

Zeitschrift:	Mycologia Helvetica
Herausgeber:	Swiss Mycological Society
Band:	3 (1988-1990)
Heft:	1
Artikel:	Etudes microstructurales de la dégradation de Picea abies par Hymenochaete spec. (Aphylophorales)
Autor:	Job, Daniel J. / Keller, Jean
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1036524

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: 24.01.2026

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

MYCOLOGIA HELVETICA

Vol. 3 No 1

pp. 111—134

1988

(Manuscrit reçu le 17 mars 1988)

**ETUDES MICROSTRUCTURALES DE LA DEGRADATION DE PICEA ABIES
PAR HYMENOCHAETE SPEC. (APHYLLOPHORALES)**

Daniel J. Job et Jean Keller

Institut de Botanique, Université de Neuchâtel
Chantemerle 22, CH-2000 Neuchâtel, Suisse

SUMMARY

The mechanisms of penetration, weight loss and changes of structure and ultrastructure of blocks of Picea abies wood inoculated in vitro with polyspermic cultures of Hymenochaete corrugata, H. pinnatifida, H. sallei and H. tabacina were studied. In all the species studied four mechanisms of penetration and both selective and simultaneous white wood-decay were found. The different macro- and microscopical wood-rot patterns at the specific level are described and SEM photographs are supplied.

RESUME

Des blocs de *Picea abies* ont été inoculés par des cultures polyspermes de *Hymenochaete corrugata*, *H. pinnatifida*, *H. sallei* et *H. tabacina* afin d'étudier les mécanismes de pénétration des hyphes ainsi que les pertes de poids, les modifications de structure et d'ultrastructure du bois. Toutes les espèces étudiées attaquent le bois selon 4 mécanismes différents et provoquent deux types de pourritures blanches, la simultanée et la sélective. Les caractéristiques macroscopiques et microscopiques des pourritures sont décrites pour chaque espèce et illustrées par des photographies réalisées au MEB.

ZUSAMMENFASSUNG

Holzblöcke von *Picea abies* wurden mit polyspermen Kulturen von *Hymenochaete corrugata*, *H. pinnatifida*, *H. sallei* und *H. tabacina* infiziert, um die Eindringungsmechanismen der Hyphen sowie den Gewichtsverlust und die strukturellen und ultrastrukturellen Änderungen des kolonisierten Holzes zu verstehen. Alle vier Arten zeigen 4 verschiedene Eindringungsmechanismen und weisen sowohl die simultane als auch die selektive Weißfäule auf. Die makro- und mikroskopischen Eigenschaften der Holzfäulen sind für alle 4 Arten beschrieben und mit REM-Bildern illustriert.

INTRODUCTION

Dès le 19e siècle, la dégradation du bois par les champignons lignivores a fait l'objet de nombreux travaux, tant du point de vue morphologique que biochimique. Hartig (1878) a séparé les champignons lignivores en deux groupes, en se basant sur la couleur du bois dégradé: Les champignons produisant de la pourriture blanche et les champignons produisant de la pourriture brune. Puis, Falck (1926) a mis en évidence les différences d'activités chimiques dans les deux

groupes: Les espèces responsables de la pourriture brune altèrent la cellulose, les espèces responsables de la pourriture blanche dégradent la lignine et les hémicelluloses en plus.

Les modifications structurales du bois dans les deux groupes de pourritures ont été étudiées en détail, par exemple par Bjorkman et al. (1949), Wilcox (1968) et Liese (1970). Ces auteurs ont observé que les mécanismes de dégradation de la pourriture blanche n'étaient pas homogènes, mais que deux types de comportements existent:(a-) destruction simultanée de tous les composants de la paroi cellulaire (pourriture blanche simultanée); (b-) dégradation de la lignine et de l'hémicellulose surtout et dégradation très faible ou nulle de la cellulose (pourriture blanche sélective).

Ces dernières années, la dégradation du bois par les espèces xylophages a suscité un regain d'intérêt dû à la grande importance de ces microorganismes dans le recyclage des sources de carbone du bois, à l'utilité des espèces produisant la pourriture blanche sélective dans la dégradation biologique de la lignine, à l'application possible au prétraitement des copeaux papetiers et des pâtes à papier (Erikson et al., 1980), à la biodégradation des résidus lignolitiques et à son utilisation dans l'alimentation du bétail (Chesson et al., 1980).

A cet égard, peu d'informations existent à propos des espèces du genre Hymenochaete (Job & Wright, 1986), genre type d'une famille comportant d'importants destructeurs du bois.

Dans le présent travail, nous avons examiné l'activité destructrice de cultures polyspermes d'H. corrugata (F.) Lév., H. pinnatifida Burt, H. sallei Berk. & Curt. et H. tabacina (Sow.:Fr.) Lév. in vitro, sur blocs de Picea abies (L.) Karsten.

Les paramètres analysés ont été:

- les pertes de poids des blocs inoculés;
- les modifications structurales du bois infecté;
- les mécanismes d'invasion et les modifications microstructurales dans le bois colonisé.

MATERIEL ET METHODES

Cultures: *H. corrugata* = FP 125019. *H. tabacina* = FP 125071.
H. pinnatifida = BAFC 640. *H. sallei* = BAFC 599.

Blocs de bois: ils sont coupés en forme de parallélépipèdes de 30 mm de long, 10 mm de large et 3 mm de haut, l'axe principal étant parallèle aux trachéides.

Milieu de culture et techniques d'inoculation: pour chaque espèce, des inoculums sont ensemencés dans 12 boîtes de Petri de 10 cm de diam., avec 30 ml de milieu au malt agar (Nobles, 1965). Lorsque le milieu est recouvert par le mycélium, des blocs de bois stériles, préalablement pesés, sont déposés aseptiquement à la surface de ce milieu, à raison de 10 par boîte. Les boîtes sont ensuite incubées à 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) et recouvertes de parafilm pour éviter la dessication du milieu de culture (Garcia Sola, 1974). Toutes les 2 semaines, 2 boîtes de chaque espèce sont prélevées, soit 20 blocs; l'opération se répète pendant 12 semaines. A chaque prélèvement, 16 blocs sur les 20 disponibles par espèce sont pesés (poids sec), les 4 derniers sont conservés pour l'étude ultrastructurale au MEB.

Microscopie électronique à balayage: le matériel a été fixé selon la méthode utilisée par Keller (1985); les blocs sont fixés au KMnO₄, déshydratés dans des bains d'acétone de concentration croissante, séchés par la méthode du point critique, recouverts d'or et observés sur un Philips 500.

RESULTATS

Perte de poids:

Le tableau I présente les résultats obtenus pendant les 12 semaines d'incubation.

Semaines	Espèces			
	<i>H. corrugata</i>	<i>H. pinnatifida</i>	<i>H. sallei</i>	<i>H. tabacina</i>
2	4.61±0.13	1.34±0.09	0.97±0.11	3.42±0.18
4	6.97±0.35	3.36±0.37	2.60±0.35	5.69±0.15
6	11.41±0.62	6.10±0.81	3.80±0.53	9.30±0.20
8	14.64±0.35	6.70±0.43	4.62±0.53	13.29±0.47
10	18.71±0.61	7.47±0.43	6.03±0.51	15.70±0.44
12	20.54±0.69	8.31±0.48	6.78±0.59	19.16±0.53
±Erreur standard				

Tableau I: perte de poids (en pourcentage du poids sec initial).

La figure I précise la perte de poids pendant la période d'incubation. La perte de poids peut être interprétée comme mesure de la quantité de bois transformé en CO₂, H₂O ou autres produits volatils.

Modifications structurales:

Les différences morphologiques des pourritures observées sur les blocs sont telles, à la fin de l'expérience, qu'elles permettent une détermination macroscopique pour chacune des espèces; leurs caractéristiques les plus remarquables sont:

H. corrugata: Après 2 semaines, les modifications se présentent sous forme de surfaces irrégulières, faiblement décolorées, entourées par une ligne brunâtre clair. Après 4 semaines, ces zones pâlissent fortement et les lignes brunâtres deviennent plus foncées. Puis, dans les semaines qui suivent, les surfaces décolorées confluent et couvrent toute la surface du bloc (Fig II,a). Cette décoloration provient de la dégradation de la lignine dans les zones affectées; elles sont facilement mises en évidence par la coloration à la phloroglucine-HCL (Jensen, 1962).

H. pinnatifida: Au début, nous avons observé 1 à 3 lignes brunâtres, irrégulièrement disposées en surface. Puis, le nombre de lignes restant stable, il y a une augmentation évidente de la pigmentation du bois qui devient uniformément foncé à la fin de l'expérience (Fig. II, b).

H. sallei: Pendant la 2ème semaine, 2 à 5 lignes brun clair traversent la surface affectée. Dès la 6ème semaine, il y a augmentation de leur nombre et de leur intensité. En même temps, la coloration du bois apparaît plus foncée, des zones lysées deviennent visibles pour confluir et occuper finalement le 50% de la surface après 12 semaines (Fig.II, c).

H. tabacina: Dans les 2 premières semaines, aucun signe de dégradation n'est visible. Dès la 4ème semaine, apparaissent des zones lysées recouvertes de mycélium ainsi qu'une grande quantité de petites taches noires de 0.2-0.5 mm diam.; le volume du bloc de bois est légèrement réduit, réduction qui s'amplifie les semaines suivantes pour atteindre des valeurs élevées en fin d'expérience (Fig. II, d.).

Les lignes noires observées en surface des blocs affectés par H. corrugata, H. sallei et H. pinnatifida correspondent au tissu plectenchymatique du mycélium aérien (Fig. III, a,b). Dans le bois, ce tissu oblitère les lumières des trachéides et les rayons parenchymatiques (Fig. III, d) en adoptant une disposition diffuse à l'exception de H. corrugata chez qui il limite nettement la zone d'attaque (Fig. III, e,f).

Mécanismes de pénétration et de propagation des hyphes:

Dès la 2ème semaine à partir de l'inoculation, tous les blocs sont complètement envahis par le mycélium, même dans les zones profondes.

Dans chacune de nos espèces examinées, nous avons trouvé les quatre mécanismes de pénétration et de propagation mentionnés par Radtke et al. (1981) chez les champignons lignivores: 1^o pénétration et propagation par les lumières cellulaires, 2^o propagation par les ponctuations, 3^o perforations des parois, 4^o destructions du complexe de la lamelle mitoyenne. Cependant, il n'y a pas de limite temporelle définie entre la phase d'invasion passive (Greaves & Levy, 1965) dans laquelle le mycélium pénètre par les lumières cellulaires et les ponctuations et la phase d'invasion active, dans laquelle une émission enzymatique est nécessaire pour percer les parois cellulaires.

Pendant les 4 premières semaines, il y a prépondérance de l'invasion passive; les hyphes avancent principalement par les lumières cellulaires des rayons parenchymatiques (Fig. IV, a) et, dans une moindre mesure, par les ponctuations (Fig. IV, b). Par ailleurs, nous avons observé la présence de microhyphes (Liese & Schmid, 1962) qui sont importantes non seulement dans la phase active comme l'avait indiqué Dirol (1980), mais aussi dans la phase passive (Fig. IV, c).

Dans la 10ème semaine, l'invasion active s'intensifie; les hyphes perforent une grande quantité de cellules (Fig. IV, e,f), ou, dans une plus faible proportion, celles-ci progressent entre les cellules par le complexe de la lamelle mitoyenne (Fig. IV, d).

Altérations microstructurales:

Les 4 espèces étudiées *in vitro* produisent, en même temps, les deux types de pourritures blanches dans tous les types cellulaires: la sélective et la simultanée. Ce résultat diffère de l'observation faite par Blanchette (1984b) chez *Ganoderma tsugae*, où les 2 types de pourritures coexistent, mais sur des types cellulaires différents.

Dans les premiers stades de la pourriture blanche sélective, il y a une relation évidente entre la destruction du complexe de la lamelle mitoyenne et la présence des hyphes dans les zones incriminées (Fig. V, a). Pour les 4 espèces, les rayons parenchymatiques sont les premiers éléments altérés par ce type de dégradation (Fig. V, b) et ils sont finalement collapsés à cause de la diminution de leur résistance (Fig. V, c). Par la suite, les effets de cette pourriture commencent à être visibles dans les trachéides qui sont détruites en quantité variable selon les blocs (Fig. V, d,e); toutes présentent la destruction de la lamelle mitoyenne et une absence d'altération de la couche S2 (Fig V, f).

Au SEM, nous avons observé la présence de substances granulaires, dans le cas de la pourriture blanche simultanée; elles semblent être en relation avec la destruction complète des constituants des parois cellulaires (Fig. VI, a,b,c). Ces substances sont agglutinées à intervalles plus ou moins réguliers le long des hyphes (Fig. VI, d).

Ces amas irréguliers expliquent probablement les perforations successives observées dans les stades précoce de la pourriture blanche simultanée (Fig. VI, e,f). La production des lésions successives semble être un phénomène assez répandu chez les basidiomycètes lignivores, et a été mise en évidence aussi chez les ascomycètes et les deutéromycètes (Hale & Eaton, 1985). Dans les premiers stades de cette pourriture les rayons parenchymatiques et les zones des trachéides en contact avec eux sont aussi les premiers éléments altérés (Fig. VII, a,b). Par la suite, toutes les trachéides sont affectées (Fig. VII, d), mais les pourtours de leurs ponctuations aréolées résistent remarquablement bien à ce type de dégradation (Fig. VII, e,f); cette résistance est vraisemblablement due à leur forte teneur en lignine (Gunning & Steer, 1975).

DISCUSSION

Le Tableau I montre une nette différence des pertes de poids entre *H. sallei* et *H. pinnatifida* d'une part et *H. tabacina* et *H. corrugata* d'autre part.

Sachant que les mécanismes d'invasion et les altérations microstructurales sont semblables dans les 4 espèces, cette différence pourrait être expliquée par une plus grande activité enzymatique des 2 dernières espèces mentionnées. Cette forte capacité de dégradation entraînerait, comme l'a postulé Blanchette (1980) pour *Phellinus pini*, la très large distribution géographique de *H. corrugata* et *H. tabacina*.

La figure I montre que la rapidité de dégradation provoquée par H. pinnatifida diminue dès la 6ème semaine. Macroscopiquement, cette espèce produit un très fort obscurcissement de la zone attaquée (Fig. II, b); celle-ci révèle, vue au MEB, une grande quantité de cellules obturées par des substances amorphes (Fig. III, c). La libération et l'accumulation de ces substances pendant la dégradation peuvent probablement réduire l'activité destructrice des mycéliums. Un tel phénomène a été observé par Blanchette (1984c) chez Xylobolus frustulosa où la présence de substances occlusives n'empêche pas la colonisation par les hyphes, mais arrête le processus de dégradation.

Macroscopiquement, la dégradation des blocs de bois de Salix humboldtiana provoquée par les 2 espèces H. sallei et H. pinnatifida dans les mêmes conditions expérimentales (Job & Wright, 1986), est identique à la dégradation de Picea abies, quand bien même la structure anatomique du bois est nettement différente; cependant Blanchette (1984a) a observé qu'en conditions naturelles le bois de différentes essences peut être dégradé de façon différente par le même champignon. En tenant compte des travaux de Lopez Real (1975 a) et Lopez Real & Swift (1975 b; 1977) qui stipulent que la rapidité d'apparition et la distribution des lignes noires dans le bois dégradé par les champignons xylophages dépend des facteurs du milieu, les variations observées dans la nature seraient donc plus influencées par les conditions changeantes du milieu que par les différences de structure des substrats.

Les espèces du genre Hymenochaete ont la capacité de produire les deux types de pourritures blanches, caractéristique mise en évidence également chez d'autres espèces de la famille des Hymenochaetaceae (Blanchette, 1980; Otjen & Blanchette, 1982); dans ce dernier cas

cependant il y a des différences anatomiques ou des occlusions de substances chimiques délimitant la zone affectée par la pourriture blanche sélective, ce qui ne semble pas être le cas chez les espèces du genre Hymenochaete. D'ailleurs, on a trouvé que la dégradation enzymatique se produit dans la zone de contact avec les hyphes (Fig. V, a), aux premiers stades de la pourriture blanche sélective, mais que, dans un stade plus avancé, la dégradation de la lignine se fait à distance considérable des hyphes; ceci suggère la présence d'un système enzymatique hautement diffusible. Ce système agissant à distance a été trouvé aussi chez d'autres aphylllophorales par Blanchette et al.(1985). Néanmoins, dans le cas de la pourriture blanche simultanée, la formation de trous exclusivement au voisinage immédiat des hyphes fait penser à un système enzymatique à diffusion restreinte, dans lequel les substances granulaires trouvées (Fig. VI, a,b,c,d) interviennent probablement dans la rétention du complexe enzymatique.

Notre travail met en évidence l'importance des espèces du genre Hymenochaete comme destructeur du bois, non seulement parce que les 4 mécanismes de pénétration sont maîtrisés, expliquant ainsi la rapidité de leur attaque, mais aussi parce qu'ils ont la capacité de produire les 2 types de pourritures blanches. Puisque ces pourritures sont indépendantes du substrat, il est indispensable d'approfondir ces études afin de connaître mieux les facteurs influençant les différents types de dégradation.

Les études des pertes de poids, complétées par des analyses microstructurales au MEB, ont de nets avantages sur les autres méthodologies pour préciser le pouvoir et les types de dégradations

produites par les espèces xylophages. Elles sont supérieures aux analyses chimiques du bois dégradé, par exemple, dans lesquelles la délignification peut être masquée par une forte proportion de pourriture blanche simultanée (Blanchette, 1986), ou aux analyses de l'activité enzymatique, faiblement corrélée à l'activité destructrice du bois; cette dernière méthode ne doit donc pas être utilisée comme indicateur de la capacité de dégradation du bois (Hegarty et al., 1987).

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les Professeurs A. Aeschlimann et M. Aragno pour la mise à notre disposition des appareils nécessaires à ces recherches, ainsi que Y. Delamadeleine pour sa collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

- Blanchette, R.A. 1980. Wood descomposition by Phellinus pini: a scanning electron microscopy study. Can. J. Bot. 58: 1496-1503.
- _____. 1984a. Screening wood decayed by white rot fungi for preferential lignin degradation. Appl. Environ. Microbiol. 48: 647 - 653.
- _____. 1984b. Selective delignification of eastern hemlock by Ganoderma tsugae. Phytopatology 74: 153 - 160.
- _____. 1984c. Xylobolus frustulatus Decay of oak. Patterns of selective delignification and subsequent cellulose removal. Appl. Environ. Microbiol. 47: 670 - 676.
- _____. Otjen, L.; Eflland, M.J. & Eslyn, W.E. 1985. Changes in structural and chemical components of wood deligified by fungi. Wood Sci. Technol. 19: 35 - 46.
- _____. 1986. In vitro decay studies of selective delignification an simultaneous decay by the white rot fungi Ganoderma lucidum and Ganoderma tsugae. Can. J. Bot. 64: 1611-1619.
- Bjorkman, E.; Samuelson, O.: Ringstrom, E.; Bergelk, T. & Malm, E. 1949. Decay injuries in spruce forest and their importance for the production of chemical paper pulp and rayon pulp. K. Skogshogskolan Skr. 4, Stockholm, 235 pp.
- Chesson, A.; Stewart, C.S. & Wallace, R.J. 1980. Influence of plant phenolic acid on the growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. App. Env. Microbiol. 44: 597 - 603.
- Dirol, D. 1980. Etude in vitro des phases initiales de dégradation du duramen de Pin sylvestre par le Tramète du Pin: Trametes pini (Thore) Fr. Cryptog. Mycol. 1: 187 -199.
- Eriksson, K.E.; Grunewald, A.; Nilsson, T. & Vallander, A. 1980. A scanning electron microscopy study of the growth and attack on wood by three white-rot fungi and their cellulase-less mutants. Holzforschung 34: 207 - 213.

- Falck, R. 1926. Über Korrosive und destructive Holzzersetzung und ihre biologische Bedeutung. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 44: 652-664.
- Garcia Sola, E. 1974. Deshumidificacion del medio agar-malta y humedad de madera en contacto. Resistencia (Dpto. de Fisico-Quimica, Fac. de Ingenieria; Univ. Nac. del Nordeste), 16 pp.
- Greaves, H. & Levy, J.F. 1965. Comparative degradation of the sapwood of scots pine, beech and birch by Lenzites trabea, Polystictus versicolor and Chaetomium globosum. J. Inst. Wood Sci. 15: 55 - 63.
- Gunning, B.E.S. & Steer, M.W. 1975. Ultrastructure and the Biology of Plants Cells. E. Arnold Ltd., London 312 pp.
- Hale, M.D. & Eaton, R.A. 1985. Oscillatory growth of fungal hyphae in wood cell walls. Trans. Br. mycol. Soc. 84: 277 - 288.
- Hartig, R. 1878. Die Zersetzungerscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche in foerstlicher botanischer und chemischer Richtung. Spring-Verlag, Berlin, 216 pp.
- Hegarty, B.; Steinfurth, A.; Liese, W. & Schmidt, O. 1987. Comparative investigation on wood decay and cellulolytic and xylanolytic activity of some Basidiomycetes fungi. Holzforschung 41: 265 -269.
- Jensen, W.A. 1962. Botanical Histochemistry. W.H. Freeman and Co., San Fransisco, 263 pp.
- Job, D.J. & Wright, J.E. 1986. Experimental wood-rot of Salix humboldtiana blocks by species of Hymenochaete. Material u. Organismen 21 (4): 293 - 299.
- Keller, J. 1985. Les cystides cristallifères des Aphyllophorales. Mycol. Helvetica 1 (5): 277 - 340.
- Liese, W. 1970. Ultrastructural aspect of woody tissue desintegration. Annu. Rev. Phytopathol. 8: 231 - 257.

- _____. & Schmid, R. 1962. Investigation with the electron microscope into the decomposition of wood by fungi. *Angew. Bot.* 36 (6): 291 - 298.
- Lopez Real, J.M. 1975a. The formation of pseudosclerotia ("zones lines") in wood decay by Armillaria mellea and Stereum hirsutum. I. Morphological aspects. *Trans. Br. mycol. Soc.* 64: 465 - 471.
- _____. & Swift, M.J. 1975b. Ibid. II. Formation in relation to the moisture content of wood. *Ibid.* 64: 473 - 481.
- _____. & _____. 1977. Ibid. III. Formation in relation to composition of gaseous atmosphere in wood. *Ibid.* 68: 321-325.
- Nobles, M.K. 1965. Identifications of cultures of wood-inhabiting Hymenomycetes. *Can. J. Bot.* 43: 1097 - 1139.
- Otjen, L. & Blanchette, R.A. 1982. Patterns of decay caused by Inonotus dryophilus (Aphyllophorales: Hymenochaetaceae), a white pocket rot fungus of oaks. *Can. J. Bot.* 60: 2770 - 2779.
- Radtke, D.; Kilbertus, G. & Mangenot, F. 1981. Les mécanismes de pénétration et de propagation des hyphes de Xanthochrous pini Pat. et Ascocoryne sarcoïdes (Gray) Tul. dans les bois d'œuvre de hêtre et de pin. *Holzforschung* 35: 141 - 148.
- Wilcox, W.W. 1968. Changes in wood microstructure through progressive stages of decay. U.S. Dept. Agric. Forest Serv. research paper FPL-70. U.S. Dept. Agric., Washington, D.C.

Fig. I: Pertes de poids en %; ■ = *H. corrugata* □ = *H. tabacina*
 ▲ = *H. pinnatifida* △ = *H. sallei*
 ○ = témoin

Fig. II: Modifications structurales; blocs inoculés avec
 a- *H. corrugata*; b- *H. pinnatifida*; c- *H. sallei*;
 d- *H. tabacina*; périodes d'incubation: 2, 4, 6, 8,
 10 et 12 semaines.

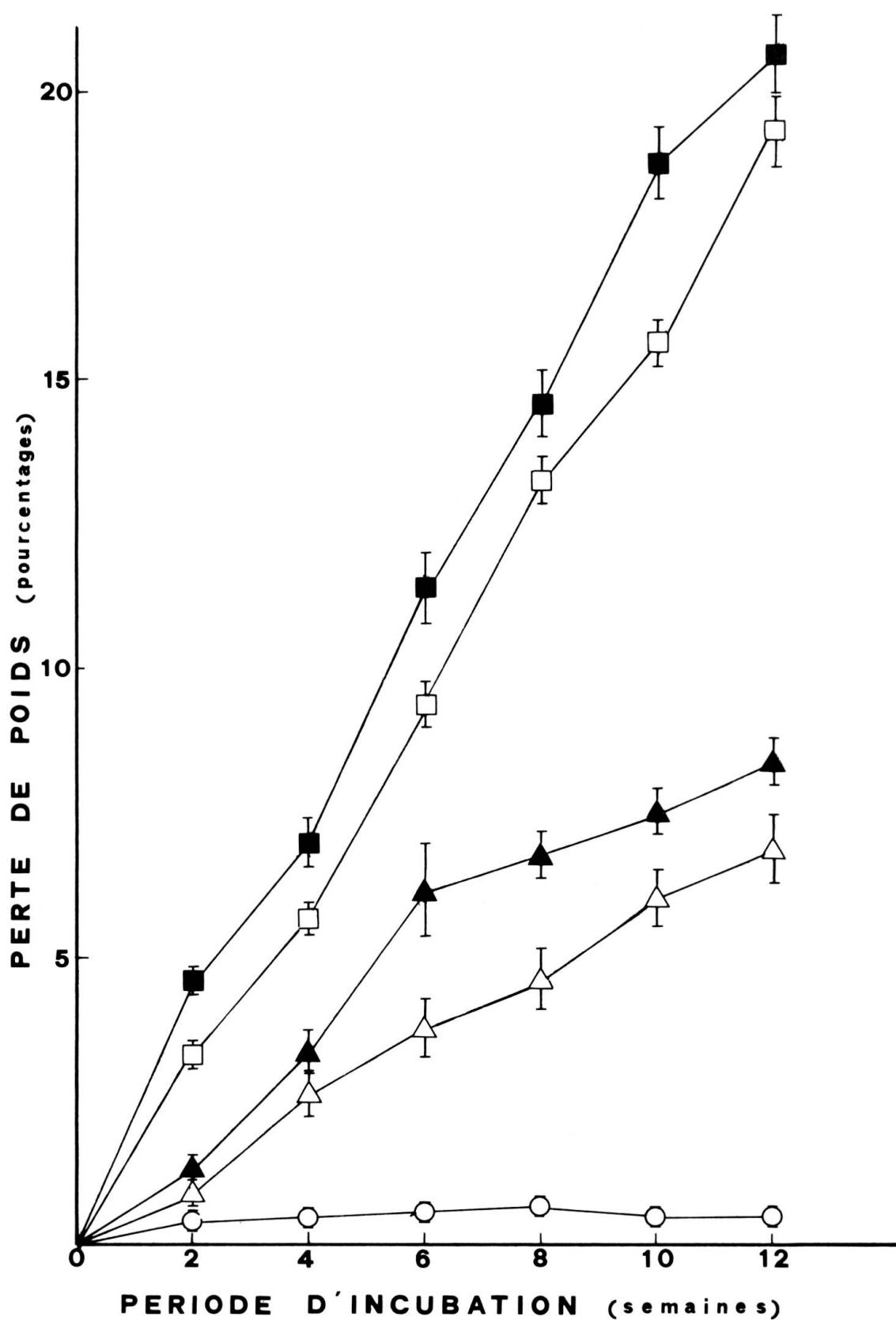
Fig. III: Lignes noires; a-*H. pinnatifida*: formation de plectenchyme au sein du mycélium aérien (1 x).
 b- Id.: localisation des lignes noires après élimination du mycélium aérien (1 x). c-Id.: occlusion des trachéides par des substances amorphes (550 x). d- *H. sallei*: occlusion des trachéides par le plectenchyme (360 x).
 e- *H. corrugata*: front d'attaque délimité par le plectenchyme (50 x). f- Id.: détail (250 x).

Fig. IV: Mécanismes d'invasion; a- *H. corrugata*: invasion des hyphes dans les lumières cellulaires (240 x).
 b- *H. tabacina*: hyphe traversant la ponctuation (1750 x).
 c- *H. pinnatifida*: microhyphe (1300 x).
 d- *H. corrugata*: hyphe dans le complexe de la lamelle mitoyenne (flèche, 1000 x). e- *H. tabacina*: hyphe perçant la paroi cellulaire d'une trachéide (flèche, 1700 x). f- *H. sallei*: hyphe dans la paroi cellulaire (flèche, 1700 x).

Fig. V: **Pourriture blanche sélective;** a- *H. pinnatifida*: début de la dégradation sélective; absence de lamelles mitoyennes dans les zones affectées (flèche, 550 x). b- *H. sallei*: destruction des rayons parenchymatiques (220 x). c- *H. pinnatifida*: rayon parenchymatique collapsé (300 x). d- Id.: trachéides sans lamelle mitoyenne (140 x). e- *H. tabacina*: trachéides libres (210 x). f- *H. sallei*: détail de trachéides sans lamelle mitoyenne (430 x).

Fig. VI: **Pourriture blanche simultanée;** a- *H. sallei*: début de la formation des trous (4000 x). b- Id.: stade plus avancé de la dégradation (4300 x). c- Id.: présence de substances granulaires dans les trous (flèche, 1800 x). d- Id.: hyphes sur le paroi d'une trachéide avec amas de substances granulaires (1000 x). e- *H. pinnatifida*: pourriture blanche simultanée discontinue provoquant des séries des trous (180 x). f- Id: détail (370 x).

Fig. VII: **Pourriture blanche simultanée;** a- *H. corrugata*: début de la destruction des rayons parenchymatiques et des trachéides par la pourriture blanche simultanée (430 x). b- *H. tabacina*: stade plus avancé de la pourriture blanche simultanée, destruction complète des rayons (210 x). c- *H. sallei*: accumulation d'hyphes dans les trachéides en contact avec les rayons (600 x). d- *H. tabacina*: stade avancé de la dégradation simultanée, destruction complète des hyphes, mais sans atteinte du complexe de la lamelle mitoyenne (220 x). e- *H. corrugata*: résistance à la dégradation des bords des ponctuations (430 x). f- *H. pinnatifida*: Id. (360 x).



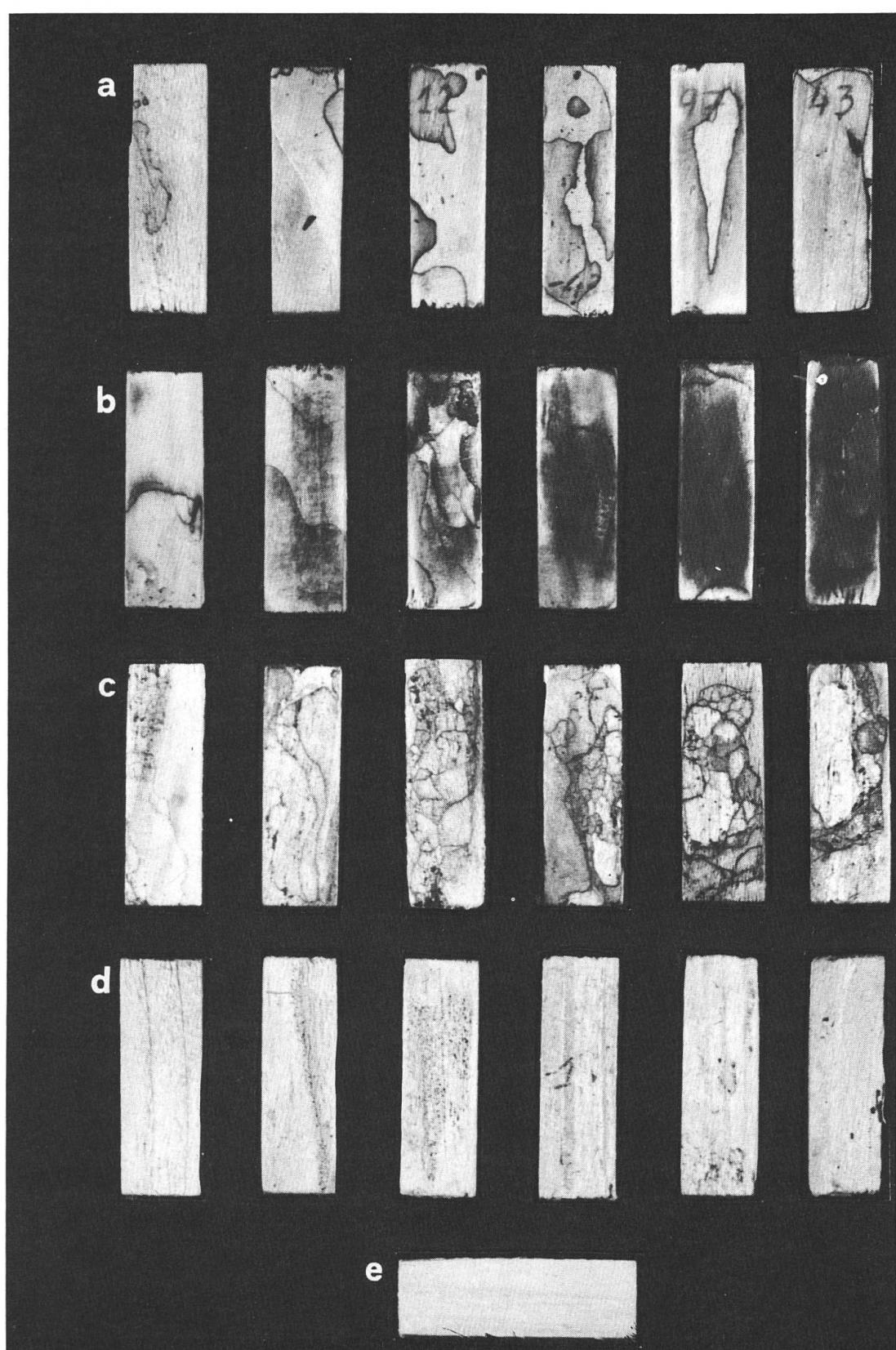
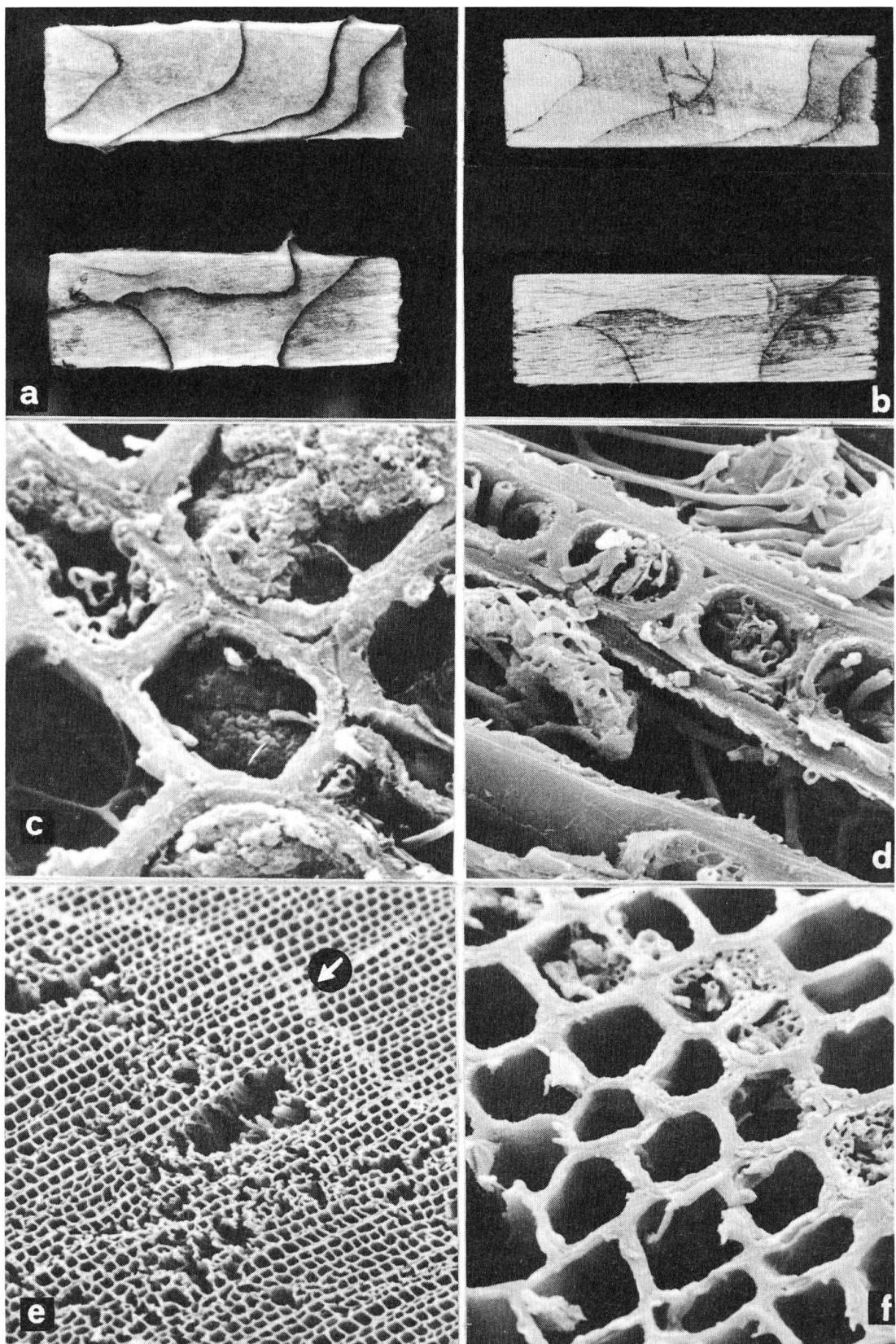


Fig.II



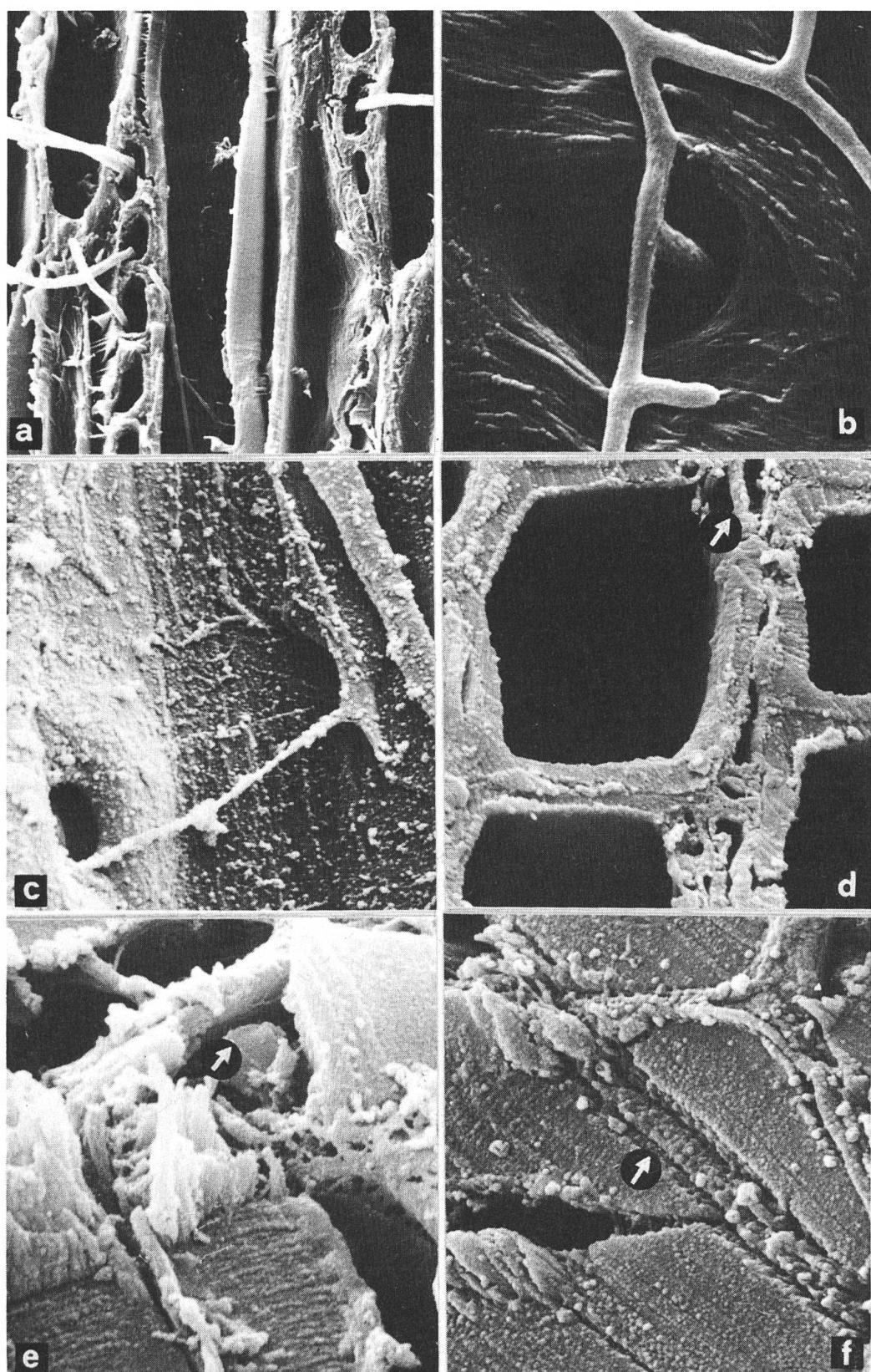
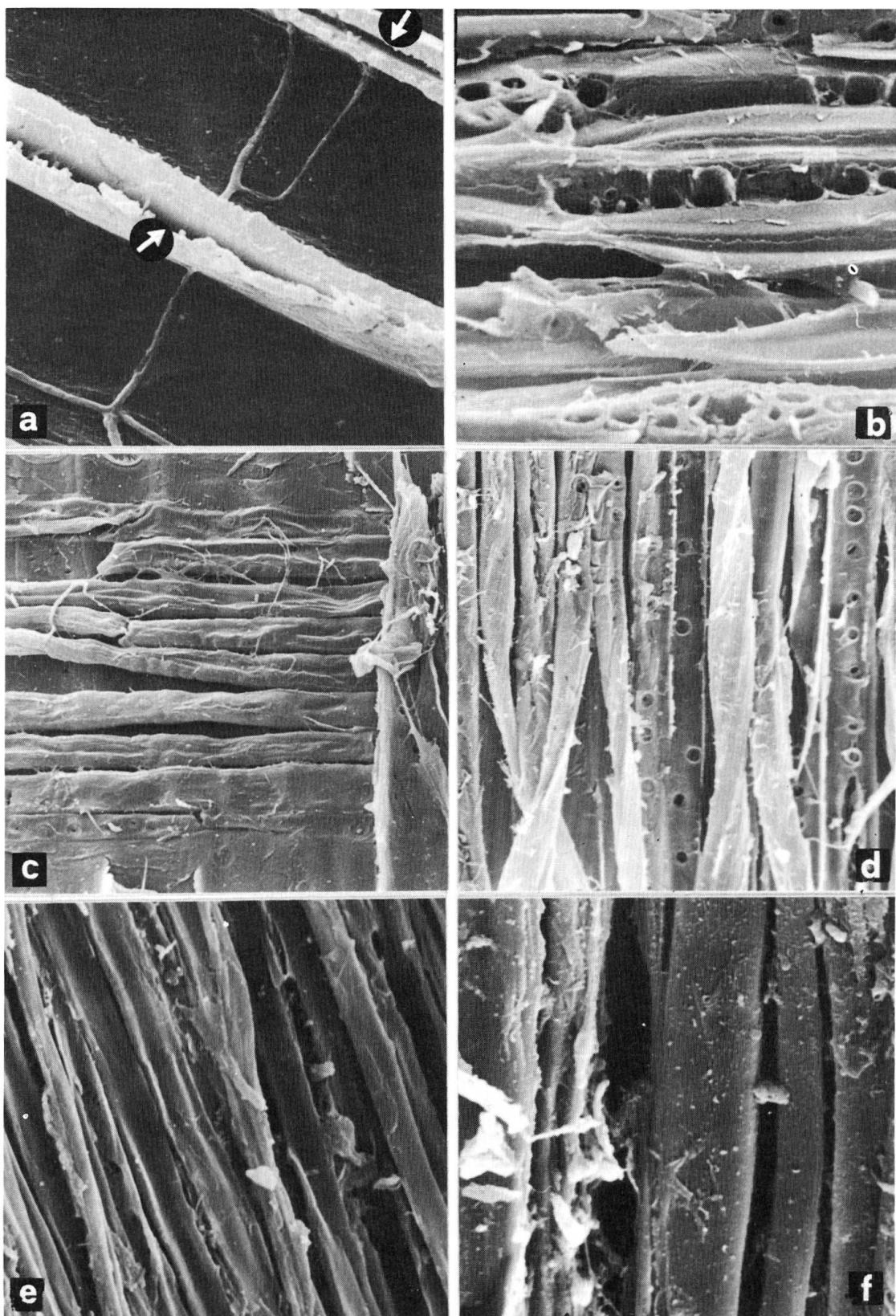


Fig.IV



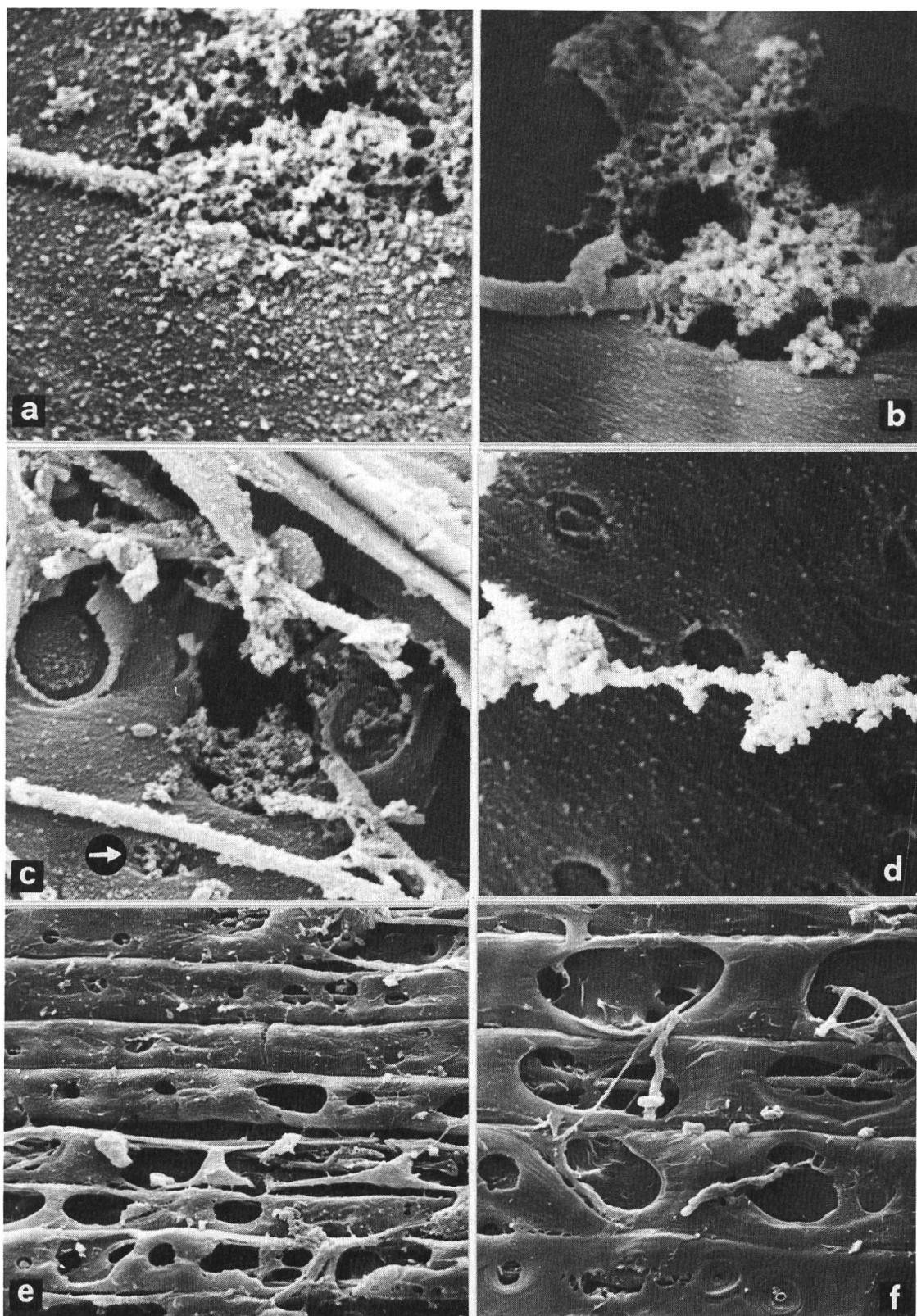


Fig.VI

