

# Les cystides cristallifères des Aphylophorales

Autor(en): **Keller, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mycologia Helvetica**

Band (Jahr): **1 (1983-1986)**

Heft 5

PDF erstellt am: **01.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-1036470>

## **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.

# MYCOLOGIA HELVETICA

Vol. I No 5

1985

(Manuscrit reçu le 4 mai 1985)

## LES CYSTIDES CRISTALLIFERES DES APHYLLOPHORALES

J. KELLER

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

**RESUME:** Les cystides de 60 espèces d'Aphylophorales sont étudiées en microscopie électronique à balayage. Dix types de cristaux morphologiquement distincts sont mis en évidence et groupés dans 4 catégories: Bipyrâmides tétraogonales, prismes, tablettes et aiguilles. L'origine de ces différences n'étant pas connues, des analyses chimiques, des microanalyses, des diffractions aux rayons X et des diffractions électroniques ont été réalisées. Il en découle que les cristaux sont toujours composés d'oxalate de calcium, mais les molécules varient.

Les cystides de 47 espèces sont coiffées de cristaux des types "bipyramide tétraogonale" et/ou "prisme tétraogonal terminé en pyramide". Leur abondance et leur fréquence au sein des 6 familles prises en considération ne permettent pas de tirer des conclusions taxonomiques. En revanche, certains types sont confinés à un seul genre ou à une seule espèce et revêtent par conséquent une importance certaine.

Chez quelques rares espèces, des cristaux de types différents s'observent occasionnellement sur le même échantillon.

Aucune concordance ne semble enfin exister entre les divers types de cystides précisés par Price (1973) et les formes cristallines maintenant connues.

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die Zystiden von 60 Aphylophorales-Arten wurden mit Hilfe des Rasterelektronenmikroskopes untersucht. Zehn morphologisch verschiedene Kristalltypen wurden festgestellt und in 4 Kategorien aufgeteilt: Tetragonale Bipyramiden, Prismen, Tafeln und Nadeln. Da der Grund dieser Verschiedenheiten unbekannt ist, wurden chemische Analysen, Mikroanalysen, Röntgenstrahlendiffraktionen und elektronische Diffraktionen durchgeführt. Es zeigte sich, dass alle Kristalle aus Calciumoxalat bestehen, ihre chemische Zusammensetzungen aber nicht immer gleich ist.

Die Zystiden von 47 Arten sind mit Kristallen der Typen "tetragonale Bipyramide" und/oder "Prismen mit pyramidalen Enden" bedeckt. Ihr häufiges Vorkommen in den 6 studierten Familien erlauben nicht, taxonomische Schlussfolgerungen zu ziehen. Einige Typen hingegen sind in einer einzigen Gattung oder bei einer einzigen Art zu finden und haben deshalb eine gewisse Bedeutung.

Ausnahmsweise lassen sich bei einigen seltenen Arten verschiedene Kristalltypen auf ein und demselben Fundstück beobachten.

Keine Übereinstimmung scheint zwischen den Zystiden von Price (1973) und den jetzt bekannten Kristallformen zu bestehen.

**SUMMARY:** The cystidia of 60 species of Aphylophorales were studied by scanning electron microscopy. Ten types of morphologically different types of crystals could be observed and classified into 4 categories: Tetragonal bipyramids, prisms, tablets and needles. Because the origin of these differences is unknown, chemical analyses, microanalyses, X-rays diffractions and electron diffractions were made. The results obtained show that all crystals consist of calcium oxalate, but their chemical composition is not identical.

The cystidia of 47 species are covered by crystals of the types "tetragonal bipyramid" and/or "prism with pyramidal ends". Their abundance and frequency in the 6 families studied does not allow any taxonomic conclusion. However, certain types are present in one genus or in one species only and are of a certain importance.

Different types of crystals can occasionally be observed in the same collection of some rare species.

There does not seem to exist any correlation between the different types of cystidia studied by Price (1973) and the types of crystals known at present.

## TABLE DES MATIERES

1. Introduction
2. Matériel
3. Méthodes
  - 3.1. Microscopie photonique
  - 3.2. Microscopie électronique
  - 3.3. Analyses chimiques des cristaux
    - 3.3.1. Vert d'anthracène
    - 3.3.2. Acide chlorhydrique
    - 3.3.3. Acide sulfurique
    - 3.3.4. Sels de zirconium
  - 3.4. Microanalyses aux rayons X
  - 3.5. Diffraction aux rayons X
  - 3.6. Diffraction électronique
4. Résultats
  - 4.1. Morphologie
    - 4.1.1. Bipyramides tétraogonales
    - 4.1.2. Prismes tétraogonaux
      - 4.1.2.1. Prismes à section carrée à terminaisons pyramidales
      - 4.1.2.2. Prismes à section carrée terminés par une surface plane
      - 4.1.2.3. Prismes à section carrée terminés par une surface irrégulière
      - 4.1.2.4. Prismes fasciculés
    - 4.1.3. Tablettes

- 4.1.3.1. Tablettes irrégulières
- 4.1.3.2. Tablettes hexagonales ou octogonales
- 4.1.3.3. Tablettes régulièrement dentées sur un côté
- 4.1.3.4. Tablettes rectangulaires dentées à chaque angle
- 4.1.4. Aiguilles
- 4.2. Chimie
  - 4.2.1. Vert d'anthracène
  - 4.2.2. Acide chlorhydrique
  - 4.2.3. Acide sulfurique
  - 4.2.4. Sels de zirconium-alizarine S
- 4.3. Microanalyses aux rayons X
- 4.4. Diffraction aux rayons X, caméra Guinier
- 4.5. Diffraction électronique
- 5. Discussion
  - 5.1. Catégories de cristallisation
  - 5.2. Composition chimique des cristaux
  - 5.3. Taxonomie
- 6. Bibliographie
- 7. Liste des planches
- 8. Planches

## 1. INTRODUCTION.

L'ordre des Aphylophorales (Basidiomycètes) tel qu'il avait été pressenti par Patouillard (1887) et défini par Rea (1922) n'a suscité pendant longtemps qu'un intérêt modéré de la part des mycologues. Aussi, les connaissances actuelles sont-elles encore trop fragmentaires pour espérer établir une classification naturelle satisfaisante. C'est la raison pour laquelle les études en systématique sont toujours essentiellement orientées vers la recherche de critères nouveaux susceptibles d'améliorer la différenciation des familles, des genres et des espèces. En particulier, l'utilisation des microscopes électroniques à transmission (MET) et à balayage (MEB) a accéléré la mise en évidence de caractères nouveaux tels que l'ultrastructure des parois sporiques (Voelz & Niederprüm 1964, Hyde & Wilkinshaw 1966, Perreau-Bertrand 1967, Besson 1969 et 1970, Grand & Moore 1970, Antoine-Besson 1972, Capellano 1973, Perreau 1973, Pegler & Young 1973, Keller 1974, 1976, 1978 et 1983,

Ginns 1976 et 1979, Eriksson & Ryvarden 1973-1981, Jülich 1982), l'ultrastructure des parois hyphales ou des cloisons transversales (Girbardt 1958, Scurfield 1967, Wessels et al. 1972, Moore 1975, Khan & Talbot 1976, Flegler et al. 1976, Van der Valk et al. 1977, Traquair & McKeen 1978, Keller 1979, David 1982).

Récemment, nous nous sommes intéressé aux cellules stériles de l'hyménium; observées pour la première fois par Micheli en 1729, elles furent nommées cystides par Léveillé en 1837. La raison de ce choix est qu'à l'exception de quelques rares espèces examinées au MEB par Jülich (1975 et 1981), Eriksson & Ryvarden (1973-1984) et Telleira & Truchero (1981), aucune recherche d'ensemble n'avait été tentée dans ce domaine. L'objectif principal de notre travail consistait:

- 1) à déterminer les différentes formes cristallines rencontrées sur les cystides;
- 2) à déterminer les causes de leurs variations;
- 3) à tirer des conclusions taxonomiques;
- 4) à comparer nos résultats avec ceux de Price (1973)

Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance à toutes les personnes qui nous ont aidé à la réalisation du présent travail par l'envoi de matériel frais ou d'exsiccata (MM. les Professeurs J. Eriksson de Göteborg, L. Ryvarden d'Oslo, MM. J. Breitenbach de Lucerne, B. Erb d'Obererlinsbach, F. Marti de Peseux, X. Moirandat de Bienne), par la mise à disposition d'appareils ou de microscopes (MM. les Professeurs A. Aeschlimann, M. Aragno, W. Form et C. Terrier de Neuchâtel, MM. les Professeurs H. Cléménçon et J. Schwarzenbach de Lausanne, Mr. le Chef du Centre de Microscopie de l'Université de Lausanne A. Gautier) ou par une aide technique (MM. le Professeur B. Kubler de Neuchâtel, Mr. le Dr. T. Jalanti et Mr. F. Ardizzoni de Lausanne, Mr. Y. Delamadeleine de Neuchâtel).

TABLEAU I

FAMILLES	GENRES	ESPECES	AUTEURS	PROVE- NANCES	No	RECOLTEURS	
Corticaceae	Amphinema	byssoides	(Pers. ex Fr.) Erikss.	NE	2408	Keller	
	Bulbillomyces	farinosus	(Bres.) Jùl.	Suède	3338	Eriksson	
	Fibricium	lapponicum	Erikss.	Autriche	3022	Keller	
	Globulicium	hiemale	(Laur.) Hjortst.	Suède	3339	Eriksson	
	Hyphoderma	echinocystis	mutatum	Erikss. & Strid	Suède	3337	Eriksson
			puberum	(Peck) Donk	RFA	3201	Keller
			sambuci	(Fr.) Wallr.	RFA	3204	Keller
			setigerum	(Pers.) Jùl.	NE	2693	Keller
			tenuè	(Fr.) Donk	NE	2543	Keller
			tenue	(Pat.) Donk	NE	2463	Keller
			corrugata	(Fr.) Erikss. & Ryv.	NE	3103	Keller
			arguta	(Burt) Erikss.	NE	2884	Keller
			breviseta	(Fr.) Erikss.	Autriche	3020	Keller
			polonense	(Karst.) Erikss.	NE	3110	Keller
	Hyphodermella	alutaria	arguta	(Bres.) Strid	NE	2477	Keller
			breviseta	(Bres.) Erikss. & Ryv.	NE	2330	Keller
	Hyphodontia	arguta	breviseta	(Karst.) Donk	Suède	3340	Eriksson
			polonense	(Fr.) Donk	GE	2569	Keller
	Hypochnicium	macrosporum	polygonioides	(Fr.) Donk	NE	2682	Keller
			uda	(Fr.) Donk	NE	2682	Keller
	Laeticorticium	fuscoatra	uda	(Fr.) Donk	NE	2682	Keller
			uda	(Fr.) Donk	NE	2682	Keller
	Mycoacia	aurantiaca	cinerea	(Bres.) v. Hoehn. & Litsch.	VD	2507	Keller
			incarnata	(Fr.) Cooke	NE	2177	Keller
	Peniophora	incarnata	lilacea	(Fr.) Karst.	NE	2896	Keller
			limitata	Bourd. & Galz.	VD	3080	Keller
			polygonia	(Fr.) Cooke	NE	2424	Keller
			pithya	(Pers. ex Fr.) B. & G.	BE	2876	Moirandat
			proxima	(Pers.) Erikss.	NE	2436	Keller
			filamentosa	Bres. in Bourd. & Galz.	NE	2539	Keller
			sordida	(Berk. & Curt.) Burds.	NE	1922	Keller
			velutina	(Karst.) Erikss. & Ryv.	NE	2280	Keller
velutina			(Fr.) Karst.	NE	2544	Keller	

FAMILLES	GENRES	ESPECES	AUTEURS	PROVE- NANCES	No	RECOLTEURS	
Corticiaceae	Resinicium	bicolor	(A. & S. ex Fr.) Parm.	NE	2043	Keller	
	Scopuloides	hydroides	(Cooke & Mass.) Hjort. Ryv.	NE	1734	Keller	
	Subulicystidium	longisporum	(Pat.) Parm.	NE	2554	Keller	
	Tubulicium	clematidis	(Bourd. & Galz.) Oberw.	LU	2915	Breitenbach	
	Tubulicrinis	borealis	Eriksson	LU	2452	Breitenbach	
Coniophoraceae	Coniophora	olivacea	(Fr. ex Fr.) Karst.	VD	2976	Keller	
	Steccherinum	fimbriatum	(Pers. ex Fr.) Erikss.	NE	2310	Keller	
Steccherinaceae		ochraceum	(Pers. ex Fr.) S.F.Gray	NE	2700	Keller	
	Hymenochaetaceae	Hymenochaete	tabacina	(Sow. ex Fr.) Lév.	NE	2260	Keller
Polyporaceae	Climacocystis	borealis	(Fr.) Kotl. & Pouz.	NE	2419	Keller	
	Irpex	lacteus	(Fr.) Fr.	Italie	2793	Keller	
	Junghuhnia	collabens	(Fr.) Ryv.	Norvège	3341	Ryvarden	
		luteoalba	(Karst.) Ryv.	Norvège	3342	Ryvarden	
	Oxyporus	nitida	(Fr.) Ryv.	NE	2311	Keller	
		obducens	(Pers. ex Fr.) Donk	NE		Keller	
		populinus	(Fr.) Donk	NE	2052	Keller	
	Rigidoporus	ravidus	(Fr.) Bond. & Sing.	BE		Keller	
		vitreus	(Fr.) Donk	AG	2832	Keller	
	Schizopora	paradoxa	(Fr.) Donk	NE	2895	Keller	
	Trichaptum	abietinum	(Fr.) Ryv.	NE	1697	Keller	
		biforme	(Fr.) Ryv.	France	2395	Marti	
		fuscoviolaceum	(Fr.) Ryv.	Italie	2781	Keller	
	Stereaceae	Tyromyces	sericeomollis	(Rom.) Bond. & Sing.	Suède	3343	Eriksson
		Amylostereum	areolatum	(Fr.) Boid.	NE	2877	Keller
chailletii			(Pers. ex Fr.) Boid.	NE	2253	Keller	
laevigatum			(Fr.) Boid.	NE	2313	Keller	
Columnocystis		ambigua	(Peck) Pouz.	Autriche	3013	Keller	
Laurilia		sulcata	(Burt) Pouz.	Norvège		Ryvarden	
Lopharia		spadicea	(Pers. ex Fr.) Boid.	NE	2227	Keller	



## 2. MATERIEL.

Le tableau 1 montre que la majorité des espèces étudiées proviennent de la région de Neuchâtel (Suisse).

Les échantillons ont été séchés à l'air, sur Dörrex ou lyophilisés (appareil à lyophiliser Leybold GT2), puis insérés dans l'herbier de l'Institut de Botanique de Neuchâtel. Les exsiccata peuvent être obtenus à l'adresse de l'auteur.

## 3. METHODES.

### 3.1. Microscopie photonique.

Pour observer la morphologie des cystides au microscope photonique, nous nous sommes contentés de confectionner des coupes fines (à main levée) que nous avons montées dans le bleu coton au lactophénol.

### 3.2. Microscopie électronique.

Les cristaux, de nature stable, ne nécessitent qu'un minimum de précautions avant d'être observés au MEB: Une simple métallisation or ou platine/or suffit. Toutefois, pour éviter les altérations des cystides lors de la métallisation qui est réalisée sous vide, nous avons préparé le matériel comme suit:

- a) Fixation: au  $\text{KMnO}_4$  à 1,5% dans un tampon cacodylate (pH = 7) pendant 1/2 heure.
- b) Déshydratation: le matériel est rincé 3-5 fois dans le tampon cacodylate, puis déshydraté à l'acétone à 30% (15 min.), 50% (15 min.), 70% (30 min.), 90% (30 min.) et 100% (trois fois 30 min.).
- c) Point critique: La dessiccation des pièces biologiques entraîne irrémédiablement des modifications importantes de leur forme car les tensions à l'interface liquide-gaz sont très fortes. En revanche, celles-ci sont nulles dans le  $\text{CO}_2$  liquide, à  $31,1^\circ \text{C}$  et à une pression de 72,9 atmosphères (point critique). Les objets déshydratés à l'acétone sont plongés et rincés 5-6 fois dans le  $\text{CO}_2$  liquide, puis la température et la pression sont amenées au point critique. Le  $\text{CO}_2$  gazeux peut alors être soutiré lentement. Appareil: Critical Point Dryer Balzers

Union.

- d) **Métallisation:** Le matériel sec est collé sur des rotules en aluminium et recouvert d'une fine pellicule or ou platine/or (env. 50 nm d'épaisseur) pour éviter une trop forte pénétration des électrons primaires dans l'échantillon et l'émission d'électrons secondaires. Appareil: Sputter Balzers Union.
- e) **Microscopes électroniques:** Les observations ont été réalisées sur les appareils suivants:
- MEB Philips 500, à 25 kV
  - MEB Jeol 35, à 20 kV
- Les documents photographiques ont été obtenus sur film PAN F, Ilford, Ciba & Geigy.

### 3.3. Analyses chimiques des cristaux.

3.3.1. **Vert d'anthracène:** le vert d'anthracène, appelé aussi alizarine ou coeruleine A, se fixe, entre autres, sur les cristaux d'oxalate de calcium et les colore en vert foncé; dilué dans l'ammoniaque à 30%, le colorant se fixe sur les cristaux après une exposition de quelques minutes.

3.3.2. **Acide chlorhydrique:** une dissolution rapide des cristaux s'observe si les coupes sont plongées dans une solution d'HCl 1N.

3.3. **Acide sulfurique:** les cristaux d'oxalate de calcium donnent des cristaux de sulfate de calcium (gypse) en présence d'acide sulfurique à 3% dans l'éthanol à 40%. Ceux-ci forment des aiguilles isolées ou disposées en hérisson.

3.3.4. **Sels de zirconium:** les sels de zirconium IV donnent avec l'alizarine S un complexe coloré rouge qui présente au spectrophotomètre un pic d'absorption à 522 nm. La présence d'ions oxalate (et éventuellement de fluorures) fait disparaître cette coloration rouge par la formation d'un complexe plus stable, jaunâtre, dont le pic d'absorption est situé à 422 nm (Charlot, 1966). Composition du complexe sel de zirconium-alizarine S:

- nitrate de zirconium: 0,05 g dans 50 ml HCl 12N.

- alizarine S 0,05 g dans 50 ml H<sub>2</sub>O dist.

Le mélange des deux solutions s'effectue juste avant l'emploi.

Mode opératoire:

1. Immersion d'un fragment de bois colonisé par le champignon dans 1/2 ml du mélange nitrate de zirconium-alizarine S. On ajoute alors 4,5 ml H<sub>2</sub>O dist.
2. Après 15 min., filtration du mélange sur filtre Millipore 0.22 µm. On détermine l'absorption du filtrat à 522 nm et 422 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre. Appareil: Spectrophotomètre Zeiss PM 4.
3. Témoin: même procédure avec un fragment de bois non colonisé par le champignon.

#### 3.4. Microanalyses aux rayons X.

La composition chimique de quelques types de cristaux a été précisée par microanalyses aux rayons X en utilisant un dispositif dispersif en énergie Princeton Gammatech PGT-100 monté sur le microscope électronique à balayage Jeol 35.

#### 3.5. Diffraction aux rayons X.

Un fragment de Scopuloides hydnoïdes a été pulvérisé et exposé aux rayons X pendant 36 heures. Méthode des poudres, caméra Guinier, rayonnement Cu, standard Si.

#### 3.6. Diffraction électronique.

De petits fragments d'hyménium réduits en poudre ont été étalés sur des grilles à trous, puis des particules de graphite ou d'or ont été ajoutées par pulvisation cathodique pour obtenir une référence interne. Les observations ont été réalisées sur le microscope électronique à balayage Philips 300 à 100 kV.

## 4. RESULTATS.

### 4.1. Morphologie.

L'examen des cystides de nombreuses Aphylophorales nous a permis de découvrir 10 formes cristallines que nous avons classées dans les 4 catégories suivantes:

#### 4.1.1. Bipyramides tétraogonales

Ces cristaux ont la forme d'une double pyramide à base carrée, l'arête basale étant toujours aiguë (Pl. I, fig. 1): Oxyporus obducens (Pl. XIII, fig. 1), Tyromyces sericeomollis (Pl. XIX, fig. 3) ou Columnocystis ambigua (Pl. III, fig. 4).

Très souvent, les cristaux sont étroitement imbriqués les uns dans les autres et n'ont pu se développer dans leur totalité. La base des pyramides mesure 1 à 10 µm. Les cristaux sont habituellement répartis sur une grande partie de la cystide; dans certains cas pourtant (Trichaptum abietinum, Pl. II, fig. 1-4) ils sont localisés au sommet seulement et forment des rosettes qui ne sont pas sans rappeler les druses des végétaux supérieurs (Franceschi & Horner, 1980).

Un cas d'épitaixie (cristallisation nouvelle échafaudée sur une ancienne) a été observé chez Oxyporus ravidus (Pl. XVIII, fig. 3 et 4). Ce phénomène a été décrit également dans les lithiases rénales (Koutsoukos et al., 1980).

Les espèces mentionnées ci-dessous possèdent une cristallisation en bipyramides tétraogonales, mais la plupart d'entre elles présentent aussi, mêlées aux bipyramides tétraogonales, des prismes tétraogonaux terminés en pyramides (v. ci-après, sous 4.1.2.):

Corticaceae: Amphinema byssoides, Fibricium lapponicum, Hyphoderma echinocystis, H. mutatum, H. puberum, H. sambuci, H. tenue, H. setigerum, Hyphodermella corrugata, Hyphodontia breviseta, Peniophora aurantiaca, P. cinerea, P. incarnata, P. lilacea, P. limitata, P. polygonia, P. proxima, P. pithya, Phanerochaete filamentosa, P. sordida, P. velutina, Scopuloides hydnoides, Tubulicium clematidis,

Stereaceae: Amylostereum areolatum, A. laevigatum, A. chailletii, Columnocystis ambigua,

Polyporaceae: Climacocystis borealis, Irpex lacteus, Junghuhnia collabens, J. luteoalba, J. nitida, Oxyporus obducens, O. ravidus, O. populinus, Rigidoporus vitreus, Schizopora paradoxa, Trichaptum abietinum, I. biforme, I. fuscoviolaceum, Tyromyces sericeomollis.

Steccherinaceae: Steccherinum fimbriatum, S. ochraceum.

#### 4.1.2. Prismes tétraonaux.

Nous avons classé les prismes tétraonaux en 4 groupes:

4.1.2.1. Prismes à section carrée terminés en pyramides (Pl. I, fig. 2 et 3). Il s'agit habituellement de cristaux très semblables aux bipyramides tétraonales, seule l'arête basale en diffère; elle est plane et très souvent étroite chez Trichaptum abietinum (Pl. II, fig. 2), Climacocystis borealis (Pl. IV, fig. 1), Hyphodermella corrugata (Pl. VI, fig. 4 et 5) ou Junghuhnia nitida (Pl. XI, fig. 2). Chez d'autres espèces, l'arête est plus large et confère au cristal une structure nettement plus prismatique: Hypochnicium polonense (Pl. XXVIII, fig. 1), H. corrugata (Pl. VI, fig. 3), Oxyporus populinus (Pl. XVI, fig. 2 et 3), Tubulicrinis subulatus (Pl. XXI, fig. 1) ou Peniophora nuda (Pl. XII, fig. 3).

4.1.2.2. Prismes à section carrée terminés par une surface plane (Pl. I, fig. 4, 5 et 8). Certains prismes sont petits et ressemblent à des grains de sable, ± cubiques et larges de 1,5-4 µm: Hypochnicium polonense (Pl. XXVIII, fig. 1-3), Amylostereum chailletii (Pl. XXXI, fig. 1), Tubulicrinis clematidis, Hyphoderma mutatum, et H. puberum (Pl. XXVII, fig. 1-3). Chez d'autres espèces en revanche, les prismes sont plus allongés et atteignent parfois 10 µm de longueur: Gloeophyllum abietinum (Pl. XXIV, fig. 1) et Hyphodermella corrugata (Pl. XXV, fig. 1).

Nous avons observés chez H. corrugata quelques prismes creusés d'une cavité carrée (Pl. XXVI, fig. 1).

4.1.2.3. Prismes à section carrée terminés irrégulièrement (Pl. I, fig. 6). De tels cristaux ont été mis en évidence chez Hypochnicium polonense (Pl. XXIX, fig. 1), Bulbillomyces farinosus (Pl. XXX, fig. 1-2) ainsi que chez Hyphodermella corrugata (Pl. XXV, fig. 2).

4.1.2.4. Prismes fasciculés (Pl. I, fig. 7). Ils existent chez Hypochnicium polonense (Pl. XXIX, fig. 1), Mycoacia uda (Pl. XXIX, fig. 2) et Bulbillomyces farinosus (Pl. XXX, fig. 1) et rappellent les raphides des végétaux supérieurs. L'amoncèlement des cristaux est souvent tel que leur développement est imparfait.

La longueur des prismes varie de 1,5 à 10  $\mu\text{m}$  et la largeur de 0,2 à 1,2  $\mu\text{m}$ . La disposition des cristaux varie également. Chez Gloeophyllum abietinum (Pl. XXIV, fig. 1), ils sont arrangés au sommet de la cystide (cas particulier), chez Hyphodermella corrugata ils sont généralement orientés perpendiculairement à l'axe des dents et, chez H. polonense, leur disposition paraît être le fruit du hasard.

#### 4.1.3. Tablettes

Les cystides de plusieurs espèces sont ornées de cristaux en forme de tablettes; nous en distinguons 4 groupes:

4.1.3.1. Tablettes irrégulières et sans aucune structure apparente chez Tubulicrinis subulatus (Pl. I, fig. 10 et Pl. XXXII, fig. 1-4), Globulicium hiemale (Pl. XXXIII, fig. 1) et Resinicium bicolor (Pl. XXIII, fig. 2).

4.1.3.2. Tablettes hexagonales ou octogonales chez Irpex lacteus (Pl. I, fig. 11 et Pl. XXXIII, fig. 2-3).

4.1.3.3. Tablettes régulièrement dentées sur un côté chez Hyphodontia alutaria (Pl. I, fig. 12 et Pl. XXXIV, fig. 1-3) et H. arguta (Pl. XXXIV, fig. 4).

4.1.3.4. Tablettes rectangulaires dentées à chaque angle chez Subulicystidium longisporum (Pl. I, fig. 13 et Pl. XXXV, fig. 4-6). Comme dans les cas précédents, la densité des cristaux n'a pas toujours permis leur complet développement. La dimension des cristaux varie

de 2,5 à 12 µm.

La localisation des tablettes est terminale chez Tubulicrinis glebulosus (Pl. XXXV, fig. 2-3), Globulicium hiemale (Pl. XXXIII, fig. 1), subterminale chez I. subulatus (Pl. XXXII, fig. 1-4) ou bien elles recouvrent toute la partie distale et émergente de la cystide chez Irpex lacteus (Pl. XXXIII, fig. 2-3).

#### 4.1.4. Aiguilles

Les cristaux coiffant les cystides de Resinicium bicolor (Pl. I, fig. 9 et Pl. XXIII, fig. 1 et 3) sont ordinairement pointus, coniques et anguleux.

#### 4.2. Chimie.

4.2.1. Vert d'anthracène. Les cristaux de 56 espèces ont été colorés par le vert d'anthracène; tous ont réagi positivement. Quatre espèces n'ont pu être analysées, Hyphoderma echonocystis, Oxyporus obducens, O. ravidus et Tubulicrinis borealis vu le mauvais état du matériel.

4.2.2. Acide chlorhydrique. Nous avons testé la solubilité des cristaux des mêmes 56 espèces dans le HCl 1N; dans chaque cas, une dissolution au moins partielle a été observée.

4.2.3. Acide sulfurique. Des cristaux de sulfate de calcium se sont formés au contact de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> chez 53 espèces; chez Tubulicrinis glebulosus, I. subulatus et Tyromyces sericeomollis, l'absence de réaction est due à une densité trop faible des cristaux (Pl. XXXVI, fig. 1 et 2).

4.2.4. Sels de zirconium-alizarine S. Trente espèces ont été choisies pour tester la réaction des cristaux au mélange sel de zirconium-alizarine S; chaque catégorie de cristal a été examinée.

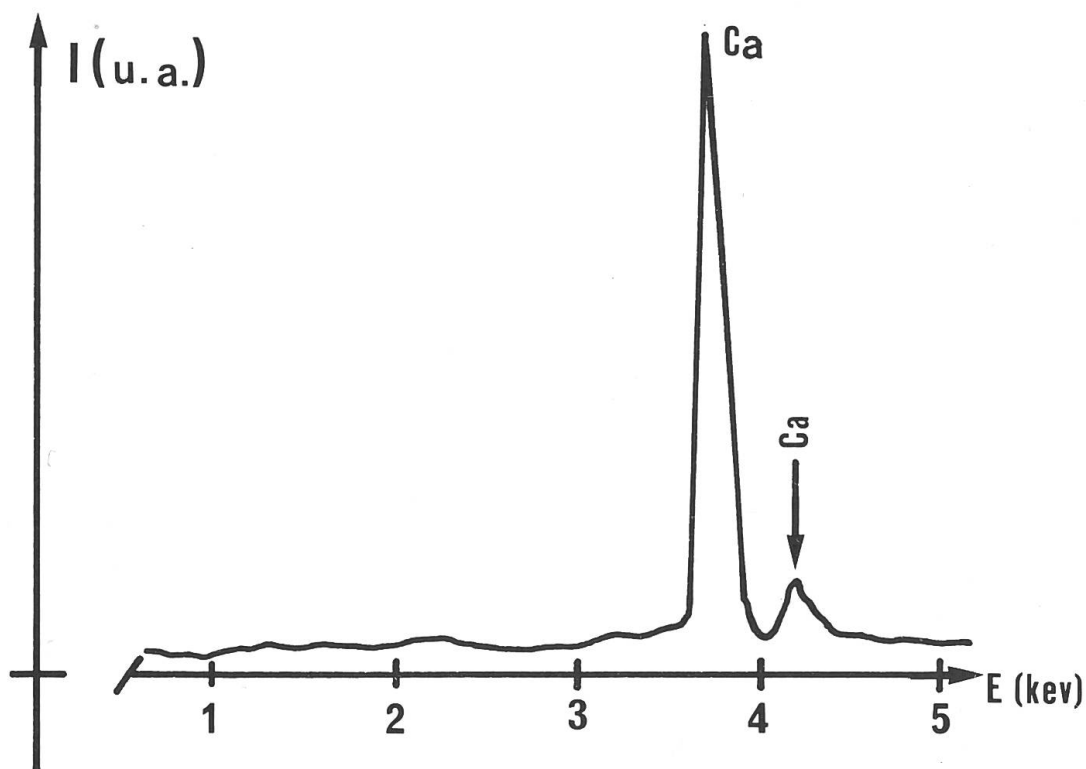
L'analyse a montré une diminution ou une disparition de la coloration rouge chez 16 espèces. Par ailleurs, au spectrophotomètre, nous avons mesuré une absorption plus forte à 422 nm (pic d'absorption du complexe oxalate-mélange) pour les fragments colonisés par les champignons que pour les fragments témoins sans

champignon et, en même temps, une absorption plus faible à 522 nm (pic d'absorption du mélange sel de zirconium-alizarine S) pour les fragments avec champignon. En conséquence, la modification du mélange confirme la présence d'oxalate de calcium.

Pour les 14 espèces restantes, le résultat n'a été que partiel: Soit une absorption plus forte à 422 nm pour le mélange avec champignon mais sans diminution de l'absorption à 522 nm, soit l'inverse.

#### 4.3. Microanalyses aux rayons X.

Cette technique permet de détecter dans un échantillon les éléments à poids atomique égal ou supérieur à celui du sodium. Elle a été appliquée aux espèces suivantes: Trichaptum abietinum, Peniophora incarnata, Junghuhnia nitida, Steccherinum ochraceum, Oxyporus populinus, H. setigerum, Hypochnicium polonense, Hyphodermella corrugata, Hyphodontia arguta, Tubulicrinis glebulosus, T. subulatus, et Resinicium bicolor. Dans chaque cas, seul l'élément Ca a été détecté.





#### 4.4. Diffraction aux rayons X, Caméra Guinier (méthode des poudres)

Le diffractogramme obtenu après exposition pendant 36 heures de Scopuloides hydnoïdes réduit en poudre a donné les bandes suivantes:

<u>S. hydnoïdes</u>		<u>Weddellite</u>		<u>Whewellite</u>	
$\lambda$		$\lambda$	int.	$\lambda$	int.
6,23		6,18	100	5,93	100
4,40		4,42	30	5,79	30
3,35		3,68	12	3,65	70
2,76 *		3,09	10	2,97	45
2,28		2,82	14	2,49	18
1,94		2,78	65	2,36	30
1,90		2,41	16	2,35	12
1,82		2,24	25	2,08	14

\* Bande la plus intense. L'échelle de l'intensité varie de 10 à 100.

Malgré la très longue exposition aux rayons X, seules huit bandes ont été enregistrées, toutes de faible intensité à l'exception de la bande 2,76 Å. En comparant ce résultat avec les bandes connues de la weddellite et de la whewellite, il est permis de dire que les cristaux de Scopuloides hydnoïdes ne sont en aucun cas de la whewellite car les différences sont trop significatives. Par contre, la très forte similitude avec les bandes de la weddellite nous incite à conclure que ces cristaux sont constitués d'oxalate de calcium dihydraté, soit de la weddellite ou du COD.

#### 4.5. Diffraction électronique.

La lecture des photographies obtenues par diffraction électronique s'est avérée plus délicate que prévue. En effet, la mesure des très nombreux points du diffractogramme est difficile à réaliser avec précision. Par ailleurs, les résultats étaient souvent inconstants au sein d'une même espèce. Enfin, l'absence de diffractogramme de référence pour le COM et le COD nous a

contraint d'abandonner cette méthode. Pl. XXXVI fig. 3.

## 5. DISCUSSION.

Chez les Aphylophorales, quatre types de cristaux étaient connus: Les bipyramides tétraogonales, les prismes à terminaisons pyramidales, les tablettes dentées aux angles et les cristaux en crochets. Cette liste peut être complétée dorénavant par 7 nouvelles formes.

Les cystides d'un même carpophore sont presque toujours ornées d'un seul type de cristaux; il en est de même des différents carpophores appartenant à la même espèce. L'on peut donc dire que le type de cristallisation est constant pour une espèce donnée. Cette observation suggère que le phénomène de cristallisation est contrôlé génétiquement, hypothèse qu'avaient déjà formulée McNair 1932, Gibson 1973 et Scurfield et al. 1973 à propos des végétaux supérieurs.

L'examen des bipyramides tétraogonales nous apprend cependant que ces cristaux sont pratiquement toujours accompagnés de prismes tétraogonaux à extrémités pyramidales. Ce fait nous incite à penser que les deux types de cristallisation sont proches l'un de l'autre et que les bipyramides ne sont peut-être que les précurseurs des prismes.

La présence simultanée de cristaux appartenant à deux ou trois catégories est très rare. Chez Resinicium bicolor (Pl. XXIV, fig. 1-3), nous avons observé des aiguilles et des tablettes côte à côte, sur le même échantillon. De même, chez Hypochnicium polonense et Hyphodermella corrugata, nous avons fréquemment trouvé plusieurs types de cristaux sur un même spécimen. Nous pensons que, dans ces cas exceptionnels, des phénomènes physico-chimiques exogènes ont partiellement éclipsé l'ordonnance génétique et ont été responsables des différents modes de cristallisations.

## 5.2. Composition chimique des cristaux.

La plupart des auteurs ont mentionné l'oxalate de Ca en parlant des cristaux coiffant les cystides des champignons (Topin 1901, Romagnesi 1944, Kühner & Romagnesi 1953, Kühner 1980).

Chez Gastrosporium simplex, Monthoux (1977) a cru découvrir des cristaux de quartz, mais son origine était externe (Monthoux, 1983). Nos analyses microchimiques ont toujours confirmé la présence de calcium ou de l'ion oxalate chaque fois que leur abondance ou leur taille étaient suffisantes. Il restait donc toujours à expliquer les variations morphologiques constatées.

L'oxalate de Ca présente deux états d'hydratation: L'oxalate de Ca monohydraté (COM = Calcium Oxalate Monohydrate ou whewellite) et l'oxalate de Ca dihydraté (COD = Calcium Oxalate Dihydrate ou weddellite).

Jones et al. (1976) ont montré que l'oxalate de Ca des épines de sporanges de Mucor plumbeus et de Cunninghamella echinulata est dihydraté (COD). Urbanus et al. (1978) sont arrivés au même résultat en analysant les épines des zygosporés et des sporangiophores de Mucor mucedo, comme d'ailleurs Graustein et al. (1977) en examinant les hyphes d'Hysterangium crassum. Ceux-ci ont aussi découvert des cristaux monohydratés (COM) sur les hyphes isolées d'une litière du Nouveau Mexique.

Les méthodes couramment utilisées pour détecter le degré d'hydratation des cristaux d'oxalate de Ca (infrarouge par exemple) exigent du matériel pur en quantité suffisante. Ces exigences se sont révélées insurmontables dans notre cas car les cystides sont petites, souvent clairsemées et profondément enfouies dans la trame des champignons. Tenter de les isoler était illusoire et aurait exigé un temps démesuré.

Une seule fois nous avons procédé avec succès à une diffraction aux rayons X en réduisant en poudre un fragment sec de Scopuloides hydnoïdes. Le résultat positif de l'opération provient du fait que les cystides sont particulièrement denses dans cette espèce et que l'exposition aux rayons a été portée à 36 heures. La lecture des bandes enregistrées nous a montré que les cristaux de S. hynoides, des bipyramides tétraogonales, sont constituées de COD. Cette constatation correspond

exactement aux résultats d'autres chercheurs qui ont analysé des cristaux de structure similaire. La configuration des bipyramides tétraogonales permet en outre au spécialiste d'affirmer qu'il s'agit de COD (Prof. B. Kubler, comm. pers.). Cette affirmation est également valable pour les prismes à section carrée terminés en pyramides ou terminés par des surfaces planes.

Les tablettes hexagonales et octogonales, comme celles d'*Irpex lacteus* (Pl. XXXIII, fig. 2-3) suggèrent au contraire une cristallisation monoclinique, donc constituée de COM (Prof. B. Kubler). Ce résultat est confirmé également par la comparaison avec les cristaux en tablettes observés dans les néphrolithiases (Khan et al. 1979, fig. 11c).

Les autres formations cristallines, les prismes irréguliers, les prismes fasciculés ou les aiguilles ne peuvent être classées actuellement, faute de données suffisantes.

En conséquence, la cristallisation des deux formes d'oxalates, COM et COD, n'expliquent pas les 10 types de cristaux que nous avons mis en évidence.

Une explication partielle des variations morphologiques des cristaux réside peut-être dans le fait que le COD est instable. Frey-Wyssling (1935) et Pobequin lui attribuèrent 3 molécules d'eau, Honegger (1952) 2,5, Walter-Lévy & Strauss (1962) 2,25 et Bannister & Hey (1936) 2. En 1965 enfin, Sterling proposa une structure à 2 molécules d'eau + X, X désignant de l'eau zéolithique. Les variations de la quantité d'eau intervenant dans la composition chimique des cristaux sont probablement à l'origine de certaines modifications morphologiques. Cette hypothèse paraît d'ailleurs d'autant plus vraisemblable que les impuretés souvent mises en cause ne peuvent être tenues pour responsables de ces variations car, si elles existaient, elles auraient inmanquablement été détectées par les microanalyses.

### 5.3. Taxonomie.

L'apport taxonomique du présent travail semble très modeste car la plupart des espèces observées sont toujours ornées des mêmes cristaux, des bipyramides tétraogonales et des prismes à terminaisons pyramidales. Les seules remarques à formuler concernent les espèces présentant des cristallisations en aiguilles, en tablettes ou en prismes.

Resinicium bicolor est caractérisé par des cristaux en aiguilles; cette configuration cristalline est unique pour les Aphylophorales. Même les deux autres espèces du genre Resinicium (R. furfuraceum et R. pinicola) en sont dépourvues (Eriksson et al. 1981).

Subulicystidium longisporum a des cystides garnies de cristaux en tablettes dentées aux quatre angles; elles avaient déjà été observées par Telleira & Truchero (1981) ainsi que par Jülich (1975) chez Subulicystidium brachysporum. Ces cristaux n'existent que chez les champignons du genre Subulicystidium.

Irpex lacteus est caractérisé par des cristaux en tablettes hexagonales ou octogonales; elle est la seule espèce de la famille des Polyporaceae et même de l'ordre des Aphylophorales à présenter de tels cristaux.

Hyphodontia alutaria et H. arguta sont les deux seules espèces à posséder des lagénocystides; leurs cristaux sont aussi uniques puisqu'il s'agit de tablettes dentées sur un côté seulement.

Tubulicrinis subulatus, Globulicium hiemale et Resinicium bicolor présentent des cristaux en tablettes irrégulières; leur appartenance à des genres très différents ne permet pas de tirer des conclusions.

Une situation analogue existe chez les espèces dont les cystides sont ornées de cristaux en forme de prismes; bien que rares, ils sont présents dans des genres très divers.

Price (1973) a décrit 7 types de cystides chez les Aphylophorales en se basant sur leur morphologie et leur origine. Aucun type défini par Price n'est caractérisé par une seule sorte de cristaux. Les bipyramides tétraogonales par exemple ont été observées sur les cystides des 7 types et, autre exemple, les

"radiate cystidia" sont coiffées de bipyramides tétraogonales, de prismes ou de tablettes. Il semble donc n'y avoir aucune corrélation entre la morphologie des cystides et la forme des cristaux qu'elles portent. La raison en est que les cystides ont évolué et se sont diversifiées morphologiquement, mais leur fonction d'excrétion est toujours restée la même. Actuellement, cette fonction excrétrice est communément admise (Patouillard 1887, Topin 1901, Maire 1902, Knoll 1912, Heim 1931, Romagnesi 1944, Lentz 1954, Cléménçon 1972, Singer 1975, Kühner 1980). Les cystides synthétisent des oxalates pour équilibrer leur balance ionique; ces oxalates étant des métabolites finaux des chaînes de réactions, ils doivent être rejetés pour éviter une trop forte concentration intracellulaire qui serait toxique. Le procédé est universel, les cellules végétales et animales - humaines comprises - éliminent les oxalates pour la même raison et ils cristallisent plus ou moins de la même façon.

## 6. BIBLIOGRAPHIE.

- Antoine-Besson, M. 1972. Contribution à la connaissance de l'infrastructure de la paroi sporique des Hyménomycètes. Thèse Univ. Claude Bernard, Lyon.
- Bannister, F. A. et M. H. Hey. 1936. Report on some crystalline components of the Weddel Sea deposits. Disc. Rep. 13: 60-69.
- Besson, M. 1969. Architecture et développement de la paroi sporique de Tubulicium clematidis (B. & G.) Oberw. (= Peniophora clematidis Bourd. & Galz.) en microscopie électronique. Bull. mens. Soc. Linn. Lyon 38(7): 252-255.
- Besson, M. 1970. Ultrastructure de la paroi sporique amyloïde et ornée de quelques Hyménomycètes. C. R. Séances Acad. Sci. 2710: 964-967.
- Capellano, A. 1973. Présence d'un pore germinatif chez deux espèces de Perenniporia Murrill (Basidiomycètes, Polyporacées). C. R. Séances Acad. Sci. 2770: 1449-1450.
- Charlot, G. 1966. Analyse quantitative rapide des cations et des anions. 3e éd., Dunod, Paris.

- Clémenton, H. 1972. Die exkretorischen Zystiden von Baeospora myosura (Agaricales). Zeitschr. Pilzk. 38: 55-71.
- David, A. 1982. Etude monographique du genre Skeletocutis (Polyporaceae). Naturaliste can. (Rev. Ecol. Syst.) 109: 235-272.
- Eriksson, J., L. Ryvarden et K. Hjortstam, 1973-1984. The Corticaceae of North Europe, vol. 1-7. Fungiflora, Oslo.
- Flegler, S. L., et G. R. Hooper et W.G. Fields. 1976. Ultrastructural and cytochemical changes in the Basidiomycete dolipore septum associated with fruiting. Can. J. Bot. 54(9): 2243-2253.
- Franceschi, V. R. et H. T. Horner Jr. 1979. Use of Psychotria punctata callus in study of calcium oxalate crystal idioblast formation. Z. Pflanzenphysiol. 92: 61-75.
- Franceschi, V. R. et T. H. Horner. 1980. Calcium oxalate crystals in plants. Bot. Rev. 46(4): 361-427.
- Gibson, A. C. 1973. Comparative anatomy of secondary xylem in Cactoideae (Cactaceae). Biotropica 5: 29-65.
- Ginns, J. et E. Kokko. 1976. Basidiospore germ pore and wall structure in Coniophora (Basidiomycetes: Aphyllophorales). Can. J. Bot. 54(5/6): 399-401.
- Ginns, J. 1979. The genus Ramaricium (Gomphaceae). Bot. Notizer 132: 93-102.
- Girbardt, M. 1962. Licht- und elektronenoptische Untersuchungen an Polystictus versicolor (L.). Planta 58: 1-21.
- Grand, L. F. et R. T. Moore. 1970. Ultracytotaxonomy of Basidiomycetes. I. Scanning electron microscopy of spores. J. E. Mitchell Sci. Soc. 86: 106-117.
- Graustein W. C., K. Cromack Jr. et P. Sollins. 1977. Calcium oxalate: Occurrence in soils and effects on nutrient and geochemical cycles. Sciences 198: 1252-1254.
- Heim, R. 1931. Le genre Inocybe. Lechevallier, Paris.
- Honegger, R. 1952. Das Polyhydrat des Kalzium-Oxalats. Vierteljahrschr. Naturforsch. Ges. Zuer. 97: 1-44.
- Hyde, J. M. et C. H. Walkinshaw. 1966. Ultrastructure of basidiospores and mycelium of Lenzites sepiaria. J. Bacteriol. 92(4): 1218-1227.
- Jones, D., W. J. Hardy et M. J. Wilson. 1976. Ultra-

- structure and chemical composition of spines in Mucorales. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 66: 153-157.
- Jülich, W. 1975. Studien an Cystiden. I. Subulicystidium. *Persoonia* 8(2): 187-190.
- Jülich, W. 1981. Higher Taxa of Basidiomycetes. Cramer, Vaduz.
- Jülich, W. et W. Star. 1953. Ultrastructure of basidiospores. I. Beenakia. *Persoonia* 12(1): 67-74.
- Keller, J. 1974. Contribution à la connaissance de l'infrastructure de la paroi sporique des Aphylophorales. Thèse Univ. Neuchâtel.
- Keller, J. 1977. Ultrastructure des parois sporiques des Aphylophorales. IV. Ontogénèse des parois sporiques de Pachykytospora tuberculosa et de Ganoderma lucidum. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 87(1/2): 34-51.
- Keller, J. 1976. Ultrastructure des parois sporiques des Aphylophorales. II. *Schweiz. Zeitschr. Pilzk.* 54: 153-159.
- Keller, J. 1979. Ultrastructure des hyphes incrustées dans le genre Skeletocutis. *Persoonia* 10(3): 347-355.
- Keller, J. 1983. In S. Nilsson (ed.) Atlas of airborne fungal spores in Europe. Springer, Berlin.
- Khan, S. R. et P. H. B. Talbot. 1976. Ultrastructure of septa in hyphae and basidia of Iulasnella. *Mycologia* 58(5): 1027-1036.
- Khan, S. R., B. Finlayson et R. L. Hackett. 1979. Scanning electron microscopy of calcium oxalate crystals formation in experimental nephrolithiasis. *Lab. Invest.* 41(6): 504-510.
- Knoll, F. 1912. Untersuchungen über den Bau und die Funktion der Cystiden und verwandter Organe. *Jahrb. Bot.* 50: 453-501.
- Koutsoukos, P. G., M. E. Sheehan et G.H. Nancollas. 1981. Epitaxial considerations in urinary stone formation. II. The oxalate-phosphate system. *Urology* 18(5): 358-603.
- Kühner, R. 1980. Les Hyménomycètes agaricoïdes. No spéc. *Bull. Soc. Linn. Lyon* 49.
- Kühner, R. et H. Romagnesi. 1953. Flore analytique des champignons supérieurs. Masson, Paris.
- Lentz, P. L. 1954. Modified hyphae of Hymenomycetes. *Bot. Rev.* 20(3): 135-199.



- Léveillé, J. H. 1837. Sur l'hyménium des champignons. Ann. Sci. Nat. II Bot. 8: 321-338.
- Maire, R. 1902. Recherches cytologiques et taxonomiques sur les Basidiomycètes. Bull. Soc. Mycol. France 18(suppl.): 1-209.
- McNair, J. B. 1932. The interrelation between substances in plants: essential oils and resins, cyanogen and oxalate. Am. J. Bot. 19: 255-271.
- Micheli, P. A. 1729. Nova plantarum genera juxta Tournefortii methodum disposita.
- Monthoux, O. 1977. Nature des cristaux de l'exopéridium du Gastrosporium simplex Matt. Schweiz. Zeitschr. Pilzk. 55: 89-92.
- Monthoux, O. 1983. Nouvelles observations sur les cristaux du Gastrosporium simplex Matt. (Gastéromycète). Mycol. Helv. 1(1): 31-38.
- Moore, R. T. 1975. Early ontogenetic stages in dolipore/parenthesome formation in Polyporus biennis. J. Gen. Microbiol. 87: 251-259.
- Patouillard, N. 1887. Les Hyménomycètes d'Europe. Klincksieck, Paris.
- Pegler, D. N. et T. W. Young. 1973. Basidiospores form in the British species of Ganoderma Karst. Kew Bull. 28(3): 351-364.
- Perreau-Bertrand, J. 1967. Recherches sur la différenciation et la structure de la paroi sporale chez les Homobasidiomycètes à spores ornées. Ann. Sci. Nat. (Paris), 12e série, 8(4): 639-746.
- Pobequin, T. 1943. Les oxalates de calcium chez quelques angiospermes: Etudes physico-chimique-formation-des-tin. Ann. Sci. Mat. Bot. série 11(4): 1-95.
- Price, I. 1973. A study of cystidia in effused Aphylophorales. Beiheft Nova Hewigia 24: 515-618.
- Rea, C. 1922. British Basidiomycetes. Cambridge.
- Romagnesi, H. 1944. La cystide chez les Agaricacées. Rev. Mycol. N.S. 9(suppl.): 4-21.
- Scurfield, G., A. J. Mitchell et S. R. Silva. 1973. Crystals in woody stems. Bot. J. Linn. Soc. 66: 277-289.
- Scurfield, G. 1967. Fine structure of the cell walls of Polyporus myllitae Cke. et Mass. J. Linn. Soc. Bot. 60: 159-166.
- Singer, R. 1975. The Agaricales in modern taxonomy.

- Cramer, Vaduz.
- Sterling, C. 1965. Crystal structure analysis of weddellite,  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot (2+X) \text{H}_2\text{O}$ . Acta Cryst. 18: 917-921.
- Topin, J. 1901. Notes sur les cristaux et concrétions des Hyménomycètes et sur le rôle physiologique des cystides. Thèse Univ. Paris, Ecole Sup. Pharm.
- Telleria, M. T. et M. F. Truchero. 1981. Estudia sobre les Aphylophorales (Basidiomycetes) lignícolas de la Sierra de Guadarrama. Bol. Soc. Micol. Cast. 6: 63-91.
- Traquair, J. A. et W. E. Mckeen. 1978. Ultrastructure of the doliporeparentosome in Hirschioporus pargamenus (Polyporaceae). Can. J. Bot. 24(7): 767-771.
- Urbanus, J. F. L. M. et H. van den Ende. 1978. Calcium oxalate crystals in the wall of Mucor mucedo. Mycologia 70: 829-842.
- Van der Valk, P. R. Marchant et J. G. H. Wessels. 1977. Ultrastructural localization of polysaccharides in the wall and septum of the Basidiomycete Schizophyllum commune. Exp. Mycol. 1: 69-82.
- Voelz, H. et J. Niederprüm. 1964. Fine structure of basidiospore of Schizophyllum commune. J. Bacteriol. 88(5): 1497-1502.
- Walter-Lévy, L. et R. Strauss. 1962. Sur la répartition des hydrates de l'oxalate de calcium chez les végétaux. C. R. Acad. Sci. Ser. D 254: 1671-1673.
- Wessels, J. G. H., D. R. Kreger, R. Marchant, B. A. Regensburg et O. M. H. Vries. 1972. Chemical and morphological characterization of the hyphal wall surface of the basidiomycete Schizophyllum commune. Biochim. Biophys. Acta 273: 346-358.

## LISTE DES PLANCHES

PLANCHE I	Figure 1-13	Les différents types de cristaux	
II	1-4	<i>Trichaptum abietinum</i>	x 8'500 17'500 10'000 11'000
III	1-2	<i>Tubulicium clematidis</i>	14'000 6'500
	3	<i>Amylostereum areolatum</i>	3'500
	4	<i>Columnocystis ambigua</i>	7'300
IV	1	<i>Climacocystis borealis</i>	15'600
	2	<i>Amphinema byssoides</i>	17'500
	3	<i>Hyphodontia breviseta</i>	10'200
V	1	<i>Peniophora cinerea</i>	2'700
	2	<i>Junghuhnia collabens</i>	2'900
VI	1-2	<i>Phanerochaete sordida</i>	4'100 4'100
	3-5	<i>Hyphodermella corrugata</i>	12'500 12'500 25'500
VII	1	<i>Hyphoderma echinocystis</i>	10'800
	2	<i>Peniophora filamentosa</i>	3'750
VIII	1	<i>Steccherinum fimbriatum</i>	1'900
	2-3	<i>Trichaptum fuscoviolaceum</i>	14'550 12'800
IX	1-2	<i>Scopuloides hydroides</i>	1'600 3'400
	3	<i>Peniophora incarnata</i>	2'000
X	1	<i>Amylostereum laevigatum</i>	14'400
	2	<i>Fibricium lapponicum</i>	14'550
	3	<i>Peniophora limitata</i>	4'250
XI	1	<i>Junghuhnia luteo-alba</i>	5'200
	2	<i>Chaetoporus nitidus</i>	2'200
XII	1	<i>Peniophora lilacea</i>	8'000
	2	<i>Peniophora polygonia</i>	14'500
	3	<i>Peniophora nuda</i>	8'700
XIII	1	<i>Oxyporus obducens</i>	11'000
	2	<i>Steccherinum ochraceum</i>	3'200

XIV	1-3	<i>Coniophorella olivacea</i>	5'200 5'700 7'200
XV	1-2	<i>Schizopora paradoxa</i>	7'650 7'650
	3	<i>Trichaptum biforme</i>	8'500
XVI	1-3	<i>Oxyporus populinus</i>	11'200 8'000 7'800
XVII	1	<i>Peniophora proxima</i>	5'800
	2	<i>Peniophora pithya</i>	6'250
XVIII	1	<i>Peniophora quercina</i>	13'000
	2-4	<i>Oxyporus ravidus</i>	11'200 11'200 12'200
XIX	1-2	<i>Hyphodontia sambuci</i>	4'800 9'600
	3	<i>Tyromyces sericeomollis</i>	8'000
XX	1	<i>Hyphoderma setigerum</i>	8'000
	2-3	<i>Lopharia spadicea</i>	2'900 11'400
XXI	1	<i>Tubulicrinis subulatus</i>	5'100
	2-3	<i>Laurilia sulcata</i>	3'500 5'200
	4	<i>Hymenochaete tabacina</i>	5'000
XXII	1-2	<i>Hyphoderma tenue</i>	2'800 3'100
	3	<i>Phanerochaete velutina</i>	2'800
XXIII	1-3	<i>Resinicium bicolor</i>	8'100 4'600 2'500
XXIV	1	<i>Gloeophyllum abietinum</i>	7'000
	2	<i>Hyphodermella corrugata</i>	3'000
XXV	1-2	<i>Hyphodermella corrugata</i>	6'600 4'700
XXVI	1	<i>Hyphodermella corrugata</i>	7'800
	2	<i>Laeticorticium macrosporum</i>	7'800
XXVII	1	<i>Tubulicium clematidis</i>	8'000
	2	<i>Hyphoderma mutatum</i>	9'600
	3	<i>Hyphoderma puberum</i>	9'600

XXVIII	1-3	Hypochnicium polonense	4'100 5'000 4'100
XXIX	1	Hypochnicium polonense	4'600
	2	Mycoacia uda	5'700
XXX	1-2	Bulbillomyces farinosus	5'700 7'800
XXXI	1	Amylostereum chailletii	6'250
	2	Laeticorticium polygon.	8'600
XXXII	1-4	Tubulicrinis subulatus	5'100 4'400 8'700 8'700
XXXIII	1	Globulicium hiemale	5'700
	2-3	Irpex lacteus	13'100 8'700
XXXIV	1-3	Hyphodontia alutaria	12'100 11'400 10'100
	4	Hyphodontia arguta	14'300
XXXV	1	Tubulicrinis borealis	2'700
	2-3	Tubulicrinis glebulosus	2'500 2'050
	4-6	Subulicystidium longisporum	1'600 8'200 9'400
XXXVI	1-2	Cristaux de sulfate de calcium: <i>S. longisporum</i>	1'000
	3	Image de diffraction électronique: Scopuloïdes hydnoïdes	

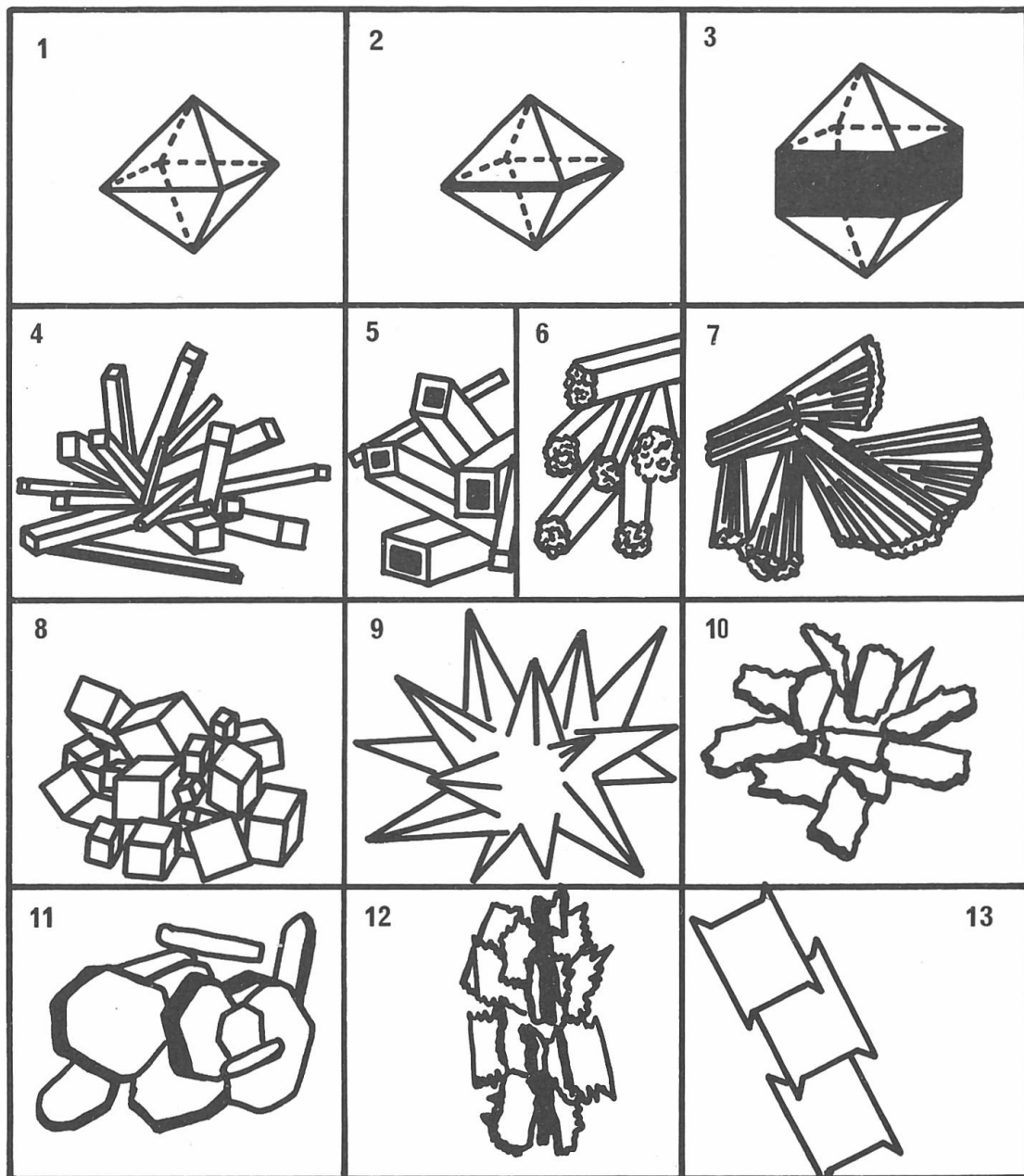


Planche I

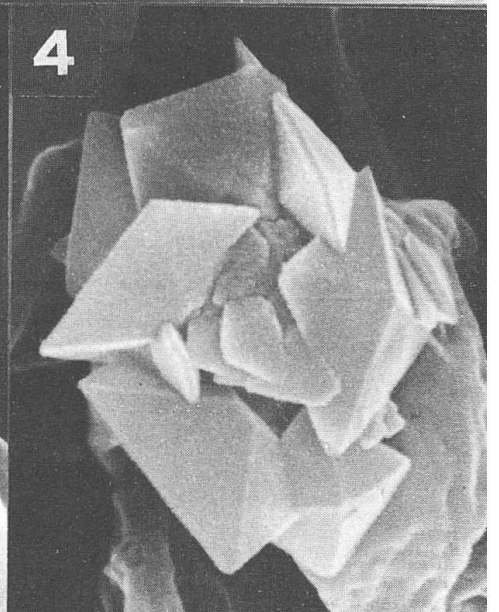
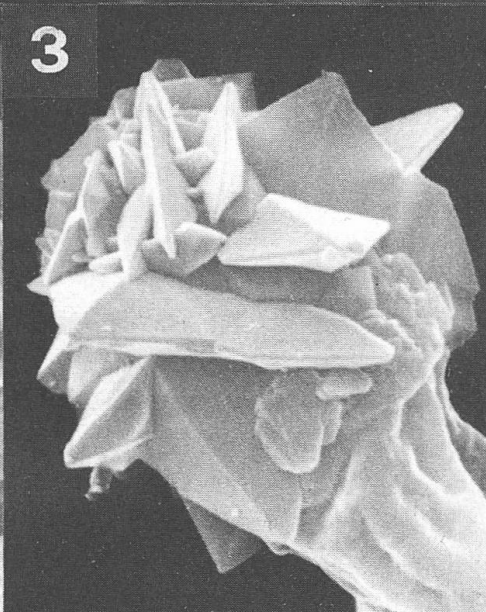
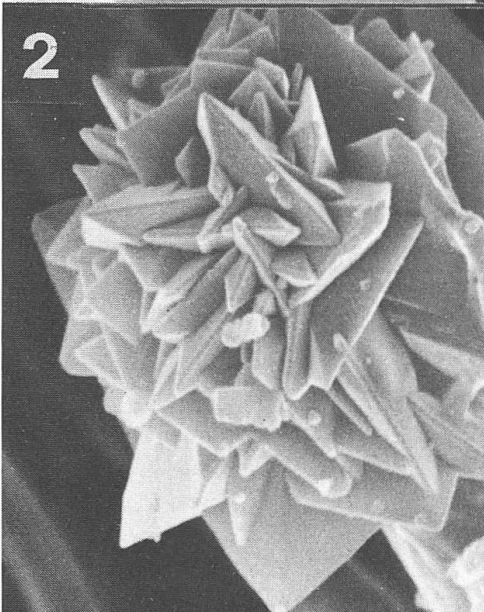
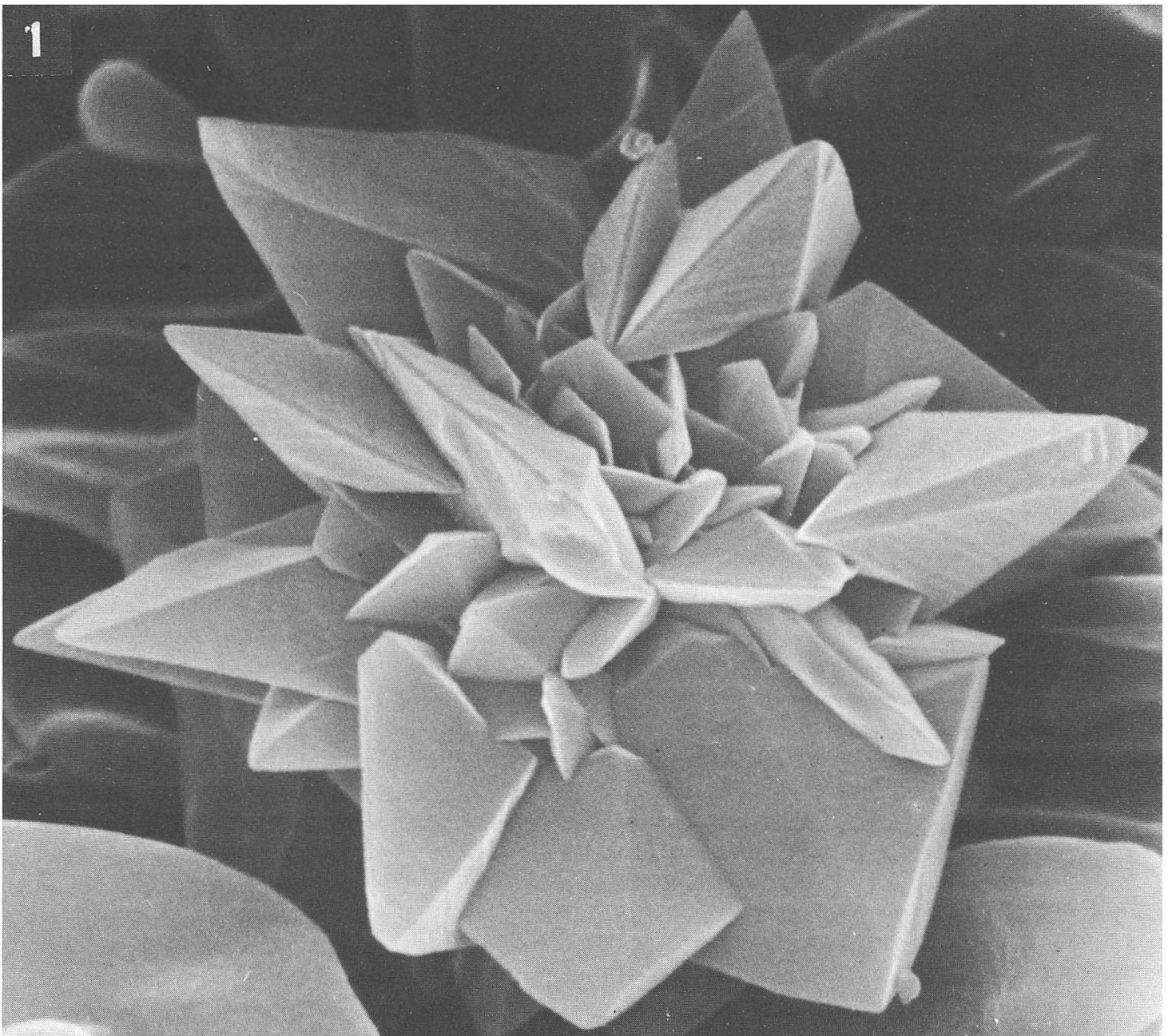


Planche II

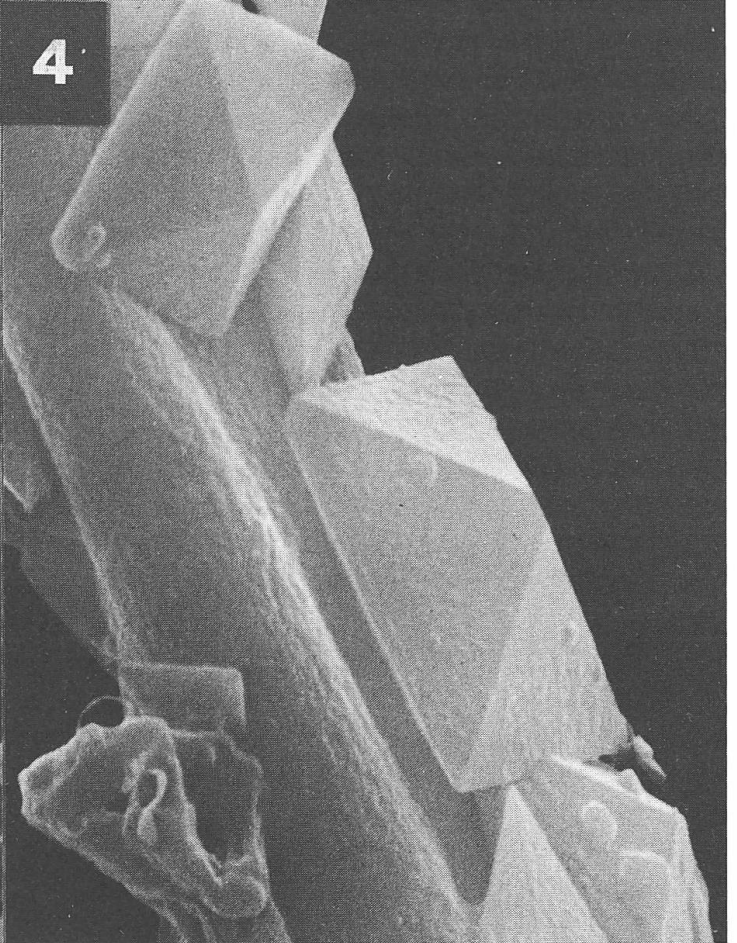
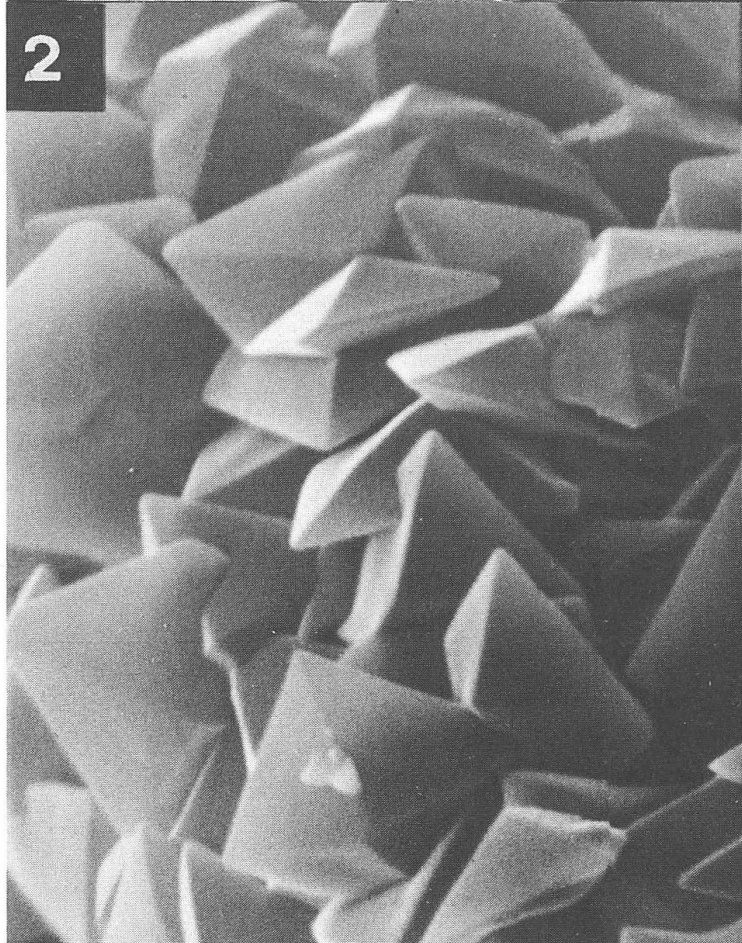
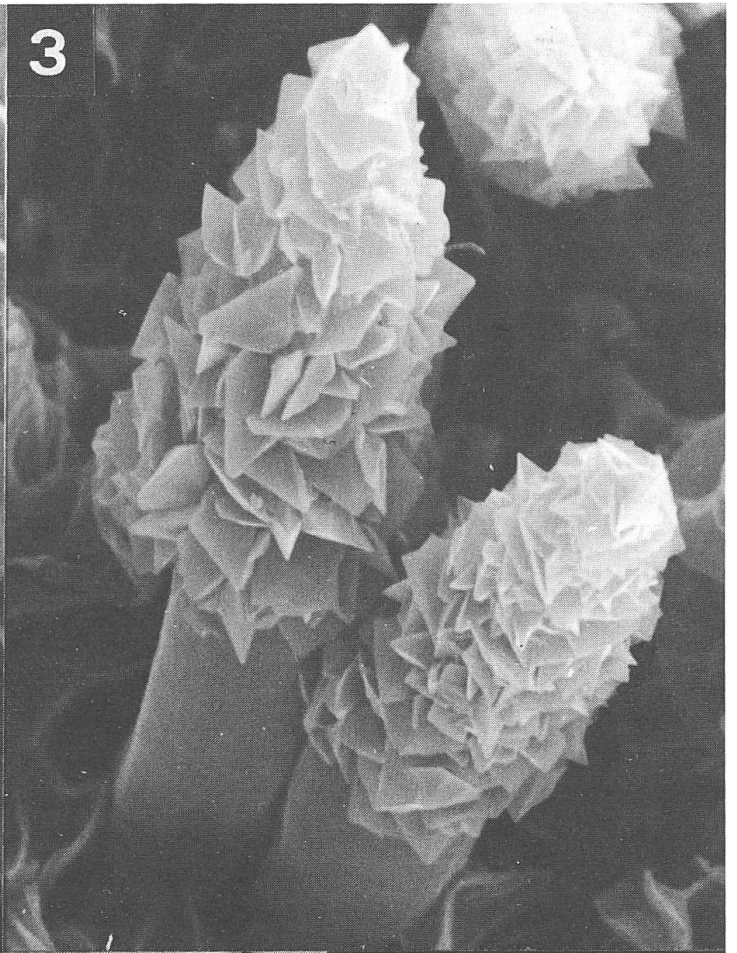
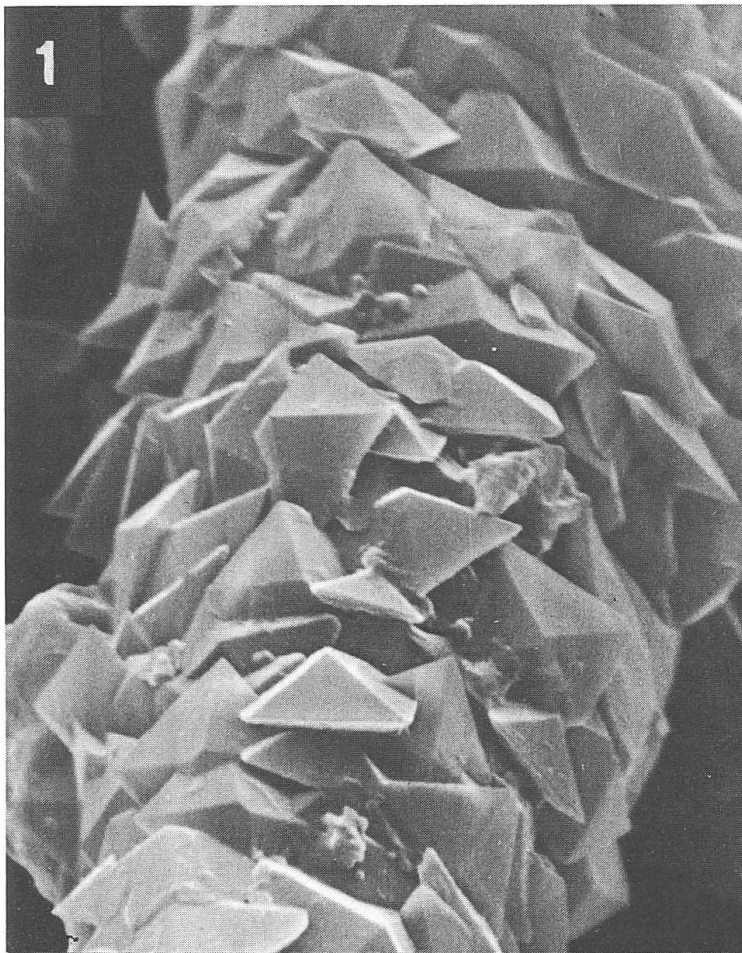


Planche III



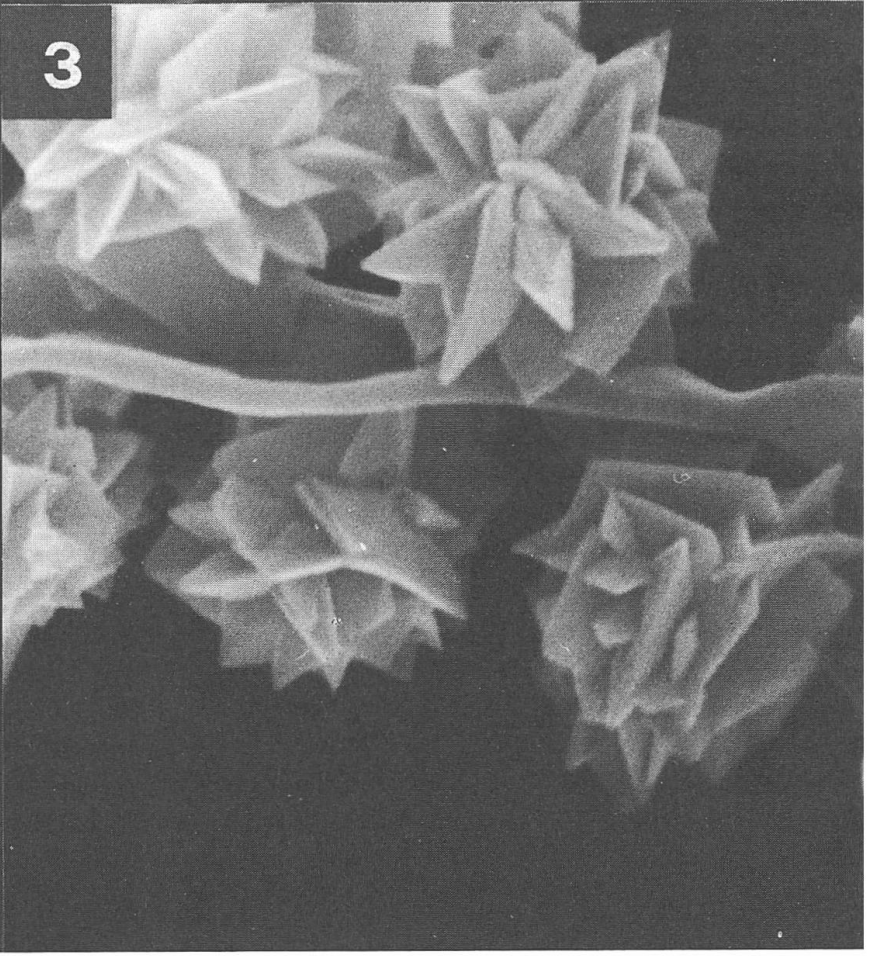
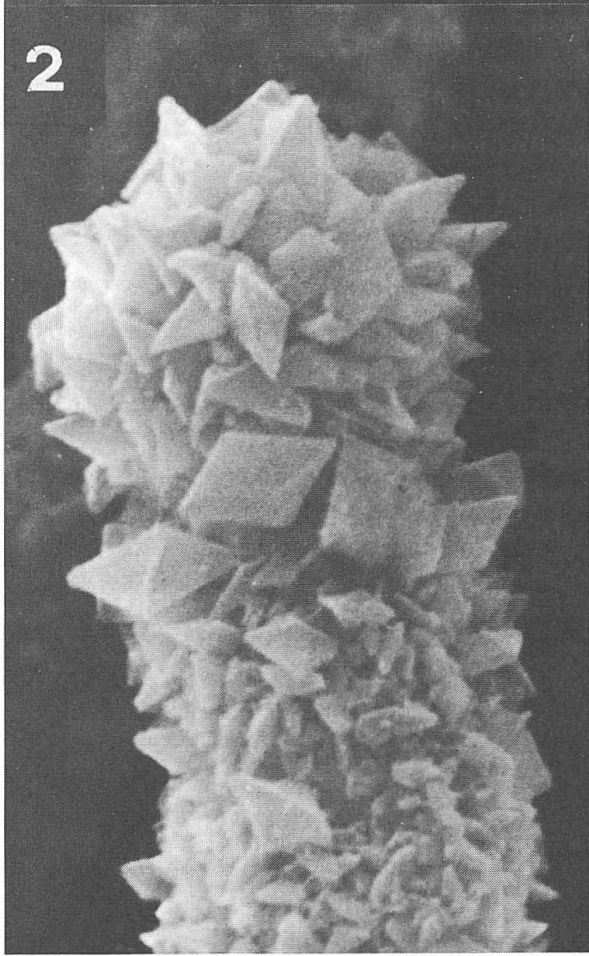
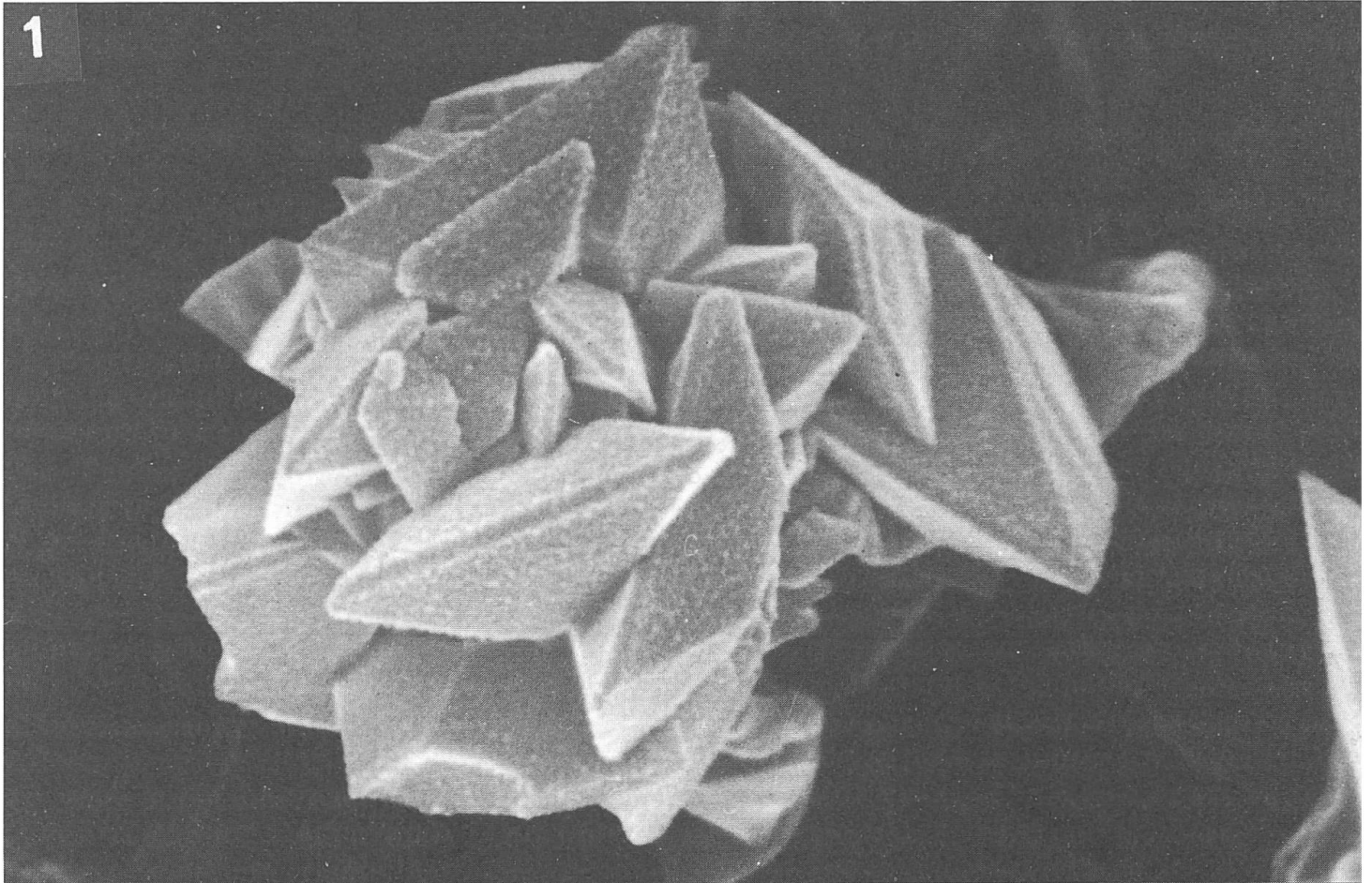


Planche IV

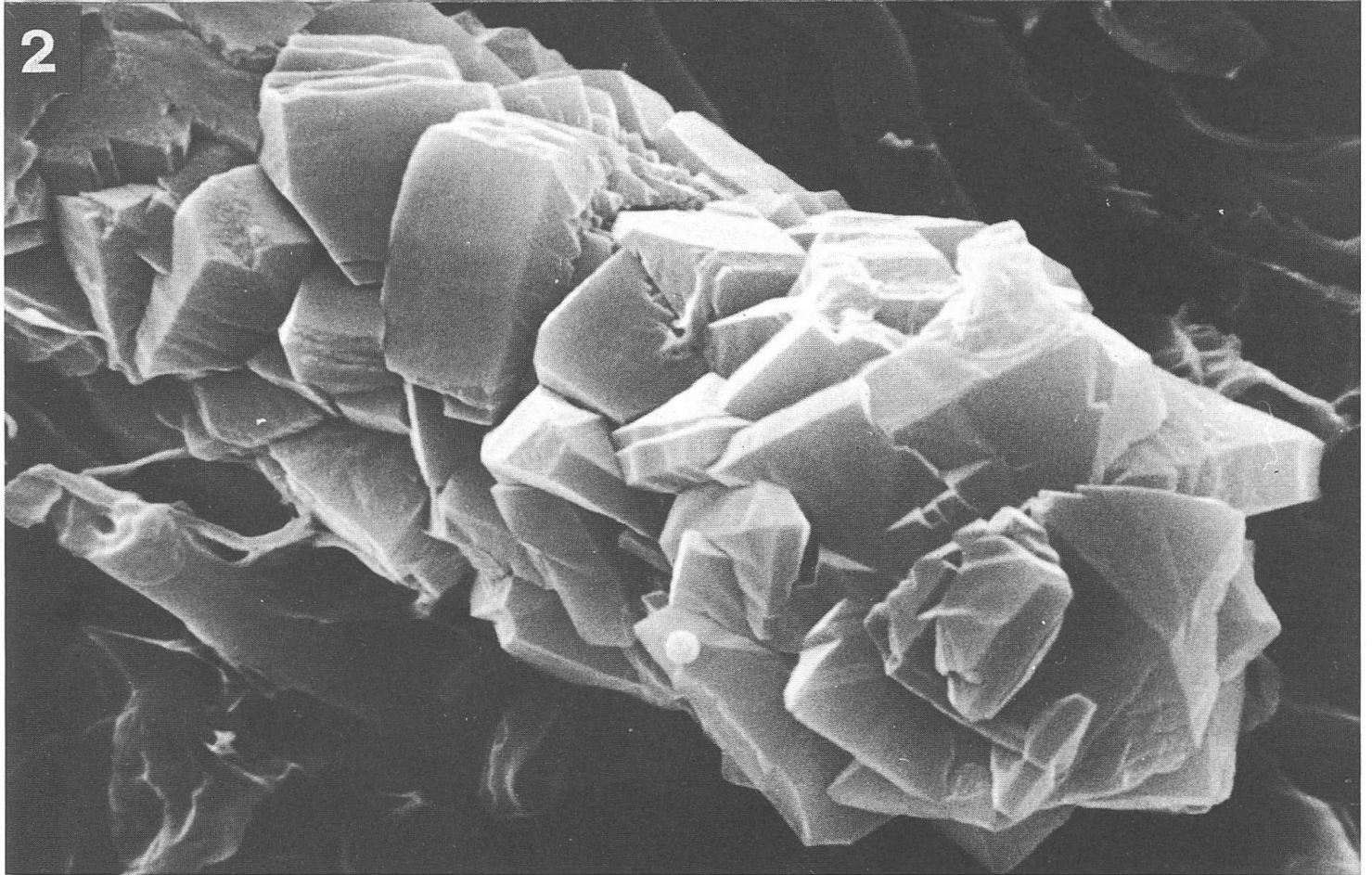
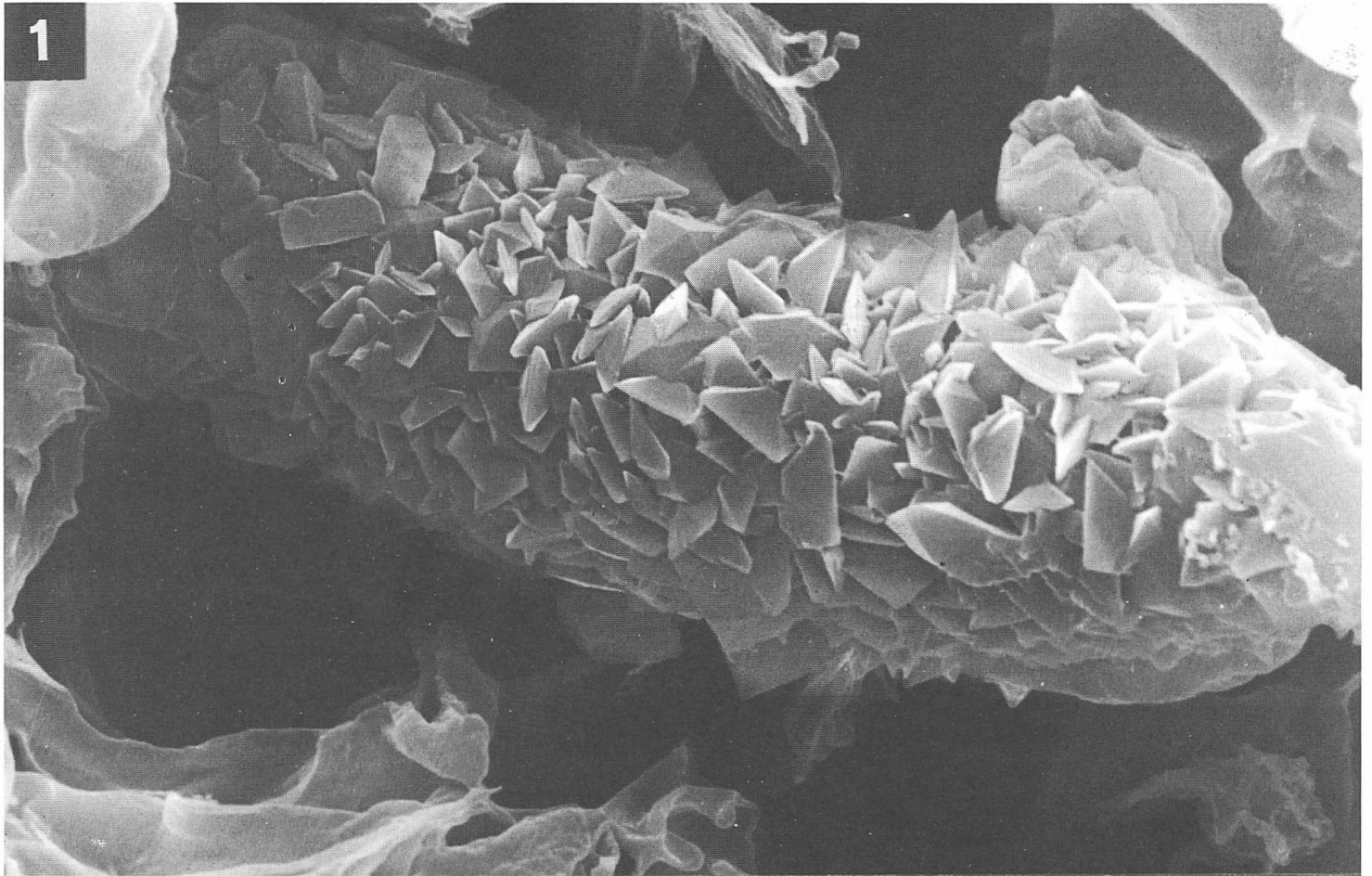


Planche V

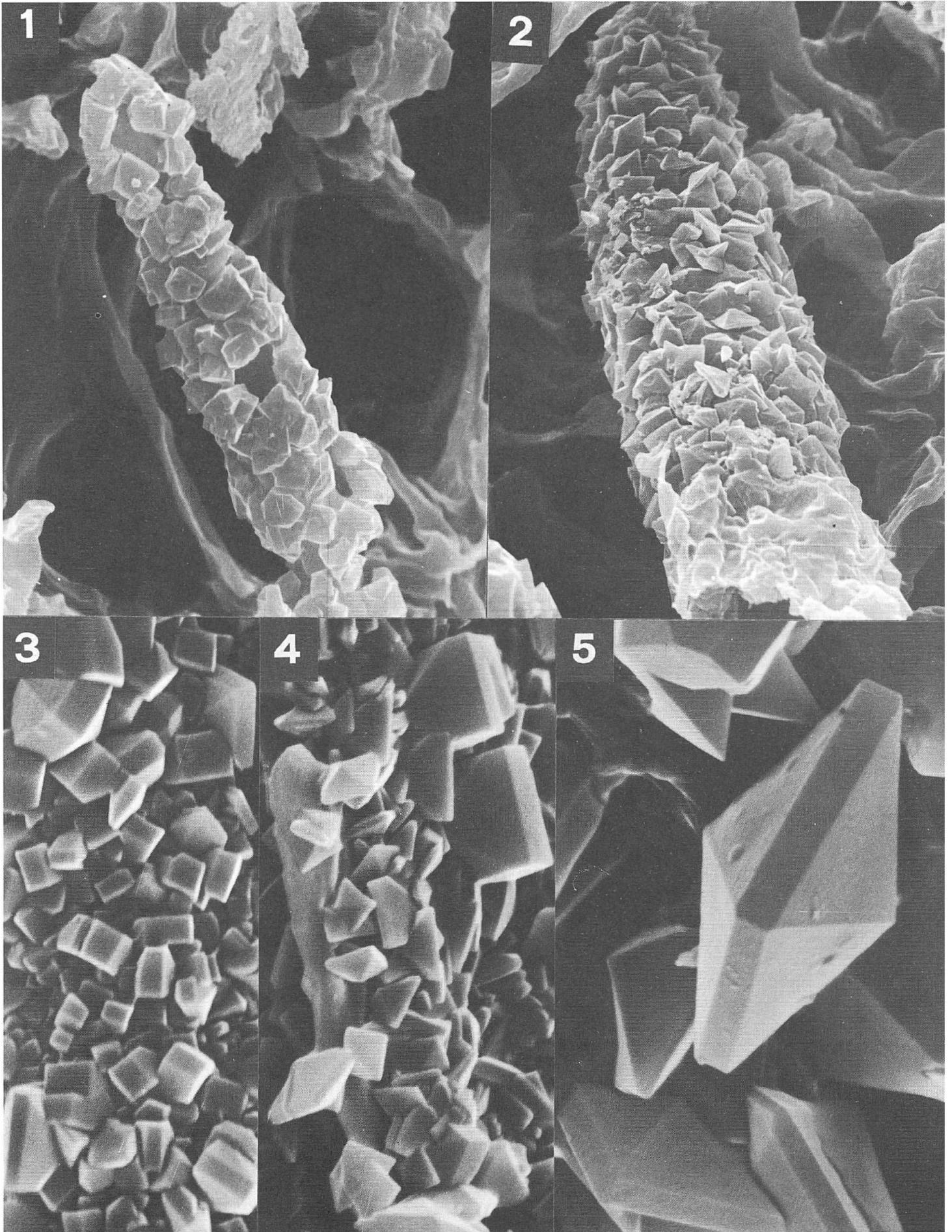


Planche VI

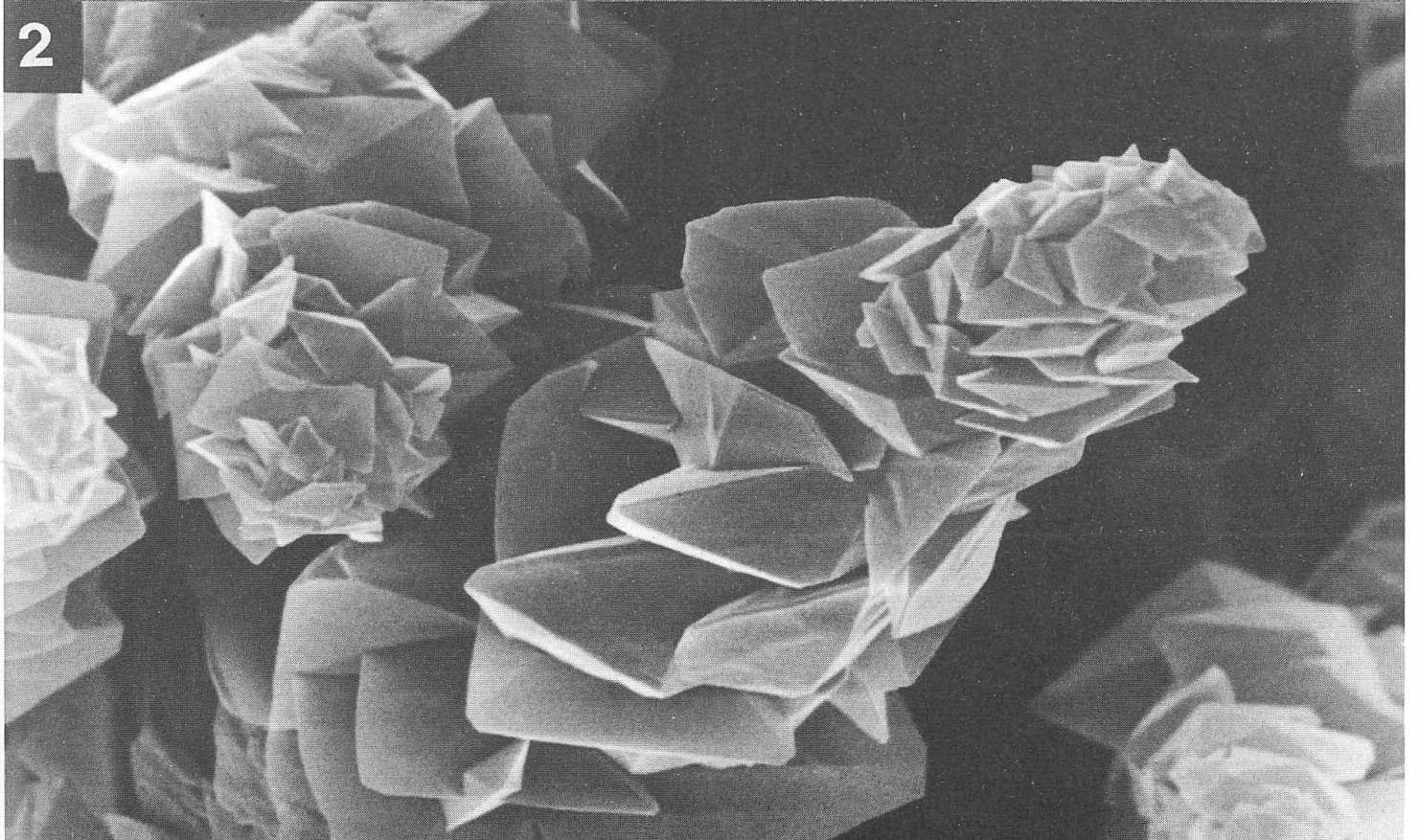
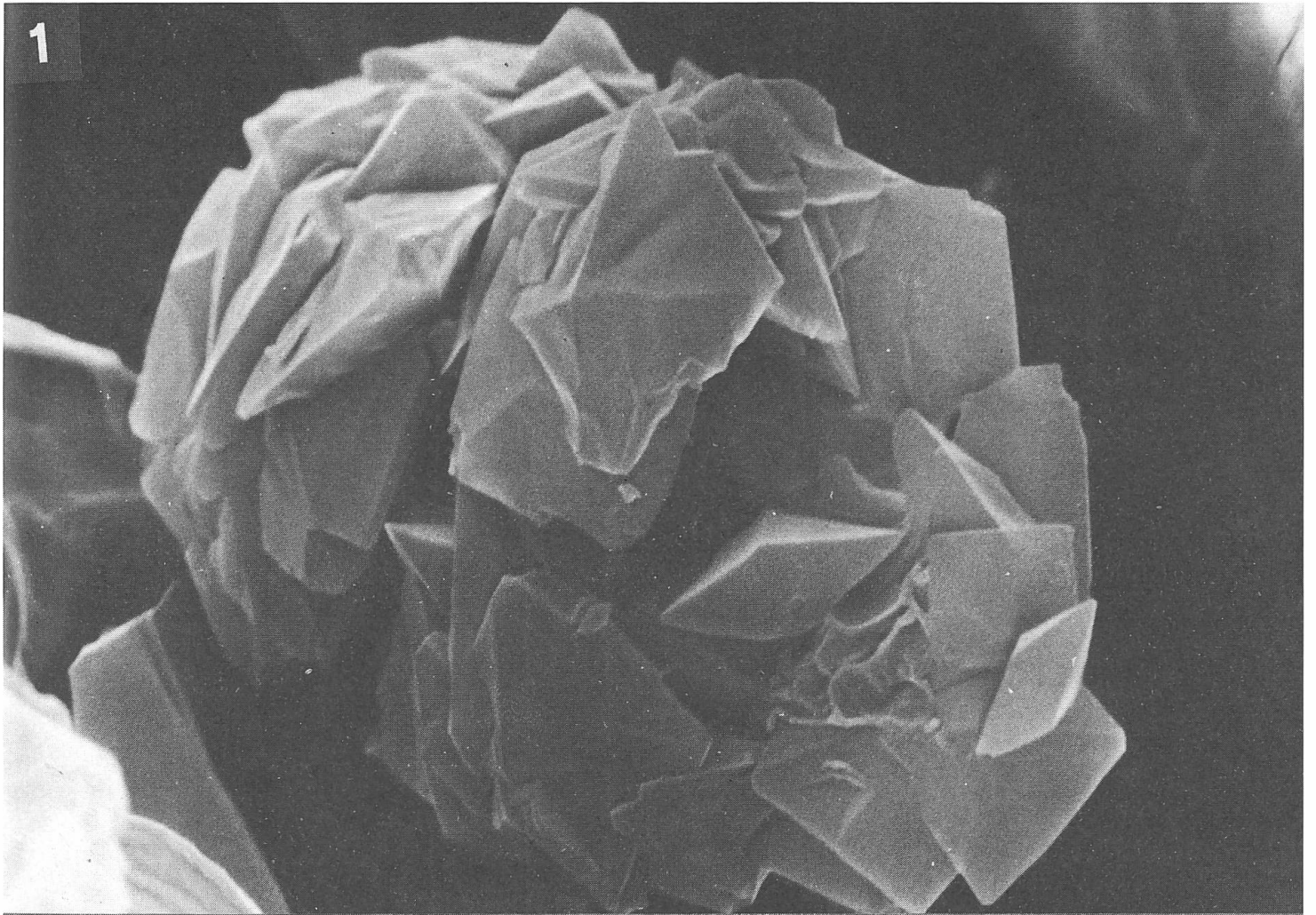


Planche VII

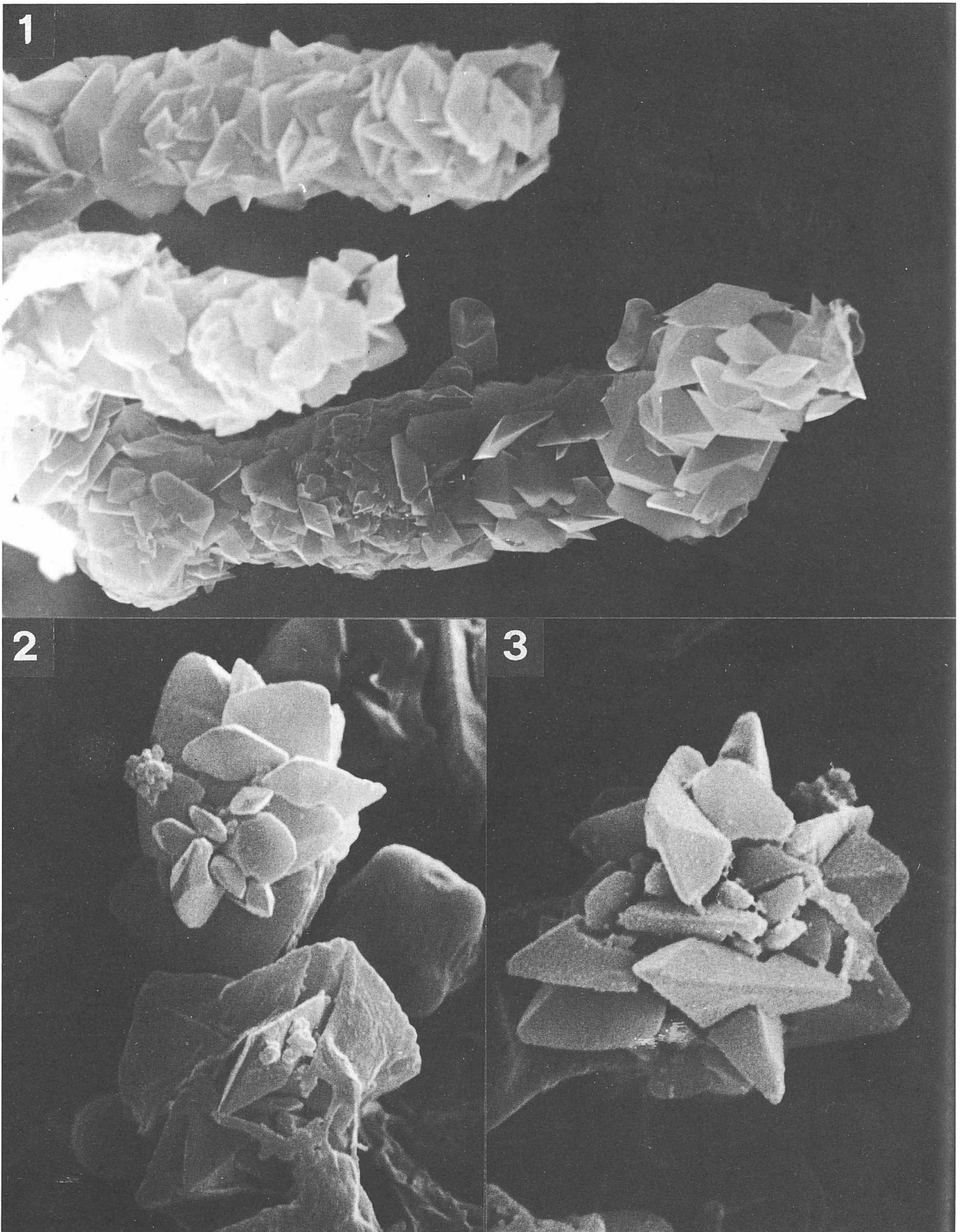


Planche VIII

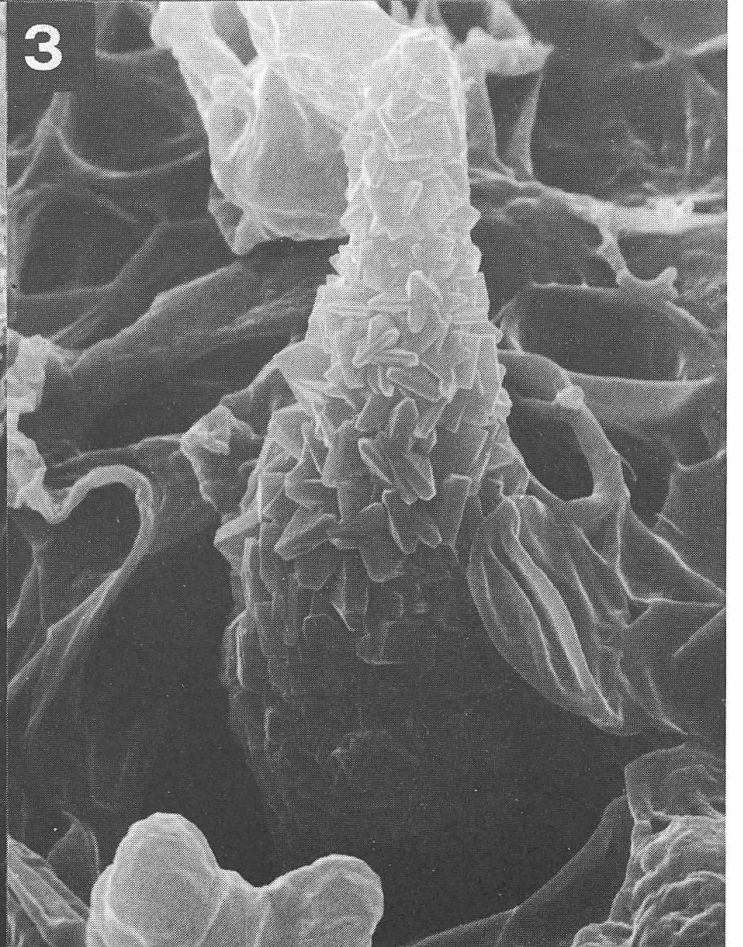
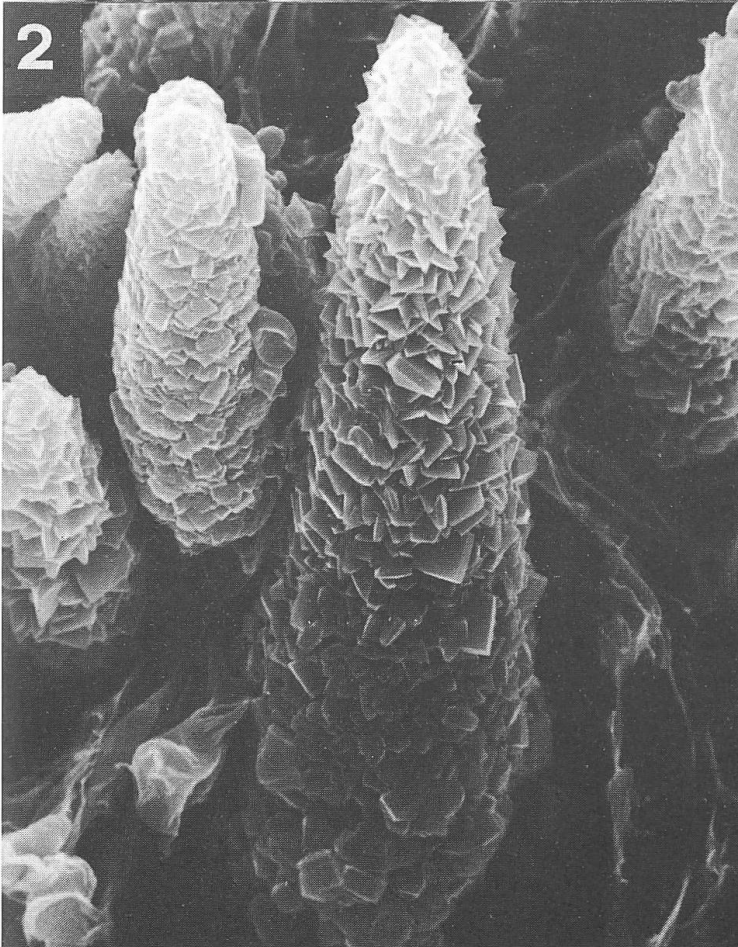
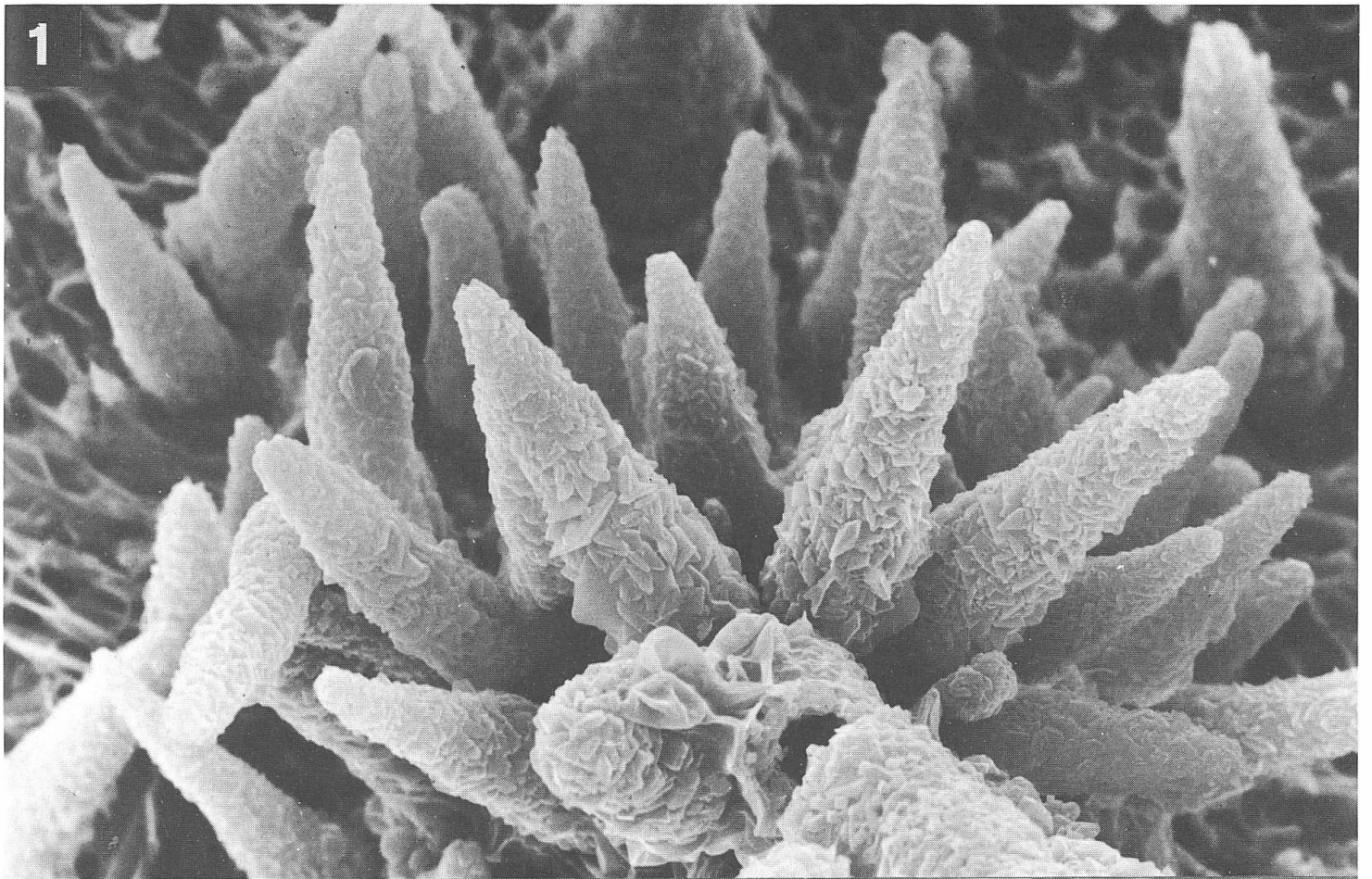
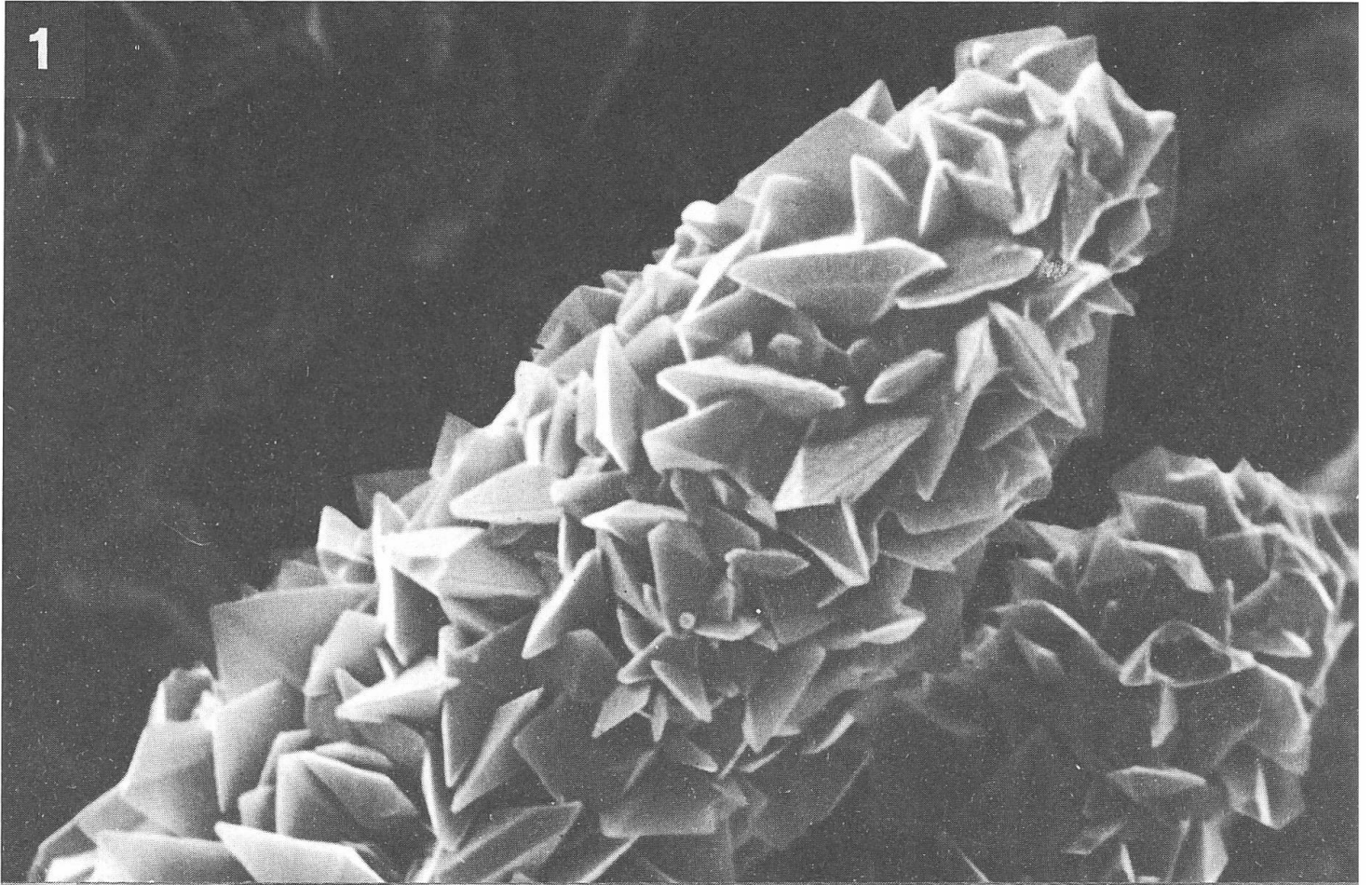
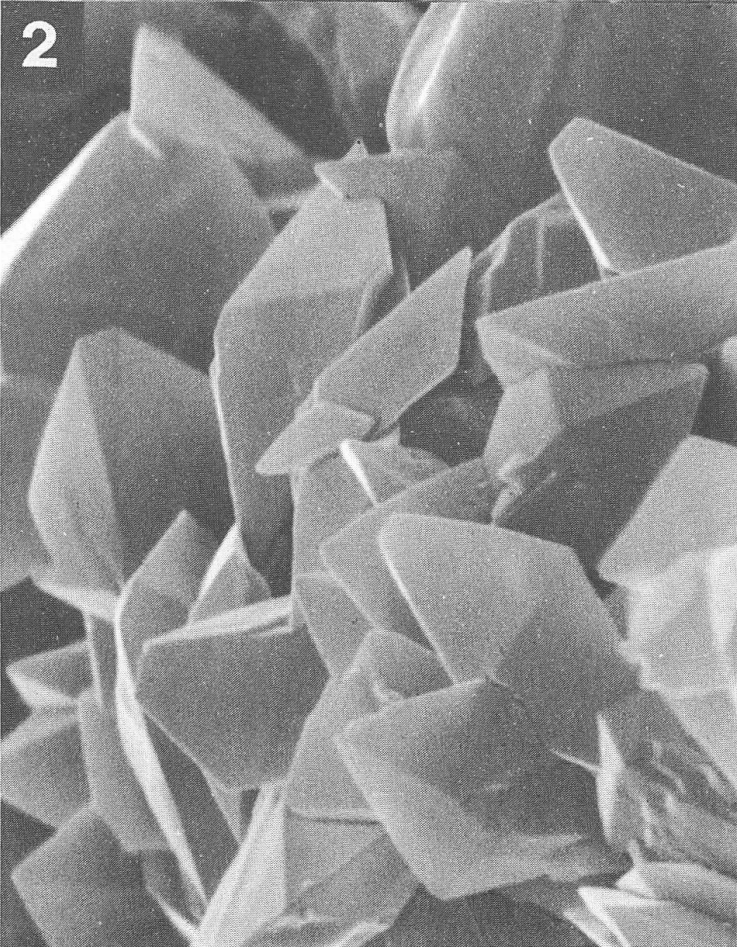


Planche IX

1



2



3

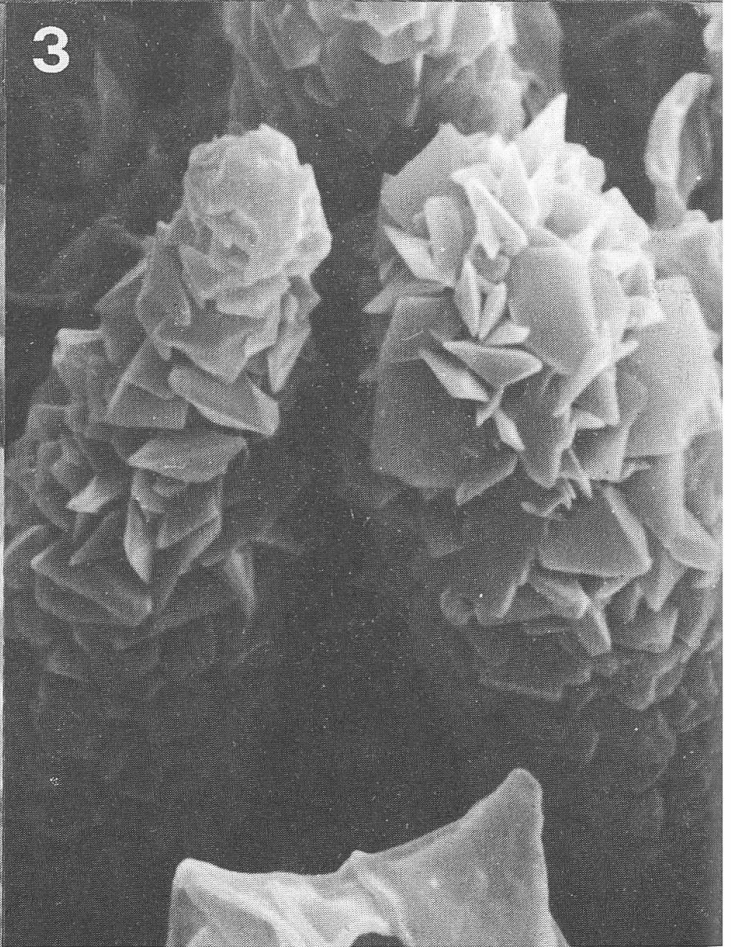


Planche X

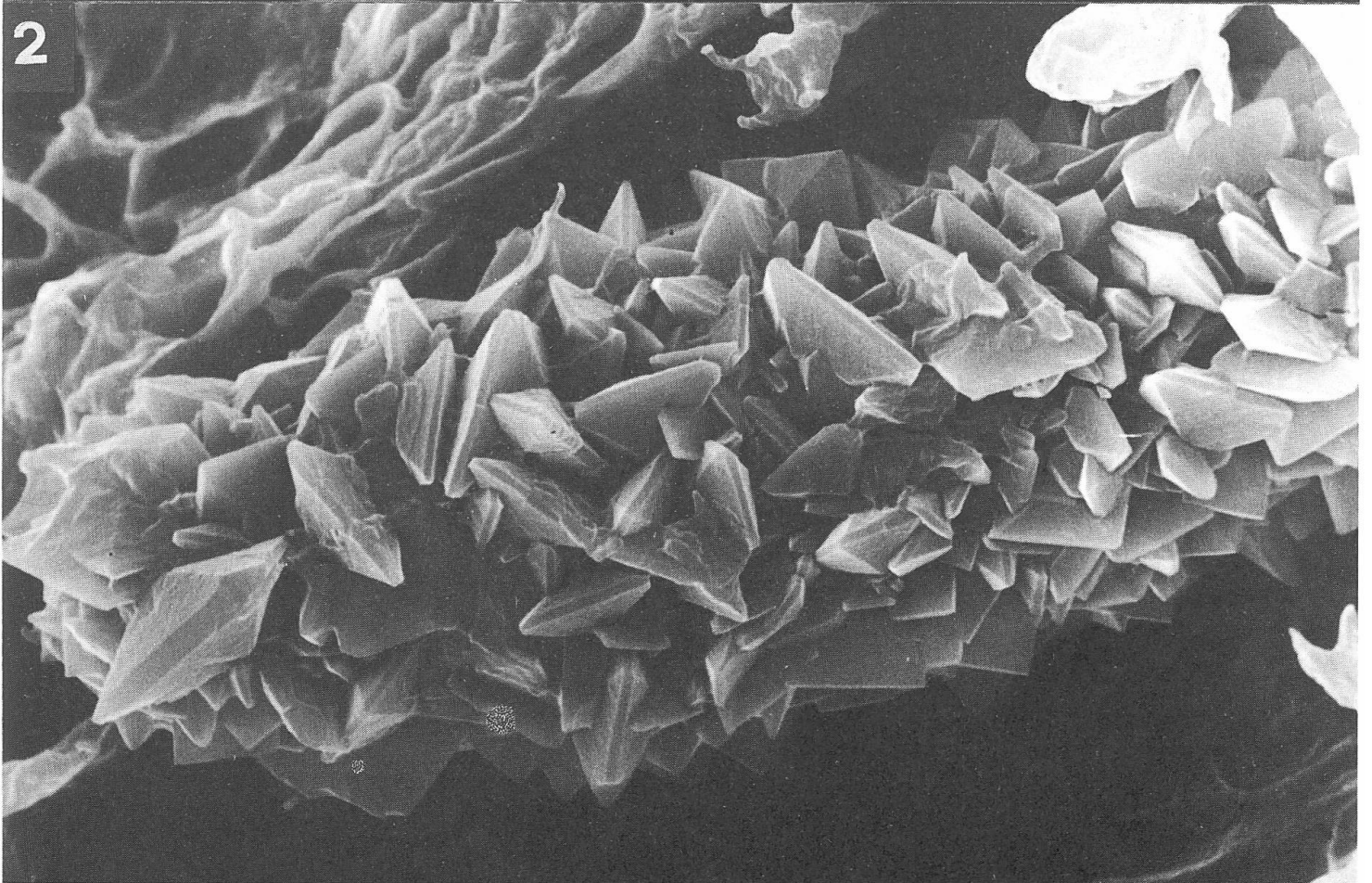
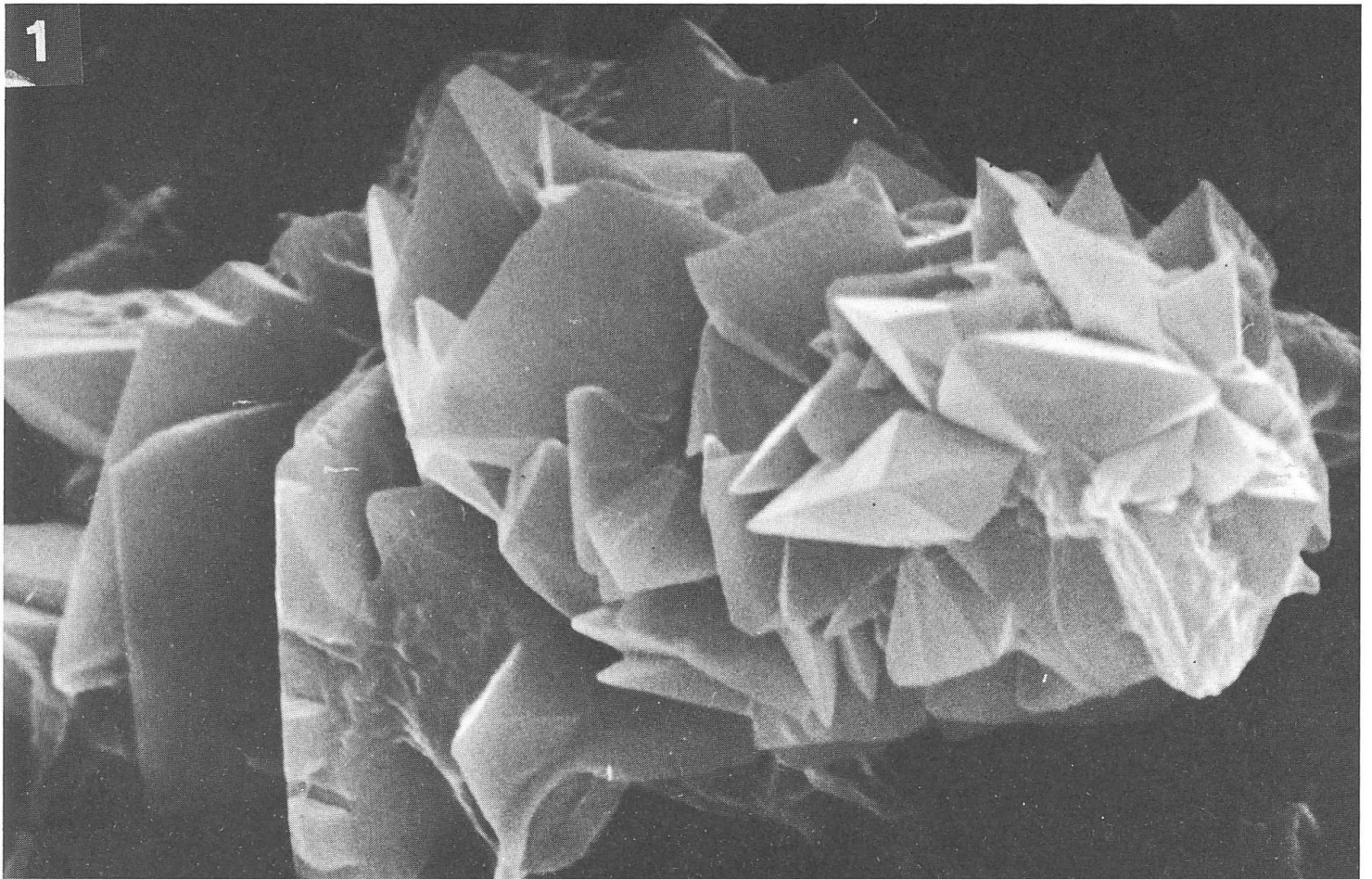


Planche XI



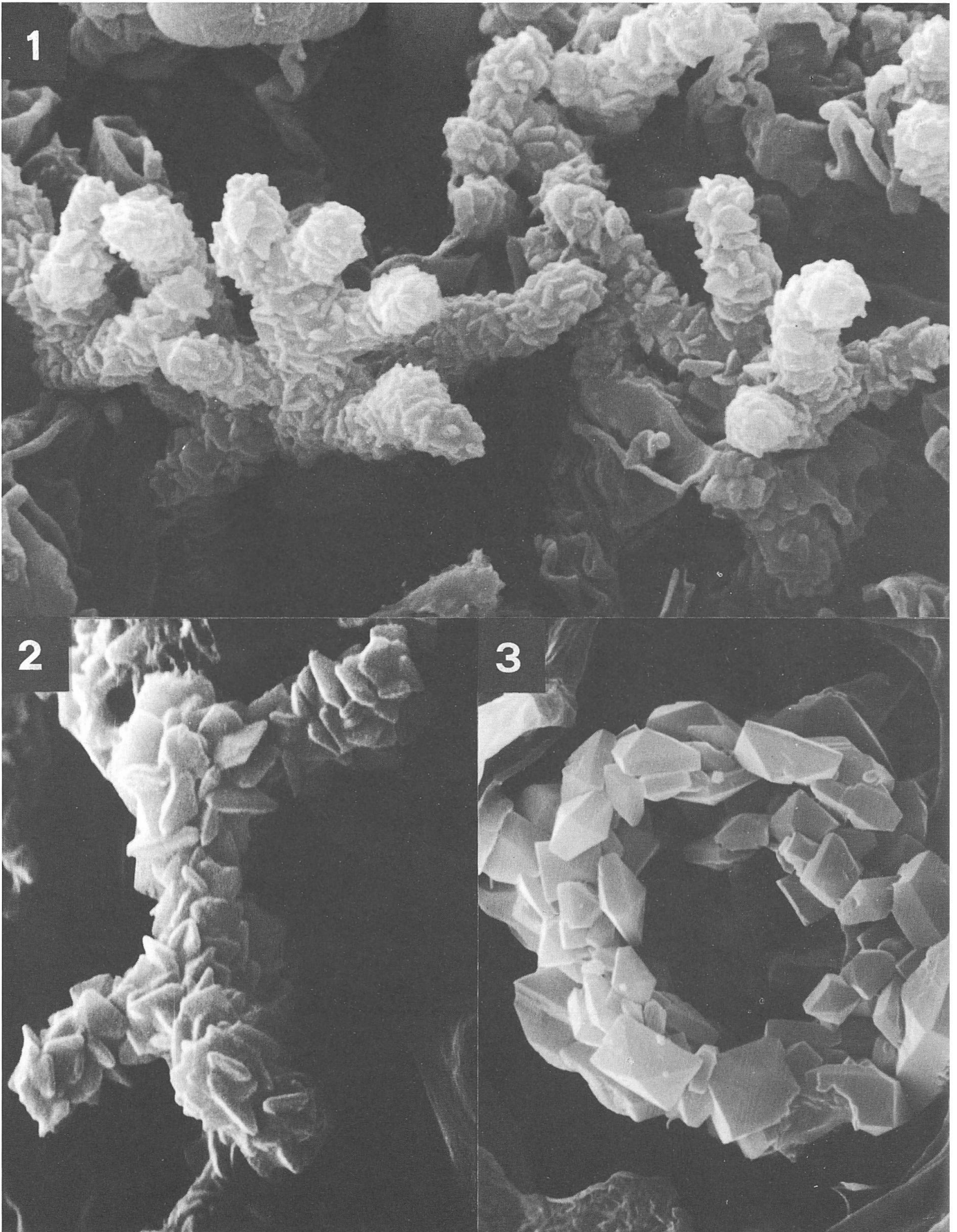


Planche XII

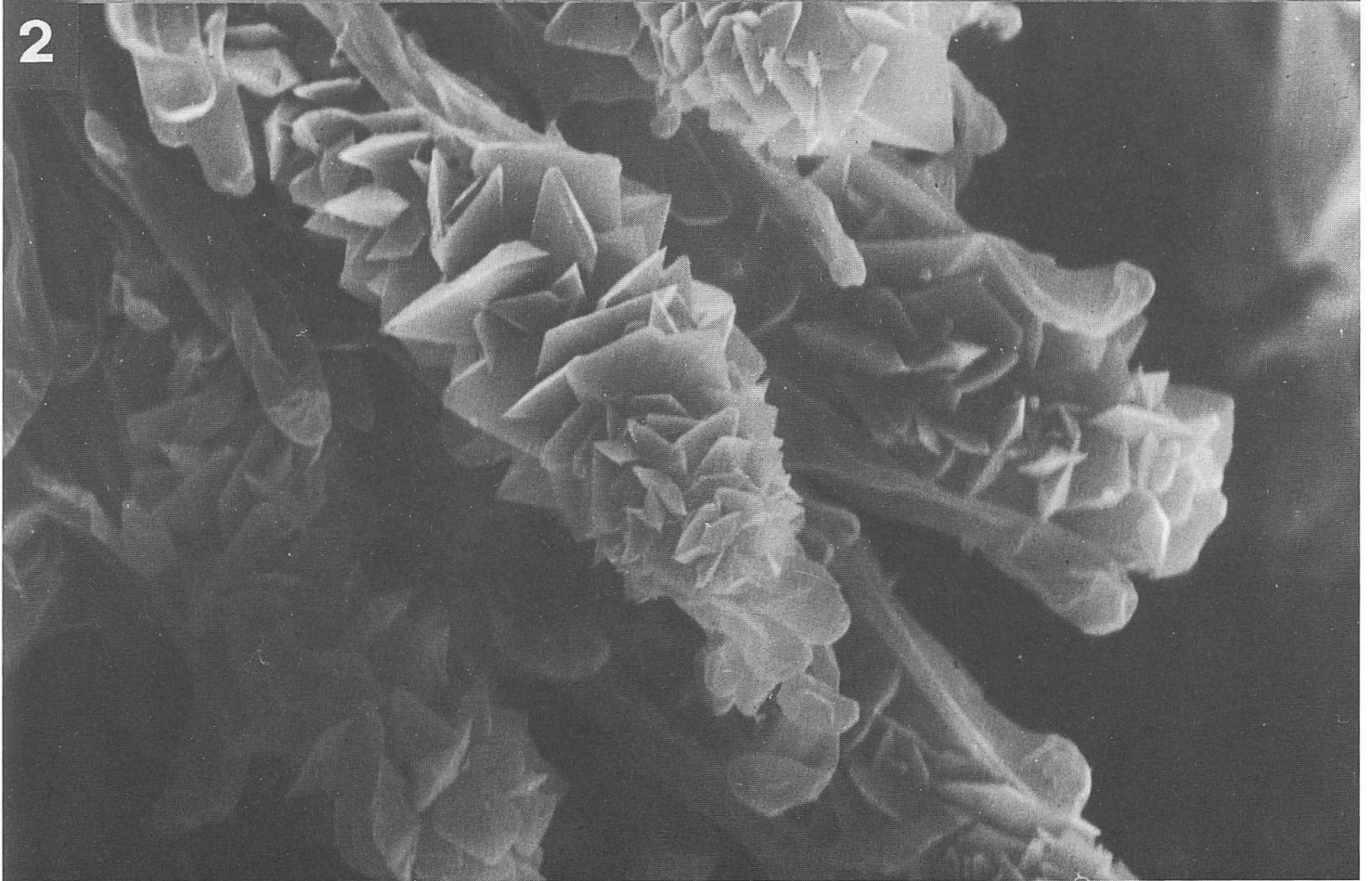
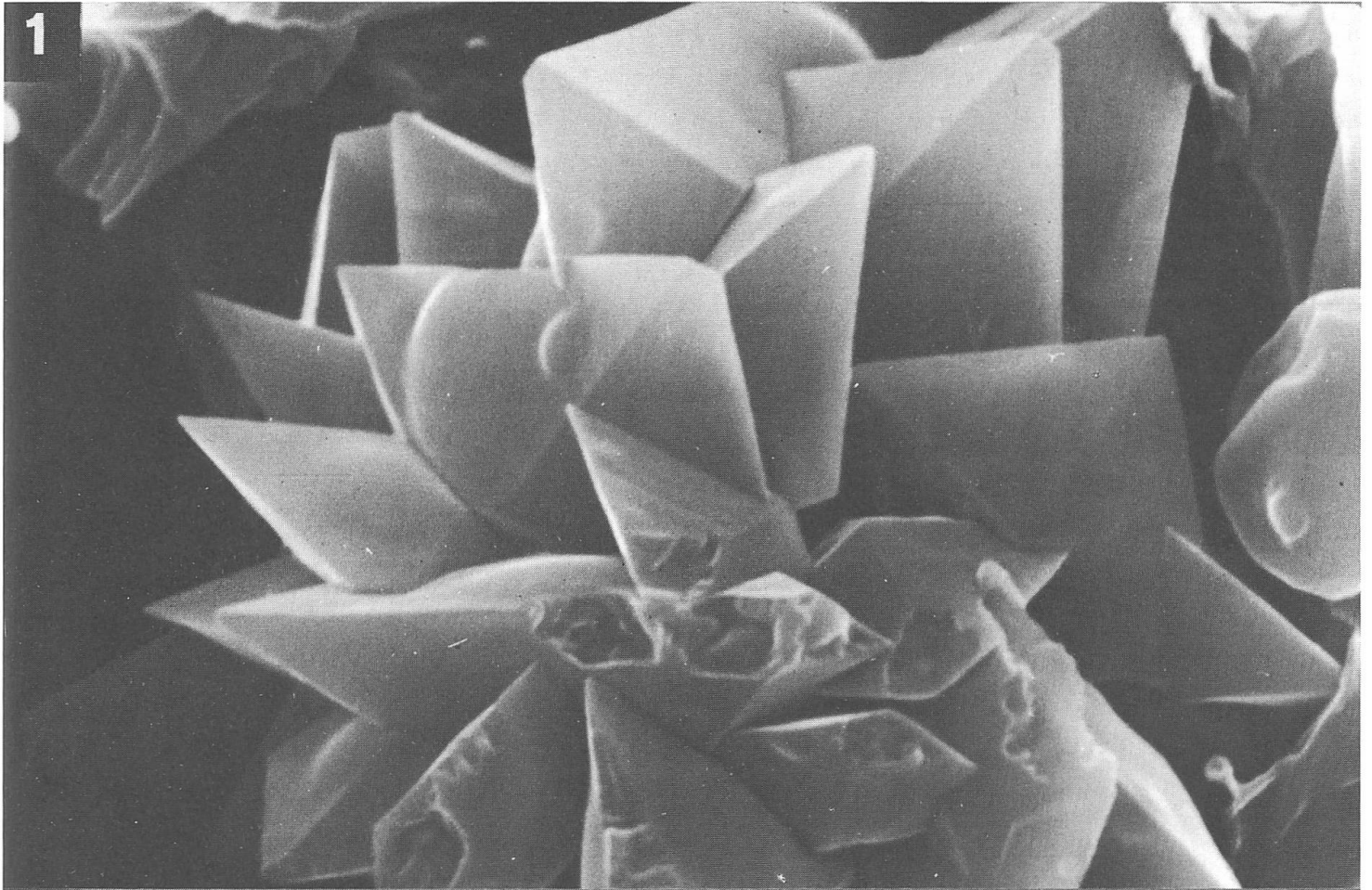


Planche XIII

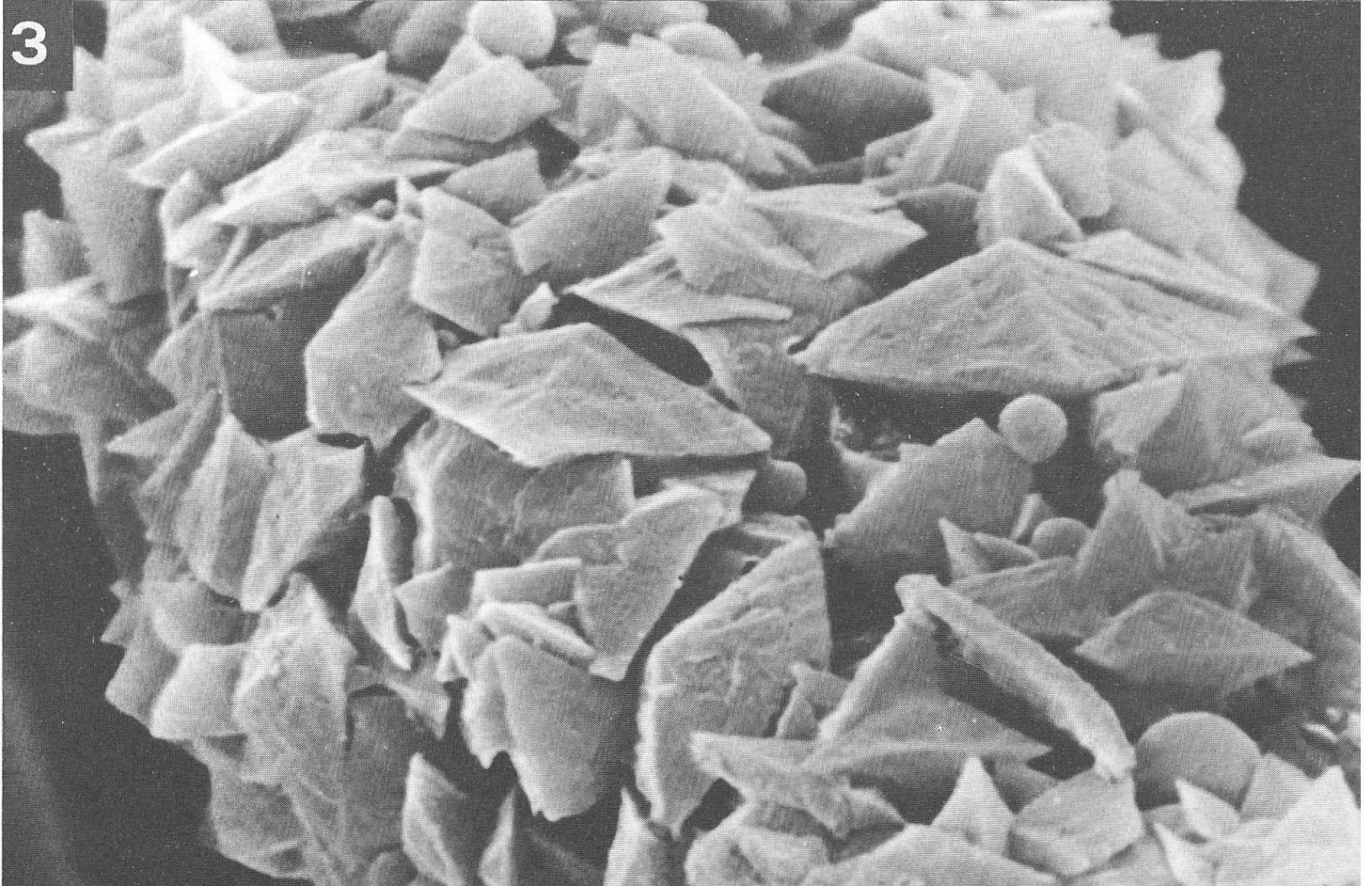
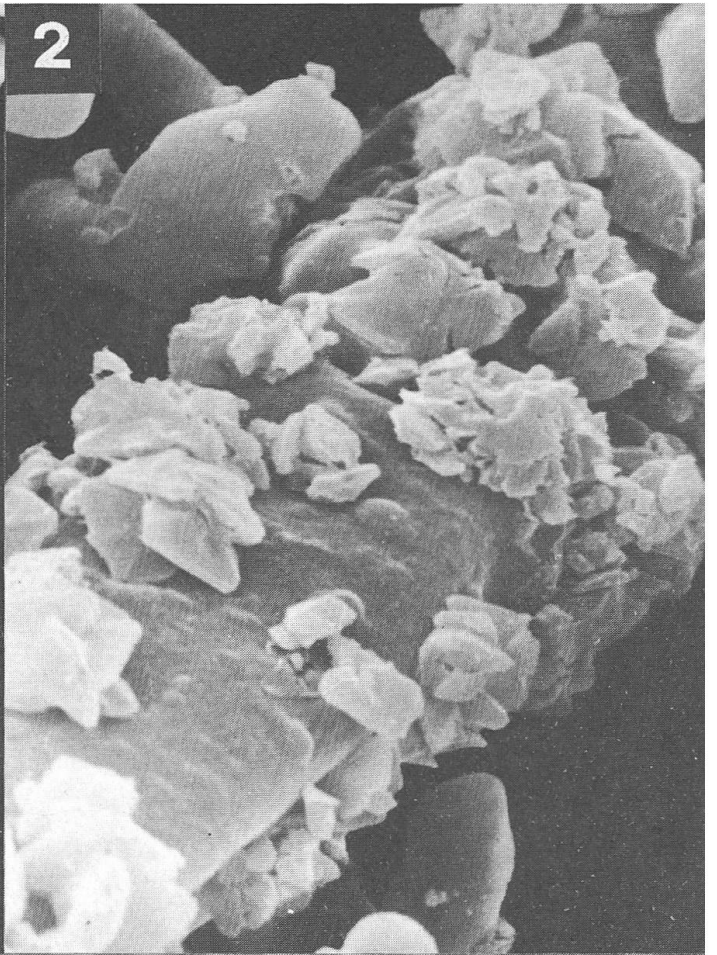
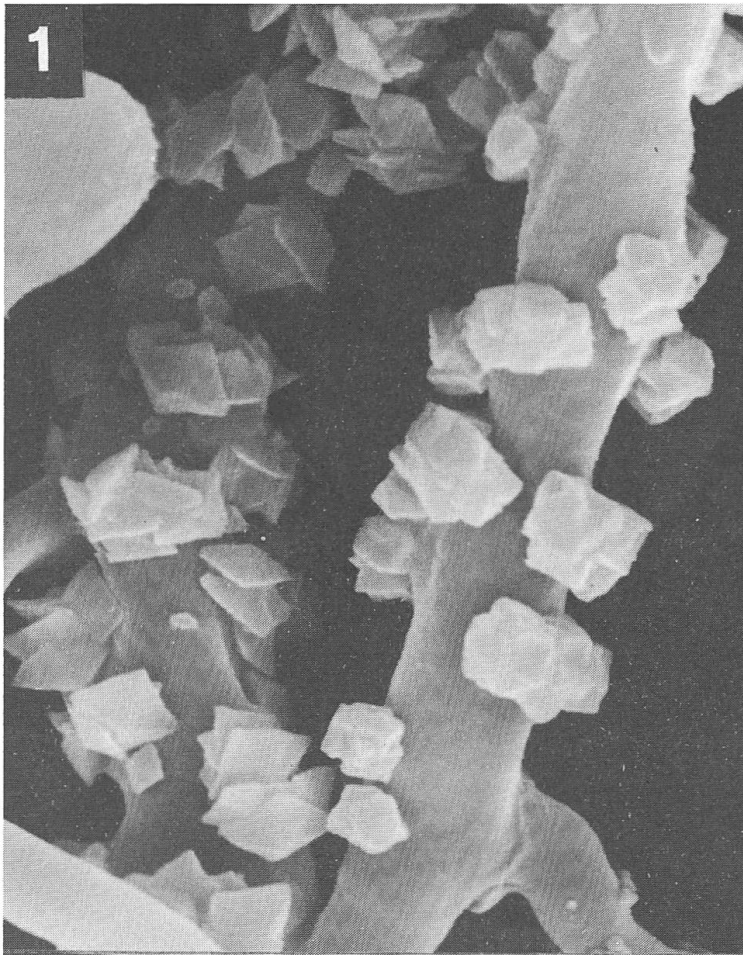


Planche XIV

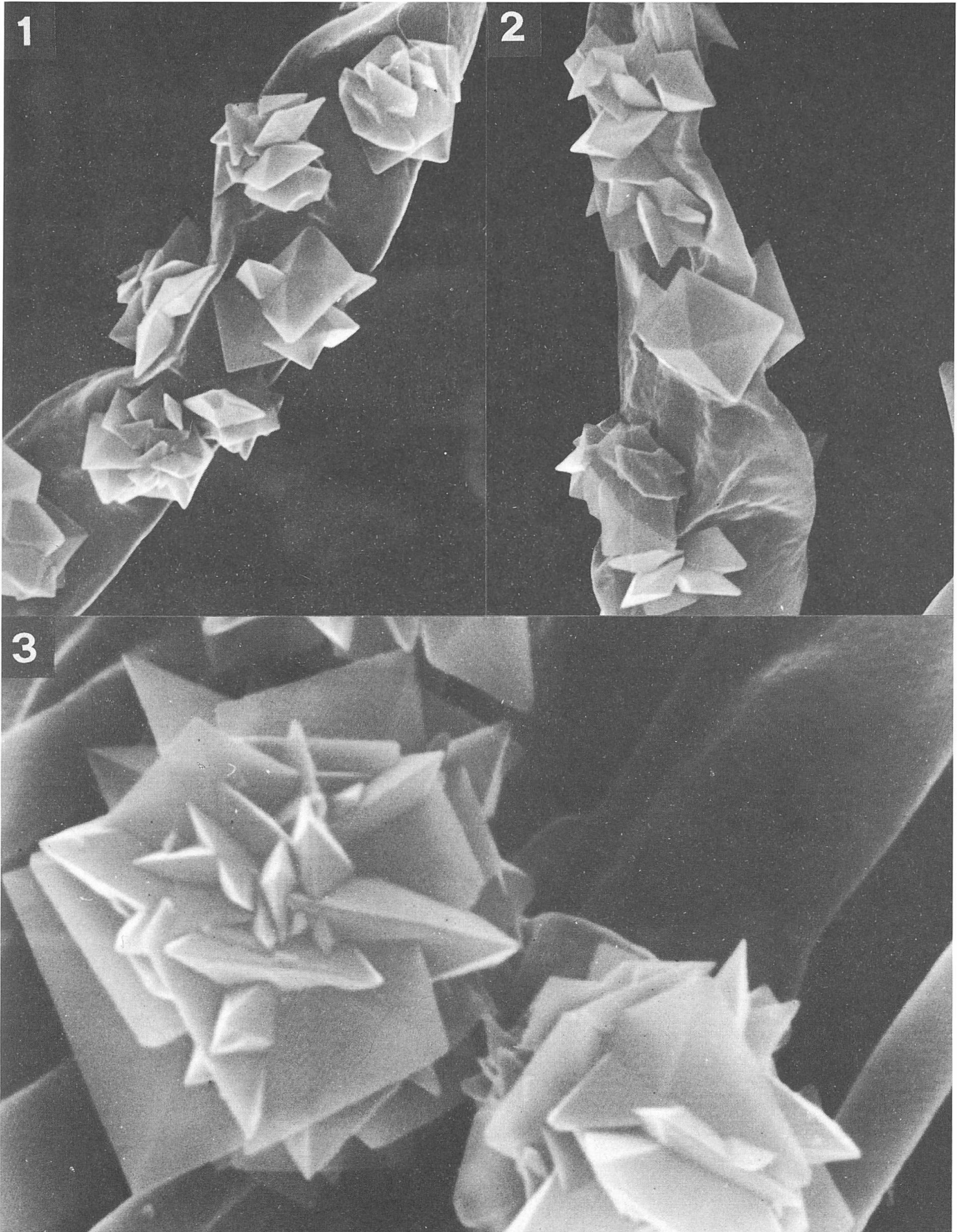
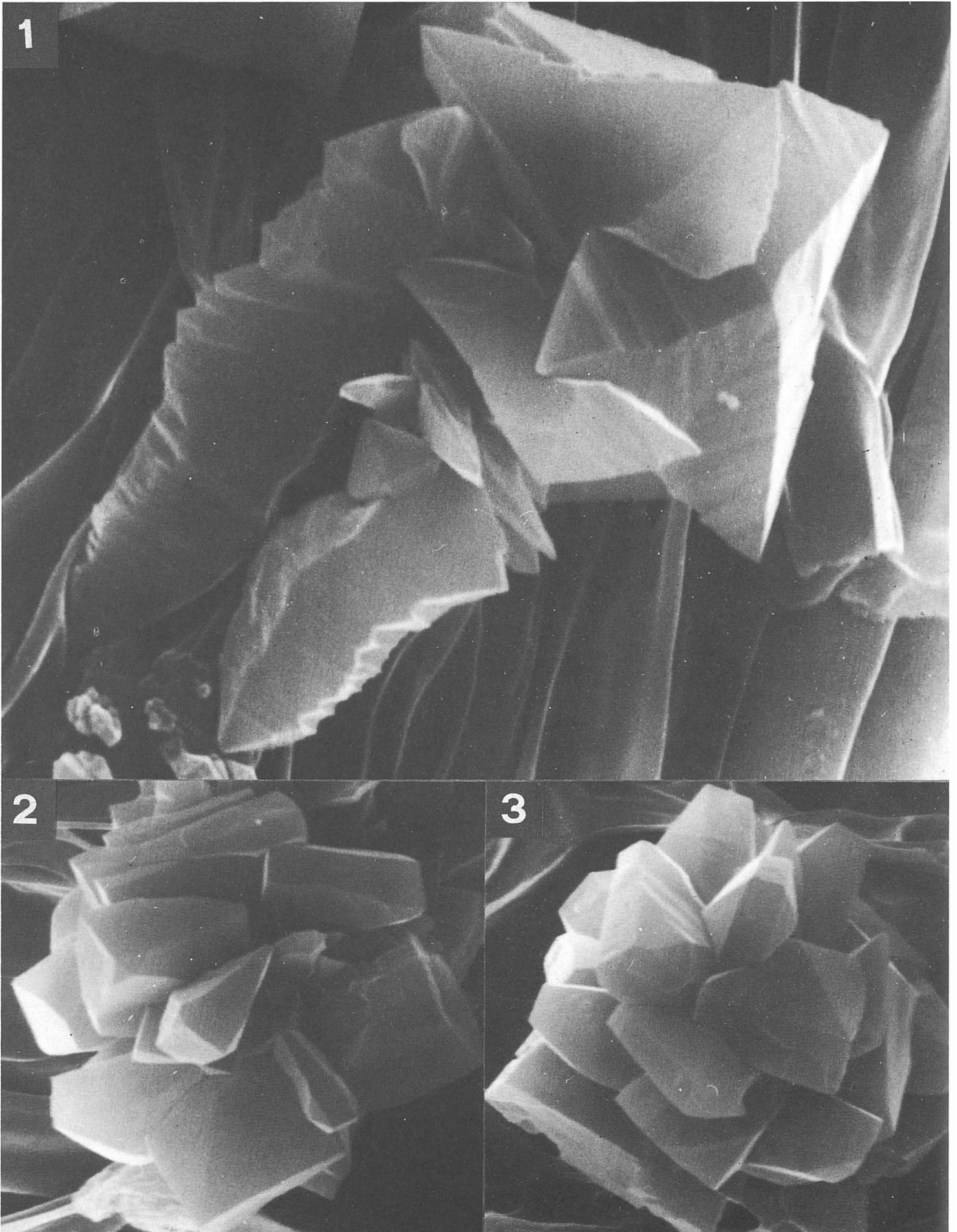
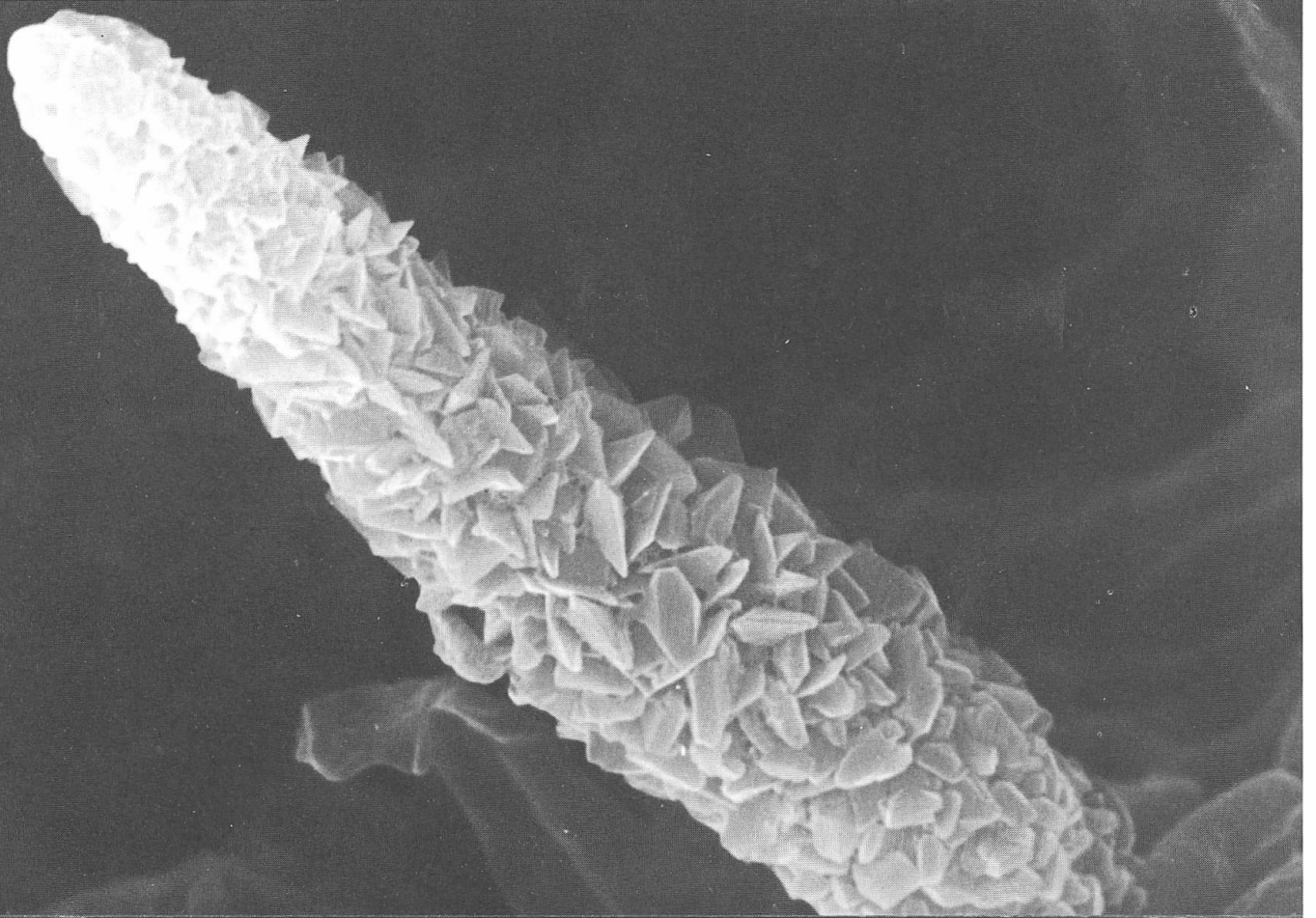


Planche XV



1



2

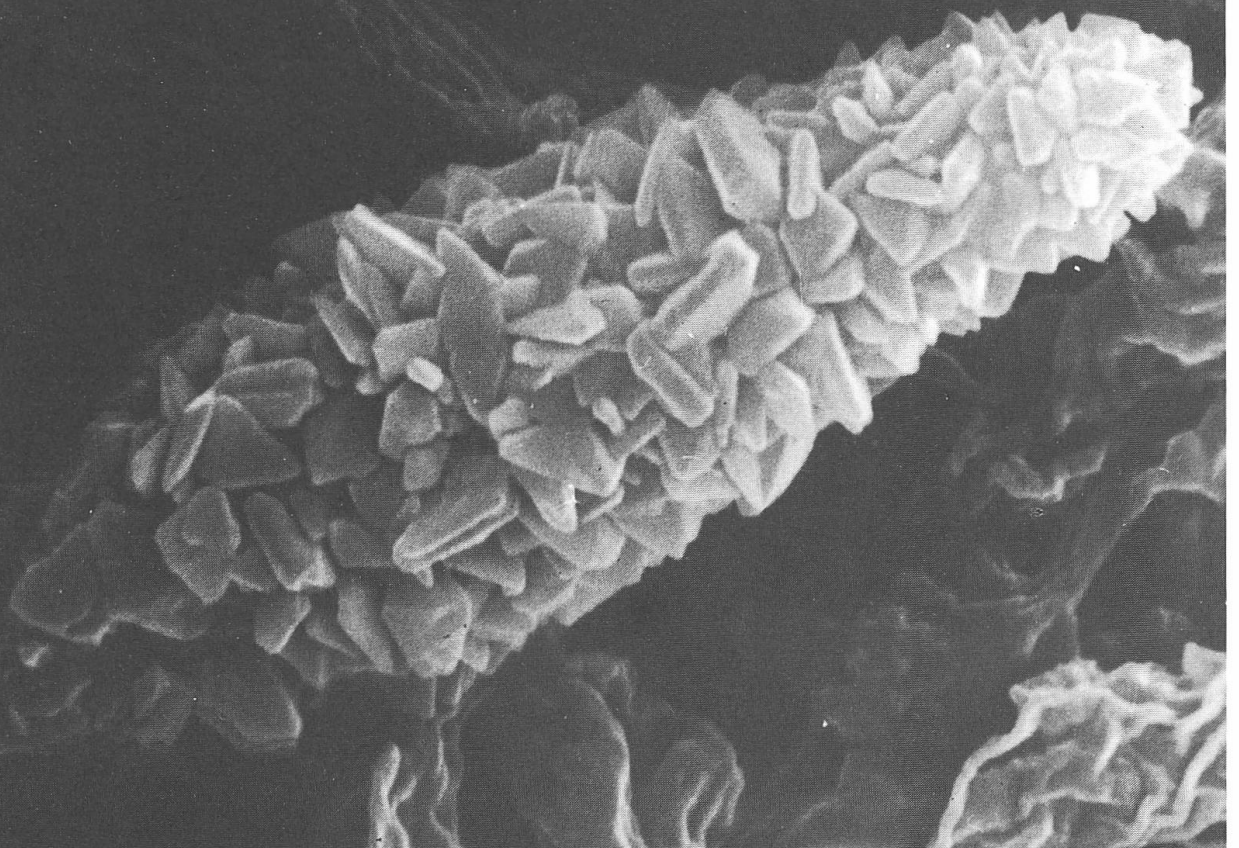


Planche XVII

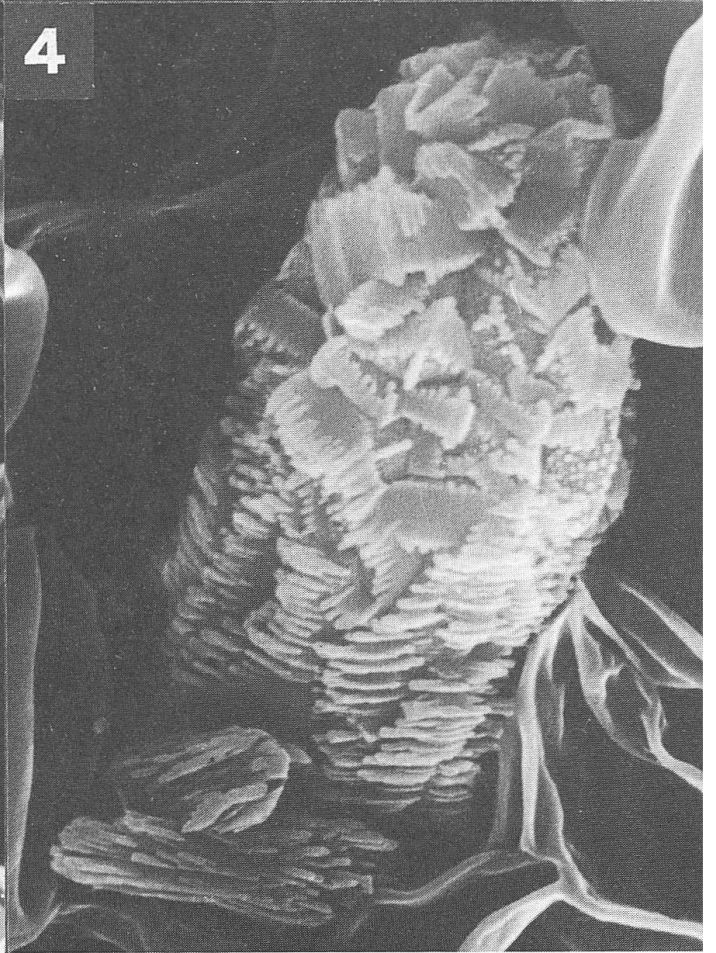
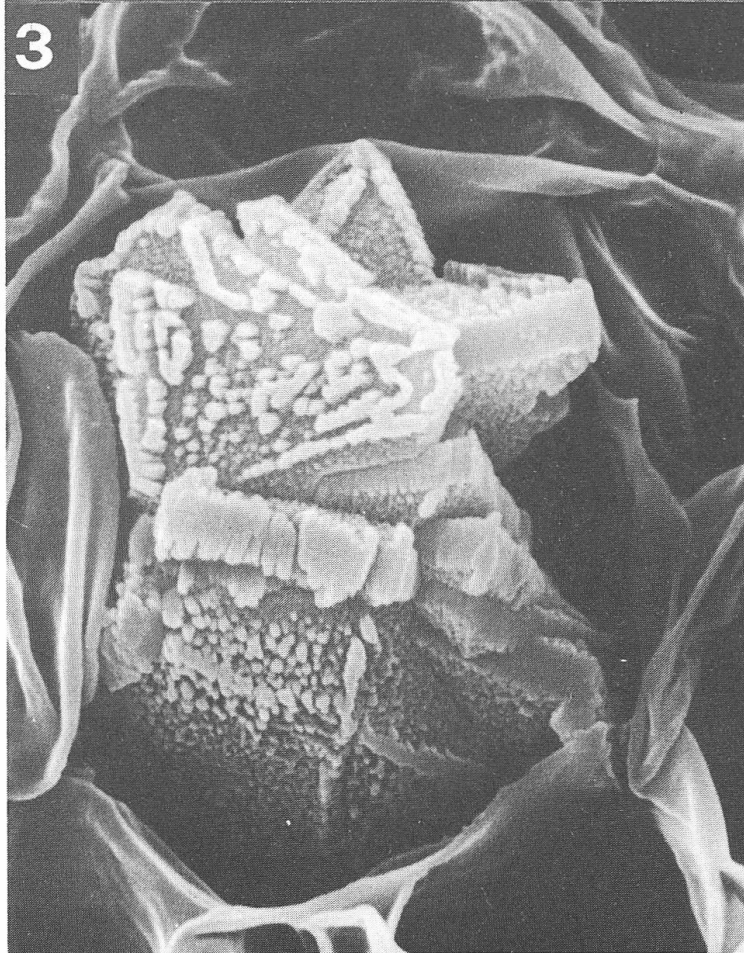
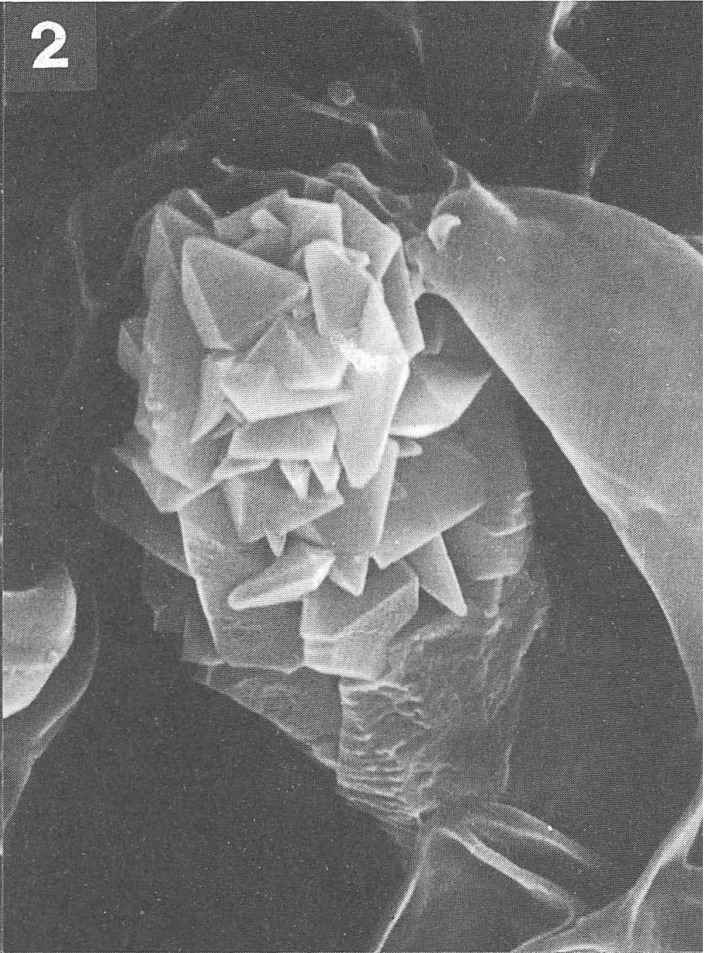
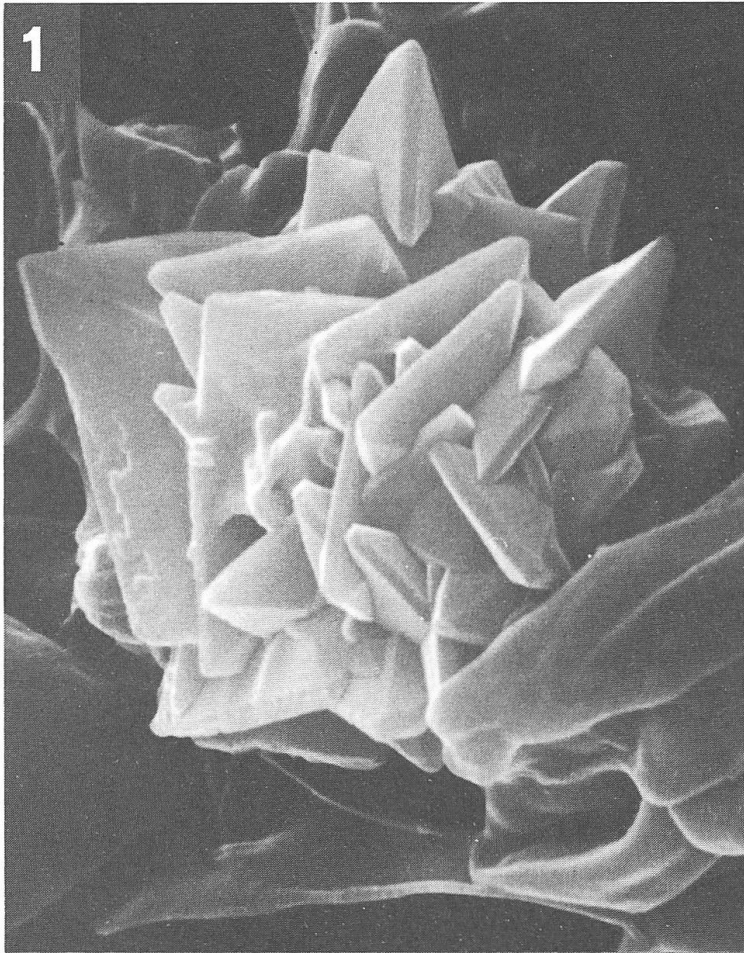


Planche XVIII

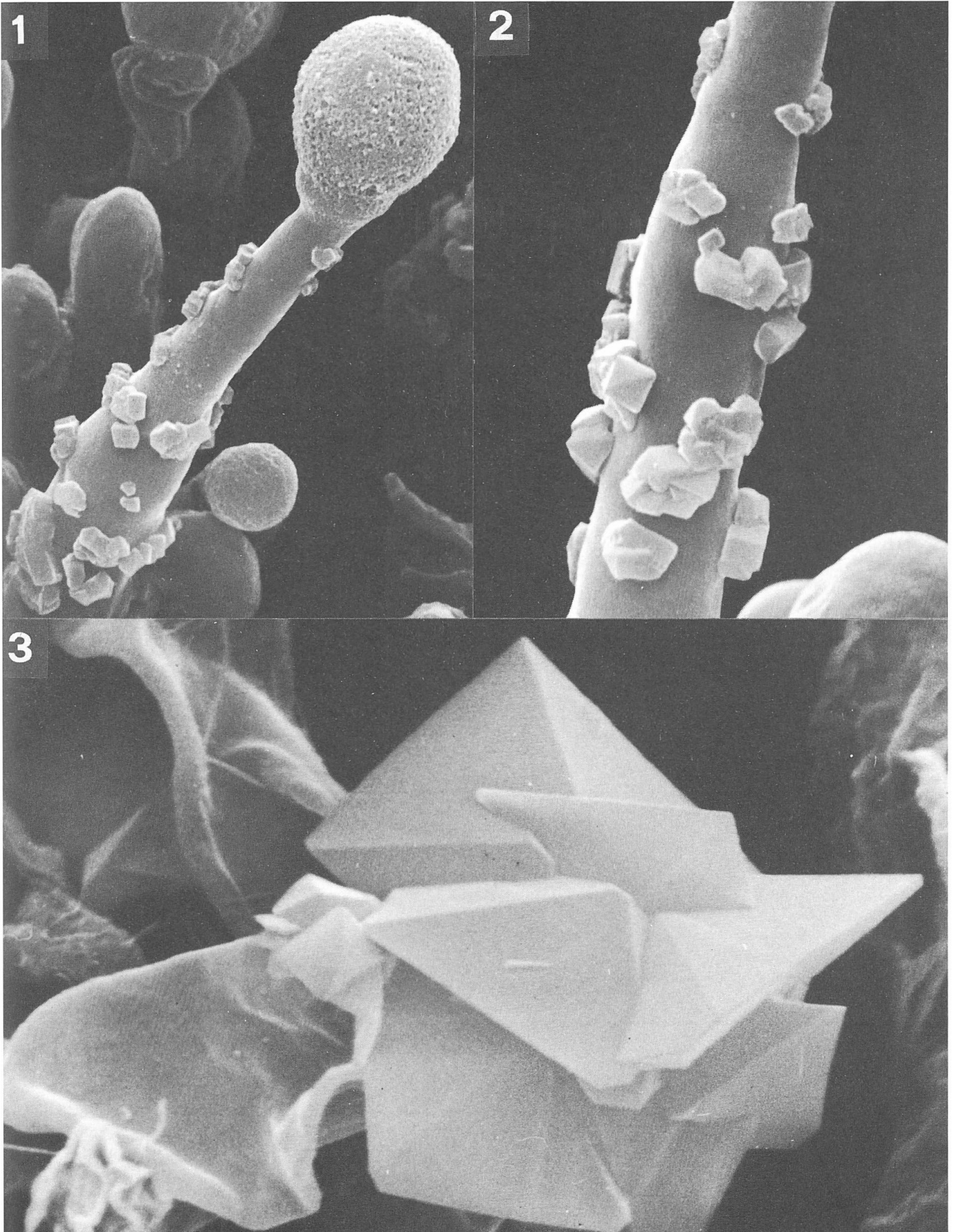


Planche XIX



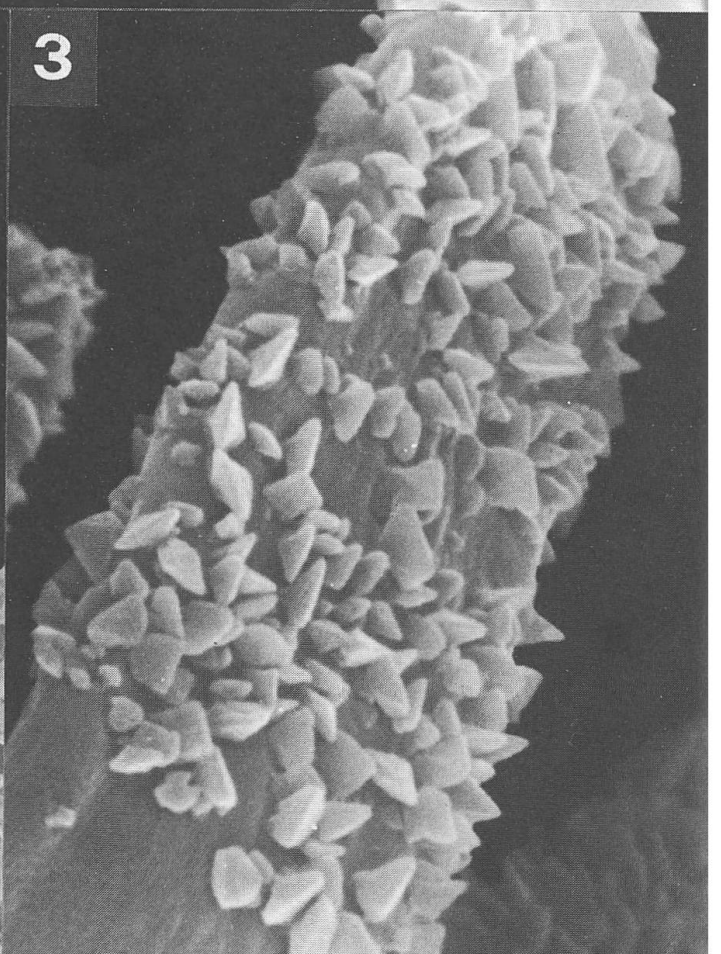
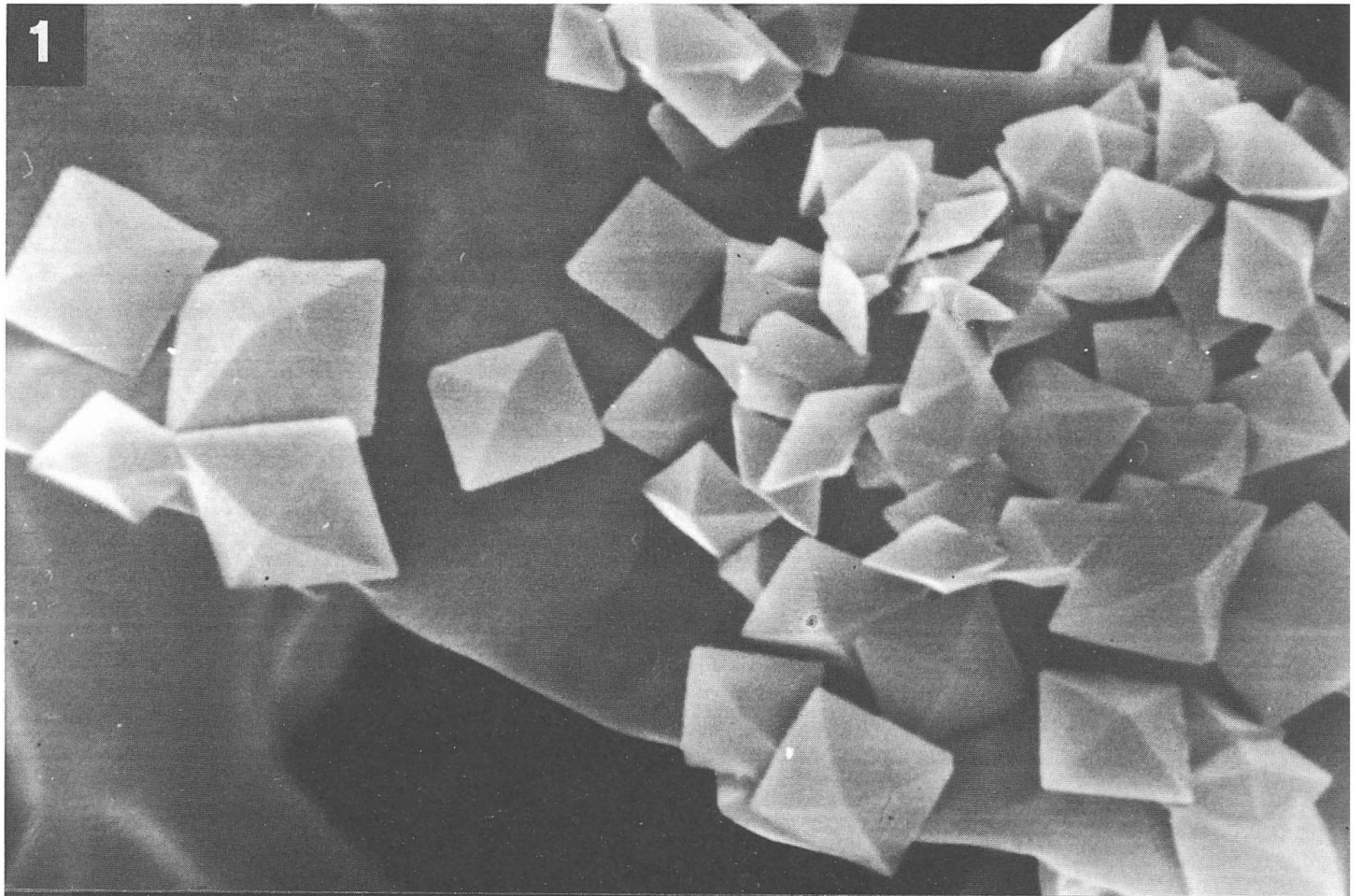


Planche XX

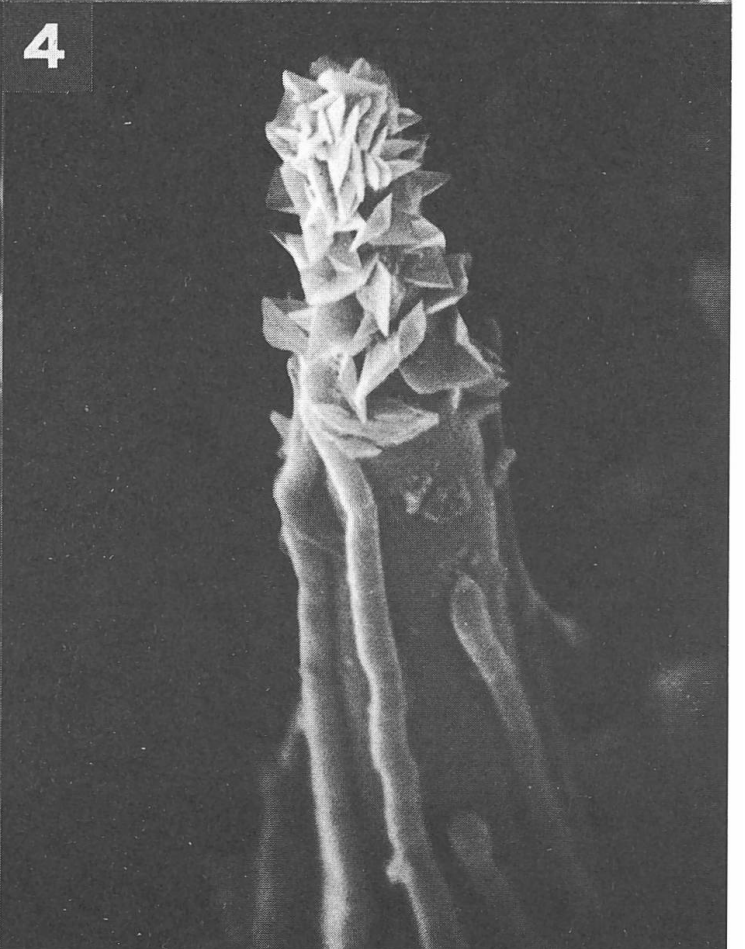
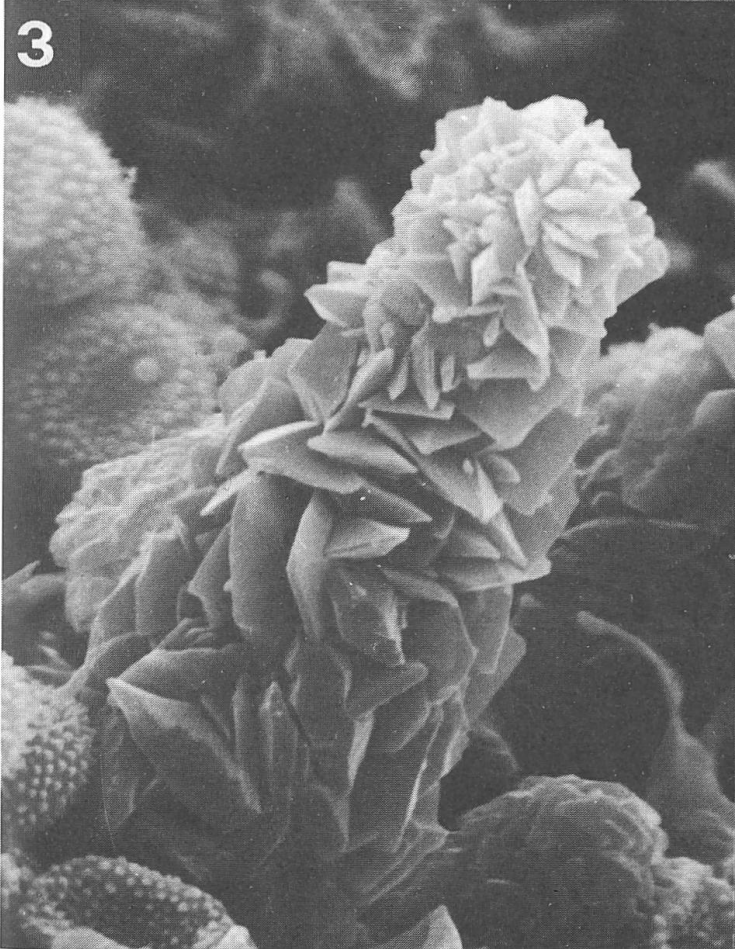
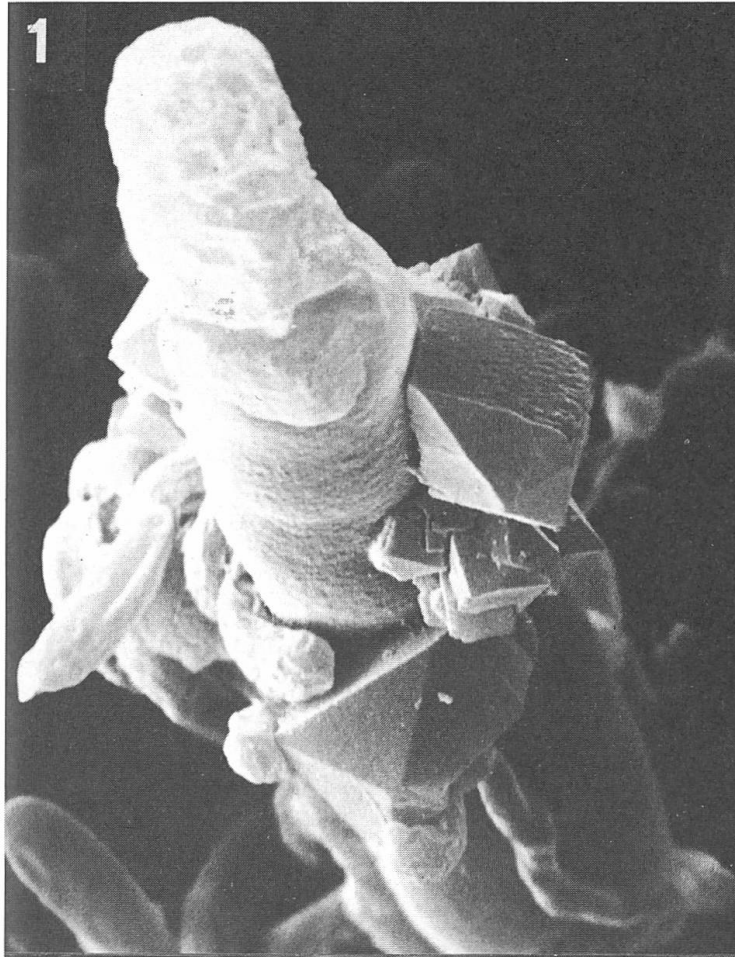


Planche XXI

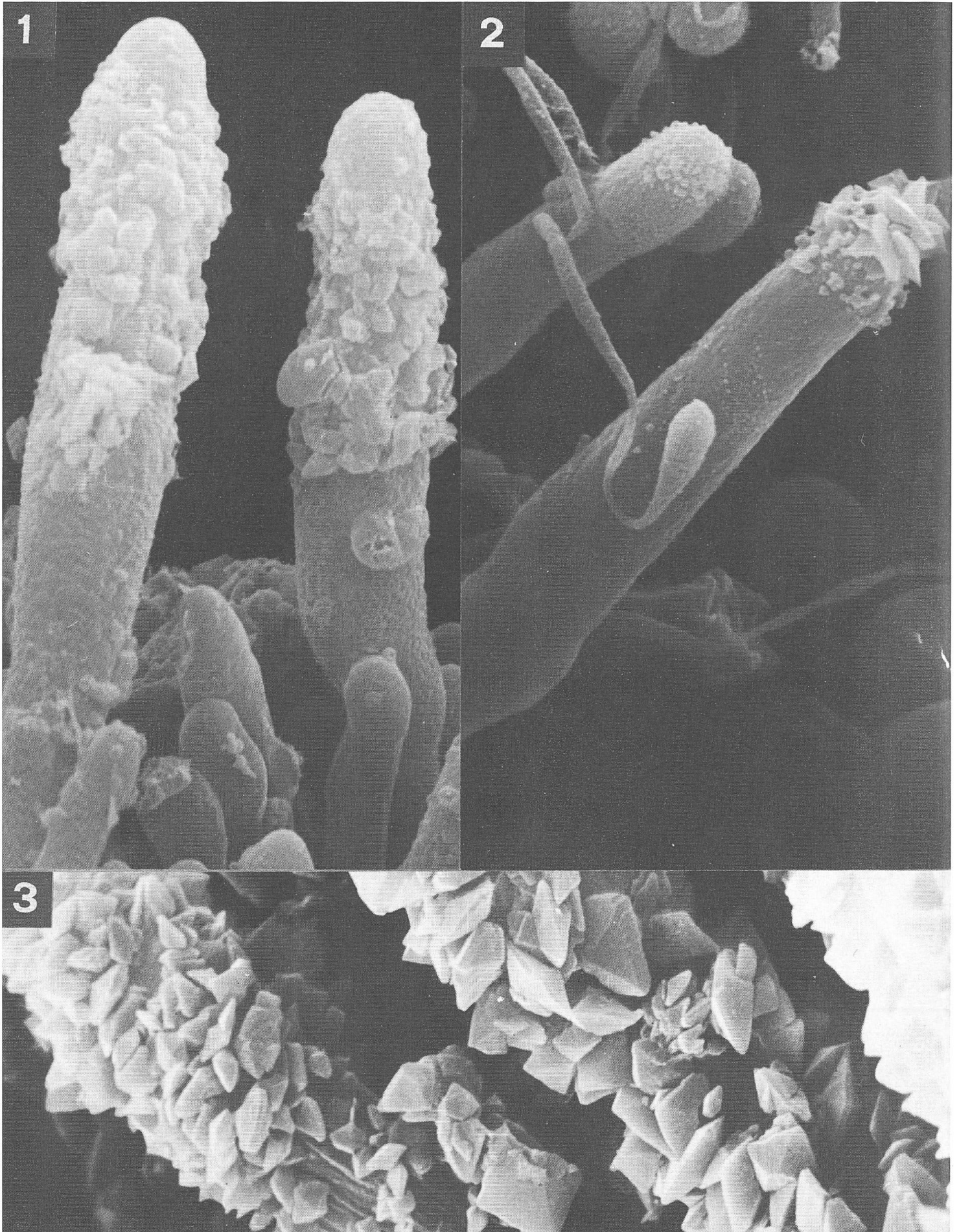


Planche XXII

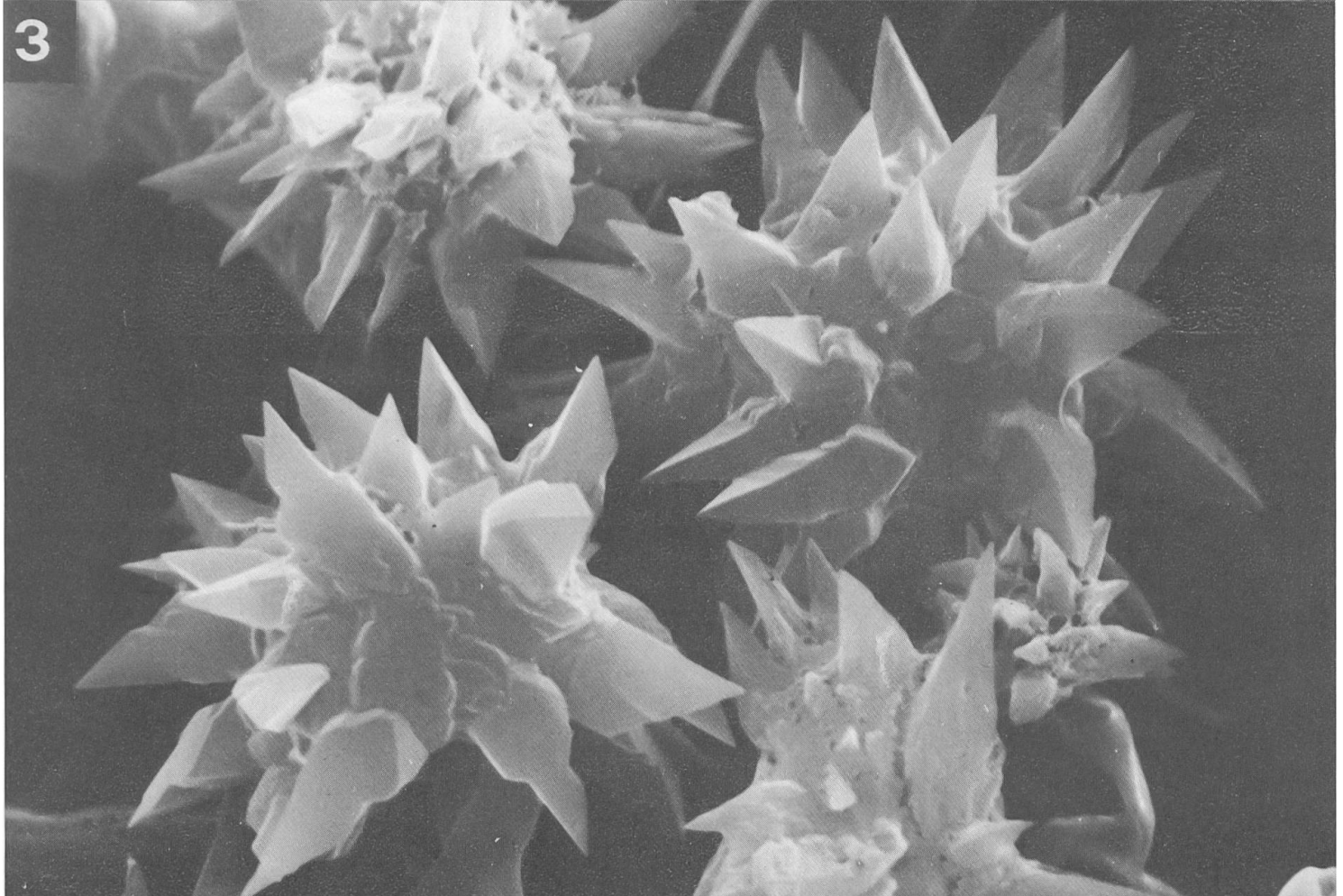
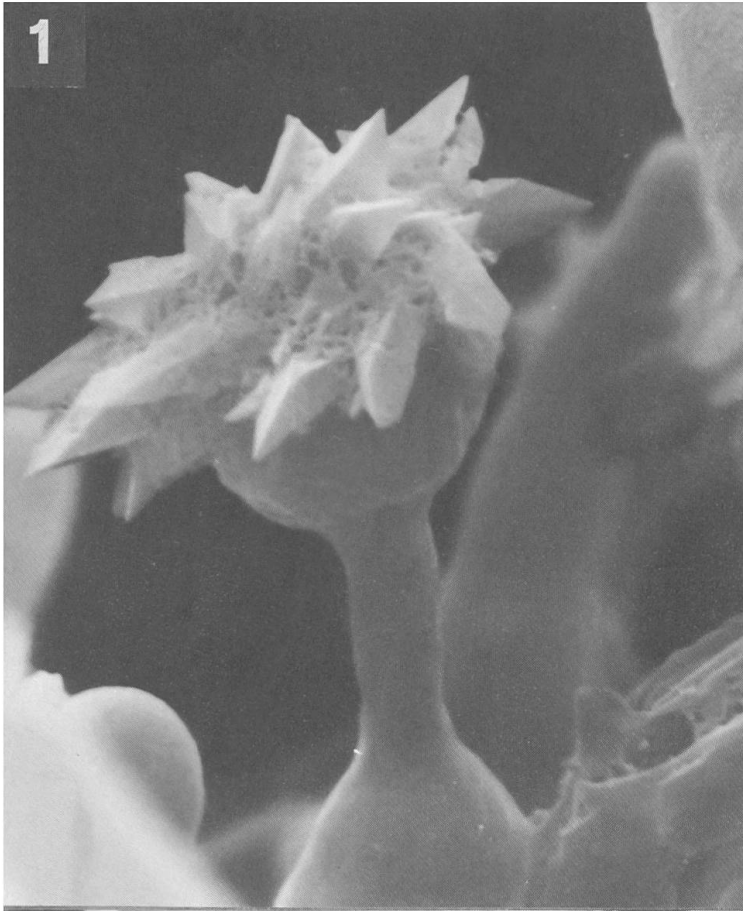
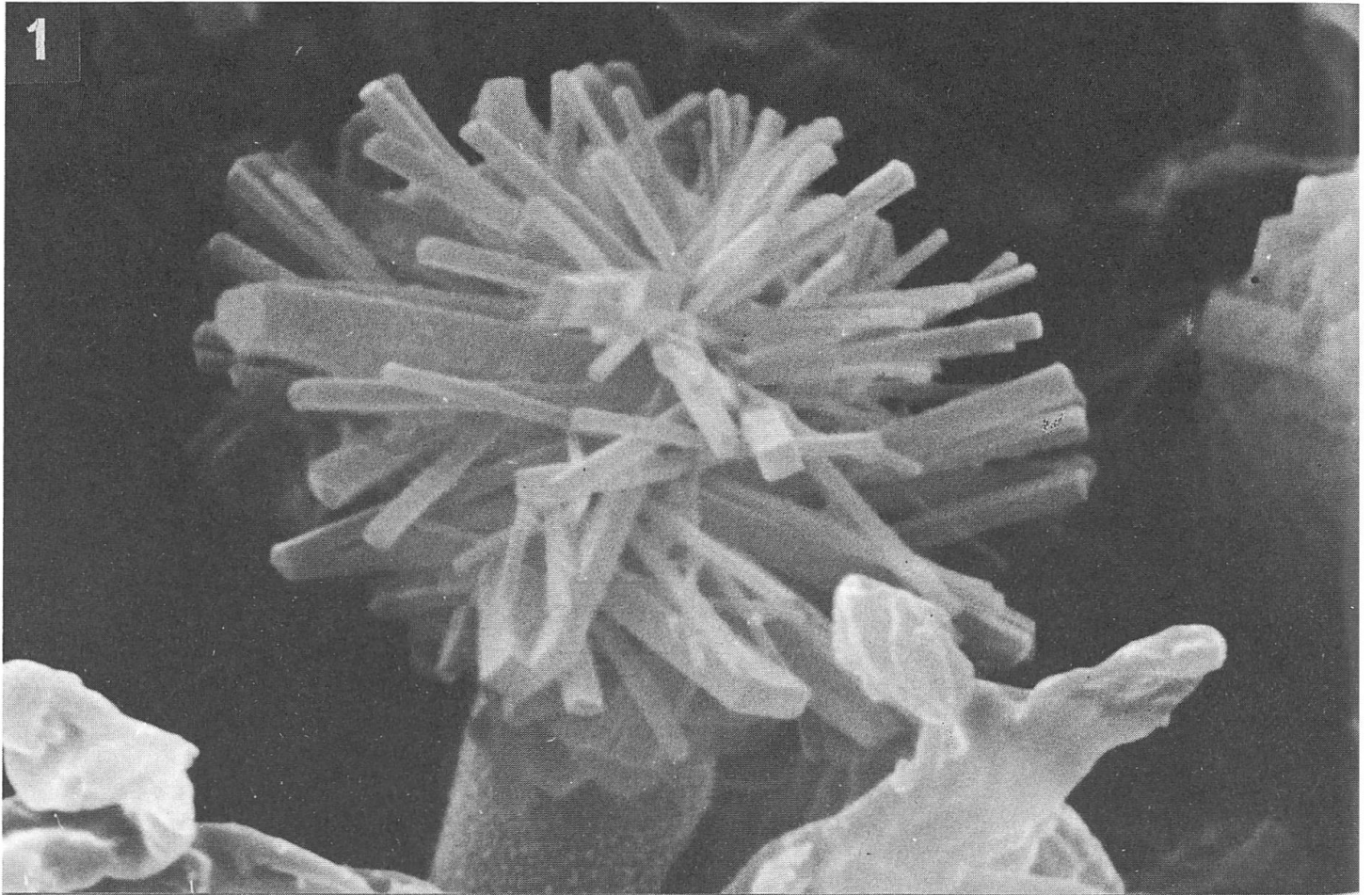


Planche XXIII

1



2

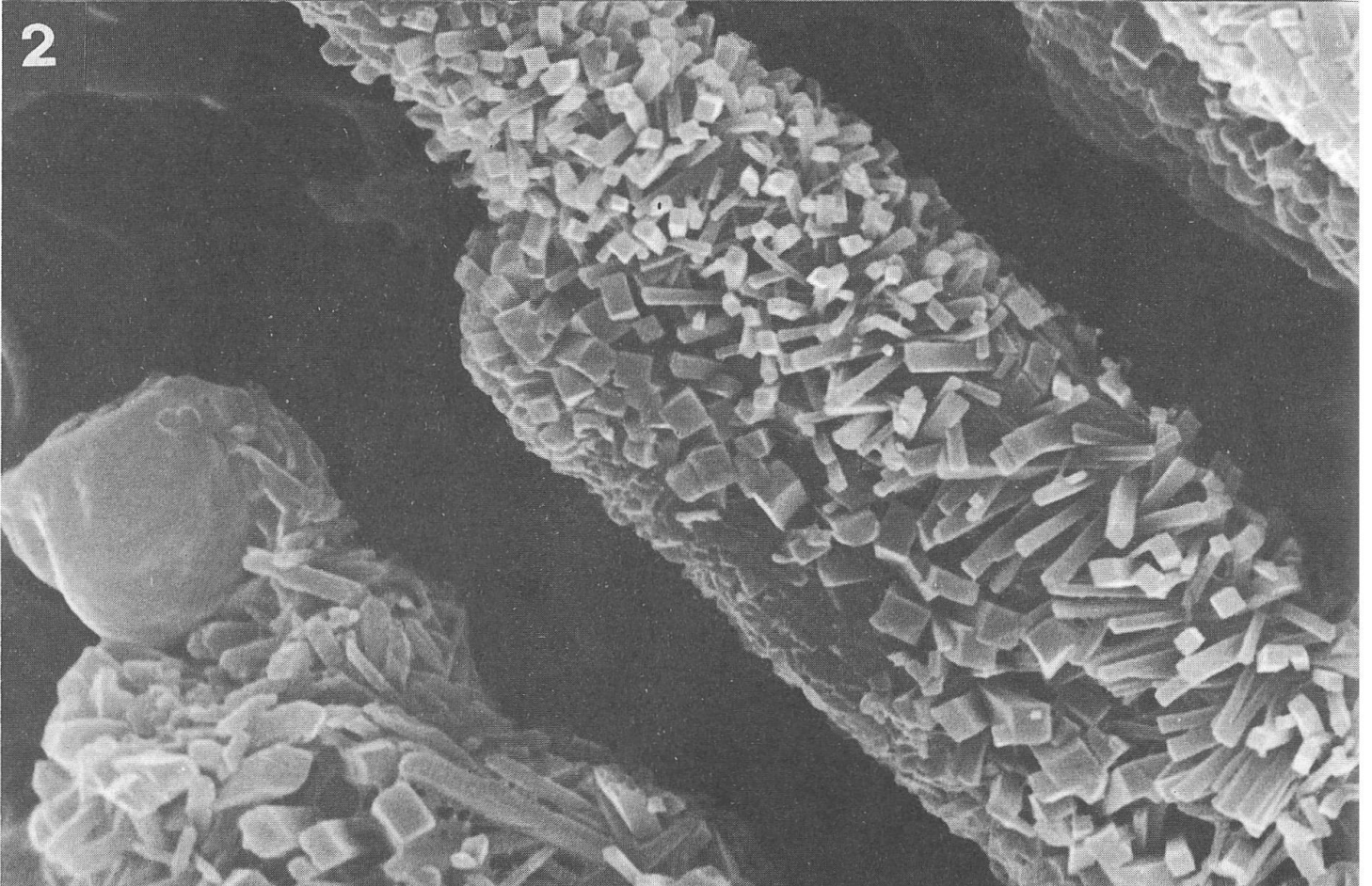


Planche XXIV

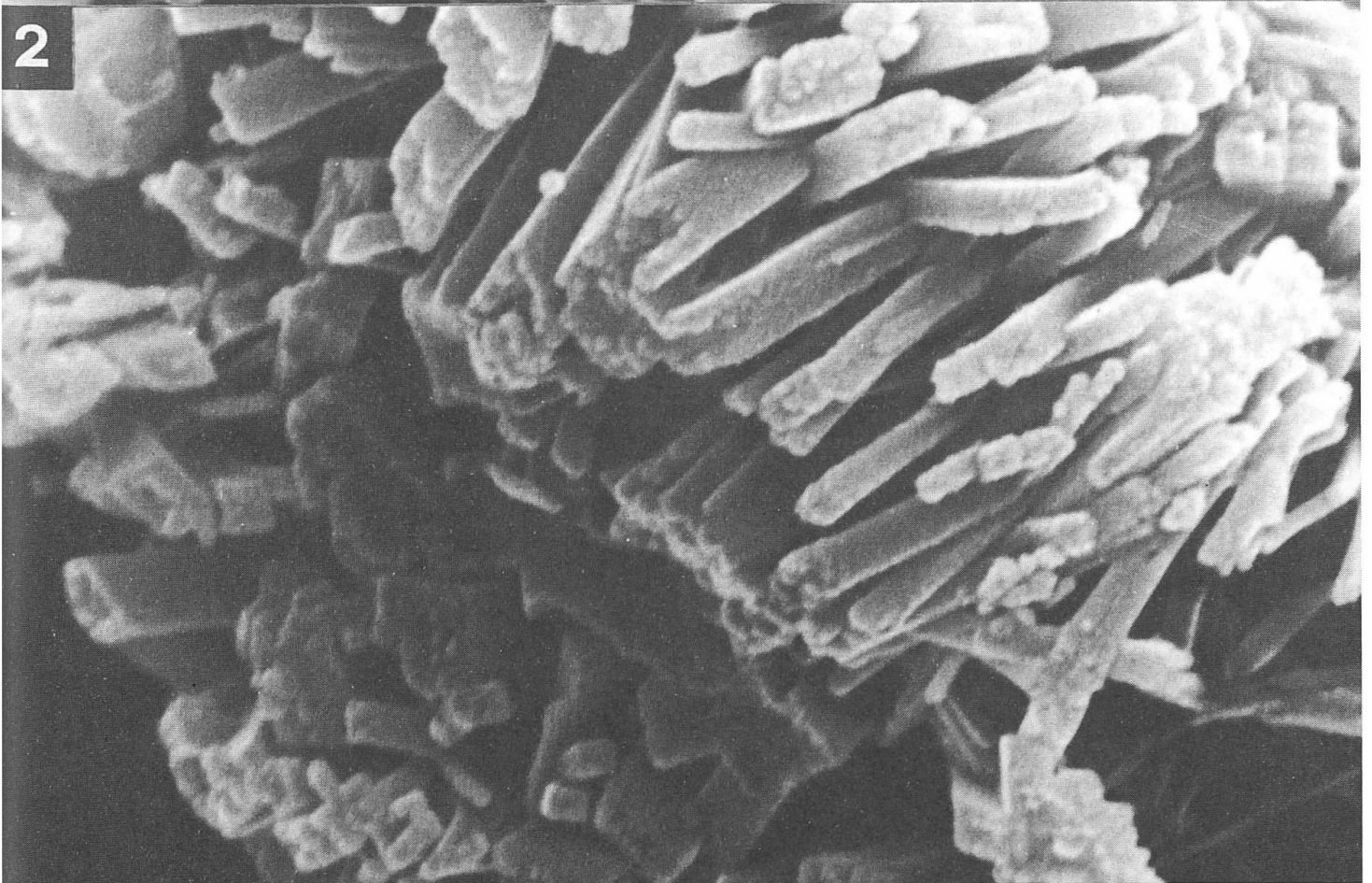
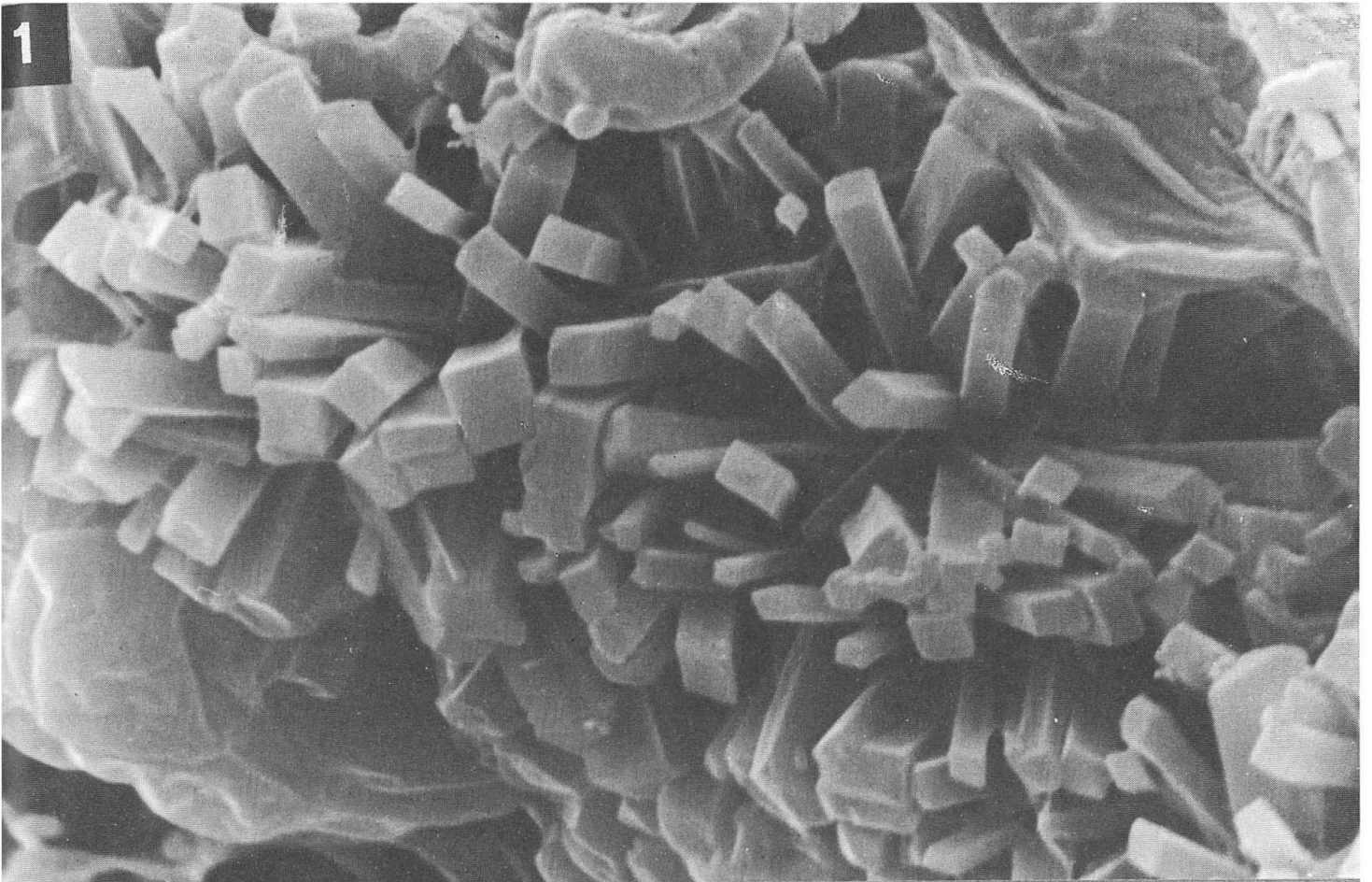
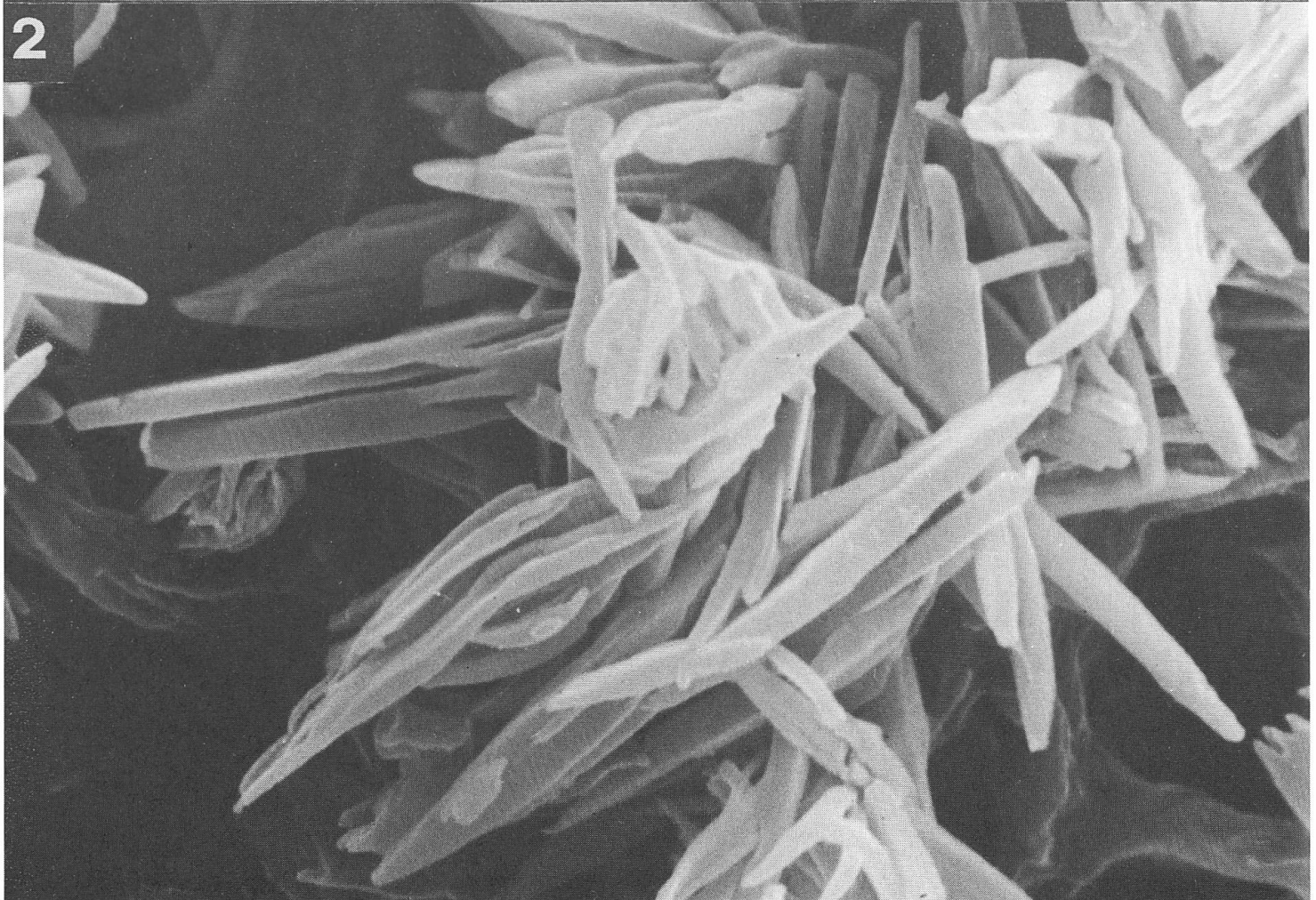
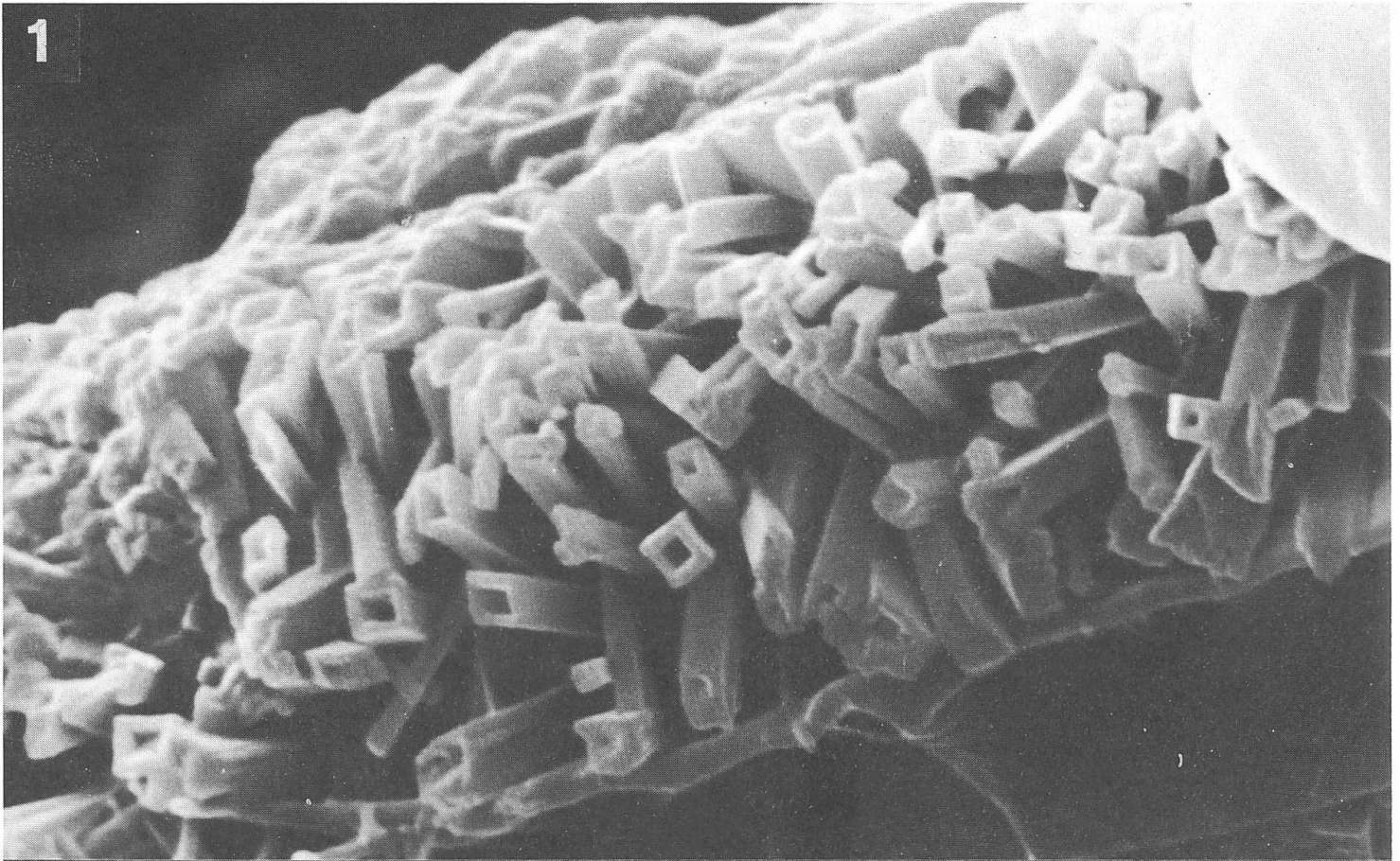
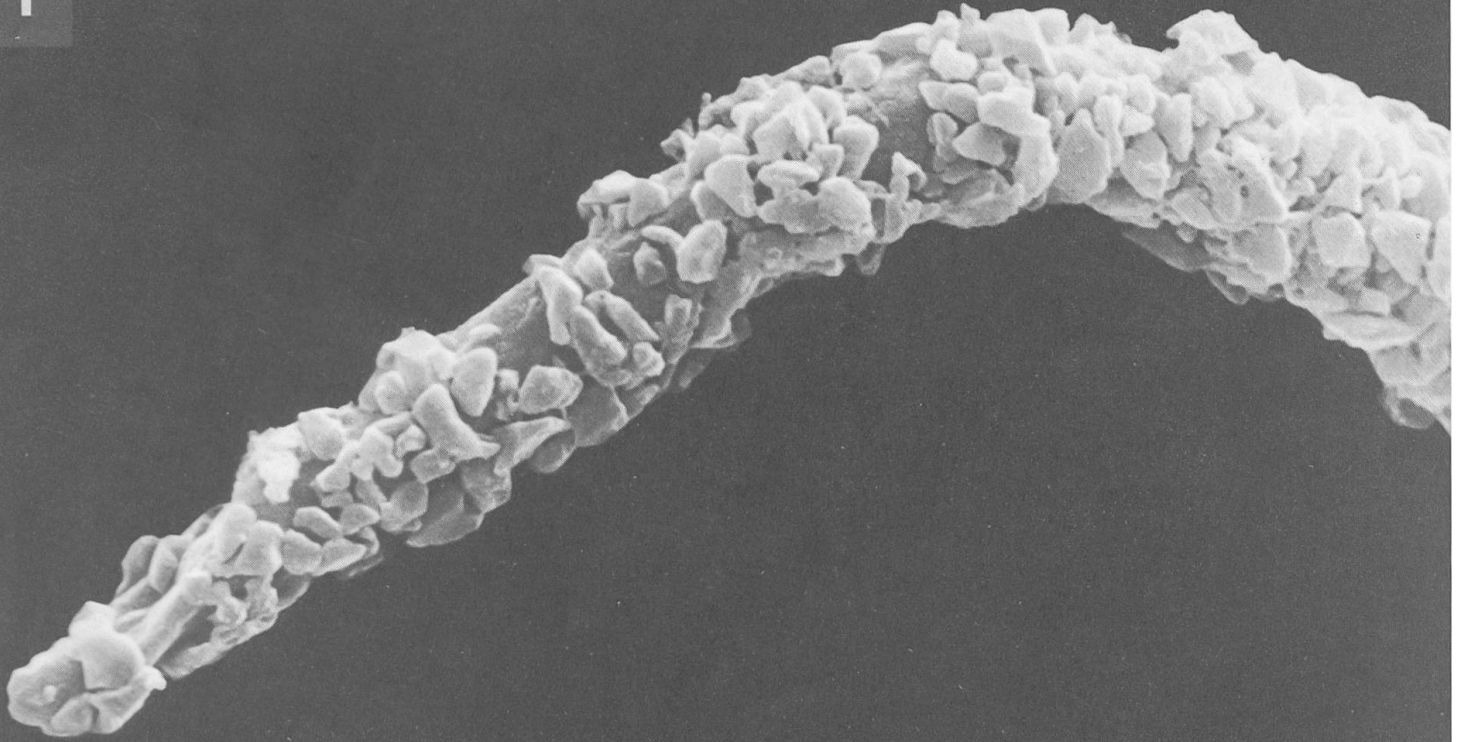


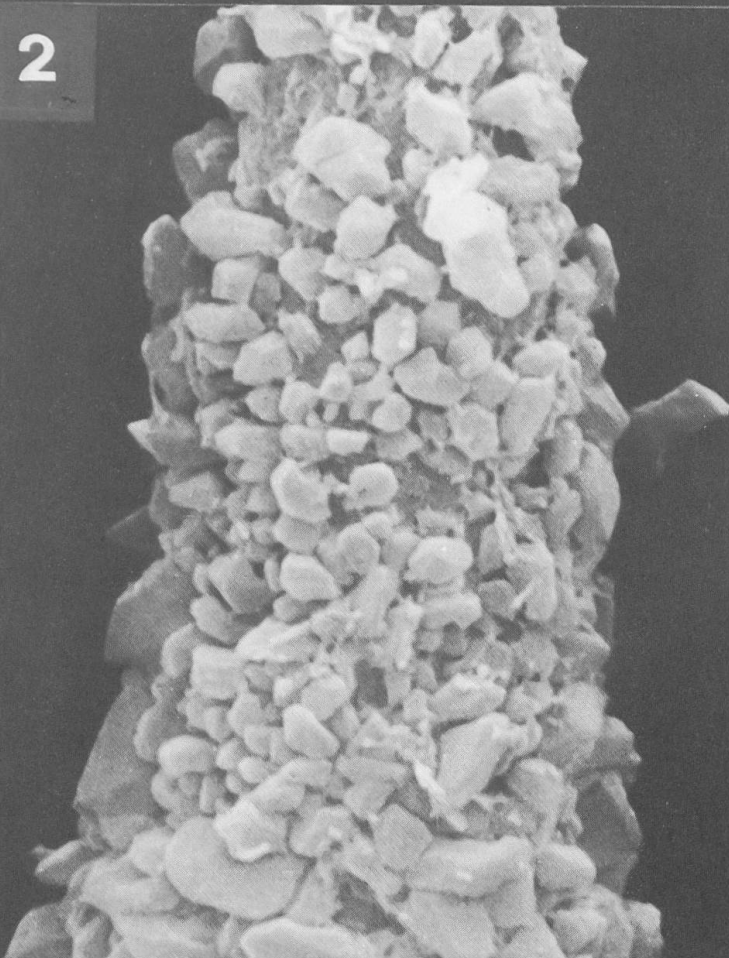
Planche XXV



1



2



3

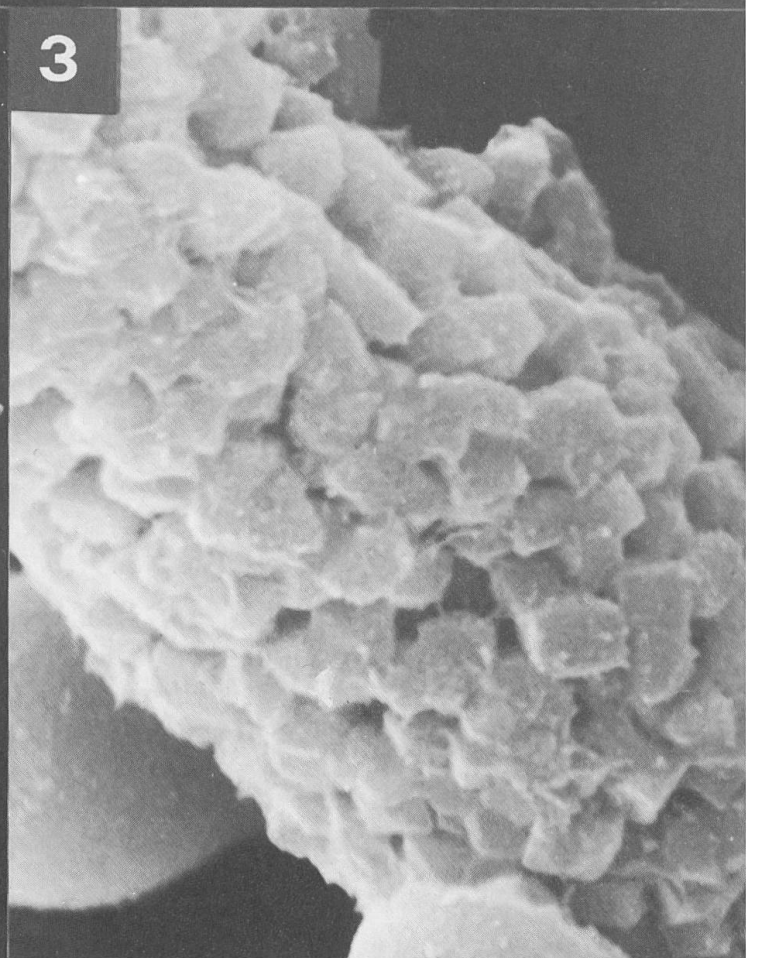


Planche XXVII



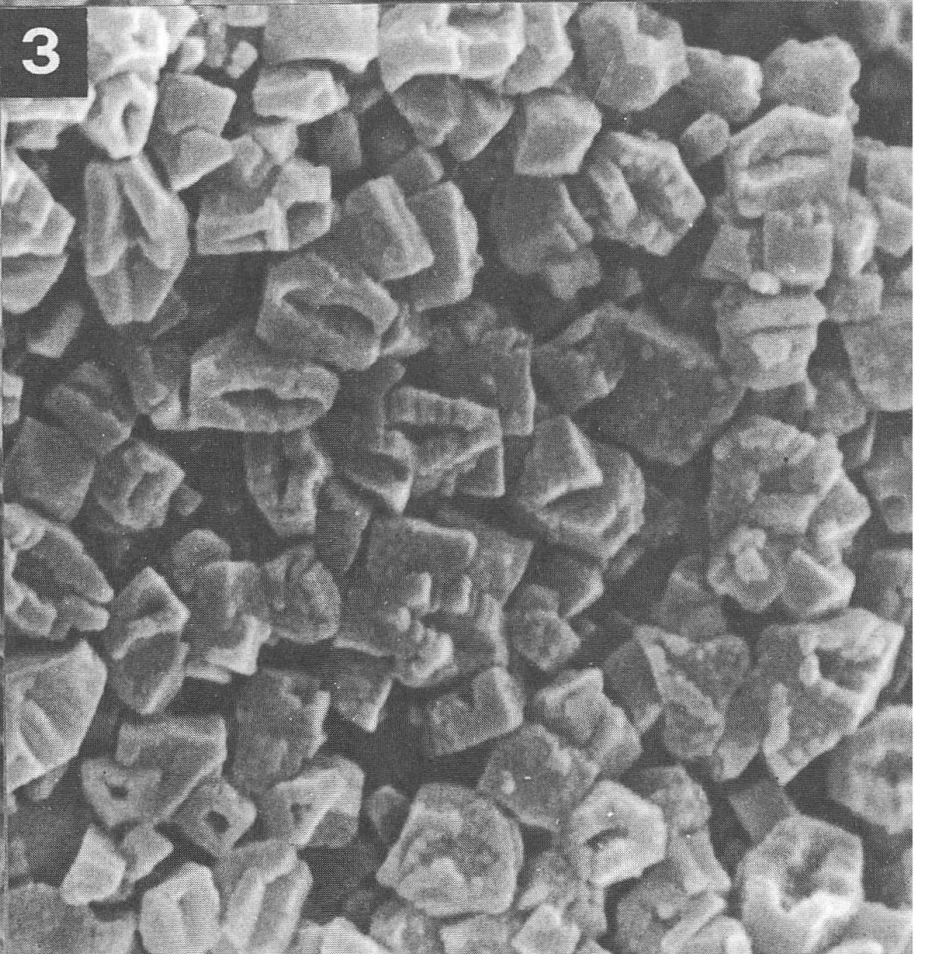
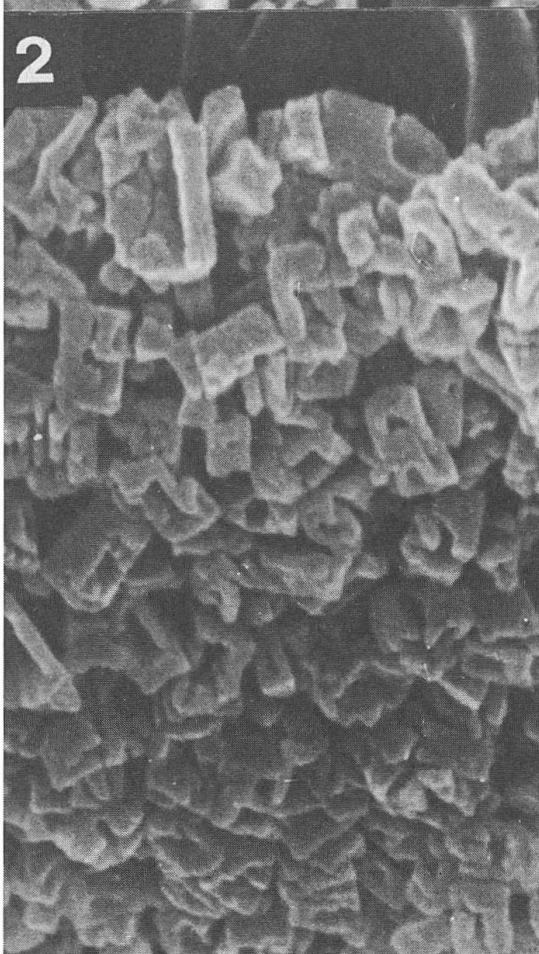
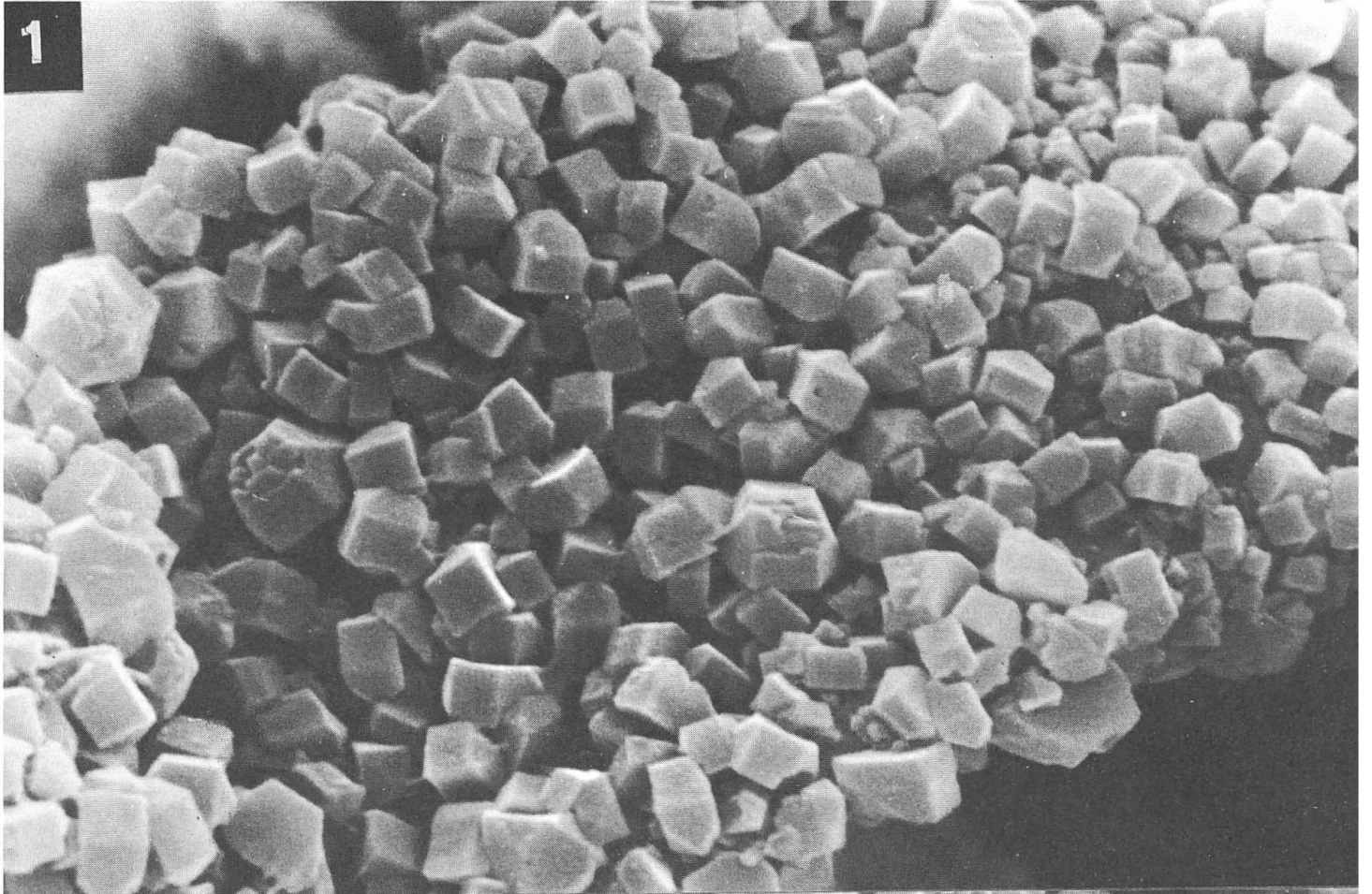


Planche XXVIII

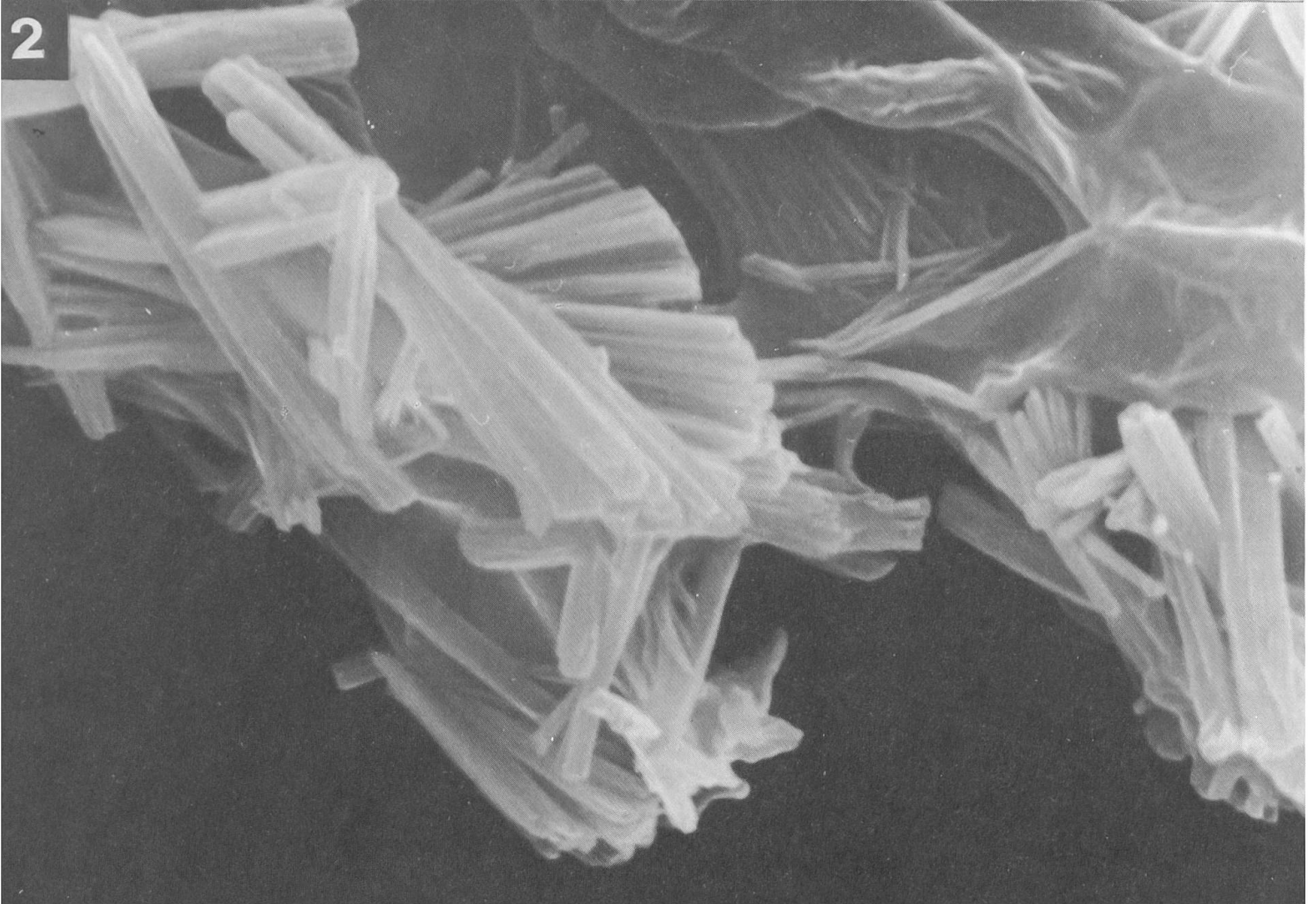
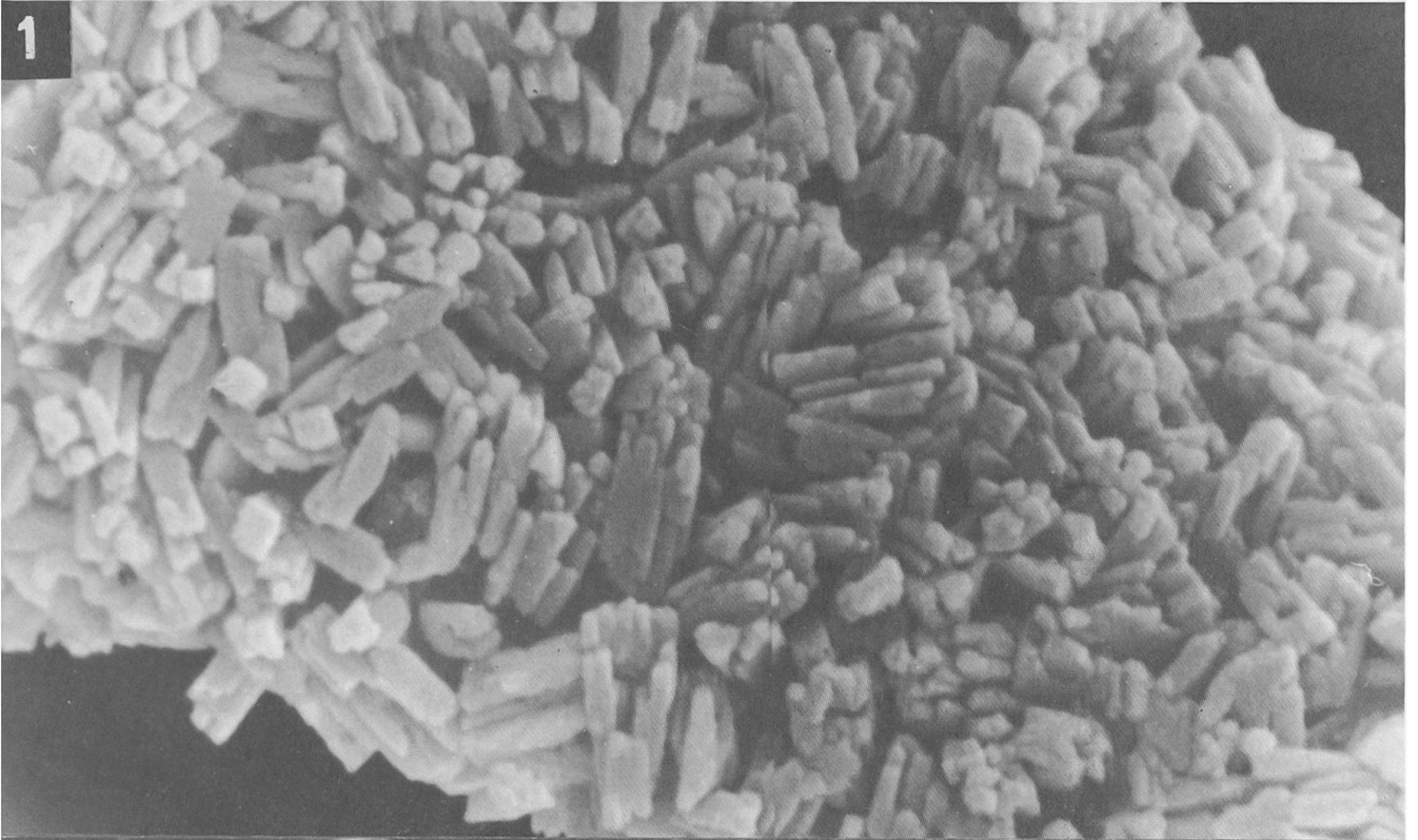


Planche XXIX

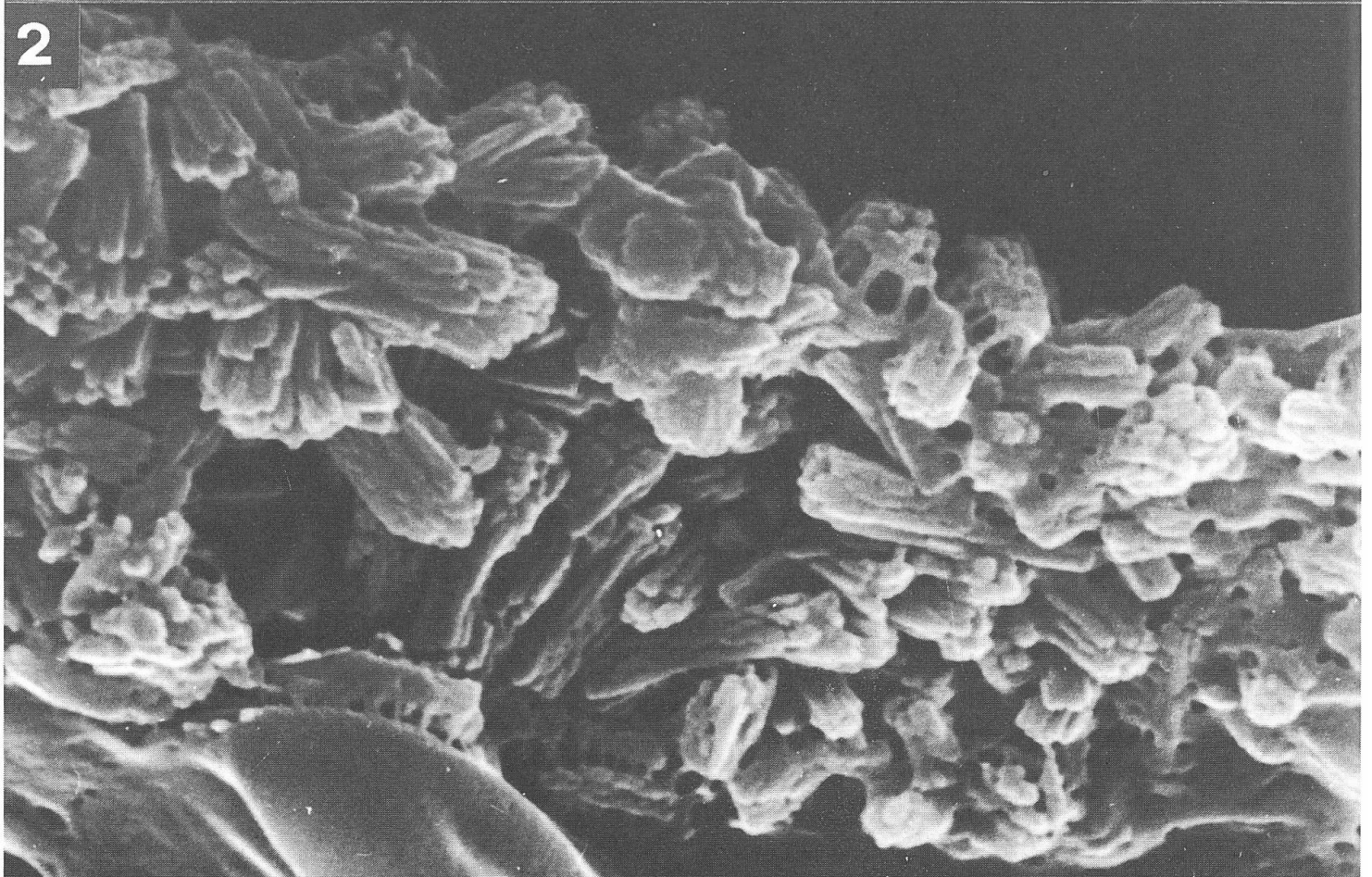
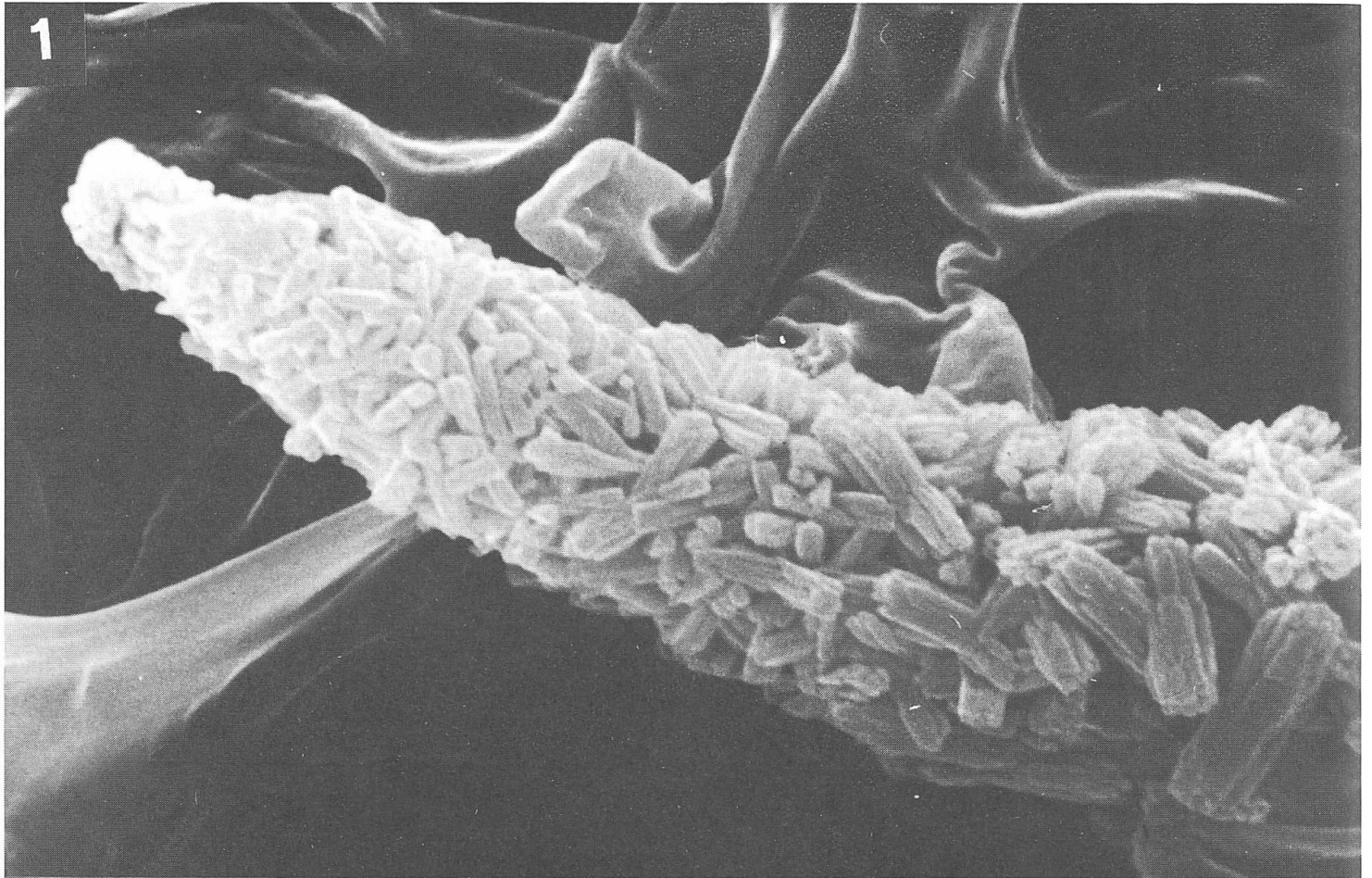


Planche XXX

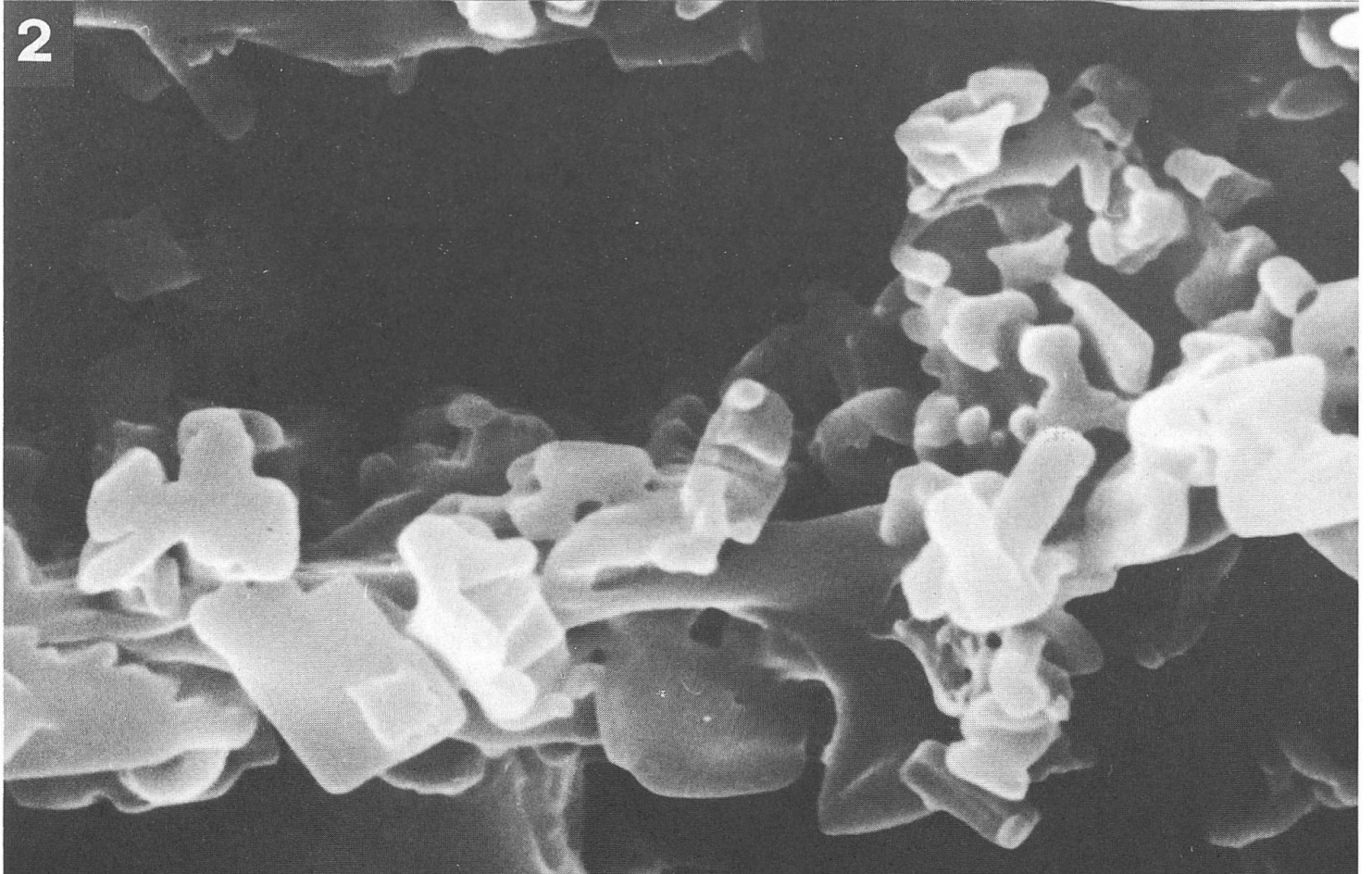
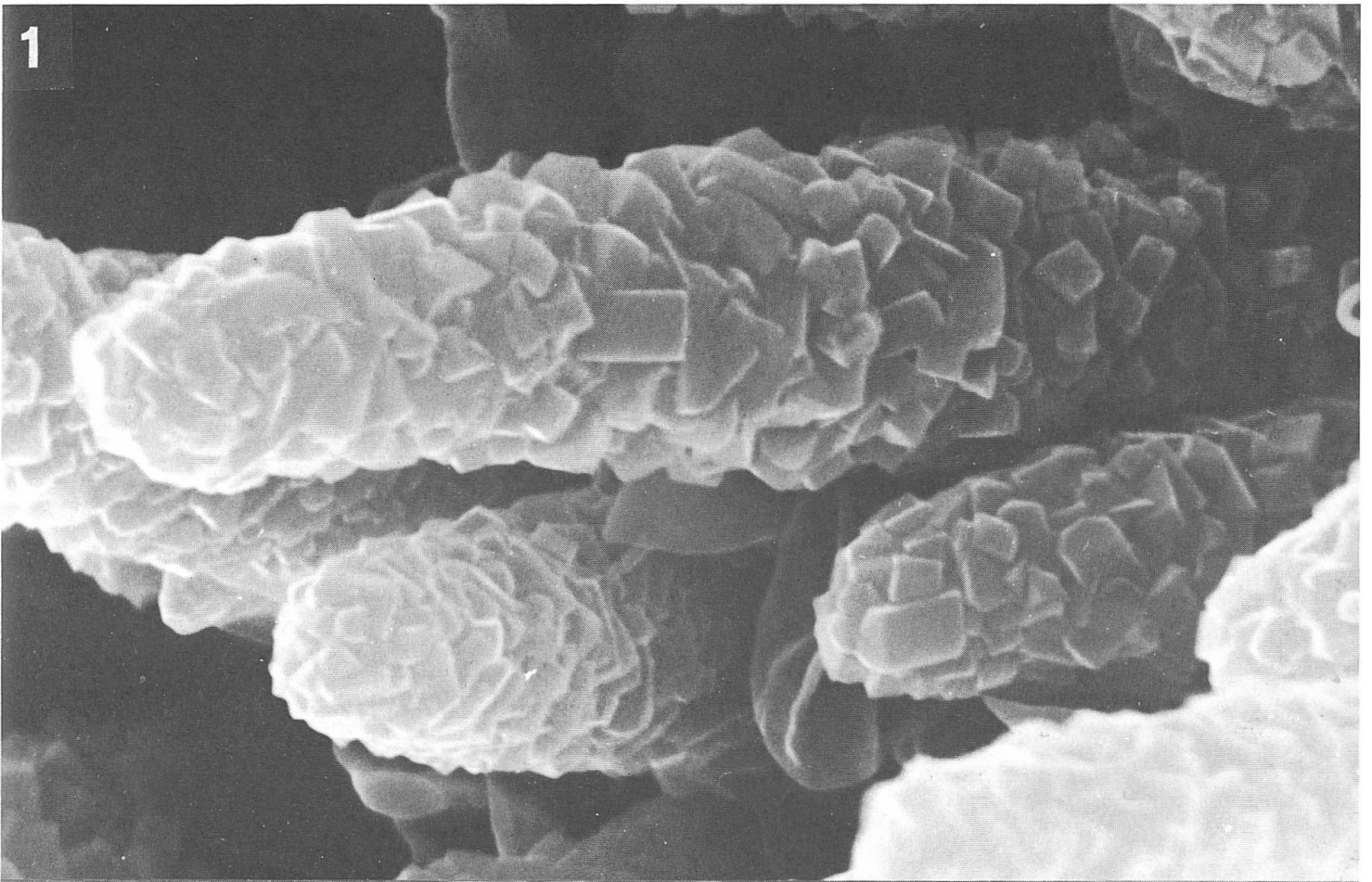


Planche XXXI

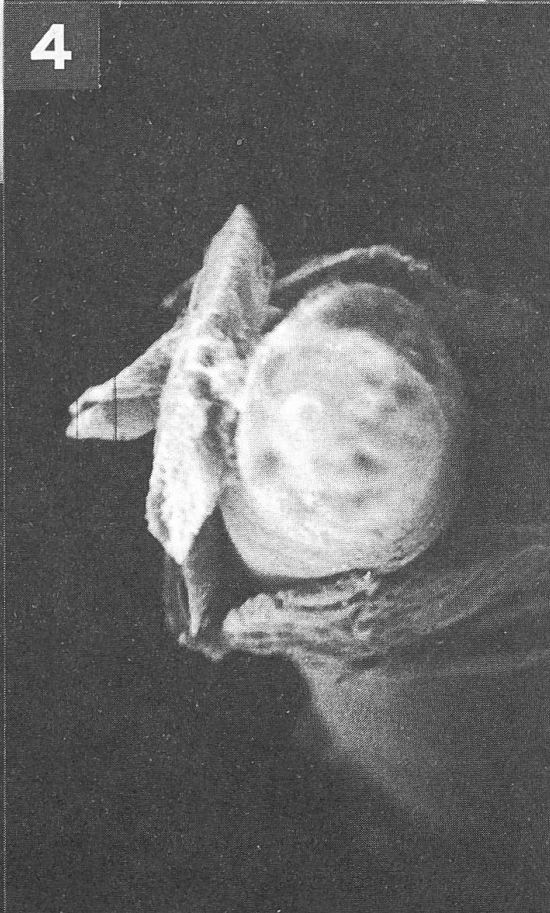
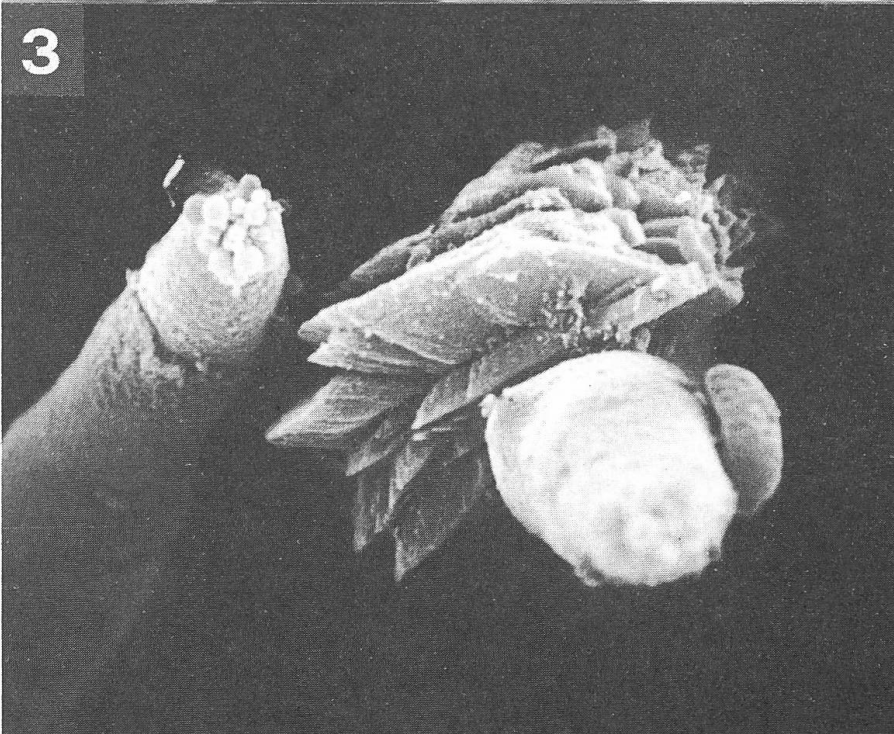
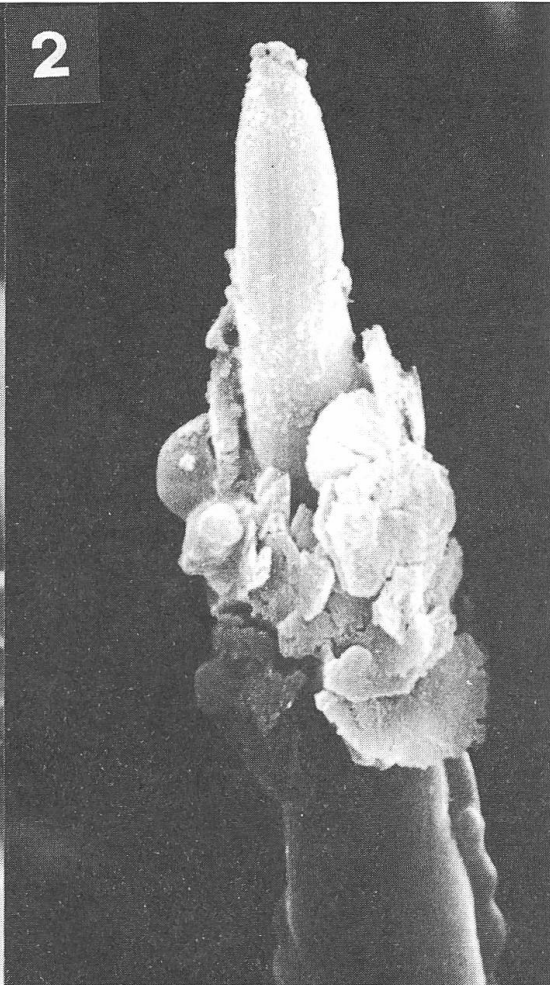
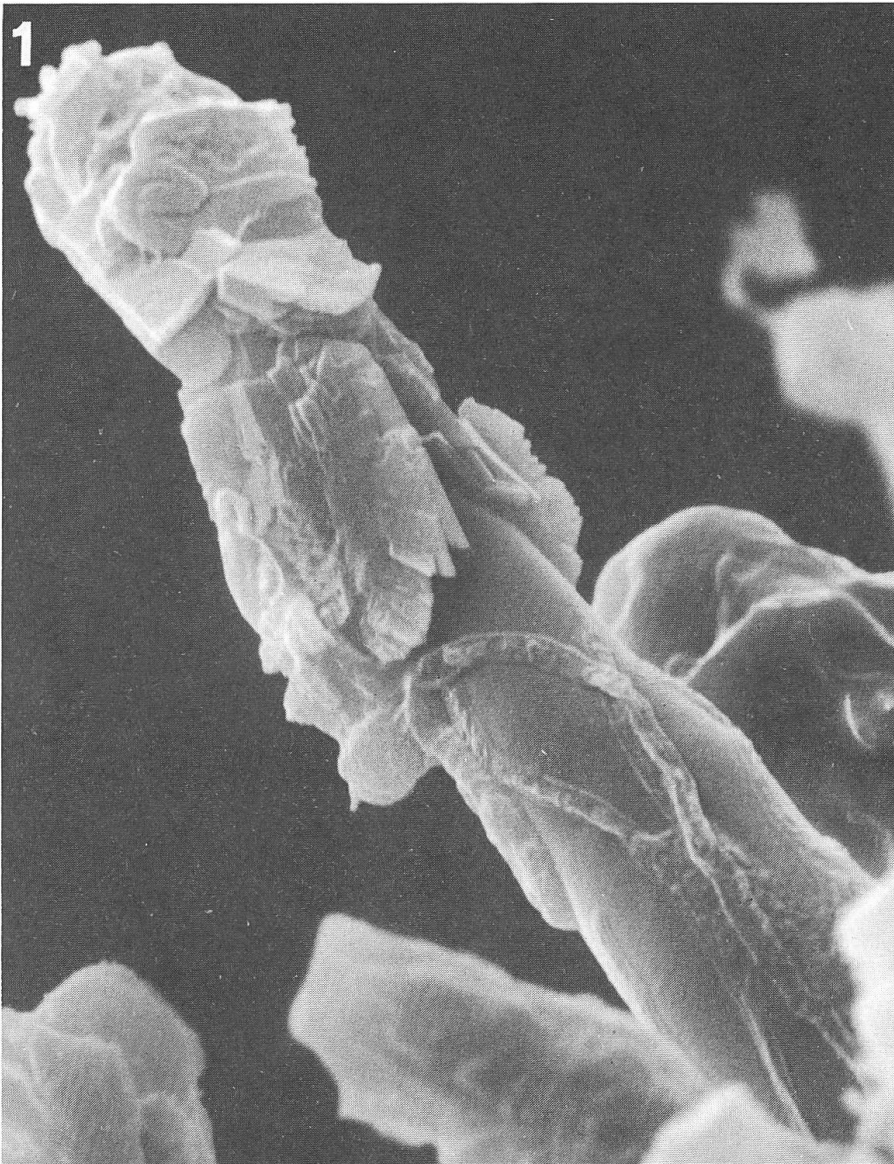


Planche XXXII

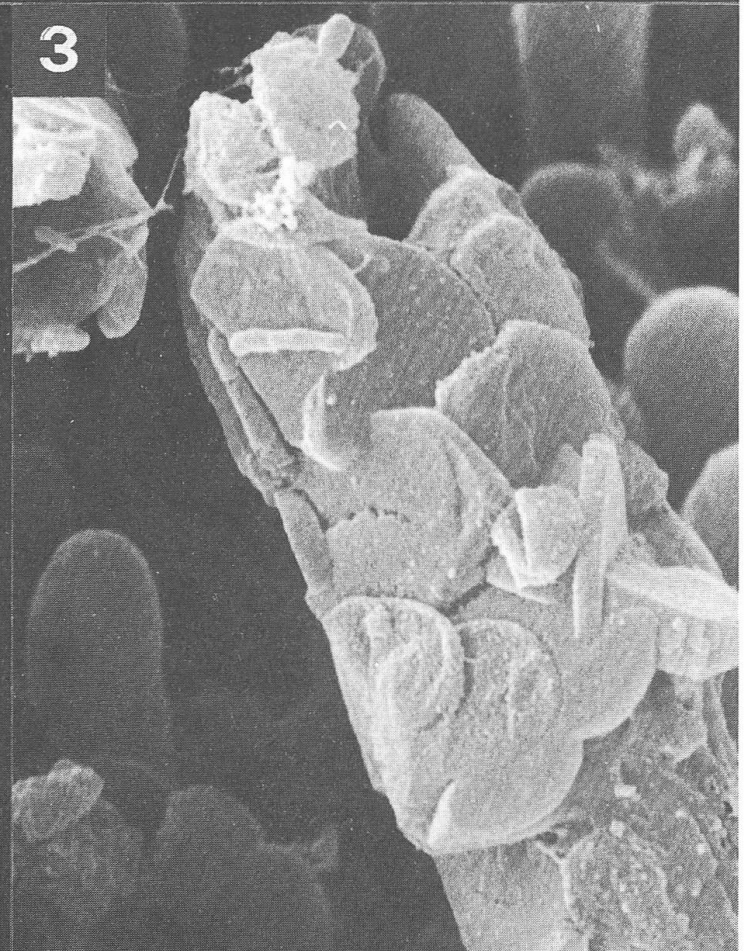
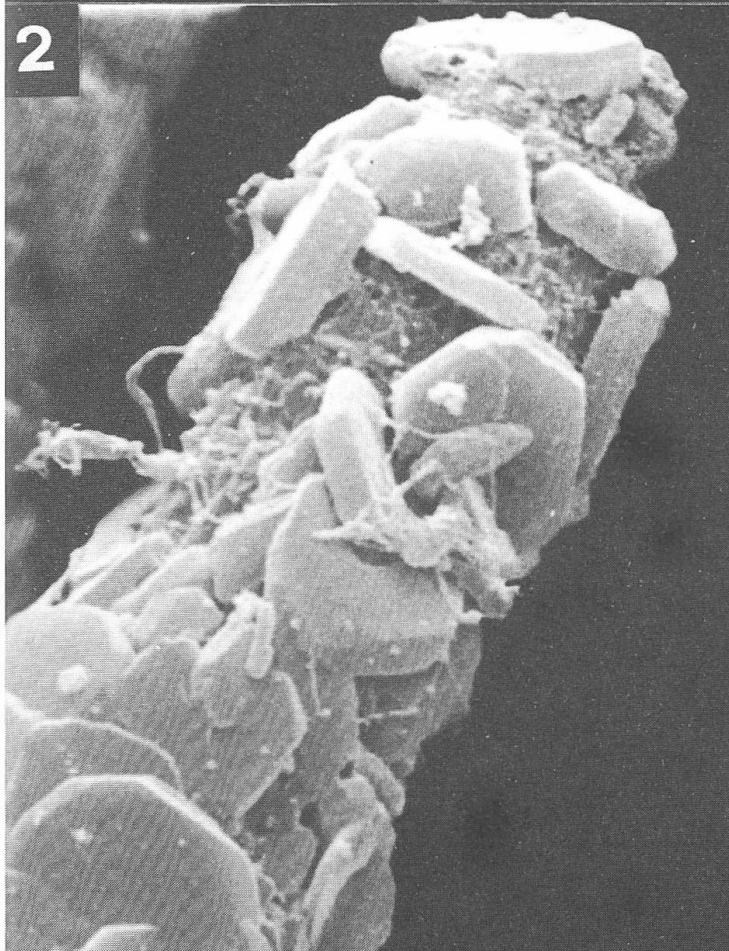
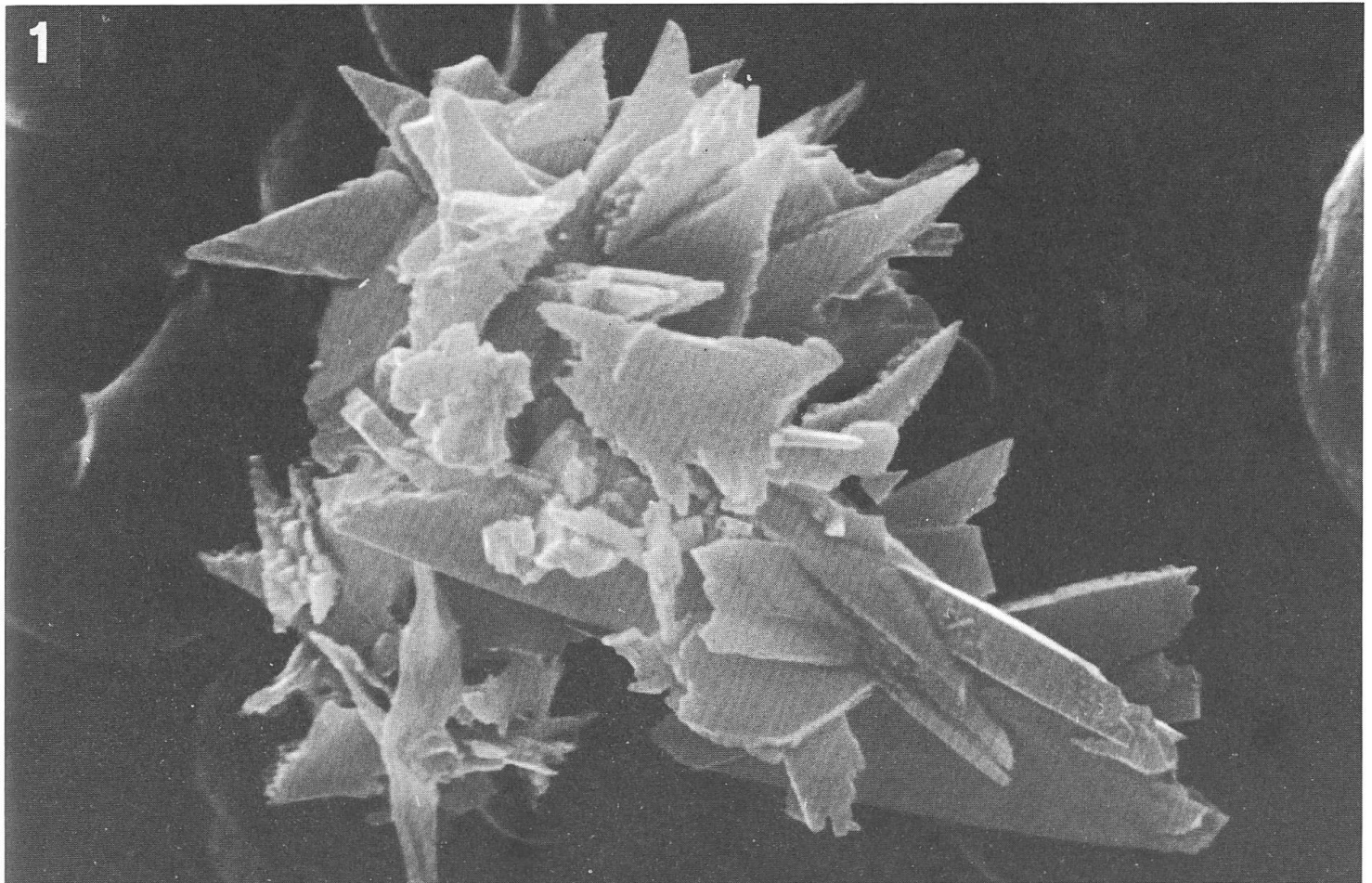
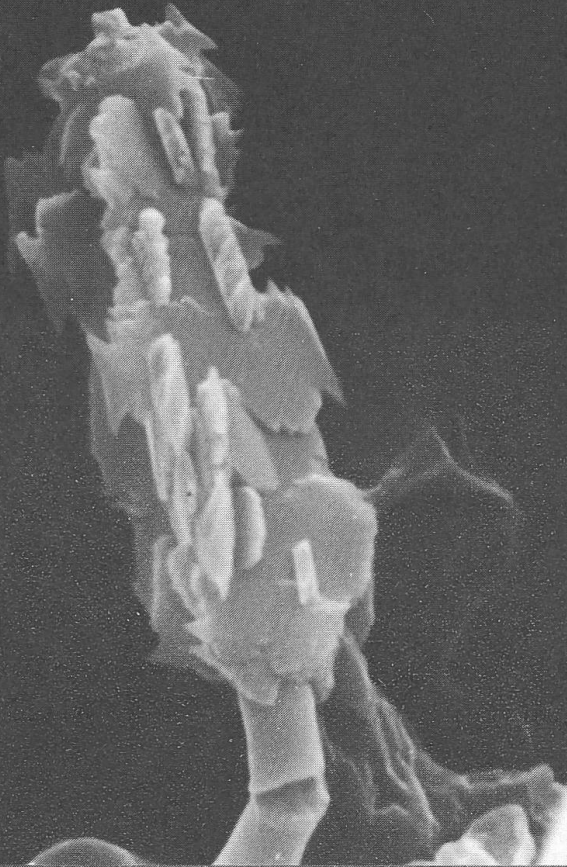
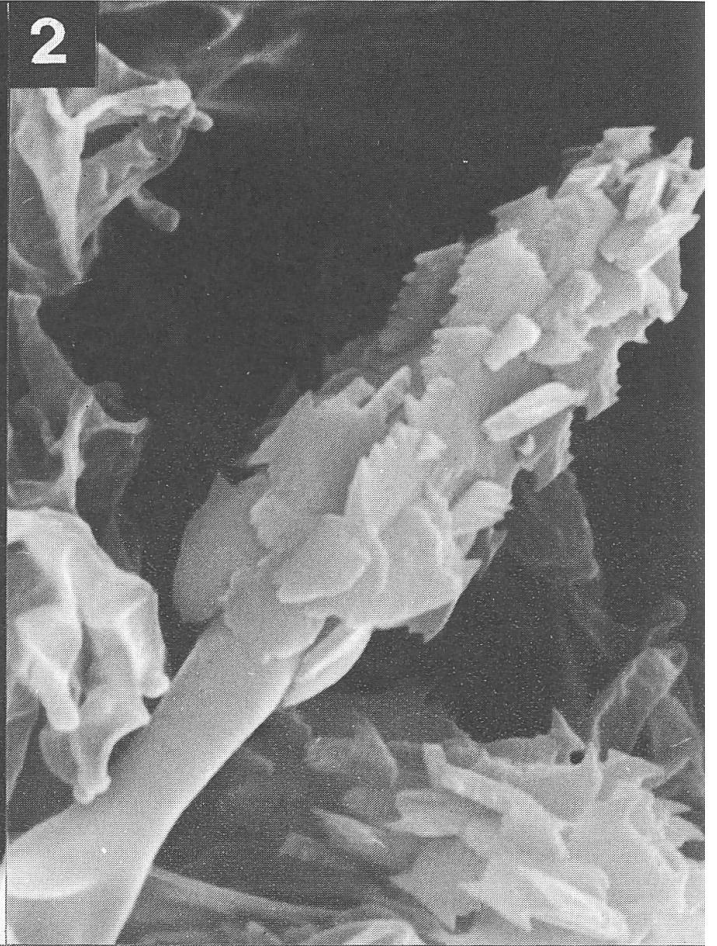


Planche XXXIII

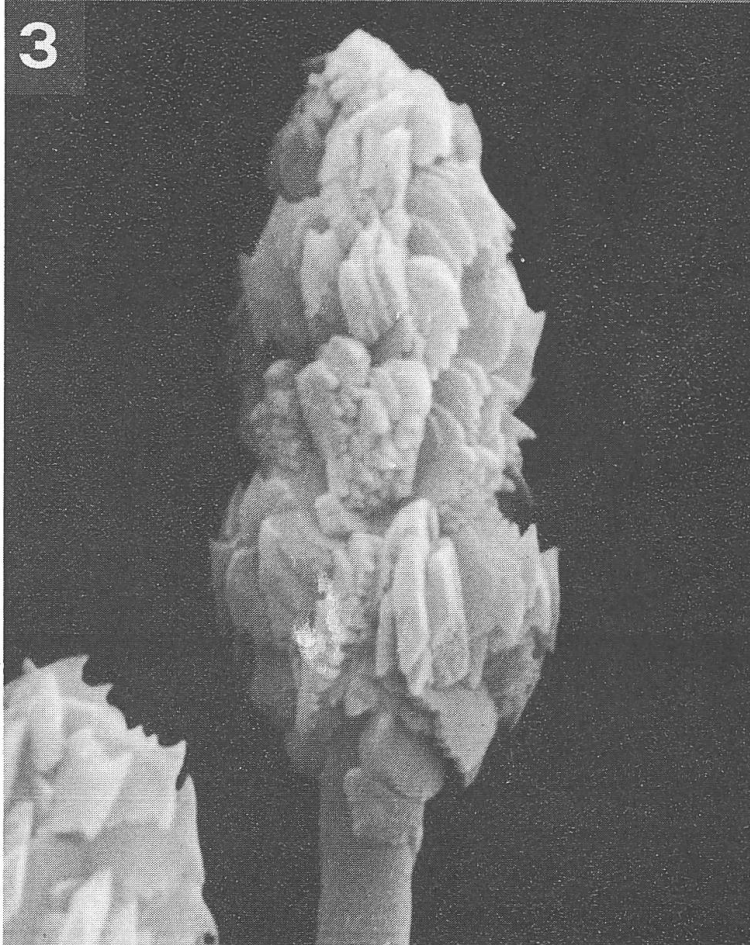
1



2



3



4

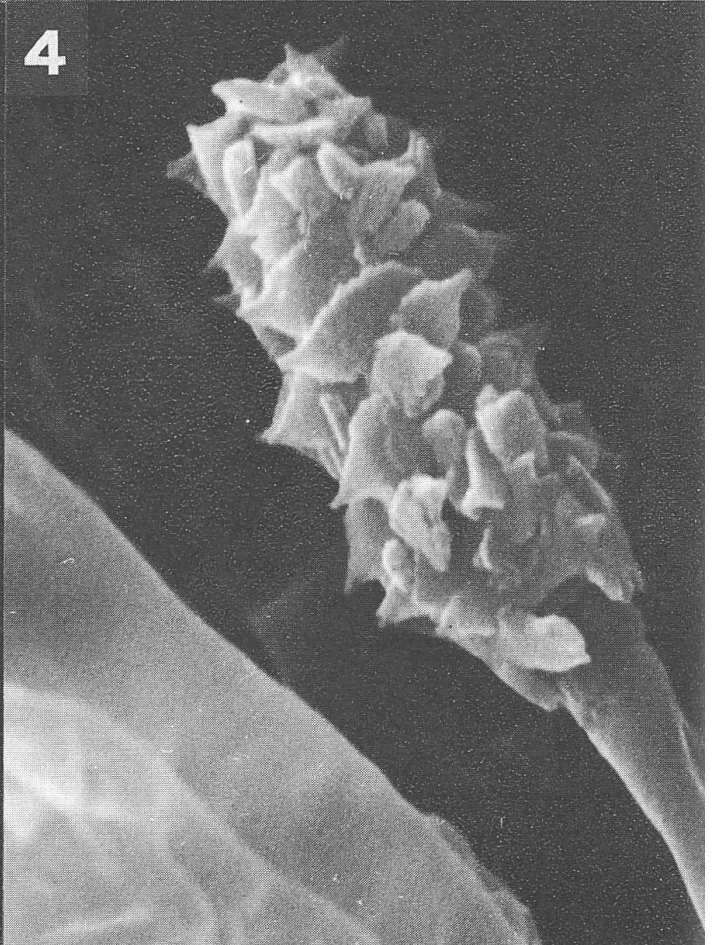


Planche XXXIV

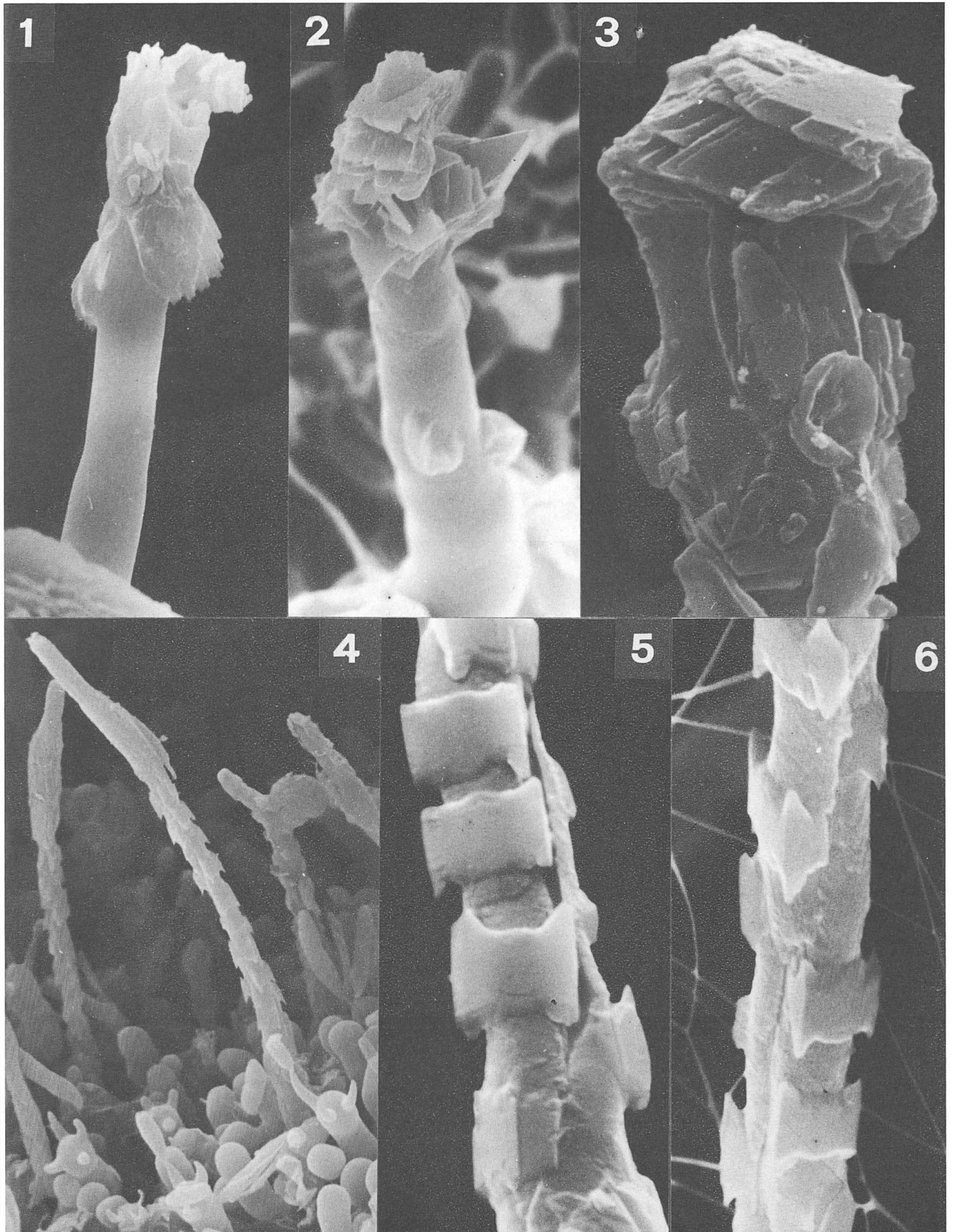


Planche XXXV



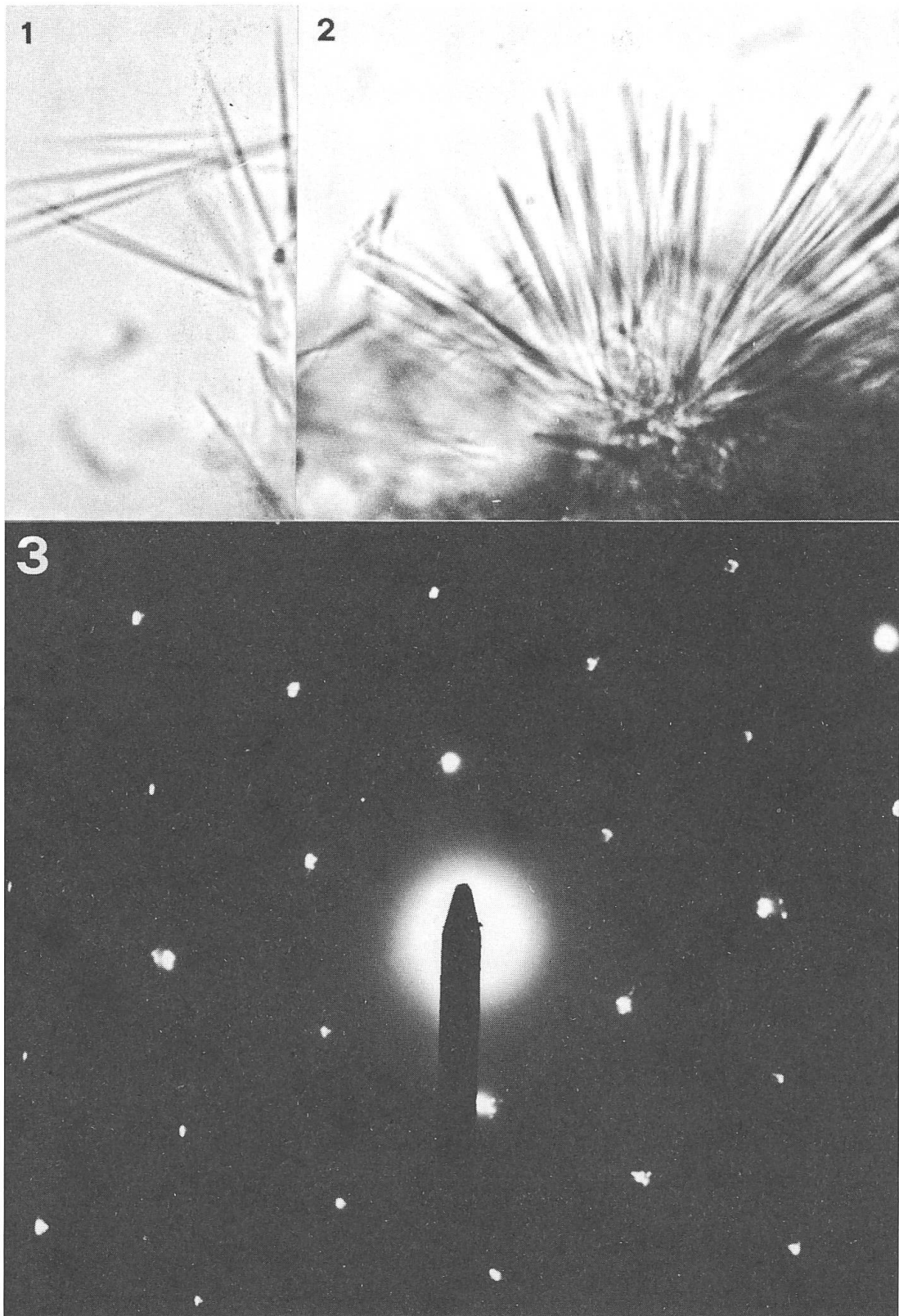


Planche XXXVI