

ASPECTS MORPHOLOGIQUES DU PLANT DE RIZ

J. DIZÈS - J.F. BOIS - G. LASCÈVE - Ph. COUCHAT

 Département de Biologie
Service de Radioagronomie

 Institut Français de Recherche Scientifique
pour le Développement en Coopération

ASPECTS MORPHOLOGIQUES DU PLANT DE RIZ

J. DIZÈS - J.F. BOIS - G. LASCÈVE - Ph. COUCHAT

1988



Département de Biologie - Service de Radioagronomie

BOIS Jean-François - DIZES Jacques

ORSTOM

Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en
Coopération

213, rue Lafayette

75480 PARIS

COUCHAT Philippe - LASCEVE Gérard

Département de Biologie, Service de Radioagronomie

CEA-CEN/CADARACHE

13108 Saint Paul Lez Durance Cedex

Photographie de couverture : épiderme du limbe foliaire

Foliar lamina.

Ci-contre : champ de riz pluvial - Adiopodoume (Côte d'Ivoire)

Upland rice - Adiopodoume (Ivory Coast).

ERRATA

Page 32. Planche 17 : Echelle = 10 μ m

Page 50. Planche 31 : Echelle = 1 μ m.



	Page
Table des illustrations	3
Préface	7
Techniques utilisées	9
Feuille	15
Racine	34
Fleur et grain	44
Legends of the plates	53
Bibliographie	56

- 1 - épis de riz à floraison
- 2 - coupe d'un embryon de 2 jours (MEB x 60)

feuille

- 3 - ébauche de la seconde feuille d'un plan de 6 jours (MEB x 60)
- 4 - épiderme de la face adaxiale du limbe (MEB x 150)
- 5 - épiderme de la face abaxiale du limbe (MEB x 750)
- 6 - papille épidermique et cire épicuticulaire (MEB x 30 000)
- 7 - détail de l'épiderme (MEB x 3 000)
- 8 - poils unicellulaires (Ph. 1, MEB x 3 000 - Ph. 2, MEB x 350)
- 9 - épiderme - rangée stomatique (MEB x 3 500)
- 10 - stomates (Ph. 1 & 2, MEB x 7 500)
- 11 - coupes transversales de stomates
(Ph. 1, MEB x 5 500 - Ph. 2, MEB x 7 500)
- 12 - coupe transversale du limbe foliaire et vue perspective de l'épiderme abaxiale (MEB x 800)
- 13 - coupe transversale en microfluorescence du limbe foliaire (x 100)
- 14 - coupe transversale de l'extrémité du limbe foliaire (MEB x 250)
- 15 - détails du faisceau libéro-ligneux (Ph. 1 & 2, MEB x 2 800)
- 16 - nervure centrale du limbe
(Ph. 1, MEB x 60 - Ph. 2, MEB x 250 - Ph. 3, MEB x 1 100)
- 17 - cellules bulliformes et enroulement foliaire
(Ph. 1, MEB x 1 500 - Ph. 2, grandeur nature)

racines

- 18 - racines observées in situ à travers la paroi d'un rhizotron (x 2)
 - 19 - coupe transversale de racines (MEB x 150)
 - 20 - fracture longitudinale de racine au niveau du parenchyme cortical (MEB x 150)
 - 21 - cylindre central (Ph. 1, MEB x 380 - Ph. 2, MEB x 1 600)
-

- 22 - coupes de racines cultivées en conditions de sol non saturé et en conditions aquatiques (Ph. 1, MEB x 300 - Ph. 2, MEB x 200)
- 23 - racines latérales (Ph. 1, MEB x 350 - Ph. 2, MEB x 250)
- 24 - neutronographies de racines
(Ph. 1 & 2, x 4 - Ph. 3 & 4, x 0.4 - Ph. 5, x 10)

fleur et grain

- 25 - plant de riz cultivé en phytotron (x 0.5)
- 26 - racèmes de panicules (x 3.5)
- 27 - épillet (x 35)
- 28 - étamines et stigmates (MEB x 60)
- 29 - détail de l'extrémité de l'anthère (MEB x 750)
- 30 - grains de pollen (Ph. 1, MEB x 1 500 - Ph. 2, MEB x 3200)
- 31 - pore germinatif du grain de pollen (MEB x 15 000)
- 32 - détail du stigmate (MEB x 500)
- 33 - grain au stade laiteux (x 30)

*Les photographies ont été en majorité réalisées au Laboratoire de
Physiologie Cellulaire de l'Ajustement Osmotique du CEN/CADARACHE.*

*Les auteurs en sont Jean-François BOIS (ORSTOM), Jean-Pierre BOSSY
(CNRS), Jacques DIZES (ORSTOM), Michel PUARD (CIRAD),
Bao Gui ZHANG (CEA)*

- 1 - ear of rice during flowering
- 2 - section through a two-day old embryo (MEB x 60)

leaf

- 3 - initiation of the second leaf of a rice plant (MEB x 60)
- 4 - epiderm of the adaxial side of the rice lamina (MEB x 150)
- 5 - epiderm of the abaxial side of the lamina (MEB x 750)
- 6 - epidermal papilla and epicuticular wax. (MEB x 30 000)
- 7 - détail of the epiderm (MEB x 3 000)
- 8 - unicellular hairs (Ph. 1, MEB x 3 000 - Ph. 2, MEB x 350)
- 9 - epiderm - stomatal row (MEB x 3 500)
- 10 - stomata (Ph. 1 & 2, MEB x 7 500)
- 11 - transverse section of stomata
(Ph. 1, MEB x 5 500 - Ph. 2, MEB x 7 500)
- 12 - transverse section of the foliar lamina and perspective view of the
abaxial epiderm (MEB x 800)
- 13 - transverse section of foliar lamina under microfluorescence
(x 100)
- 14 - transverse section of the end of the foliar lamina (MEB x 250)
- 15 - détail of the libero-ligneous bundles (Ph. 1 & 2, MEB x 2 800)
- 16 - central rib of the lamina
(Ph. 1, MEB x 60 - Ph. 2, MEB x 250 - Ph. 3, MEB x 1 100)
- 17 - bulliform cells and leaf rolling (Ph. 1, MEB x 1 500)

roots

- 18 - roots observed in-place through a rhizotron barrier (x 2)
 - 19 - transverse section of root (MEB x 150)
 - 20 - longitudinal fracture of root at the cortical parenchyma
(MEB x 150)
 - 21 - central cylinder (Ph. 1, MEB x 380 - Ph. 2, MEB x 1 600)
-

- 22 - sections of rice roots cultivated in upland culture conditions and in aquatic culture conditions
(Ph. 1, MEB x 300 - Ph. 2, MEB x 200)
- 23 - lateral roots (Ph. 1, MEB x 350 - Ph. 2, MEB x 250)
- 24 - neutronography of roots
(Ph. 1 & 2, x 4 - Ph. 3 & 4, x 0.4 - Ph. 5, x 10)

flower and grain

- 25 - rice plant cultivated in climatic growth chamber (x 0.5)
- 26 - racemes of panicles (x 3.5)
- 27 - spikelet (x 35)
- 28 - stamens and stigmas (MEB x 60)
- 29 - detail of the end of the anther (MEB x 750)
- 30 - pollen grains (Ph. 1, MEB x 1 500 - Ph. 2, MEB x 3200)
- 31 - pollen grain germination pore (MEB x 15 000)
- 32 - detail of stigma (MEB x 500)
- 33 - grain at the milky stage (x 30)
-

Au sein des diverses stratégies mises en place par les plantes cultivées pour résoudre les problèmes posés par leurs interactions avec l'environnement, la relation entre la structure et la fonction occupe une place particulière. Les implications de cet aspect de la recherche n'ont pas échappé aux écologistes, aux physiologistes et aux généticiens. Ces derniers, plus particulièrement, considèrent avec attention les effets des pressions de sélection sur la morphogénèse en vue d'en obtenir des critères efficaces de sélection.

L'objectif du présent ouvrage est de rassembler des informations éparses sur la morphologie d'une céréale particulière, le riz. Les documents présentés traversent un champ d'investigation qui va de la plante entière à la cellule. Les techniques d'observation mises en oeuvre sont aussi diversifiées que la neutronographie et la microfluorométrie.

Notre souhait est de fournir au lecteur des informations susceptibles de l'aider à préciser comment ces relations entre structures et fonctions permettent au riz de traverser des environnements aussi variés que ceux qu'il rencontre en culture pluviale et en culture aquatique.

The relation between structure and function occupies a special place among the various strategies used by cultivated plants to resolve problems due to their interaction with the environment. The implications of this aspect of research have not escaped ecologists, physiologists and geneticists. The latter especially closely study the effects of selection pressures on morphogenesis, in order to obtain efficient selection criteria.

The purpose of this document is to collect the scattered information that is available on the morphology of one type of cereal, rice. The documents presented cover a field of investigation ranging from the complete plant to the cell. Many diverse observation techniques have been implemented, such as neutron radiography and micro-fluorometry.

Our intention is to supply the reader with information which may help him to clarify how these relations between structures and functions allow rice to flourish in environments as varied as those it encounters in rain-based and water-based cultivation.

microscopie électronique à balayage

Le microscope électronique à balayage (JEOL JSM T20) permet d'observer les surfaces des objets, il utilise un rayon d'électrons primaires, obtenus par chauffage d'un filament, focalisé sur l'échantillon qu'il scrute. Sous l'impact, des électrons secondaires sont émis et chaque signal est reporté point par point sur un écran de télévision. Son pouvoir séparateur est près de trois cent fois supérieur à celui du microscope optique et sa grande profondeur de champ permet une excellente compréhension des formes. Les images obtenues peuvent être enregistrées sur des plaques photographiques (Appareil photographique MAMIYA - Pellicules POLAROID 8,5 x 10,8).

Le nombre d'électrons émis par chaque aire élémentaire explorée n'étant pas le même, les contrastes qui en résultent donnent une image tridimensionnelle sur l'écran.

Pour éviter la pollution des filaments et de l'échantillon, ce dernier doit être placé dans une enceinte où règne un vide poussé et il ne doit pas comprendre d'éléments volatils, d'où la nécessité de le lyophiliser préalablement (Lyophilisateur VIRTIS 10-34).

Les objets à examiner peuvent être placés dans l'appareil directement, cependant, afin d'éviter des plages trop brillantes ("charges"), et d'augmenter le rendement en électrons secondaires, ce qui améliorera les contrastes, il est utile de les bombarder d'une mince pellicule de carbone ou d'or-palladium (Sputtering MD 010 - BALZER-UNION).

Les vues en coupe sont, elles, obtenues par surfaçage préalable au microtome (CRYOCUT E - REICHERT-JUNG) des échantillons noyés dans de la colle et refroidis instantanément dans l'azote liquide.

fluorescence

Certains corps ont la propriété de réémettre la lumière absorbée sous forme de rayonnements de longueur d'onde plus grande. D'autre part, certains constituants cellulaires peuvent absorber spécifiquement une longueur d'onde particulière de la lumière qui sert à éclairer l'objet examiné.

On place à la sortie de la source lumineuse du microscope des filtres spéciaux qui ne laissent pénétrer que des radiations dont la longueur d'onde est comprise entre 300 et 400 nm. La chlorophylle émettant un rayonnement dont la longueur d'onde est supérieure à celle des rayons incidents, un filtre placé après la préparation ne laissera percevoir que la lumière qu'elle émet. Elle fluoresce en rouge, l'épiderme et les tissus conducteurs en vert et les tissus de soutien en jaune.

neutronographie des racines

Cette technique, analogue à la radiographie aux rayons X, permet de visualiser les racines d'une plante au travers d'un sol sableux.

Son principe repose sur l'utilisation du contraste d'humidité qui existe entre le sol et les racines. L'objet à analyser, plant cultivé dans un conteneur en tôle d'aluminium, est placé dans un flux de neutrons thermiques issu d'un réacteur. Ce flux est modifié par les éléments légers (principalement l'hydrogène de l'eau) et, par l'intermédiaire d'un convertisseur, il impressionne un film sensible.

La méthode est non destructive, elle permet d'obtenir des images successives du système racinaire au cours de son développement en conditions contrôlées.

scanning electron microscope

The scanning electron microscope (JEOL JSM T20) can be used to observe surfaces of objects. It makes use of a beam of primary electrons, obtained by heating a filament and focused on to the sample being examined. On impact, secondary electrons are emitted and each signal is transferred, point by point, on to a television screen. Its resolution power is about 300 times greater than the optical microscope and its large field depth allows an excellent understanding of shapes. Images obtained can be recorded on photographic plates (MAMIYA photographic apparatus - POLAROID films 8.5 x 10.8).

Since the number of electrons emitted per elementary area varies, the resulting contrasts give a three dimensional image on the screen.

To avoid polluting the filaments and the sample, the latter must be located within a containment within which there is a high vacuum, and from which all volatile elements are excluded, resulting in the need for prior freeze drying (VIRTIS 10-34 Freeze dryer).

The objects to be examined can be placed in the apparatus directly, however it is advantageous to bombard them with a thin coating of carbon or gold-palladium (Sputtering MED 010 - BALZER-UNION), in order to avoid areas in which the brightness is too high ("charges"), and to increase the output of secondary electrons, thus improving the contrasts.

Section views are obtained by prior microtome surface preparation (CRYOCUT E - REICHERT-JUNG) of samples immersed in glue and immediately frozen in liquid nitrogen.

fluorescence

Some bodies have the property of re-emitting absorbed light in the form of radiation with a higher wave length. In addition, some cell constituents can absorb one specific wave length of light which is used to illuminate the object being examined.

Special filters are placed at the outlet of the microscope light source, which allow penetration only of radiations with wave lengths between 300 and 400 nm. Since chlorophyll emits a radiation with a wave length greater than that of the incident rays, a filter located after the preparation will allow observation only of light that it emits. It is fluorescent in red, the epiderm and the conducting tissues in green, and the supporting tissue system in yellow.

neutron radiography of roots

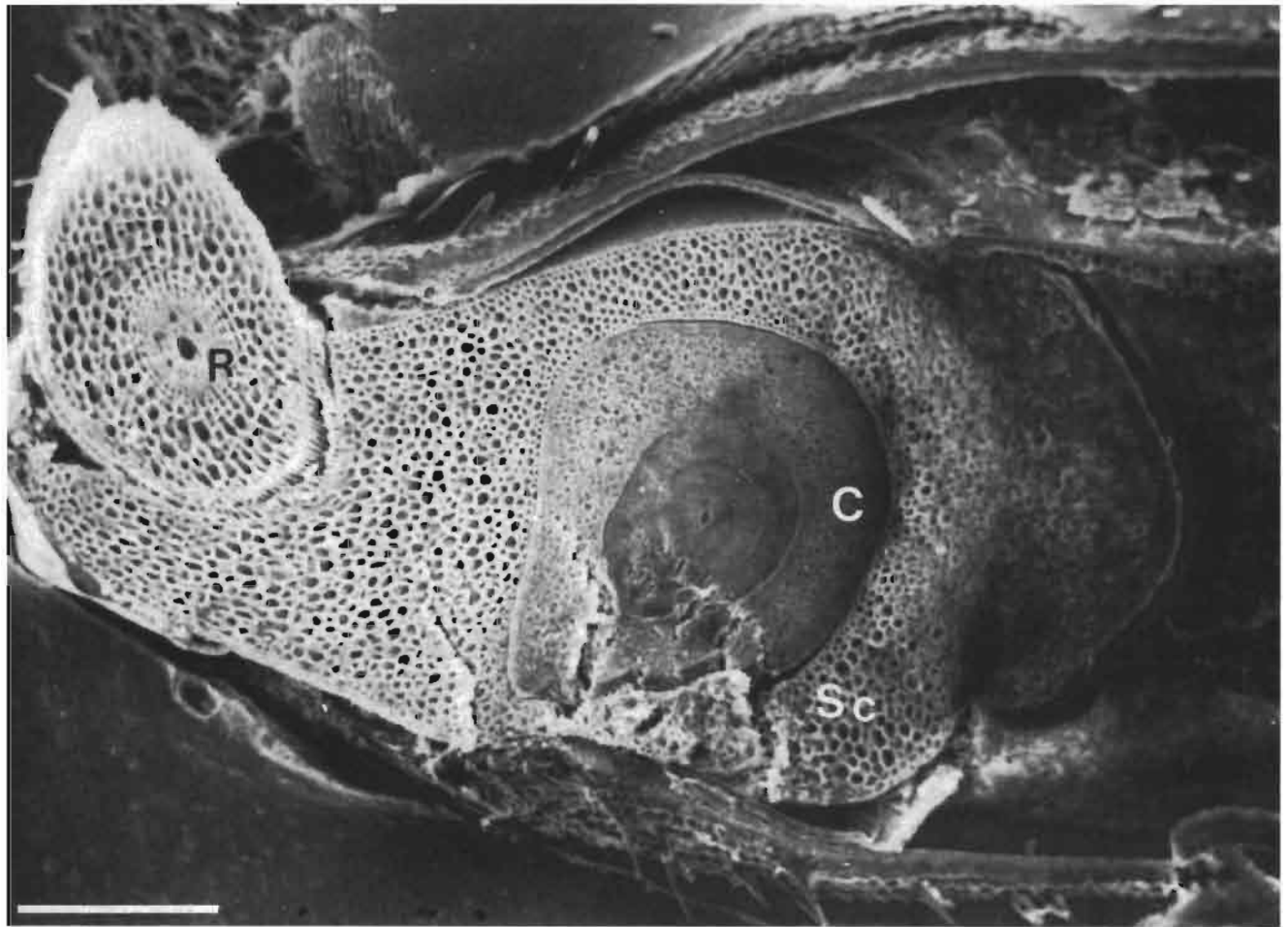
This technique, similar to X-ray radiography, can be used to visualize the roots of a plant through a sandy soil

Its principle is based on the use of the difference in humidity between the soil and the roots. The object to be analyzed, a cultivated plant within an aluminum plate container, is placed within a flux of thermal neutrons emitted by a reactor. This flux is modified by light elements (mainly the hydrogen in water), and, by means a converter, it produces an image on a sensitive film.

The method is non-destructive, and can be used to obtain successive images of the root system during its development under controlled conditions.



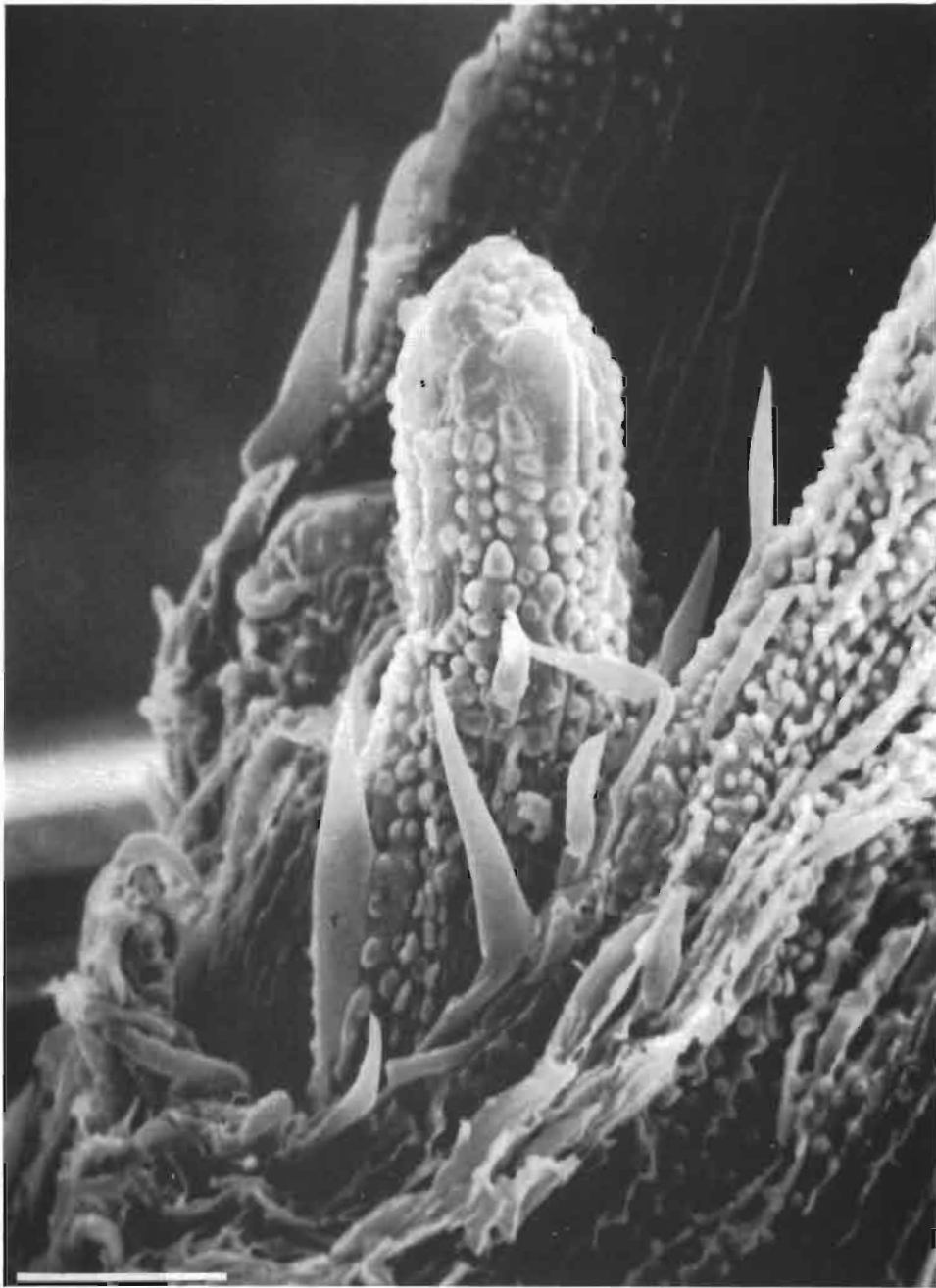
Planche 1 : Epis de riz à floraison.
Ear of rice during flowering.



500 μm

Planche 2 : Coupe d'un embryon de 2 jours - La germination de l'embryon à la base du caryopse, débute par la sortie du coléoptyle (C) qui va percer le tégument ; la radicule apparaît ensuite et se développe très rapidement. On voit sur ce document la radicule (R) déjà bien développée et l'ébauche d'une feuille entourée du coléoptyle (Sc, scutellum).

Section through a two-day old embryo.



500 μ m

Planche 3 : Ebauche de la seconde feuille d'un plant de riz.

Initiation of the second leaf of a rice plant.

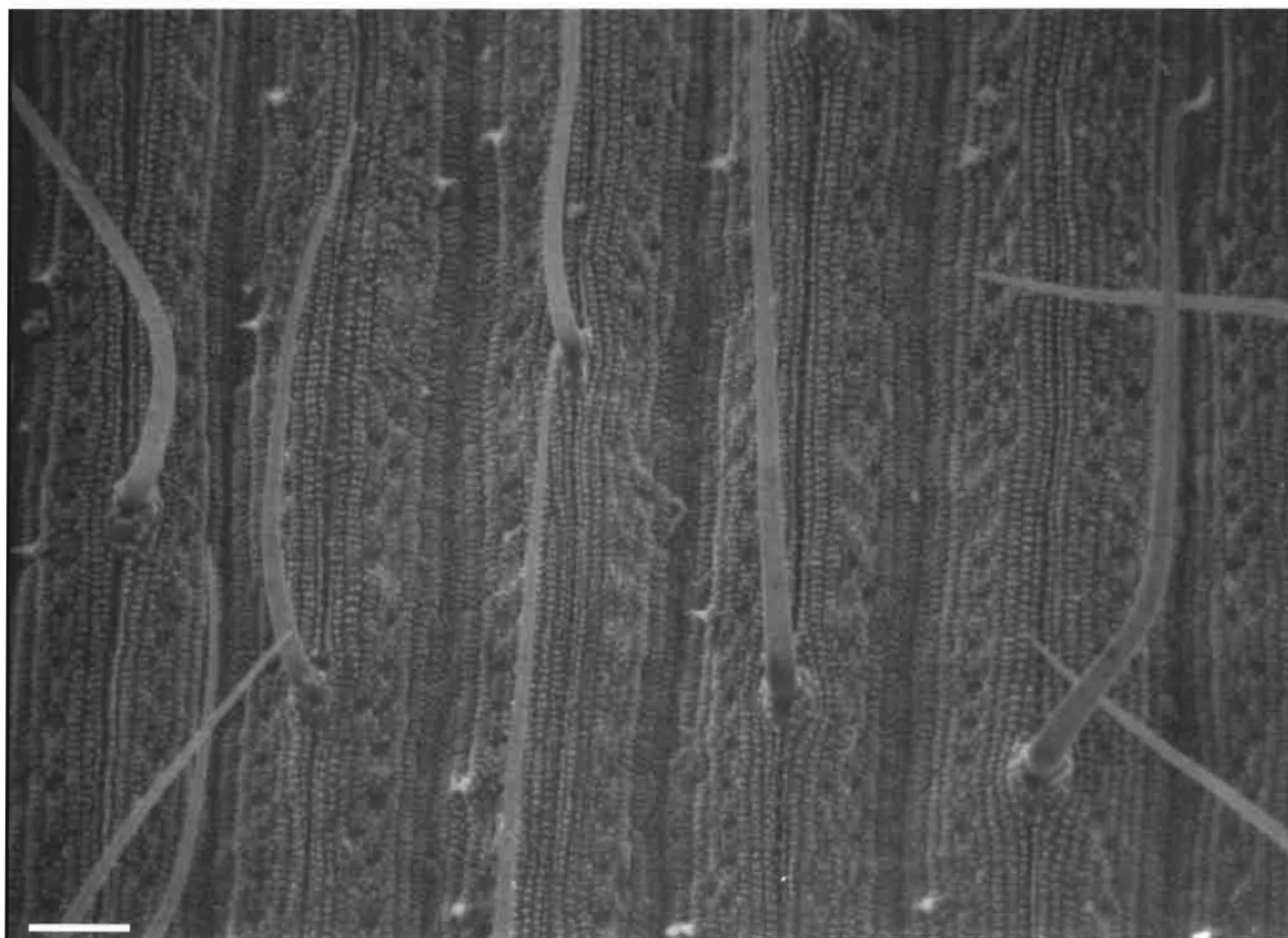
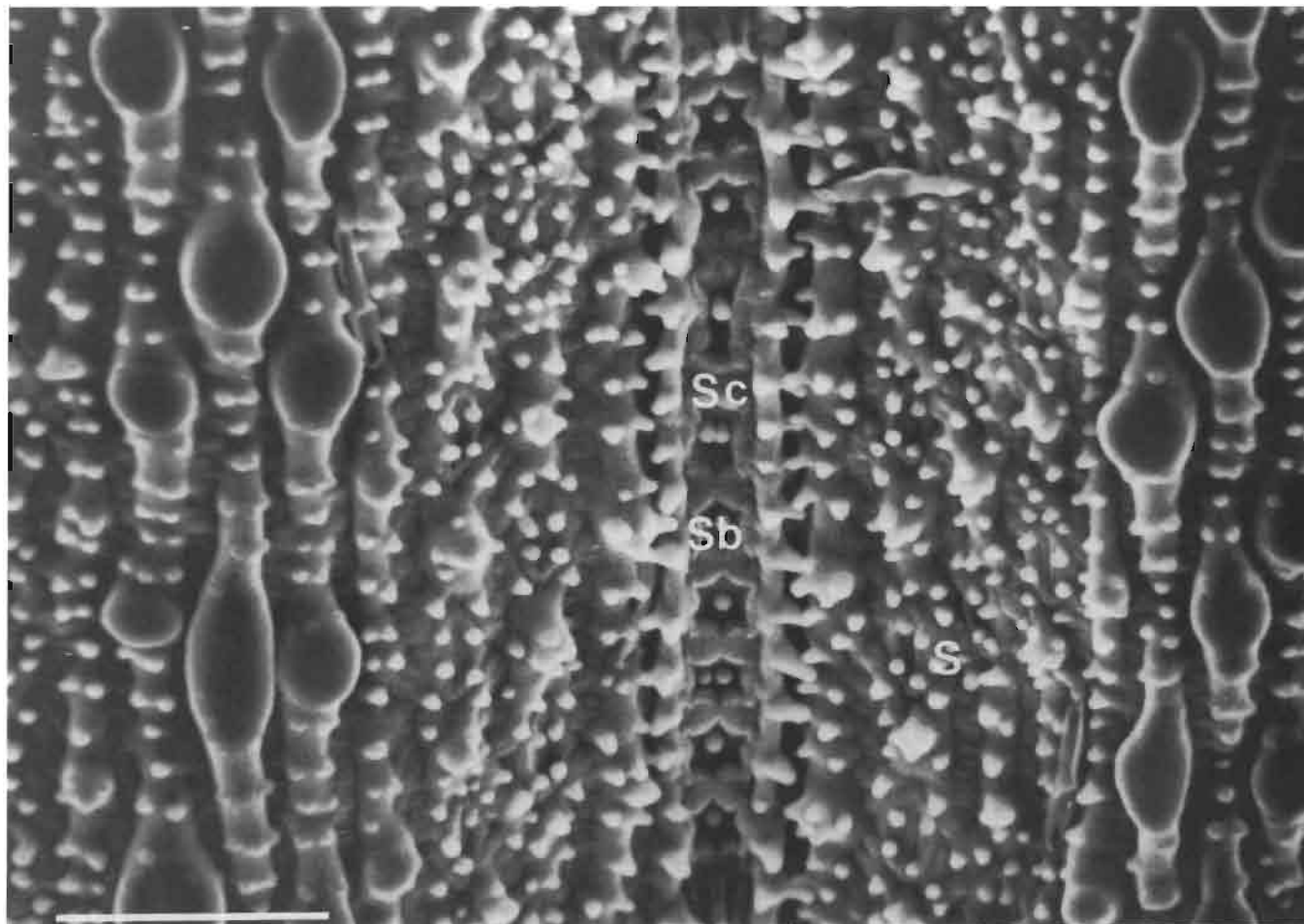
100 μm

Planche 4 : Epiderme de la face adaxiale du limbe de riz - Recouvert d'une cuticule, il présente une série de crêtes et de sillons longitudinaux constituant des motifs réguliers d'environ 200 μm de large. De longs poils épidermiques monocellulaires sont implantés sur les crêtes. Ils diffèrent, selon les variétés (ici IRAT 13) par leur longueur, leur forme et leur densité.

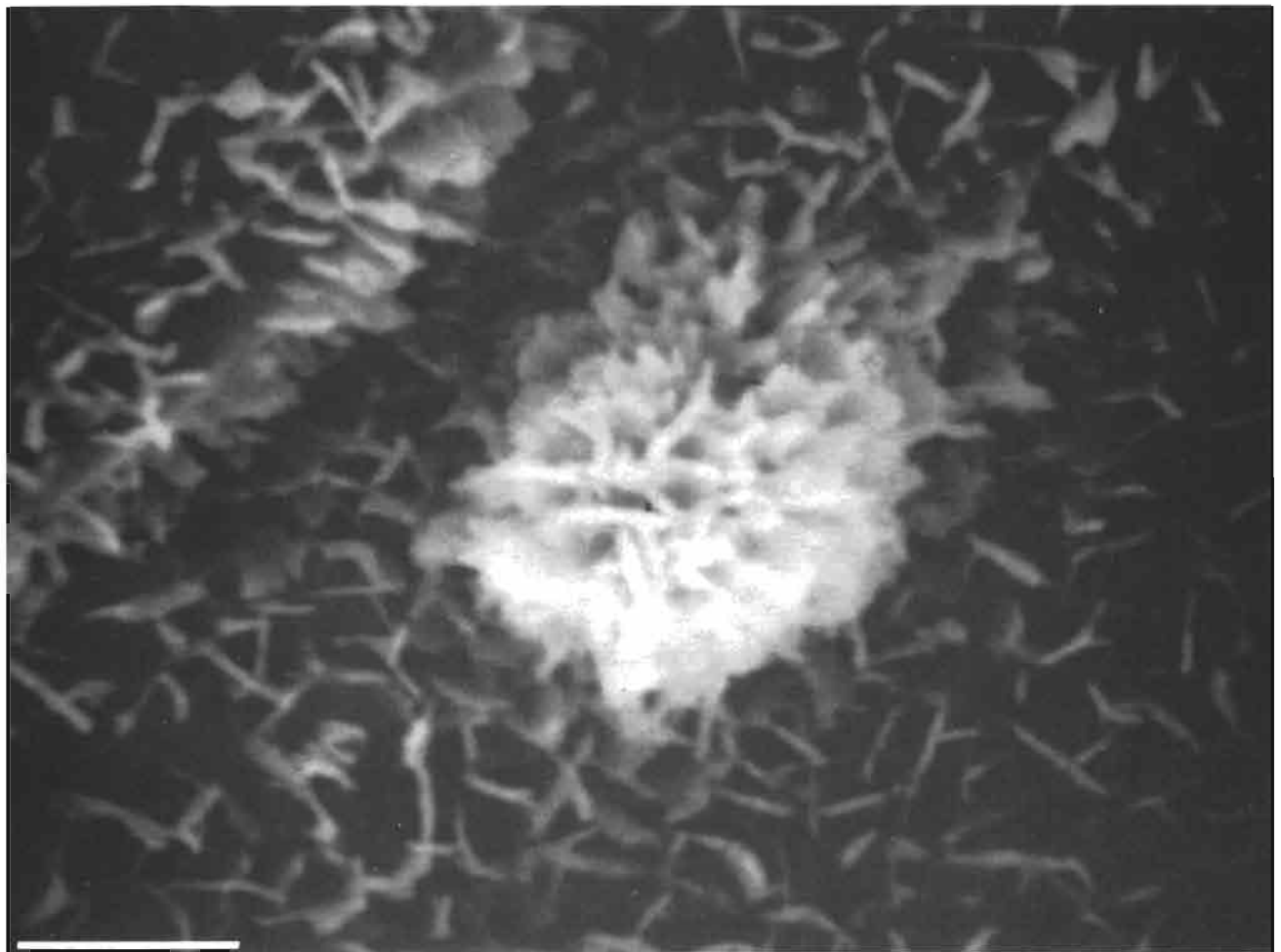
Epiderm of the adaxial side of the rice lamina.



50 μ m

Planche 5: Epiderme de la face abaxiale du limbe - Il montre aussi un motif d'arrangement cellulaire longitudinal constitué, au centre d'une rangée de cellules siliceuses (Sc) alternant avec des cellules subéreuses (Sb) et, de chaque côté de l'axe, une bande stomatique composée de une ou deux rangées de stomates (S) séparés par des cellules épidermiques banales et un groupe de trois rangées de grosses cellules épidermiques. Toutes les cellules présentent des papilles de formes et de tailles variables (ici var. IR5).

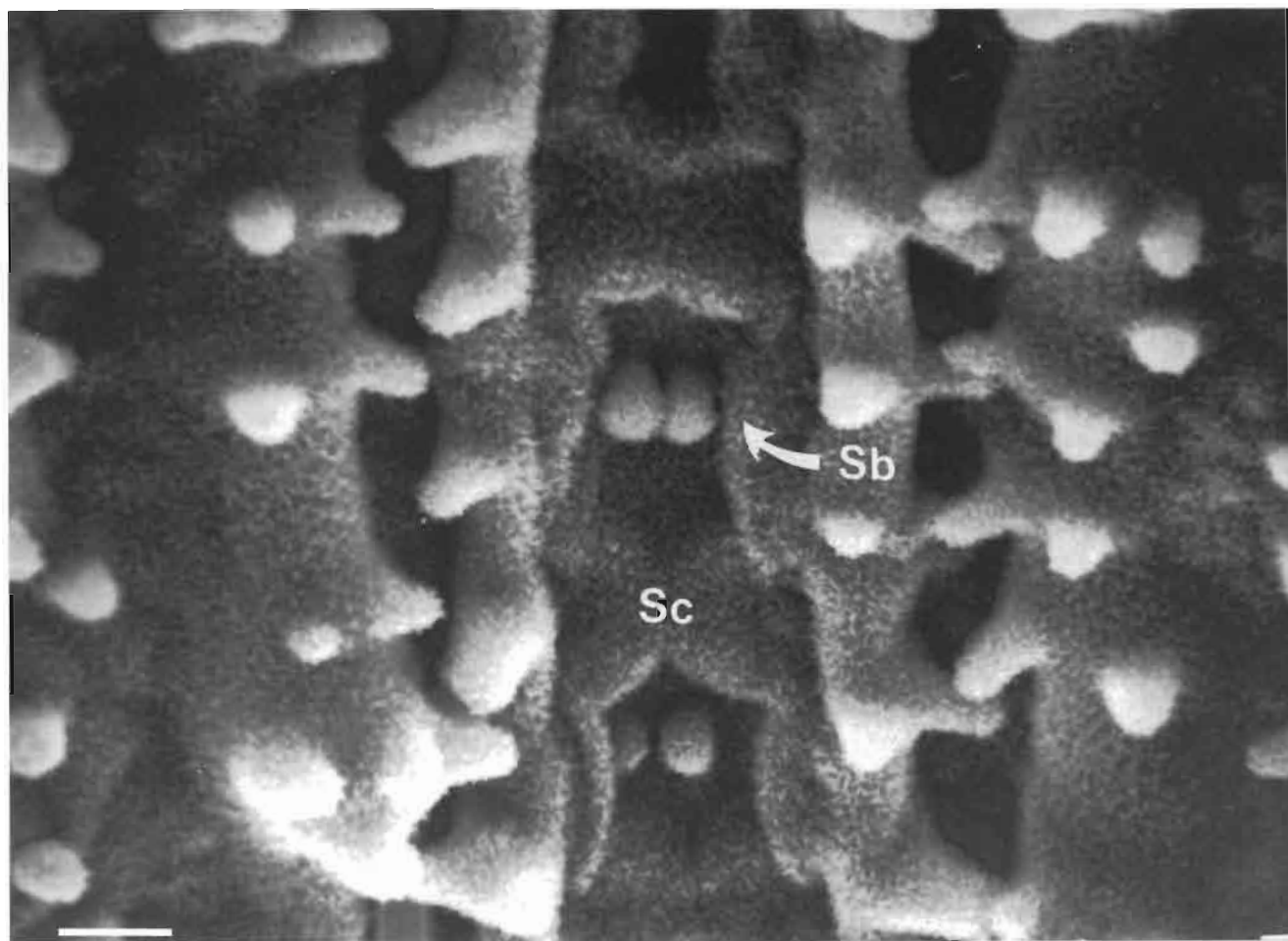
Epiderm of the abaxial side of the lamina.



1 μm

Planche 6: Papille épidermique et cire épicuticulaire - La cuticule de l'épiderme du limbe est recouverte d'un dépôt de cire présentant un aspect lamellaire. Cette cire augmente l'imperméabilité du limbe et ralentit d'autant la transpiration. Les papilles sont présentes sur tous les organes aériens.

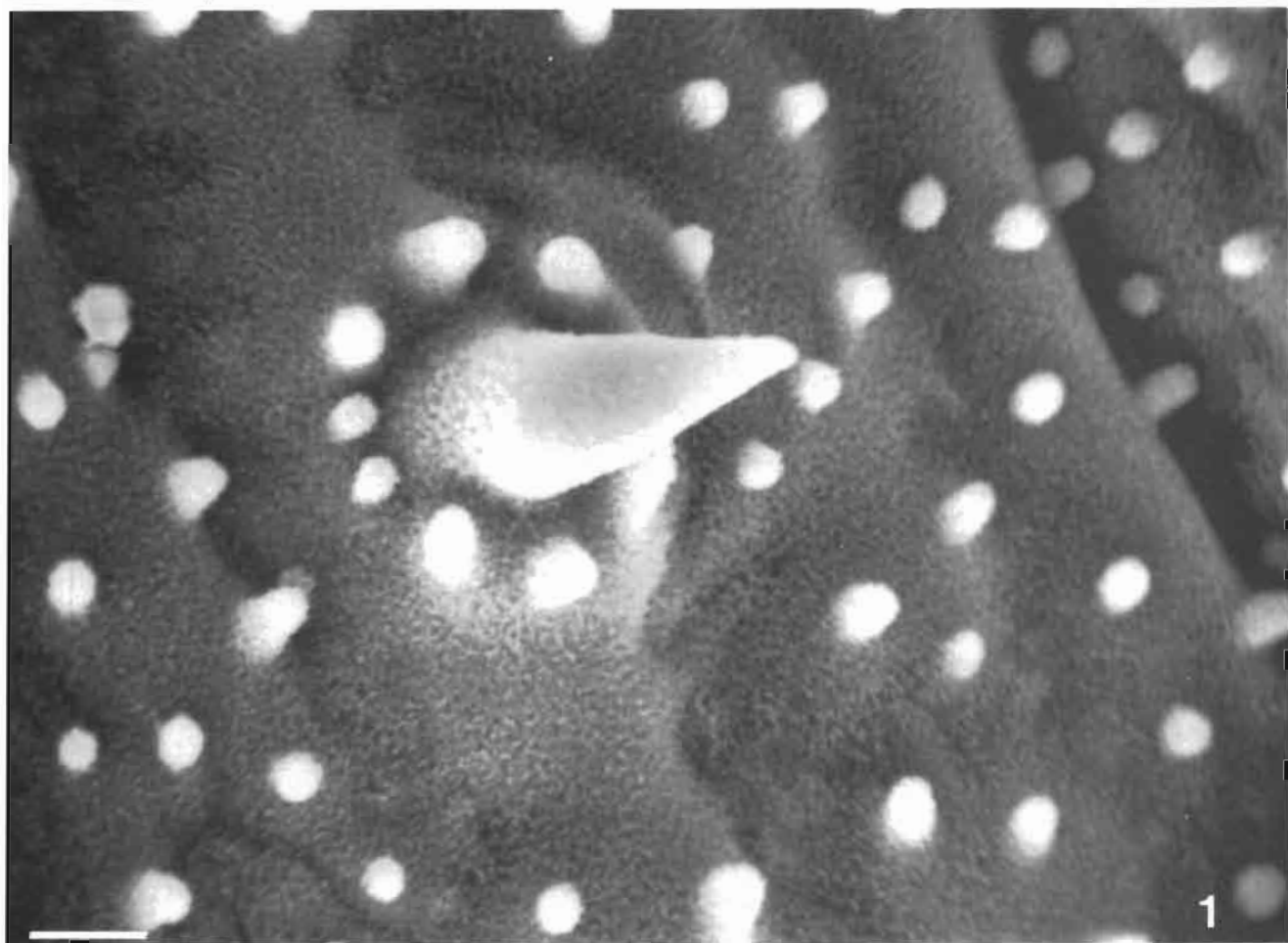
Epidermal papilla and epicuticular wax.



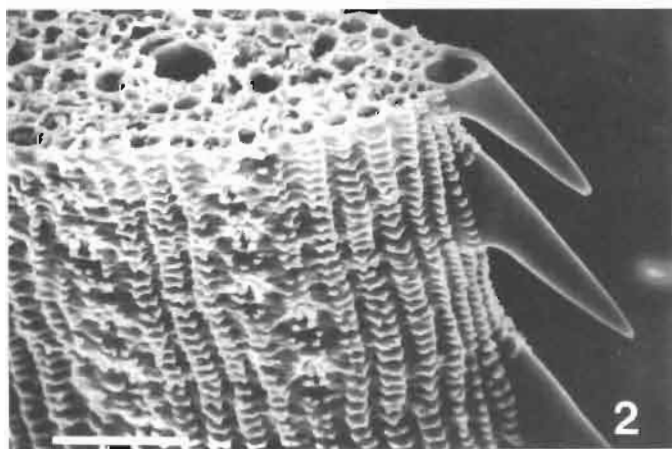
5 μ m

Planche 7 : Détail de l'épiderme - Les cellules siliceuses (Sc), en forme d'haltères, présentent une forte concentration en silice. Les cellules subéreuses (Sb), de forme hexagonale, possèdent une ou plusieurs papilles en leur centre.

Detail of the epiderm.



5 μm



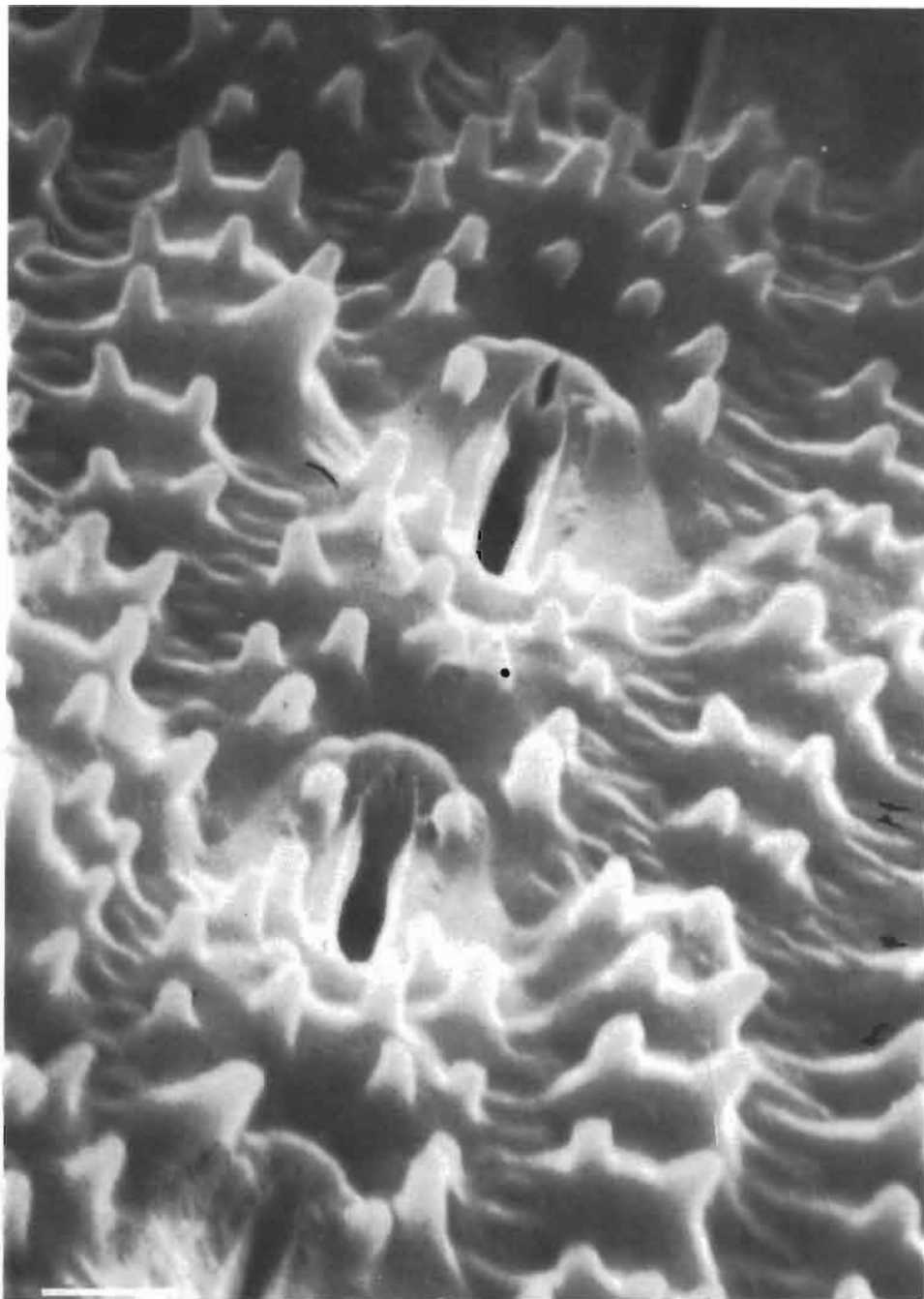
50 μm

Planche 8:

Poils unicellulaires

Différenciations de cellules épidermiques, ils sont de tailles et de formes très diverses. Les bords des feuilles de la plupart des variétés en sont ornés, leur donnant ce caractère coupant (Photo ci-contre, var. IRAT 13).

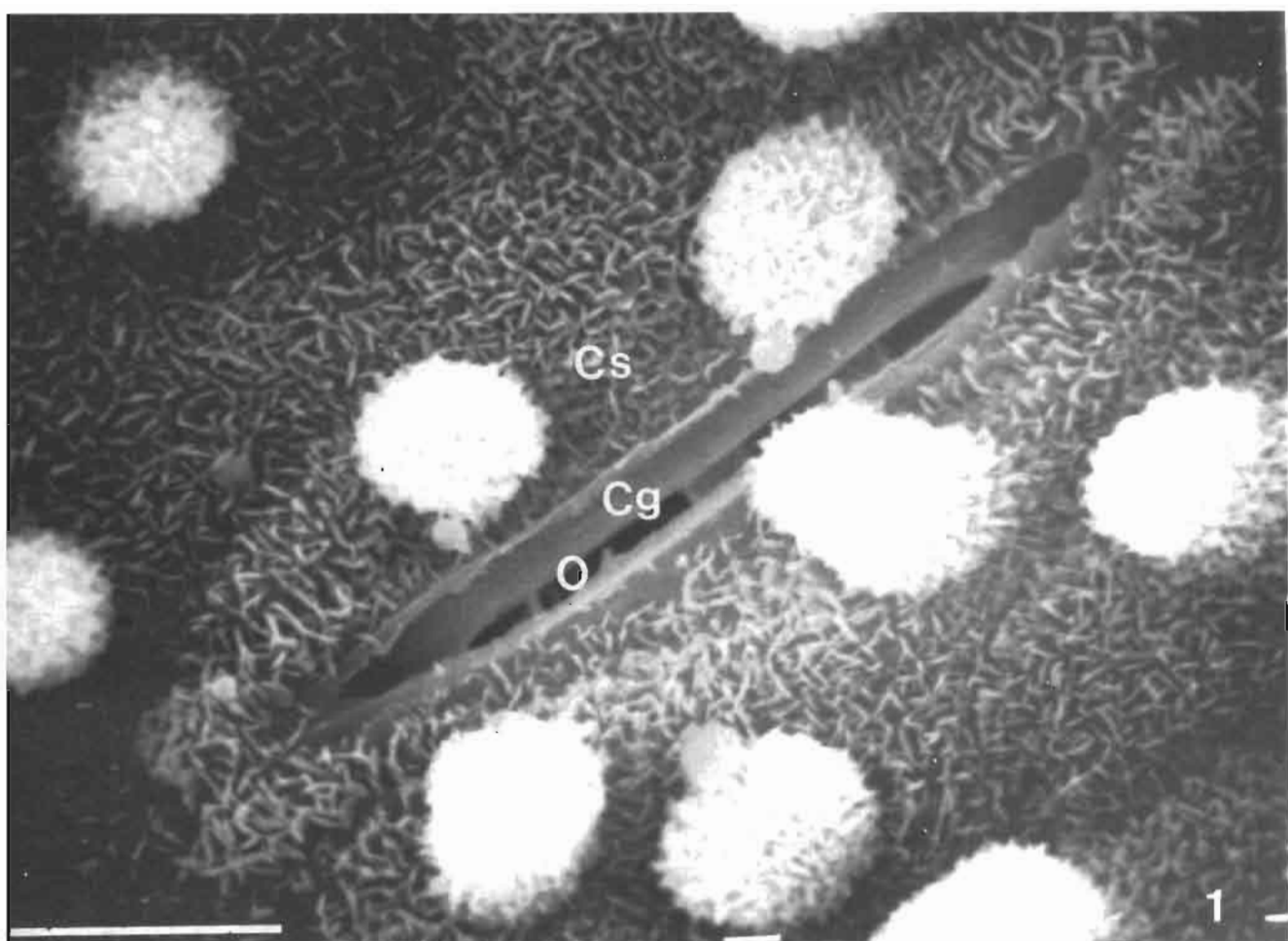
Unicellular hairs.



5 μ m

Planche 9: Epiderme. Rangée stomatique - Plus ou moins ouverts selon le degré d'éclairement, de température, d'humidité et de l'état hydrique de la plante, les stomates sont, chez le riz, disposés en files longitudinales où ils alternent avec des cellules épidermiques banales. La densité stomatique est comprise entre 150 et 750 par mm^2 . Comme chez la plupart des plantes dont les feuilles sont dressées, ils sont répartis à peu près également sur les deux faces du limbe (espèce amphistomatique).

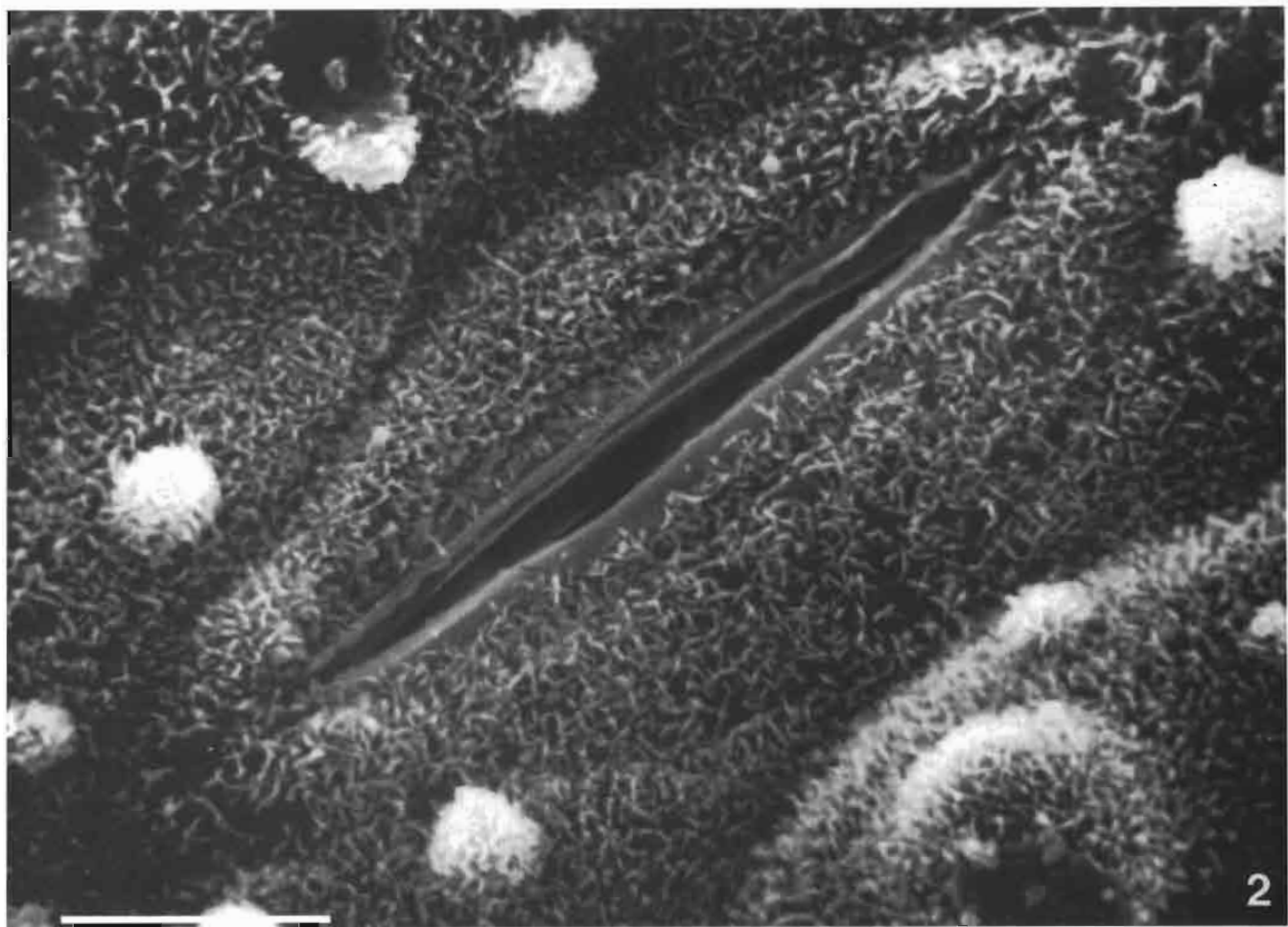
Epiderm. Stomatal row.



5 μm

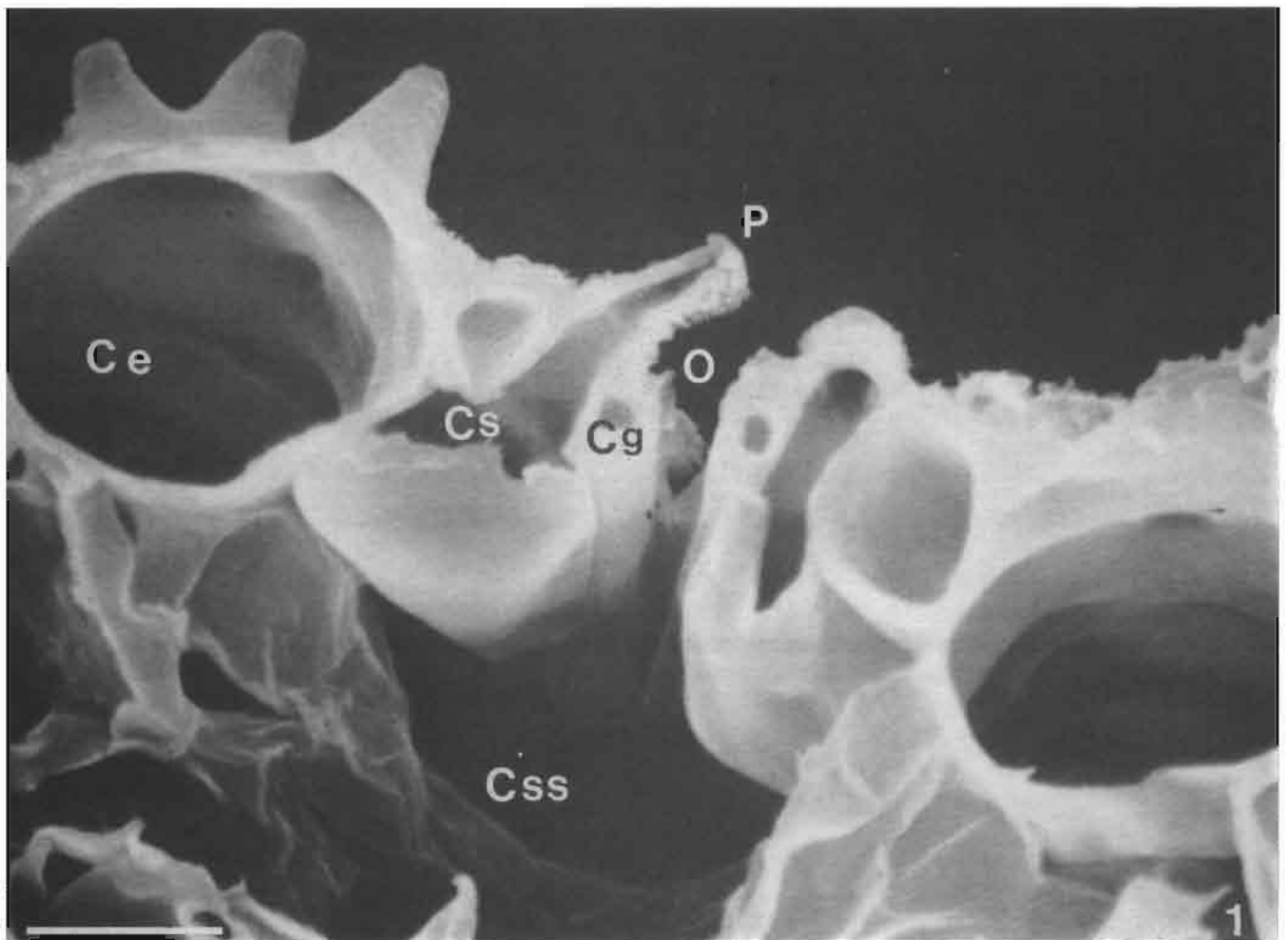
Planche 10: Stomates (var. IR5, cliché 1, var. IRAT 13 cliché 2) - Ces orifices sont le passage par lequel s'évapore l'essentiel de l'eau qui transite dans la plante et entre le CO_2 nécessaire à la photosynthèse. Le stomate est formé de deux cellules de garde (Cg) qui entourent un orifice, l'ostiole (O) et de deux cellules subsidaires (Cs). La longueur du complexe est comprise entre 20 et 25 μm. L'ensemble est recouvert d'une cire épicuticulaire empêchant toute perte d'eau en cas de fermeture de l'ostiole. Cette dernière peut être encadrée de papilles épidermiques circuses.

Stomata.



5 μm

2



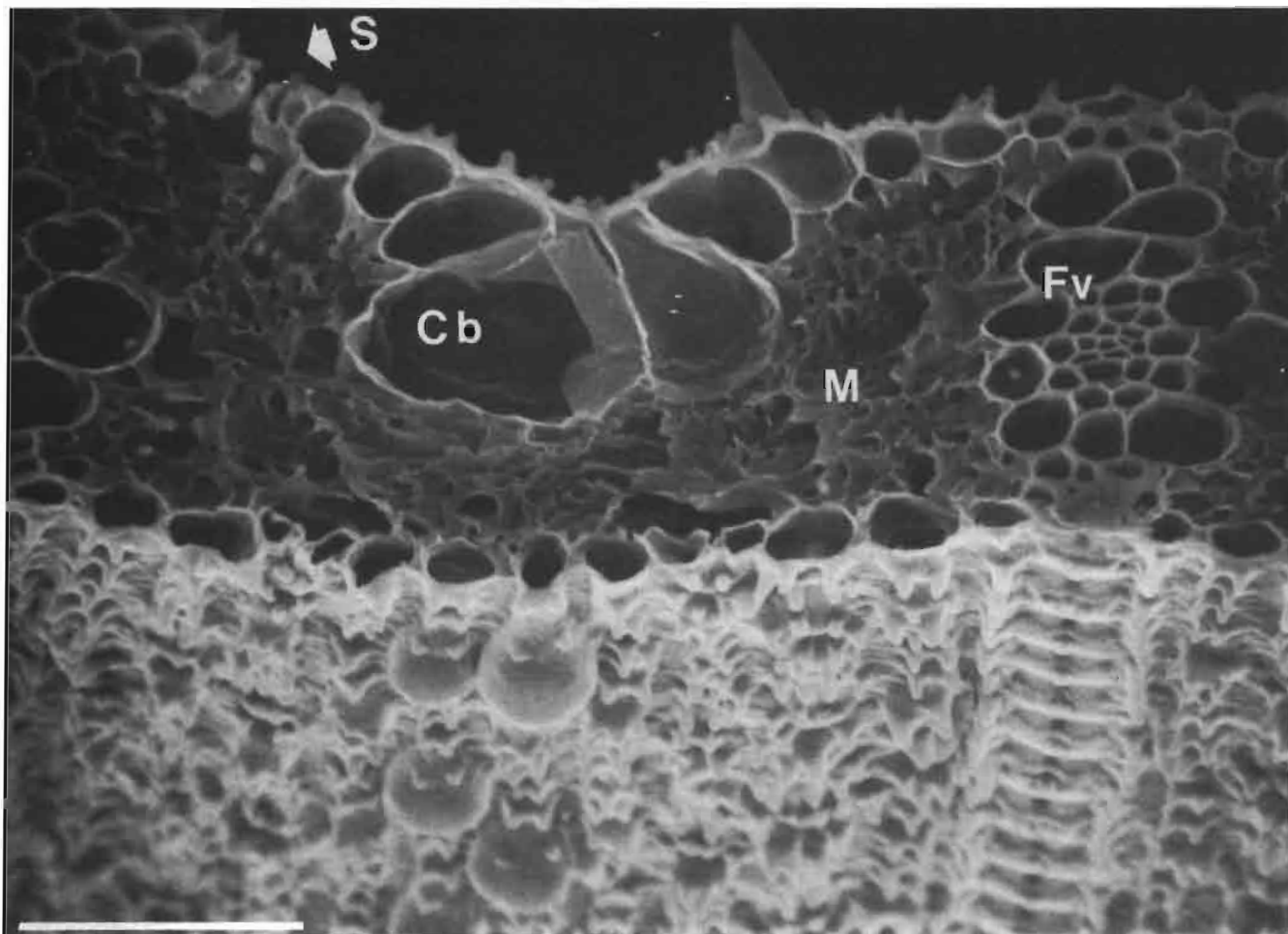
5 μ m

Planche 11 : Coupes transversales de stomates - Les cellules de garde (Cg), largement écartées en conditions normales (photo 1), s'affaissent lorsque survient une contrainte hydrique (photo 2). Elles ferment l'ostiole (O) et interdisent les échanges gazeux entre la chambre sous-stomatique (Css) et le milieu extérieur. On voit bien, sur la photo 1, que la papille fait partie intégrante de la cellule sur laquelle elle est implantée. Cellule subsidiaire (Cs), cellule épidermique (Ce), papille (P).

Transverse sections of stomata.



5 μm



50 μ m

Planche 12 : Coupe transversale du limbe foliaire et vue perspective de l'épiderme abaxial - Les faisceaux vasculaires (Fv), avec leur gaine de sclérenchyme, correspondent aux crêtes épidermiques (photo 4) et aux files de cellules siliceuses et subéreuses (photo 5). Dans les sillons, à l'opposé des grosses cellules épidermiques, se trouvent les cellules bulliformes ou motrices (Cb), énormes cellules épidermiques différenciées. Entre ces tissus, on trouve le mésophylle chlorophyllien (M).

Transverse section of the foliar lamina and perspective view of the abaxial epiderm.

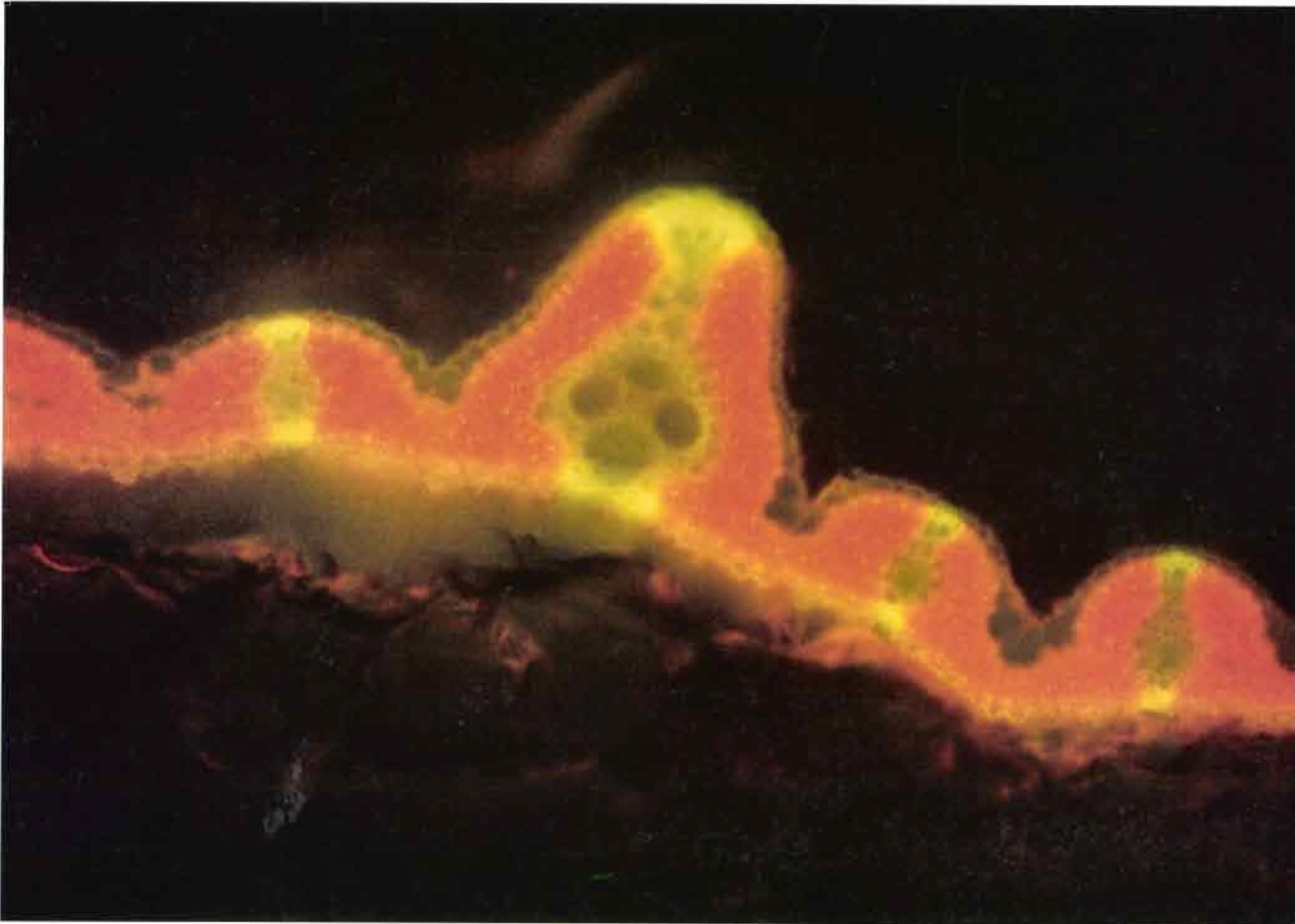
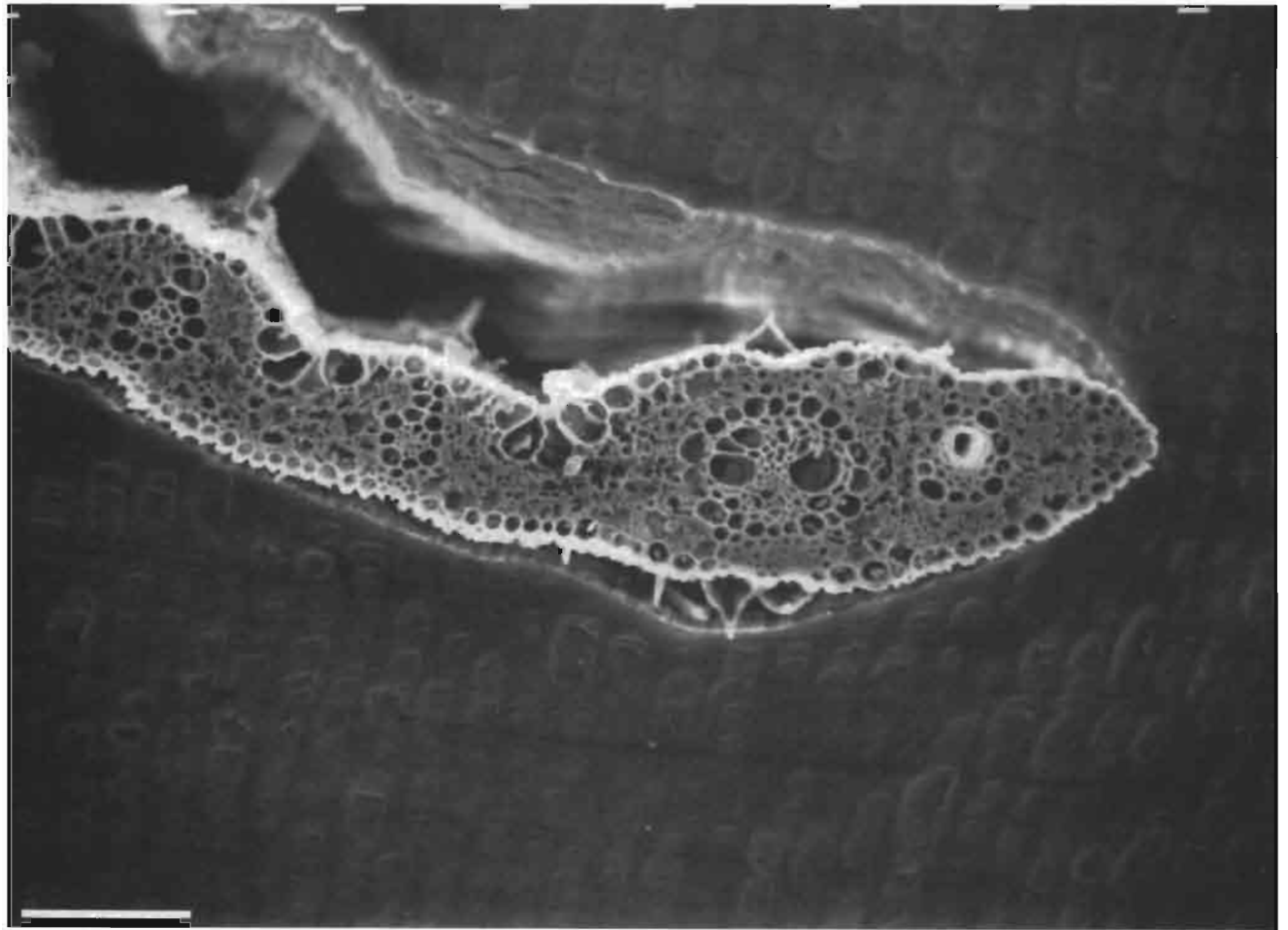


Planche 13: Coupe transversale en microfluorescence du limbe foliaire - Les tissus comportant des chloroplastes fluorescent en rouge (mésophylle), les autres tissus, dépourvus de chlorophylle, épiderme et vaisseaux conducteurs en vert et le sclérenchyme en jaune. L'apparente fluorescence des cellules épidermiques provient essentiellement de la lumière émise par les tissus voisins.

Transverse section of foliar lamina under microfluorescence.



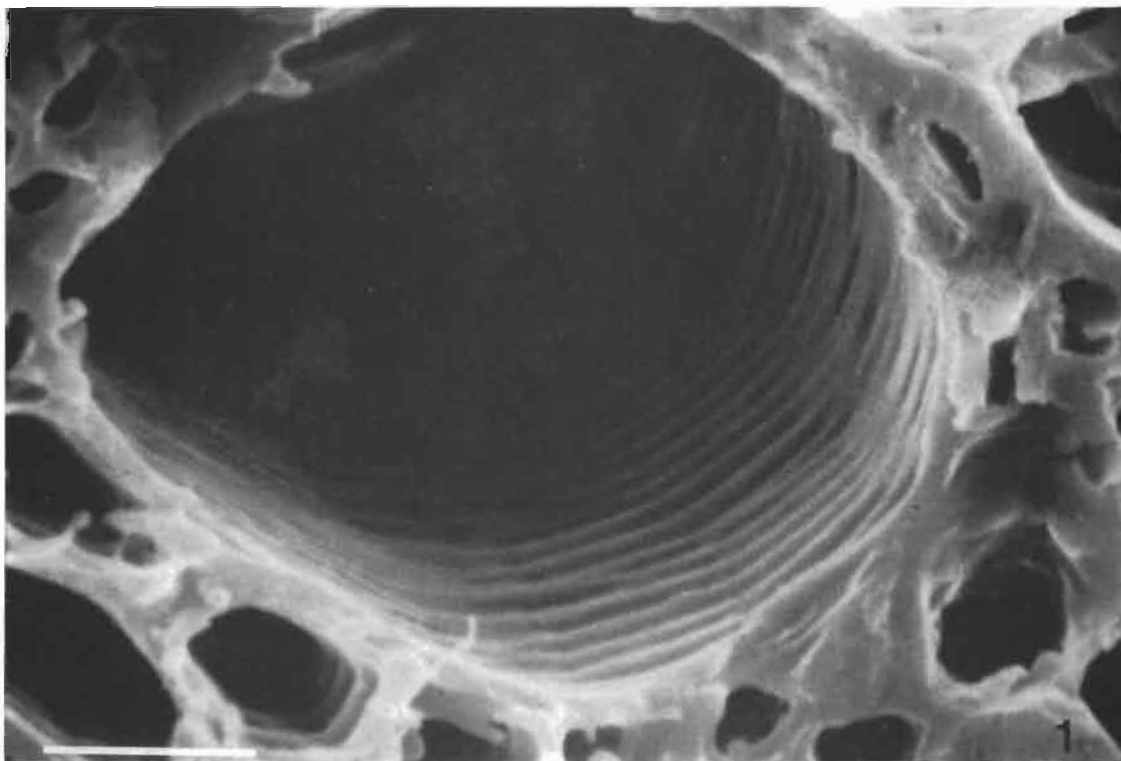
100 μ m

Planche 14: Coupe transversale de l'extrémité du limbe foliaire.

Transverse section of the end of the foliar lamina

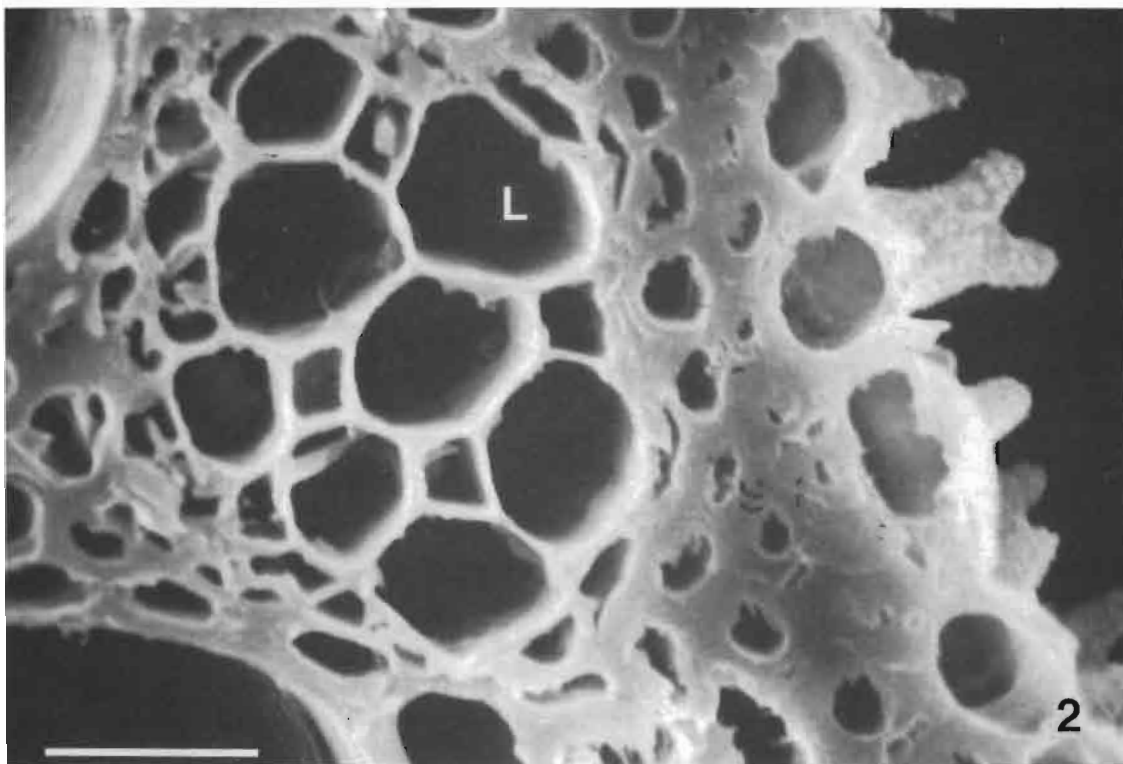
Planche 15: Détails du faisceau libéro-ligneux - Vaisseaux du xylème (photo 1), dont la paroi interne présente des épaissements ligneux en forme d'anneau qui maintiennent leur ouverture béante, et du liber (L) coiffé par le sclérenchyme (ScI), (photo 2).

Details of the libero-ligneous bundles.



10 μ m

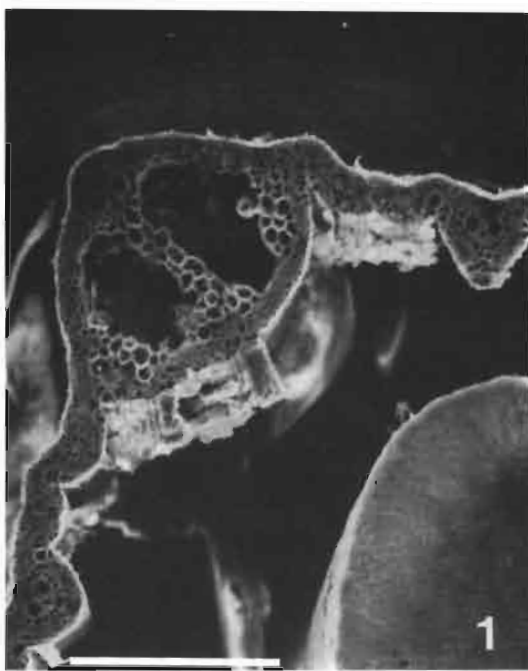
1



10 μ m

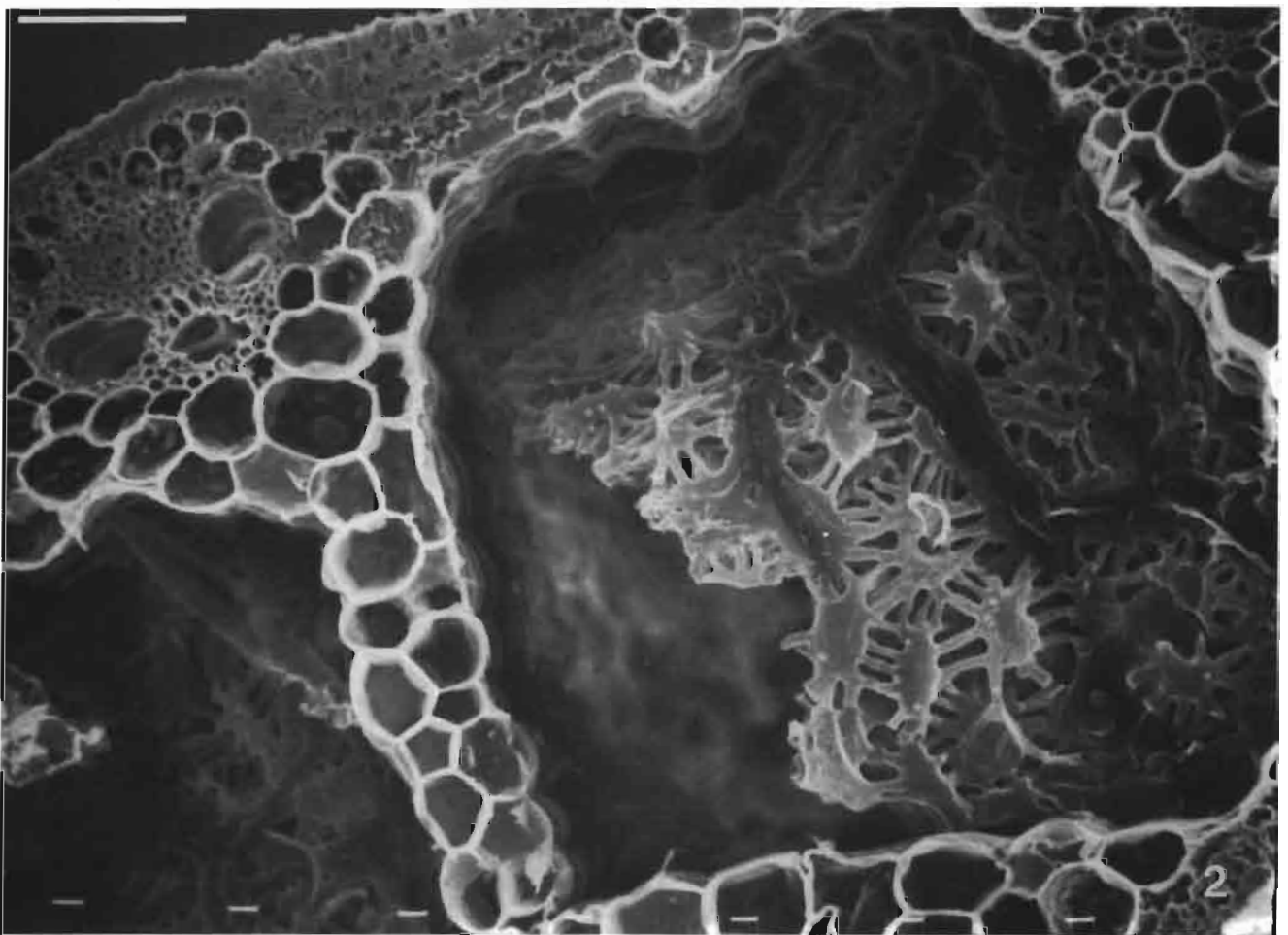
2

30



500 μm

100 μm



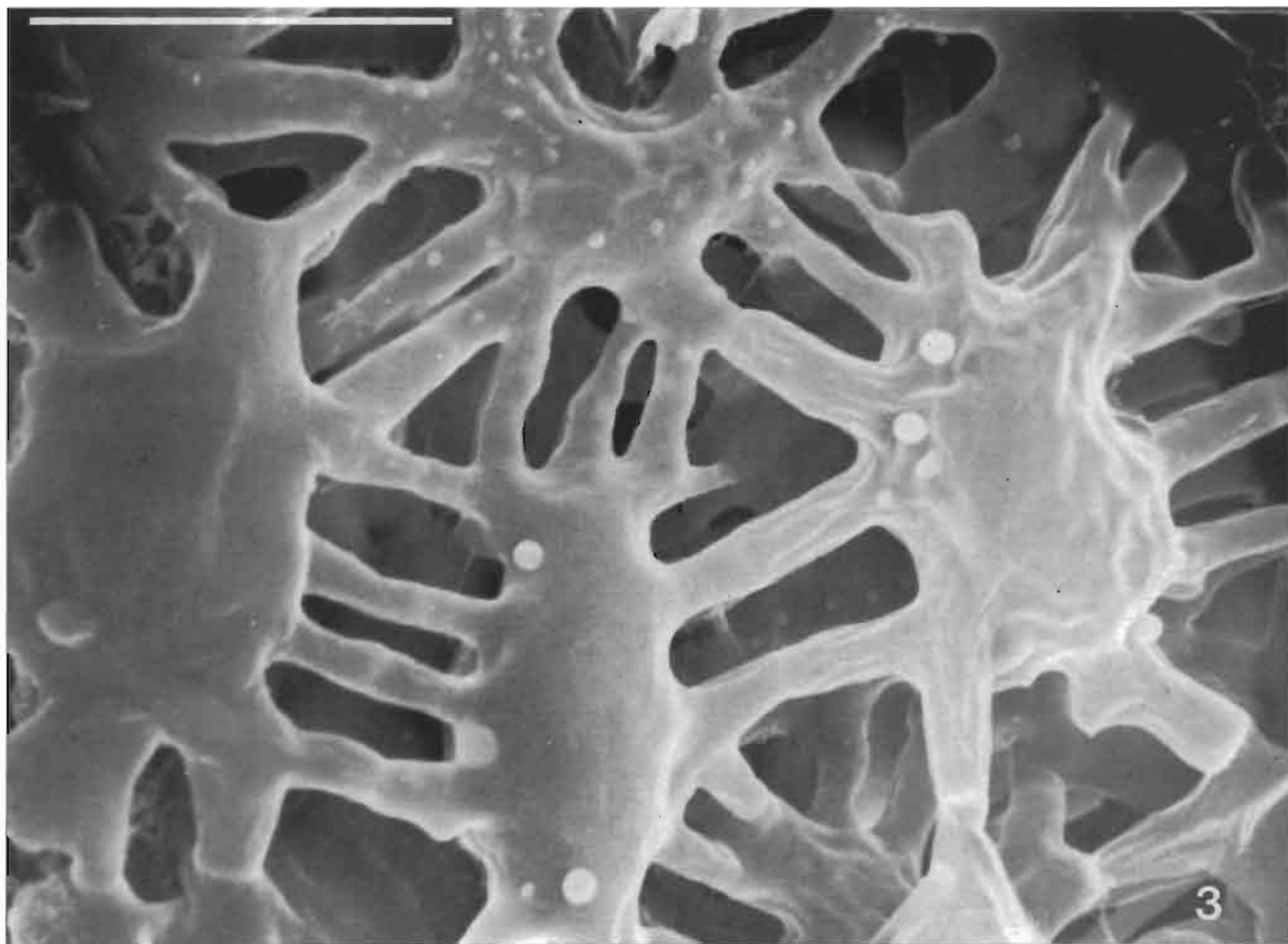
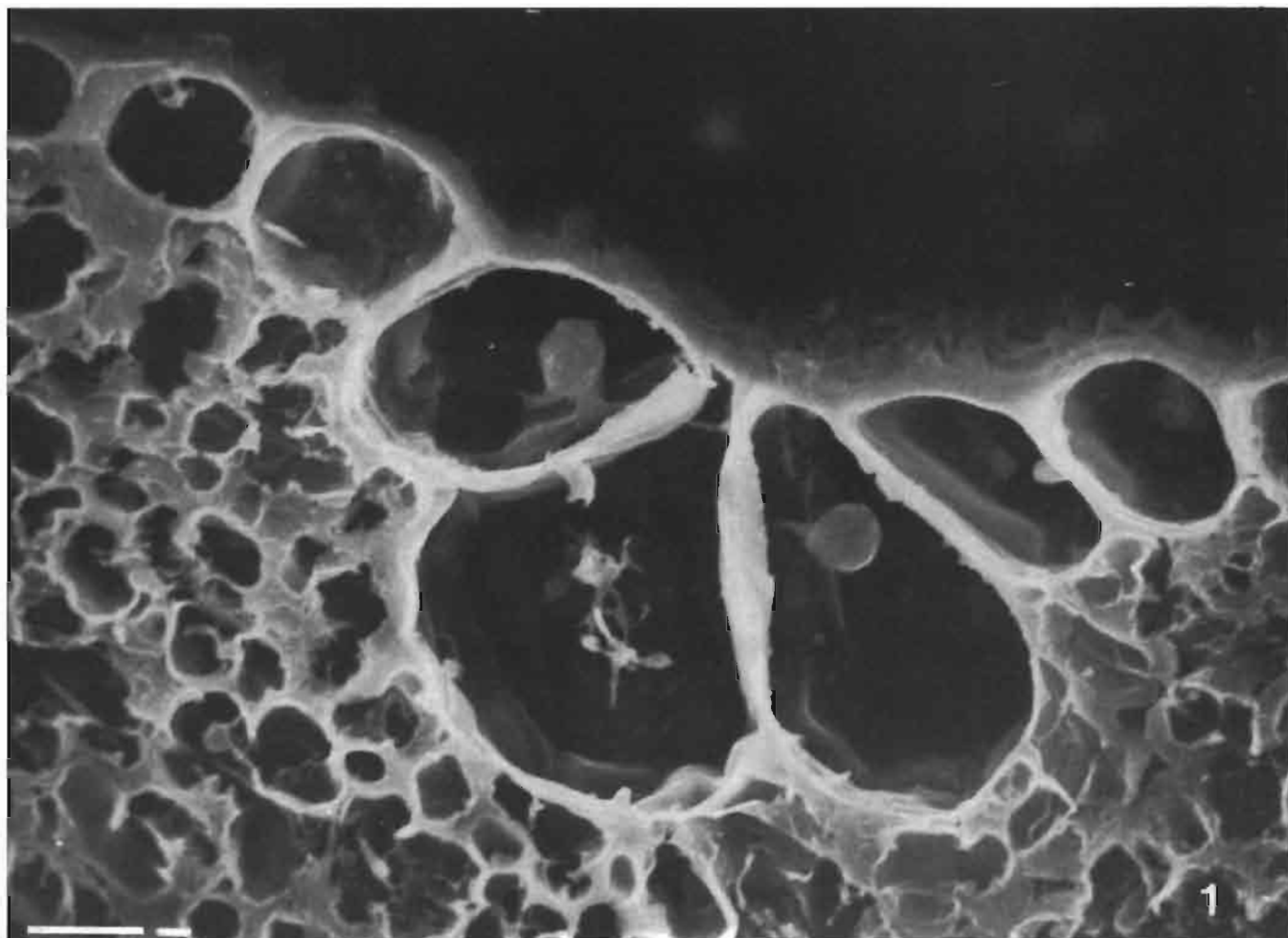
50 μ m

Planche 16 : Nervure centrale du limbe - Si les nervures secondaires ne présentent qu'un faisceau conducteur, la nervure centrale (photo 1) en montre deux rangées séparées par un parenchyme à vastes lacunes aérifères (photo 2) dans lesquelles on distingue un ensemble de cellules étoilées (photo 3) semblables à celles que l'on observe dans la moelle d'hydrophytes telles que l'Hippuris ou le jonc.

Central rib of the lamina.



1 μm

Planche 17: Cellules bulliformes et enroulement foliaire - Les cellules bulliformes (photo 1) sont des cellules épidermiques hypertrophiées présentes sur la seule face adaxiale. Elles sont pourvues d'un appareil vacuolaire important et plasmolisent lors d'une carence hydrique, elles s'affaissent et provoquent un enroulement de la feuille (photo 2). Ce mécanisme permet à la plante de limiter ses pertes en eau et de réduire la surface exposée à la lumière.

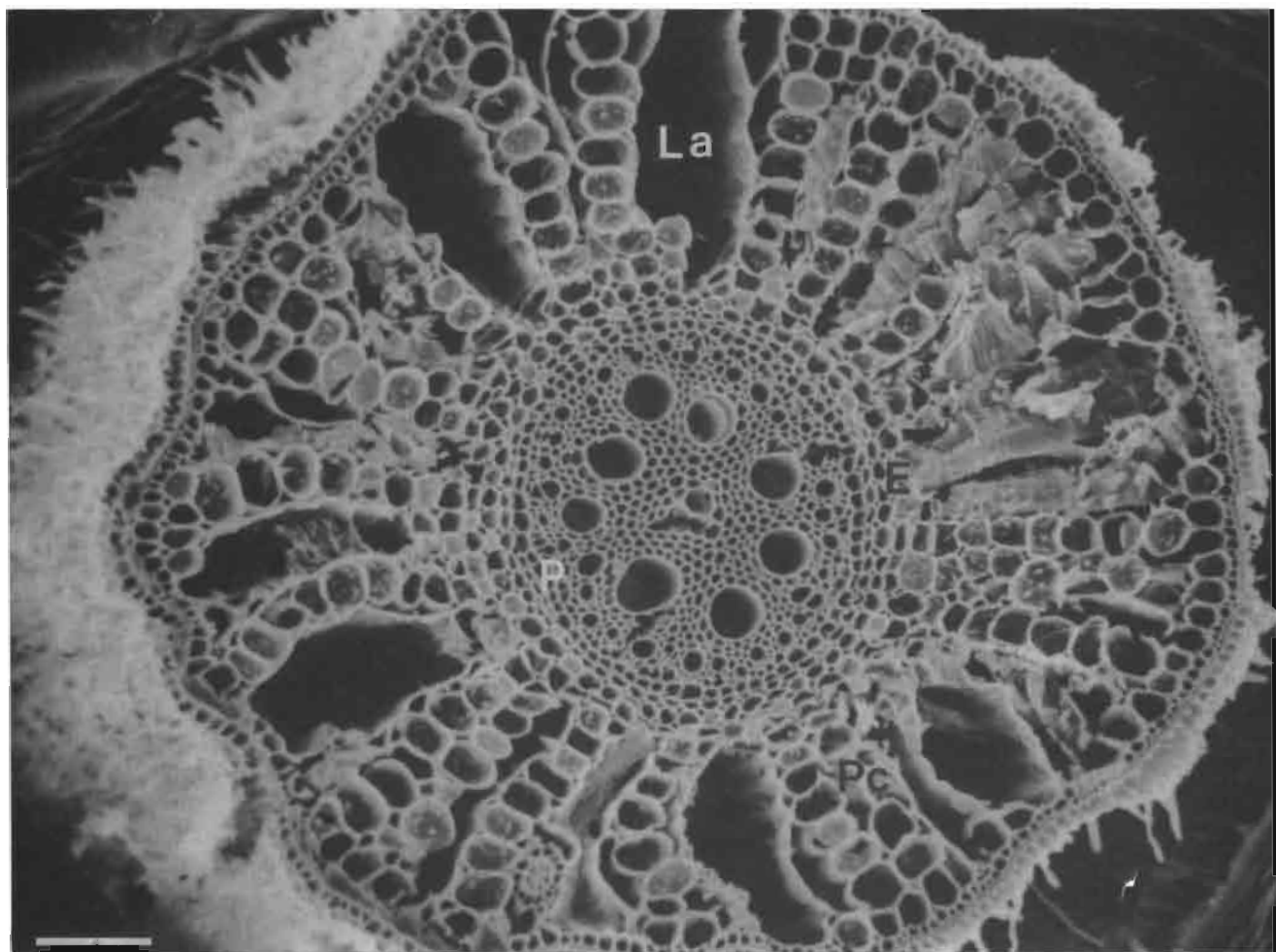
Bulliform cells and leaf rolling.





Planche 18: Racines observées in-situ à travers la paroi d'un rhizotron.

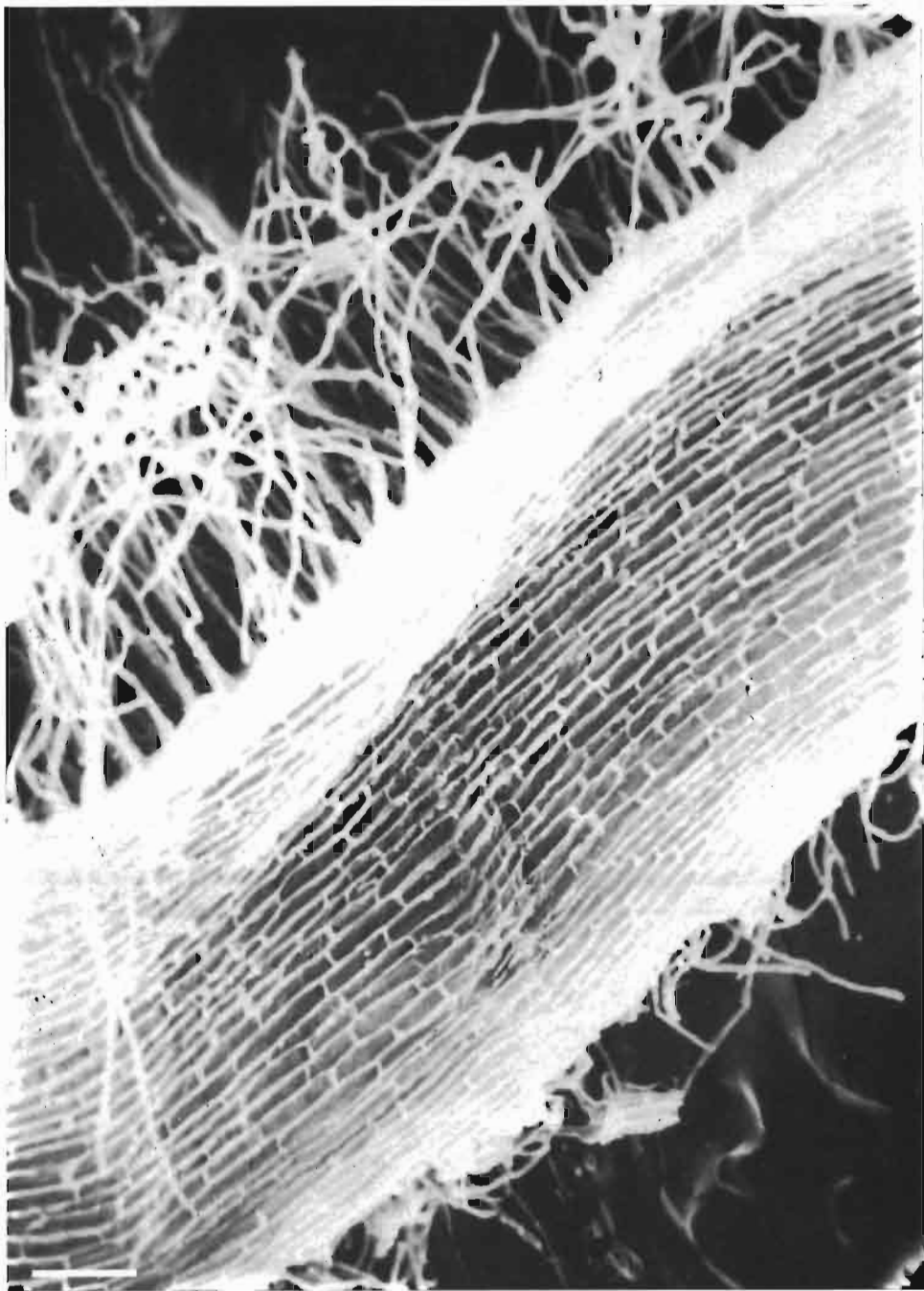
Roots observed in-place through a rhizotron barrier.



100 µm

Planche 19: Coupe transversale de racine - Du centre vers l'extérieur on distingue, les tissus conducteurs et la moelle formant le cylindre central, le péricycle (P), l'endoderme (E) à parois plus épaisses, le parenchyme cortical (Pc) à cellules plus grosses et arrondies avec de nombreuses lacunes aërifères (La), enfin l'assise subéreuse et l'assise pilifère.

Transverse section of root.



100 μm

Planche 20 : Fracture longitudinale de racine au niveau du parenchyme cortical.
Longitudinal fracture of root at the cortical parenchyma.

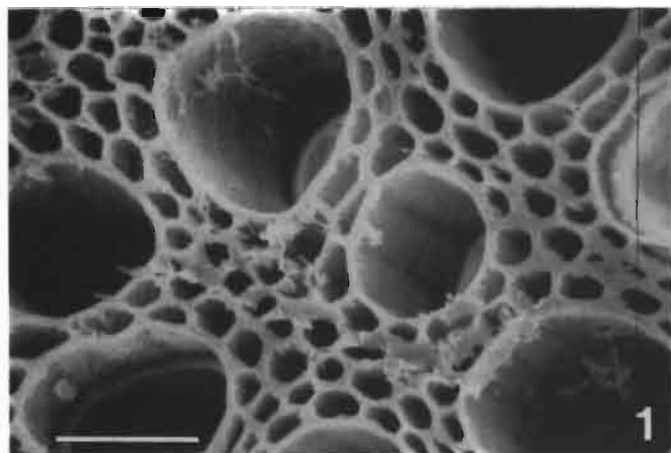
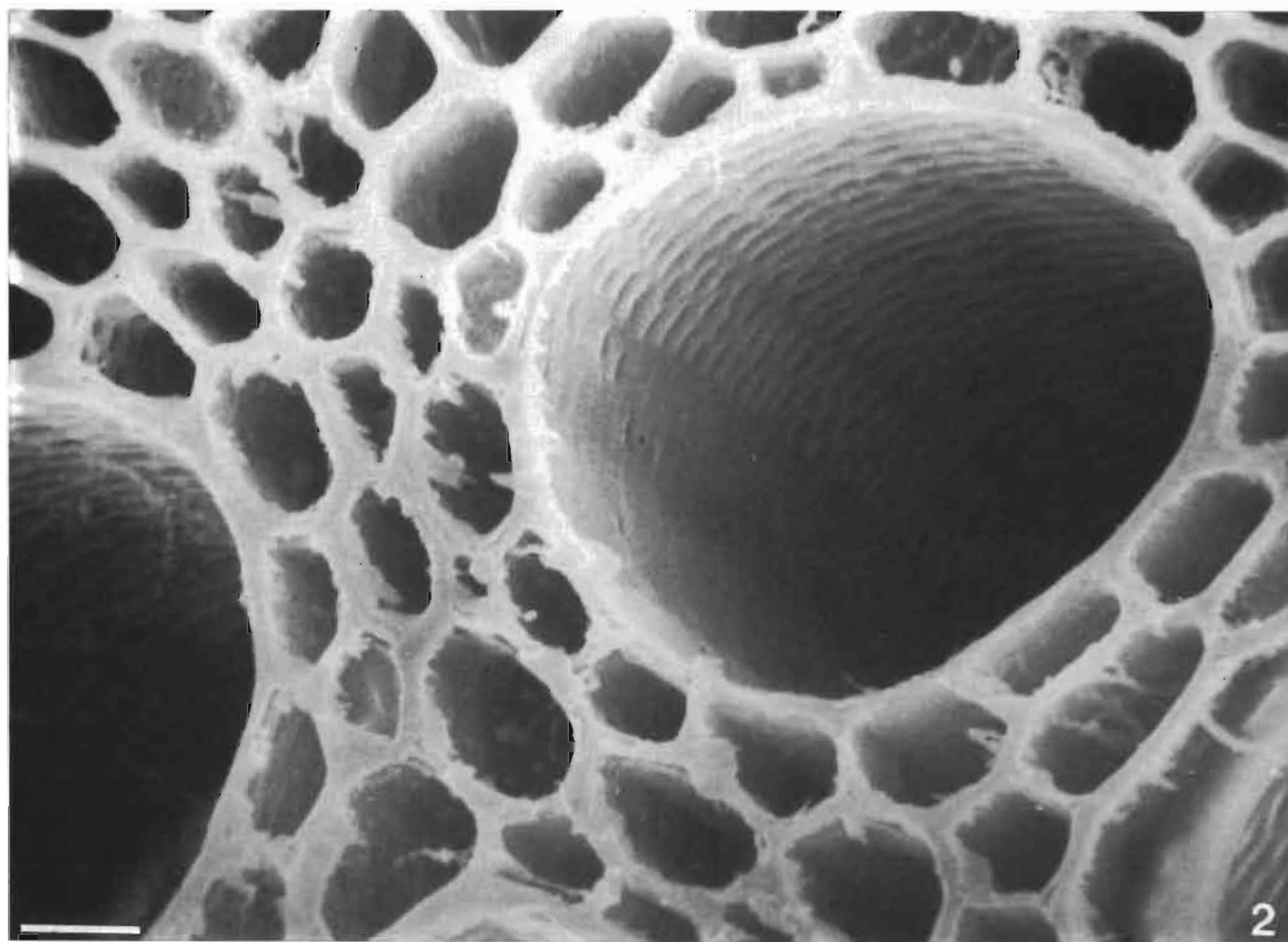
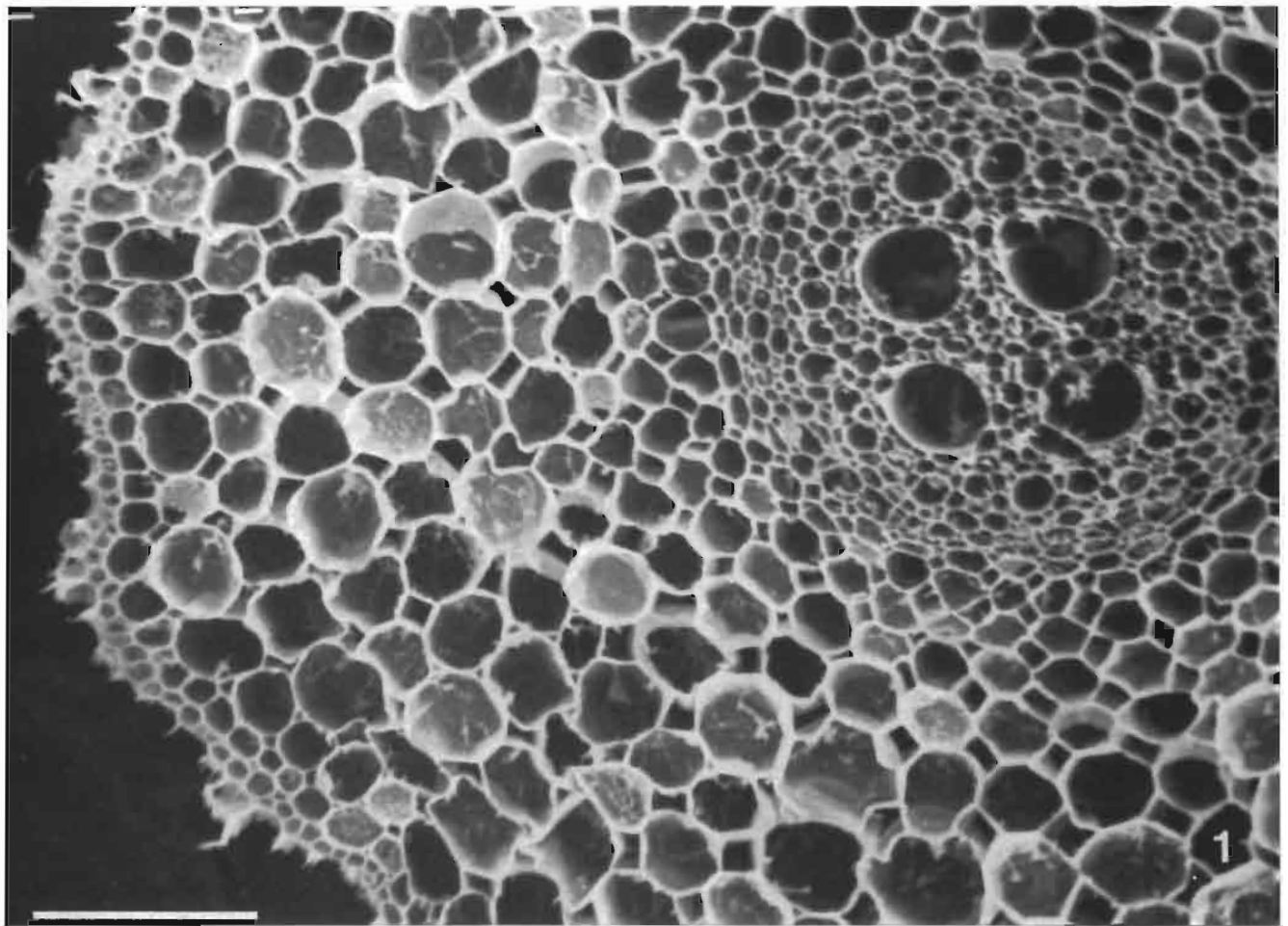
50 μm 100 μm

Planche 21 : Cylindre central - Vaisseaux du bois (photo 1). Détails d'un vaisseau conducteur (photo 2).

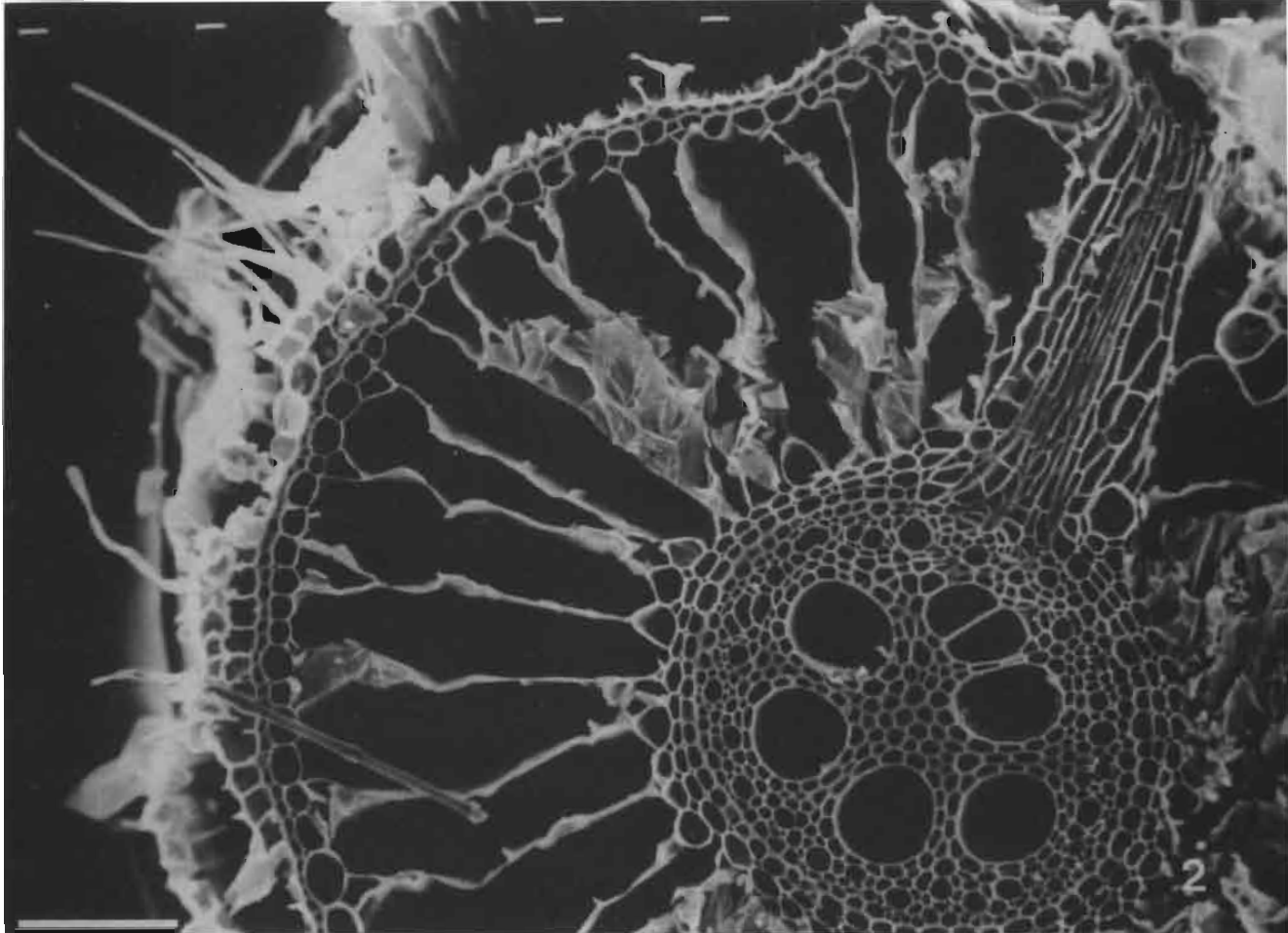
Central cylinder.



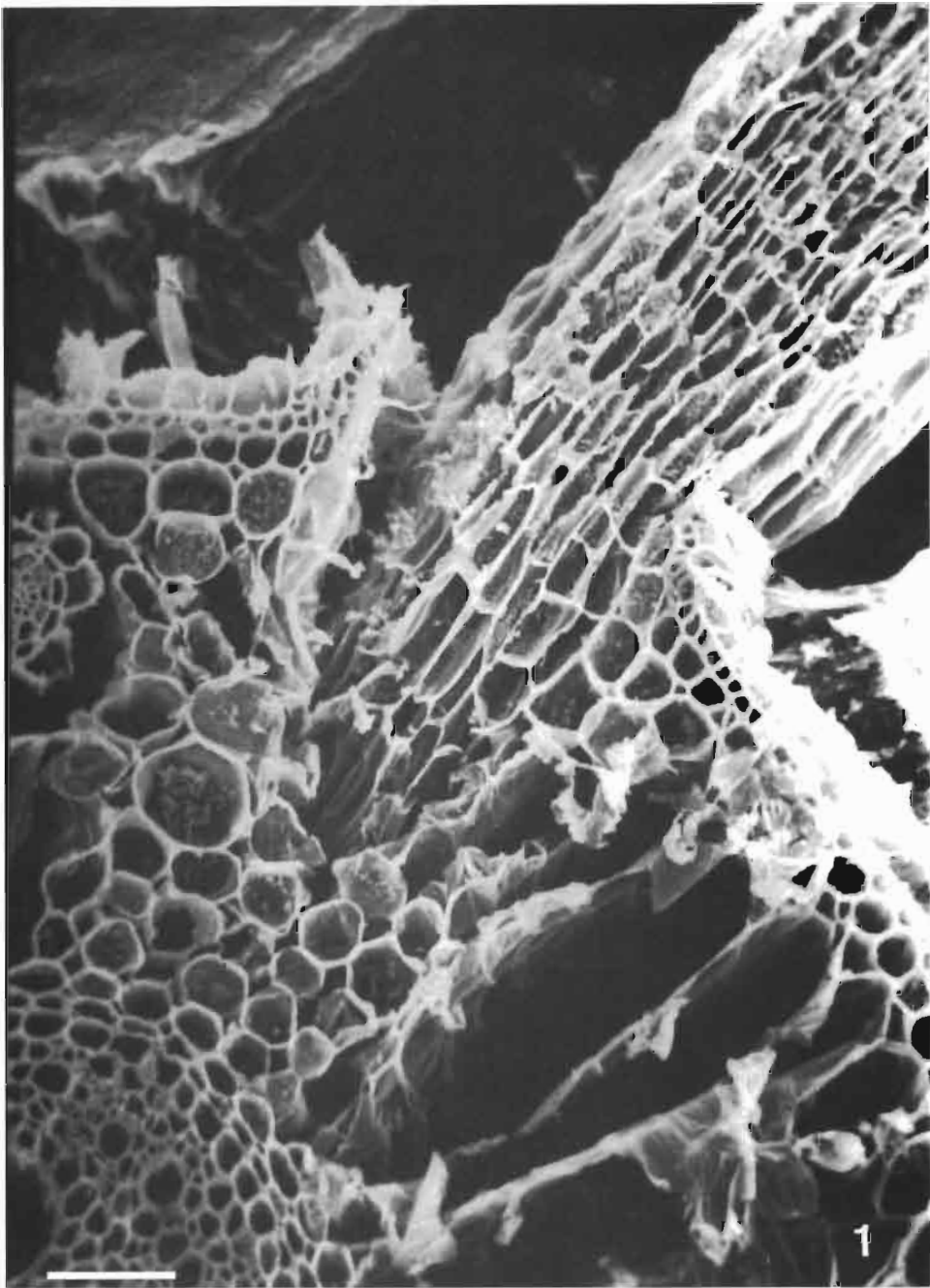
100 μ m

Planche 22: Coupes de racines de riz cultivé en conditions de sol non saturé (photo 1) et en conditions aquatiques (photo 2) - Alors qu'en conditions pluviales, les lacunes aërifères sont inexistantes, un riz cultivé en conditions aquatiques développe dans le cortex d'énormes lacunes aërifères, assurant une bonne aération de la racine.

Section of rice roots cultivated in upland culture conditions (1) and aquatic culture conditions (2).



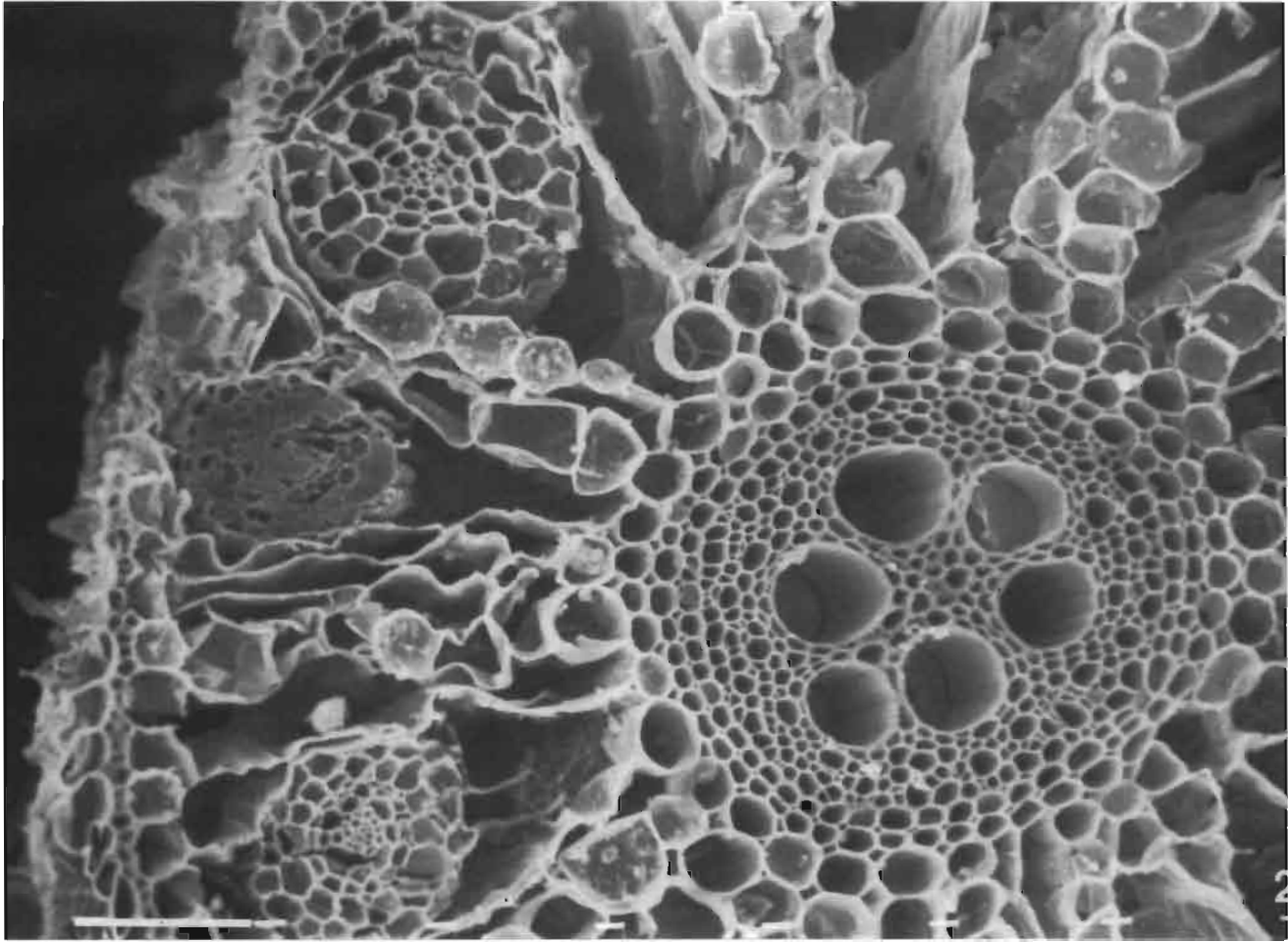
100 μ m



50 μ m

Planche 23 : Racines latérales - Les racines latérales, endogènes, se forment dans le péricycle et croissent à travers la racine principale, les tissus conducteurs étant exactement raccordés, avant d'être visibles extérieurement.

Lateral roots.



100 μm

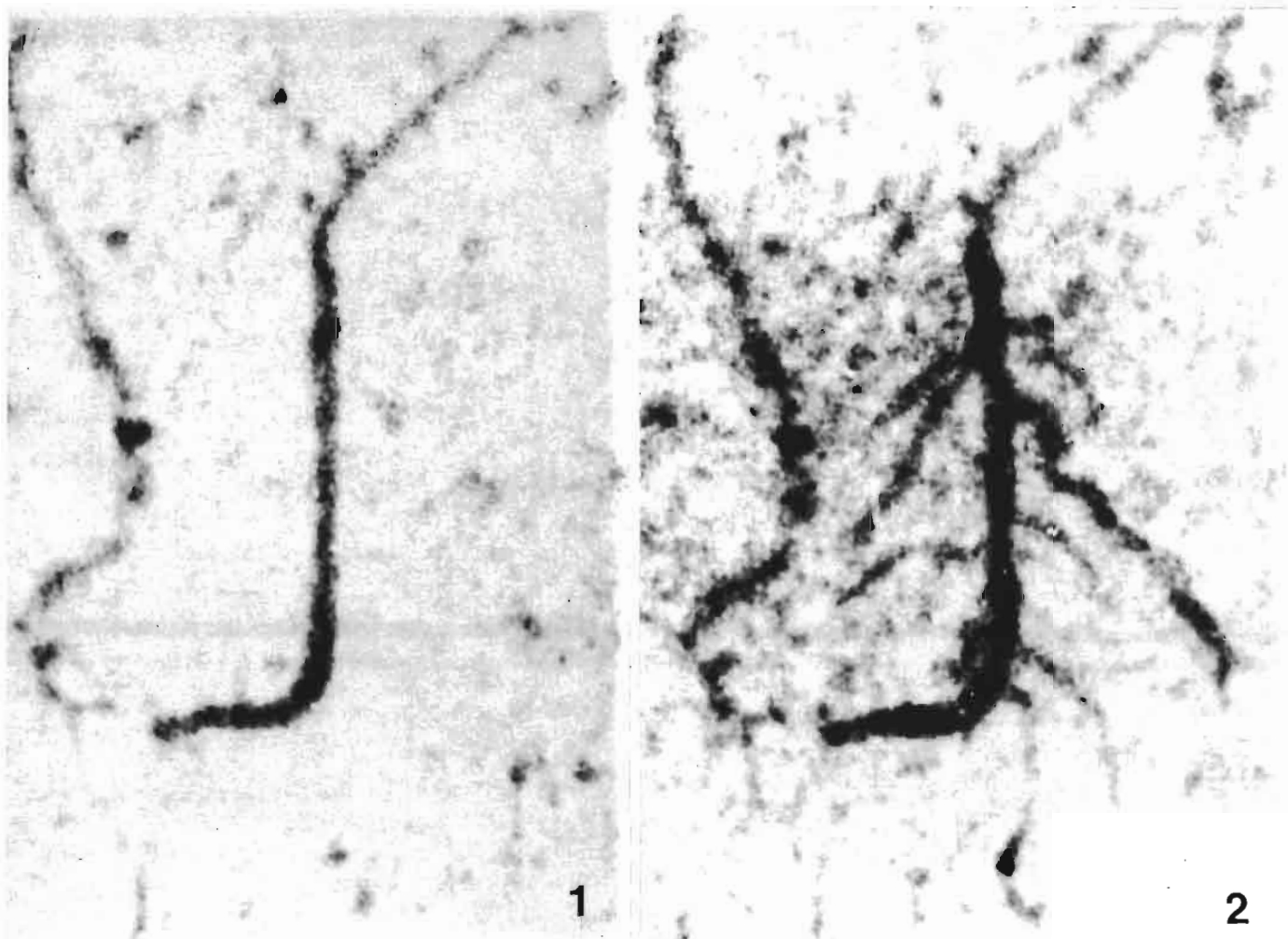


Planche 24 : Neutronographies de racines - Cette méthode permet de suivre dans le sol l'évolution du système racinaire après différents traitements (documents 1 et 2, émission de racines secondaires après stress hydrique), et sa croissance (la neutrographie 3, in situ donc sans destruction, du chevelu racinaire d'un plant de 48 jours correspond à la photographie 4 de ces mêmes racines déterrées et lavées). Il est possible également de distinguer les différents tissus (neutronographie 5 : Ep, épiderme, Cc, cylindre central).

Neutronographies of roots.

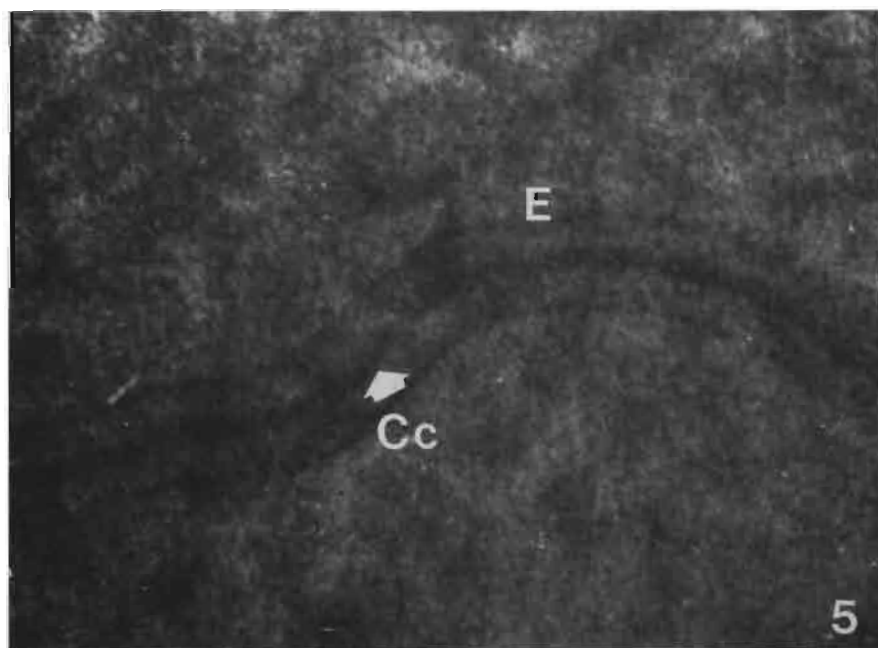
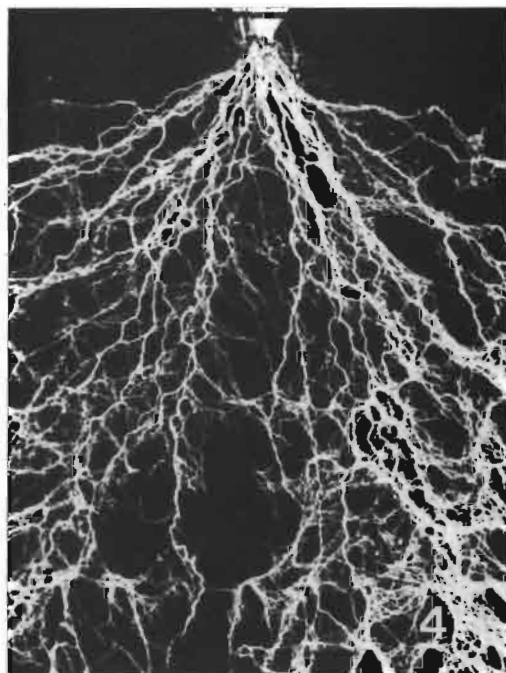




Planche 25 : Plant de riz cultivé en phytotron.
Rice plant cultivated in climatic growth chamber.



Planche 26 : Racèmes de panicule portant des épillets à floraison - L'épiaison correspond à la sortie de la panicule montée dans la tige, la floraison, quelques jours plus tard, à l'ouverture des épillets.

Racemes of panicle.

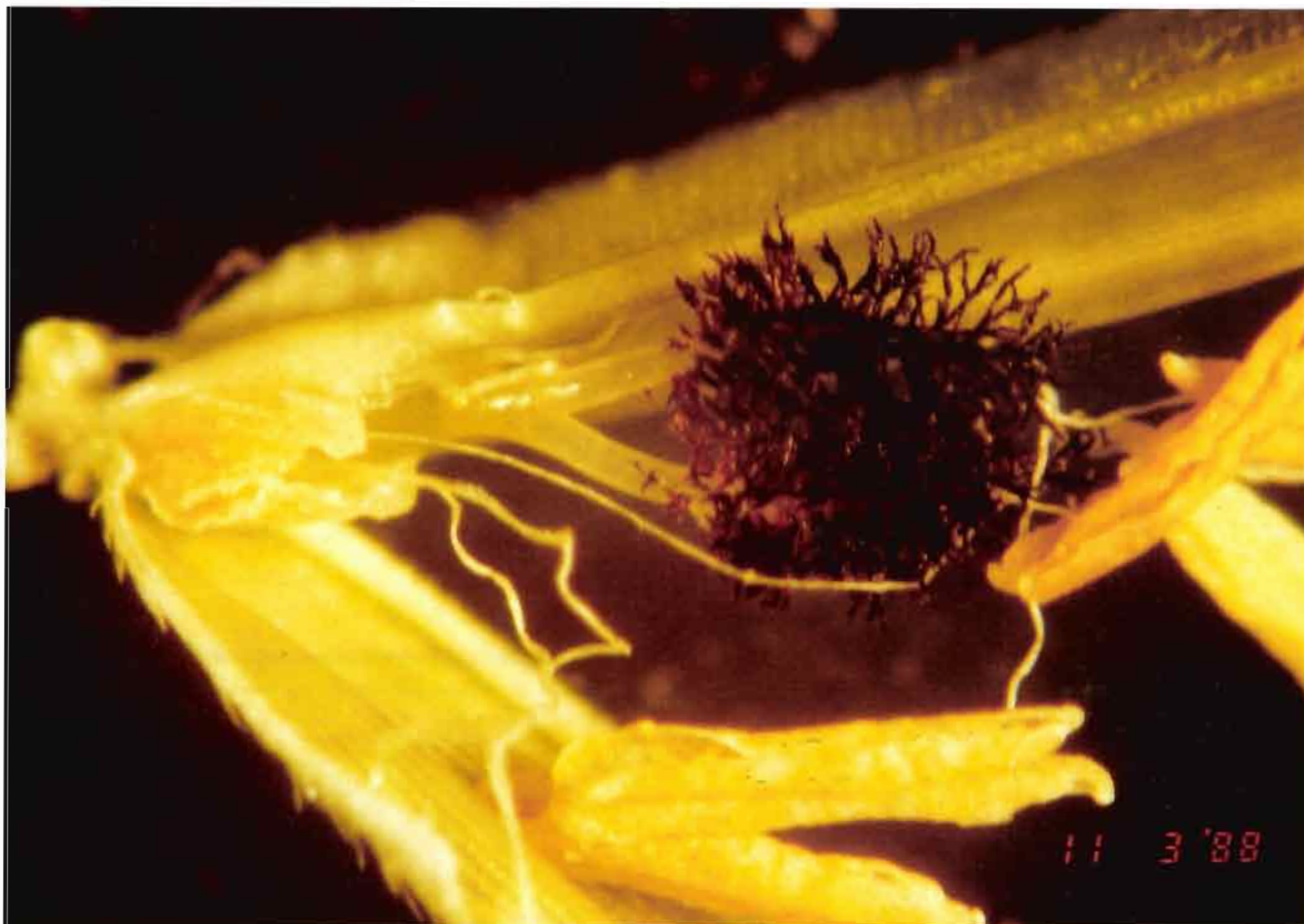
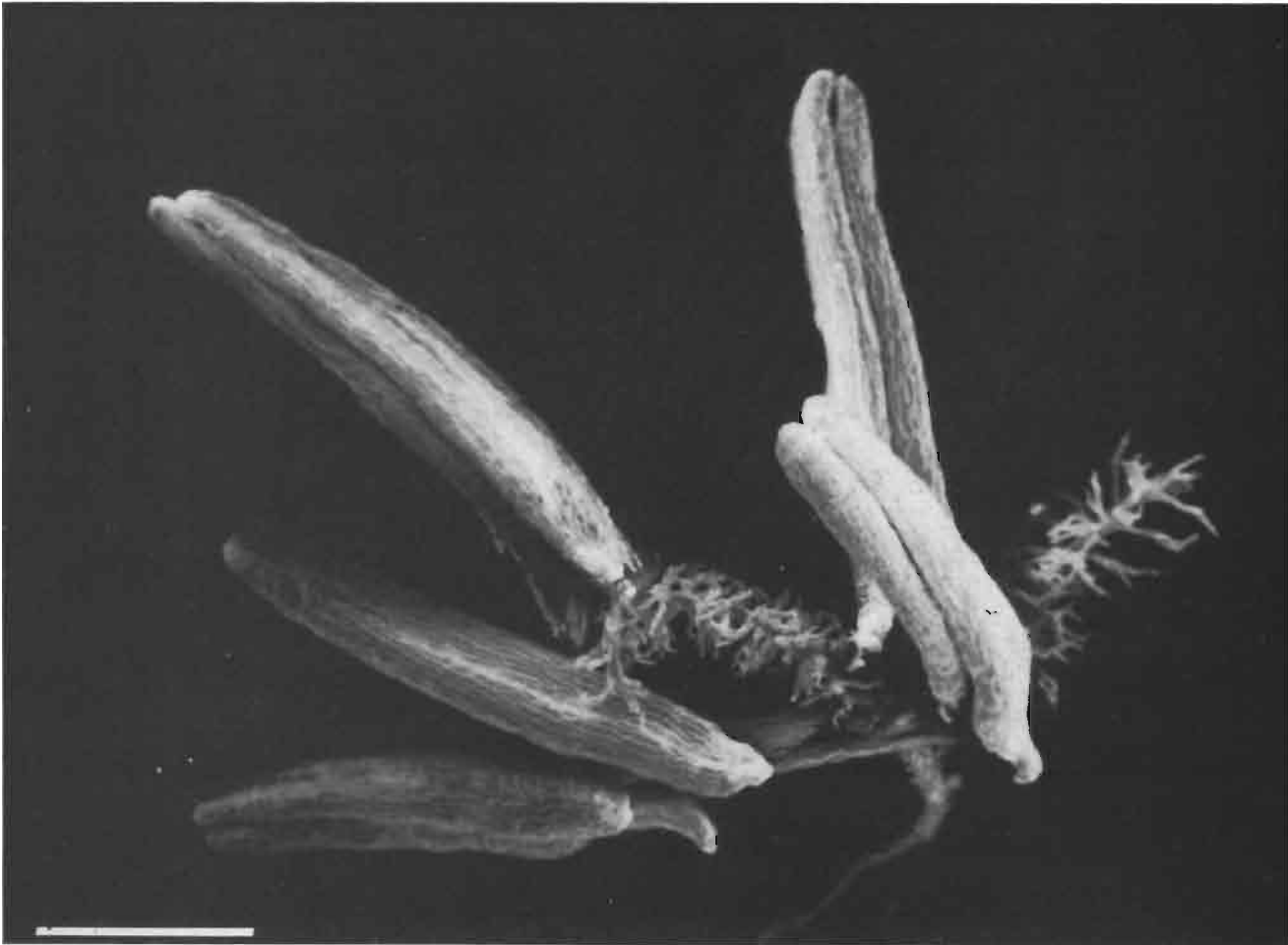


Planche 27 : Epillet - Deux à trois jours après l'épiaison, selon les variétés et les conditions atmosphériques, les glumelles (léma et paléa) s'écartent, laissant émerger les étamines et apparaître deux pinceaux plumeux, les stigmates. L'autopollinisation est quasi totale (95%).

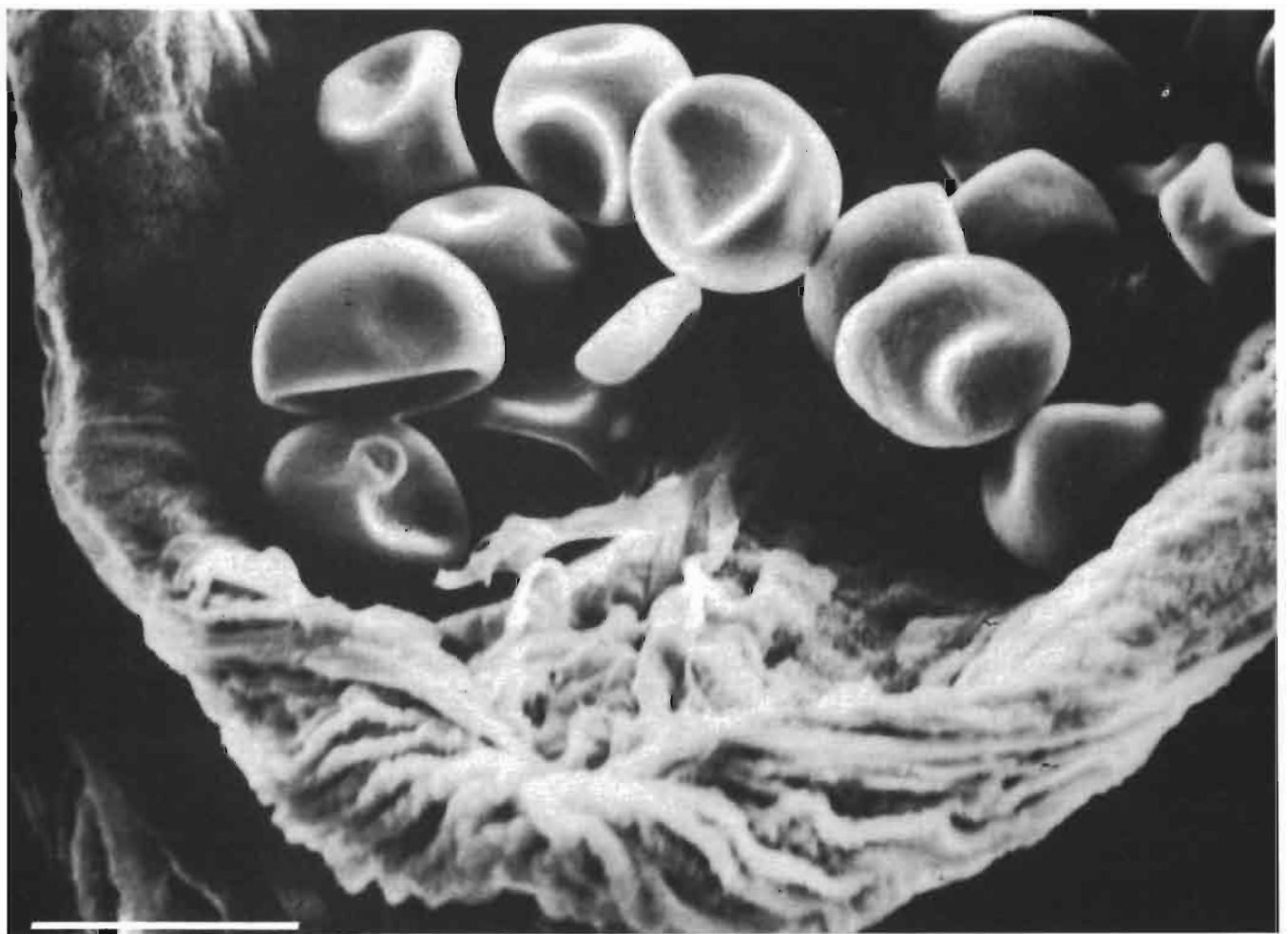
Spikelet.



500 μm

Planche 28: Etamines et stigmates - L'épillet possède à la fois les organes mâles, deux verticilles de trois étamines à long filet et anthère à deux lobes, et le gynécée, pistil à carpelle unique contenant l'ovule et surmonté de deux stigmates. La plupart du temps la fécondation se fait entre organes mâles et femelles d'un même épillet.

Stamens and stigmas.



50 μ m

Planche 29 : Détail de l'extrémité de l'anthère - Le sac pollinique s'ouvre par une fente longitudinale, libérant une poussière de grains. Il en reste ici quelques uns qui adhèrent encore à la paroi.

Detail of the end of the anther.

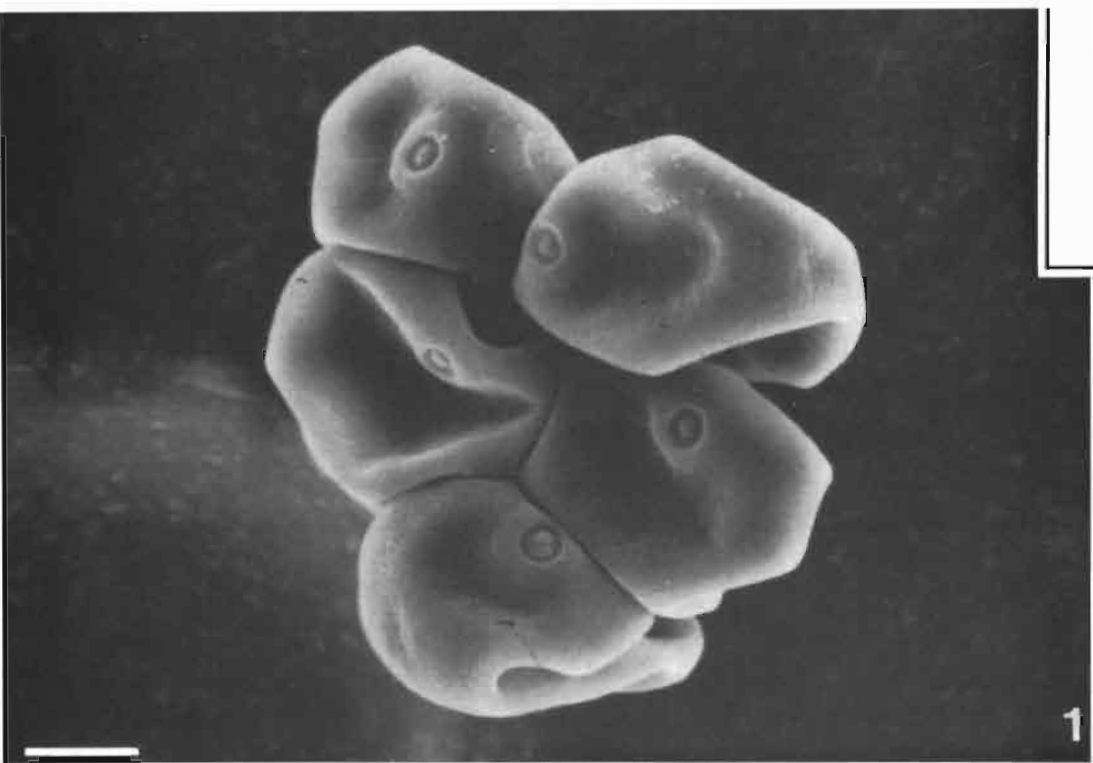
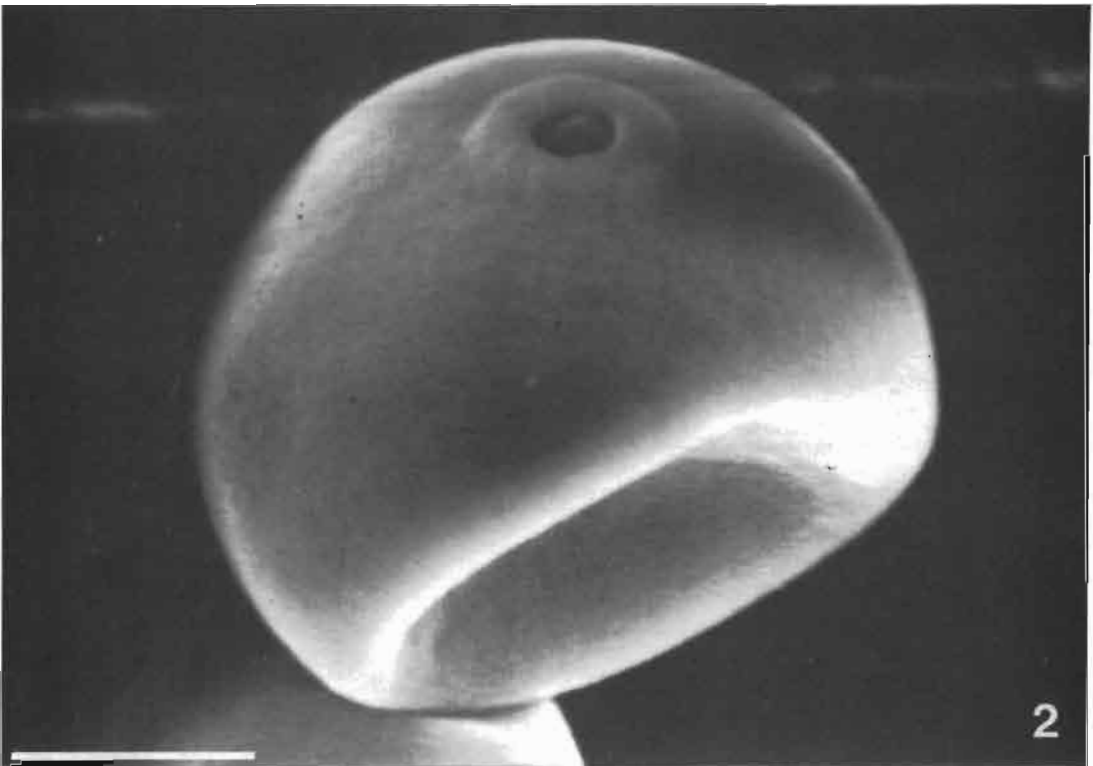
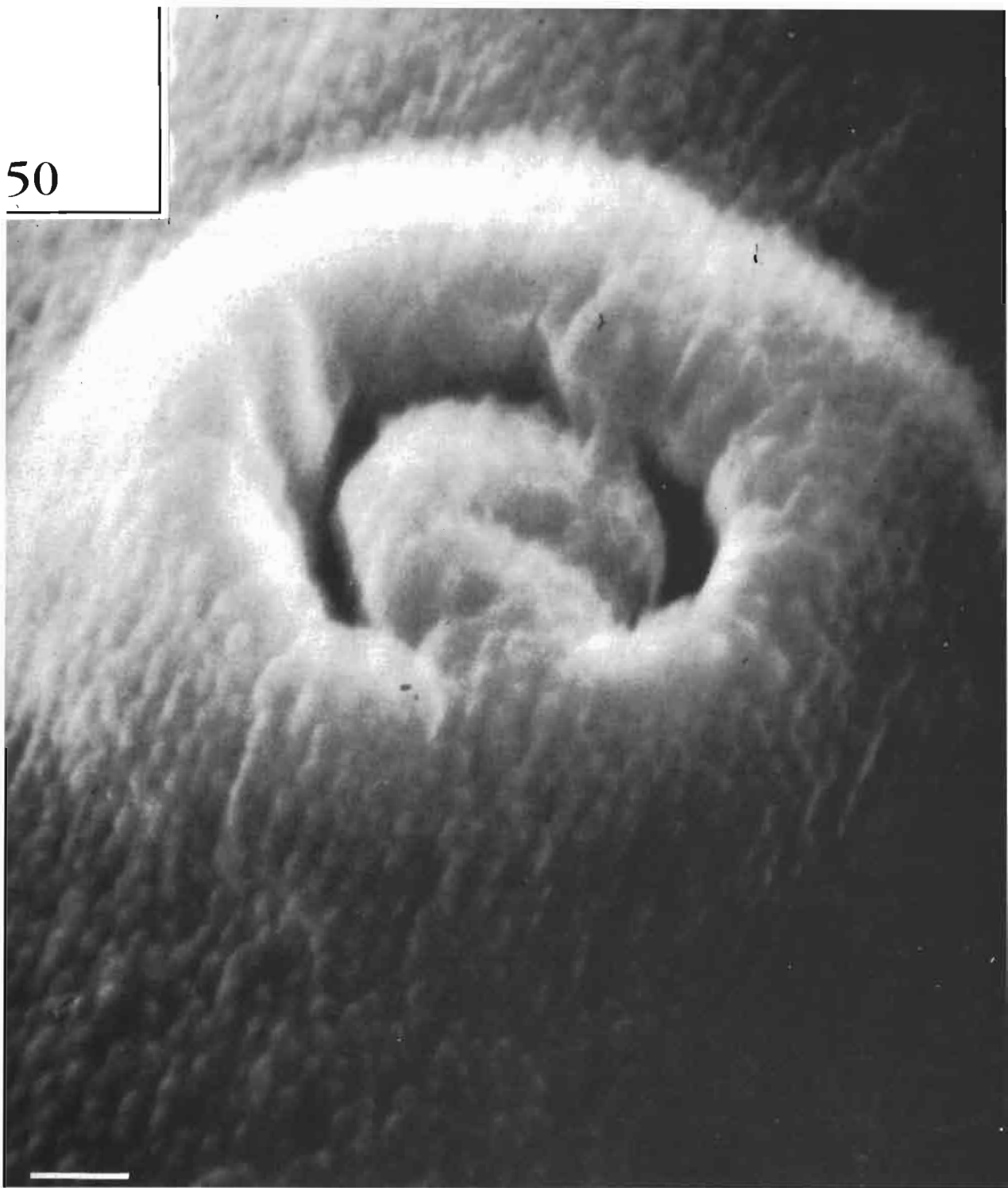
10 μ m10 μ m

Planche 30: Grains de pollen - Les massifs de cellules mères de l'étamine jeune se sont transformés en amas de grains de pollen (1) qui se séparent puis s'arrondissent (2).

Pollen grains.

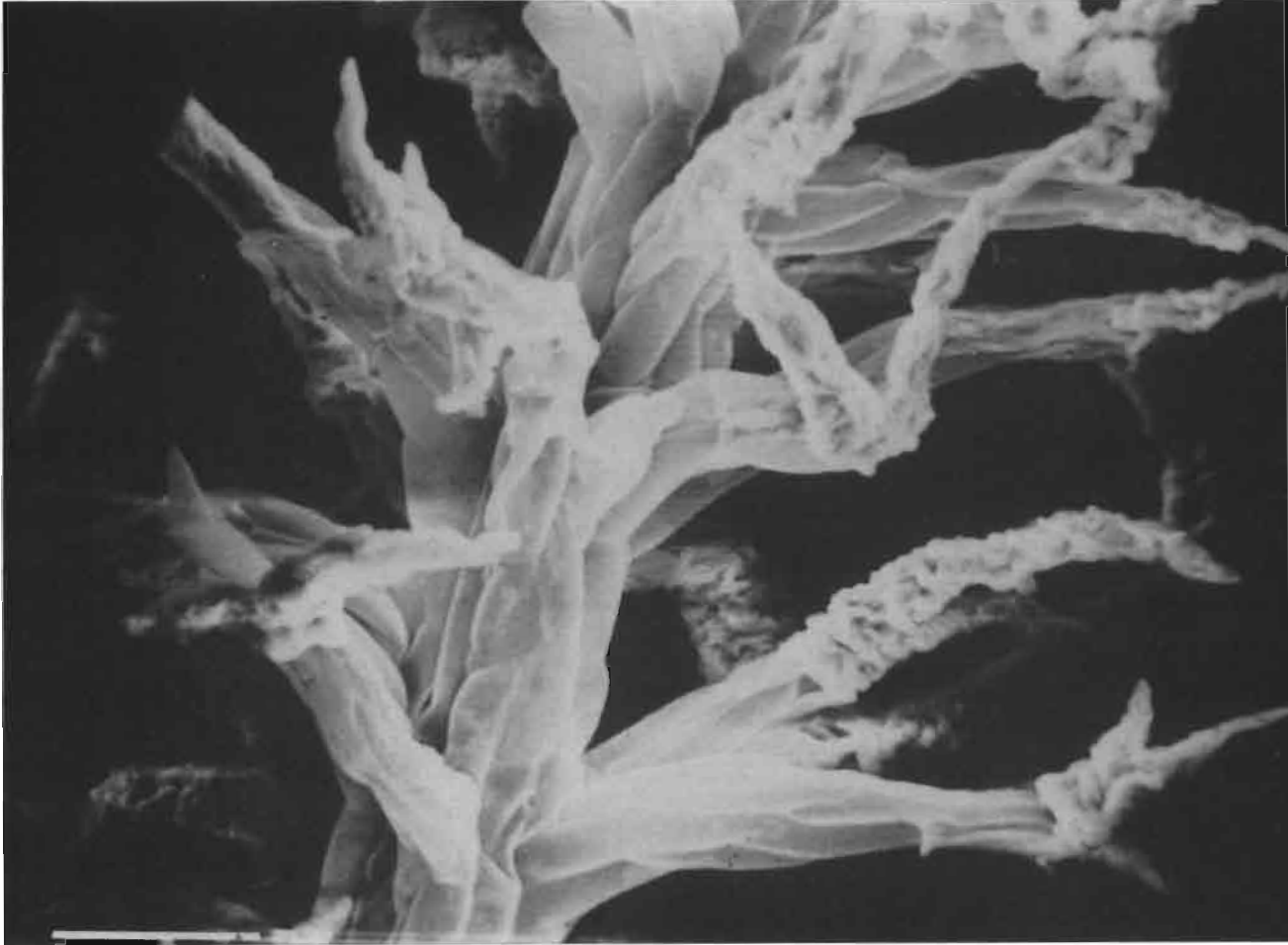
50



10µm

Planche 31 : Pore germinatif du grain de pollen - Le grain va germer sur le stigmate et émettre un tube pollinique qui pénétrera l'ovule pour la féconder.

Pollen grain germination pore.



50 μm

Planche 32 : Détail du stigmate - Les papilles du stigmate vont à la fois retenir les grains de pollen et leur permettre de germer en exudant un liquide sucré dont ils s'imbiberont, induisant la croissance du tube pollinique.

Detail of stigma.



Planche 33: Grain au stade laiteux - Le fruit ou paddy, constitué d'un caryopse protégé par deux glumelles, atteint ses dimensions définitives en quatre semaines environ.

Grain at the milky stage.

Plate 1 - Ear of rice during flowering -

Plate 2 - Section through a two-day old embryo - The germination of the embryo, at the base of the grain, starts by the penetration of the coleoptile (C) through the tegument; the radicle then appears and develops very quickly. This document shows the radicle already well developed, and the start of a leaf bud surrounded by coleoptile. (S, scutellum).

Plate 3 - Initiation of the second leaf of a rice plant -

Plate 4 - Epiderm of the adaxial side of the rice lamina - Covered by a cuticle, this has a series of longitudinal ridges and grooves, forming regular patterns with a width of about 200 μm . Long single cell epidermal hairs are located on the ridges. The length, shape and density varies with different varieties (IRAT 13 shown).

Plate 5 - Epiderm of the abaxial side of the lamina - This side also has a longitudinal cellular layout pattern composed of a row of silica cells (Sc) alternating with cork cells (Sb) and, on each side of the center line, a stomatal strip composed of one or two rows of stomata (S) separated by common epidermal cells and a group of three rows of large epidermal cells. All cells have papillae of various sizes and shapes (var. IR 5 shown here).

Plate 6 - Epidermal papilla and epicuticular wax - The cuticle of the lamina epiderm is covered with the deposit of wax with a foliated appearance. This wax increases the impermeability of the lamina and consequently reduces the transpiration. The papillae are present on all above ground organs.

Plate 7 - Detail of the epiderm - The silicious cells, shaped like dumb-bells, have a high concentration of silica. The cork cells are hexagonal shaped and have one or several papillae at the center.

Plate 8 - Unicellular hairs - Differentiation of epidermal cells with a large number of different shapes and sizes. These appear on the edges of the leaves of most varieties, giving them this cutting property (photo opposite, var. IRAT 13).

Table 9 - Epiderm - stomatal row - More or less open depending on the degree of lighting, temperature, humidity and the hydrous condition of the plant; in rice, the stomata are laid out in longitudinal rows in which they alternate with common epidermal cells. The stomatal density is within the range 150 to 750 per mm^2 . As in most plants with erect leaves, they are distributed more or less equally on both sides of the lamina (amphistomatic species).

Plate 10 - Stomata (var. IR 5, Ph. 1, var. IRAT 13, Ph. 2) - Most of the water which passes through the plant evaporates through these orifices, and most of the CO_2 necessary for photosynthesis enters through them. The stoma consists of two guard cells (Cg) which surround an orifice, the ostiole (O) and two subsidiary cells (Cs). The length of the complex is between 20 and 25 μm . The assembly is covered with an epicuticular wax preventing loss of water when the ostiole is closed. The latter may be surrounded by waxy epidermal papillae.

Plate 11 - Transverse sections of stomata - The guard cells (Cg), are widely spaced under normal conditions (Photo 1), but become depressed when a hydrous constraint arises (Photo 2). They close the ostiole (O), and prevent gaseous exchange between the substomatal chamber (Css) and the external environment. Photo 1 clearly shows that the papillae form an integral part of the cell on which it is located. Subsidiary cell (Cs), epidermal cell (Ce), papilla (P).

Plate 12 - Transverse section of the foliar lamina and perspective view of the abaxial epiderm - The vascular bundles (Fv), with their sclerenchyma duct, correspond to the epidermal ridges (Plate 4) and to the rows of silica and cork cells (Plate 5). In the grooves, in contrast to the large epidermal cells, we find bulliform cells or motor cells (Cb), enormous differentiated epidermal cells. The chlorophyllous mesophyll is found between these tissues (M).

Plate 13 - Transverse section of foliar lamina under microfluorescence - Tissues containing chloroplasts fluoresce in red (mesophyll); other tissues, deprived of chlorophyll, epiderm and conducting vessels, in green and the sclerenchyma in yellow. The apparent fluorescence of epidermal cells is mainly derived from the light emitted by adjacent tissues.

Plate 14 - Transverse section of the end of the foliar lamina

Plate 15 - Detail of the libero-ligneous bundles - The xylem vessels (Photo 1), of which the internal wall has ligneous thickenings in the form of rings, which keep them wide open, and, Photo 2, of the phloem (L), capped by the sclerenchyma (Scl).

Plate 16 - Central rib of the lamina - Although the secondary ribs have only a single conductor bundle the central rib (Photo 1) has two rows separated by a parenchyma with large intercellular air spaces (Photo 2) within which can be seen a set of star-shaped cells (Photo 3) similar to those which can be seen in the pith of hydrophytes such as *Hippuris* and *Juncus*.

Plate 17 - Bulliform cells and leaf rolling - Cells (Photo 1) are hypertrophied cells present only on the adaxial side. They have a large vesicular apparatus and plasmolyze when there is a lack of water, they shrink and cause the leaf to roll up (Photo 2). This mechanism allows the plant to limit its water losses and to reduce the area exposed to the light.

Plate 18 - Roots observed in-place through a rhizotron barrier

Plate 19 - Transverse section of root - From the center towards the outside, we can see the conducting tissues and the pith forming the central cylinder, the pericycle (P), the endoderm (E) with thicker walls, the cortical parenchyma (Pc) with larger and rounded cells and with numerous intercellular air spaces (La), and finally the suberous layer and the piliferous layer.

Plate 20 - Longitudinal fracture of root at the cortical parenchyma

Plate 21 - Central cylinder - Xylem vessels.

Plate 22 - Sections of rice roots cultivated in upland culture conditions (photo 1) and in aquatic culture conditions (photo 2) - Whereas the intercellular air spaces in upland culture conditions are inexistant, a rice cultivated in aquatic conditions develops enormous air cells in the cortex, thus ensuring good aeration of the root.

Plate 23 - Lateral roots - The lateral roots are endogenous, and form within the pericycle. They cross through the main root, and the conducting tissues are fully connected before becoming visible from the exterior.

Plate 24 - Neutronographies of roots - This method can be used to monitor the development of the root system within the ground following various treatments (documents 1 and 2, creation of secondary roots after hydrous stress), and its growth (neutronography 3 in place and therefore without destruction of the root hairs of a 48-day old plant, corresponds to photograph (4) of the same roots after being removed from the ground and being washed). It is also possible to distinguish the various tissues (neutronography 5, Ep, epiderm, Cc, central cylinder).

Plate 25 - Rice plant cultivated in climatic growth chamber -

Plate 26 - Racemes of panicle carrying flowering spikelets - Ear formation corresponds to the outgrowth of the panicle mounted in the stem, and the flowering, a few days later, to the opening of the spikelets.

Plate 27 - Spikelet - Two or three days after ear formation, depending on the variety and the atmospheric conditions, the glumes (lemma and palea) open up, allowing the stamens to emerge, and two large feathery brushes (the stigma) appear. Self-pollination almost always occurs (95%).

Plate 28 - Stamens and stigmas - Each spikelet possesses the male organs, two whorls of three long filament stamens and a two lobe anther, and the gynaeceum, a single carpel pistil containing the ovule and topped by two stigmas. Usually, fertilization takes place between male and female organs in a single spikelet.

Plate 29 - Detail of the end of the anther - The pollen sac opens by means of a longitudinal split, releasing dusty pollen grains. Some can still be seen adhering to the wall.

Plate 30 - Pollen grains - The clumps of mother cells in the young stamen have been transformed into a mass of pollen grains (1) which separate and then fill out (2).

Plate 31 - Pollen grain germination pore - The grain will germinate on the stigma and will emit a pollen tube which will penetrate the ovule to fertilize it.

Plate 32 - Detail of stigma - The stigma papillae will retain the pollen grains and will also allow them to germinate by exuding a sweet liquid which they will imbibe, leading to the growth of the pollen tube.

Plate 33 - Grain at the milky stage - The fruit or paddy, composed of a caryopsis protected by two glumes, reaches its final dimensions after about four weeks.

ANGLADETTE A. - Le riz - 1966 - G.P. MAISSONEUVE ET LAROSE Ed. - PARIS

BOIS J.F., COUCHAT Ph. - Comparison of the effects of water stress on the root systems of two cultivars of upland rice (*Oryza sativa* L.) - 1983 - Annals of Botany 52. 479-87

BOIS J.F., DIZES J., LASCEVE G. - Réponse du riz à l'application d'acide abscissique exogène. Fermeture stomatique et enroulement foliaire. - 1987 - C. R. Acad. Sci. PARIS 305. 449-52

GRASSET P.P. - PRECIS DE BOTANIQUE - 1963 - MASSON Ed. - PARIS

I.R.R.I. - UPLAND RICE - 1975 - International Rice Research Institute - MANILLES

PUARD M., COUCHAT Ph., BOSSY J.P. - Modifications anatomiques induites dans les racines séminales de riz (*Oryza sativa*) par les conditions de culture - 1986 - L'Agronomie Tropicale 41-2

SUTCLIFFE J. - PLANTS AND WATER - 1979 - CAMELOT PRESS Ltd - SOUTHAMPTON

TROUGHTON J., DONALDSON L. A. - PROBING PLANT STRUCTURE - 1975 - CHAPMAN & HALL Ltd - LONDRES

WILLMER C.M. - STOMATA - 1984 - LONGMAN - LONDRES

*Création et Impression
Section de Documentation
C.E.N./CADARACHE*

