

Carbonates et stromatolites du sommet du Groupe  
d'Eleonore Bay (Précambrien terminal) au Canning  
Land (Groenland oriental)

*par*

*Janine Bertrand-Sarfati et Renaud Caby*

English summary



# Grønlands Geologiske Undersøgelse

(The Geological Survey of Greenland)

Øster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen K

## Bulletins

- No. 106 The Fiskenæsset complex, West Greenland. Part I. A preliminary study of the stratigraphy, petrology, and whole rock chemistry from Qeqertarsuatsiaq. 1973 by B. F. Windley, R. K. Herd & A. A. Bowden. (*Meddr Grønland* 196,2). D.kr. 45.00
- No. 107 Precambrian ultramafic rocks south of Sermilik, Frederikshåb district, South-West Greenland. 1973 by Z. Misař. (*Meddr Grønland* 196,3). D.kr. 32.00
- No. 108 The Fiskenæsset complex, West Greenland. Part II. General mineral chemistry from Qeqertarsuatsiaq. 1974 by B. F. Windley & J. V. Smith. (*Meddr Grønland* 196,4). D.kr. 29.00
- No. 109 Revision of Triassic stratigraphy of the Scoresby Land and Jameson Land region, East Greenland. 1974 by K. Perch-Nielsen, K. Birkenmajer, T. Birkelund & M. Aellen. (*Meddr Grønland* 193,6). D.kr. 47.00
- No. 110 Géologie et pétrographie des roches sédimentaires et volcaniques kélidiennes (Protérozoïque inférieur) de la baignoire d'Arsuk, Groenland méridional. 1974 par J. Muller. (*Meddr Grønland* 201,3). D.kr. 154.00
- No. 111 Sand analysis as a method of estimating bedrock compositions in Greenland. 1974 by F. Kalsbeek, M. Ghisler & B. Thomsen. (*Meddr Grønland* 201,1). D.kr. 30.00
- No. 112 The structure of south Renland, Scoresby Sund – with special reference to the tectono-metamorphic evolution of a southern internal part of the Caledonides of East Greenland. 1975 by B. Chadwick. (*Meddr Grønland* 201,2). D.kr. 42.00
- No. 113 Holocene history of the Greenland ice sheet based on radiocarbon-dated moraines in West Greenland. 1975 by N. W. Ten Brink. (*Meddr Grønland* 201,4). D.kr. 40.00
- No. 114 Ferri-sepiolite in hydrothermal calcite-quartz-chalcedony veins on Nûgssuaq in West Greenland. 1974 by K. Binzer & S. Karup-Møller. (*Meddr Grønland* 201,5). D.kr. 12.50
- No. 115 The Hurry Inlet granite and related rocks of Liverpool Land, East Greenland. 1975 by K. Coe. D.kr. 26.00
- No. 116 The crystal habit of naujakasite. 1975 by Ole V. Petersen and Steen Andersen. The crystal structure of naujakasite. 1975 by Riccardo Basso, Alberto Dal Negro, Antonio Della Giusta and Luciano Ungaretti. D.kr. 20.00
- No. 117 Organic compounds from the Rhaetic-Liassic coals of Scoresby Sund, East Greenland. 1975 by K. R. Pedersen and J. Lam. D.kr. 16.00
- No. 118 The South Qôroq Centre nepheline syenites, South Greenland. Petrology, felsic mineralogy and petrogenesis. 1976 by D. Stephenson. D.kr. 25.00
- No. 119 Carbonates et stromatolites du sommet du Groupe d'Eleonore Bay (Précambrien terminal) au Canning Land (Groenland oriental). 1976 par J. Bertrand-Sarfati et R. Caby.

Bulletins up to no. 114 were also issued as parts of *Meddelelser om Grønland*, and are available from C. A. Reitzels Forlag, Nørre Søgade 35, DK-1370 Copenhagen K, Denmark.

GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE

Bulletin No. 119

Carbonates et stromatolites du sommet du Groupe  
d'Eleonore Bay (Précambrien terminal) au Canning  
Land (Groenland oriental)

*par*

*Janine Bertrand-Sarfati et Renaud Caby*

English summary

1976

## Abstract

Stromatolites are described from the Upper Eleonore Bay Group in Canning Land, central East Greenland. Comparison with Spitzbergen forms and microstructural analysis suggest a Vendian age. The following new taxa are described: *Poludia boreica*, *P. tyrrellina*, *Eleonora ramosa* and *Inzeria groenlandica*.

## Résumé

Au Canning Land, le Groupe d'Eleonore Bay auquel succède la tillite éo-cambrienne et le Cambrien fossilifère, offre une succession très analogue à celle décrite plus au Nord (dans la partie centrale de la chaîne calédonienne Groenland oriental). Cependant, les couches rouges des Multicoloured series sont moins largement répandues et la succession calcaréodolomitique, divisée en deux ensembles par des quartzites, présente une plus grande unité. Les stromatolites, abondants dans ces niveaux, appartiennent au supergroupe des Tungussides: *Poludia tyrrellina* et *P. boreica*, f. nov. et *Eleonora ramosa*, gr. nov., f. nov., pour les niveaux infra-quartzitiques; au supergroupe des Gymnosolenides: *Inzeria groenlandica*, f. nov., pour la partie supra-quartzitique qui est riche en microphytolites. Au dessus, la conservation des formes est moins bonne et on voit apparaître en plus de *Jurusania*, des Tungussides nombreuses, à colonnes de forme variable, associées au sommet de la formation à des oncolites (*Osagia*) très abondantes, souvent remaniées. La microstructure de ces différentes formes est en tapis de micrite, épisodiques, saisonniers, caractérisés par d'innombrables discordances (replis, cassures, écaillage des tapis), qui les différencient considérablement des formes du Riphéen supérieur. Cet assemblage a été comparé avec celui des formations carbonatées du Spitzberg. Il semble correspondre avec la partie supérieure de ces formations (série Russø et Backlundtoppen), attribuée au Vendien. Les conditions de dépôt de ces carbonates précambriens à stromatolites sont celles d'un bassin très plat, agité, peu profond, et régulièrement subsident dont les limites nous sont inconnues.

### Adresse d'auteurs:

Centre Géologique et Géophysique  
Université des Sciences et Techniques du Languedoc  
Place Eugène Bataillon  
F-34060 Montpellier Cedex  
France



## CONTENTS

Introduction .....	5
Lithofacies des niveaux 8 à 19 .....	5
Inventaire et description des stromatolites .....	17
Les stromatolites du niveau 12 .....	17
Coupe du Kap Tyrrell .....	17
Groupe Poludia Raaben .....	17
<i>Poludia boreica</i> f. nov. ....	17
<i>Poludia tyrrellina</i> f. nov. ....	19
Coupe à Ålborg Fjord .....	21
Groupe Eleonora gr. nov. ....	22
<i>Eleonora ramosa</i> f. nov. ....	22
<i>Eleonora</i> sp. ....	24
Tungusside de l'horizon 3 .....	25
Les stromatolites du niveau 13 .....	25
Coupe du Kap Tyrrell .....	26
Groupe Inzeria Krylov .....	27
<i>Inzeria groenlandica</i> f. nov. ....	27
Les stromatolites de la formation des dolomies et calcaires supérieurs .....	31
<i>Jurusania</i> sp. du niveau 14 .....	32
Tungusside des niveaux 15 et 16 .....	32
Stromatolites indéterminés du niveau 18 .....	34
Forme 1 .....	34
Tungusside : forme 2 .....	35
Forme 3 .....	37
Mécanismes de construction des laminations .....	37
Analyse des microstructures et de leur alternance .....	37
Superposition des laminations .....	39
Microphytolites .....	39
Catagraphia Maslov .....	40
Groupe Vesicularites Reitlinger .....	40
<i>Vesicularites</i> forme 1 .....	40
<i>Vesicularites</i> forme 2 .....	41
<i>Vesicularites</i> forme 3 .....	41
Oncolithi Pia .....	42
Groupe Osagia Twenhofel .....	43
Conclusions .....	43
Conditions de dépôt des horizons carbonatés .....	43
Corrélations stratigraphiques .....	45
Corrélations dans le bassin .....	45
Corrélations avec d'autres séries précambriennes .....	47
Données isotopiques .....	47
Summary .....	48
Remerciements .....	49
Glossaire .....	49
Bibliographie .....	50

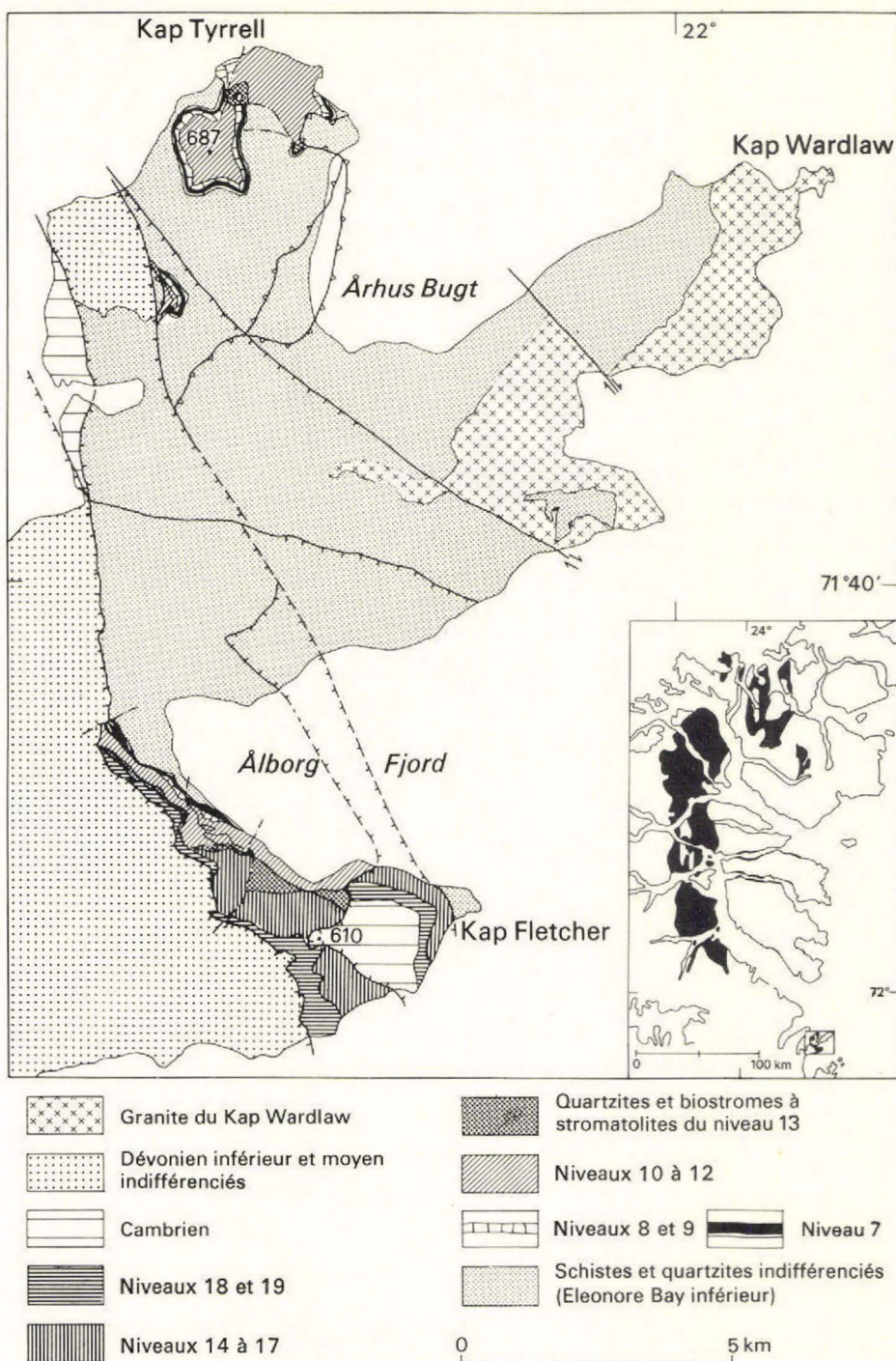


Fig. 1. Carte géologique simplifiée du Canning Land (d'après Caby, 1972). En cartouche: place des affleurements de la partie supérieure du Groupe d'Eleonore Bay dans la chaîne calédonienne du Groenland oriental.

## INTRODUCTION

La stratigraphie de la partie supérieure du Groupe d'Eleonore Bay est classique depuis les travaux de Fränkl (1953 a, b), Eha (1953) et Katz (1952) dans la région comprise entre l'Alpefjord ( $72^{\circ} 15' N$ ) et le Strindberg Land ( $73^{\circ} 45' N$ ). Au Canning Land, situé à plus de 100 km au Sud-Est, affleurent les témoins les plus méridionaux du Groupe d'Eleonore Bay (Bütler, 1948).

Au cours de l'expédition du GGU au Scoresby Sund (été 1971), l'étude stratigraphique du Groupe d'Eleonore Bay a été reprise par l'un de nous (R. Caby); les données nouvelles ont été résumées dans un rapport préliminaire (Caby, 1972). L'ensemble du groupe auquel succède la tillite éo-cambrienne et le Cambrien fossilifère, offre une succession très analogue à celle décrite plus au Nord (fig. 1). Cependant, une importante particularité réside dans le fait que les couches rouges de la série bariolée (Multicoloured series) sont ici uniquement présentes dans les niveaux 7 et 10. Cette différence confère une plus grande unité à la succession calcaréo-dolomitique, divisée en deux ensembles par les quartzites du niveau 13.

Pour plus de commodité, nous avons conservé la numérotation classique appliquée à la série dans la région des fjords, bien que le parallélisme soit parfois incertain, notamment pour les niveaux 11-12 et 14 à 18 (fig. 2).

Les coupes détaillées des niveaux 8 à 11 ont été effectuées au Kap Tyrrell, dans la face Ouest de la montagne côtière 687 m où ces niveaux sont moins affectés par les failles et le boudinage qu'à Ålborg Fjord; la coupe des niveaux 14 à 19, hachée de failles, a été levée principalement au Sud d'Ålborg Fjord, dans la face Nord de la montagne côtière 610 m, ainsi qu'au Kap Fletcher.

## LITHOFACIES DES NIVEAUX 8 à 19

### *Le niveau 8 (60 m)*

Sa base peut être arbitrairement fixée à la première apparition de carbonates au sein des schistes rutilants du niveau 7, où sont conservés des polygones de dessiccation et des chenaux gréseux analogues à ceux des schistes noirs de la partie inférieure du Groupe d'Eleonore Bay (Caby, 1972). Le niveau comprend, de bas en haut:

(a) banc de calcaire rubané marmoréen blanc à rose (3 m), à lentilles de siltstones dolomitiques;



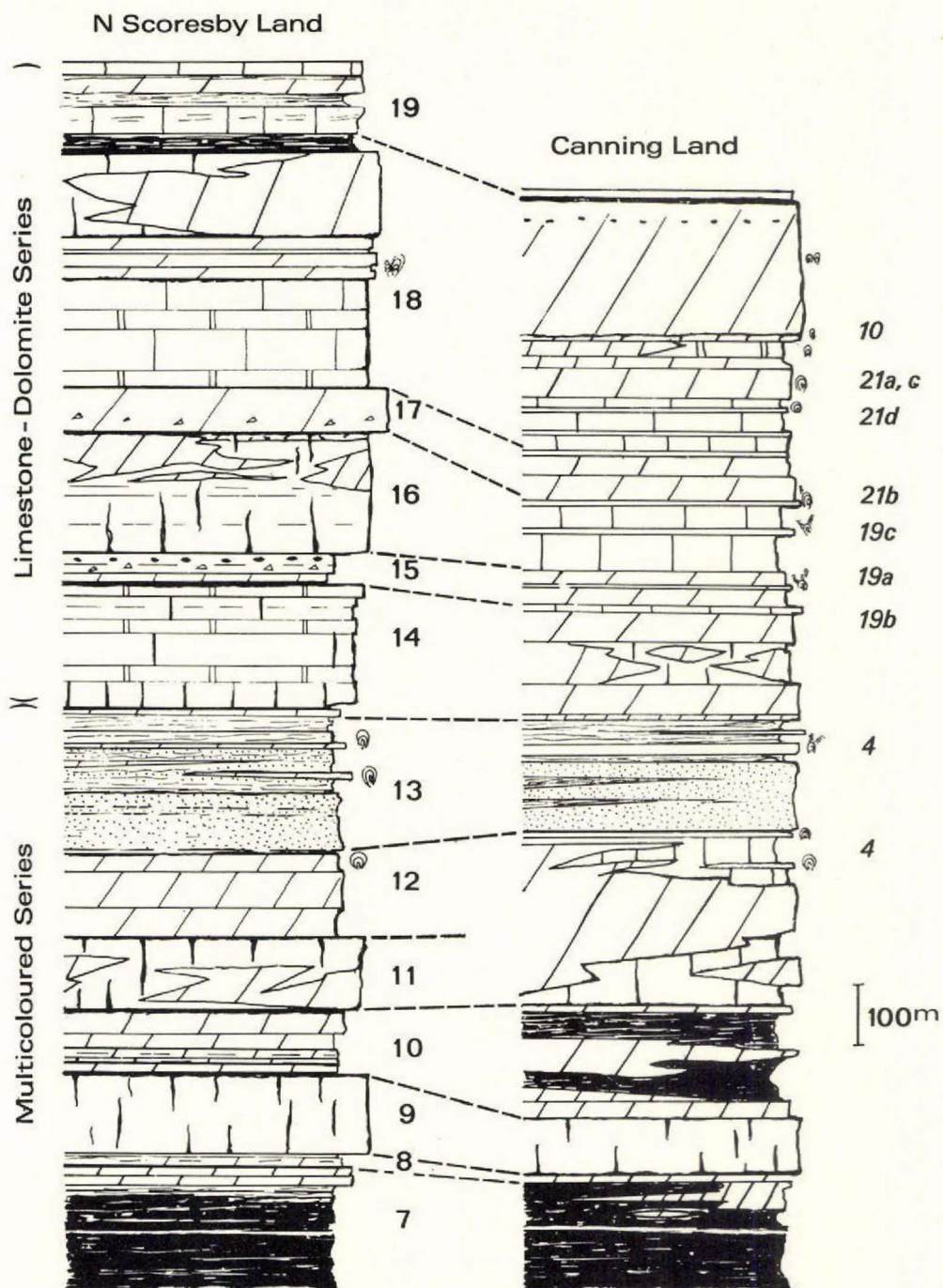


Fig. 2. Coupes stratigraphiques simplifiées du nord Scoresby Land (d'après Fränkl, 1953b) et du Canning Land (les chiffres à droite renvoient aux figures correspondantes dans le texte).

(b) schistes pélitiques rouges (10 m) renfermant des passées de gravelles dolomitiques anguleux, à patine jaune et de minces lentilles dolomitiques;

(c) banc dolomitique à patine jaune-ocre (5 m);

(d) séquence rythmique (25 m) de schistes dolomitiques pourpres et de bancs dolomitiques décimétriques qui augmentent en nombre vers le haut;

(e) gros banc dolomitique principal à patine jaune (15 m) à larges stratifications obliques de matériel microbréchiq ue dolomitique granoclassé à la base. Les dolomies fines rubanées et varvées montrent un développement de 'convolute bedding' et de slumps.

Ce banc 8 montre donc tous les termes d'une transgression marine progressive au-dessus des couches rouges à cachet continental du banc 7, avec dépôt de vases carbonatées dolomitiques dans un milieu relativement agité.

### *Le niveau 9 (100 m)*

Au Sud du Kap Tyrrell, cette barre massive est constituée de calcaires en bancs de 5 à 20 cm, légèrement magnésiens gris à noirs, fétides, riches en matière organique. Les cherts gris sont nombreux, principalement dans la partie inférieure; quelques lits de microbrèches intraformationnelles apparaissent aussi vers le milieu. La partie supérieure renferme plusieurs bancs constellés de petits sphérules irréguliers, dolomitiques et siliceux, inorganiques, parfois anastomosés. Ces sphérules épousent la stratification et dessinent des miches de 10 à 20 cm.

La plupart des calcaires possède une structure finement rubanée à varvée, en bandes claires et sombres. Les bandes sombres sont constituées de laminites millimétriques calcaréo-dolomitiques, interprétables comme d'origine algair e. Des mud cracks à surface bosselée et à remplissage également carbonaté gris-clair sont aussi caractéristiques de ce niveau (fig. 3)\*.

### *Le niveau 10 (165 m)*

Ce niveau souvent couvert d'éboulis, comprend de bas en haut:

(a) siltstones gris (5 m);

(b) dolomies renfermant des bancs de brèches et conglomérats carbonatés intraformationnels à ciment dolomitique, à patine ocre, avec bancs riches en silex et siltstones dolomitiques noirs à patine ocre (10 cm);

(c) siltstones plus ou moins dolomitiques ou argileux de teinte pourpre puis kaki au sommet (40 m);

(d) banc de dolomie et calcaire dolomitique massif gris clair (20 m) renfermant un lit rubané affecté de slumpings géants d'échelle métrique; l'un des lits, riche en matière organique renferme de petites vesicules sphériques d'origine algair e (fig. 24);

\* Au cours d'une nouvelle mission dans la région de l'Alpefjord, l'un de nous (R.C.) a observé dans les calcaires noirs rubanés du même horizon une multitude de niveaux à authentiques mud-cracks.



Fig. 3. Calcaire finement varvé à fentes de retrait. Les laminites microsparitiques (algaires?) claires et sombres se différencient par la plus ou moins grande quantité de matière organique. Dans les couches claires apparaissent des sphérules à enveloppe externe siliceuse (flèche). Les fentes de retrait secondaires sont remplies de microsparite homogène (dessiccation) (GGU 145 352). Kap Tyrrell, niveau 9. Echelle 1 cm.

- (e) alternance de calcaires, dolomies et siltstones variés (15 m);
- (f) schistes gris verdâtre à bandes quartzitiques et siltstones dolomitiques (60 m);
- (g) dolomies rubanées jaunes, siltstones et calcaire noir (15 m).

#### *Les niveaux 11 et 12 (90 m)*

(a) au Kap Tyrrell, ces deux niveaux consistent en un seul banc de dolomie claire\* secondaire largement cristalline;

(b) à Ålborg Fjord, le même horizon correspond à des calcaires gris analogues à ceux du niveau 9, dans lesquels se développent, surtout au sommet, des lentilles de dolomie secondaire avec des figures complexes de remplacement analogues à celles décrites par Fränkl (1953 a).

(c) les biostromes à stromatolites du sommet du niveau 12

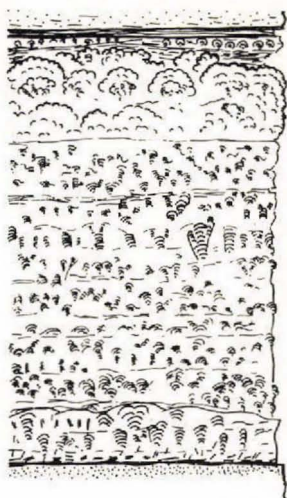
(1) le toit du niveau 12 renferme les premiers stromatolites reconnus au Canning Land (fig. 4). Cet horizon a été repéré, dans un affleurement ponctuel, 1 km au Sud-Ouest du Kap Tyrrell. Epais de 7 mètres, cet horizon comprend plusieurs bandes de microbrèches dolomitiques en plaquettes et à catagraphes, en larges stratifica-

\* D'après les données de Schidlowski *et al.* (1975) sur des échantillons des niveaux 12, 13, 15, 16 et 18, il s'agit de dolomies très pures (> 99 %) avec de hautes teneurs en matière organique.



KAP TYRRELL

ÅLBORG FJORD



7d

7c

7b



9

8

7a

16-17

Quartzites (120 - 150 m)

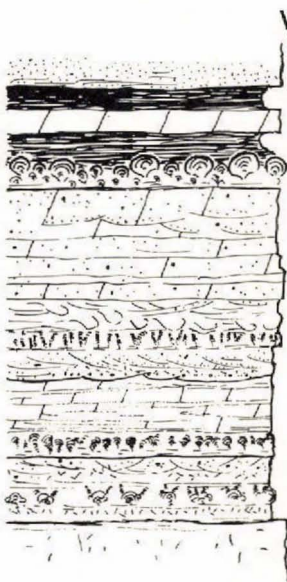
1 m



4

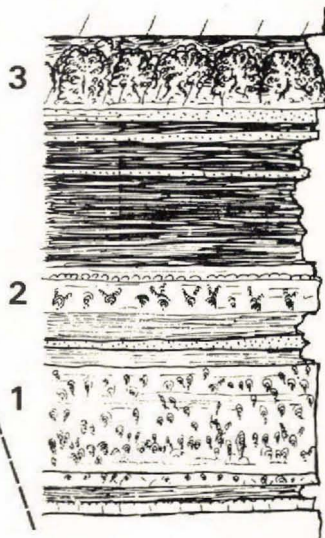
15c

Quartzites, schistes, et dolomies (35 m)



11

5a



3

15a, b

2

5b, c

1

13

5d

Fig. 4. Coupes des dolomies à stromatolites des niveaux 12 et 13 au Kap Tyrrell et Ålborg Fjord (les chiffres à droite renvoient aux figures correspondantes).



Fig. 5. Stromatolites du niveau 12. *a*: stromatolites en grosses colonnes hémisphériques sur des dolomies bréchiques à catagraphes. Kap Tyrrell. *b* et *c*: biostromes à colonnes du banc 2. *d*: biostromes du banc 1, à *Eleonora ramosa*. Ålborg Fjord. Echelle 3 cm.

tions obliques et à surfaces ravinées. Elles alternent avec des dolomies grises fines et avec trois bancs de stromatolites en grosses colonnes (fig. 5 a) surmontées par des édifices complexes ramifiés. Le sommet est constitué par de gros stromatolites isolés sub-sphériques, noirs, riches en matière organique, atteignant 30 cm de diamètre, empâtés par du schiste noir argileux;

(2) au Sud d'Ålborg Fjord affleure, sous les quartzites du banc 13, un ensemble hétérogène repérable par ses bancs dolomitiques à patine jaune-ocre. Cet ensemble doit probablement surmonter le niveau précédent observé au Kap Tyrrell, à moins qu'il n'en constitue l'équivalent latéral:

(a) le banc n° 1 dolomitique sombre, riche en matière organique, est un biostrome à formes enchevêtrées (fig. 5 d) dont la croissance a été perturbée par des dépôts de sables quartzeux et d'argile noire, avec formation de microbrèches calcaréo-dolomitiques pouvant remanier des fragments de stromatolites;

(b) le banc n° 2 est un biostrome à formes comparables (fig. 5 b et c) qui passe latéralement à des biohermes (de 10 cm à 1 m de haut), à colonnes complexes isolés dans du schiste noir;

(c) le banc n° 3 à patine jaune est composé de biohermes à colonnes buissonnantes s'interpénétrant, entre lesquels apparaissent des formes complexes et des brèches (fig. 15 a et b). L'ensemble est surmonté et empâté par du schiste noir à minces bancs quartzitiques;

(d) le banc n° 4, immédiatement situé sous les quartzites, a une patine brun rose avec minces interlits riches en hématite. Il renferme des colonnes isolées très probablement érodées (fig. 15 c).

### *Le niveau 13 (190 m)*

(a) la barre de quartzites (120–150 m)

Contrairement à la région des fjords où ils sont pourpres, ces quartzites sont ici totalement blancs. Les bancs de grès-quartzite pur, de 1 à 2 m en moyenne, séparés à la base par de minces interbancs argilitiques verts, renferment de nombreuses stratifications obliques à angle accusé. En surface les bancs sont garnis de ripple-marks d'origine aquatique. Des chenaux profonds de nature fluviale (10–30 cm, large de 0,50 à 2 m) d'orientation NW–SE ont été observés vers le sommet. Des galets quartzeux très émoussés (2 à 3 cm) fréquents à la base et au sommet, parfois en lentilles, sont mêlés à des galets mous argileux noirâtres. Les derniers bancs sont formés de quartzites fins en petits bancs, riches en matière carbonneuse.

Cet épisode quartzitique partout présent dans le Groupe d'Eleonore Bay possède ici des caractères de dépôt fluviale. L'ensemble du bassin, alors siège d'une sédimentation purement carbonatée, a donc été soudainement envahi par des sables siliceux très purs d'origine continentale, de faciès analogue à celui de la série des quartzites sous-jacente.

(b) le biostrome à stromatolites du sommet du niveau 13.

Ces biostromes (fig. 4) constituent une ou plusieurs bandes dolomitiques à patine jaune très analogues sur le terrain à celles de la base des quartzites:

(1) au Kap Tyrrell, couronnant les quartzites, il s'agit d'un banc massif épais de 7 à 8 m, uniquement conservé dans une petite butte témoin.

L'ensemble débute par des schistes noirs, et des dolomies varvées à fines laminations obliques, surmontés par des brèches en plaquettes géantes (jusqu'à 20 cm). Ces plaquettes dolomitiques, varvées, monogéniques et fréquemment cassées, impliquent par leur disposition oblique un dépôt turbulent. La matrice est une dolomie fine à microstratifications obliques. De telles brèches en plaquettes ou en galettes ont été maintes fois signalées aussi bien dans les séries carbonatées précambriennes qu'actuelles ('flake-breccias', flat-pebble conglomerate fig. 6, etc.) Leur origine reste énigmatique:





Fig. 6. Dolomies en plaquettes de grande taille: 'flat pebble conglomerate'. Kap Tyrrell, base de 13.

polygones de dessiccation dans la zone intertidale (Logan, 1961), éléments de tapis algaires décollés et remaniés dans la zone sub-tidale (Gebelein, 1969), brèche de chenal de marée (Jindrich, 1969)?

Les premiers stromatolites débutent directement sur ces brèches ou sur de la dolomie varvée, et les plaquettes piégées entre les colonnes sont parfois verticales. Il existe près d'une dizaine de cycles analogues. Les plus grosses colonnes ont un diamètre de 10 à 15 cm (fig. 7 b, c, d). Le sommet est constitué par des formes buissonnantes en boules à structure-colonnaire complexe (1 à 3 m) entre lesquelles s'est déposé un mélange de schiste noir dolomitique et de dolomie noire;

(2) A Ålborg Fjord, on observe deux biostromes principaux. Le banc inférieur montre une association de formes très comparables à celles du Kap Tyrrell (fig. 7 a) avec à la base des brèches de plaquettes dolomitiques similaires.

Au-dessus apparaissent dans les schistes noirs de petits biohermes de 0,10 à 0,30 m de diamètre, isolés dans des schistes noirs à lentilles quartzitiques (fig. 8). Cette disposition est exagérée par le boudinage. Le dernier banc se présente soit en biohermes, de 0,10 à 2 m de diamètre, formés d'édifices buissonnants et rayonnants empâtés par du schiste noir, soit en biostrome à colonnes peu ramifiées (fig. 9).



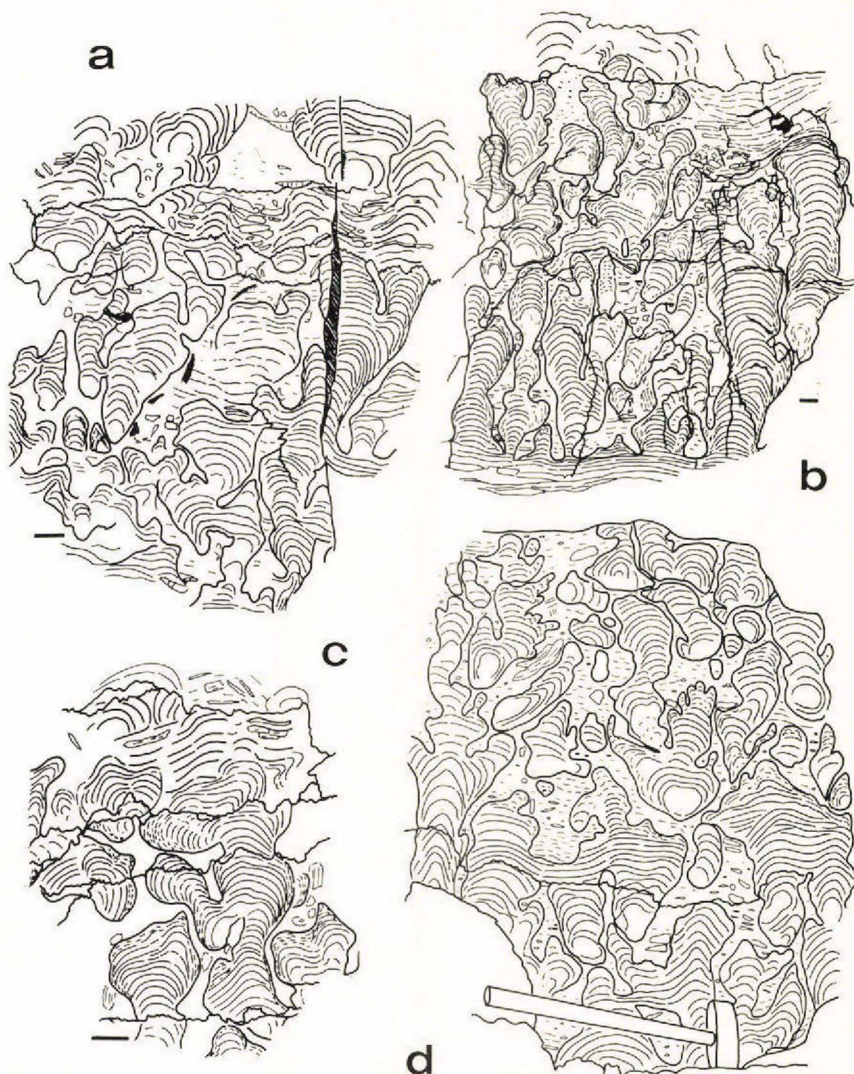


Fig. 7. Stromatolites du niveau 13. a: sommet des dolomies à Ålborg Fjord rappelant *Inzeria groenlandica*; b, c et d: trois récurrences de formes semblables dans l'horizon dolomitique à *Inzeria groenlandica* du Kap Tyrrell. Echelle 5 cm.

(c) le sommet du niveau 13 est composé, de bas en haut par les horizons suivants: quartzites charbonneux, schistes noirs micacés charbonneux (12 m); dolomie jaune ocre à brèches intraformationnelles (35 m) et argilites rouges; alternance de shales, grès ankéritiques/dolomitiques, quartzites gris impurs (18 m); banc dolomitique rose à enduits hématitiques (2 m); alternance de dolomies claires variées (18 m), avec brèches intraformationnelles, admettant un banc de 1 m constitué de stromatolites en petites colonnes ramifiées qui n'a pas été échantillonné.

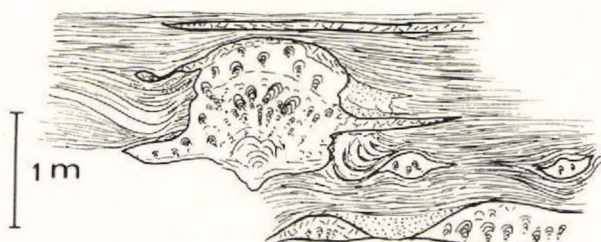


Fig. 8. Biohermes dans les schistes noirs du sommet du niveau 13 à Ålborg Fjord; notez le piègeage et les chenaux sableux à la périphérie des édifices construits.

#### *Le niveau 14 (190 m)*

Ce niveau comporte de bas en haut, les termes suivants:

(a) dolomies massives gris pâle (50 m) au sommet desquelles apparaissent les premiers oncolites;

(b) dolomies claires rubanées à grain fin (12 m) surmontées par un banc régulier de stromatolites (2 m) (fig. 19 b et 20 a) et par un banc complexe avec microbrèches, édifices stromatolitiques complexes, cimentés par des microbrèches dolomitiques, polygéniques;

(c) calcaires noir rubanés fétides (70 m) en lits de 2 à 20 cm, avec bandes sombres de dolomie à grain fin; rares interlits centimétriques de schiste dolomitique bitumineux; présence d'un niveau à slumps géants; bancs de microbrèches polygéniques en chenaux dans les calcaires noirs à stratifications obliques métriques;

(d) dolomies secondaires (60 m) à nombreux niveaux microbréchiques, granules dolomitiques et catagraphes en larges stratifications obliques, caractéristiques de dépôts agités.



Fig. 9. Stromatolite indéterminé du sommet du niveau 13 à Ålborg Fjord. Echelle 2 cm.



### *Le niveau 15 (70 m)*

Ce niveau offre une lithologie peu différente du précédent:

(a) alternance de calcaires sombres et de dolomies grises secondaires riches en oncolites (30 m) avec à la base d'importantes lentilles de brèches dolomitiques à éléments polygéniques, centimétriques ou décimétriques;

(b) banc dolomitique clair (6 m) formé de stromatolites en colonnes buissonnantes en bancs de 0,50 m à 1 m, cimentés par une dolomie grise primaire rubanée (fig. 19 a);

(c) alternance de dolomies grises à patine claire et de calcaires variés gris sombre, à la base des niveaux microbréchiques à nombreuses stratifications obliques métriques (35 m).

### *Le niveau 16 (120 m)*

(a) calcaires lités noirs fétides (30 m);

(b) dolomies et schistes dolomitiques riches en matière organique à lits de silex (25 m);

(c) dolomies pénécontemporaines rubanées claires à nombreux bancs riches en oncolites et intraclasts divers (15 m);

(d) banc dolomitique blanc constitué de stromatolites colonnaires (4 m) (fig. 19 c et 20 b et c);

(e) calcaires noirs rubanés à oncolites et microbrèches dolomitiques (15 m);

(f) dolomie noire largement cristalline riche en oncolites (30 m);

(g) banc de dolomie claire à stromatolites en colonnes buissonnantes surmontées de colonnes ramifiées parfois arborescentes, cimentées par des microbrèches dolomitiques. Des chenaux remplis de dolomie grise (fig. 21 b) ravinent ces bancs lenticulaires.

### *Le niveau 17 (75 m)*

Il est constitué par:

(a) dolomies rubanées gris pâle (45 m) avec niveaux riches en très grosses oncolites (plus d'1 cm) et microbrèches;

(b) dolomies et schistes dolomitiques charbonneux (10 m);

(c) dolomies rubanées grises (12 m);

(d) dolomies noires charbonneuses (10 m).

### *Le niveau 18 (320 m)*

Il comprend les bancs suivants:

(a) dolomies varvées (20 m) en bancs de 5 à 20 cm à figures de slumping alternant avec de nombreux niveaux de microbrèches intraformationnelles à oncolites remaniées.

(b) dolomies grises variées (25 m) riches en oncolites et pisolites pouvant atteindre 2 cm de diamètre, parfois silicifiés;

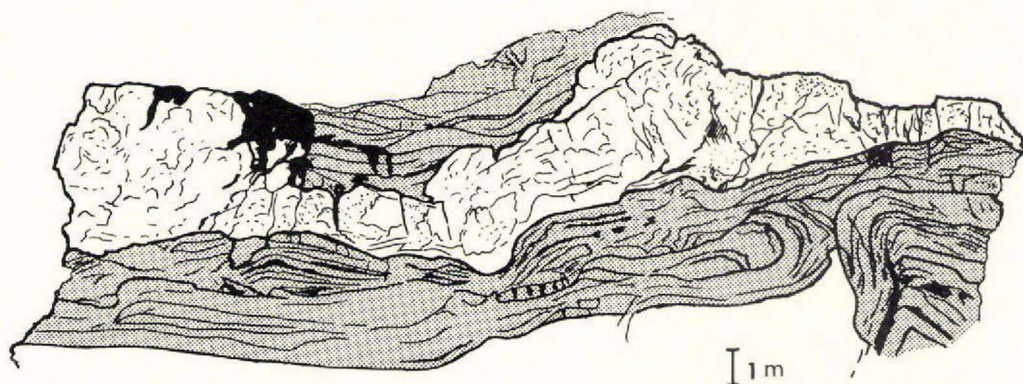


Fig. 10. Banc dolomitique en biohermes stromatolitiques irréguliers; des dolomies grises rubanées emplissent les chenaux entre les coupes. Le caractère lenticulaire primaire est accentué par le boudinage; notez les plis disharmoniques et les surfaces de laminage; Ålborg Fjord, niveau 18.

(c) calcaires bitumineux noirs (30 m) à niveaux ondulés, à bancs riches en silex;

(d) calcaires marneux gris (4 m) avec, au sommet, un mince banc à édifices stromatolitiques calcaires pseudocolumnaires (fig. 21 d et 22 a) et un banc massif (épaisseur 0,30 à 3 m) constitué de stromatolites buissonnants;

(e) marno-calcaires noirs fétides (25 m) à bancs dolomitiques varvés et à passées microbréchiques surmontées par un banc calcaire;

(f) dolomies claires rubanées et varvées à grain fin à passées microbréchiques (50 m) comportant à la base des brèches de remaniement et un banc de stromatolites en colonnes (fig. 21 a et c et 22 b);

(g) dolomies variées à patine claire et jaune au sommet (40 m). Les bancs de 0,30 à 0,50 m sont parsemés de cherts; d'autres sont finement rubanés à larges stratifications obliques et figures de slumping, avec rares interbancs de schistes dolomitiques verts. Cette séquence dolomitique renferme 3 bancs clairs irréguliers (1 à 5 m d'épaisseur, fig. 10) composés de stromatolites buissonnants (fig. 23) en biohermes de 2 à 5 m de diamètre.

(h) dolomie blanche recristallisée (130 m) à niveaux de silex vers la base, à bancs microbréchiques, avec un ou plusieurs niveaux de stromatolites mal conservés en petites colonnes ou laminations continues qui n'ont pas été échantillonnés. Les 15 derniers mètres se chargent en gros silex noirs.

#### *Le niveau 19 (12 m)*

Ces couches ne représentent probablement que la partie inférieure du niveau 19, uniquement exposée aux environs du Kap Fletcher:

(a) schistes plus ou moins siliceux noirs riches en matière organique (1 à 2 m);

(b) banc de dolomie grise surmontée par les schistes noirs à lentilles de cherts noirs (10 m); les cherts renferment des micro-organismes (10 à 15  $\mu$ ) de forme sphérique ou polyédrique à test siliceux et à structure concentrique.

Ces couches sont recouvertes en concordance, semble-t-il, par la tillite éo-cambrienne et par le Cambrien fossilifère.

## INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES STROMATOLITES

Les stromatolites sont décrits dans l'ordre chronologique. La définition des groupes est basée sur une analyse morphologique des colonnes d'après un dessin à partir de coupes sériées (Bertrand-Sarfati, 1972). Elle comprend une description de la forme des colonnes, de la ramification et de la surface latérale. La microstructure des laminations intervient dans la définition de la forme-espèce. En annexe sont notés le mode de gisement, la nature de l'encaissant et la diagenèse qui sont précieux pour une analyse du milieu.

### Les stromatolites du niveau 12

Deux coupes ont été échantillonnées (fig. 4), elles offrent des successions quelque peu différentes et sont probablement superposées.

#### *Coupe du Kap Tyrrell*

Les stromatolites construisent des biostromes en bancs peu épais. Ils alternent avec des dolomies bréchiques ou à catagraphes, sur lesquelles ils débutent par des laminations planes.

#### Groupe POLUDIA Raaben

*Poludia*. Raaben 1964, p. 101.

*Forme-type*. *Poludia polymorpha* Raaben.

*Diagnose*. Colonnes de forme variée, subcylindriques ou très évasées. L'axe des colonnes est lui-même coudé dans toutes les directions. Les couches sont tantôt enveloppantes, tantôt en visières et pointes. Supergroupe des Tungussides.

#### *Poludia boreica* f. nov.

Fig. 11e; 12a.

*Holotype*. MGUH 13 808 de GGU 152 351.3

*Nom. De boreas* (lat.) = vent du nord.

*Description*. Autour d'une colonne centrale évasée, plutôt verticale, à couches fortement convexes, se répartissent des ramifications très obliques, parfois mê-



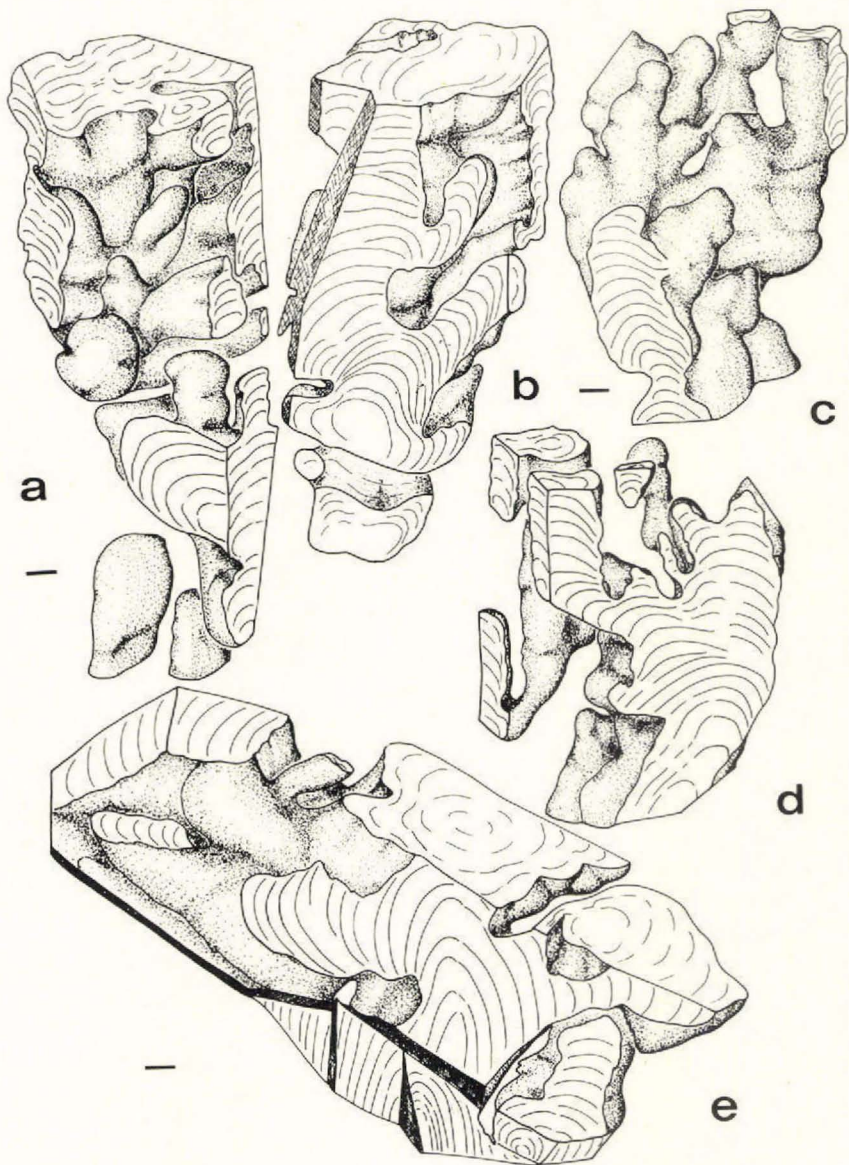


Fig. 11. *Poludia tyrrellina* f. nov. a et b: colonne globuleuse à ramification en petites excroissances à l'extérieur de la colonne-mère (MGUH 13 798 de GGU 152 351.2); c et d: colonnes ramifiées à axe coudé (MGUH 13 809 de GGU 152 351.4). *Poludia boreica* f. nov. e: grosse colonne coudée à convexité variable, expansions latérales très obliques (MGUH 13 808 de GGU 152 351.3). Kap Tyrrell, niveau 12. Echelle 1 cm.

me orientées vers le bas, ainsi que de très petites expansions latérales. L'axe de cette colonne est coudé et les couches y sont parfois quasiment planes. Le développement est exubérant, les anastomoses de colonnes fréquentes. La bordure est irrégulière dans les colonnes obliques, très lisse au contraire dans les colonnes verticales à couches enveloppantes. Des discordances sont fréquentes dans la succession des couches.

*Microstructure.* Dans la colonne centrale, des tapis sombres de micrite homogène alternent avec des couches de microsparite néomorphe qui parfois les interrompent. On y observe aussi des zones de laminations, où les épaisseurs relatives des couches sombres et claires varient. Dans les rameaux, à microstructure différente, se développent épisodiquement des tapis sombres plus fins, à limites floues, de micrite grumeleuse alvéolaire. Elles se composent de glomérules ovoïdes ou tubulaires contournés, à bords très sombres et zone centrale de sparite claire. Ces structures pourraient être des moules de gros filaments algaires.

*Encaissant.* Il est grossièrement lité: une micrite sombre alvéolaire borde les colonnes en discordance sur les laminations, elle renferme de très nombreuses plages ovales de sparite claire et parfois des filaments dressés; elle se continue par une microsparite à fins éléments micritiques, pelloïdes et grosses vésicules sombres ovales (différentes de *Vesicularites* forme 1, fig. 24); enfin une microsparite claire sans débris est coiffée par la bordure de la colonne sus-jacente. Ce dépôt géopète semble s'être fait dans une cavité. Il est donc postérieur aux colonnes qui l'environnent.

*Mode de gisement.* Cette forme compose des buissons dans un biostrome. Elle est associée à *Poludia tyrrellina*. Leurs rapports ne sont pas clairement définis; elles peuvent appartenir au même bioherme où elles matérialiseraient une variation latérale auquel cas leur attribution à deux espèces différentes pourrait se discuter, ou bien elles sont en alternance verticale ou latérale. Un seul échantillon provient d'un des horizons du niveau 12.

*Comparaisons.* D'allure très complexe, cette forme ne montre aucune architecture cohérente. Les caractères varient d'un élément de colonne à un autre et elle ne peut être confondue avec *Tungussia* ou *Baicalia*, les moins régulières des Tungussides. Elle est proche de *Poludia russa* Raaben, par la forme, mais la microstructure de *P. russa* est une alternance de tapis grumeleux-alvéolaires, épais, avec des couches claires à pelloïdes, sans tapis homogènes.

*Poludia tyrrellina* f. nov.

Fig. 11a à d; 12b; planche 1a.

*Holotype.* MGUH 13 798 de GGU 152 351.2.

*Nom.* Du nom de la localité dont elle provient: Kap Tyrrell.

*Description.* Ce sont des colonnes verticales ou subverticales parfois obliques, évasées, à diamètre variable et généralement globuleuses. Le développement est restreint. La convexité des couches varie: presque planes dans les colonnes cen-



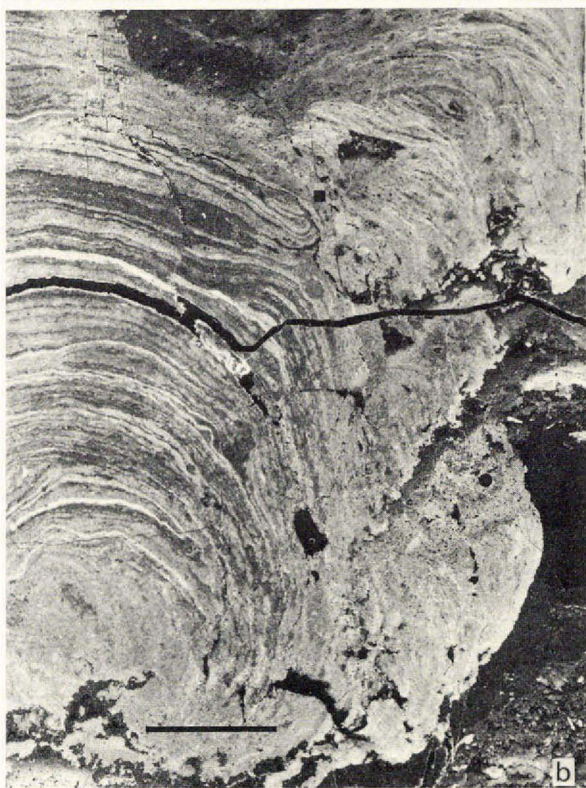
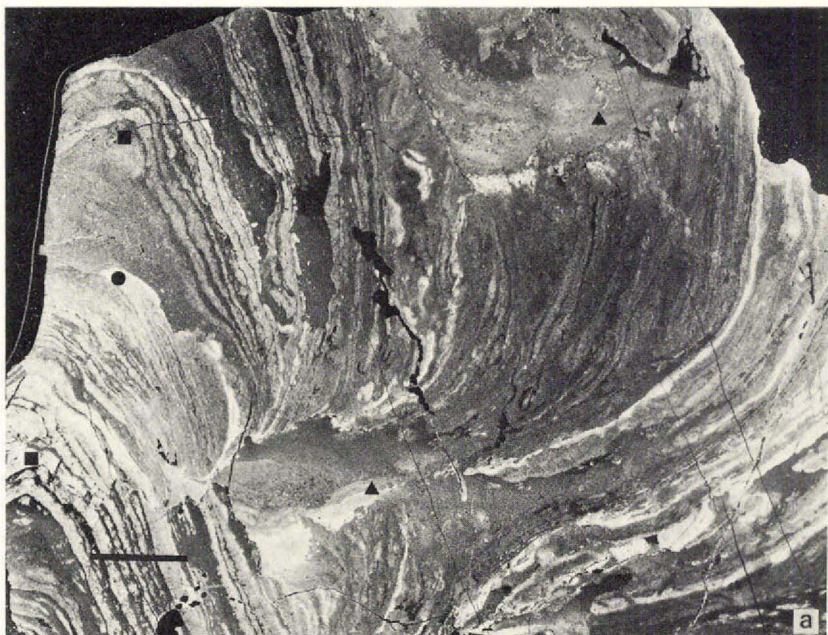


Fig. 12. Microstructures. *a*: *Poludia boreica* f. nov.; carré: convexité des colonnes verticales et variation d'axe; triangle: remplissage géopète entre les colonnes; point: discordance des couches (MGUH 13 808 de GGU 152 351.3). *b*: *Poludia tyrrellina* f. nov.; carré: tapis replié en bordure et discordance de la ramification; point: micrite algale alvéolaire enveloppant la ramification (MGUH 13 798 de GGU 152 351.2). Photographies négatives de lame mince. Kap Tyrrell, niveau 12. Echelle 1 cm.



trales, elles sont moyennement convexes dans les expansions latérales. La bordure latérale des piliers est lisse, à couches recouvrantes ou nettement interrompues (colonnes centrales). Les couches montrent une superposition assez régulière avec cependant des discordances (tapis replié ou érodé). La ramification apparemment active et fréquente présente quelques particularités: (1) les couches de la colonne-mère ne s'incurvent que rarement avant la ramification; (2) il n'y a pas vraiment élargissement de la colonne avant la ramification; (3) celle-ci se présente comme une excroissance oblique (fig. 11, éch. MGUH 13 798 et 13 809 de GGU 152 351.2 et 152 351.4 respectivement), courte, à l'extérieur de la colonne-mère; (4) il y a soit discordance nette entre les couches des deux parties, soit accordance (fig. 12), mais rarement continuité; (5) la microstructure, tout en restant du même type, montre certaines variations de même que la convexité qui devient plus forte, la bordure latérale plus lisse, etc.

*Microstructure.* Les couches sombres sont en tapis de micrite homogène avec périodiquement des tapis (de 0,03 à 0,6 mm d'épaisseur) de micrite à fibres ou grumeleuse-alvéolaire. Dans les premières, des éléments sombres en fibres courtes, contournées, en réseau, se présentent, en gros, parallèlement à la stratification, dans un fond de micrite homogène. Il pourrait s'agir soit de filaments en vraie grandeur soit de la partie externe, micritique de filaments plus gros. Quatre sortes de couches claires leur sont associées: dans les colonnes centrales: (1) des couches de microsparite minces, à fins pelloïdes qui sont traversées par des filaments verticaux mal visibles; (2) des couches de sparite claire à rares pelloïdes, d'épaisseur variable (3); des couches de sparite en grands cristaux xénotopiques, probablement remplissage de vides dûs au décollement des tapis; (4) dans les excroissances latérales: les tapis sombres à fibres, plus fins et plus serrés, alternent avec une micrite alvéolaire qui enveloppe aussi les excroissances.

*Encaissant.* Une boue micritique recristallisée en dol-sparite et dol-microsparite, à fins débris de films, pelloïdes et rares sphérules fines (forme 1, fig. 24) contient des lits discontinus de micrite algale alvéolaire analogue à celle des expansions latérales.

*Comparaisons.* Par l'allure de ses colonnes cette *Poludia* rappelle *Tungussia*, mais s'en éloigne par sa ramification d'un type particulier en protubérances légèrement postérieures aux colonnes-mères. Elle diffère de *Poludia russa* par son architecture plus régulière, les colonnes moins obliques et moins globuleuses. Son association avec *P. boreica* f. nov. ne permet pas de confondre les deux formes: l'architecture des colonnes est différente, la microstructure, elle-même varie quelque peu: les tapis à fibres n'apparaissent pas chez *P. boreica*.

*Localisation.* Trois échantillons ont été étudiés: MGUH 13 830, 13 798 et 13 809 de GGU 152 351.1, 152 351.2 et 152 351.4 respectivement, ainsi qu'un échantillon des édifices isolés subsphériques de l'horizon supérieur MGUH 13 829 de GGU 152 350 dont la morphologie est nettement différente et la microstructure cependant très proche.

### *Coupe à Alborg Fjord*

Les biostromes à stromatolites forment quatre bancs, plus épais que les précédents (fig. 4) et alternent avec des siltstones et des schistes noirs. Dans certains

horizons apparaissent des biohermes de quelques centimètres à un mètre de diamètre.

Groupe ELEONORA gr. nov.

*Forme-type.* *Eleonora ramosa* f. nov.

*Nom.* D'Eleonore Bay, nom du groupe stratigraphique.

*Diagnose.* Colonnes évasées, verticales ou obliques, à ramification en excroissances latérales plus petites et souvent différentes des colonnes centrales. La microstructure montre des tapis à fibres sombres. Supergroupe des Tungussides.

*Eleonora ramosa* f. nov.

Fig. 13a et d; planche 1b.

*Holotype.* MGUH 13 820 de GGU 145 467.

*Nom.* De *ramus* (lat.) = petite branche.

*Description.* Les colonnes de 3 à 5 cm (parfois 7 à 8 cm) sont verticales au centre, avec des ramifications très obliques. Généralement évasées et globuleuses, elles sont faiblement élevées, à développement exubérant. La section transversale des colonnes montre une section à lobes peu découpés. La bordure latérale est lisse, la convexité moyenne. La ramification est active et fréquente. La colonne centrale est entourée d'une série de petites colonnes obliques ou horizontales, très nombreuses et qui s'inhibent réciproquement. Sur ces colonnes, on trouve des excroissances latérales très petites mais jamais des ramifications d'égale grandeur. Des discordances apparaissent malgré une superposition des couches assez bonne.

*Microstructure.* On retrouve les mêmes tapis de micrite homogène et épisodiquement de micrite à fibres ou grumeleuse-alvéolaire, que chez *Poludia tyrrellina*, mais les ramifications ont la même microstructure que la colonne centrale et ne montrent pas de micrite alvéolaire. Les couches claires très recristallisées, dans les parties centrales contiennent des pelloïdes fins et des sphérules (fig. 24).

*Encaissant.* Généralement peu détritique, il comporte des amas de très petits quartz clastiques, de sphérules et d'intraclasts, dans une dol-sparite de recristallisation. Des lits de micrite alvéolaire apparaissent ainsi que des passées de schiste noir.

*Mode de gisement.* La colonne centrale du buisson se développe sur un polygone de dessiccation (?) ou un élément de stromatolite érodé à angles francs. Après la ramification, les colonnes deviennent coalescentes et des laminations planes légèrement différentes des autres viennent coiffer l'ensemble. Ces petits buissons sont juxtaposés dans un banc, associés à des éléments franchement remaniés. Il n'existe qu'un seul échantillon de cette forme.

*Comparaisons.* *Eleonora* n'a pas les colonnes globuleuses de *Baicalia* ni sa bordure latérale rugueuse. Elle diffère de *Tungussia* par un arrangement plus régulier des colonnes. Des formes du Précambrien saharien offrent ce type d'organisation en buissons mais aussi bien *Nouatila* que *Serizia* présentent une bien plus grande



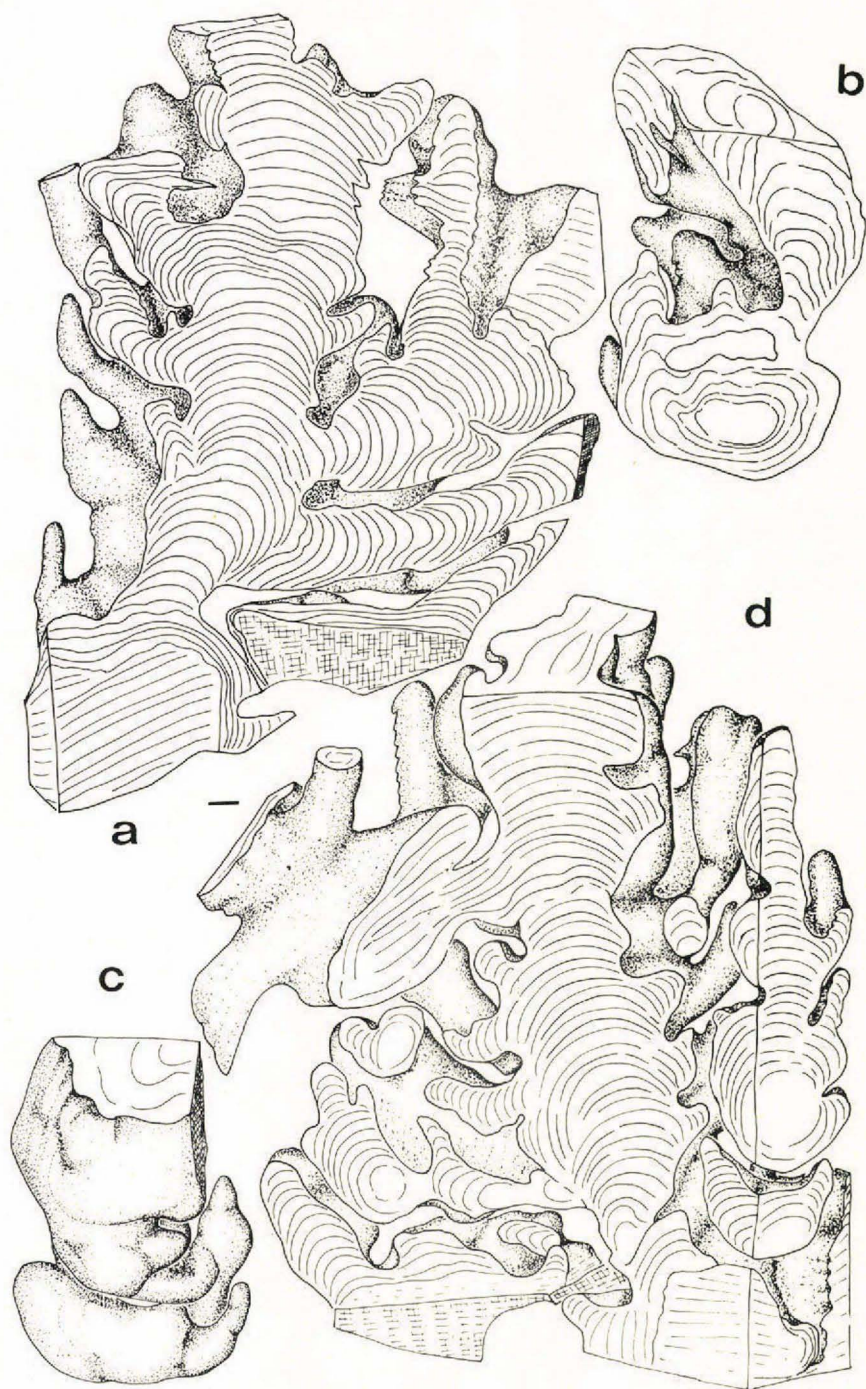


Fig. 13. *Eleonora ramosa* f. nov. a et d: petit buisson de colonnes ramifiées (MGUH 13 820 de GGU 145 467). *Eleonora* sp. b et c: colonnes globuleuses (MGUH 13 810 de GGU 145 468). Ålborg Fjord, niveau 12. Echelle 1 cm.



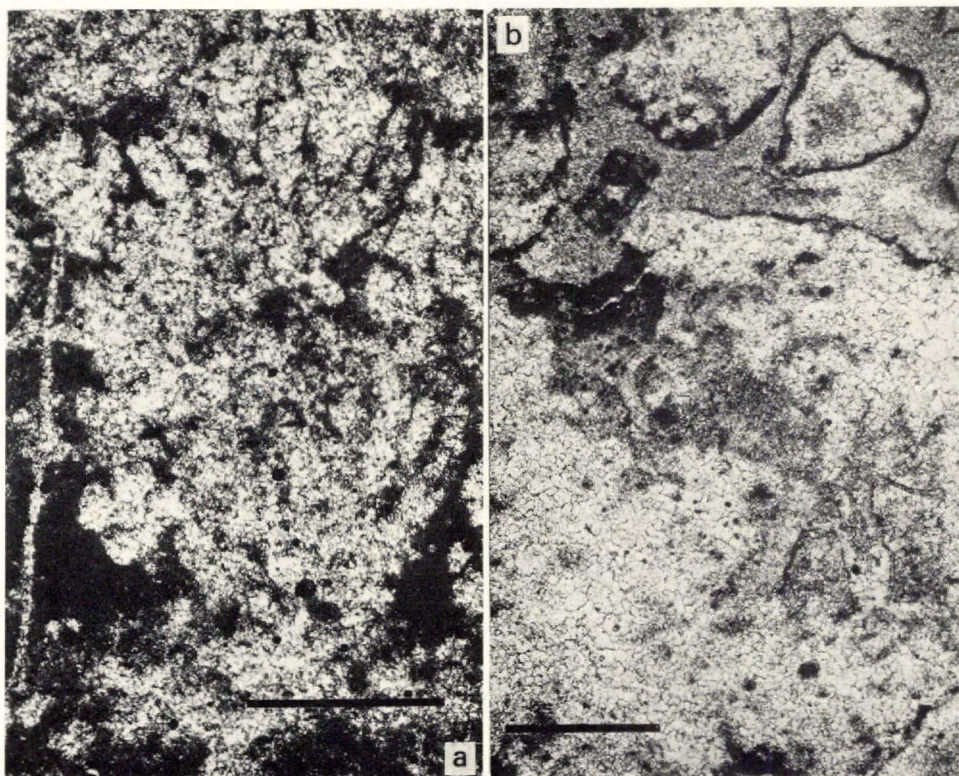


Fig. 14. *Eleonora* sp. a: buisson de gros filaments rayonnants à contours de micrite sombre; b: objet sparitique dans l'encaissant montrant une surface micritisée et des golfes de micrite pénétrant vers l'intérieur (MGUH 13 810 de GGU 145 468). Ålborg Fjord, niveau 12. Echelle 1 mm.

régularité, tant dans l'architecture que dans la forme des colonnes. Elle est proche de *Poludia tyrrellina* mais présente des ramifications mieux définies et une forme générale moins globuleuse.

*Eleonora* sp.

Fig. 13b, c; fig. 14.

Ech. MGUH 13 810 de GGU 145 468.

*Description.* Morphologiquement elle est très proche de *Eleonora ramosa* mais l'échantillon est trop petit pour montrer un buisson entier.

*Microstructure.* A côté de la microstructure en tapis à fibres déjà décrite, des reliefs déforment certaines couches. Ce sont des touffes de sortes de gros filaments (remplacés actuellement par une dol-sparite xénotopique) à limite latérale sombre, fine. Ramifiés (?) ces filaments s'étagent en plusieurs niveaux en même temps que la touffe s'évase. Cette construction énigmatique

paraît être d'origine organique. Elle diffère de la micrite grumelleuse alvéolaire par le relief de la touffe dressée.

*Encaissant.* Dans une boue micritique recristallisée, des éléments ovoïdes contournés de dolomite néomorphe sont encroûtés par une micrite algale, pénétrant en golfes ou en digitations à l'intérieur de l'objet. Ils ne peuvent être confondus avec des catagraphes car ils ne présentent pas une réelle enveloppe micritique continue primaire. Leur origine reste obscure bien qu'ils apparaissent parfois dans des couches du stromatolite dont ils pourraient dériver.

*Mode de gisement.* Un seul échantillon a été récolté dans le même horizon que *E. ramosa* mais leurs relations n'ont pu être précisées.

*Comparaisons.* Cette forme reste mal définie morphologiquement, bien que proche d'*Eleonora*. Sa microstructure est originale.

### Tungusside de l'horizon 3

Fig. 15a et b.

*Ech.* MGUH 13 811 de GGU 145 469.

*Description.* Les colonnes et pseudocolonnes, globuleuses, coalescentes montrent une croissance complexe, de très nombreuses discordances et une érosion très importante des éléments de colonnes. La convexité est très variable depuis des couches horizontales jusqu'à des couches plongeant à la verticale. Il arrive parfois que l'on ait une bréchification plus poussée encore.

*Microstructure.* Très recristallisées, les couches sombres sont des tapis fins, riches en matière organique et les couches claires souvent gréseuses.

*Encaissant.* Contenant de nombreux quartz détritiques à la base, il devient de plus en plus gréseux, en gardant cependant une granulométrie fine.

*Mode de gisement.* Un seul échantillon pris dans un gros banc entre des biohermes stromatolitiques juxtaposés.

*Comparaisons.* Elle peut être attribuée aux Tungussides dont elle présente les colonnes évasées obliques, très ramifiées.

### Les stromatolites du niveau 13

Deux coupes ont été levées (fig. 4) mais une seule a été échantillonnée. Une seule forme a pu être définie mais il semble que d'autres, en particulier au Kap Fletcher, restent à préciser.



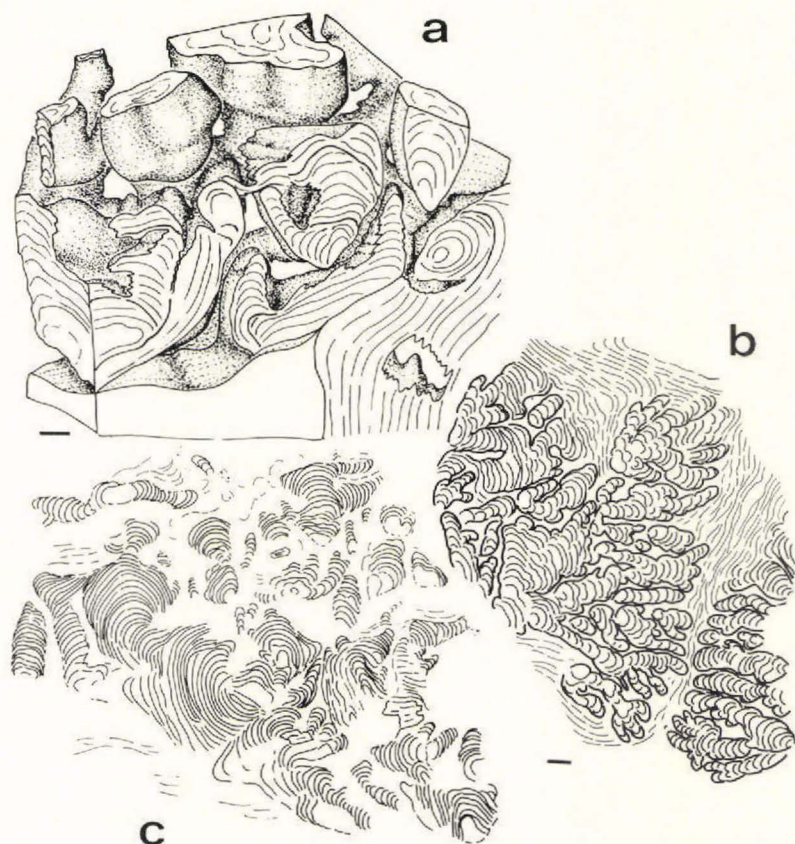


Fig. 15. Tungussides du sommet du niveau 12 à Alborg Fjord. *a* et *b*: colonnes contournées, remaniées entre les gros biohermes, banc 3 (*a*: MGUH 13 828 de GGU 145 469, échelle 1 cm). *c*: stromatolites du banc 4 intercalé dans les quartzites.

### *Coupe du Kap Tyrrell*

Un seul banc massif à stromatolites montre plusieurs biostromes superposés séparés par des interlits de dolomie à laminations planes ou à grandes plaquettes remaniées. Tous montrent la même organisation de colonnes (fig. 7). L'ensemble est extrêmement diaclasé, parcouru par un réseau de microfissures d'origine tectonique grossièrement perpendiculaire aux couches. De très nombreux joints stylolitiques parallèles aux laminations viennent compliquer considérablement le dessin en volume du stromatolite.



## Groupe INZERIA Krylov

*Inzeria* Krylov 1963, p. 14.

Forme-type. *Inzeria tjomusi* Krylov.

*Diagnose.* Stromatolites en piliers inégaux, subcylindriques généralement costulés. Des niches de la colonne-mère contiennent la ramification. La surface latérale est lisse, les couches sont enveloppantes ou non. Supergroupe des *Gymnosolenides*.

*Inzeria groenlandica* f. nov.

Fig. 7b et d; fig. 16; fig. 17; fig. 18; planche 1c.

*Holotype.* MGUH 13 800 de GGU 152 348.2.

*Description.* Colonnes subparallèles, subcylindriques à faiblement évasées, à section transversale lobée. La ramification active et fréquente se fait rarement en deux grosses colonnes. Le plus souvent des petites colonnes apparaissent à peine séparées du tronc. D'autre fois, une ramification courte traduit en réalité un sillon profond dans la colonne. La bordure latérale est lisse. Une sorte de manteau formé par la coalescence des couches, verticales en bordure, est discordant sur les couches centrales. Parfois il semble être postérieur à celles-ci. La croissance de la colonne montre aussi plusieurs reprises de l'activité algale.

*Microstructure.* Les couches sombres montrent deux types de tapis micritiques: des tapis fins, discontinus sont inclus dans des couches claires, épaisses, de microsparite à pelloïdes et rares quartz détritiques (plus abondants vers le sommet des colonnes) et des tapis de micrite homogène, d'épaisseur variable (pouvant atteindre 3 à 4 mm et plus), épisodiques, alternant avec le groupement précédent. Des quartz authigènes de petite taille sont corrodés par la dolomitisation secondaire. En plus de cette variation verticale de la microstructure, latéralement, le manteau montre une nette différenciation: la lamination y est moins nette, la micrite montre de grandes plages étoilées de microsparite claire néomorphe.

*Structures sédimentaires primaires et secondaires*

(a) dessiccation: les tapis épisodiques montrent souvent des cassures que nous attribuons à la dessiccation (remplissage de la fente par la couche sus-jacente). Les diaclases courtes qui interrompent une couche seulement peuvent avoir la même origine ou être tectoniques.

(b) discordances: des tapis enroulés sur eux mêmes parfois érodés sont surmontés en discordance par les couches suivantes. Entre ces enroulements et le tapis suivant subsiste un vide où cristallise secondairement une dol-sparite xénotopique. Des discordances avec des tapis tronqués se reproduisent à un rythme très fréquent.

(c) diagenèse: on observe des pseudomorphoses de cristaux hexagonaux (quartz?) en dol-microsparite à cristaux anhétraux. Ces cristaux abondent dans certaines couches micritiques et surtout dans le manteau, parfois même dans des plages micritiques de l'encaissant. Nette-ment postérieurs aux laminations qu'ils recoupent, ces cristaux sont antérieurs aux diaclases tectoniques.

*Encaissant.* Très détritique, il varie verticalement s'enrichissant vers le haut en débris de stromatolites parfois de grande taille (plusieurs centimètres) lithoclasts et quartz détritiques. A la base, la micrite algale est plus abondante en lits alternant avec les amas détritiques.

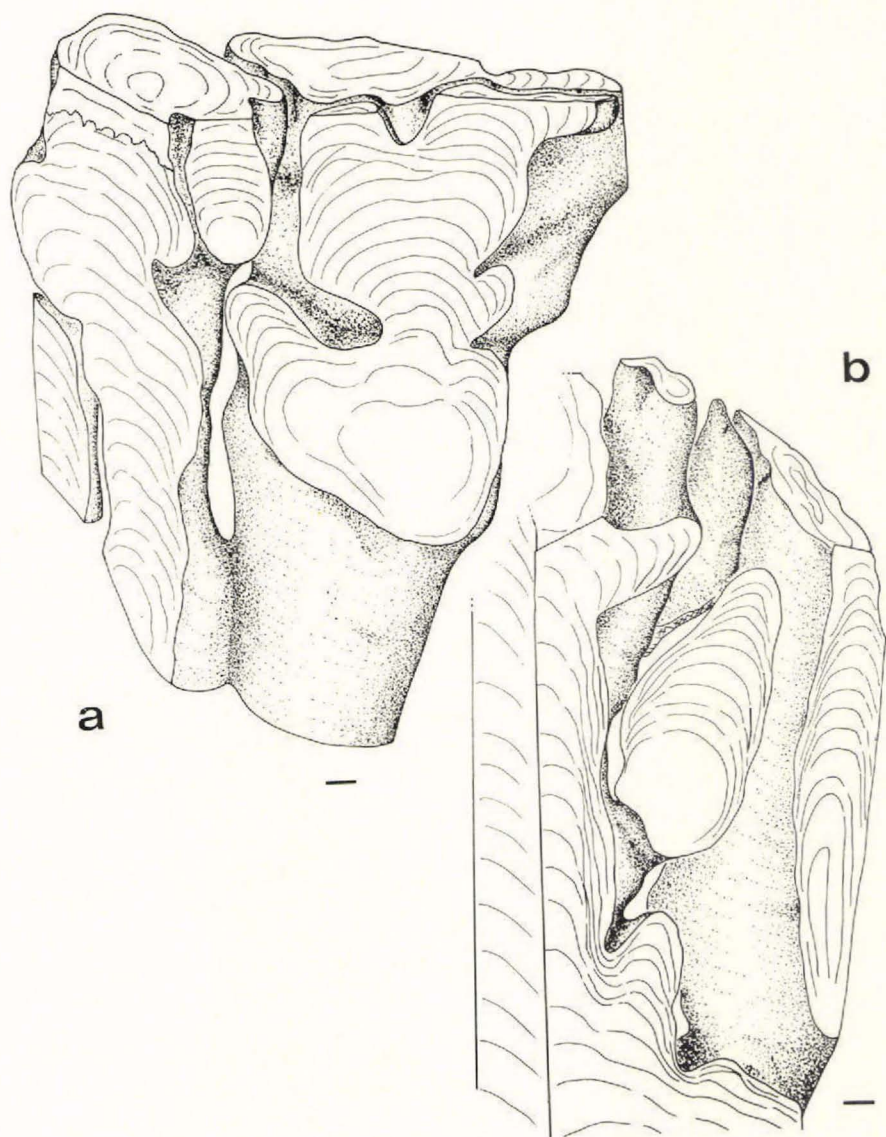


Fig. 16. *Inzeria groenlandica* f. nov. a: grosse colonne à digitations courtes, en niches (MGUH 13 812 de GGU 152 348.1). b: grande colonne droite ramifiée à la périphérie (MGUH 13 800 de GGU 152 348.2). Kap Tyrrell, niveau 13. Echelle 1 cm.

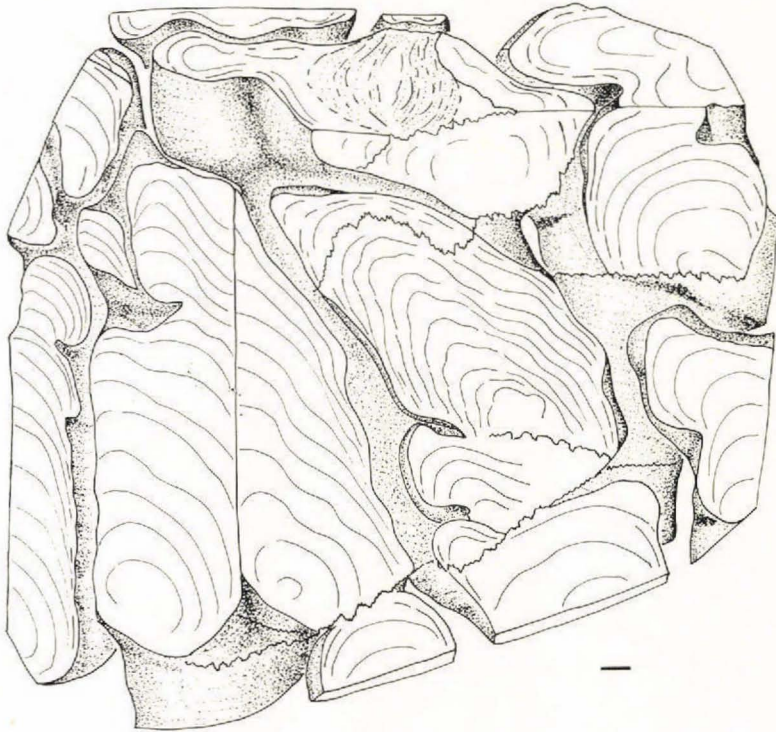


Fig. 17. *Inzeria groenlandica* f. nov.: grosses colonnes peu ramifiées (MGUH 13 812 de GGU 152 348.1). Kap Tyrrell, niveau 13. Echelle 1 cm.

*Mode de gisement.* Ces colonnes sont en gros parallèles dans un banc et alternent avec des colonnes plus globuleuses non ramifiées à laminations épaisses avec des plaquettes intraformationelles dans l'intervalle des colonnes. Ce cycle se reproduit plusieurs fois avec des formes qui paraissent proches (fig. 7).

*Comparaisons.* Cette forme diffère des Tungussides par ses colonnes subcylindriques et subparallèles en biostromes. Elle est proche de trois formes: *Minjaria*, *Pilbaria* et *Inzeria*. Elle ressemble à *Minjaria* par la présence d'un manteau, mais elle ne montre ni les piliers réguliers, ni la ramification rare de celle-ci. Elle diffère de *Pilbaria* Walter par une surface moins lisse, des colonnes moins régulières et une ramification vraie. D'*Inzeria* elle a les colonnes à ramifications courtes en niches, les colonnes irrégulières parfois un peu obliques, les sillons profonds. Assez proche d'*Inzeria intia* Walter, elle en diffère par ses couches plus enveloppantes et sa microstructure originale.

*Localisation.* Les échantillons MGUH 13 831 et 13 833 de GGU 152 458.1 et 152 459 proviennent de Kap Tyrrell, mais il semble qu'on retrouve la même forme à Ålborg Fjord au moins dans l'un des niveaux (fig. 7a) avec des colonnes à manteau bien visible, surmontée aussi rythmiquement de colonnes globuleuses à laminations épaisses.





Fig. 18. *Inzeria groenlandica* f. nov. Microstructure: *m*: couches recouvrantes formant un manteau; carré plein: couches discordantes sur des tapis érodés ou repliés; *d*: dessiccation(?); carré évidé: tapis épais saisonniers; point: tapis repliés; triangle: cristaux hexagonaux (quartz?), pseudomorphosés (MGUH 13 800 de GGU 152 348.2). Photographie négative de lame mince. Kap Tyrrell, niveau 13. Echelle 1 cm.



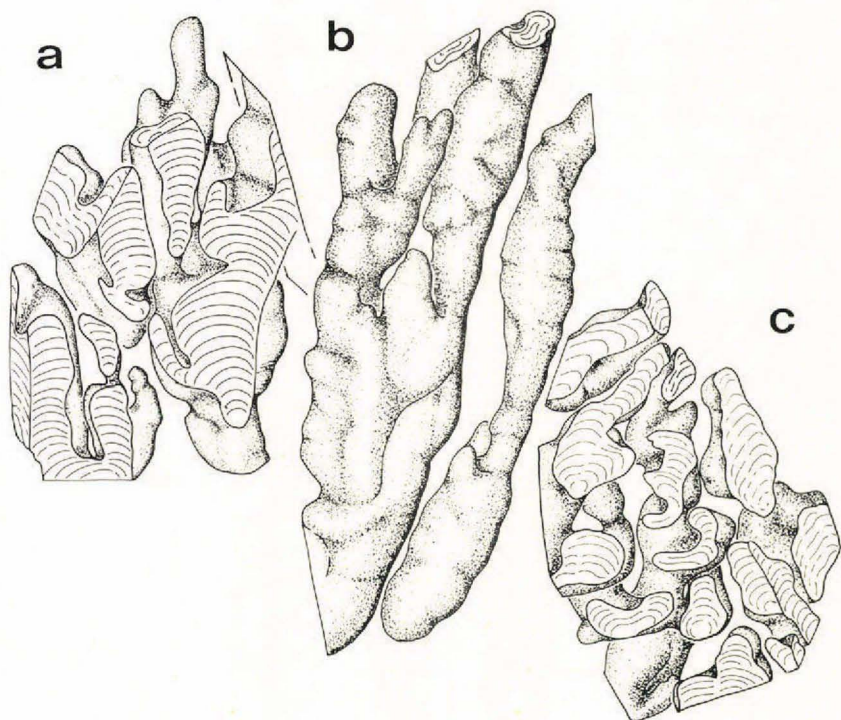


Fig. 19. Stromatolites indéterminés. *a*: colonnes droites à piliers tronqués par faille (MGUH 13 813 de GGU 145 423). *b*: colonnes droites subparallèles, proches du groupe *Jurusania* (MGUH 13 814 de GGU 145 435). *c*: colonnes ramifiées rappelant les *Tungussides* (MGUH 13 801 de GGU 145 424). Kap Fletcher. *a*: niveau 15; *b*: niveau 14 et *c*: niveau 16. Echelle 1 cm.

### Les stromatolites de la formation des dolomies et calcaires supérieurs

Cet ensemble de calcaires noirs et dolomies jaunes primaires ou secondaires, bréchiques ou à oncolites, ne comporte pas moins de 8 niveaux à stromatolites dont seulement 5 ont été échantillonnés. La tectonique ayant affecté cette zone modifie l'allure des colonnes: failles de distension verticales à remplissage de dolomite xénotopique; failles de glissement horizontales, déplaçant les éléments de colonnes de plusieurs millimètres. Si les caractères microstructuraux sont restés nets, la morphologie devient difficile à définir, aussi n'avons nous pu donner aucune détermination précise de ces formes.

*Jurusania* sp. du niveau 14

Fig. 19b et 20a.

Supergroupe des Kussiellides.

Ech. MGUH 13 814 de GGU 145 435.

*Description.* Ce sont des colonnes parallèles, verticales, subcylindriques à section horizontale subcirculaire de 1,5 à 2,5 mm de diamètre. Les piliers élevés montrent des couches de convexité moyenne à faible, qui s'interrompent en bordure, sans manteau ni couches recouvrantes. La surface latérale à légères boursofflures n'a jamais de pointes. La ramification semble passive sans modification du diamètre des colonnes.

*Microstructure.* Les couches sombres forment toujours des tapis micritiques (de 0,15 à 0,9 mm) parfois grumeleux, parfois traversés par des sortes de filaments verticaux (de 10 à 30  $\mu$  de diamètre) à bordure sombre épaisse. La surface supérieure de ces tapis est nette et ondulée tandis qu'à la base ils sont continus avec les couches claires inférieures. Ces couches de microsparite à fins pelloïdes rares sont totalement dépourvues de grains de quartz.

*Encaissant.* Une boue micritique recristallisée en microsparite néomorphe, contient des éléments figurés en quantité variable: éléments de tapis décollés, objets ovoïdes de microsparite à bordure micritique, fines galettes allochtones.

*Mode de gisement.* Ces colonnes sont parallèles dans un banc de 10 cm d'épaisseur. Leur arrangement n'est pas précisé. Il n'existe qu'un seul échantillon.

*Comparaisons.* Elle est proche en particulier de *Jurusania* par ses colonnes subcylindriques subparallèles, ses couches interrompues en bordure et sa ramification simple. Pourtant elle en diffère par son apparition en bancs et l'absence de pointes, corniches et ponts.

## Tungusside des niveaux 15 et 16

Fig. 19c; 20b et c; planche 1d.

Ech. MGUH 13 801 et 13 815 de GGU 145 424 et 145 428 respectivement.

*Description.* Les colonnes sont verticales ou faiblement obliques, de forme irrégulière, courtes et noduleuses. Légèrement évasées, elles ont une section horizontale lobée de 1 à 1,5 cm de diamètre. Le développement est restreint. La ramification fréquente paraît active, buissonnante souvent en une courte expansion latérale. Les couches montrent une convexité moyenne et elles s'interrompent nettement en bordure, bien que la surface du pilier soit lisse, bordée par un joint de dissolution.

*Microstructure.* Comme dans la forme précédente la microstructure montre des tapis de micrite grumeleuse à filaments courts (?) alternant avec des couches claires de microsparite à quartz détritiques qui déterminent un véritable 'doublet'. Pourtant les tapis sont très variés: tapis micritiques homogènes fins, d'autres plus épais de micrite grumeleuse-alvéolaire, tapis





Fig. 20. Stromatolites indéterminés. Microstructure. *a*: tapis à peu près continus de la forme rappelant *Jurusania* (MGUH 13 814 de GGU 145 435). *b*: tapis micritiques homogènes, traversés par un terrier (? , flèche) (MGUH 13 815 de GGU 145 428). *c*: tapis variables, fins, homogènes ou alvéolaires (MGUH 13 801 de GGU 145 424). Photographies négatives de lame mince. Kap Fletcher. *a*: niveau 14; *b* et *c*: niveau 16. Echelle 1 cm.

de microsparite à fins pelloïdes. Ces tapis se suivent d'une colonne à l'autre et leur apparition n'est pas fortuite.

*Encaissant.* Dans une boue micritique recristallisée, des pelloïdes fins et des catagraphes forment de petits amas.

*Mode de gisement.* Ces formes apparaissent en biohermes dans de petits bancs successifs montrant le même genre de formes (niveaux 15 et 16) ou certaines quelque peu différentes (MGUH 13 813 de GGU 145 423 dans le niveau 15) (fig. 19 a). Des récurrences de niveaux microbréchiques interviennent fréquemment.

*Comparaisons.* Cette forme est une Tungusside, par sa ramification fréquente et ses colonnes évasées souvent obliques.

### Stromatolites indéterminés du niveau 18

Cet horizon offre plusieurs bancs à stromatolites dont certains non échantillonnés. Les formes sont variées, leur microstructure montre certaines similitudes avec les précédentes mais elles semblent morphologiquement différentes (sauf peut-être la forme 3).

#### Forme 1

Fig. 21d, fig. 22a.

*Ech.* MGUH 13 816 de GGU 145 425.

*Description.* Sur une dolomie bréchique à gros éléments intraformationnels, se développent des laminations planes très irrégulières. Par endroits, elles donnent des pseudocolonnes ou des colonnes courtes (2 à 4 cm de hauteur). Des intercalations sédimentaires, détritiques ou micritiques viennent modifier ces constructions. Coalescences et discordances sont nombreuses.

*Microstructure.* Elle est très variable avec des tapis micritiques homogènes sombres, épais, interrompus par dessiccation, des tapis irréguliers à pelloïdes avec une limite inférieure discontinue, etc.

*Structures sédimentaires.* Les tapis montrent des traces de dessiccation, des enroulements, des interruptions par remplissage de matériel sédimentaire qui témoignent d'un milieu turbulent proche de l'émersion.

*Encaissant.* Il est grossièrement détritique avec des lithoclasts de petite taille arrondis et des grandes galettes plates dans une boue micritique.

*Mode de gisement.* Ces laminations apparaissent localement, formant des constructions de quelques décimètres de long, isolées dans le premier horizon de dolomies bréchiques du niveau 18.

*Comparaisons.* Cette forme est à ranger dans les stromatolites pseudo-columnaires qui n'ont pas été classés ici.



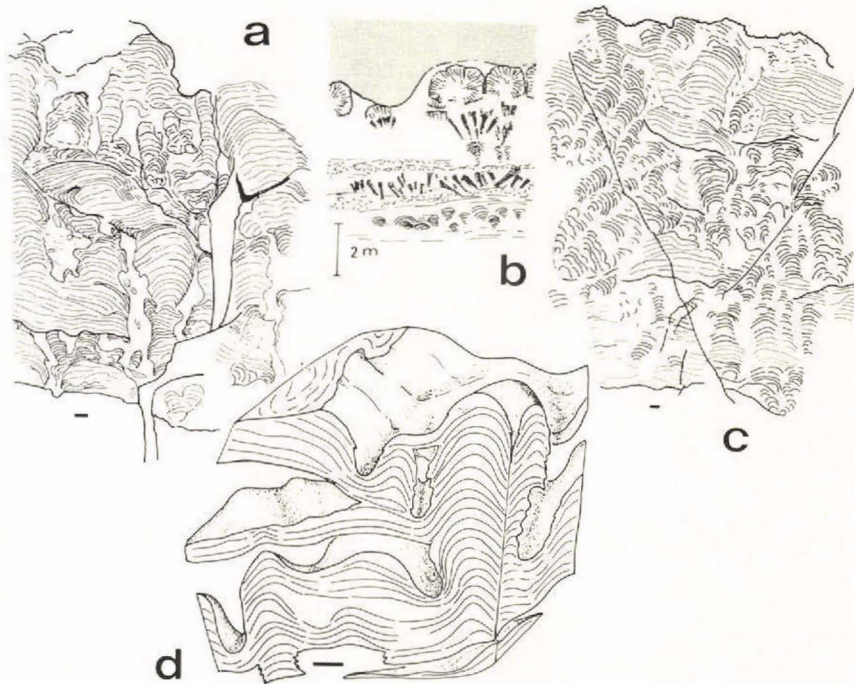


Fig. 21. Stromatolites indéterminés. *a* et *c*: Tungussides en colonnes à morphologie variable. *b*: bioherme complexe à colonnes ramifiées. *d*: stromatolite en pseudocolonnes et laminations ondulées (MGUH 13 816 de GGU 145 425). Kap Fletcher. *a*, *c*, *d*: niveau 18; *b*: niveau 16. Echelle 1 cm.

#### Tungusside: forme 2

Fig. 21a et c; fig. 22b; planche 1e.

Ech. MGUH 13 817 de GGU 145 422.

*Description.* Ce sont des colonnes obliques à développement exubérant. Leur forme très variable, montre des colonnes larges, anastomosées, à laminations faiblement convexes et des piliers courts, buissonnants à convexité moyenne. La reconstitution des colonnes est rendue impossible par l'existence de failles horizontales à rejeu centimétrique. Cependant, les colonnes obliques montrent une déformation d'origine primaire, qui semble correspondre à un courant: les colonnes sont dissymétriques et les intervalles remplis par des débris (fig. 22 b).

*Microstructure.* Une nette dualité de la microstructure se manifeste par une alternance verticale et latérale de zones de laminations claires ou sombres. Les zones claires sont formées par des tapis à quartz très fins. En bordure, elles peuvent être remplacées par des couches sombres plus serrées. Les zones sombres sont formées par une alternance de couches de micrite grumeleuse-alvéolaire, parfois épaisses, et de sparite à rares pelloïdes. En bor-



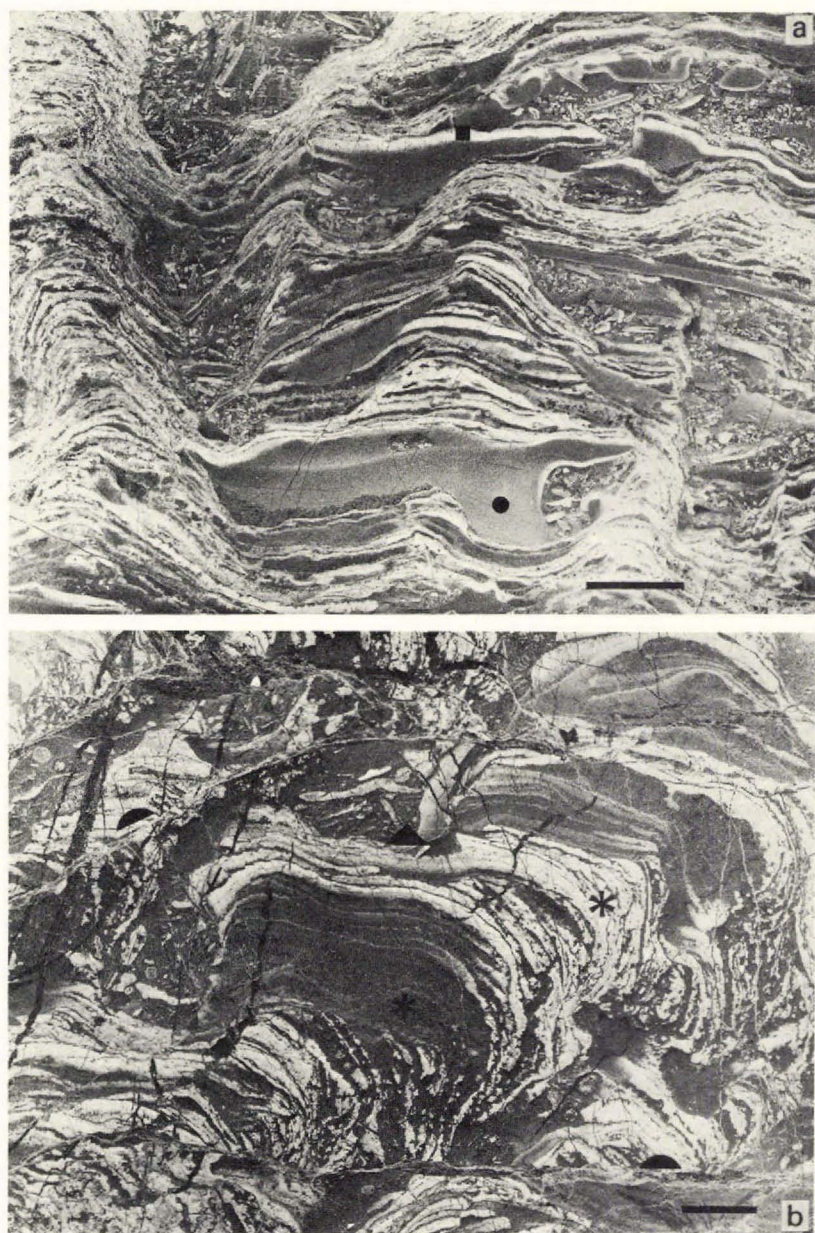


Fig. 22. Stromatolites indéterminés. Microstructure. *a*: pseudocolonnes de la base du niveau 18; point: remplissage par une boue micritique montrant une poche à débris derrière une petite colonne (courant?); carré plein: micritisation algale à la surface d'une boue micritique (MGUH 13 816 de GGU 145 425). *b*: Tungusside en colonnes inclinées à diamètre variable; triangle: éléments de colonnes décalés par un courant (?) avec remplissage du creux par des éléments de tapis; demi-cercle: déplacement par faille horizontale; étoile: alternance de zones à couches micritiques et sparitiques (MGUH 13 817 de GGU 145 422). Photographies négatives de lame mince. Kap Fletcher, niveau 18. Echelle 1 cm.

dure, la recristallisation est plus poussée, les couches sombres s'effilochent dans une sparite xénotopique sans claste. Les deux groupes de laminations ont peu de choses en commun et montrent un autre type de périodicité que celles d'*Inzeria groenlandica*.

*Encaissant.* Quelques débris, galettes, lithoclasts et rares oncolites (*Osagia*) apparaissent dans une sparite xénotopique de recristallisation. Ces débris se présentent en amas dans les creux à la surface des colonnes (cf. plus haut).

*Mode de gisement.* Ces colonnes forment un gros biostrome dans lequel elles s'organisent en biohermes à limites mal définies. Elles semblent très permanentes dans la formation, mais un seul échantillon a été récolté.

*Comparaisons.* Malgré la mauvaise conservation et les colonnes parfois verticales, cette forme peut être classée dans le supergroupe des Tungussides.

### Forme 3

Fig. 23; planche 1f.

*Ech.* MGUH 13 818 de GGU 145 452.

*Description.* Ce sont de très petites colonnes noduleuses (0.5 à 1.5 cm de diamètre), à forme très variable et ramification fréquente. La surface latérale est lisse et irrégulière. La petite taille et le mauvais état de l'échantillon (diaclasses) ont rendu le dessin impossible.

*Microstructure.* Assez proche du stromatolite des niveaux 14 ou 15, à tapis sombres de micrite grumeleuse, montrant un réseau de filaments verticaux (10 à 40  $\mu$ ), elle s'en distingue par la coalescence fréquente de plusieurs tapis qui deviennent alors franchement grumeleux-pelloïdes. Les couches claires sont très fines à rares éléments fins et quartz.

*Encaissant.* Dans une boue micritique recristallisée, les clastes non lités sont abondants: éléments de tapis très fins, grandes galettes plates (moins de 0,5 mm d'épaisseur) et petits catagraphes (*Vesicularites*).

*Comparaisons.* La petite taille et la mauvaise conservation ne permettent même pas d'avoir une idée du supergroupe auquel doit appartenir cette forme.

## Mécanismes de construction des laminations

Des informations sur les conditions de dépôt et la construction des calcaires et dolomies à stromatolites sont données par l'analyse des microstructures et leur alternance; et par la superposition des laminations.

### *Analyse des microstructures et leur alternance*

Nous rappellerons en quelques mots la nature du mécanisme mis en jeu pour la construction des laminations tel qu'il a été décrit par Monty (1967). Une espèce ou une communauté d'espèces est responsable de la lamination tandis que d'au-



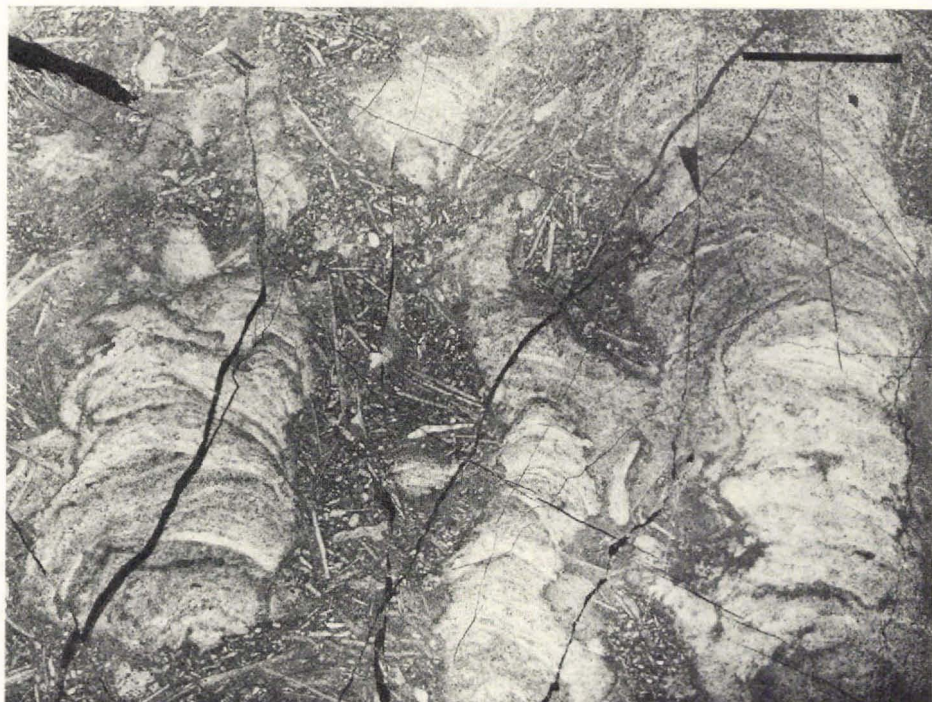


Fig. 23. Stromatolite indéterminé: petites colonnes à microstructure en tapis à contour flou, fins débris dans l'encaissant (MGUH 13 818 de GGU 145 452). Photographie négative de lame mince. Kap Fletcher, niveau 18. Echelle 1 cm.

tres ne sont que des hôtes passagers. Quant à la stratification, deux facteurs la conditionnent: *Une stratification dans l'espace*: superposition de deux communautés et *une stratification dans le temps*: alternance de deux phases de croissance dans le cas d'une seule algue dominante (alternance nocti-diurne par exemple) ou une alternance d'espèce algaire dominante dans le cas de communautés (alternance de période sèche et humide).

Le type de microstructure appelé 'en tapis' (Bertrand-Sarfati, 1972) domine dans les laminations stromatolitiques d'Eleonore Bay. Il semble répondre dans un certain nombre de cas à une superposition *dans le temps*: a) par alternance de croissance d'une espèce d'algue dominante. C'est le cas pour les tapis micritiques homogènes, séparés par une couche claire due à un arrêt de croissance avec piégeage accru (*Inzeria*) et pour les tapis micritiques à pelloïdes où le piégeage intervient aussi pendant l'activité algaire (stromatolites indéterminés de 14 à 18); b) par apparition de tapis périodiques de micrite homogène (*Inzeria*) grumeleuse alvéolaire ou à fibres (*Poludia*, *Eleonora*) dûs à une modification de l'assemblage algaire par suite de variations climatiques ou chimiques saisonnières. Un cas de superposition *dans l'espace* est offert par l'apparition épisodique de



tapis à fibres chez *Poludia* ou régulière chez *Eleonora*, de micrite grumeleuse-alvéolaire; les alvéoles sont des moules de filaments plus gros, elles n'interviendraient pas directement dans la lamination mais seulement comme hôte.

### *Superposition des laminations*

Nous groupons dans ce paragraphe des informations qui ne tiennent pas à la genèse des laminations mais à leur succession ou leur évolution : la superposition des couches, l'enroulement des tapis, l'érosion des laminations.

La superposition des couches ('héritage' de Hofmann, 1969) est le caractère de succession d'une couche par rapport à la précédente. Ici cette superposition est généralement moyenne (formes indéterminées des niv. 14 à 18) ou mauvaise (*Poludia*, *Eleonora* et plus encore *Inzeria*). Chaque lamination semble alors indépendante de la précédente, ce qui se marque par des discordances et des variations de nature de la microstructure.

L'enroulement fréquent des tapis, en bordure des piliers (*Eleonora* et surtout *Inzeria*) peut être attribué à un décollement de tapis soit par dessiccation, soit sous l'effet d'un dégagement gazeux dû à l'activité algale. La croissance d'un nouveau tapis se fait en discordance sur ce tapis enroulé. Pour se plisser aussi facilement, sans rupture il faut que le tapis reste souple et cuireux, non lithifié et formé d'un feutrage d'algues non calcifiées.

D'autre part, dans les mêmes formes (spécialement chez *Inzeria*) on trouve aussi un certain nombre de laminations tronquées, tapis interrompus ou portion de colonne érodée obliquement aux couches sur 0,5 à 2-3 cm (fig. 18). Cette érosion peut être due soit à une action mécanique indiquant une émergence avec dessiccation ou une turbulence plus grande s'appliquant à des tapis indurés et cassants, soit à une désagrégation des tapis par simple différence de cohésion avant l'induration définitive. Les deux types de structures, tapis souples et repliés et tapis rigides et tronqués, sont associés sur quelques centimètres; ils témoignent donc de la variabilité du milieu et/ou des algues pendant la croissance du stromatolite. Ce caractère de variabilité des laminations différencie grandement ces formes des stromatolites du Précambrien supérieur (Riphéen supérieur) du Sahara (Bertrand-Sarfati, 1972).

## MICROPHYTOLITES

En alternance avec les stromatolites dans le niveau 13 au Kap Tyrrell et dans toute la succession des calcaires et dolomies supérieures, apparaissent des microphytolites (Catagraphes et Oncolites). Nous décrivons ces formes succinctement. La nomenclature russe pour ces formes est basée sur des mesures de taille et d'épaisseur des enveloppes. Très complexe, elle ne tient pas toujours compte

des effets de la diagenèse. Nous avons préféré rester prudents quant à la définition des catagraphes. Un essai pour leur attribuer un nom (Bertrand-Sarfati & Caby, 1974) s'est avéré un échec et les noms sont abandonnés ici. Nous en donnons une description sans les nommer.

#### CATAGRAPHIA Maslov

*Catagraphia* Maslov, 1953

Corpuscules carbonatés de taille diverse, isolés ou agglutinés qui ne comportent pas d'enveloppes concentriques.

#### Groupe VESICULARITES Reitlinger

*Vesicularites* Reitlinger, 1959, p. 39.

Agrégats de forme irrégulière, de dimensions diverses, à structure en vésicule creuse et enveloppe micritique sombre.

#### *Vesicularites* forme 1

Fig. 24.

*Ech.* MGUH 13 821 de GGU 145 341.

*Description.* La petite vésicule creuse le plus souvent sphérique, ou faiblement aplatie a une taille très régulière (entre 30 et 60  $\mu$  avec un maximum pour 40–50  $\mu$ ). L'enveloppe sombre a une épaisseur moyenne de 4  $\mu$  (entre 2 et 6  $\mu$ ). Le coeur est rempli par une microsparite à cristaux anhétraux, équigranulaires.

*Modifications diagénétiques.* Les sphérules peuvent être entièrement micritiques, par micritisation précoce. Le vide central est parfois remplacé par un seul cristal clair. Les vésicules sont parfois tapissées à l'extérieur et même à l'intérieur par une couche de cristaux radiaires qui peut leur donner une allure d'oolithe recristallisée. Mais même dans ce cas, l'enveloppe sombre unique les en différencie.

*Mode de gisement.* Dans un calcaire noir (niveau 10) très riche en matière organique, les vésicules sont éparses dans la pâte ou groupées. On retrouve d'autre part les mêmes vésicules en association avec *Eleonora* (stromatolites du niveau 12) coupé d'Ålborg Fjord. La taille des vésicules est du même ordre. On les rencontre soit dans le stromatolite soit dans l'encaissant (relativement abondantes dans les échantillons MGUH 13 825 et 13 826 de GGU 145 466 et 145 467 respectivement, *Eleonora ramosa*, plus rares dans MGUH 13 827 et 13 828 de GGU 145 468 et 145 469 respectivement, *Eleonora* sp.).

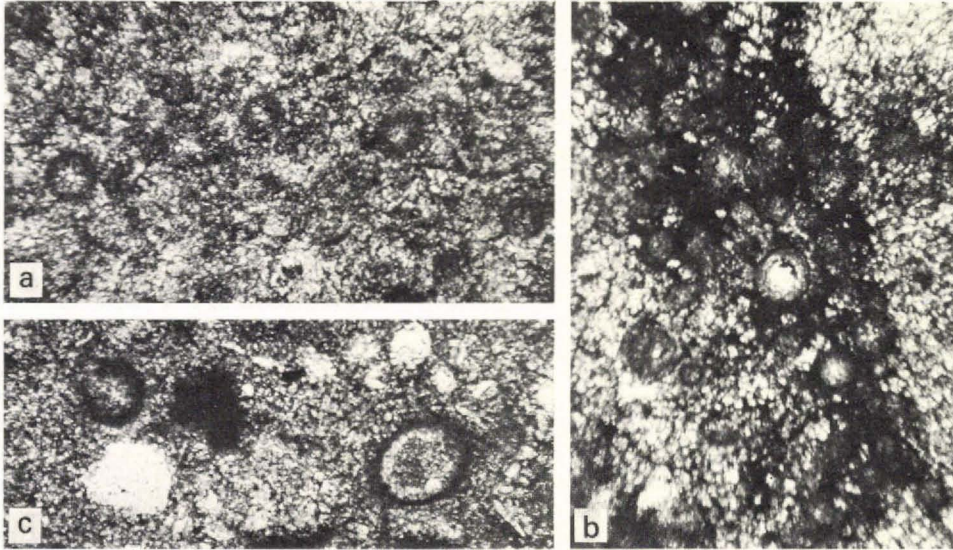


Fig. 24. *Vesicularites* forme 1. Sphérules creuses. *a* et *b*: dans un calcaire charbonneux du niveau 10, Kap Tyrrell, (MGUH 13 819 de GGU 145 531). *c*: associées à de rares quartz détritiques et des pelloïdes, dans l'encaissant d'*Eleonora ramosa* (MGUH 13 820 de GGU 145 467). Ålborg Fjord, niveau 12.  $\times 20$  environ.

*Vesicularites* forme 2  
Planche 2a, b, f et g.

*Ech.* MGUH 13 830, 13 803, 13 804 et 13 802 de GGU 152 351.1, 152 352.1, 152 352.2 et 152 352.4 respectivement.

*Description.* Ce sont de petites sphères ou ovoïdes creux, isolés. La taille de la vésicule va de 0,1 à 0,4 mm, tandis que l'épaisseur de l'enveloppe est de 0,01 mm environ. Cette enveloppe peut être double (0,02 à 0,04 mm). Les deux enveloppes sont alors distinctes ou coalescentes en une zone micritique unique.

*Mode de gisement.* Voir plus bas.

*Vesicularites* forme 3  
Planche 2c, d, e, f et g.

*Ech.* MGUH 13 830 de GGU 152 351.1 et MGUH 13 802, 13 803, 13 804 de GGU 152 352.

*Description.* Ce sont des agrégats de vésicules de 0,3 à 1,7 mm présentant un maximum d'individus de 0,8 mm. Plus souvent arrondis qu'allongés, ces agrégats montrent une enveloppe micritique simple ou double de 0,01 à 0,04 mm d'épaisseur. Les vésicules qui composent l'agrégat sont nettement plus petites que les précédentes. Au nombre de 2 à 12 par agrégat, elles ont un diamètre de 0,04 à 0,2 mm



avec un maximum entre 0,05 et 0,07 mm. Leur enveloppe est simple (0,01 à 0,015 mm) ou multiple. Certains agrégats ont une enveloppe à double paroi avec parfois une petite vésicule en saillie entre ces deux parois.

*Mode de gisement.* Les deux *Vesicularites* sont associés dans des dolomies détritiques alternant rythmiquement avec *Poludia tyrellina* et *P. boreica*. Ils évoluent entre deux termes extrêmes:

(1) une dolomie à *Vesicularites* uniquement (MGUH 13 803 et 13 804 de GGU 152 352.1 et 152 352.2 respectivement): des individus en agrégats ou isolés apparaissent seuls dans une dol-sparite néomorphe remplaçant probablement une boue micritique initiale. Aucun élément ne dépasse 2 mm; il n'y a ni quartz détritique ni clastes. Les éléments ne montrent aucune compaction et leur classement est élevé.

(2) une dolomie détritique (MGUH 13 802 et 13 830 de GGU 152 352.4 et 152 351.1 respectivement) : elle est composée de *Vesicularites*, d'agrégats de grains polymorphes dans une enveloppe algairé et de galettes non encroutées. Peu nombreuses, les vésicules sont parfois groupées dans les creux formés par le dépôt des galettes. Il n'y a pas de tri mais une différence de comportement des éléments rapportés: les galettes se déposent d'abord, puis les vésicules percolent par gravité, enfin la boue micritique colmate le dépôt. Il faut rappeler que Monty (1963) a créé pour des formes très analogues le terme de 'bothrolites' (algal lump): agrégat d'éléments variés dans une enveloppe d'origine algairé. Ici les grains sont le plus souvent des vésicules, elles-mêmes peut-être d'origine algairé.\*

ONCOLITHI Pia  
Planche 3.

Oncolithi Pia, 1927

Nodules arrondis à ovales, formés par une succession de couches concentriques autour d'un noyau.

\* Une analyse par V.Ye. Zabrodin de l'échantillon MGUH 13 803 de GGU 152 352.1 donne 8 formes (*Vesicularites vapolensis*, *V. raabena*, *V. enigmaticus*, *V. elongatus*, *V. parvus*, *Osagia milsteinae*, *O. maculata* et *Asterosphaeroides ruminatus*); pour MGUH 13 804 de GGU 152 352.2, 4 formes (*V. raabena*, *V. bothrydioformis*, *V. parvus* et *Asterosphaeroides ruminatus*); pour MGUH 13 804 de GGU 152 352.4, seulement *V. enigmaticus*.

Cet assemblage est caractéristique du Riphéen supérieur de la formation Minjar dans l'Ural ainsi qu'au Spitzberg. Seul *V. bothrydioformis* est Vendien mais se présente parfois dans les derniers mètres de la formation de Minjar (V.Ye. Zabrodin, 1975, renseignement oral).

## Groupe OSAGIA Twenhofel

*Osagia* Twenhofel, 1919.

*Ech.* MGUH 13 805, 13 824 et 13 806 niveau 15 de GGU 145 427, 145 439 et 145 438 respectivement; et MGUH 13 822, 13 823 et 13 807 niveau 16 de GGU 145 431, 145 432 et 145 426 respectivement.

*Description.* La taille de ces concrétions varie dans le même échantillon (de 0,2 à 2 mm) mais surtout d'un banc à l'autre (jusqu' à 4–6 mm) sans que la structure varie essentiellement. Les couches concentriques autour d'un noyau de taille variable, parfois inexistant, sont quelquefois onduleuses. Au nombre de 1 à 10–15, les couches sombres ont une épaisseur de 0,005 à 0,03 mm tandis que les couches claires atteignent 0,6 mm.

*Modifications diagénétiques.* (a) l'oncolite peut être micritisée pendant sa construction, en tâches masquant petit à petit les couches;

(b) elle peut secondairement être remplacée partiellement ou en totalité par de la dolomie néomorphe en grands cristaux anhédraux;

(c) elle peut être ultérieurement silicifiée, avec un ciment dolomitique recristallisé postérieurement et dont les cristaux empiètent sur la surface;

(d) toutes sortes de déformations peuvent l'affecter: les oncolites aplaties, scindées, étirées en forme de 'S' et remaniées avec d'autres débris sont fréquentes dans certains horizons.

*Mode de gisement.* Ces oncolites apparaissent en lentilles, en lits centimétriques ou décimétriques, associées à des dolomies détritiques ou microcristallines, mais jamais dans les bancs à stromatolites.

## CONCLUSIONS

### Conditions de dépôt des horizons carbonatés

La stratigraphie de la partie supérieure du Groupe d'Eleonore Bay au Canning Land montre une très grande analogie avec la région de l'Alpefjord. De nombreux niveaux sont lithologiquement très comparables sinon identiques, à cela près que les dépôts de teinte rouge n'apparaissent au Canning Land que dans les niveaux 8 à 10.

La constance de certains faciès carbonatés caractéristiques de conditions peu profondes suppose l'existence d'un bassin très plat et régulièrement subsident. Il est installé ici sur l'emplacement d'une zone antérieurement très subsidente, préalablement comblée par plusieurs milliers de mètres de sédiments détritiques de la partie inférieure du Groupe d'Eleonore Bay.

Les données obtenues par l'étude des stromatolites permettent de formuler une série de conclusions partielles, mais aussi d'hypothèses relatives à la sédimentation carbonatée des niveaux à stromatolites du Précambrien terminal.

## Niveau 12

Les stromatolites du niveau 12 appartiennent à une zone littorale peu profonde, faiblement agitée à conditions épisodiquement variables accompagnées d'une croissance discontinue des colonnes (ramifications légèrement postérieures aux colonnes centrales). Il n'y a cependant aucune preuve formelle de dessiccation et l'encaissant des colonnes (micrite algale et boues micritiques à très petits lithoclastes) suppose un milieu de faible énergie.

A Kap Tyrrell, ces stromatolites en bancs alternent avec des dolomies détritiques ou à Catagraphes. La succession de ces faciès définit une séquence régressive: dolomie à catagraphes seuls, triés (dépôts franchement sublittoraux, eau faiblement agitée), dolomies à catagraphes et plaquettes à stratifications obliques (apport d'éléments très différenciés et dépôt par gravité des plus petits), dolomies en plaquettes seules et dolomies à stromatolites.

A Ålborg Fjord, les renseignements donnés par les stromatolites sont du même ordre mais la fréquence des biohermes isolés, emballés dans des schistes et quartzites, indiquent un environnement dominé par des apports terrigènes et sableux perturbant la croissance des stromatolites, ce qui n'est plus le cas dans la région de l'Alpefjord (R. Caby, observations inédites).

## Niveau 13

Les stromatolites témoignent d'un milieu très peu profond avec des périodes d'émersion (?) et des variations périodiques des conditions. L'encaissant des colonnes est franchement détritique à quartz clastiques et à gros éléments remaniés. Des petits quartz sont aussi piégés dans les laminations claires. Des dolomies bréchiques à galettes verticales indiquent un milieu de dépôt perturbé, les dolomies à fines laminations pouvant être intertidales.

A Ålborg Fjord, comme pour le niveau précédent, les stromatolites se trouvent dans un contexte différent, les biohermes isolés sont plus fréquents et les perturbations dues aux apports terrigènes et détritiques témoignent de la permanence d'un épandage détritique local.

## Niveau 14 à 18

Les stromatolites sont plus finement columnaires, avec peu de discordances dans les laminations, pas de tapis saisonniers et pas d'érosion franche des tapis. L'encaissant des colonnes montre des éléments détritiques pris dans une boue micritique. L'alternance avec des calcaires et dolomies bréchiques, à laminations planes et à oncolites en place ou remaniées indique une sédimentation cyclique depuis un milieu à faible profondeur d'eau et faible agitation jusqu'à un dépôt en milieu plus agité, mais toujours riche en boues carbonatées.



## Corrélations stratigraphiques

### *Corrélations dans le bassin*

Dans la partie supérieure du Groupe d'Eleonore Bay, de nombreux auteurs ont mentionné l'existence de stromatolites. Nous avons repris ces données dans un tableau récapitulatif (tableau 1) et tenté des comparaisons d'après les photographies des formes citées. Nous n'avons pas conservé les déterminations de stromatolites données par Katz (1952) par comparaison avec les formes décrites par Fenton & Fenton (1931), leur diagnose, établie d'après une section parfois oblique, étant trop imprécise. Quelques observations sont à retenir (les chiffres renvoient au tableau et aux figures publiées):

(1) la figure 3 de Fränkl (1953 a) (niv. 12) montre la section horizontale d'une grande colonne (40 cm), qui pourrait correspondre aux grosses formes du premier horizon du niveau 13 à Kap Tyrrell (fig. 6 a);

(2) la fig. 21 de Katz (1952) (niv. 13) présente une section transversale lobée de stromatolites colonnaires montrant de très nombreuses ramifications et une différenciation nette de la zone corticale et centrale. Ces caractères rappellent assez bien *Inzeria groenlandica*;

(3) les figures 3, 4 et 5 de Eha (1953) (niv. 14) ne correspondent à aucune forme échantillonnée dans le Canning Land, dans ce niveau;

(4) la fig. 7 de Fränkl (1953 a) (niv. 15) montre des oncolites proches de celles du Canning Land (niv. 18, éch. MGUH 13 822 de GGU 145 431), à couches concentriques peu nombreuses (qui se rapprochent des catagraphes);

(5) les oolithes de la fig. 9 (Fränkl, 1953 a, niv. 16) sont très semblables aux *Osagia* que nous avons décrites plus haut;

(6) deux figures rappellent les colonnes de la forme n° 2, du niv. 18 au Canning Land : d'une part les stromatolites du niv. 18 de Fränkl (1953 b, fig. 8) proches par la construction en biohermes à colonnes de taille variable (cf. fig. 21 a, c); d'autre part une colonne provenant aussi du niv. 18. (Katz, 1952 fig. 24) qui possède le même type de microstructure en bandes claires et sombres alternées (cf. fig. 22 b). Enfin dans l'article de Schaub (1950) sont figurées sous le nom de *Collenia*, des colonnes anastomosées peu différentes de ces dernières.

Malgré le peu d'éléments de corrélations (seules quelques rares photographies), ces remarques illustrent bien la permanence remarquable des faciès à stromatolites et des formes stromatolitiques dans le Groupe d'Eleonore Bay et confirment les corrélations lithologiques de Caby (1972). Cette série riche en stromatolites et niveaux carbonatés mériterait une analyse plus approfondie.

Tableau 1. Comparaisons des stromatolites du Groupe d'Eleonore Bay

n° des niv.	Suess Land Eha, 1952	Strindberg Land Katz, 1952	Andrée Land Nord Scoresby Land Fränkl, 1953 a & b	Canning Land Bertrand-Sarfati & Caby, 1974
12	biostromes à colonnes paral- lèles jointives (10 à 20 cm)* fig. 2	<i>Collenia frequens</i> (2/10 cm) en tubercules Fig. 17 <i>Collenia</i> sp. (5 cm) <i>Collenia compacta</i> et <i>C. frequens</i> <i>Collenia</i> sp. (3-10 cm)	oolithes <i>Collenia</i> (3 à 10 cm et jusqu'à 40 cm) en colonnes Fig. 3	<i>Poludia boreica</i> f. nov. <i>Poludia tyrrellina</i> f. nov. <i>Vesicularites</i> <i>Eleonora ramosa</i> f. nov. <i>Vesicularites</i>
13		<i>Collenia</i> (10 cm) Fig. 21 <i>Collenia</i> et stromato- lites en nodules <i>Collenia expansa</i> oncolites	stromatolites	<i>Inzeria groenlandica</i> f. nov. formes globuleuses édifices subsphériques
14	biostromes à <i>Collenia</i> , colon- nes verticales, parallèles (3-6 cm) Fig. 3; 4 et 5 microstructure en bande <i>Colle- nia albertensis?</i>		<i>Collenia</i> en colonnes isolées	colonnes verticales en biostromes <i>Jurusania</i>
15		<i>Collenia</i> subcylindri- ques (3-4 cm) et ooli- thes (1 à 5 cm)	<i>Collenia</i> Fig. 5 oolithes et ooides (1-2 mm) Fig. 7	<i>Osagia</i> colonnes buissonnantes (Tungussides)
16		oolithes Fig. 30	oolithe calcaire (2-5 mm) Fig. 9	<i>Osagia</i> (1-5 mm) silicifiées mêmes colonnes buissonnantes en biostromes
17		stromatolites	oolithes (1-5 mm) dolomitisées	
18		<i>Collenia</i> Fig. 24 oolithes	oolithes (jusqu'à 7 mm) stromatolites en bio- stromes Fig. 12 Fig. 8, Fränkl, 1953 b  oolithes silicifiées	brèches et stromatolites pseudocolumnaires oolithes ou catagraphes colonnes variables, la- minations épaisses, plus claires en bordure <i>Osagia</i> parfois rema- niées (1-5 mm) stromatolites colonnes subcylindri- ques irrégulières stromatolites

\* Les chiffres entre parenthèses se rapportent au diamètre.

### Corrélations avec d'autres séries précambriennes

L'assemblage stromatolitique décrit dans la partie supérieure du Groupe d'Eleonore Bay montre l'importance des Tungussides (*Poludia*, *Eleonora*, etc..) avec de rares Gymnosolenides (*Inzeria*) et Kussiellides (*Jurusania*); des microphytolites y sont associés : *Vesicularites* et *Osagia*. La présence de ces divers éléments permet d'affirmer l'appartenance au Riphéen supérieur (*sensu lato*). Des différences apparaissent cependant avec les stromatolites du Sahara occidental (Bertrand-Sarfati, 1972) ou de l'Oural méridional (Raaben, 1969). Une comparaison peut cependant être tentée avec une formation géographiquement proche : l'archipel du Spitzberg (en accord avec Mme Raaben à qui nous avons montré les divers types de stromatolites rencontrés au Canning Land). Plusieurs formations carbonatées y montrent des stromatolites (Golovanov & Raaben, 1967; Raaben & Zabrodin, 1972).

La base offre un assemblage typique du Riphéen supérieur avec, en particulier : *Conophyton miloradovici* Raaben, *Gymnosolen ramsayi* Steinmann, *Inzeria djedjimi* Raaben, associés à des microphytolites. On ne connaît pas l'équivalent de ces horizons au Groenland.

La partie supérieure, attribuée au Vendien (entre 700 et 600 Ma environ) présente avec *Poludia russa* Raaben de nombreuses Tungussides de forme variable et des microphytolites d'un assemblage différent du précédent. Des formes comparables existent dans les horizons carbonatés de la formation supérieure du Groupe d'Eleonore Bay : *Poludia boreica* et *Poleida tyrrellina*, proches de *P. russa*, des Tungussides variées et des microphytolites. Quelques divergences se manifestent avec la présence d'*Inzeria*, *Jurusania* et l'absence de *Boxonia*. Pourtant il semble possible de rapporter la formation étudiée ici, au Vendien, par la comparaison des assemblages stromatolitiques.

### Données isotopiques

Une dizaine d'échantillons particulièrement riches en matière organique ont été confiés à M. Schidlowski pour des analyses géochimiques et isotopiques. La moyenne des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  de l'ordre de  $+ 5,0 \pm 0,5 \%$  place bien ces roches dans le groupe des carbonates 'lourds' d'âge Précambrien supérieur. Les valeurs de  $\delta^{18}\text{O}$  sont aussi tout à fait caractéristiques des carbonates de cet âge (Schidlowski *et al.*, 1975, p. 37).



## SUMMARY

The Upper Eleonore Bay Group in Canning Land, central East Greenland, underlies Eocambrian tillite and fossiliferous Cambrian deposits. The succession is similar to that described further north in the central part of the Caledonian fold belt except that the red beds of the lower part of the Multicoloured series are restricted to beds 7 and 10 while the otherwise calcareous dominated sequence is divided by a quartzite sequence (bed 13) forming the top of the Multicoloured series.

Stromatolites occur in the lower and upper parts of the Limestone-Dolomite series and in the intervening quartzite sequence. Four new taxa are described: *Poludia boreica*, *P. tyrrellina*, *Eleonora ramosa* and *Inzeria groenlandica*.

Beneath the quartzites *P. boreica* and *P. tyrrellina* occur in rhythmically repeated horizons underlain by dolomites rich in algal lumps of probably *Vesicularites* type, and at Ålborg Fjord *Eleonora ramosa* and other Tungussida are found with a small spherical *Vesicularites* between and within columns.

Above the quartzites a massive dolomite bed has rhythmically repeated, flat pebble and *Inzeria groenlandica* associations.

Within the Limestone-Dolomite series (beds 14–19) many horizons are rich in stromatolites, few of them determinable because of the intense tectonic fracturing; *Jurusania*-type forms in bed 14 and Tungussida in beds 15, 16 and 18. Between the stromatolite layers the dolomite contains lenses and beds of the spherical oncolite, *Osagia*, often reworked.

Microstructural analysis of the stromatolite laminae shows micritic mats with seasonal modifications, and numerous discordances are indicated by broken, curled mats and small channel infillings. These features make the stromatolites of the Upper Eleonore Bay Group quite distinct from those of the Upper Riphean (*sensu stricto*).

The lowest carbonate beds (9) have dessication cracks without stromatolites. Higher beds (12) show no evidence of dessication, and the presence of algal lumps beneath stromatolites indicates a moderately agitated environment. In still higher beds (13) the environment is more variable, probably with periods of subaerial exposure, and the stromatolites occur in more agitated environments (with detrital infillings). The sequence ends with flat pebble breccias with the clasts arranged vertically between large globular stromatolites. The topmost beds (14–19) reflect alternations of highly agitated and slightly agitated environments with oncolites, and stromatolites in carbonate mud, respectively, and variable conditions of depth.

Comparison with stromatolites from the Russø and Baklundtoppen Formations of Spitzbergen and the differences with the stromatolites of the Upper Riphean suggest a Vendian age for the stromatolite-bearing formations. Carbon and oxygen isotope values are comparable to other carbonates of late Precambrian age.

## Remerciements

Nous remercions le Directeur du Grønlands Geologiske Undersøgelse, qui nous a permis de réaliser cette étude.

C'est grâce à Madame M. E. Raaben, de l'Académie des Sciences de Moscou, qui a bien voulu examiner nos échantillons, que nous avons pu tenter une fructueuse comparaison avec les formations du Spitzberg.

Enfin nous ne saurions oublier Monsieur Jens Jørgensen pour sa précieuse assistance sur le terrain pendant l'été 1971.

## GLOSSAIRE

*Bioherme*: terme morphologique indiquant que la dimension verticale d'une masse construite est du même ordre que ses dimensions horizontales.

*Biostrome*: terme morphologique donné pour une masse construite dont la dimension horizontale est plus élevée que la dimension verticale. Preiss (1972) propose comme limite entre bioherme et biostrome que la dimension horizontale soit au moins cent fois plus élevée que la verticale dans le cas du biostrome.

*Colonne*: stromatolite construit par une succession de cupules, dont la hauteur est beaucoup plus grande que le diamètre.

*Couche*: cf. lamination.

*Lamination*: le plus petit élément du litage stromatolitique.

*Lamination plane*: lamination se développant en tapis ou film grossièrement plan sur un substrat qui peut être un ou plusieurs stromatolites colonnaires ou un carbonate encaissant.

*Microstructure*: pétro-fabrique des laminations avec références à un modèle possible, connu dans le récent. Ici nous parlerons de:

- tapis de micrite homogène
- tapis de micrite à fibres en réseau
- tapis de micrite grumeleuse-alvéolaire
- tapis de micrite grumeleuse-pelloïde.

*Niche*: profonde indentation dans le flanc de la colonne.

*Pelloïdes*: éléments micritiques ovoïdes, sans précision de taille ni d'origine (Bathurst, 1971).

*Pont*: lamination ou groupe de laminations, joignant deux colonnes proches.

*Pseudocolonne*: laminations continues, ondulées, dessinant des colonnes qui ne sont pas réellement isolées.

*Ramification*: division d'une colonne en de nouvelles colonnes isolées: passive: deux colonnes se séparent sans que le diamètre de la colonne mère ait été modifié; active ou buissonnante: une ou plusieurs colonnes naissent après un net élargissement du diamètre de la colonne mère.

*Sillon*: cf. niche. Ici l'indentation serait plutôt allongée transversalement.

*Supergroupe*: ensemble de formes caractérisées par la ramification et la morphologie des colonnes (Raaben, 1969). Conophytonides: colonnes parallèles sans ramification. Kussiellides: colonnes parallèles à ramification passive. Tungussides: colonnes obliques et évasées à ramification buissonnante. Gymnosolenides: colonnes parallèles verticales, à ramifications buissonnantes.

*Zone de lamination*: lamination de deuxième ordre formée par une alternance de laminations où les épaisseurs relatives sont constantes et différentes d'une zone à l'autre. Ceci détermine des zones claires et des zones sombres.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bathurst, R. G. C. 1971: *Carbonate sediments and their diagenesis*. 620 pp. Amsterdam: Elsevier [Recent carbonate algal stromatolites, 217–230].
- Bertrand-Sarfati, J. 1972: Les stromatolites du Précambrien supérieur du Sahara nord-occidental, inventaire, morphologie et microstructure des laminations. Corrélations stratigraphiques. *Publs Cent. Rech. Zone Arid. Geol.* **14**, 240 pp.
- Bertrand-Sarfati, J. & Caby, R. 1974: Précisions sur l'âge précambrien terminal (Vendien) de la série carbonatée à stromatolites du groupe d'Eleonore Bay (Groenland oriental). *C.r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris, D*, **278**, 2267–2270.
- Bütler, H. 1948: Notes on the geological map of Canning Land (East Greenland). *Meddr Grønland* **133,2**, 97 pp.
- Caby, R. 1972: Preliminary results of mapping in the Caledonian rocks of Canning Land and Wegener Halvø, East Greenland. *Rapp. Grønlands geol. Unders.* **48**, 21–38.
- Eha, S. 1953: The pre-Devonian sediments on Ymers Ø, Suess Land, and Ella Ø (East Greenland) and their tectonics. *Meddr Grønland* **111,2**, 107 pp.
- Fenton, C. L. & Fenton, M. A. 1931: Algae and algal beds in the Belt Series of Glacier National Park. *J. Geol.* **39**, 670–686.
- Fränkl, E. 1953a: Geologische Untersuchungen in Ost-Andrées Land (NE-Grønland). *Meddr Grønland* **113,4**, 160 pp.
- Fränkl, E. 1953b: Die geologische Karte von Nord-Scoresby Land (NE-Grønland). *Meddr Grønland* **113,6**, 56 pp.
- Gebelein, C. D. 1969: Distribution, morphology, and accretion rate of recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. *J. sedim. Petrol.* **39**, 49–69.
- Golovanov, N. P. & Raaben, M. E. 1967: The counterparts of the Upper Riphean in the Spitsbergen Archipelago. *Dokl. Acad. Sci. USSR, Earth Sci. Sect.* **173,5**, 58–61. [Dokl. Akad. Nauk SSSR Geol. **173,5**, 1141–1144].
- Hofmann, H. J. 1969: Attributes of stromatolites. *Pap. geol. Surv. Can.* **69–39**, 43 pp.
- Jindrich, V. 1969: Recent carbonate sedimentation by tidal channels in the lower Florida Keys. *J. sedim. Petrol.* **39**, 531–553.
- Katz, H. R. 1952: Zur Geologie von Strindbergs Land (NE-Grønland). *Meddr Grønland* **111,1**, 150 pp.
- Krylov, I. N. 1963: [Stromatolites columnaires ramifiés du Riphéen de l'Oural Sud et leur importance pour la stratigraphie du Précambrien supérieur.] *Trudy geol. Inst. SSSR* **69**, 133 pp. [en russe] [*Trad. B. R. G. M.* **4531**].
- Logan, B. W. 1961: *Cryptozoon* and associate stromatolites from the Recent, Shark Bay, Western Australia. *J. Geol.* **69**, 517–533.
- Maslov, V. P. 1953: [Principes de nomenclature et de systématique des stromatolites.] *Izv. Akad. Nauk. SSSR. Geol.* **1953**, 4, 105–112. [en russe].
- Monty, C. 1963: Bases d'une nomenclature des roches calcaires marines. *Annls Soc. geol. Belg.* **86**, 88–122.
- Monty, C. L. V. 1967: Distribution and structure of recent stromatolitic algal mats, eastern Andros Island, Bahamas. *Annls Soc. geol. Belg.* **90**, 55–100.



- Pia, J. 1927: Spongiostromata. In Hirmer, M. (edit.) *Handbuch der Paläobotanik*. 1, 36–37. München & Berlin.
- Preiss, W. V. 1972: The systematics of South Australian Precambrian and Cambrian stromatolites. Part I. *Trans. R. Soc. S. Australia* 96, 67–100.
- Raaben, M. E. 1964: [Les stromatolites du Riphéen supérieur de la chaîne du Solud et leur extension verticale.] *Byull. mosk. Obshch. Ispyt. Prir., Geol.* 39(3), 86–109. [en russe].
- Raaben, M. E. 1969: Columnar stromatolites and Late Precambrian stratigraphy. *Amer. J. Sci.* 267, 1–18.
- Raaben, M. E. & Zabrodin, V. E. 1972: [Upper Riphean problematic algae (stromatolites, oncolites).] *Trudy geol. Inst. SSSR* 217, 120 pp. [en russe].
- Reitlinger, E. A. 1959: [Atlas des restes organiques microscopiques et des *Problematica* des couches anciennes de Sibérie.] *Trudy geol. Inst. Akad. Nauk SSSR* 25, 59 pp. [en russe].
- Schaub, H. P. 1950: On the Pre-Cambrian to Cambrian sedimentation on NE-Greenland. *Meddr Grønland* 114,10, 50 pp.
- Schidlowski, M., Eichmann, R. & Junge, C. E. 1975: Precambrian sedimentary carbonates: carbon and oxygen isotope geochemistry and implications for the terrestrial oxygen budget. *Precambrian Res.* 2, 1–69.
- Twenhofel, W. H. 1919: Pre-Cambrian and Carboniferous algal deposits. *Amer. J. Sci.* (4) 48, 339–352.
- Walter, M. R. 1972: Stromatolites and the biostratigraphy of the Australian Precambrian and Cambrian. *Spec. Pap. Palaeontology* 11, 190 pp.

Planche 1.

a: *Poludia tyrrellina* f. nov. Tapis à fibres sombres fines, tapis clair à filaments (?) verticaux; holotype MGUH 13 798 de GGU 152 351.2. Echelle 0,5 mm.

b: *Eleonora ramosa* f. nov. Micrite alvéolaire et tapis sombre de micrite grumeleuse-alvéolaire; holotype MGUH 13 799 de GGU 145 467. Echelle 0,5 mm.

c: *Inzeria groenlandica* f. nov. Zones claires traversées de tapis discontinus sombres, tapis sombres épais, épisodiques de micrite alvéolaire à plages de sparite; holotype MGUH 13 800 de GGU 152 348.2. Echelle 0,7 mm.

d: Stromatolite indéterminé du niveau 15. Tapis clairs traversés de filaments (?); tapis sombres micritiques, parfois films fins à fibres; MGUH 13 801 de GGU 145 424. Echelle 0,5 mm.

e: forme 2 des stromatolites indéterminés du niveau 18. Tapis de micrite grumeleuse-alvéolaire très épais, épisodiques; MGUH 13 817 de GGU 145 422. Echelle 0,7 mm.

f: forme 3, du niveau 18. Tapis de micrite grumeleux discontinus, fins à contours très flous, couches non recouvrantes en bordure; MGUH 13 818 de GGU 145 452. Echelle 0,5 mm.

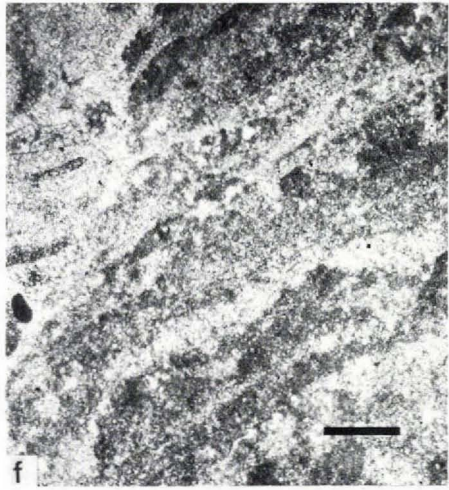
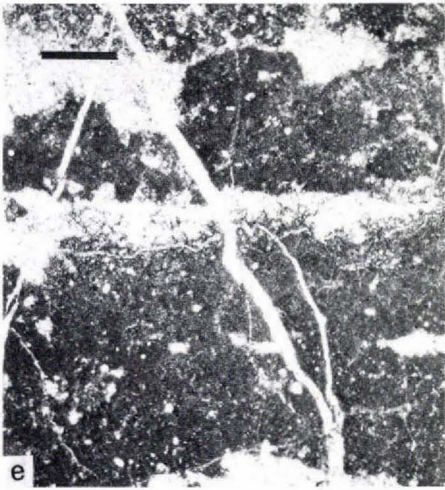
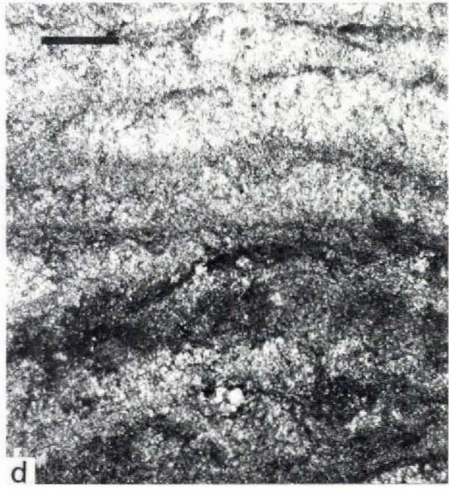
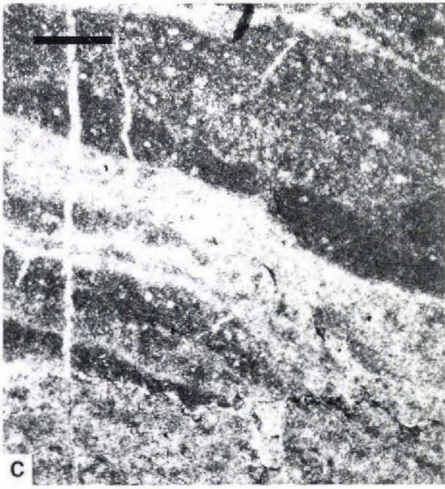
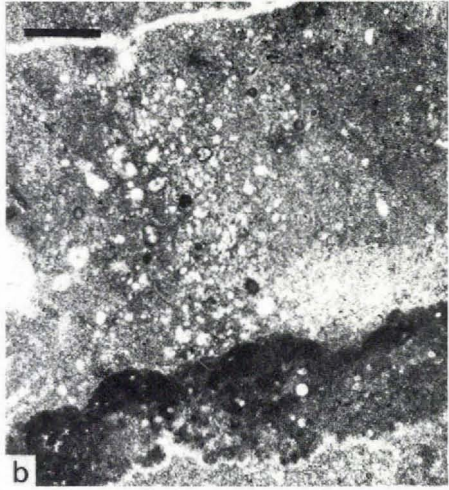
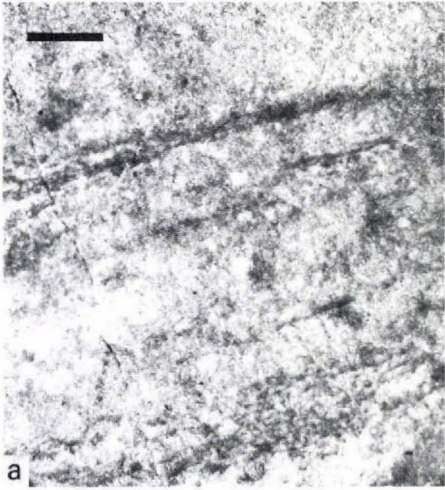




Planche 2. *Vesicularites*.

a et b: forme 2, paroi simple ou double (MGUH 13 802 de GGU 152 352.4),  $\times$  200.

c, d et e: forme 3, c: paroi double des vésicules internes, d: vésicules dans la paroi externe (MGUH 13 803 de GGU 152 352.1),  $\times$  80.

f et g: forme 3, associée à des pelloïdes et à la forme 2 (MGUH 13 804 de GGU 152 352.2),  $\times$  80.

h: vésicule à paroi multiple avec vésicules creuses et remplissage géopète (MGUH 13 804 de GGU 152 352.2),  $\times$  200; Kap Tyrrell, banc 12.

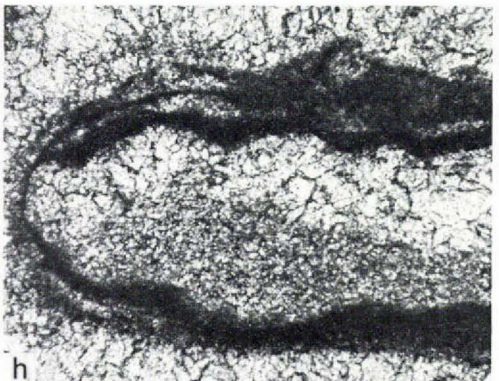
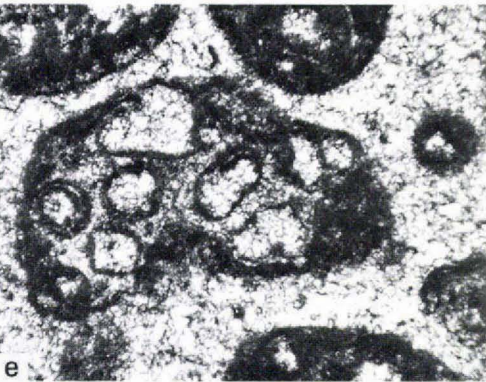
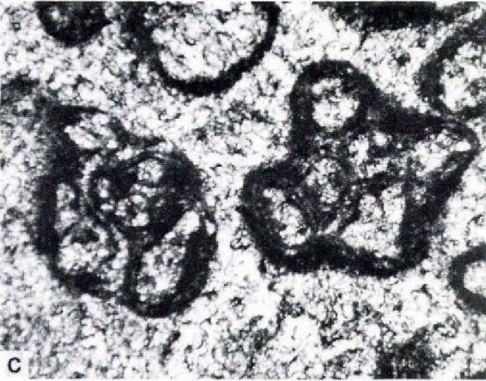
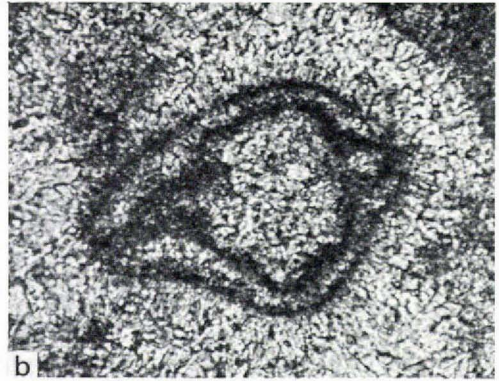
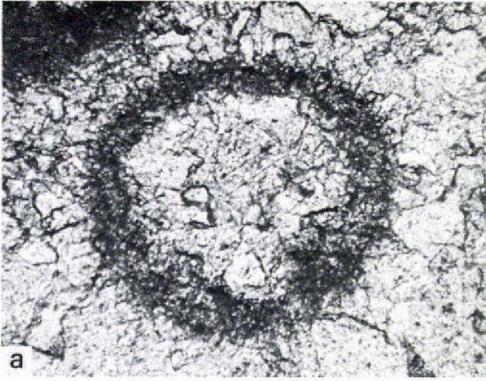


Planche 3. *Osagia*.

a: alternance de couches dans une oncolite sans noyau (MGUH 13 805 de GGU 145 427),  
× 200 environ.

b: recristallisation quasi totale oblitérant la microstructure, × 200.

c: recristallisation et micritisation par plage (MGUH 13 806 de GGU 145 438), × 200  
environ.

d: silicification de l'oncolite et dolomitisation du ciment (MGUH 13 807 de GGU 145 426),  
× 100 environ. Ålborg Fjord; a: banc 15; b et c: banc 16; d: banc 18.



