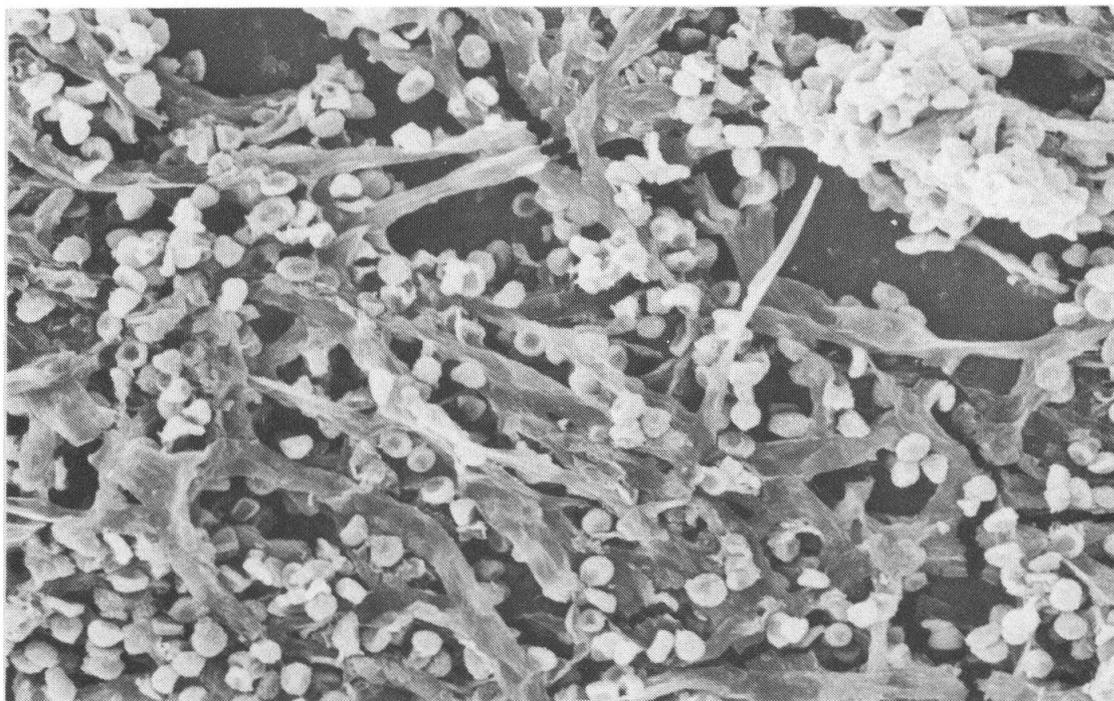


Fig. 16. — Hyphes du paracapillitium du *Gastrosporium simplex* ($\times 1000$).

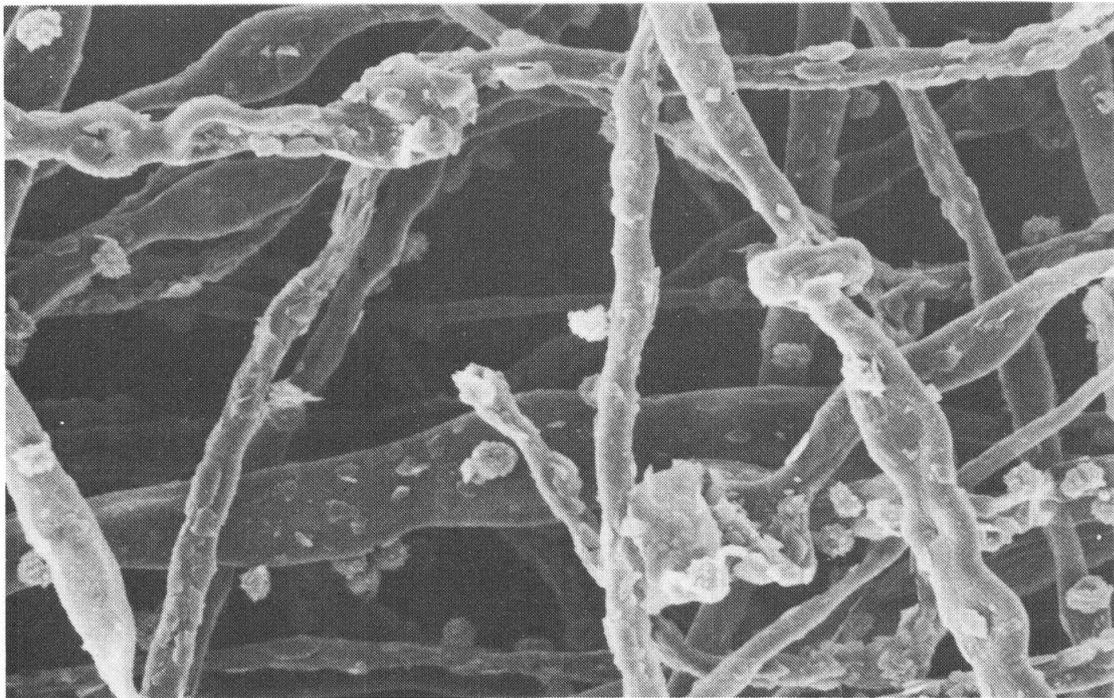


Fig. 17. — Capillitium du *Tulostoma brumale* ($\times 1000$).

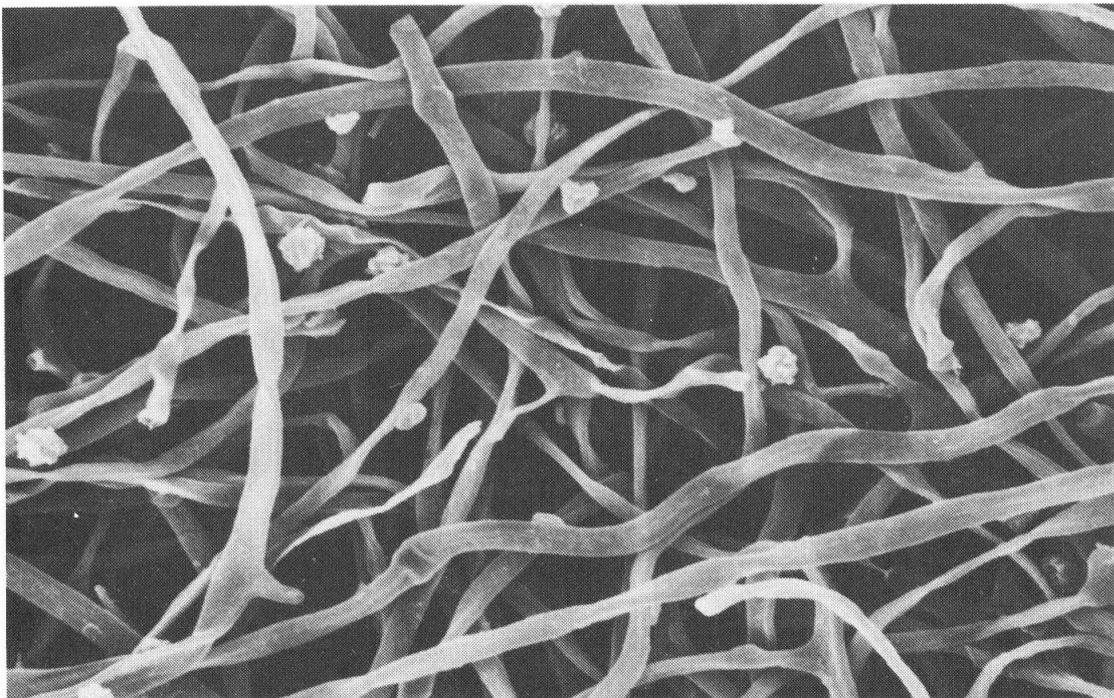


Fig. 18. — Capillitium du *Tulostoma squamosum* ($\times 1000$).

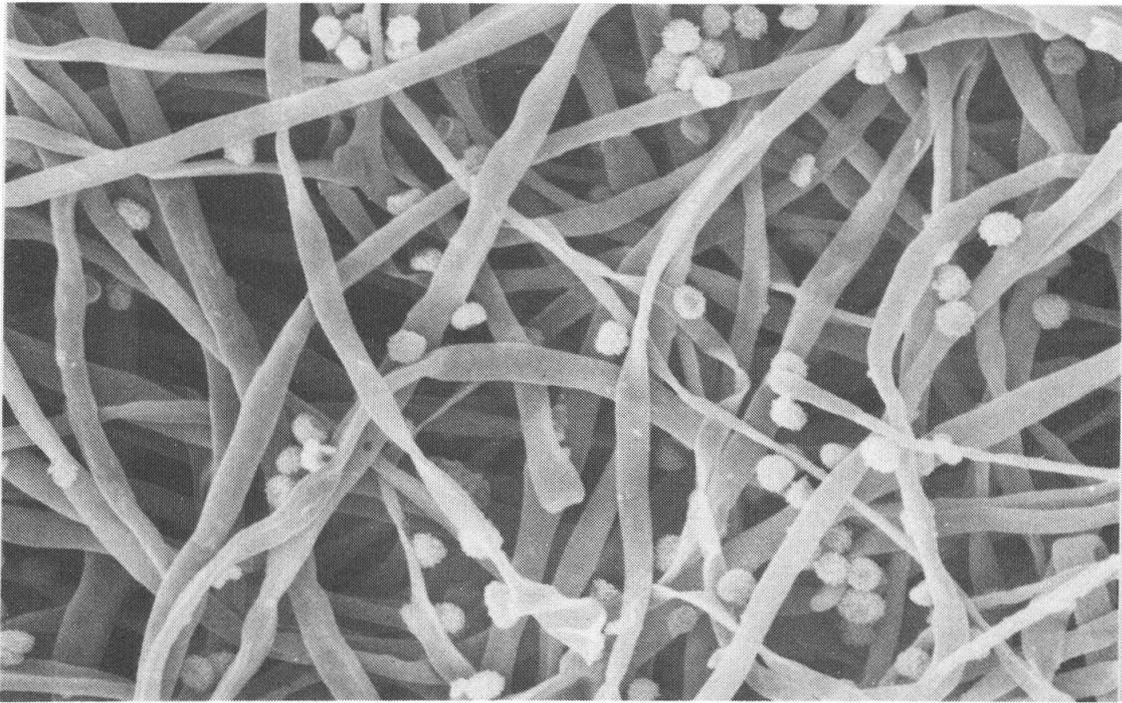


Fig. 19. — Capillitium du *Tulostoma petrii* ($\times 1000$).

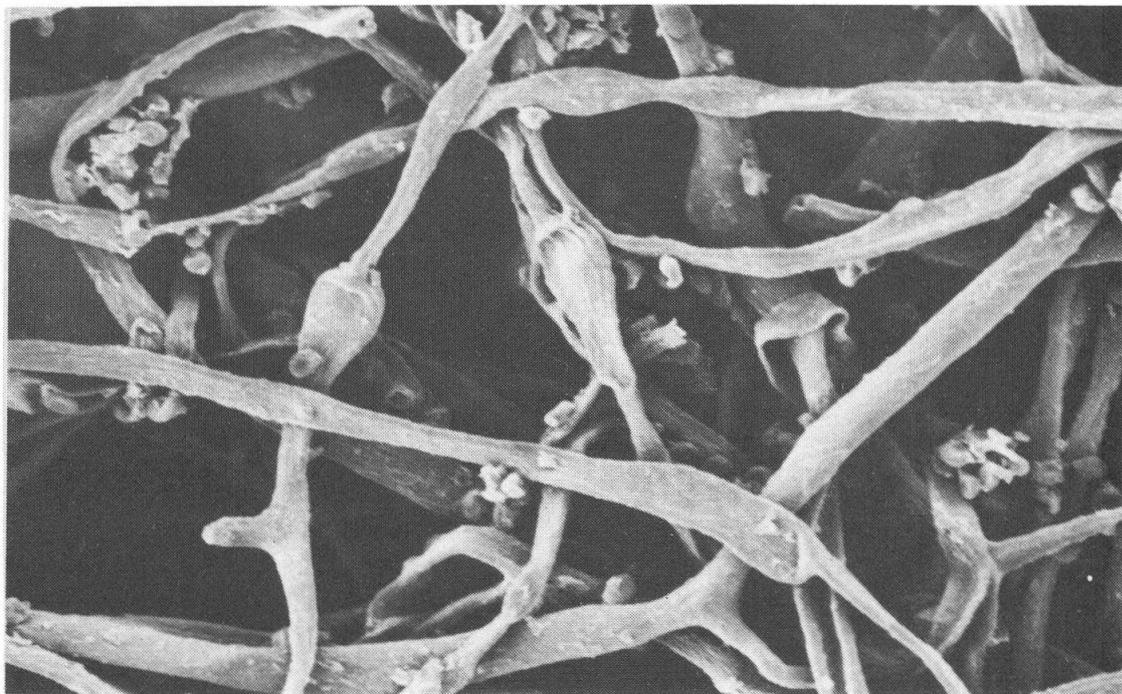


Fig. 20. — Capillitium du *Tulostoma fulvellum* ($\times 1000$).

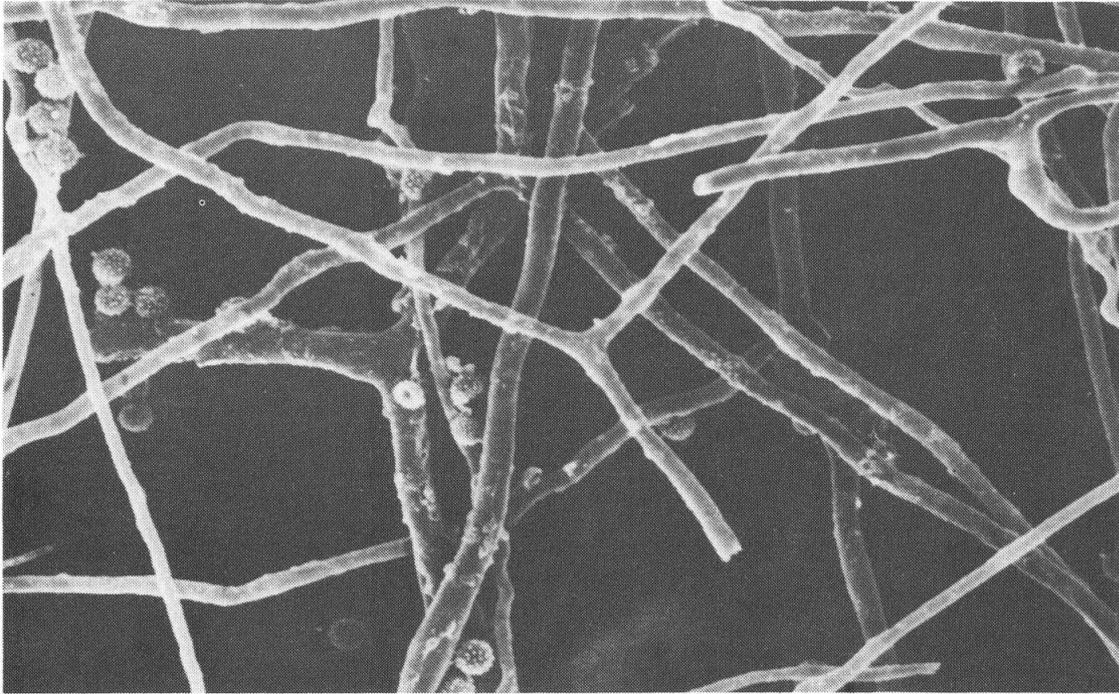


Fig. 21. — Capillitium du *Lycoperdon lividum* ($\times 1000$).

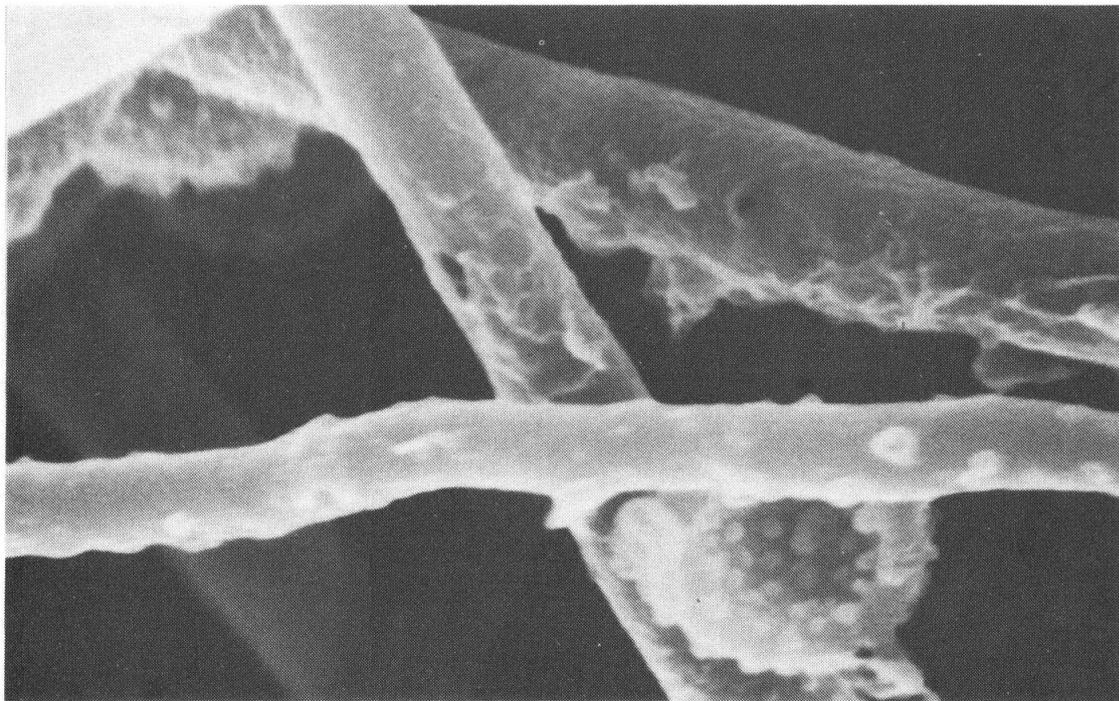


Fig. 22. — Capillitium du *Lycoperdon lividum* (agrandi à $8000 \times$) montrant les pores.

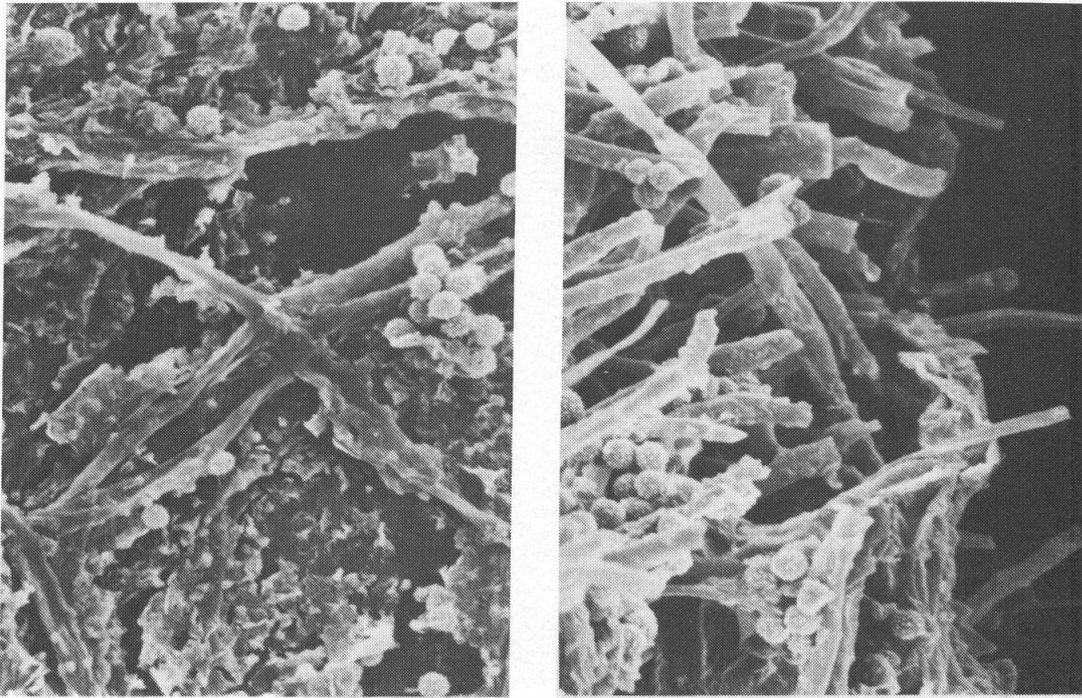


Fig. 23. — *Vascellum pratense*. A gauche: paracapillitium et matière pariétale amorphe; à droite: capillitium (les deux $\times 1000$).

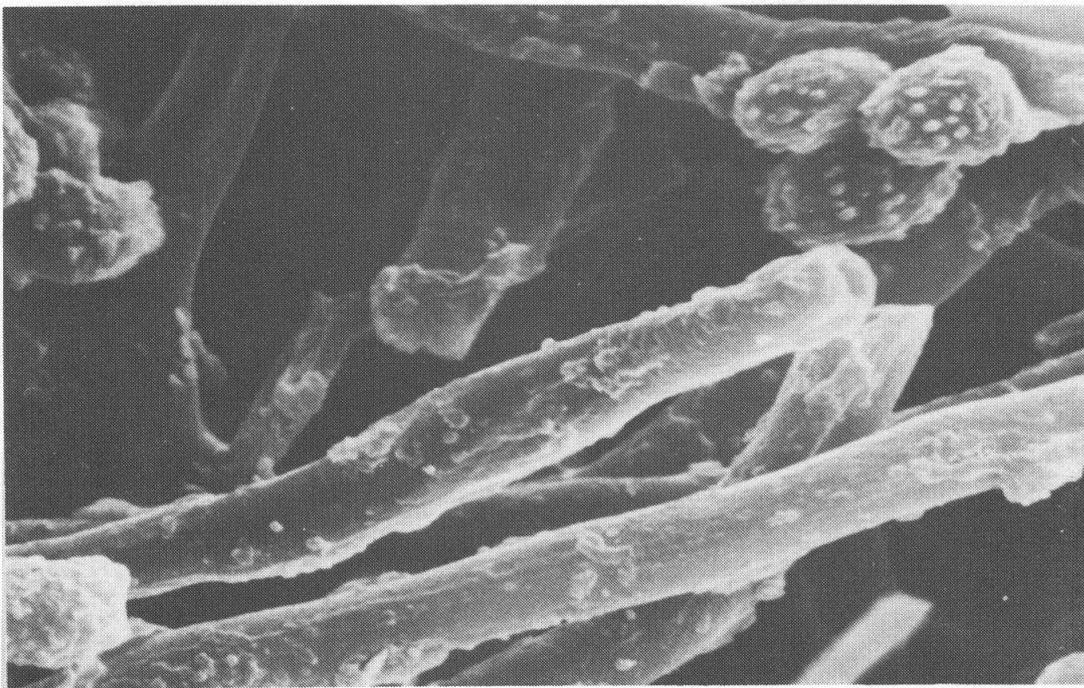


Fig. 24. — Capillitium du *Vascellum pratense* agrandi 4000 fois.

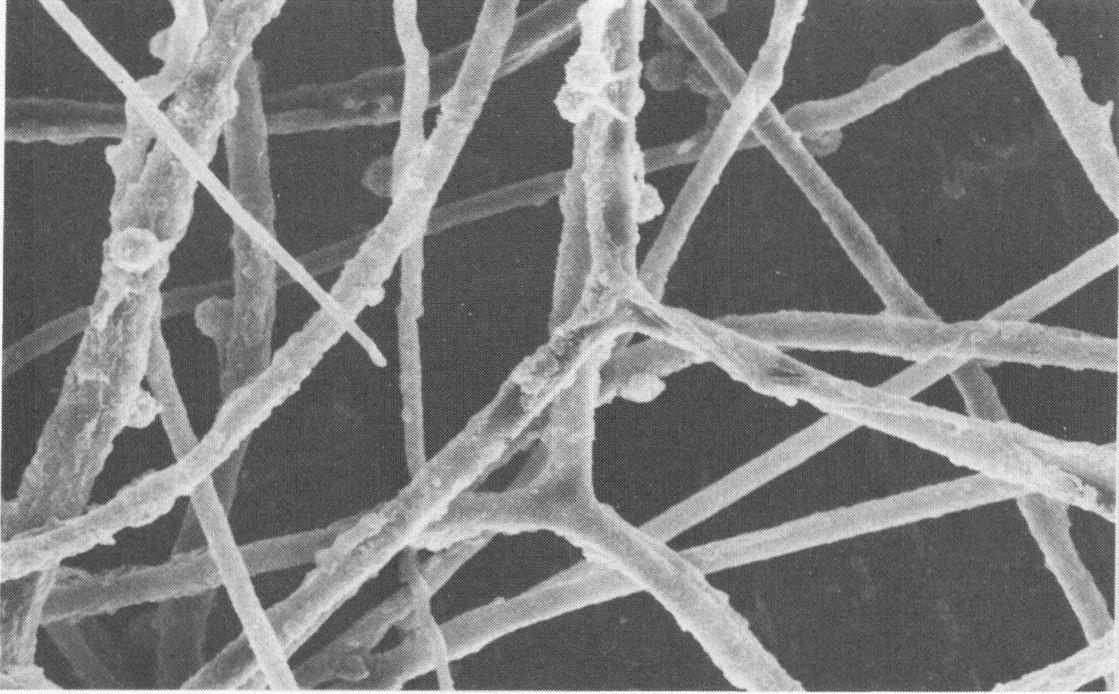


Fig. 25. — Capillitium du *Bovista limosa* ($\times 1000$).

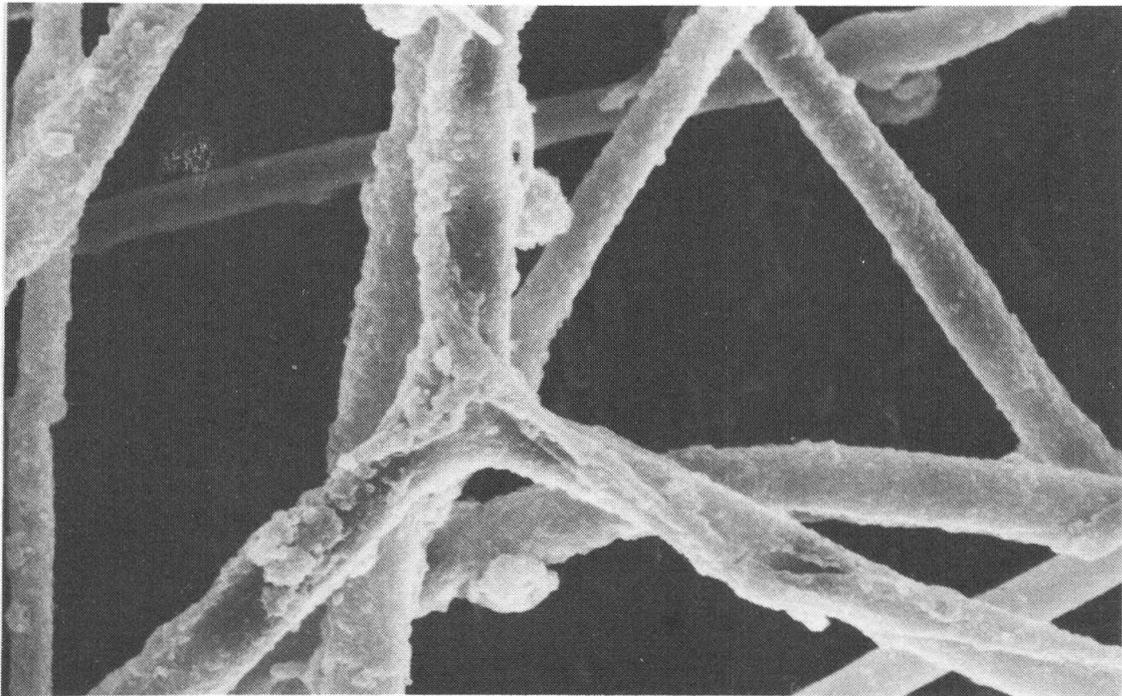


Fig. 26. — Capillitium du *Bovista limosa* agrandi 2000 fois et montrant les détails de la surface.

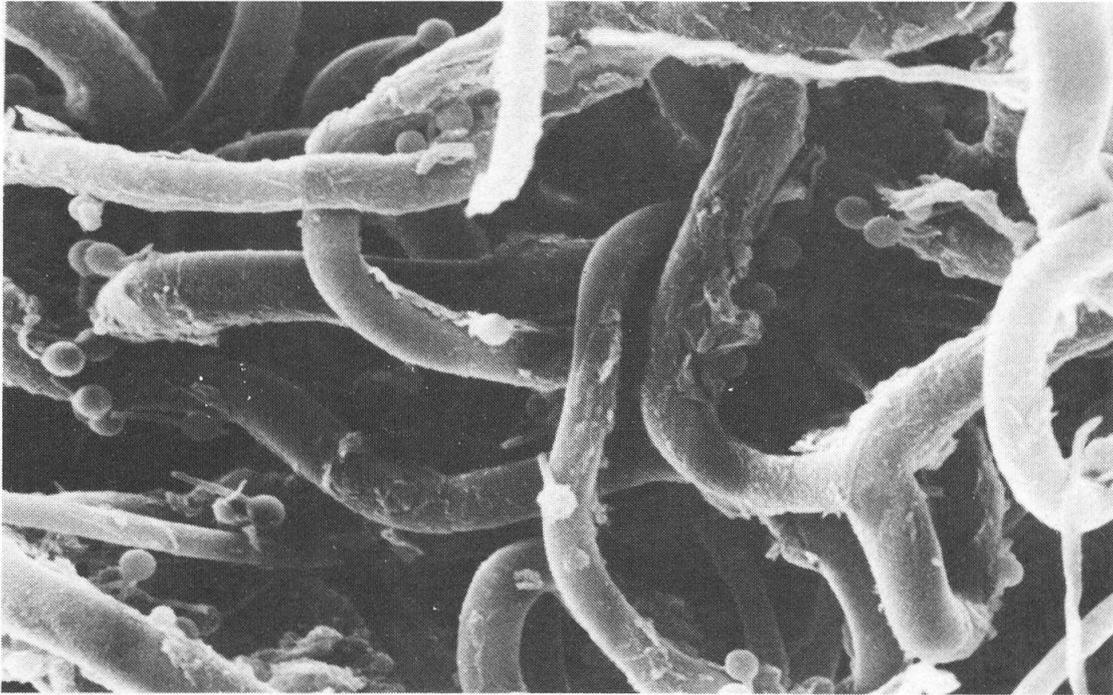


Fig. 27. — Capillitium du *Bovista tomentosa* ($\times 1000$).

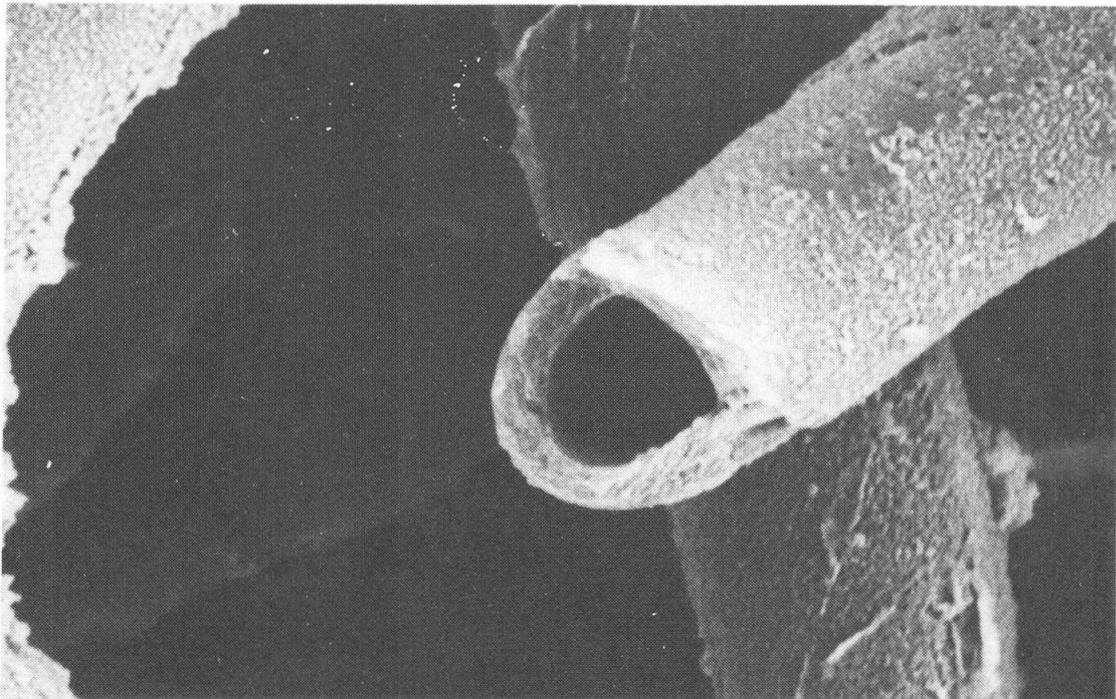


Fig. 28. — Capillitium du *Bovista tomentosa* agrandi 4000 fois et montrant les pores très petits et parfois alignés.

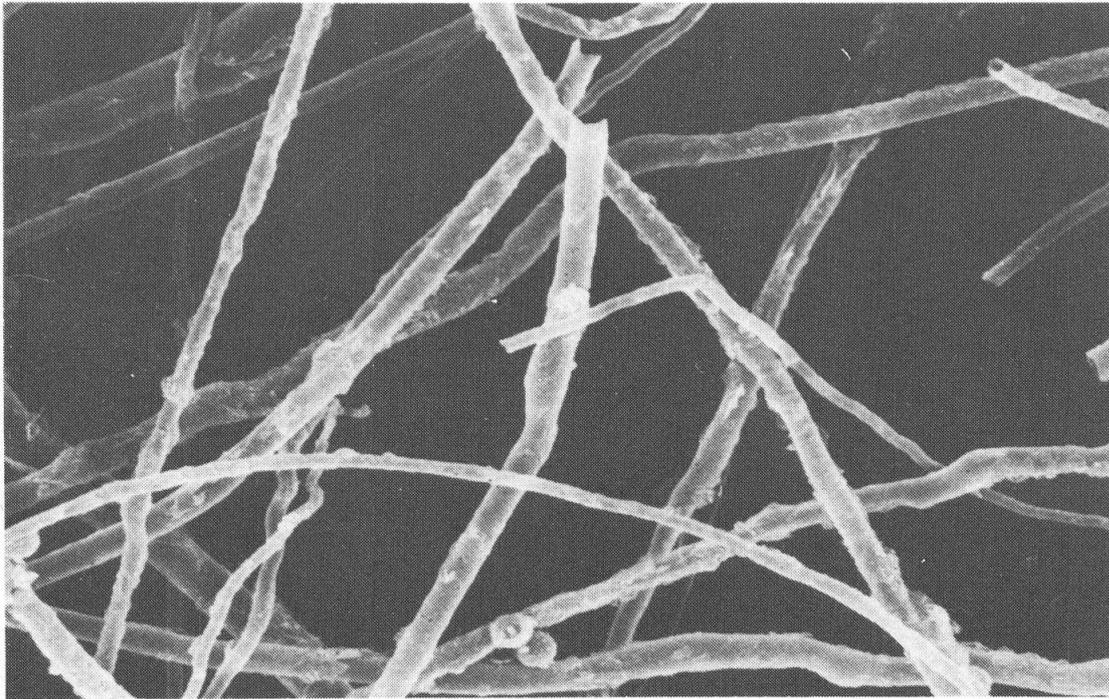


Fig. 29. — Capillitium du *Bovista pusilla* ($\times 1000$).

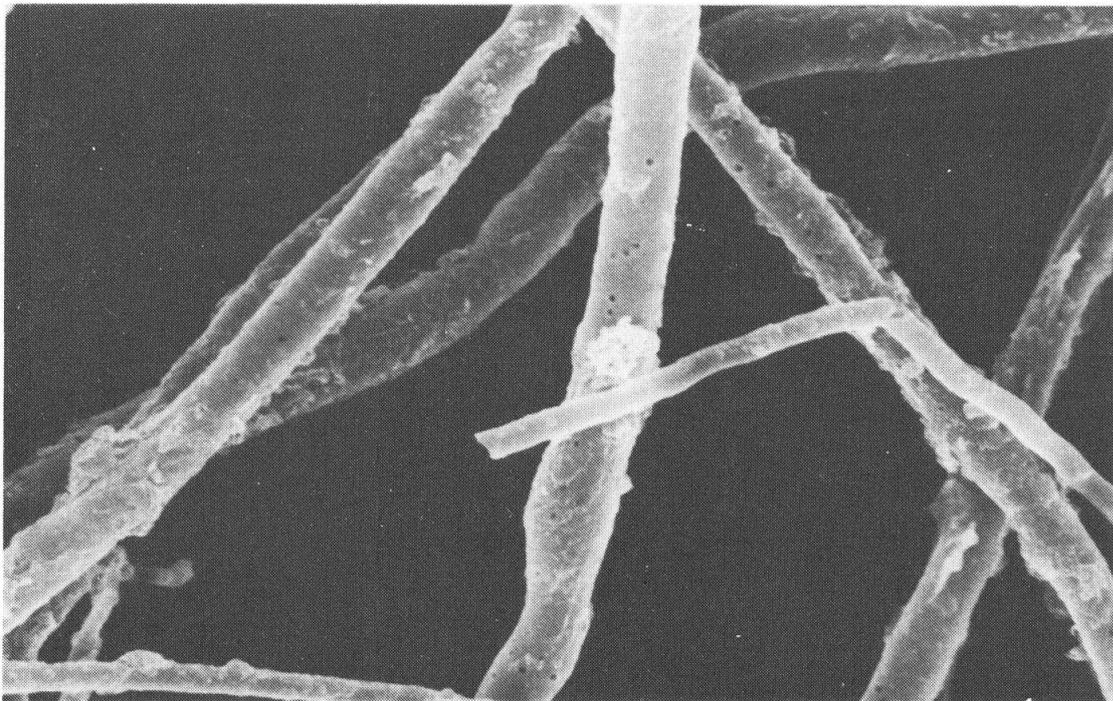


Fig. 30. — Capillitium du *Bovista pusilla* agrandi 2000 fois et montrant les pores.

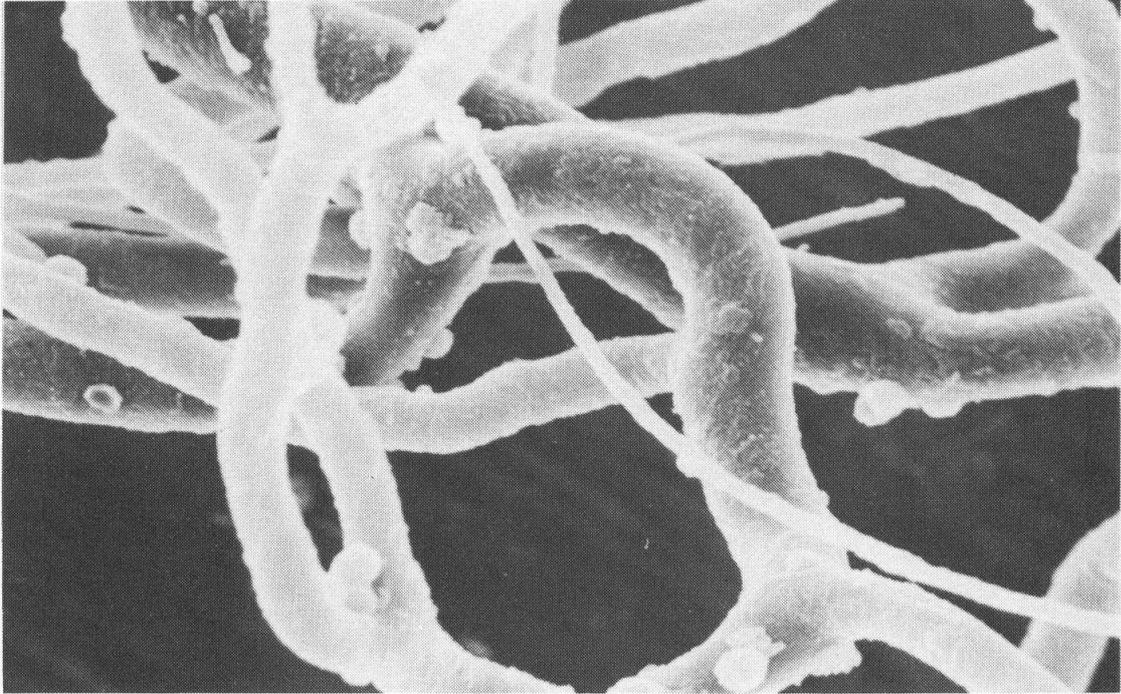


Fig. 31. — Capillitium du *Bovista plumbea* ($\times 1000$).

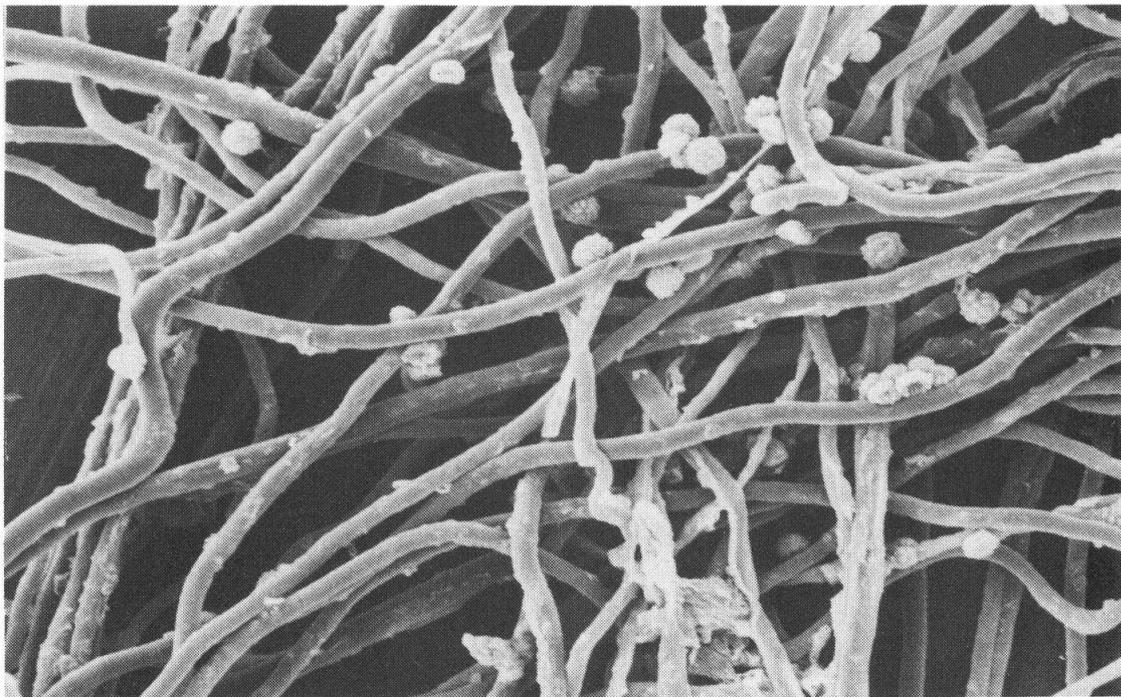


Fig. 32. — Capillitium du *Geastrum minimum* ($\times 1000$).

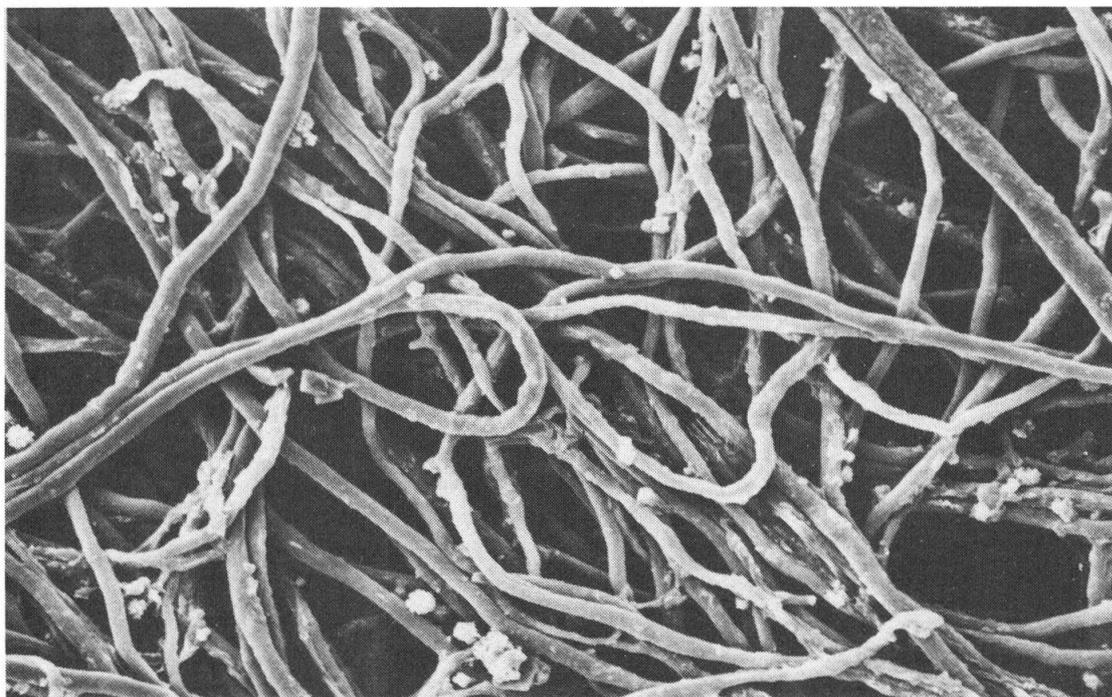


Fig. 33. — Capillitium du *Geastrum sessile* ($\times 1000$).

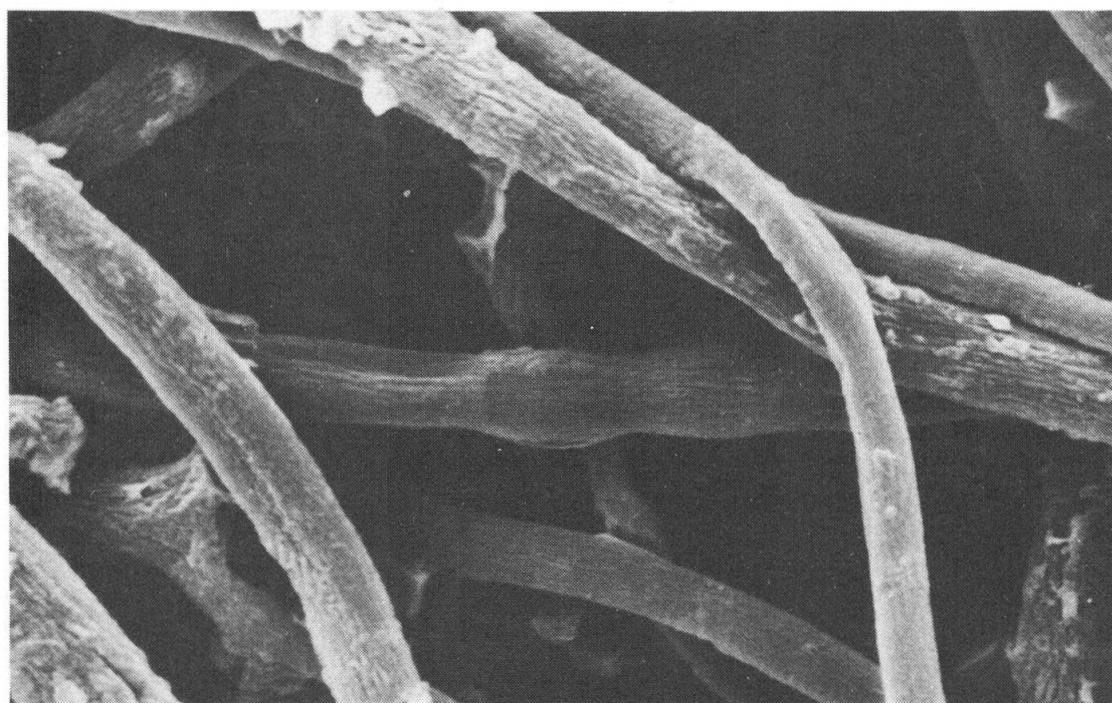


Fig. 34. — Capillitium du *Geastrum sessile* agrandi 4000 fois et montrant les sillons longitudinaux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BECKETT, A., L.-B. HEATH & D.-J. MCLAUGHLIN (1975). *An atlas of fungal ultrastructure*. London.
- BESSON, M. (1970). Ultrastructure de la paroi sporique amyloïde et ornée de quelques Hyméno-mycètes. *Compt. Rend. Séances Acad. Sci.* 271: 964-967.
- BRODIE, H. J. & H.-F. DIETRICH (1977). Spore morphology in the Nidulariaceae (fungi) as revealed by the scanning electron microscope. *Canad. J. Bot.* 55: 3042-3045.
- BRONCHART, R., F. D. CALONGE & V. DEMOULIN (1975). Nouvelle contribution à l'étude de l'ultrastructure de la paroi sporale des Gastéromycètes. *Bull. Soc. Mycol. France* 91: 231-246.
- & V. DEMOULIN (1971). Ultrastructure de la paroi des basidiospores de *Lycoperdon* et de *Scleroderma* (Gastéromycètes) comparée à celle de quelques autres spores de champignons. *Protoplasma* 72: 179-189.
- & V. DEMOULIN (1973). Ultrastructure de la paroi sporale des Gastéromycètes *Myce-nastrum corium* et *Abstoma reticulatum* en rapport avec leur position systématique. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* 106: 267-272. Pl.
- BURGE, H. A. P. (1966). *The structure and development of Asterospores*. Diss. Univ. of Michigan No. 67-1713, Ann Arbor.
- CLÉMENÇON, H. (1970). Bau der Wände der Basidiosporen und ein Vorschlag zur Benennung ihrer Schichten. *Zeitschr. Pilzk.* 36: 113-133.
- (1977). Die Strukturen der Basidiosporenwand und des Apikulus, und deren Beziehung zur Exogenisation der Spore. *Persoonia* 9: 363-380.
- COKER, W. C. & J. N. COUCH (1928). *The Gasteromycetes of the Eastern United States and Canada*. Chapel Hill.
- ECKBLAD, F.-E. (1971). Spores of Gasteromycetes studied in the scanning electron microscope (SEM) I. *Norw. J. Bot.* 18: 145-151.
- FAVRE, J., E. KELLENBERGER & J. WEIGLE (1948). Possibilité d'emploi du microscope électronique pour l'étude des spores de champignons. *Bull. Acad. Suisse Sci. Méd.* 4: 275-279.
- FLEGLER, S.-L. & G. R. HOOPER (1978). Ultrastructure of *Cyathus stercoreus*. *Mycologia* 70: 1181-1190.
- & G. R. HOOPER (1980). Ultrastructure and development of *Nidularia pulvinata*. *Mycologia* 72: 472-482.
- FURTADO, J.-S. (1962). Structure of the spore of the Ganodermoideae Donk. *Rickia* 1: 227-241.
- GREGORY, P. H. & H. L. NIXON (1950). Electron micrographs of spores of some British Gasteromycetes. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 33: 359-363.
- HAWKER, L.-E. (1965). Fine structure of fungi as revealed by electronic microscopy. *Biol. Rev.* 40: 52-92. Pl. I, II.
- HEIM, R. (1957). *Les champignons d'Europe*. Vol. 2: 90. Paris.
- (1962). L'organisation architecturale des spores de Ganodermes. *Rev. Mycol.* 27: 199-212.
- & J. PERREAU (1971). Etude ornementale de Basidiospores au microscope électronique à balayage. In: HEYWOOD, V.-H., *Scanning electron microscopy*. London.
- HESS, W.-M., M.-M.-A. SASSEN & C.-C. REMSEN (1968). Surface characteristics of *Penicillium conidia*. *Mycologia* 60: 290-303.
- & D.-L. STOCKS (1969). Surface characteristics of *Aspergillus conidia*. *Mycologia* 61: 560-571.

- KREISEL, H. (1967). Taxonomisch-Pflanzengeographische Monographie der Gattung Bovista. *Beih. Nova Hedwigia*: 25.
- KÜHNER, R. (1973). Architecture de la paroi sporique des Hyménomycètes et de ses différenciations. *Persoonia* 7: 217-248.
- (1980). *Les Hyménomycètes agaricoïdes*. Lyon.
- LOCQUIN, M. (1975). Essai de normalisation descriptive comparée du sporoderme des ascospores et des basidiospores. *Bull. Soc. Bot. France, Coll. palynologique* 122: 135-146.
- & P. TAUGOURDEAU (1981). Habitat curieux pour un Scléroderme rare: *Scleroderma meridionale*. *106^e Congrès des Soc. Savantes, Perpignan, 1981, Sci.* 1: 121-123.
- MADÉLIN, M.-F. (1966). *The Fungus Spore*. London.
- MELÉNDEZ-HOWELL, L.-M. (1967). Recherches sur le pore germinatif des basidiospores. *Ann. Sci. Nat. Bot. Paris*, sér. 12, 8: 487-638.
- MONTHOUX, O. (1977). Nature des cristaux de l'exopéridium du *Gastrosporium simplex* Matt. *Schweiz. Zeitschr. Pilzk.* 55: 89-92.
- & O. RÖLLIN (1974). La flore fongique des stations xériques de la région de Genève. I. Introduction et Tulostomales. *Candollea* 29: 309-325.
- & O. RÖLLIN (1975). La flore fongique des stations xériques de la région de Genève. II. Nidulariales. *Candollea* 30: 353-363.
- & O. RÖLLIN (1976a). La flore fongique des stations xériques de la région de Genève. III. Gastrosporiaceae. *Candollea* 31: 119-125.
- & O. RÖLLIN (1976b). La flore fongique des stations xériques de la région de Genève. IV. Lycoperdaceae: genre Bovista Pers. *Candollea* 31: 247-256.
- & O. RÖLLIN (1982). La flore fongique des stations xériques de la région de Genève. V. Lycoperdaceae (fin) et Geastraceae. *Candollea* 37 (à paraître).
- PEGLER, D.-N. & T.-W.-K. YOUNG (1971). Basidiospore morphology in the Agaricales. *Beih. Nova Hedwigia*: 35.
- & T.-W.-K. YOUNG (1979). The gasteroid Russulales. *Tr. Brit. Myc. Soc.* 72: 353-388.
- PERREAU, J. (1971). L'ornementation sporale chez les Lycoperdon. *Ann. Sci. Nat. Bot.* sér. 12, 12: 127-146.
- (1974). Variations sur un thème ornemental: le réseau des basidiospores. N^o spécial *Bull. Mens. Soc. Bot. Lyon* 43: 327-338.
- (1976). Développement, morphologie et structure de la basidiospore (chez les Homobasidiomycètes). *L'Information Scientifique* 31: 55-75.
- (1977). A propos de l'appendice hilare des basidiospores: organisation de la partie proximale sporique chez quelques Gastéromycètes. *Rev. Mycol., Paris* 41: 363-379.
- (1981). A propos de la structure pariétale basidiosporique chez les Gyrodontaceae. *Bull. Soc. Mycol. France* 97: 135-142.
- (BERTRAND), J. (1967). Recherches sur la différenciation et la structure de la paroi sporale chez les Homobasidiomycètes à spores ornées. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, sér. 12, 8: 639-745.
- & R. HEIM (1969). L'ornementation des basidiospores au microscope électronique à balayage. *Rev. Mycol., Paris* 33: 329-340.
- & R. HEIM (1971). A propos des *Mycenastrum corium* représentés ou décrits par Patouillard. *Rev. Mycol., Paris* 36: 81-95. Pl.
- PETRI, L. (1904). Sul valore diagnostico del capillitio nel genere "Tylostoma" Pers. *Ann. Mycol.* 2: 412-438. Tab. 6.

- REISINGER, O., E. KIFFER, F. MANAGENOT & G.-M. OLAH (1977). Ultrastructure, cytochimie et microdissection de la paroi des hyphes et des propagules exogènes des asco- et basidiomycètes. *Rev. Mycol.* 41: 91-108.
- TAUGOURDEAU, Ph. & J. PERREAU (1974). Présence de spores de champignons parmi les nannofossiles observés en microscopie électronique à balayage. *Rev. Micropaléontol. (Paris)* 17: 86-94.
- TURIAN, G. (1976). Ascomycetes, their controlled differentiation. *In: WEBER & HESS (1976).*
— & H. R. HOHL (1981). *The fungal spore: Morphogenesis control.* London.
- WEBER, D.-J. & W.-M. HESS (1976). *The fungal spore, form and function.* New York, London, Sydney & Toronto.
- WRIGHT, J.-E. (1955). Evaluation of specific character in the genus *Tulostoma* Pers. *Pap. Michigan Acad. Sci., Art. Letters* 40: 79-87.
- (1977). *Tulostoma berteroanum* Lev. y sus especies afines en Americas del Sur. *Bol. Soc. Argentina Bot.* 18: 129-137.
- (1980). El genero *Setchelliogaster* en Buenos Aires (Secotiaceae, Gasteromycetes). *Bol. Soc. Argentina Bot.* 19: 237-241.
- & I. GAMUNDI (1973). Nuevo hallazgo de *Broomelia congregata* (Gasteromycetes). *Bol. Soc. Argentina Bot.* 15: 187-196.
- G. MORENO & F.-D. CALONGE (1979). *Tulostoma giovanellae* Bres. (Basidiomycetes), nuevo para España peninsular. *Bol. Soc. Brot.* 53: 93-95.

