

0376  
1976  
149-2

N° d'ordre: 611

# THESE

de

50376  
1976  
149-2

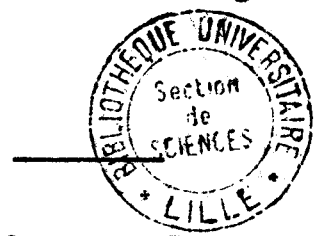
## Doctorat de 3<sup>e</sup> cycle

*Mention: GEOLOGIE APPLIQUEE*

par

FRANCIS LECLERCQ

Maitre en Géologie



Soutenu à l'Université des Sciences & Techniques de LILLE  
(U.E.R. des Sciences de la Terre),  
devant la Commission d'Examen.

Membres du Jury:	M	Ch. DELATTRE,	Président
	Mme	P. CORSIN,	Examineur
	M	M. WATERLOT,	Rapporteur

### **Le Permien des Friendly Beaches, Tasmanie orientale, Australie.**

t.2



#### 4.4. ETUDE ROENTGENOGRAPHIQUE

##### 4.4.1. Introduction

Neuf échantillons ont été soumis à l'analyse de leurs minéraux argileux par la méthode des poudres de DEBYE et SCHERRER et par l'usage de la diffractométrie aux rayons X.

Ce sont les :

- échantillons n° 3 : siltite argileuse à ciment ferrugineux micacé et siliceux
- " F 40 : siltite argileuse à ciment ferrugineux
- " F 5 : quartzarénite à ciment micacé
- " F 21 : microconglomérat polygénique à ciment d'argilite sableuse
- " F 25 : siltite sableuse et micacée
- " F 43 : litharénite à matrice d'argilite sableuse et silteuse
- " F 711: litharénite feldspathique à glauconie et à ciment de siltite sableuse
- " FG 2 : matrice de l'*Isacs Conglomerate* - Litharénite

Le diffractomètre a été réglé de la manière suivante :

cuvre  $K_{\alpha 1}$  = 1,54050 pour  $2 \theta$   
constante de temps = 2  
vitesse de déroulement du papier = 26,6 mm/mm  
balayage =  $2 \theta$   $2^\circ/\text{mm}$

##### 4.4.2. Traitement des échantillons

Les échantillons, avant d'être soumis aux rayons X, ont été traités de la manière suivante (WHITTIG, 1965) :

(extrait de LECLERCO, 1975)

1°) **Dispersion** des argiles : 20 gr de l'échantillon ont été broyés très finement et ont été déposés dans un béccher de 1000 ml dans lequel on a versé 500 cc d'eau plus 25 ml de "Calgon" (utilisé par les ménagères quand l'eau de lavage est trop calcaire) à 50 g/l (5 %).

L'opération a été effectuée à la température ambiante de 20°C et l'ensemble a été mélangé.

- 2°) Décantation pendant 8 heures
- 3°) Destruction de la matière organique : 80 cc ont été versés dans un bécher de 100 cc auxquels on a ajouté 20 cc d'eau oxygénée ( $H_2O_2$ )
- 4°) Floculation de la suspension par addition de quelques gouttes de  $MgCl_2$
- 5°) Centrifugation à 220 tours par minute, pendant 15 mn et décantation
- 6°) concentration de  $Fe^{3+}$  libre par addition de 40 ml de citrate de sodium à 30 % + 5 ml de  $NaHCO_3$  pour garder un pH constant
- 7°) Formation de  $Fe^{++}$  par addition de 1 gr de  $Na_2O_4$  (1/3 à 1/4 de cuillère à café) puis on a mélangé
- 8°) Mélange des argiles par vibration en utilisant un vibreur de type "WHEELMIXER"
- 9°) Augmentation des vitesses de réaction par chauffage dans un bain d'eau chaude pendant 15 mn à une température inférieure à 80°C tout en mélangeant de temps à autre
- 10°) Départ du fer libre par adjonction de  $Na_2S_2O_4$ , trois fois de suite à 5 mn d'intervalle (JACKSON, 1956)
- 11°) Floculation par adjonction de 10 ml de NaCl saturé et de 10 ml d'acétone
- 12°) Centrifugation après mélange puis décantation

Comme différents cations peuvent retenir différentes quantités d'eau d'hydratation (BARSHAD, 1950; NORRISH, 1954) : "it is imperative that a clay sample prepared for diffraction analysis be homoionic to ensure that expansion as a result of hydration will be uniform within all crystals of a species. Also, since clay samples are commonly analysed after drying in air, it is advisable to exchange-saturate the clay with a cation which will minimize changes in interlayer water adsorption due to fluctuations in relative humidity. Magnesium (Mg), which allows relatively uniform interlayer adsorption of water by expandable layer-silicates,....., is commonly used for exchange-saturation".

Le traitement suivant a été ensuite effectué :

- 13°) Adjonction de 10 ml d'eau puis mélange
- 14°) Addition de HCl à 10 % goutte à goutte, tout en mélangeant jusqu'à ce que le pH de la suspension soit compris entre 3,5 et 4,0 (on a testé avec un papier réactif). La suspension est acidifiée avant

l'addition du magnésium pour prévenir la précipitation de  $Mg(OH)_2$  à partir de  $MgCl_2$

- 15°) Adjonction de 10 ml de  $MgCl_2$  de concentration 10 fois normale. On a mélangé puis on a centrifugé pendant 5 mn à 1500 tours/minute, puis on a décanté
- 16°) Addition deux fois de suite de 50 cc d'acétate de magnésium. Centrifugation puis décantation pendant 5 mn à 2500 tours/mn afin d'éliminer les ions  $H^+$  de la suspension acidifiée
- 17°) Adjonction deux fois de suite de  $MgCl_2$  (50 cc à chaque fois), puis centrifugation et décantation
- 18°) Les excès de sel ont été retirés par lavages (centrifugations et décantations) :
  - une fois avec 50 cc de méthanol à 50 %
  - une fois avec 50 cc de méthanol à 95 %
  - une fois avec 50 cc d'acétone à 95 %

Ces lavages ont été effectués jusqu'à ce que la solution claire de la décantation ait donné un test indiquant l'absence de chlorures avec  $AgNO_3$  à 10 %. S'il existe des ions chlorures, ils réagissent avec  $AgNO_3$  pour donner  $AgCl_2$  qui précipite.

- 19°) Le matériel à analyser est alors déposé sur une lame de verre avec une goutte d'acétone qui a séché rapidement à l'air, tout en orientant à plat les particules argileuses

Le pic sur le diffractogramme correspondant à la kaolinite pouvant correspondre à un deuxième pic de chlorite, les échantillons ont été soumis après le premier examen roentgénographique à une chauffe de  $500^\circ C$  pendant 1/4 d'heure.

En 1965, WHITTIG a écrit : "Heating of a sample to  $500^\circ C$  serves two important functions. It effects collapse of vermiculite which contains non exchangeable interlayer aluminium hydroxy-complexes, and it destroys the kaolin minerals. When chlorite is present in a sample, it normally yields a second-order maximum at nearly the same position as the first-order maximum of kaolinite ( $7.15 \text{ \AA}$ ). If a  $7.15 \text{ \AA}$  spacing, obtained from an unheated sample, disappears or decreases in intensity after heating at  $500^\circ C$ , the presence of kaolinite is confirmed".

Il suffit de comparer les deux diffractogrammes avant et après la chauffe pour se convaincre de l'existence ou de la non existence de kaolinite.

4.4.3. Résultats

Ils sont consignés dans le tableau de la figure 55

Echantillon	Pic à 2 $\theta$	d (Å)	Minéraux argileux	Conclusions après chauffe
n° 3	6,40° 8,98° 12,42°	13,08 9,84 7,12	chlorite illite et/ou muscovite kaolinite et/ou chlorite	chlorite illite et/ou muscovite chlorite
n° 40	8,92°	9,90	illite et/ou muscovite	illite et/ou muscovite
n° F 5	8,96°	9,86	illite et/ou muscovite	illite et/ou muscovite
n° F 21	8,74°	10,10	illite et/ou muscovite	illite et/ou muscovite
n° F 25	16,38° 12,48°	13,04 70,09	chlorite kaolinite et/ou chlorite	chlorite chlorite
n° F 43	8,15° 8,92° 12,42°	10,85 9,90 7,12	micas hydratés illite et/ou muscovite kaolinite et/ou chlorite	micas hydratés illite et/ou muscovite kaolinite
n° F 711	6,38° 8,80° 12,35°	13,04 10,04 7,17	chlorite micas et illite kaolinite et/ou chlorite	chlorite micas et illite kaolinite
n° FG 2	5,24° 8,90°	16,85 9,92	montmorillonoïdes illite et/ou muscovite	montmorillonoïdes illite et/ou muscovite



Fig. 55.- Tableau des résultats de l'étude roentgéno-graphique

#### 4.4.4. Conclusions

La kaolinite qui apparaît dans certains échantillons est un signe d'altérations internes en milieu bien lessivé. La présence d'illite ainsi que de chlorite est un signe d'altérations ménagées voire débutantes et essentiellement mécaniques (AUBOUIN, BROUSSE et LEHMAN, 1968; MILLOT, 1964).

L'illite se retrouve dans la plupart des échantillons étudiés; c'est le plus abondant des minéraux argileux (BLATT, MIDDLETON et MURRAY, 1972).

Une grande partie de l'illite provient de la désagrégation de schistes et ardoises illitiques préexistantes (FOLK, 1974). La chlorite se forme dans les milieux marins, particulièrement dans les lagunes et près des côtes où les rivières qui recèlent du fer dérivé de l'érosion se jettent dans la mer.

La montmorillonite se forme dans les environnements riches en Mg; quant à l'illite, dans ceux riches en K. Une partie de la kaolinite provient de l'altération des feldspaths dont on retrouve certains débris non encore totalement altérés dans certains échantillons.

#### 4.5. L'EXOSCOPIE DES GRAINS DE QUARTZ AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A PALAYAGE (MEB)

Une part importante du travail a consisté en l'étude de l'exoscopie des grains de quartz. Une analyse bibliographique détaillée indispensable a été réalisée et menée avec profit grâce à la richesse de la bibliothèque du *Geology Department* de l'Université de Hobart et grâce aux divers organismes de géologie du Commonwealth australien par lequel il me fut possible d'obtenir de nombreux tirés à part et photocopies de publications.

##### 4.5.1. Des débuts du microscope optique au microscope électronique à transmission (MET)

Depuis SORBY (1880), les géologues s'attachent à décrypter le message géologique imprimé à la surface des grains de sable. CAILLEUX (1945) publie un article dans lequel les grains de quartz sont classés dans trois catégories principales, à savoir :

- les "non-usés" (N.U.) anguleux et à relief élevé qui n'ont subi aucun transport notoire,
- les "émoussés-luisants" (E.L.) qui sont des grains polis par l'action simultanée de l'eau et des particules argileuses qui s'y trouvent pour donner une pâte lustrante,
- les "ronds-mats" (R.M.) dont le dépoli est le résultat de l'action du vent qui permet aux grains d'entrer en collision les uns avec les autres.

KRUMBEIN et SLOSS (1951) dans leur livre "*Stratigraphu and Sedimentation*" définissent la *Surface roughness* d'une particule comme étant "*the aggregate of its minute surface features*". Pour ces auteurs, il ne fait aucun doute que l'examen de la surface des particules conduit à l'interprétation des paléoenvironnements.

1962 est un tournant dans l'histoire de la géologie de laboratoire. Dès lors, on va considérer le microscope électronique comme un outil de travail de recherche très précis (microscope électronique dont un prototype construit par ARDENNE existe déjà depuis 1938 et dont la résolution est déjà de 500 angströms en 1942). Dans la décennie qui suivit la fin de la première guerre mondiale, le microscope électronique n'est que peu usité par les géologues. Toutefois, en 1952, DEMPSTER et RITCHIE étudient la surface de grains de quartz finement broyés. FOLK et WEAVER (1952) publient un article qui traite de l'étude de la texture et de la composition du chert par l'utilisation du microscope électronique à transmission. On lui préfère encore, pour étudier la surface des grains de quartz, le microscope optique (BOND, 1954).

En 1962, on peut lire de nombreux articles dans diverses publications qui relatent de l'étude des grains de quartz au moyen du microscope électronique (BIEDERMAN, 1962; PORTER, 1962; KUENEN et PERDOK, 1962); KRINSLEY et TAKAHASHI, 1962 a,b,c).

Dès lors se détachent deux grandes écoles : l'une suit KUENEN et ses collaborateurs pour qui le façonnement des grains est essentiellement dû à des actions chimiques; l'autre suit KRINSLEY et son équipe qui accordent la primeur aux facteurs mécaniques. Quelques rares auteurs utilisent encore le microscope optique (FOURNIER, 1964, SOUTENDAM, 1967). Les auteurs s'efforcent de trouver des critères de texture significatifs et représentatifs de l'environnement dans lequel les grains de quartz ont évolué et de déterminer les effets de la diagenèse.

KRINSLEY et TAKAHASHI (1962c) publient le premier article dans lequel un paléoenvironnement est révélé grâce à l'exoscopie des grains de quartz. PORTER (1962) est le premier à étudier les quartz de sédiments consolidés. Il broie la roche à étudier et les quartz sont dégagés et nettoyés grâce à un vibreur ultrasonique. Il propose une classification phénomorphique\* à cinq entrées.

---

\* Phénomorphie : l'ensemble des caractères morphologiques d'un cristal déterminés par les différents facteurs évolutifs exploitant la génomorphie du quartz étudié.

Génomorphie : l'ensemble des caractères morphologiques d'un cristal directement hérité de la genèse du quartz étudié. La génomorphie représente l'héritage exploité et modifié par les facteurs évolutifs après la libération du cristal de la roche mère (LE RIPAULT, 1971b).

- usé (*abraded*) : surface qui semble être dépolie, écaillée,
- lobé (*lobate*) : surface qui semble être pavée
- corrodé (*corroded*) : surface qui apparaît être le résultat de l'enlèvement de matière par les solutions en contact avec le sable ou le silt,
- lisse (*smooth*) : la douceur de la surface est évidente,
- faceté (*faceted*) : il existe des plans ou facettes associées à la structure cristalline.

PORTER suit à la fois les écoles de KUENEN et de KRINSLEY en ce sens, qu'il décrit des surfaces dont l'aspect est lié à la physico-chimie morphogène (du grec morphê : forme et gennân : engendrer).

KUENEN et PERDOK (1962), par leurs investigations, arrivent à des conclusions opposées à celles de CAILLEUX (1942) : à savoir que les PM éoliens ne présentent pas de traces d'impacts, ce qui implique que l'aspect de la surface est due à une action chimique et non mécanique.

Les EL marins acquièrent le lustre par intervention chimique et non mécanique.

La bataille est dès lors engagée et jusque 1968, de nombreux auteurs vont s'efforcer de cataloguer les traces qui recouvrent la surface des grains de quartz. Pour KRINSLEY et TAKAHASHI (1962 a,b), les critères distinctifs sont les suivants :

- les quartz éoliens : ils portent des surfaces courbes dont l'intersection forme des rides responsables du caractère "mat" des grains,
- les quartz aquatiques : ils présentent des "V" et de nombreux pores dus à l'abrasion,
- les quartz glaciaires : ils ont un relief élevé, ils présentent des fractures conchoïdales, des séries de "marches arquées" et de "marches semiparallèles".

Pour BIEDERMAN (1962), les cavités triangulaires qu'il examine sont caractéristiques de grains qui ont évolué dans un environnement aquatique.

CAMP BELL (1963) étudie les marques de percussion et KRINSLEY et FUNNELL (1965) reconnaissent l'existence de marques dues à une dissolution chimique.

SOUTENDAM (1967) est le premier à étudier en détail les quartz désertiques dont la texture est due à l'action chimique de la rosée, qu'il distingue des quartz éoliens proprement dits.



KRINSLEY et DONAHUE (1968a) établissent une liste détaillée des caractères phénomorphiques. Ils distinguent :

- les quartz littoraux de haute énergie (action des vagues)
  - . 2 "V" sans orientation préférentielle par micron carré (mécanique)  
(V = trace triangulaire dont la forme est celui de la lettre V)
  - . gouges droites ou légèrement courbes
  - . cassures conchoïdales
- les quartz littoraux de moyenne et basse énergie
  - . indentations en "V" à basse énergie; indentations en échelons dont l'orientation est contrôlée par les axes cristallographiques (décapage chimique)
  - . quand l'énergie augmente, le nombre de "V" croît et leur répartition est de plus en plus anarchique.
- les quartz éoliens de déserts tropicaux
  - . rides en méandres
  - . arcs en marches d'escalier
  - . surface poreuse due à des actions physiques ou chimiques
- les quartz éoliens de dunes côtières
  - . rides en méandres
  - . arcs en marches d'escalier
- les quartz glaciaires
  - . cassures conchoïdales de toutes tailles
  - . relief élevé
  - . marches subparallèles (dues peut-être à des cisaillements) en relation avec des directions de clivage (FRONDEL, 1962)
  - . marches en forme d'arc
  - . striations parallèles
  - . blocs ou prismes de cassures imbriquées
  - . indentations fines et régulières
- les quartz fluvioglaciaires
  - . présentent les mêmes caractères que les quartz glaciaires. Ils ont un gradient de polissage (c'est à dire qu'ils sont plus ou moins polis).

MARGOLIS (1968) classe les marques de la surface des quartz en fonction de l'énergie de la zone littorale dans laquelle ils ont évolué. Il distingue trois types :

- les plages de faible énergie qui présentent des traces de décapage
- les plages d'énergie moyenne qui présentent <sup>es</sup> traces de décapage, plus des marques de percussion
- les plages de forte énergie à traces de percussion.

Pendant cette période, qui va de 1962 à 1968, certains auteurs vont faire de "l'exoscopie appliquée". C'est ainsi que KRINSLEY, TAKAHASHI, SILBERMAN et NEWMAN (1964) démontrent que les grains de quartz de la plage de Montauk Point (Long Island, New York) ont pour origine un till démantelé par les vagues. Les quartz présentent nettement des caractères de plages qui oblitèrent des caractères glaciaires. La notion d'histoire géologique d'un grain, son évolution non plus dans l'espace mais dans le temps, est introduite.

KRINSLEY et NEWMAN (1965) appliquent l'exoscopie à la glaciation pleistocène. HAMILTON et KRINSLEY (1967) comparent des quartz d'une tillite paléozoïque à ceux de glaciers quaternaires : ils sont identiques.

WOLFE (1967) étudie la surface de grains de quartz de la fraction détritique de craie incluse dans un conglomérat de base. Il arrive à la conclusion que cette étude est peu satisfaisante, quasi inutile quant à la connaissance du type d'environnement dans lequel ont évolué les grains de quartz. L'exoscopie donne néanmoins des renseignements sur la physicochimie du milieu.

GFES (1969) démontre que certains critères caractéristiques de l'environnement "glacial" se retrouvent sur la surface des grains aquatiques ou éoliens.

Toutes ces études sont réalisées grâce à l'utilisation d'un microscope électronique à transmission qui a l'avantage par rapport au microscope optique d'avoir un pouvoir de résolution de 1,5 angstrom (contre 2000 Å). Malheureusement, l'utilisation du MET est fastidieuse. Le grain ne peut être examiné directement car il faut créer des répliques de la surface (KRINSLEY et DONAHUE, 1968a, BRAMER 1965, KRINSLEY et TAKAHASHI, 1964).

Ces répliques sont longues à préparer et des artefacts peuvent être introduits lors de la préparation et venir masquer certains détails. Ces répliques sont fragiles. Le grossissement ne peut être suffisamment faible pour permettre l'observation d'un grain dans sa totalité. De plus, seuls 10 % de sa surface peuvent être examinés (50% sont perdus lors de la fabrication de la réplique et 40 % sont perdus pour des raisons techniques de montage sur la grille d'observation. Enfin, un seul grain peut être examiné (quelque fois deux petits) ce qui implique un changement fréquent de l'échantillon.

Tous ces facteurs ont pu rebuter certains chercheurs. Néanmoins, le MET est utilisé dans de nombreux domaines. HYDE et KRINSLEY (1964) l'appliquent aux Foraminifères, CARRIER (1964) aux céramiques, DOHERTY et LEOMBRUNO (1964), également aux céramiques, SHOJI et FOLK (1964), aux calcaires, FOLK (1965) l'applique aux calcaires, VAUGH (1965) à la recristallisation du quartz, HARVEY (1966) aux calcaires, SMALLEY (1966) au loess, Mc INTYRE (1967) aux microfossiles, ainsi que HAY et SANDBERG la même année, OLDERSHAW (1968) aux cherts lités, SMALLEY et VITA-FINZI (1968) au loess, KRINSLEY et DONAHUE (1968<sup>b</sup>) aux calcaires, GOODELL, WATKINS, MATHER et KOSTER (1968) l'appliquent aux sédiments transportés par les icebergs; GILLOT (1969) s'attache à la "fabrique" de sédiments dont la granulométrie est faible. KAY (1965) édite un manuel où les techniques relatives à la microscopie électronique sont exposées en détail. C'est à cette époque critique de l'exoscopie des quartz et de son utilisation en tant qu'outil fiable qu'apparaît le microscope électronique à balayage (MEB).

#### 4.5. L'ERE DU MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE (MEB) (fig. 56 et 57)

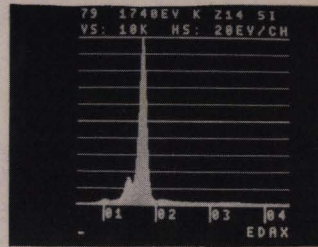
Le MEB a un pouvoir de résolution de 100 angstroms, ce qui est inférieur à celui du MET mais nettement supérieur à celui du microscope optique.

Les échantillons sont recouverts d'un métal lourd (or, or-palladium) ou par du carbone pour éviter l'apparition de charges électriques à la surface du grain. L'échantillon est placé dans le MEB où règne un vide poussé ; il y est bombardé par un fin faisceau d'électrons issus d'un filament de tungstène chauffé. Les électrons sont accélérés de 1 à 30 KV dès leur libération du filament et passent au travers de 3 lentilles électro-magnétiques qui réduisent le faisceau de 0,05 mm à 100 Å. Dans le dernier jeu de lentilles réductrices, un trou de 100 microns est réalisé pour réduire les aberrations. Cette ouverture a l'avantage d'augmenter la profondeur de champ. Lorsqu'un faisceau d'électrons frappe l'échantillon, il y a réflexion des électrons primaires, émission d'électrons secondaires, cathodoluminescence, excitation des rayons X, conductivité induite par le faisceau et détérioration de la radiation. On utilise essentiellement l'émission des électrons secondaires, l'excitation des rayons X et la cathodoluminescence. Un champ de déflection



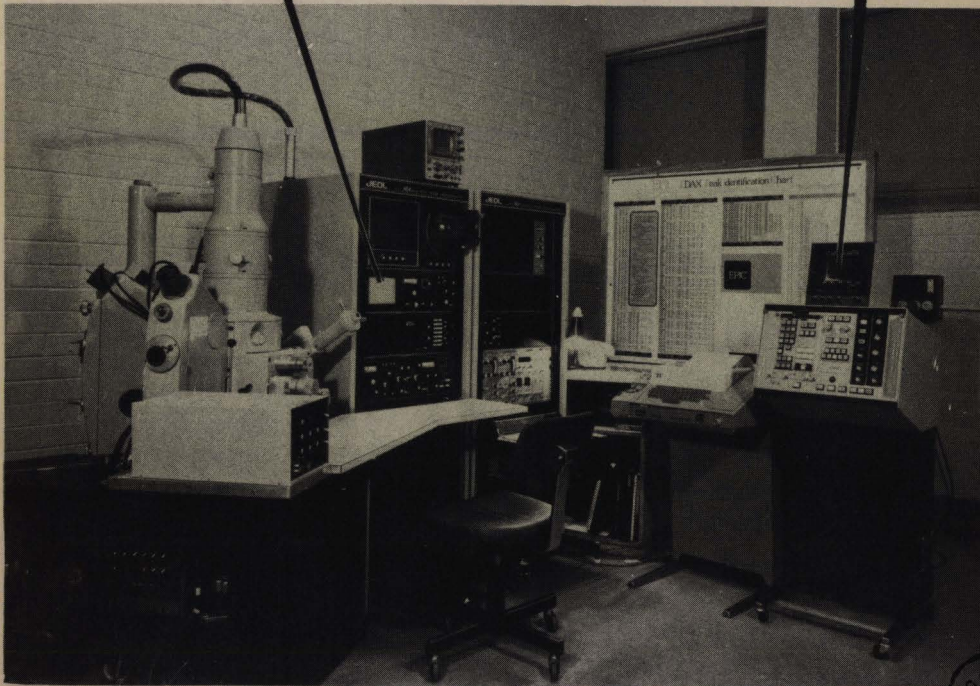
OBSERVATION DU GRAIN

(EXOSCOPIE)



IDENTIFICATION DU MINERAL

le  
meb



BIS  
LILLE

Identification du minéral (légende de la figure 56)

Ce système permet de connaître instantanément la composition chimique par point du grain étudié. On peut ainsi vérifier que le spécimen est bien du quartz.

79	= la calculatrice est en fonction
I748EV	= énergie des Rx sélectionnée
K	= couche électronique choisie
Z 14	= numéro atomique
S	= Silicium
VS	= "Vertical Scale"
HS	= "Horizontal Scale" (20 électrons-volts par canal)
Kev	= en échelle horizontale

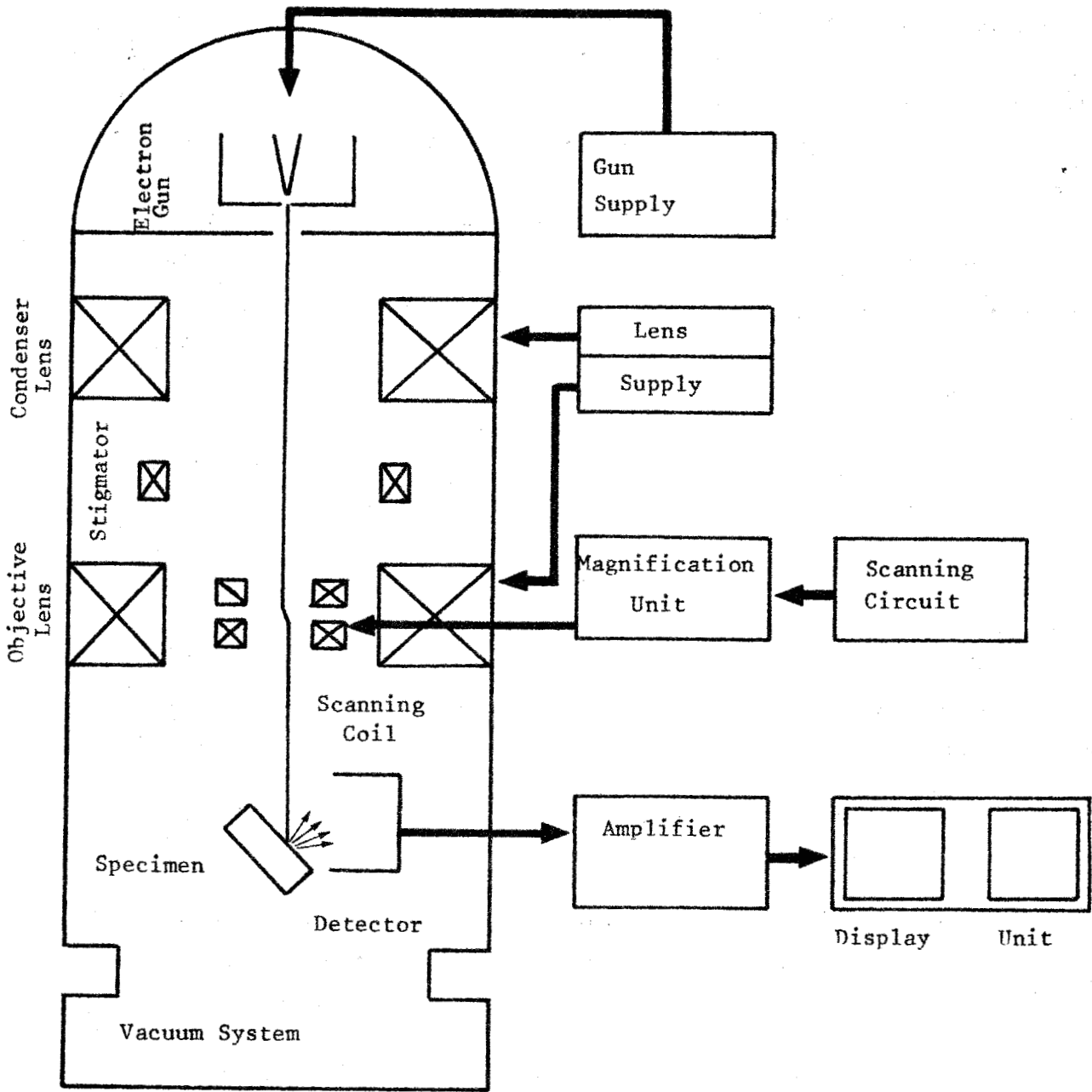


Fig. 57 .- Microscope électronique à balayage  
Diagramme schématique  
(d'après O. JOHARI et S. BHATTACHARYYA, 1969)



magnétique ou électrostatique balaie le faisceau d'électrons sur toute la surface de l'échantillon dans les directions X ou Y du plan. Les électrons secondaires émis par la surface du grain sont collectés. Il y a production d'un signal. Un tube cathodique est balayé simultanément : à chaque point du tube cathodique correspond un point de l'échantillon. Les variations de contraste et de luminosité sur l'écran du tube cathodique sont dues à des variations du signal point par point, en relation avec une variation du nombre d'électrons émis par l'échantillon point par point. Le grossissement est contrôlé en faisant varier le taux de déflexion du faisceau d'électrons. Deux tubes cathodiques sont utilisés. L'un possède un écran dont l'image disparaît rapidement, 1000 lignes sont balayées toutes les 40 à 400 secondes. Ce tube est utilisé pour la photographie. L'autre possède un écran où l'image persiste plus longtemps et le balayage des 500 lignes se fait à vitesse variable.

La majeure partie des inconvénients issus de l'utilisation du MET sont éliminés avec l'utilisation du MEB. Plusieurs dizaines de grains peuvent être montés à la fois. Le support peut être incliné ou tourné, ce qui nous permet une observation de plus de 50 % de la surface du grain. L'image observée est tridimensionnelle. Le grossissement va de 20 à 100.000 fois.

THORNTON en 1968 publie un ouvrage important sur la microscopie électronique à balayage, de même que NIXON en 1969.

KRINSLEY et MARGOLIS (1969) comparent des photographies de quartz prises au MET et au MEB. Les résultats sont frappants : le MEB semble promettre un bel avenir quant à l'étude de l'exoscopie des grains de quartz.

De nouveau, les auteurs vont tenter de cataloguer les marques qu'ils relèvent à la surface des grains en fonction d'un type d'environnement. GEES (1969) introduit de nouveaux termes : KRINSLEY et CAVALLERO (1970) distinguent les sables éoliens périglaciaires des sables éoliens désertiques.

MARGOLIS et KRINSLEY (1971) distinguent des quartz périglaciaires désertiques et de dunes côtières. DOORNKAMP et KRINSLEY (1971) classent les figures observées à la surface de grains de quartz de l'Uganda; ces figures sont dues à une désagrégation chimique (environnement tropical). Ce sont :

- des trous de dissolution,
- des crevasses,
- un décapage chimique le long des structures cristallographiques du quartz,
- des prismes d'éclatement probablement dus à un gonflement,
- une désintégration étendue à toute la surface du grain.

SETLOW et KARPOVITCH (1972) observent des figures typiquement "glaciaires" sur des grains ayant évolué dans un environnement littoral (plages d'énergie faible ou élevée). Pour ces auteurs, il apparaît nécessaire (et maintenant possible grâce au MER), de faire des études non plus uniquement qualitatives, mais également quantitatives. Les études quantitatives sont le meilleur moyen de reconnaître les paléoenvironnements. La méthode est basée sur celle de KARPOVITCH (1971). On établit le "degré de développement" (densité) et l'"aire de développement" pour 21 microtextures examinables à la surface des grains. Le degré de développement est apprécié et affecté d'un coefficient numérique. L'aire du développement est appréciée et affectée d'un coefficient numérique. Ces deux nombres sont multipliés de façon à obtenir une valeur comprise entre 0 et 50 qui exprime quantitativement la phénomorphie. La moyenne et les valeurs maximum sont reportées sur un histogramme ayant en ordonnée la liste des microtextures et en abscisse la valeur trouvée, résultant de la multiplication effectuée sur les deux facteurs. Il est nécessaire et suffisant d'observer 15 grains. La méthode est partiellement subjective mais semble avoir fait ses preuves (SETLOW et KARPOVITCH, 1972).

degré de développement	valeur	Aire de développement	valeur
dominant	5	étendue à toute la surface	9-10
abondant	4	étendue sur une bonne partie de la surface	6-8
commun	3	étendue à une région du grain	3-5
présent (peu) rare	2 } 1 }	locale	1-2
absent	0	absente	0

WHALLEY et KRINSLEY (1974) s'intéressent aux grains glaciaires et tentent de différencier :

- les "*supraglacial grains*" (désagrégation de falaise au dessus du glacier) qui présentent des plans de clivage, des particules adhérentes, des monticules de silice précipitée qui sont probablement des éclats de quartz soudés par de la silice amorphe sur le grains-support auxquels il faut ajouter les autres critères des grains glaciaires (KRINSLEY et DONAHU, 1968a), plus une altération due à une désagrégation et des phénomènes de précipitation ("*unturned plates*");



- les "*englacial grains*" (matériel enfouis par la neige au sein des glaciers, en excluant les grains arrachés à la semelle du glacier que l'on retrouve enfouis à la base de la couche de glace).

Ces grains ne présentent que peu de différences bien qu'ils soient entourés par une pellicule d'eau.

- les "*subglacial grains*" (arrachés par le glacier en mouvement)

Les différences sont très faibles.

WHALLEY et KRINSLEY (1974) pensent que dans l'avenir l'usage du MEB sur des quartz altérés pourra servir de technique de datation pour des études comparatives (ces idées rejoignent celles déjà émises par ANDREWS et MILLER (1972).

MARGOLIS et KRINSLEY (1974), quant à eux, introduisent la notion de quantité. Pour ces auteurs, il faut étudier 25 grains et les comparer à des environnements actuels. Ils fournissent un tableau détaillé des caractères de surface et de leur pourcentage en fonction du type d'environnement. Ils expliquent les caractères phénomorphiques observés sur les grains en termes de clivages, fractures, précipitations et dissolutions. Pour eux, le quartz réputé sans clivage en présente un dans les sept directions suivantes : r ( $10\bar{1}1$ ), z ( $01\bar{1}1$ ), m ( $1010$ ), c ( $0001$ ), a ( $11\bar{2}0$ ), s ( $11\bar{2}1$ ), x ( $51\bar{6}1$ ).

Les meilleurs clivages étant observables dans les directions r, z et m; les cassures conchoïdales et les cassures en marches d'escalier semblent dues à une propagation de la fracture le long de plans de clivage (propagation d'ondes acoustiques, KRAGELSKII, 1965; SCHOLTZ et MARTIN, 1971). Les surfaces planes visibles sur les quartz glaciaires représentent peut-être des plans de clivage.

Ainsi seules des études qualitatives et quantitatives peuvent accéder à la détermination de paléoenvironnements car le MEB a fait apparaître que les cassures conchoïdales, par exemple, typiques d'un environnement glacial se retrouvent sur des grains récemment désagrégés de massifs granitiques (KRINSLEY et DOORNKAMP, 1973), sur des grains glaciaires, littoraux (haute énergie) et éoliens (MARGOLIS et KENNET, 1971, MARGOLIS et KRINSLEY, 1971; SETLOW et KARPOVITCH, 1972).

Avec l'apparition du MEB, les applications géologiques seront nombreuses. Par exemple, HAY et SANDBERG (1967) pour la paléontologie, de même que SANDBERG et HAY (1967 et 1968); GEITZENAUER, MARGOLIS et EDWARDS (1968) à propos de la glaciation éocène. BUSSON (1968), de même que CAILLEUX et SCHNEIDER, la même année, sur l'usure des sables; JOHARI et BHATTACHARYYA (1969) cherchent à caractériser des poudres métalliques; STIEGLITZ (1969) étudie les marques de percussion sur des minéraux lourds; WARNKE et GRAM (1969) travaillent sur des quartz, WILLARD (1969) sur les fractures des roches, HODGSON et SCOTT (1970) pour qui MEB + granulométrie = caractérisation de paléoplages; REX, MARGOLIS et MURRAY (1970) découvrent une dune interglaciaire dans une carotte de forage; SMALLEY et CARRERA (1970) à partir des travaux de CHARLESWORTH (1957), étudient le loess; WAUGH, la même année, étudie la silice secondaire de grains de quartz; BALTZER et LE RIBAUT (1971) font l'exoscopie de quartz d'un delta tropical; CEGLA, BUCKLEY et SMALLEY (1971) étudient le loess. KRINSLEY et MARGOLIS (1971) étudient la surface de grains de quartz. LE RIBAUT (1971a, b), à la suite des travaux de DEMPSTER et RICHIE (1952), prouve l'existence d'une pellicule de silice amorphe à la surface des cristaux de quartz pour des grains dont le diamètre est de 0,5 mm. L'épaisseur de cette pellicule est de 0,01 micron à 1 micron. La pellicule se desquame en écailles de 0,5 micron. La solubilité est supérieure à celle du noyau. Si la dissolution est lente, il y a desquamation de la pellicule sous forme d'écailles. Il y a amorphisation progressive. Si la dissolution est forte, la pellicule est affectée de figures de corrosion. La pellicule se présente sous plusieurs aspects : placage moulant les formes du cristal, "coulées" traduisant la position du cristal-support dans son environnement existence de "fleurs de silice" traduisant l'immobilisation du grain. SETLOW (1971) définit les critères de surface de minéraux lourds; SMALLEY et CARRERA (1971) travaillent sur le loess; TOVEY (1971) sur les argiles; WARNKE (1971) sur le loess; WARNKE et STAUBLE (1971) étudient les quartz de plage sur la côte orientale de Long Island; COCH et KRINSLEY, la même année, étudient les sédiments pléistocènes de Virginie; BLACKWELDER et PILKEY (1972) font l'exoscopie de quartz de la marge continentale orientale des Etats-Unis. LE RIBAUT (1972a) travaille sur les quartz fluviatiles : la teneur en silice des eaux est inférieure à la solubilité de la silice amorphe ( $115 \cdot 10^{-6}$  à 25°C); elle est supérieure à celle du quartz. Il y a donc dissolution de la pellicule soluble. Pour les fleuves de faible et moyenne énergie, il y a concentration de la silice dans les dépressions des grains. Il y a sursaturation locale (FOURNIER, 1960) et dépôt. Il y a néogenèse dans les dépressions et parfois sur les faces planes si le brassage est nul. Le quartz n'est pas

attaqué, il n'existe pas de "v" de dissolution. De plus, des diatomées peuvent être piégées. Si le cours d'eau est torrentiel, la pellicule disparaît et le quartz présente de nombreuses traces de choc, notamment sur les arêtes.

LE RIBAUT (1972b) étudie des quartz marins. La mer est sous-saturée en silice amorphe et sous-saturée en quartz. Dans la zone infratidale, il y a dissolution de la pellicule et du grain lui-même. Des figures de dissolution apparaissent sur les arêtes puis sur tout le grain en commençant par les zones de fractures, les traces de choc, là où il y a faiblesse du réseau cristallin. Dans la zone intertidale, pendant l'immersion du grain, l'évolution est semblable à celle de la zone infratidale. Pour les plages de haute et moyenne énergie, il y a de nombreuses traces de choc. Pendant l'émersion du grain, l'évolution est semblable à celle de la zone infratidale. Pour les plages de haute et moyenne énergie, il y a de nombreuses traces de choc. Pendant l'émersion, l'évaporation provoque des sursaturations locales, il y a dépôt de silice secondaire uniquement dans les dépressions du grain.

LE RIBAUT (1972c) détermine par exoscopie, l'origine de limons quaternaires, dans le Sud-Est du bassin aquitain. Il montre que les quartz présentent des traces de choc à bords tranchants. LE RIBAUT et TOURENQ (1972) appliquent l'exoscopie à l'origine de sédiments détritiques. NORDSTROM et MARGOLIS (1972) retracent l'histoire sédimentaire du bouclier californien grâce au MEB. PITTMAN (1972) étudie la diagenèse de quartz dans des formations gréseuses. MILLER et BLASCHKE (1972) étudient des coccolithes; SETLOW et KARPOVITCH (1972) examinent des minéraux lourds; STIEGLITZ (1972), des calcaires, STIEGLITZ et ROTHWELL (1972) des minéraux lourds également, BROWN (1973), LE RIBAUT (1973) appliquent l'exoscopie en MEB à l'histoire sédimentaire de diverses formations. LE RIBAUT (1974a) montre qu'il est nécessaire d'étudier simultanément les deux types de facteurs : chimique et mécanique; *"L'étude des seules traces d'action mécanique et celle des seules traces d'action chimique ne permettent pas de déterminer avec certitude tout ou partie de l'histoire géologique des quartz détritiques. Chaque milieu évolutif est caractérisé par les actions chimiques et mécaniques"*.

Il distingue les "quartz d'altérite" qui subissent une altération au sein de la roche mère. Ces grains n'ont jamais été transportés, les "quartz pédologiques" qui ont subi un transport et donc une ou plusieurs évolutions plus ou moins complexes et qui ont ensuite été immobilisés à un moment de leur histoire. Ceci se traduit par les influences d'origine pédologique (dépôts secondaires ou corrosion) superposées aux caractères hérités de l'histoire antérieure du grain.

Les actions mécaniques permettent de distinguer :

- le milieu aérien,
- le milieu aquatique.

Les actions chimiques permettent de distinguer :

- le type d'évolution aquatique
- la dynamique du grain dans son milieu.

BARBEY, CARBONNEL, LE RIBAUT et TOURENØ, (1974) appliquent l'exoscopie des grains de quartz à l'étude du Quaternaire mauritanien.

LE RIBAUT (1974b) montre l'intérêt de l'endoscopie alliée à l'exoscopie.

LEGIGAN et LE RIBAUT (1974) étudient des quartz dans un podzol humo-ferrugineux développé sur le sable des Landes.

REHMER et HEPBURN (1974) démontrent que la Squantum "tillite" du Bassin de Boston dans le Massachussetts est d'origine glaciaire.

HEIKEN (1974) étudie des échantillons de cendres volcaniques.

AUBERT et LE RIBAUT (1975) étudient des quartz du pied du Jura. Ils montrent que le MEB a révélé que les grains du sidérolithique et de la Molasse sont d'origine fluviatile et qu'ils ont été façonnés auparavant par le vent et l'action des vagues sur les plages du Crétacé moyen.

LE RIBAUT (1975) montre que l'on peut retracer sur un seul grain de quartz entre 5 et 10 évolutions successives par la seule exoscopie de celui-ci.

#### 4.5.3. Préparation des échantillons et méthodes de travail

- a) Dans la mesure du possible, les grains de quartz à étudier ont été séparés par des moyens chimiques afin d'éviter la formation d'artefacts. Un broyage de la roche peut faire apparaître à la surface des quartz des cassures conchoïdales, des blocs ou prismes d'éclatement, des éclats de quartz adhérents. Il fut aisé de séparer les quartz des calcaires par passage de la roche dans l'acide chlorhydrique dilué. Certains échantillons ont néanmoins dû être broyés. Lorsque des cassures conchoïdales franches, des arêtes tranchantes apparaissaient, les grains furent éliminés à cause de l'incertitude quant à l'interprétation. Le vibreur à ultrasons n'a jamais été employé car nous avons craint d'endommager les surfaces ( contrairement à PORTER(1962), qui préconise son utilisation).
- b) Une fois les quartz séparés, ils ont été examinés à la loupe binoculaire de manière à éliminer les grains pluricristallins pour lesquels l'observation peut être rendue délicate à cause de la présence de surfaces frontières complexes.
- c) Pour chaque échantillon, quelques grammes de quartz (ou présumé quartz) ont été introduits dans un Erlenmeyer avec de l'acide chlorhydrique concentré. Le liquide a été porté à ébullition. L'ébullition a été maintenue pendant dix minutes.
- d) les grains ont été lavés à l'eau distillée très soigneusement.
- e) l'oxyde de fer a été éliminé par passage des grains dans du chlorure stanneux en solution pendant une demi-heure.
- f) les particules organiques ont été éliminées par une solution oxydante de permanganate de potassium dissout dans 15 ml d'acide sulfurique concentré (MC INTYRE, 1967).
- g) l'échantillon a été lavé soigneusement à l'eau distillée puis parfaitement séché (étuve, dessiccateur)
- h) une quinzaine de grains ont été choisis au hasard pour chaque échantillon et collés sur un support selon différentes méthodes. Cela a permis de mettre au point la meilleure technique (cf chapitre 4.5.5.)

Un optimum a été obtenu pour des grains de 200 à 500 microns montés sur un support et fixés à celui-ci par un ruban qui adhère sur les 2 faces (fig. 58a )

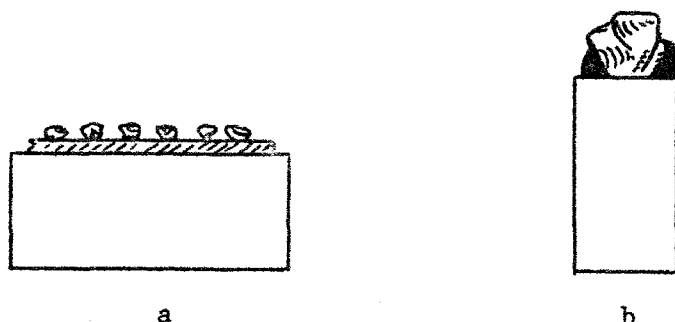


Fig. 58.-

a. montage des grains de 200 à 500 microns

b. montage des grains de 3 millimètres

Un excellent résultat fut obtenu également pour des grains de 3 mm montés dans une peinture très conductrice à base d'argent type "Silver dag 915" (fig. 58b).

- i) le support est placé dans un évaporateur sous vide (qui peut être parfois associé à une platine qui tourne sur un excentrique (DOORNKAMP et KRINSLEY, 1971). De l'or est évaporé sur le support sous une incidence de 45°. Pour les grains de taille élevée (1 mm et plus) il a été nécessaire de tourner l'échantillon de manière à répartir le film d'or sur toute la surface du grain.
- j) l'échantillon est alors placé dans le MEB (microanalyseur IXA-50A) selon le processus habituel .
- k) on choisit un grain. La vitesse du balayage, le contraste, la luminosité et la mise au point sont réglés. Par la simple rotation d'un module, on arrive au fort grossissement sur lequel on affine la mise au point (la profondeur de champ du MEB étant 300 fois supérieure à celle du microscope optique; il ne faut pas constamment modifier la mise au point même pour les grains dont le relief est très élevé).
- l) la nature de chaque grain est vérifiée grâce à l'utilisation d'un analyseur EDAX à rayons X à dispersion. Sur l'écran de télévision apparaît automatiquement la composition chimique du grain. Cette ultime vérification a permis de reconnaître les grains de feldspath et des

minéraux lourds que l'on pensait être du quartz lors de la manipulation c)

m) il ne reste plus qu'à examiner tridimensionnellement les grains de chaque échantillon, à noter les résultats et prendre des clichés photographiques (polaroid), pour les manipulations effectuées à Hobart, Ilford FP4 pour celles effectuées à Lille).

On prospecte le relief systématiquement, à savoir :

- les arêtes qui sont les plus sensibles aux chocs et à la dissolution chimique. Elles révèlent le dernier stade évolutif,
- les faces planes qui conservent les caractères de paléoévolution,
- les dépressions qui fossilisent les caractères phénomorphiques.

#### 4.5.4. Les principaux traits phénomorphiques examinables au MEB

Un caractère unique, isolé sur la surface d'un grain, n'est pas suffisant pour interpréter le paléoenvironnement (ou l'environnement actuel) dans lequel ont évolué les quartz. L'observation doit se faire sur une quinzaine de grains. L'intensité des caractères a une importance car certains traits sont communs à plusieurs milieux évolutifs.

Il est préférable de faire une analyse quantitative à laquelle on adjoint une taxonomie numérique.

Enfin, l'exoscopie est significative pour le dernier cycle de transport (PETTIJOHN, 1956). Les caractères apparus lors de l'avant-dernière évolution seront plus ou moins détruits et/ou masqués par la dernière évolution.

Dans la liste des caractères en fonction du milieu (fig. 59), les grands carrés indiquent un fort pourcentage  $\geq 75$  %, les petits carrés indiquent un pourcentage de 5 à 75 %. Les critères 1 à 4 correspondent à la forme et au relief, les critères 5 à 17 aux facteurs chimiques et les critères 18 à 32, aux facteurs mécaniques (fig. 60 et 61).

ENVIRONNEMENTS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
CRITERES															
CONTOUR ARRONDI 1	■	■	■	■	■	■		■	■			■	■	■	■
CONTOUR ANGULEUX 2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
FAIBLE RELIEF <0,50 μ 3	■	■	■	■	■	■		■		■	■				
RELIEF ELEVE >1 μ 4	■	■		■			■	■	■	■		■	■	■	■
LEGERE DISSOLUTION DE LA PELLICULE SOLUBLE 5		■	■												
DISSOLUTION GENERALE DE LA PELLICULE 6	■			■	■	■									
√ DE DISSOLUTION ORIENTES CRISTALLOGRAPHIQUES 7	■	■	■	■	■	■		■	■	■			■	■	■
SURFACE POREUSE 8							■	■	■		■	■	■	■	
DECAPAGE DIAGENETIQUE 9							■		■		■	■	■	■	
SURFACES DE FRACTURES LISSES 10							■	■	■			■			
CROISSANCE DE CRISTAUX 11													■	■	
COULEES DE SILICE AMORPHE 12													■		
DEPOT DE SILICE AMORPHE DANS LES DEPRESSIONS 13		■	■	■	■										
DEPOT DE SILICE AMORPHE SUR LES FACES PLANES 14			■												
DEPOT DE SIL AMORPHE SUR LES ARETES ET LES PROTUBERANCES 15															
DIATOMEES FRAICHES PIEGEES DANS LES DEPRESSIONS 16		■	■												
DIATOMEES EMOUSSEES DANS LES CAVITES 17				■	■										
CROISSANTS DE CHOC 18										■	■	■			
BLOCS PRISMATIQUES D'ECLATEMENT DE GRANDE TAILLE >1 μ 19	■	■		■			■	■	■			■	■		
BLOCS PRISMATIQUES D'ECLATEMENT DE PETITE TAILLE <1 μ 20	■			■			■	■	■	■	■	■	■		
FRACTURES CONCHOIDALES DE GRANDE TAILLE >1 μ 21	■			■			■	■	■			■	■		
FRACTURES CONCHOIDALES DE PETITE TAILLE <1 μ 22	■	■		■			■	■	■	■	■	■	■		
RAINURES ET GOUGES ARQUEES 23	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■		
RAINURES ET GOUGES DROITES 24	■	■		■			■	■	■	■			■		
STRIES DE FROTTEMENT 25								■	■	■			■		
FRACTURES EN MARCHES D'ESCALIER SUB-PARALLELES 26							■	■	■				■		
FRACTURES EN MARCHES D'ESCALIER ARQUEES ET EN EVENTAIL 27							■	■	■	■	■	■	■		
RIDES EN MEANDRES 28	■			■				■	■	■	■	■	■		
UPTURNED PLATES 29								■		■	■	■			
√ DE CHOC NOMBREUX 2V/μ² 30	■	■	■	■	■	■		■	■	■					■
TRACES DE CHOC A BORDS FRANCS 31										■	■				
TRACES DE CHOCS A BORDS TRANCHANTS 32															

Fig. 59.- Les principaux traits phénomorphiques examinables au MEB (non exhaustif) d'après une étude bibliographique.





Légende de la figure 59

A : fleuve torrentiel

B : fleuve de turbulence moyenne

C : fleuve de faible turbulence

D : intertidal de haute énergie

E : intertidal de faible énergie

F : infratidal

G : glacial continental

H : glacial marin

I : glacial fluvial

J : éolien dunes côtières

K : éolien désert tropical

L : éolien périglacial

M : régolite sol résiduel tempéré altération de la roche mère

N : régolite sol résiduel tropical

O : régolite marine

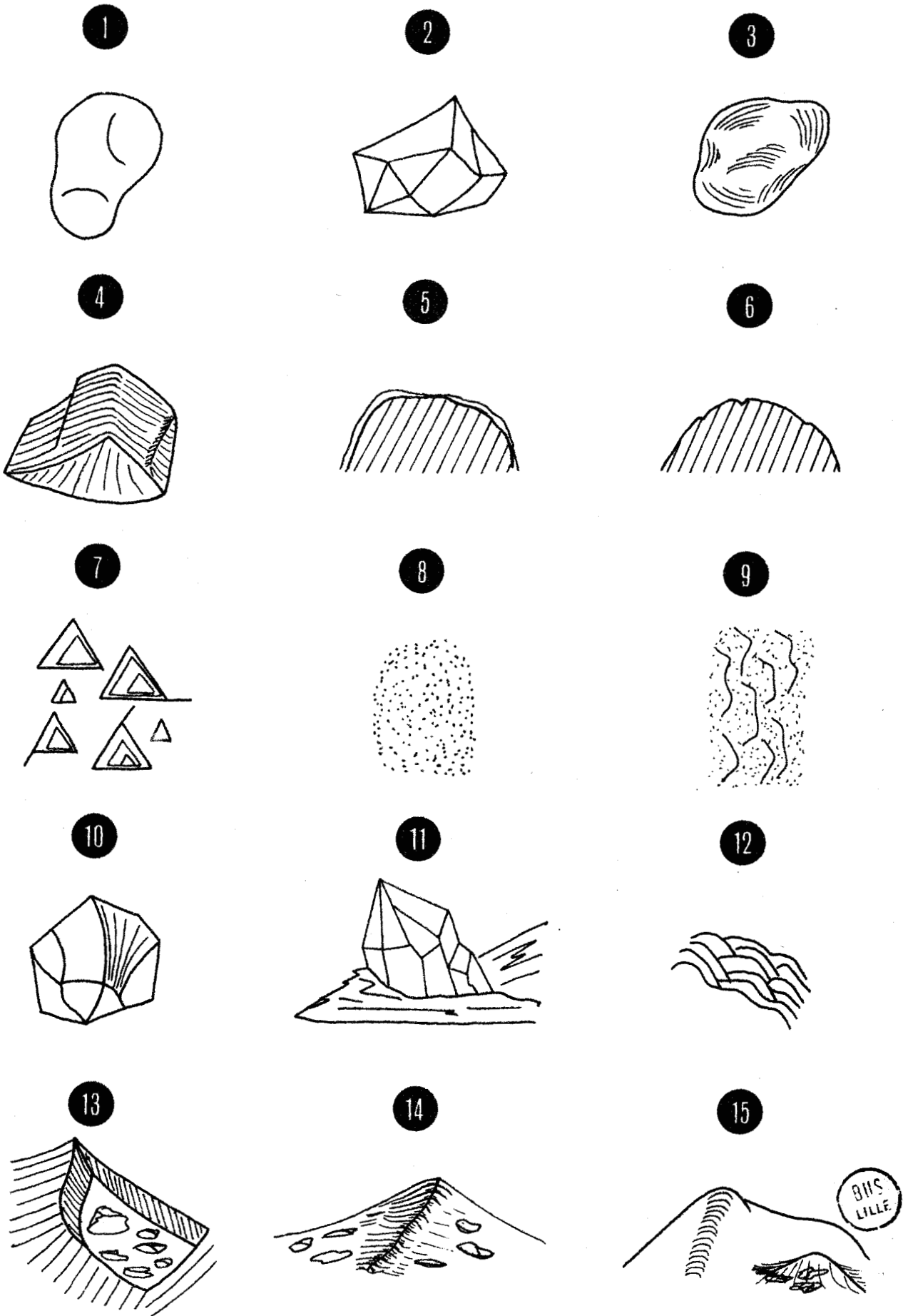
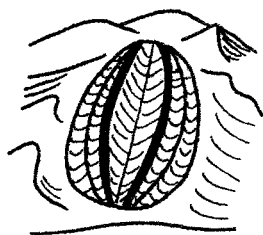
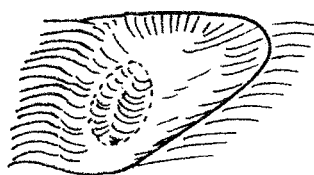


Fig. 60.- Illustration des caractères phénomorphiques cités dans la figure 59

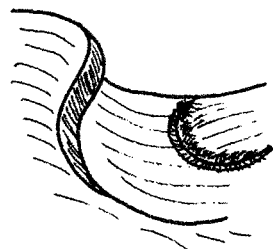
16



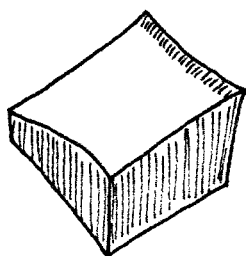
17



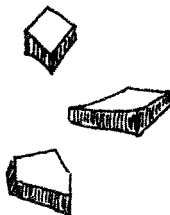
18



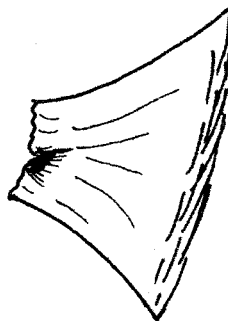
19



20



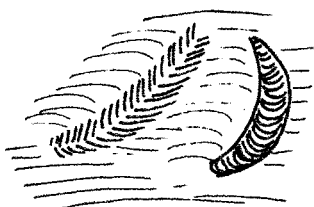
21



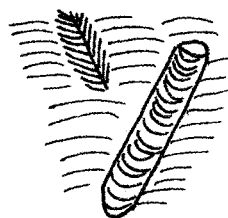
22



23



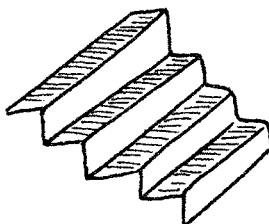
24



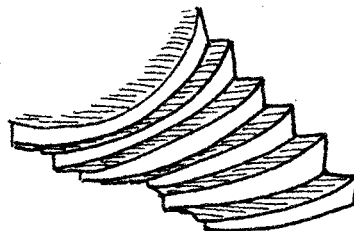
25



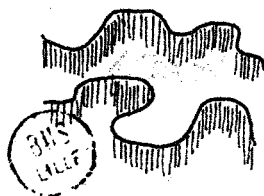
26



27



28



29



30



31



32

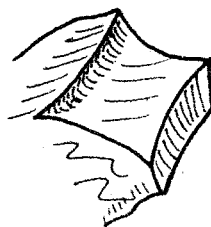


Fig. 61.- Illustration des caractères phénomorphiques cités dans la figure 59 (suite et fin).

4.5.5. L'amélioration des techniques de montage des grains sur les supports (pl. 28; fig. 62 : 1 à 20)

- 1) Dans un premier temps, les grains de quartz furent scellés dans une colle type "colle universelle Scotch transparente" semi-liquide. Les grains de taille comprise entre 0,5 et 1 mm et les grains de taille comprise entre 1 et 3 mm furent montés ensemble. Cette technique s'avère peu satisfaisante car la colle s'est mise à cloquer dans le vide de l'évaporateur et l'or vaporisé à 45° d'incidence n'a pas recouvert tous les quartz, les plus gros grains jouant un rôle d'abri.
- 2) Les gros grains furent alors déposés au centre et les petits au pourtour tout en vaporisant l'or dans deux directions opposées. Les grains furent bien recouverts mais le gonflement de la colle provoqua une instabilité des gros grains qui, dans le vide du MEB, se mirent à vibrer, et, à fort grossissement, il fut impossible d'obtenir une image stable.
- 3 et 4) Seuls quelques gros grains furent déposés dans une épaisse couche de colle. Les mêmes problèmes surgirent et plus de 80 % de grains ne furent pas observables.
- 5) Même type de montage mais cette fois seuls de petits grains furent pris dans la colle. Les mêmes remarques que précédemment peuvent être faites.
- 6) On utilisa alors un petit support sur lequel on dépose 1, 2 ou 3 gros grains. La colle ne cloqua pas mais à fort grossissement, on eut toujours une instabilité des grains (action du vide); ceci fut accentué lorsque l'on voulu incliner le grain.
- 7) Un fragment de grès fut examiné dans son ensemble. Il fut bien scellé par une peinture d'argent conductrice type "Silver Dag 915". Les résultats ne furent pas mauvais mais le problème des frontières entre les grains faussa les observations.
- 8) On utilisa cette fois un ruban adhésif sur les deux faces type "Norton". Une face adhéra au support et sur l'autre, les grains furent retenus. Des gros grains furent déposés (une vingtaine). Le résultat fut assez médiocre car la couverture d'or fut mauvaise et au fort grossissement, il y eut encore une fois instabilité et des décharges électriques prirent naissance.

- 9) On revêtit le ruban adhésif de gros et de petits grains. Les gros grains furent scellés dans une pâte d'argent ce qui permit une meilleure conductivité, une disparition des décharges électriques et une meilleure assise. Le problème surgit de la différence de taille lorsque l'on revêtit les quartz d'une couche d'or qui fut suffisante pour les petits grains mais insuffisante pour les gros. On procéda alors à une seconde évaporation d'or dans une autre direction. Cette fois, le film d'or s'avéra trop épais pour les petits grains.
- 10,11,12) On améliora la technique en n'observant que des grains de la taille de l'ordre du millimètre en déposant une goutte d'argent par endroits sur le pourtour pour augmenter la conductivité. Le résultat s'avéra meilleur lorsque tout le tour fut recouvert d'argent mais il y eut encore des décharges électriques, dues au fait que les grains restaient trop gros.
- 13) On utilisa alors des grains plus petits, le résultat fut nettement meilleur.
- 14,15) Le résultat fut amélioré par le dépôt d'argent sur le pourtour du support.
- 16) L'utilisation d'un petit support ne modifia pas les résultats obtenus en 15.
- 17) le résultat fut parfait pour des grains dont la taille fut comprise entre 1 et 0,2 mm. Le ruban adhésif seul fut utilisé. L'observation a pu se faire sur plusieurs dizaines de grains par support.
- 19,20) Le problème des gros grains fut résolu par l'utilisation de peinture "pâte d'argent" très conductrice qui scella parfaitement les gros quartz. On aboutit au meilleur résultat en ne déposant qu'un seul gros grain par support et en vaporisant 4 fois l'or sur l'échantillon (dans quatre directions séparées les unes des autres par un angle de 90°).

La technique s'améliora au fur et à mesure des recherches et l'on ne travailla que sur des montages de grains de quartz des types 17 et 18 pour les petits grains et 19/20 pour les gros grains.

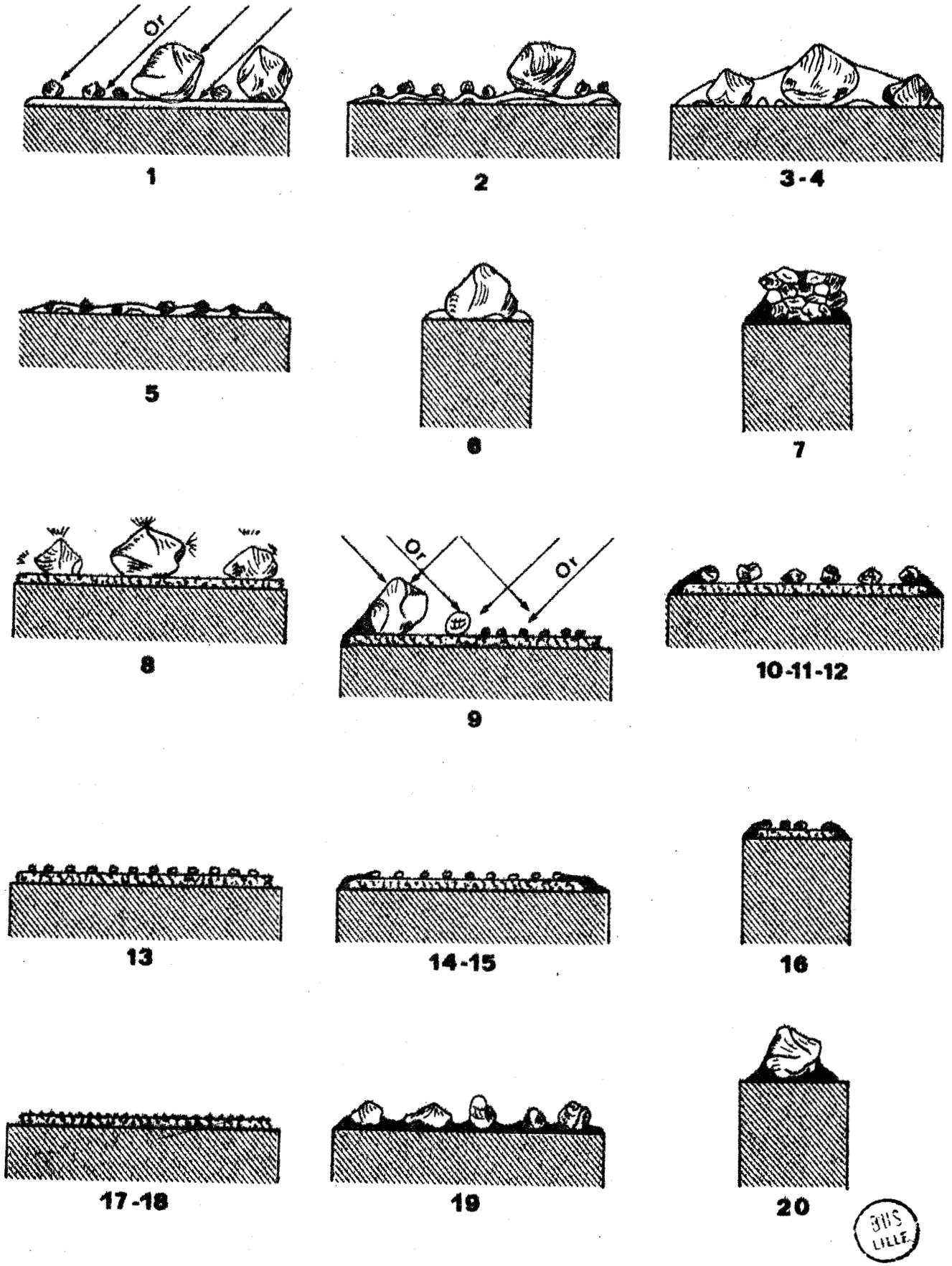


Fig. 62.- 1 à 20 : le montage des grains de quartz pour une exoscopie au MEB

#### 4.5.6. Les résultats

L'étude exoscopique a porté sur un nombre élevé de grains (plusieurs centaines). On n'a retenu pour critères fiables que ceux qui apparaissaient sur plus de 75 % des grains. Les 2/3 des critères observés se retrouvaient à chaque fois sur chaque grain de cette catégorie.

Une étude préliminaire a porté sur des grains de quartz d'environnements actuels :

- éolien, avec des grains de sable de la région d'*Alice Springs* au centre de l'Australie. C'est un sable de désert tropical.
- intertidal de haute énergie, avec des grains de sable de la plage actuelle des *Friendly Beaches*
- glaciaires avec des grains extraits d'un till quaternaire du centre de la Tasmanie.

On pourra dans l'étude qui suit se reporter ainsi aux grains d'environnements connus.

##### 4.5.6.1) Les grains de la plage actuelle des *Friendly Beaches* (pl. 29, ph. 1 à 8)

Le contour des grains est nettement arrondi (ph. 1,2), le relief est assez faible (ph. 1, 2, 4). On note des V de dissolution orientés cristallographiquement. On note également des figures de frottement isolées et exploitées par la dissolution (ph. 7). Celles-ci se produisent dans un environnement où règne une énergie très élevée. La surface des grains est très propre, ce qui est caractéristique des quartz qui évoluent en milieu marin (ph. 1 à 8). Les traces de choc en V sont localisées aux arêtes des grains (ph. 3, 5, 6, 7). Sur certains quartz, les figures de dissolution s'étendent sur les faces planes; ceci correspond à une évolution marine plus poussée (ph.8). Les traces de choc les plus récentes, à gradient de polissage, ne sont pas encore exploitées par les figures de dissolution (flèche ph. 4). D'autres grains présentent des figures de cisaillement. qui existent toujours au fond des cassures conchoïdales (ph. 4) (Loïc LE RIBAUT, communication personnelle). Les parties les plus exposées de ces figures de cisaillement sont entaillées par de nombreuses traces de choc à gradient de polissage (ph. 5). On distingue des blocs et prismes d'éclatement de toutes tailles de même que des fractures conchoïdales de petite taille (ph. 4,6). Les rainures et gouges droites et arquées existent. Les V de choc sont nombreux et se surimposent parfois à des cassures conchoïdales et à des gouges (ph.5). Les grains sont typiques de l'environnement

intertidal de moyenne à haute énergie (certains grains sont peut-être d'origine glaciaire).

4.5.6.2) Les grains d'un till quaternaire (centre de la Tasmanie Mount Field National Park, près du lac Dobson) (pl. 30, ph. 1 à 6)

Le contour des grains est très anguleux (ph. 2), ces grains ont peu évolué. Les surfaces de fractures sont lisses. On distingue des blocs et prismes d'éclatement de grande taille, d'autres de plus petite taille ainsi que des fractures conchoïdales de toutes dimensions (ph. 1,2,3). Les rainures et gouges arquées sont moins fréquentes que les rainures et gouges droites. Les fractures en marche d'escalier droites et arquées sont discernables, de même que les *upturned plates* (ph. 1,2). On distingue des figures de cisaillement qui sont très peu polies (ph. 6) (contrairement à celles observables dans le cas de l'environnement précédent). Ces figures de cisaillement ne portent pas de traces de chocs. Par ailleurs, les arêtes sont peu émoussées et indiquent que les grains n'ont subi qu'un très bref transport. On note de très belles figures de broyage glaciaire (ph. 4 et 5). Les grains ont typiquement évolué dans un environnement glaciaire.

4.5.6.3) Les grains de quartz de la région d'Alice Springs (centre de l'Australie continentale) (pl. 31, ph. 1)

Le contour est arrondi, légèrement anguleux. Le relief est faible, la surface poreuse, décapée. On distingue des croissants de choc et des prismes d'éclatement de petite taille. Des gouges arquées sont discernables, de même que des fractures en marches d'escalier. On note des *upturned plates*. Le grain a évolué dans un environnement de haute énergie. C'est un grain éolien de désert tropical.

4.3.6.4) Formation 1 : Iron-rich Sandstone (pl. 31, ph. 2,3)

Les grains présentent des fracture conchoïdales de toutes tailles. Certains sont en marches d'escalier (ph.3). Le relief est élevé, les contours anguleux. La surface des fractures est lisse. La formation des fractures conchoïdales a certainement été facilitée par la présence dans le grain de nombreuses inclusions (flèches ph.3)

Ces grains ont probablement évolué dans un environnement glaciaire.



4.5.6.5) La formation 2 : Plant-bearing Sandstone (pl. 31, ph. 4 et 5)

Les grains ont subi une importante évolution diagénétique qui a créé des coulées de silice et des cristaux automorphes de néogénèse dans des cavités (microgéodes, ph. 4). Ces cristaux de néogénèse présentent des arêtes et des faces intactes. Néanmoins, sur de nombreux grains, on note les caractères suivants : blocs d'éclatement de toutes tailles de même que des fractures conchoïdales, fractures en marches d'escalier, arquées et subparallèles. Ces traces sont recouvertes d'une pellicule de silice amorphe qui parfois s'épaissit en véritables coulées. Ces grains ont probablement évolué dans un environnement glaciaire avant d'être affectés par la diagenèse.

4.5.6.6) La formation 3 : Pachydermal Sandstone (pl. 32, ph. 1,2,3)

Les grains présentent des blocs d'éclatement imbriqués, des gouges droites et des fractures conchoïdales de petite taille (ph. 1). Des traces de choc en V sont discernables sur les parties des grains épargnés par la silicification (grésification, ph. 2 et 3). Les traces de choc sont à gradient de polissage et sont de petite taille, ce qui prouve une évolution dans un milieu aquatique de basse énergie (ph. 3). Certaines traces sont récentes, le contour est anguleux (ph. 3a), d'autres sont plus âgées et elles présentent un léger polissage (ph.3b); enfin certaines sont anciennes et elles sont très polies (ph. 3c). Ces marques sont surimposées à celles précédemment citées. La pellicule de silice (grésification) est importante. On aboutit au schéma suivant :

roche mère → ? → glacial → aquatique de → diagenèse  
basse énergie

4.5.6.7) La formation 4 : Cross-bedded Sandstone and Microconglomerate  
(pl. 32, ph. 1 et 2)

Les grains au fort relief, montrent, lorsque la diagenèse n'a pas totalement effacé les marques qui nous intéressent, des blocs d'éclatement et des cassures conchoïdales de petite taille, des gouges droites et arquées (ph. 4). Une importante silicification

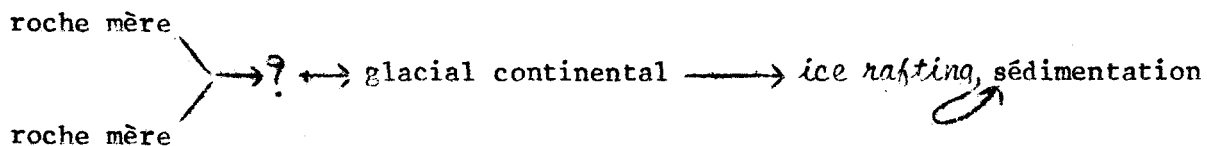
recouvre les grains (ph. 4). Des figures d'impression de néogénèse existent, au fond desquelles des V de dissolution plus ou moins orientés cristallographiquement, à gradient de polissage, sont visibles. Ces figures de dissolution sont d'origine pédologique (ph. 4,5).

4.5.6.8) La formation 5 : Worm-cast Sandstone (ph. 32, ph. 6)

La silicification étant par trop intense, on ne peut tirer de déduction des grains examinés. Un grain présente une belle figure fréquemment observée sur des quartz de néogène (L. LE RIBAUT, communication personnelle). Je pense qu'il s'agit d'un moule de pyrite framboise (?).

4.5.6.9) La formation 6 : Peter Limestone (ph. 1 à 6)

Certains grains présentent un recouvrement important de silice amorphe (fig. 4 et 5) qui a fossilisé des diatomées (flèche ph.4). Celles-ci sont émoussées. La majorité des grains examinés possèdent un relief élevé (ph. 2,3). On y distingue nettement des blocs d'éclatement de grande taille et d'autres de petite taille plus ou moins imbriqués, de même que des fractures en marches d'escalier de toutes tailles (ph. 1,2 et 3). Des gouges droites laissent apparaître des surfaces de clivage (ph. 2). Les grains sont anguleux (ph. 2 et 3). Les cassures conchoïdales sont fréquentes (ph. 1, 2, 3 et 6). Ces grains ont évolué en milieu glaciaire. Les quartz ont été extraits d'un calcaire où ils ont sédimenté. Aucune trace de transport aquatique, notamment les V, n'apparaît. On peut conclure que ces grains ont été transportés par la glace flottant sur la mer et ils ont sédimenté lors de la fusion partielle ou totale de cette glace. Rapidement, ils ont été fossilisés dans la boue calcaire. On aboutit au schéma suivant :



4.5.6.10) La formation 8 : Glauconitic Sandstone (pl. 34, ph. 1 et 2)

Les grains présentent de nombreuses fractures conchoïdales de toutes tailles, des rainures et gouges arquées et en éventail (ph.2). Ces grains ont été affectés par différentes figures diagénétiques (ph. 1).

4.5.6.11) La formation 11: Isaacs Conglomerate (pl. 34, ph. 3 à 6; pl. 35, ph. 1 et 2)

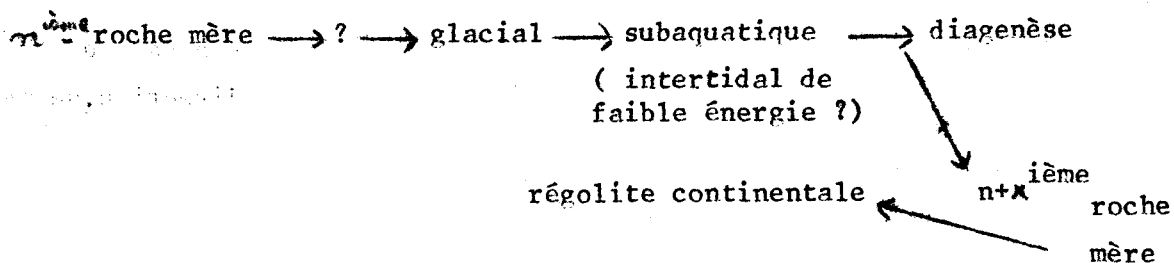
Les grains de quartz de la matrice du conglomérat présentent un relief élevé. Des blocs d'éclatement de toutes tailles ainsi que des cassures conchoïdales, variables tant en taille qu'en direction, se présentent

à la surface des grains (ph. 5,6). On y distingue par ailleurs des rainures et gouges arquées et droites, des fractures en marches d'escalier subparallèles et arquées (ph. 5-6). Le contour des grains est anguleux mais à l'échelle des fractures, il y a une précipitation plus ou moins importante de silice (ph. 4). Les surfaces de fractures sont lisses (ph. 6). Surimposé à ces fractures, on note des V de choc sans orientation préférentielle (ph. 1). Sur certains grains, on note des stries de frottement (ph. 2) (parfois même au moins deux générations). Certaines cassures conchoïdales semblent nettement dues à un éclatement par le gel ou à une pression de type glaciaire (ph. 6). Quelques grains sont peu évolués (ph. 3). Quelques quartz ont subi une intense précipitation de silice qui masque tous les critères (ph. 4). On distingue donc les événements suivants :

roche mère → ? → glacial continental → environnement aquatique  
 (fleuve torrentiel ou intertidal de haute énergie → diagenèse

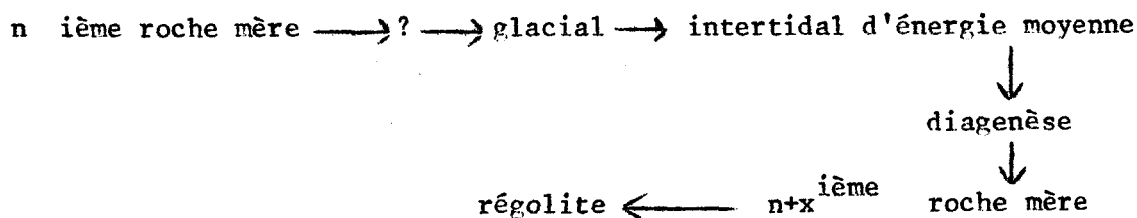
4.5.6.12) La formation 13 : Megadesmus nobilissimus Sandstone (pl. 35, ph. 3, 4 et 5 et pl. 36, ph. 1 à 6)

Au relief très élevé, ces grains montrent des blocs prismatiques d'éclatement de tailles diverses ainsi que des fractures conchoïdales (pl. 18, ph. 5). De plus, les fractures en marches d'escalier subparallèles et celles arquées sont fréquentes (pl.36, ph. 5). Ces traces d'action mécanique sont émoussées par une pellicule de silice amorphe. Les grains ont subi une action subaquatique qui a imprimé sur les arêtes des V (avec gouge satellite, pl.36, ph. 3, 6) repris par la dissolution et partiellement masqués par un dépôt de silice amorphe (pl.36, ph. 2, 3, 4 et 6). Enfin ces grains ont subi une évolution diagénétique où des coulées de silice amorphe se sont formées et où de beaux cristaux de quartz automorphes de néogénèse ont crû (pl.35, ph. 3, 4, 5). On distingue parfaitement (pl.36, ph. 1) des stries d'accroissement sur ces cristaux. La diagenèse a masqué la plupart des traits phénomorphiques issus des environnements précédents. En résumé, on aboutit au schéma suivant :



4.5.6.13) La formation 14 : Chertified Unit ( pl. 37, ph. 1 à 6)

Le relief est moyennement élevé, les surfaces de fractures sont lisses. Les blocs prismatiques d'éclatement sont issus d'un environnement glacial continental. Les grains ont été repris dans un environnement marin qui a atténué les reliefs et a dissout la pellicule soluble. On note des croissants de choc éoliens (ph. 1, a et b) très polis et des traces de choc en V (ph. 1c) à gradient de polissage (ph. 1,2,3 et 5). Ces deux types de figures se rencontrent fréquemment sur les quartz littoraux qui font de constantes allées et venues entre la haute plage et la zone intertidale. On note également des dépôts siliceux cristallisés au fond des dépressions (ph. 5 et 6), ce qui confirme cette hypothèse. Cet environnement littoral, intertidal d'énergie moyenne, a produit des V de choc avec gouges satellites dont certaines sont en échelon (ph. 5). Le degré d'orientation des V est très faible. Les nombreuses rainures et gouges droites de même que les moins nombreuses rainures et gouges arquées ont été produites mécaniquement. Par ailleurs, il faut noter les V de dissolution orientés cristallographiquement et dont la régularité est en contraste net avec les V dus à des actions mécaniques. Certains V ont pénétré plusieurs surfaces de clivage. Enfin les grains ont subi une précipitation de silice amorphe qui a adouci les arêtes, de même que la croissance de cristaux automorphes (ph.4) qui marquent un dernier environnement, celui de régolite en sol résiduel tempéré par altération de la roche mère de n + xième génération. On distingue donc au moins trois événements dans l'histoire des grains. Chaque événement peut être retracé par l'étude d'un grain isolé.



4.5.7. Conclusions

Il apparaît évident que la majeure partie des grains de quartz ont évolué sous des conditions glaciaires. De plus, on peut reconnaître avec une assez grande certitude que l'énergie de l'environnement est de plus en plus forte depuis la formation 1 jusqu'à la formation 4. La formation 3 présente des signes évidents d'un environnement aquatique de faible énergie.

Les grains de quartz du *Peter Limestone* sont de toute évidence des grains qui ont évolué en climat glaciaire continental et qui ont été enfouis dans la boue calcaire. Ces grains ont été transportés par des blocs de glace flottante qui ont lâché leurs particules rocheuses au fur et à mesure de la fusion (on a retrouvé des *dropstones* de la famille des rudites dans ce calcaire.

Enfin, on a pu mettre en évidence un environnement intertidal pour les formations 11, 13 et 14.

**PLANCHES ———**  
**PHOTOGRAPHIQUES**



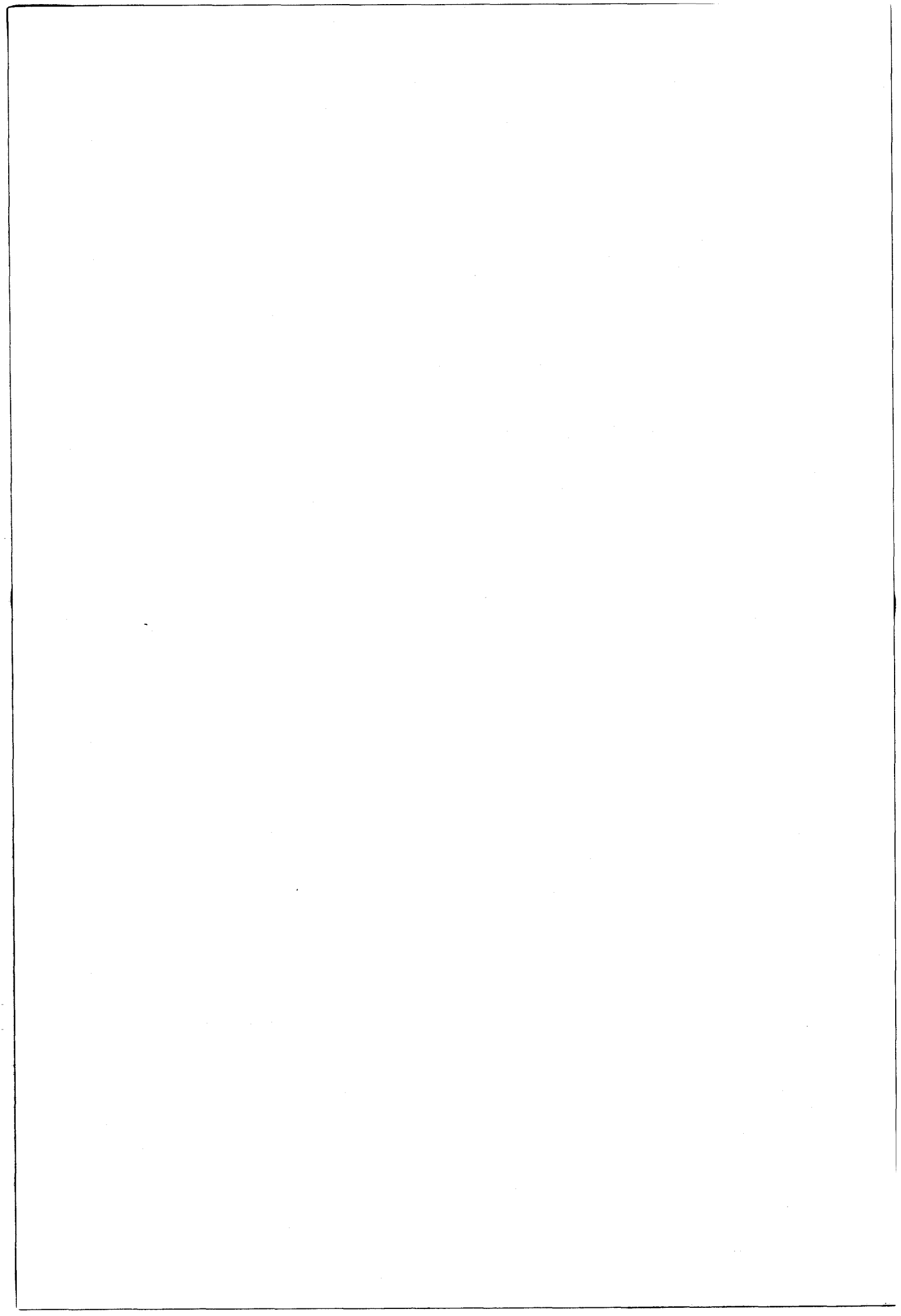


PLANCHE 28

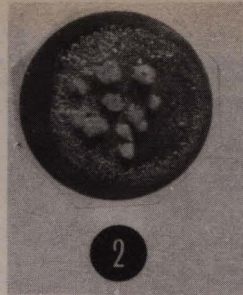
L'amélioration de la technique de montage des grains de quartz en vue d'une exoscopie au MEB.

1. Grains scellés dans une colle type "colle universelle Scotch transparente semi-liquide". Petits et gros grains sont mélangés.
2. même procédé mais ici les gros grains sont au centre du support
3. et 4. Seuls quelques gros grains sont collés
5. même type de montage mais uniquement des petites grains sont scellés
6. Petit support utilisé pour 1, 2 ou 3 gros grains
7. Fragment de grès monté sur un petit support
8. Utilisation d'un ruban adhésif sur les deux faces: seuls les gros grains sont collés
9. id. pour des gros et des petits grains
- 10, 11 et 12. id. ; et utilisation d'une goutte d'argent sur le pourtour pour augmenter la conductivité
13. Ruban adhésif et petits grains uniquement
- 14 et 15. id. et utilisation de la peinture argentée
16. id. pour un petit support
- 17 et 18. id. pour des très petits grains (1 -0,2 mm)
- 19 et 20. Les gros grains sont scellés dans une peinture argentée





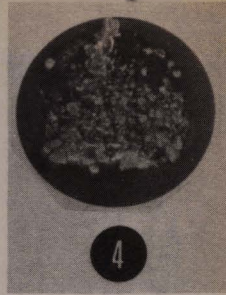
1



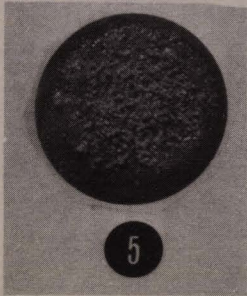
2



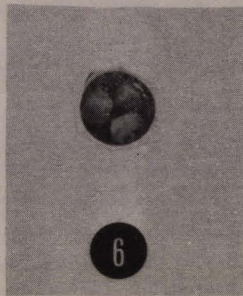
3



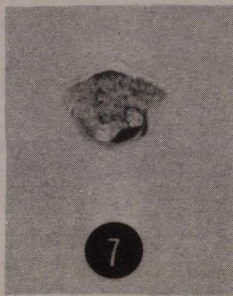
4



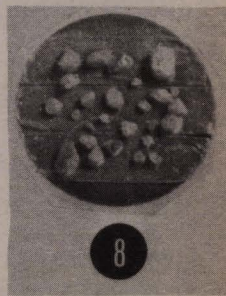
5



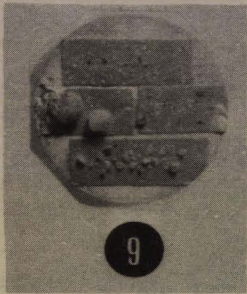
6



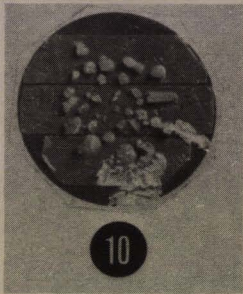
7



8



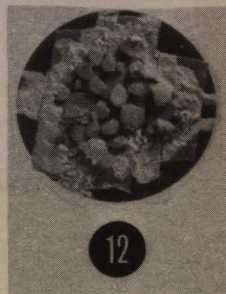
9



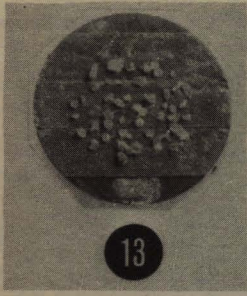
10



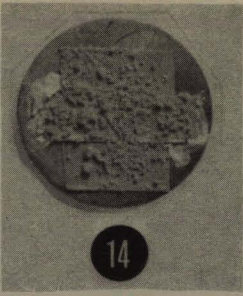
11



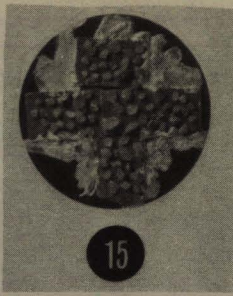
12



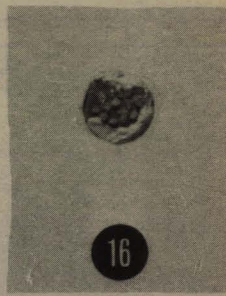
13



14



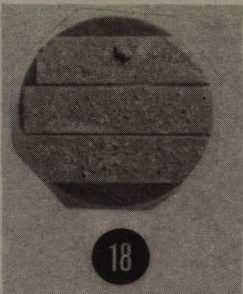
15



16



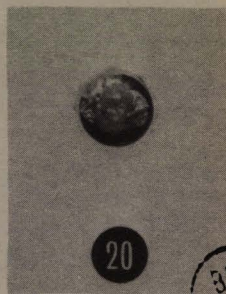
17



18



19



20

BUS  
LILLE

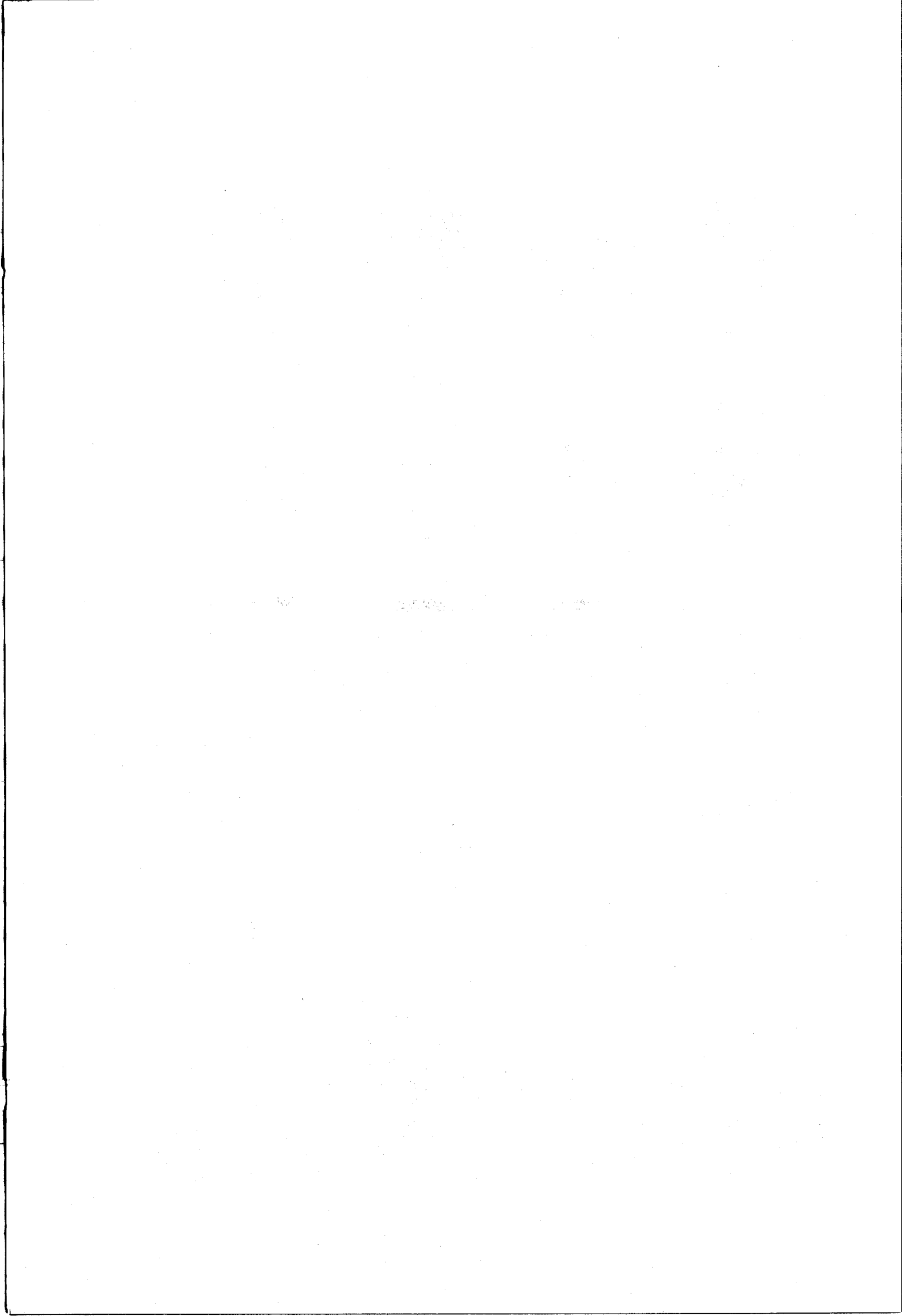
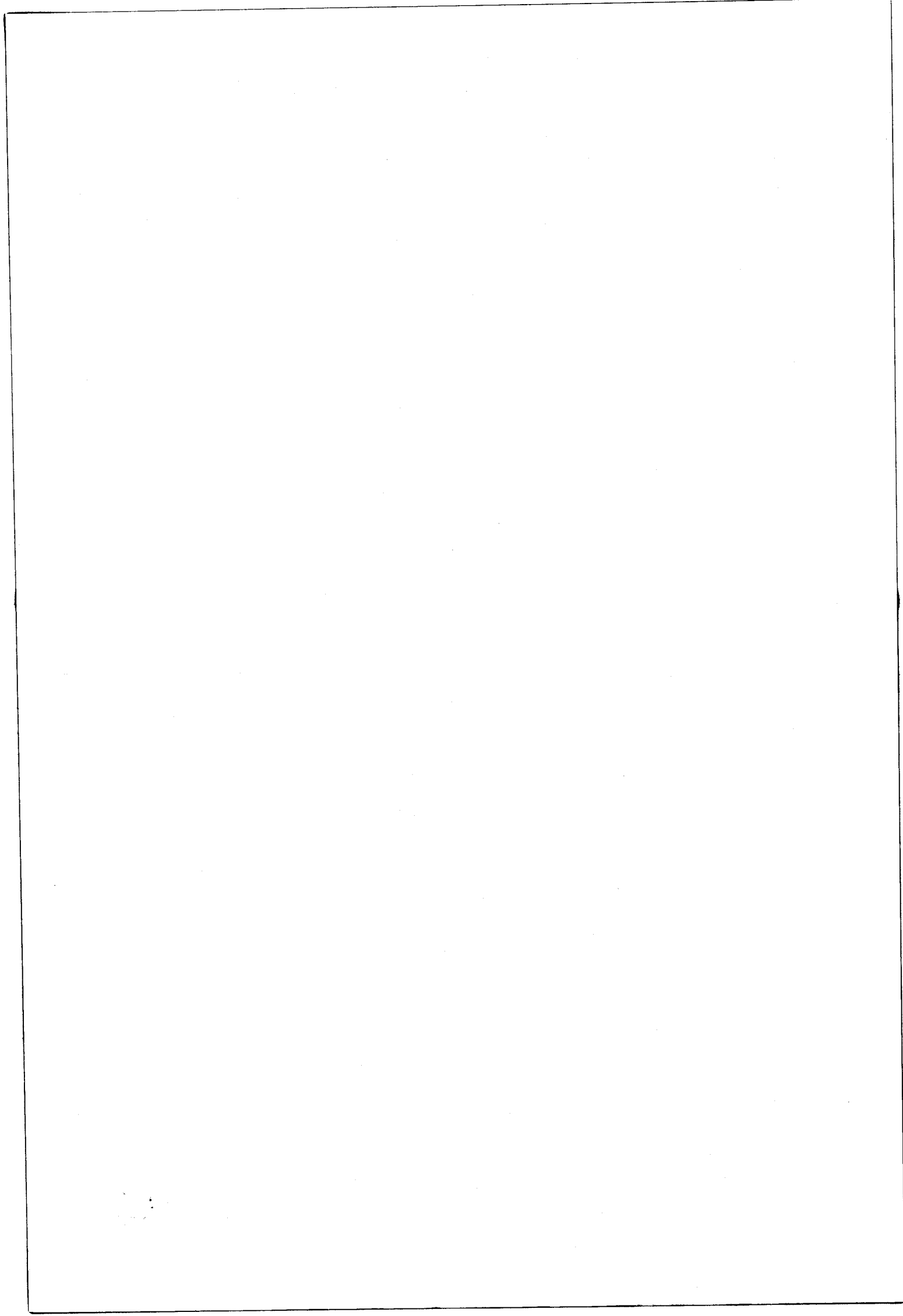
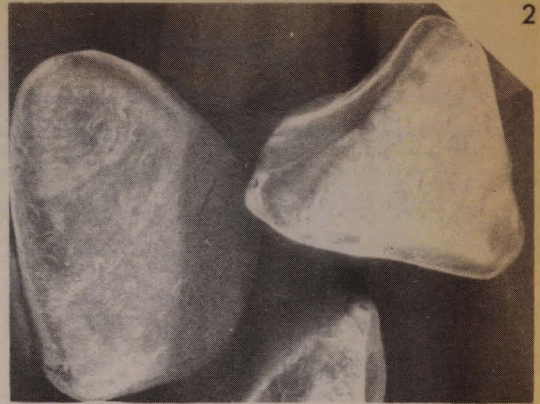
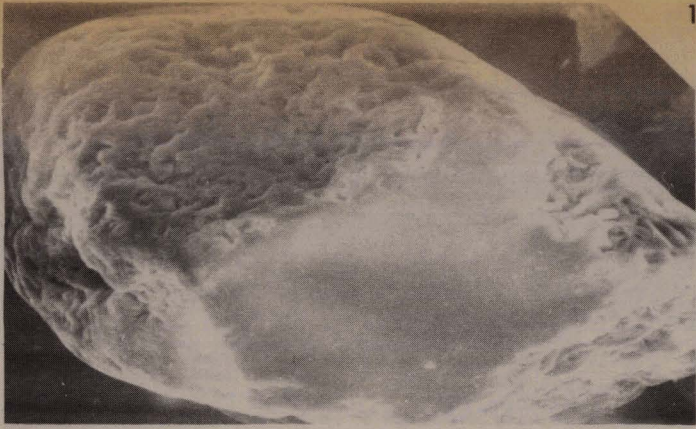


PLANCHE 29

Intertidal de moyenne à haute énergie (plage actuelle)

1.	1 cm	= 20,000 microns
2.	-	= 66,666 microns
3.	-	= 6,666 microns
4.	-	= 20,833 microns
5.	-	= 2,000 microns
6.	-	= 8,000 microns
7.	-	= 1,428 microns
8.	-	= 2,941 microns





315  
LILLE



PLANCHE 30

Glaciaire (till quaternaire).

1.	1 cm	= 18,180 microns
2.	-	= 125,000 microns
3.	-	= 5,000 microns
4.	-	= 11,111 microns
5.	-	= 3,700 microns
6.	-	= 2,222 microns



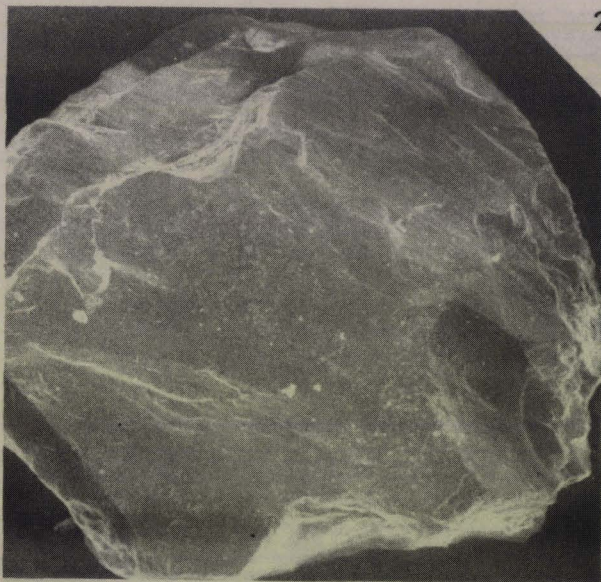




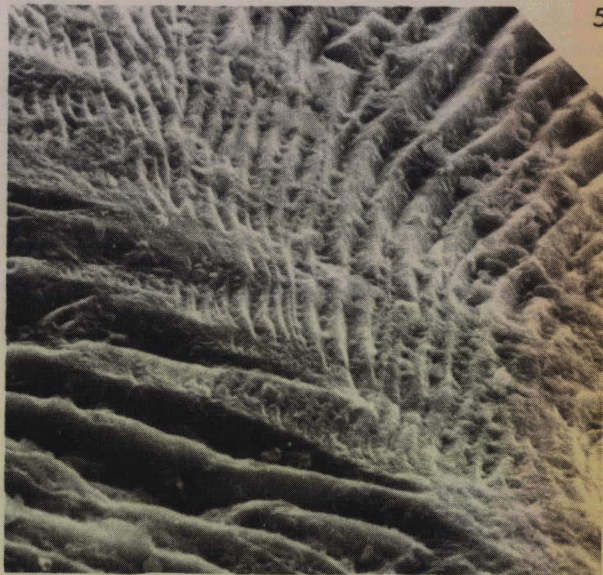
1



4



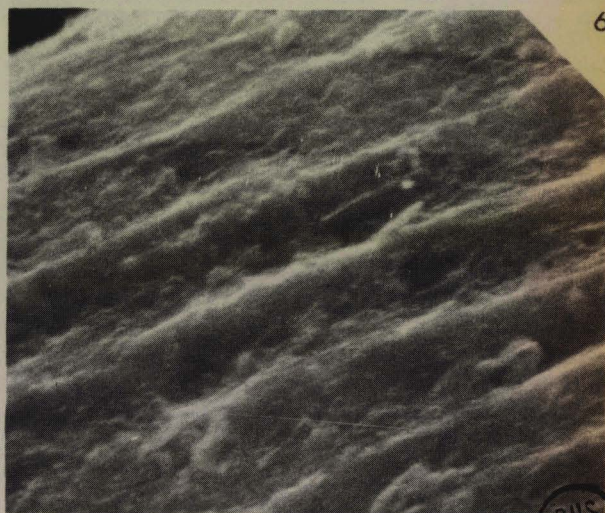
2



5



3



6

BUS  
LILLE

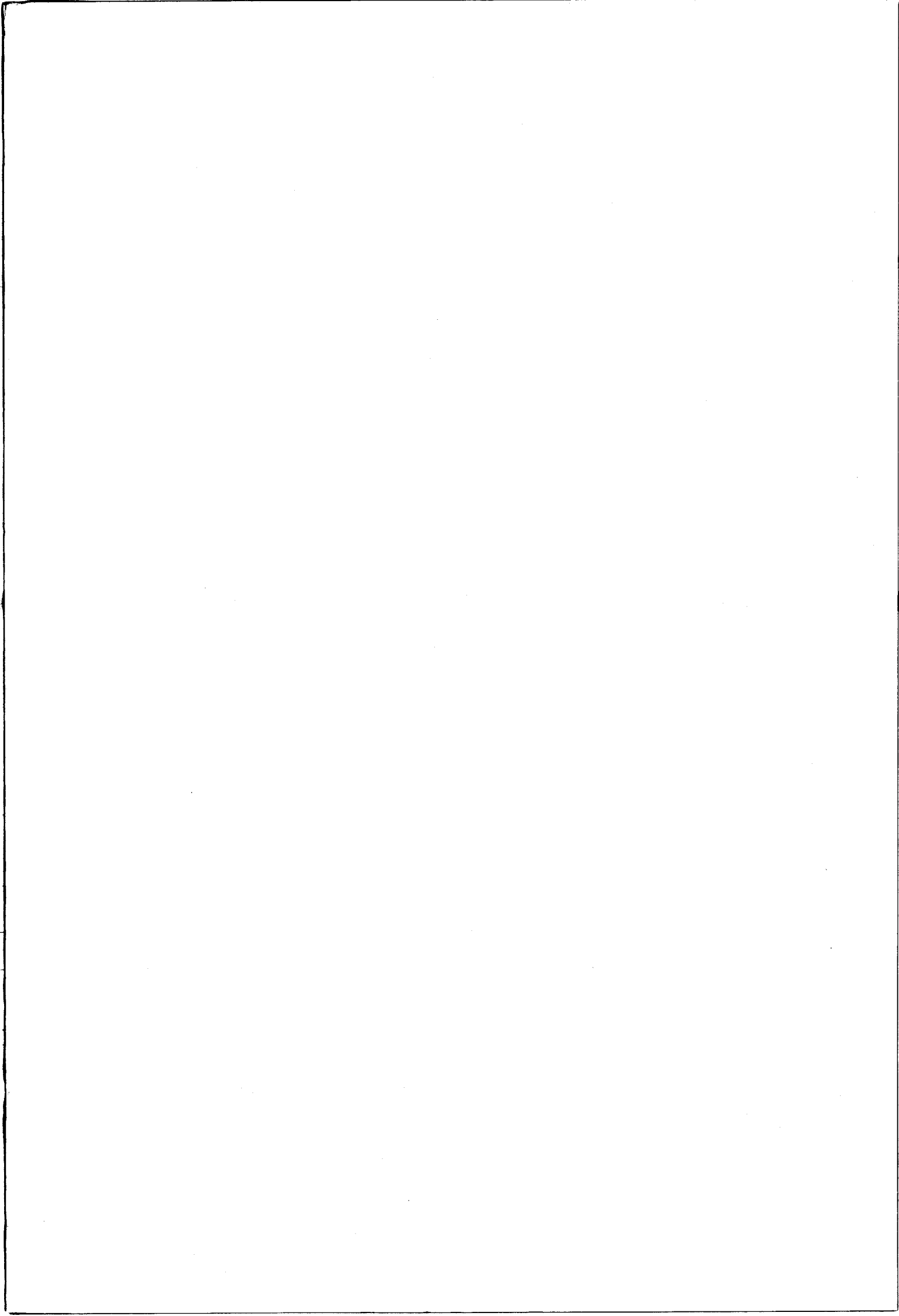


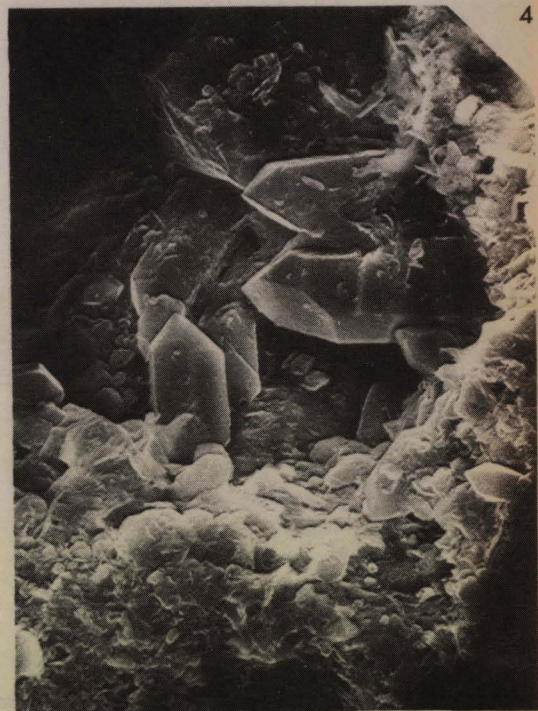
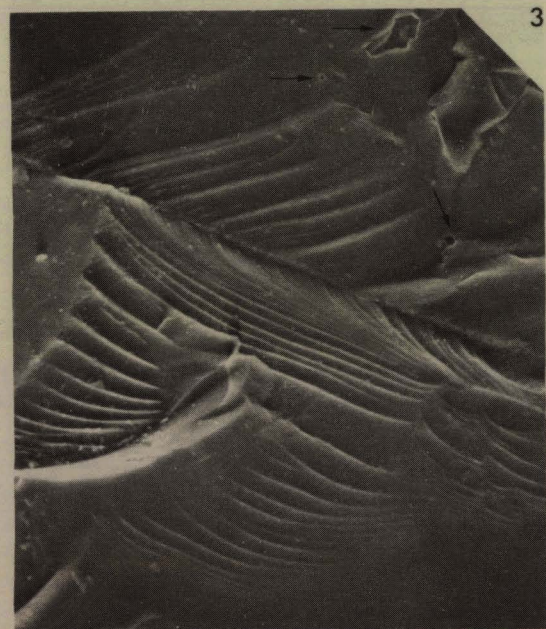
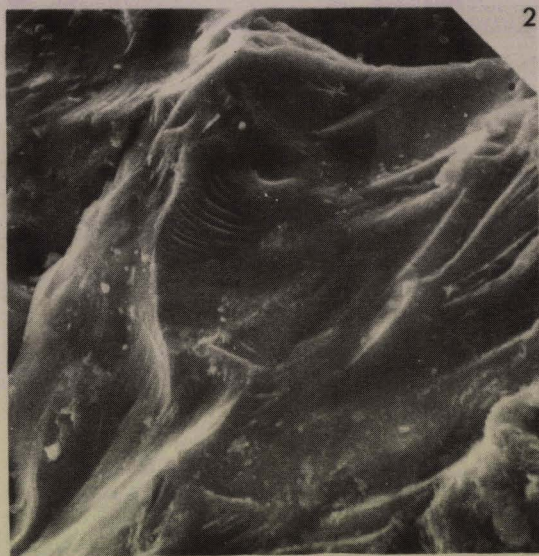
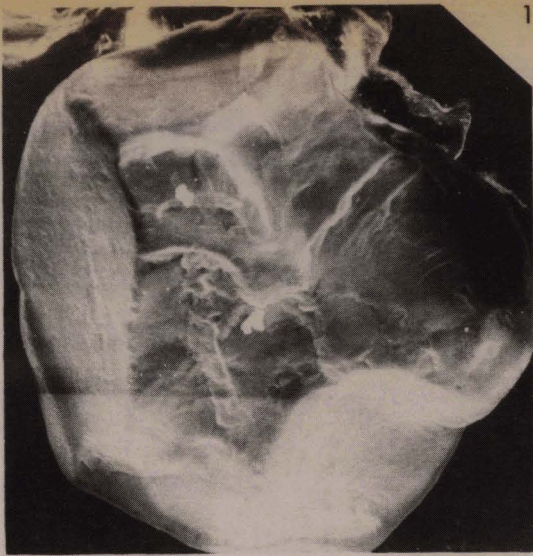
PLANCHE 31

A : Eolien de désert tropical (Australie centrale)

B : *Iron-rich Sandstone*

A:	1.	1 cm	=	55,555 microns
	2.	-	=	6,666 microns
B:	3.	-	=	15,400 microns
	4.	-	=	4,300 microns
	5.	-	=	3,300 microns

1917  
MAY  
15



BHS  
LILLE

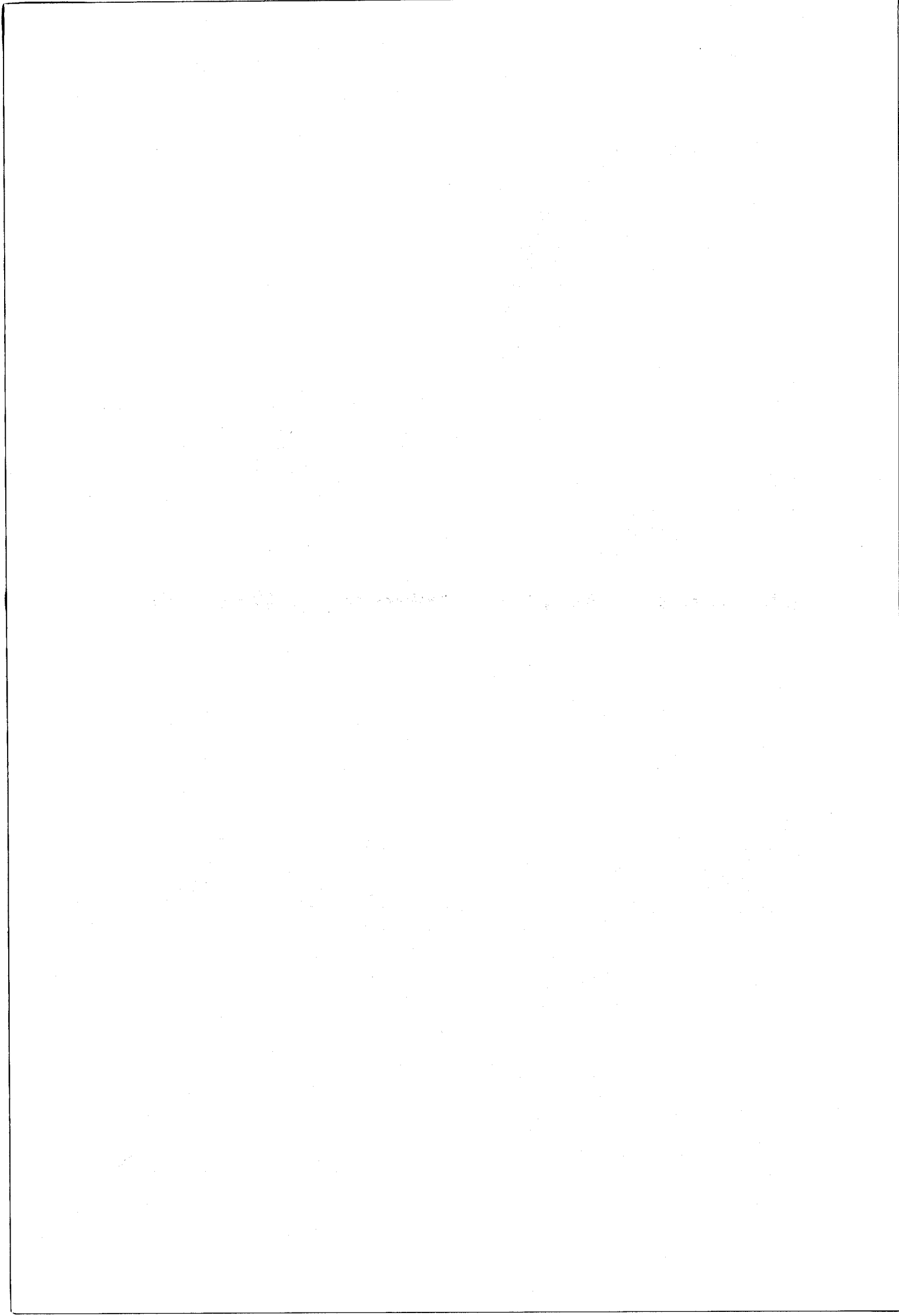


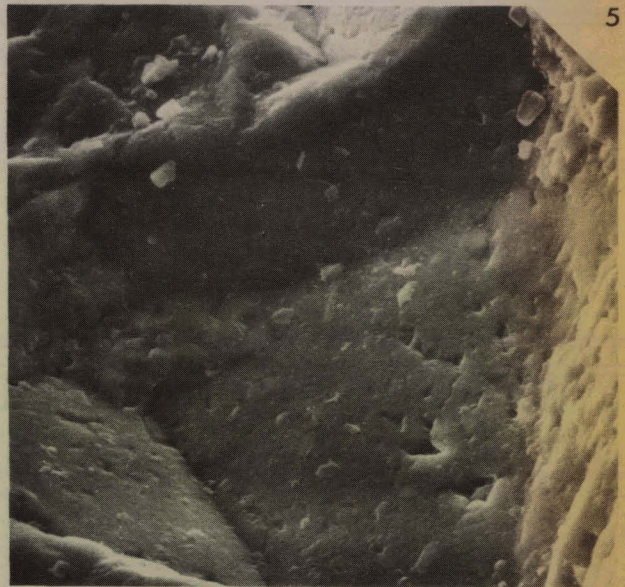
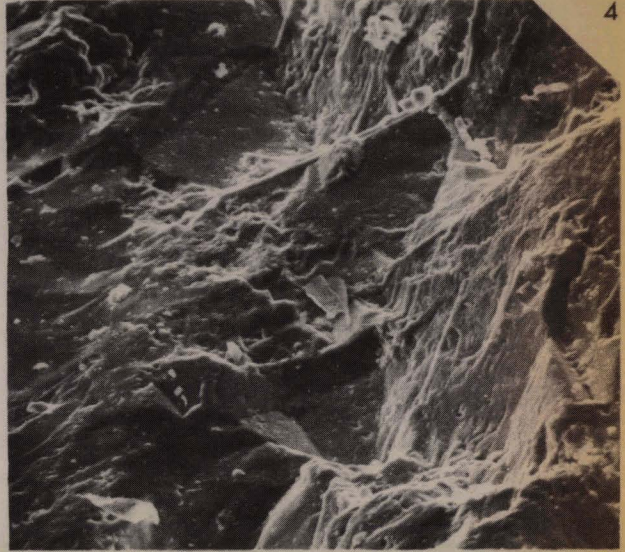
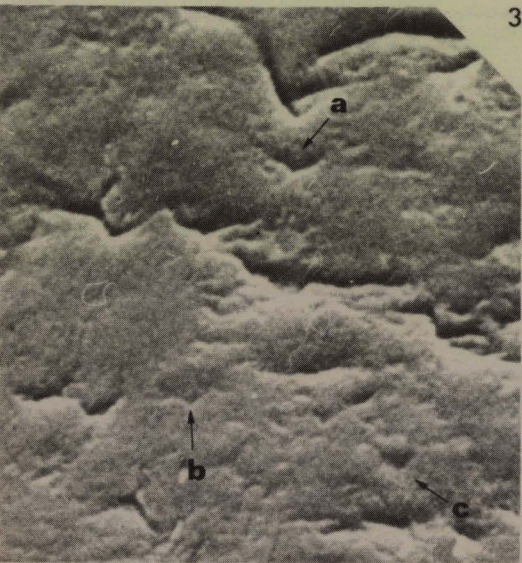
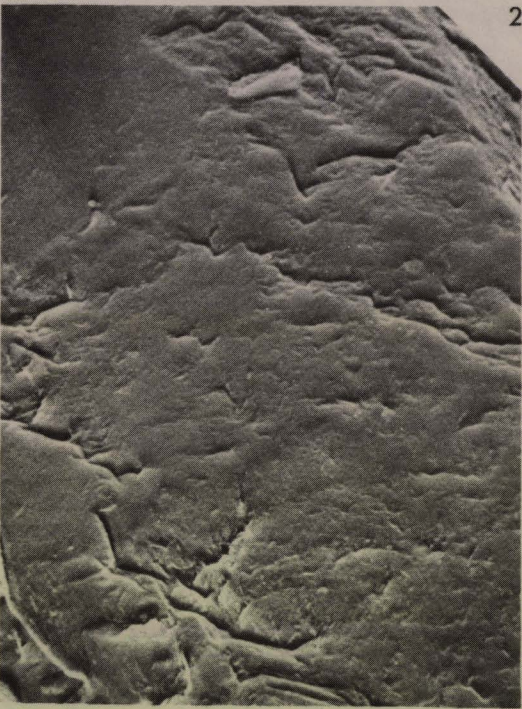
PLANCHE 32

- A : *Pachydermal Sandstone*  
B : *Cross-bedded Sandstone and Microconglomerate*  
C : *Worm-cast Sandstone*

A :	1.	1 cm	=	25,000 microns
	2.	-	=	6,666 microns
	3.	-	=	3,333 microns
B :	4.	-	=	33,300 microns
	5.	-	=	7,100 microns
C :	6.	-	=	1,800 microns







BUS  
LILLE

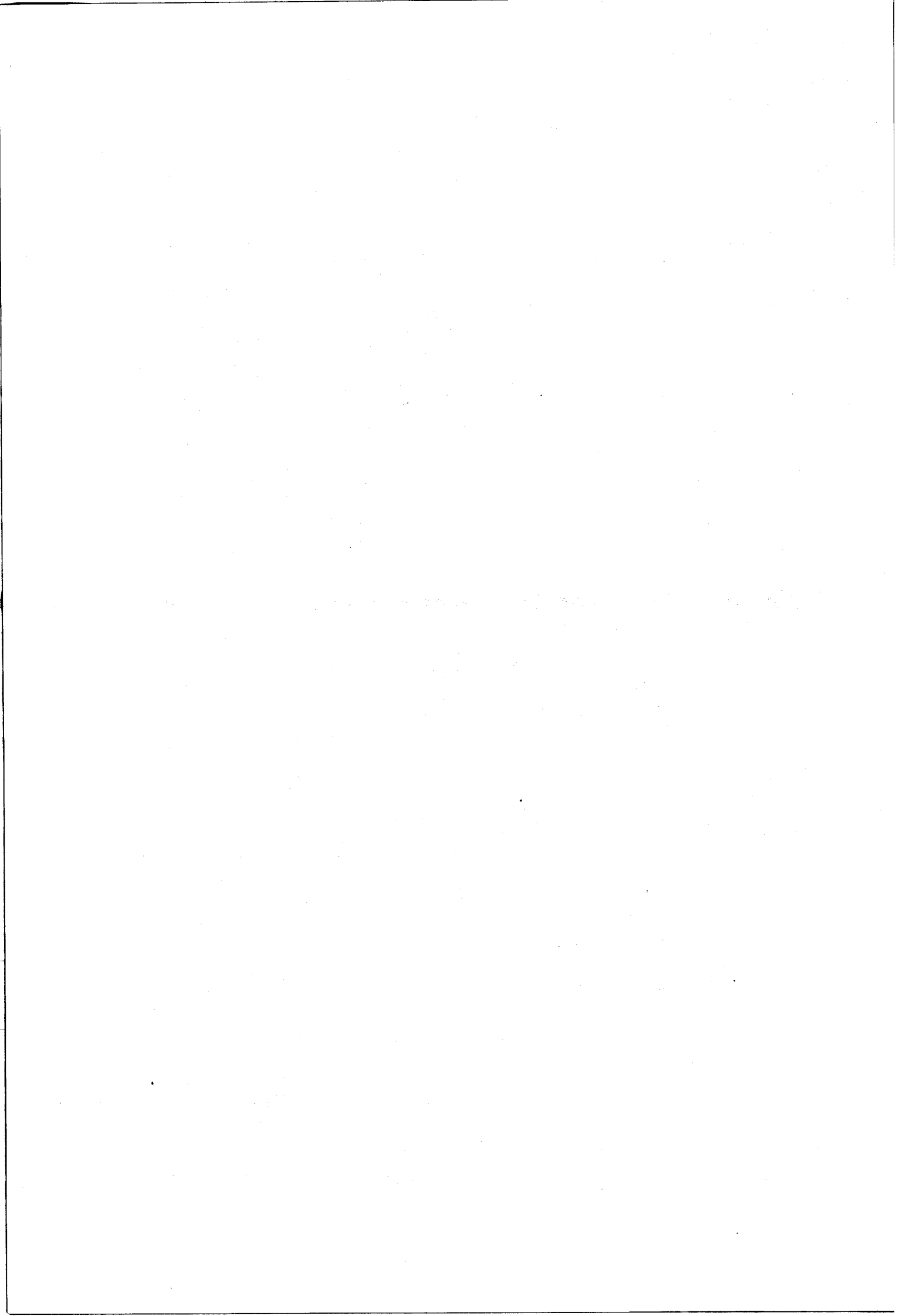
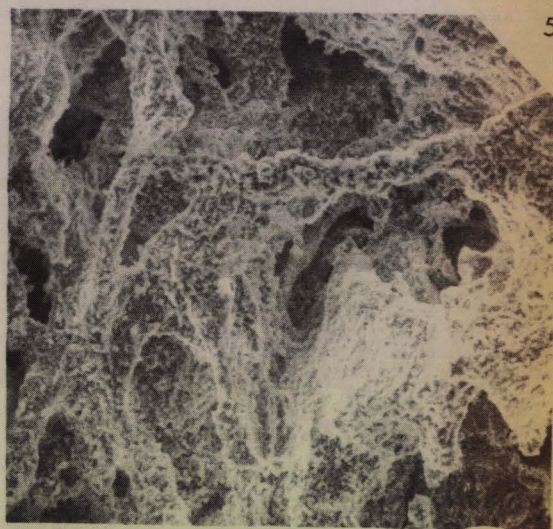
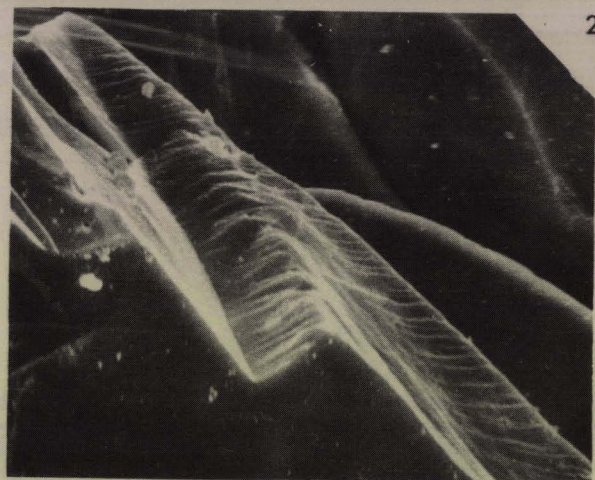
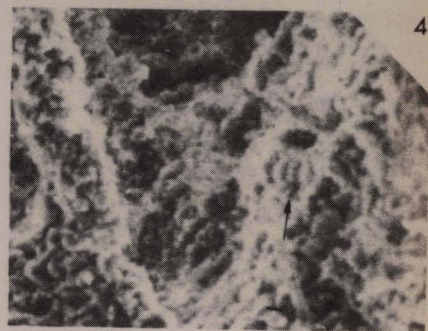


PLANCHE 33

*Peter Limestone*

1.	1 cm	=	18,181 microns
2.	-	=	8,000 microns
3.	-	=	66,666 microns
4.	-	=	33,333 microns
5.	-	=	66,666 microns
6.	-	=	22,222 microns





BUS  
LILLE

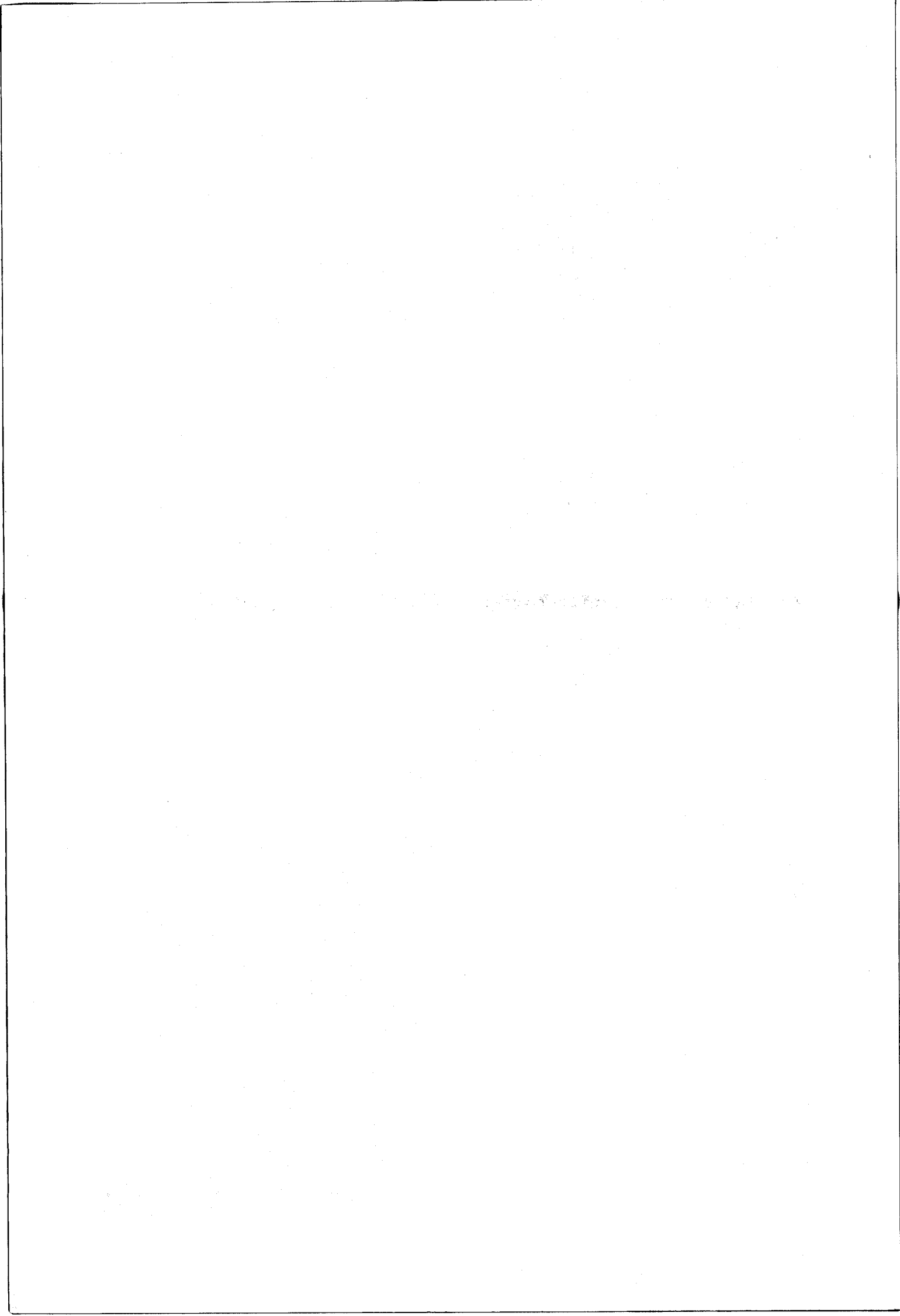


PLANCHE 34

A \* *Glauconitic Sandstone*

B : *Isaacs Conglomerate*

A : 1. 1 cm = 12,500 microns

2. - = 2,000 microns

B : 3. - = 125,000 microns

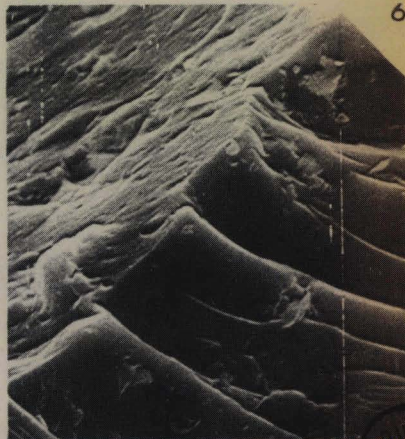
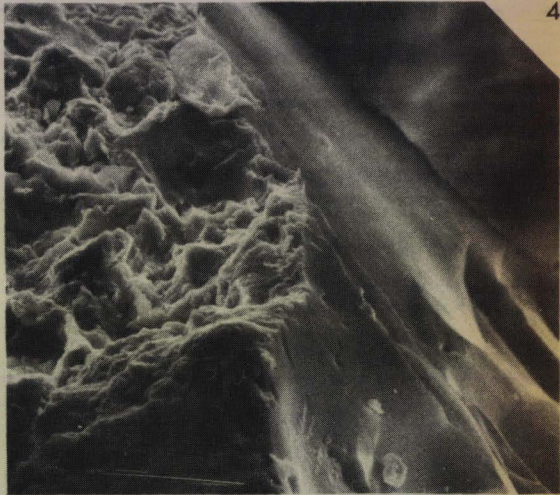
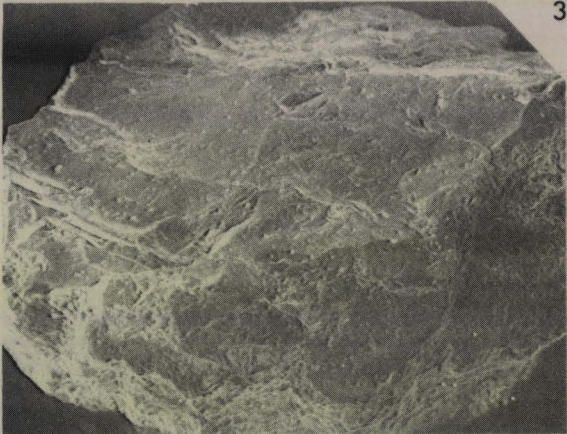
4. - = 20,000 microns

5. - = 10,000 microns

6. - = 5,000 microns







BUS  
LILLE

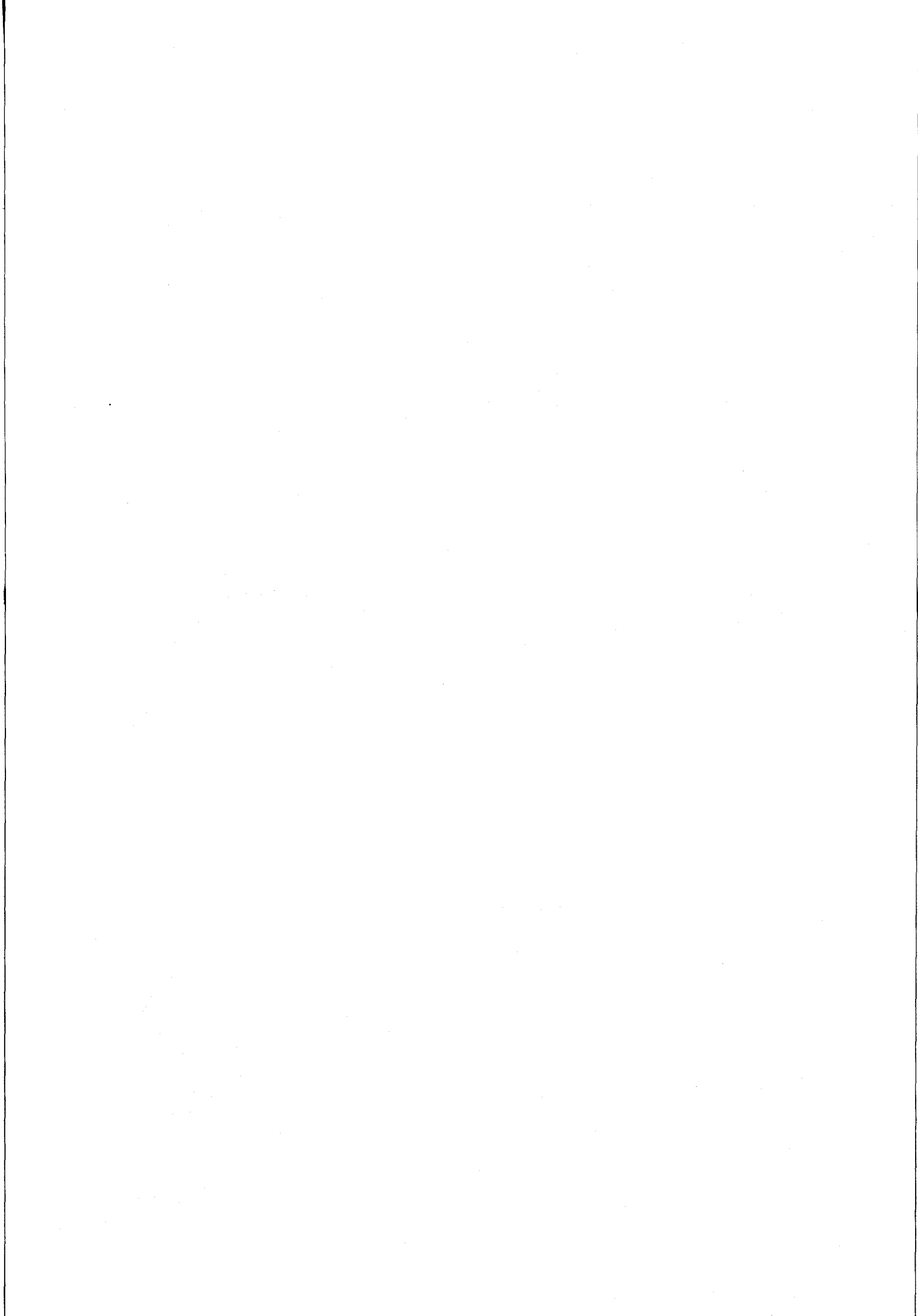


PLANCHE 35

A : *Isaacs Conglomerate* (suite)

B : *Megadesmus nobilissimus* Sandstone

A : 1. 1 cm = 2,000 microns

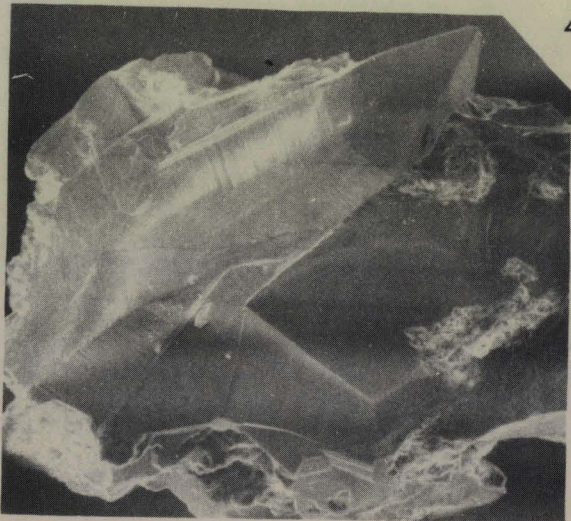
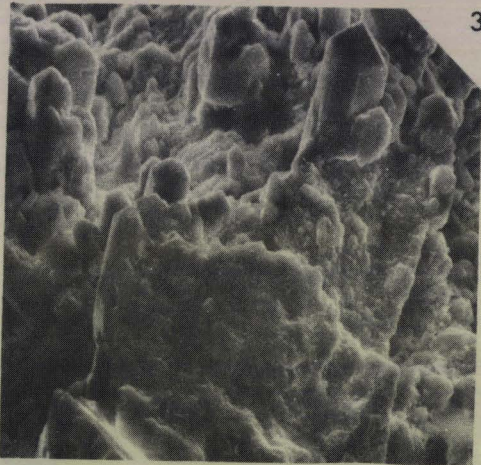
2. - = 5,555 microns

B : 3. - = 12,500 microns

4. - = 55,500 microns

5. - = 20,000 microns





BUS  
LILLE

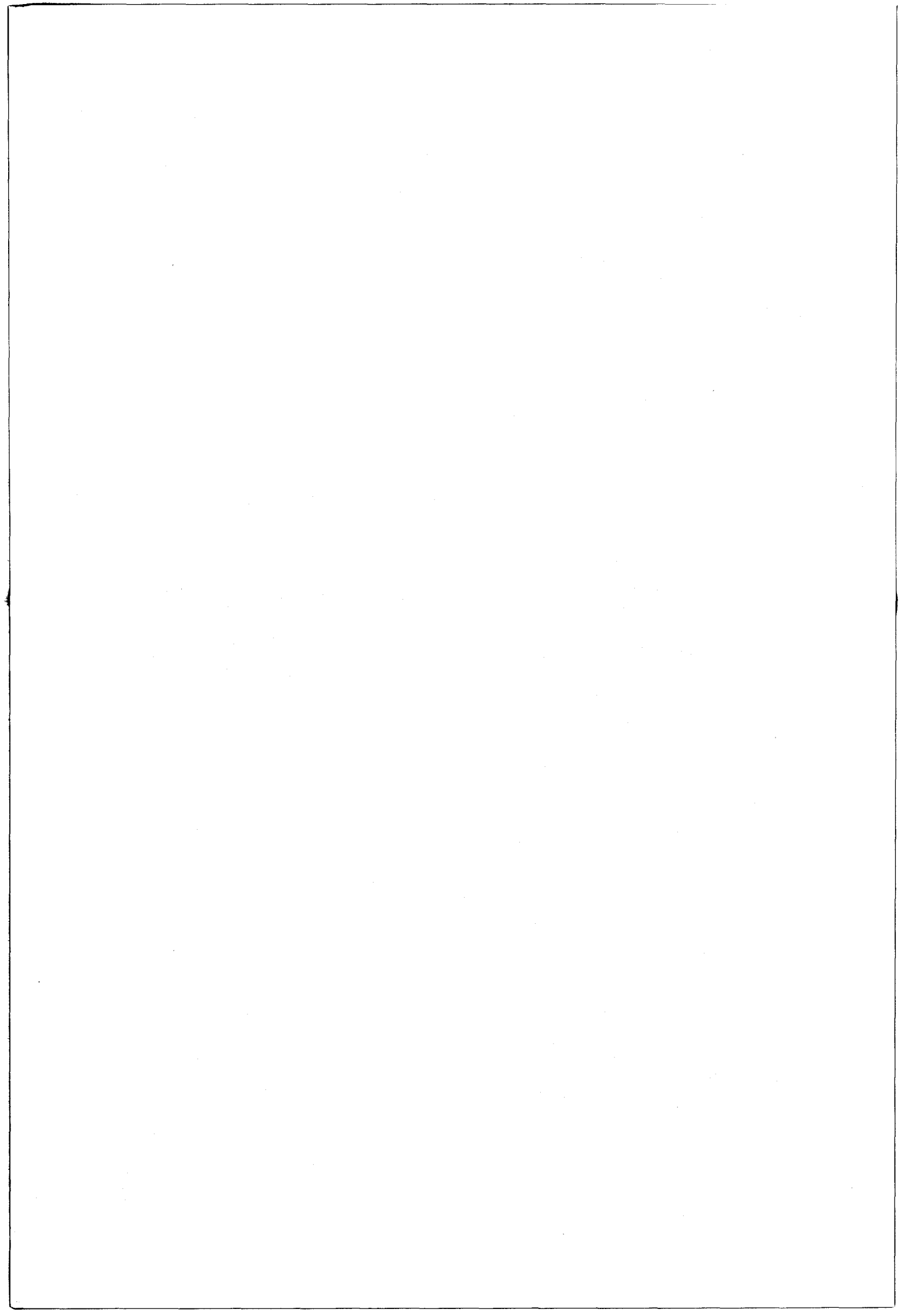
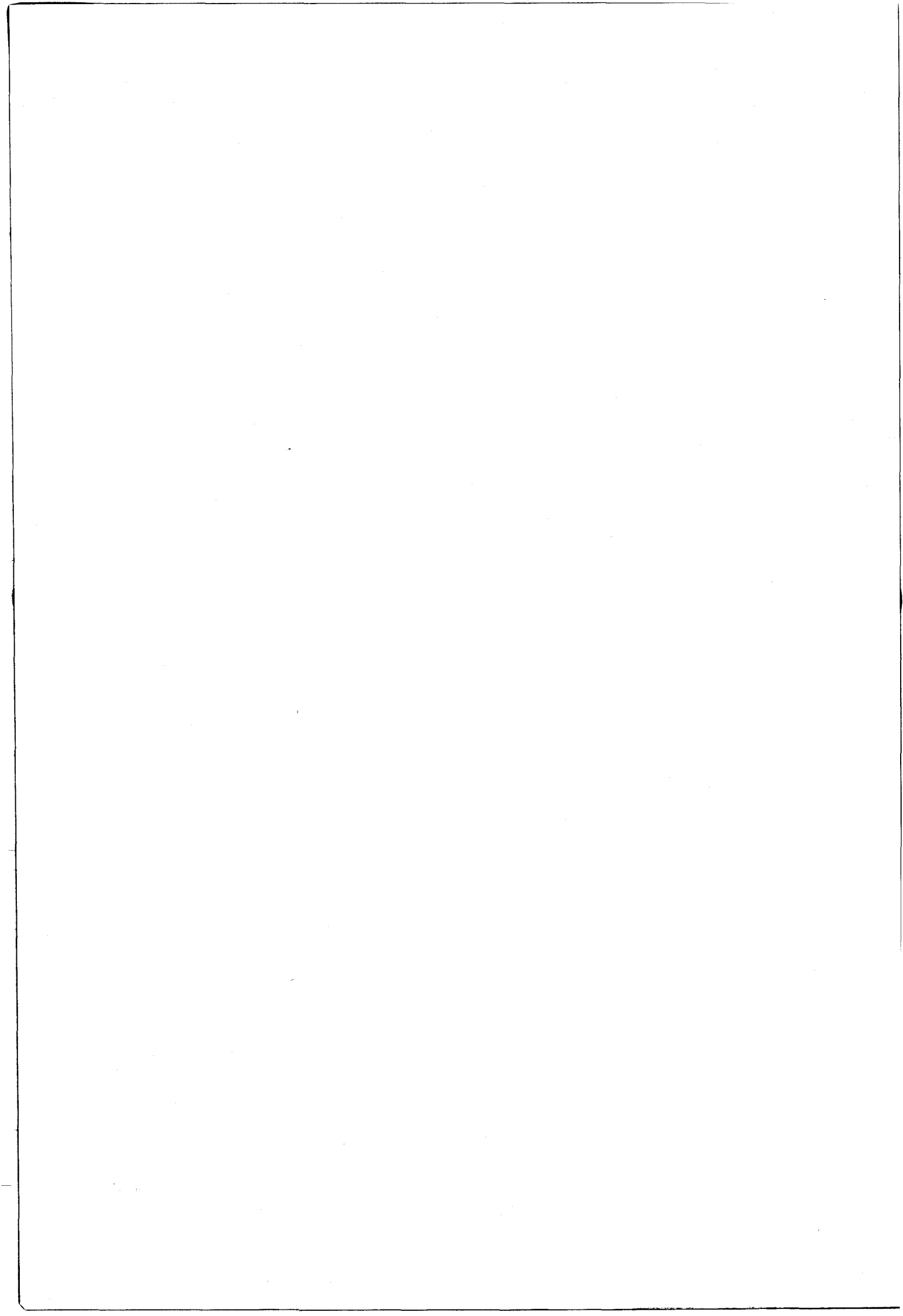


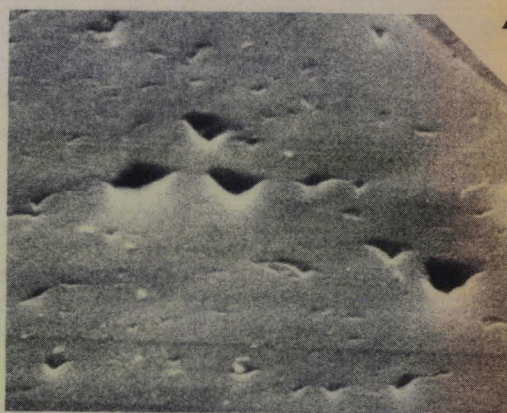
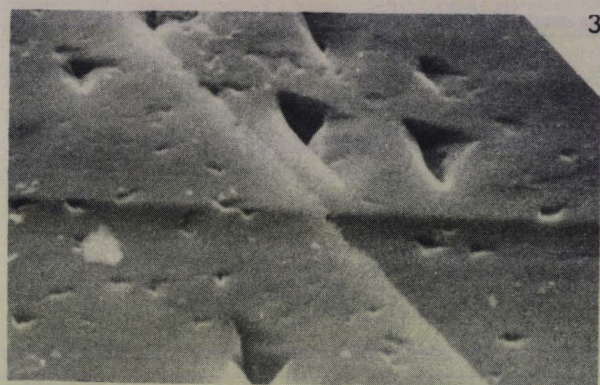
PLANCHE 36

*Megalesmus nobilissimus* Sandstone (suite)

1.	1 cm	=	10,000 microns
2.	-	=	20,000 microns
3.	-	=	1,820 microns
4.	-	=	1,820 microns
5.	-	=	12,500 microns
6.	-	=	0,555 microns







U.S. MILITARY

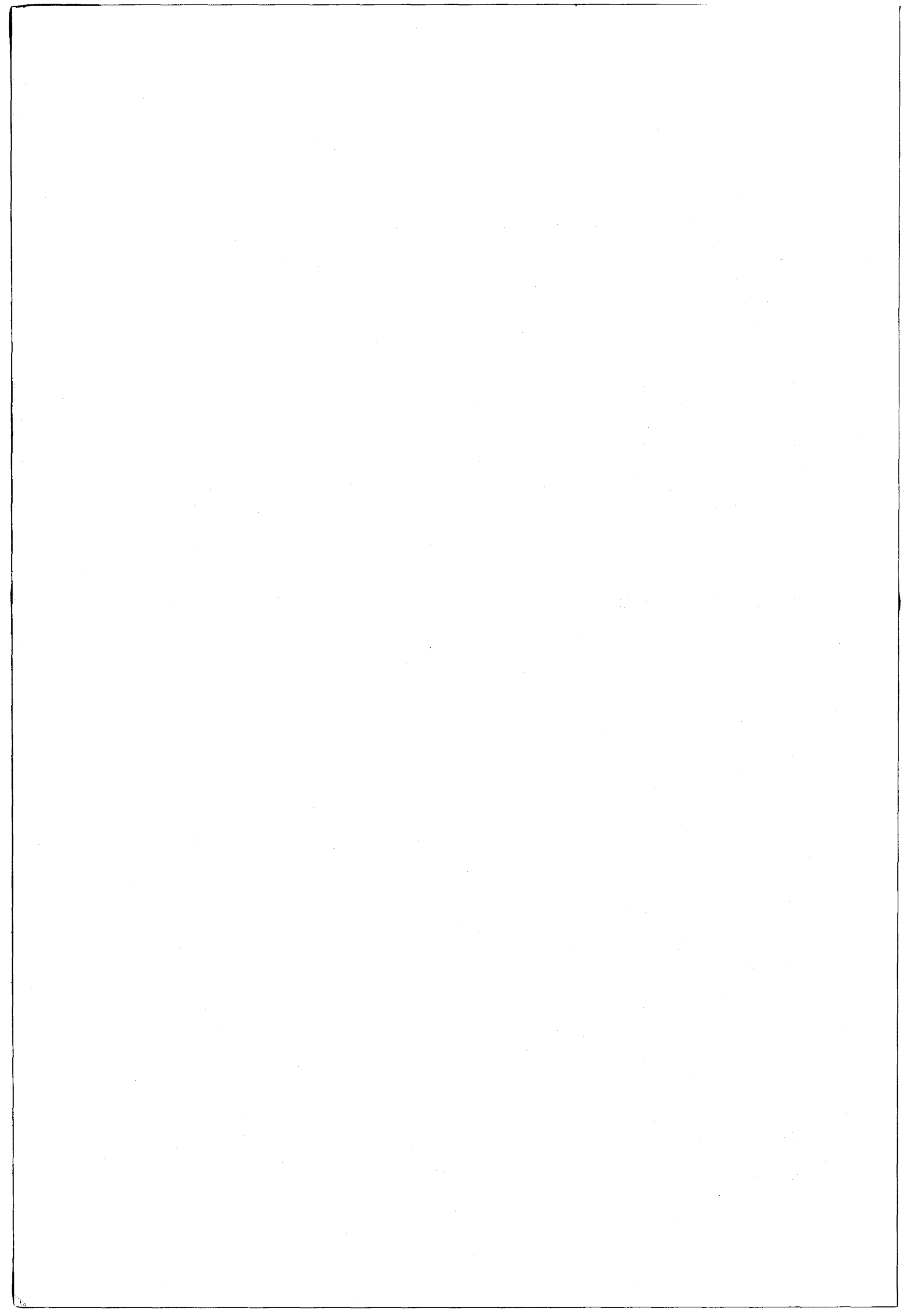
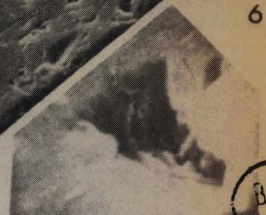
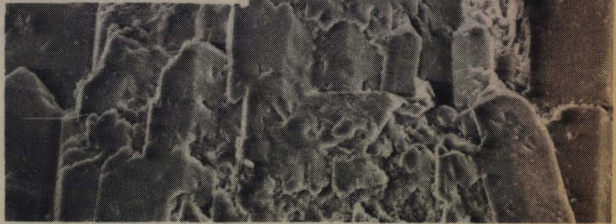
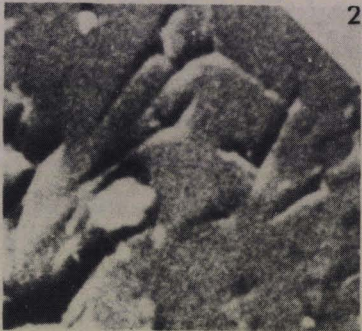
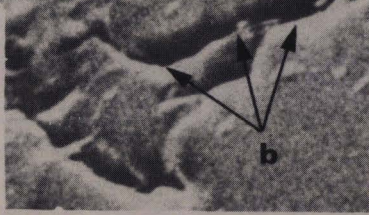
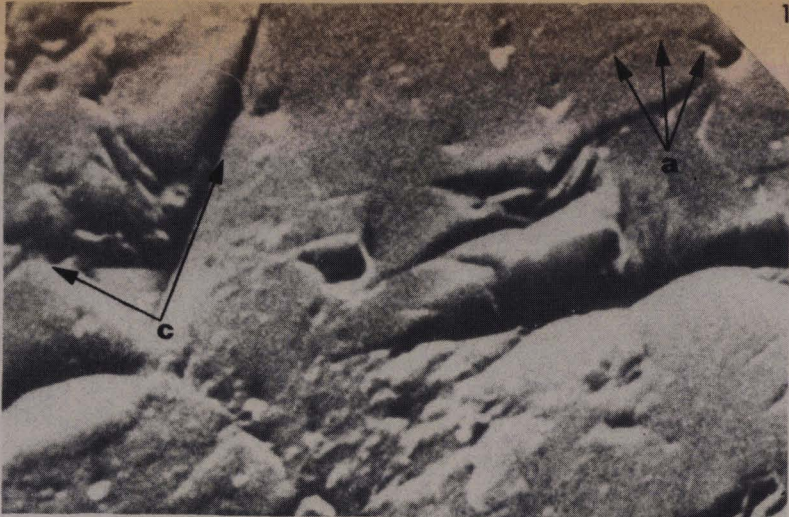


PLANCHE 37

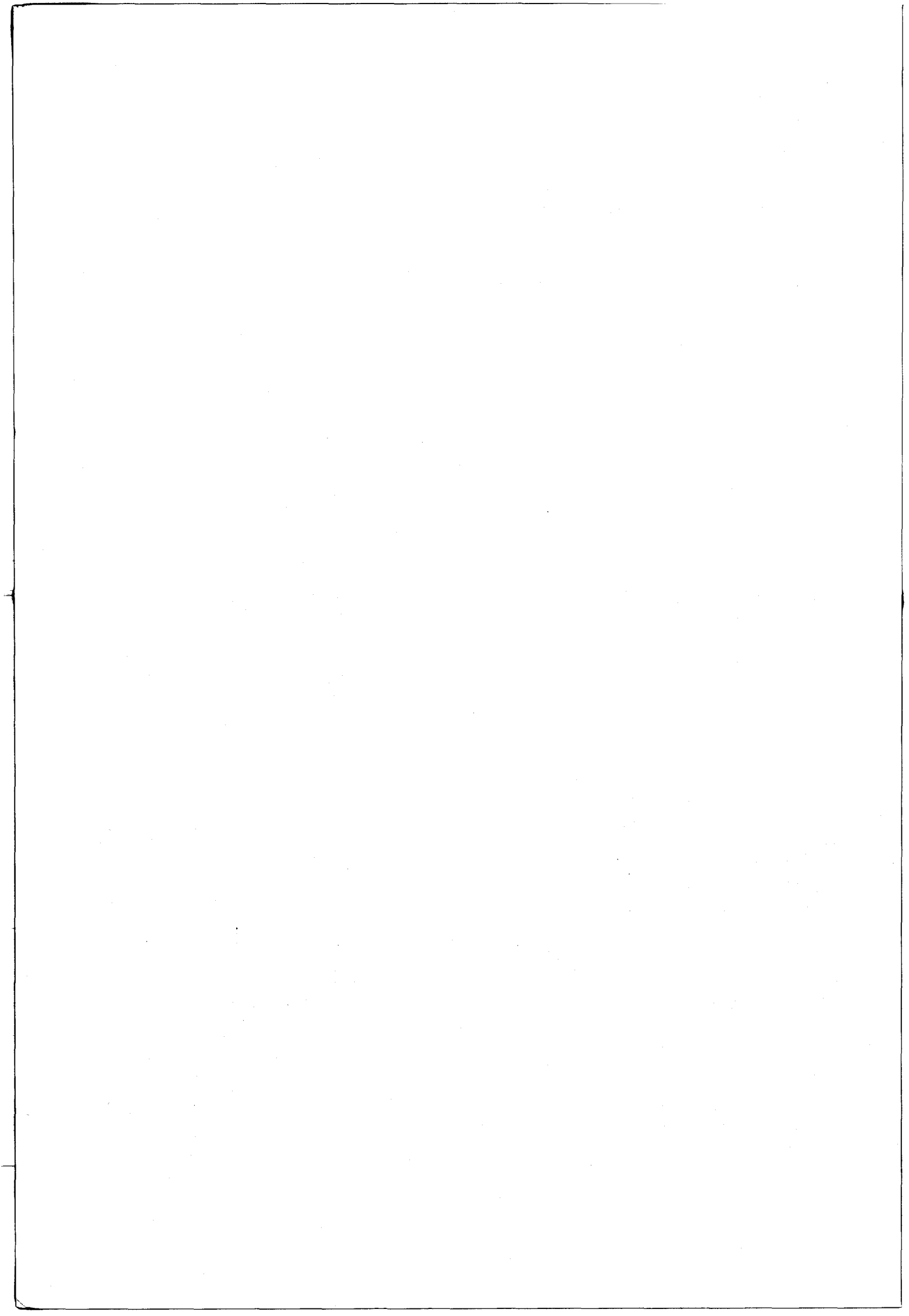
*Certified Unit*

1.	1 cm	=	1,250 microns
2.	-	=	1,250 microns
3.	-	=	2,500 microns
4.	-	=	33,333 microns
5.	-	=	6,666 microns
6.	-	=	3,333 microns





BHS  
LILLE



#### 4.6. ETUDE DU CONGLOMERAT ISAACS (ISSACS CONGLOMERATE)

##### 4.6.1. Introduction

###### 4.6.1.1) Généralités

**Autour** de *Saltwater Lagoon* et le long de la plage, des conglomérats polygénéiques affleurent.

Les galets sont en majeure partie constitués de quartz et de quartzites ainsi que de granites et de cornéennes à andalousite. Ces galets sont à la fois des *pebbles*, des *cobbles* et des *boulders*. Le grand axe mesure de 2 mm (*very fine pebbles* de WENTWORTH,  $\Phi$  de KRUMBEIN = 2) à plus de 200 mm (*small boulders* de WENTWORTH,  $\Phi$  de KRUMBEIN = -8). Ces rudites sont cimentées dans une matrice mal classée où voisinent des quartz de 1 mm de diamètre ( $\Phi$  = 0) et des paillettes micacées ainsi que des quartz et des feldspaths à granulométrie nettement inférieure (jusqu'à la classe des silts).

L'origine de ce conglomérat est controversée. Pour BANKS (1955), il s'agit d'une alternance de lits dont l'origine est fluvio-glaciaire et de lits qui seraient de vraies tillites. Un lit représenterait une plage orientée Nord-Sud et dont la mer viendrait de l'Est. BANKS (1962) apporte quelques nuances : le terme "tillite" est abandonné. Par contre, le lit dont les éléments sont imbriqués représenterait probablement une plage de galets.

BANKS (1962) note que certains galets sont facetés et d'autres striés ce qui tendrait à prouver que certaines parties de l'*Isaacs Conglomerate* seraient des tills cimentés, c'est-à-dire des tillites (till = sédiment non classé, non stratifié, transporté ou déposé par un glacier (*American Geological Institute, 1952*)). Il était donc nécessaire d'étudier plus précisément ce conglomérat et en utilisant des méthodes scientifiques rigoureuses, essayer de confirmer ou d'infirmer certaines hypothèses.

#### 4.6.1.2) Les mesures morphométriques

KRUMBEIN (1940), HOLMES (1941) ont montré l'importance des mesures morphométriques qui amènent le chercheur à résoudre les problèmes de la sédimentation.

##### 4.6.1.2.1) Les différents concepts

Parmi toutes les roches sédimentaires, il n'en existe que quelques unes qui se prêtent aisément aux recherches morphométriques. Ce sont les roches qui présentent une grande résistance à l'usure, tels les cherts et les quartzites. SAMES (1966) a montré que seuls les galets littoraux et fluviatiles peuvent être nettement différenciés par un examen morphométrique. Il donne des tableaux et diagrammes obtenus de l'analyse de l'association de galets d'environnements actuels qui peuvent être utilisés pour reconnaître par comparaison des paléoenvironnements à la suite de l'étude des galets des conglomérats anciens. *Roundness* et *sphericity* servent de base aux investigations. Les résultats montrent que les galets fluviatiles et littoraux se partagent les valeurs moyennes de *roundness*. Les galets fluviatiles présentent toutefois une certaine angulosité et les galets littoraux sont les plus arrondis.

Les galets de type cherts, quartzites, grès à ciment siliceux et toutes les roches silicatées ainsi que les calcaires très durs se prêtent le mieux aux études morphométriques.

##### 4.6.1.2.2) Roundness

Il dépend de l'angulosité des arêtes du grain (BLATT, MIDDLETON et MURRAY, 1972). Il dépend de la durée du transport subi par le grain (WENTWORTH, 1919; THIEL, 1940; KIENEN, 1956; WHITTEN et BROOKS, 1972).

Le *Roundness* a été quantifié par WENTWORTH en 1919, redéfini par WADELL, 1932, SZADZCZY, 1933 et DOBKINS et FOLK 1970.



#### 4.6.1.2.3) Sphericity.

C'est un concept développé par WADELL en 1932. La *sphericity* croit lorsque la forme d'une particule devient de plus en plus proche de la sphère.

RITTENHOUSE (1944) propose un tableau de la *sphericity*. Il suffit de comparer les échantillons recueillis avec les dessins de RITTENHOUSE.

#### 4.6.1.2.4) Les degrés d'élongation et de platitude

LUTTIG (1956) caractérise la forme d'un galet par le "degré d'élongation" ( $\sigma$ ) (l exprimé en % de L) et le "degré de platitude" ( $\pi$ ) (épaisseur E exprimée en % de L); cependant  $\sigma$  et  $\pi$  dépendent de la lithologie (CAILLEUX, 1945; PETTIJOHN, 1956);  $\sigma$  et  $\pi$  ne peuvent être utilisés d'une manière rigoureuse.

#### 4.6.1.2.5) Les échelles.

Les auteurs ne sont pas d'accord sur le nombre de classes, de *roundness* et de *sphericity*. RUSSEL et TAYLOR (1937) utilisent 5 classes de *Roundness*. POWERS (1953) propose une échelle définie par 6 classes, deux jeux de modèles en argile furent proposés pour caractériser chaque classe. Un jeu montre une grande *sphericity*, l'autre une faible *sphericity*. Il suffit de comparer les échantillons avec les photographies de ces modèles.

KRUMBEIN (1941) propose une échelle en 9 classes de *roundness* ainsi qu'un diagramme pour déterminer la *sphericity* (fig. 63). RITTENHOUSE (1944) établit des tableaux pour comparer les échantillons recueillis avec des références chiffrées (fig. 64).

Six classes d'arrondi sont définies par SAMES (1966) (fig. 65) :

la classe des grains anguleux 0-10 % rho ( aucune partie convexe)	
"	" subanguleux 15-25 % rho (quelques arêtes sont émoussées)
"	" subarrondis 30-40 % rho (les angles secondaires tendent à disparaître)
"	" arrondis 45-65 % rho (les parties convexes couvrent la moitié de la circonférence)
"	" bien arrondis 65-80 % rho (toutes les parties sont lisses)
"	" extrêmement bien arrondis 85-100 % rho (très rare)

Les classes 65-80% et 85-100% représentent un environnement littoral (ceci est dû à l'action des vagues).

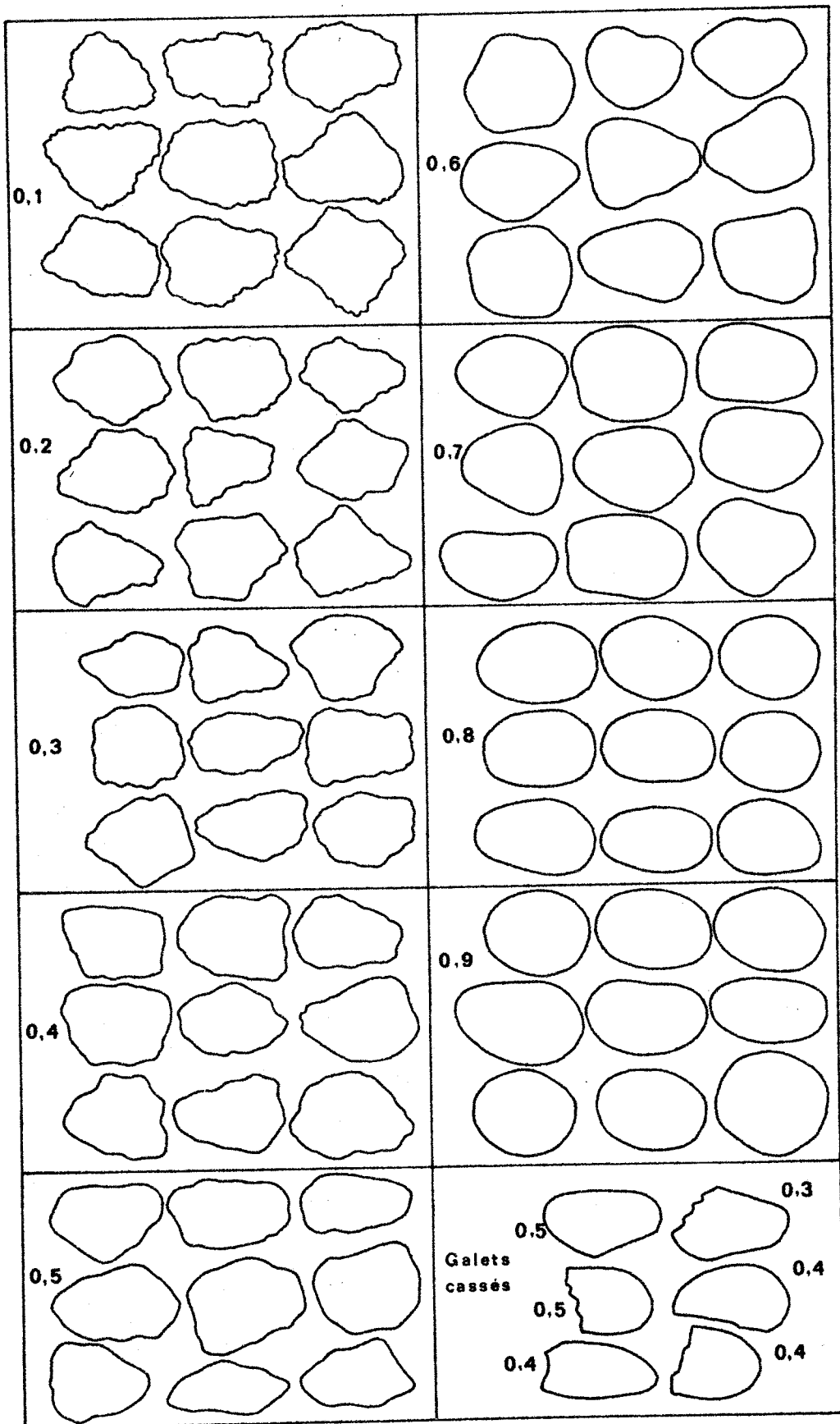


Fig. 63.- Estimation visuelle du Roundness (modifié de KRUMBEIN, 1941)

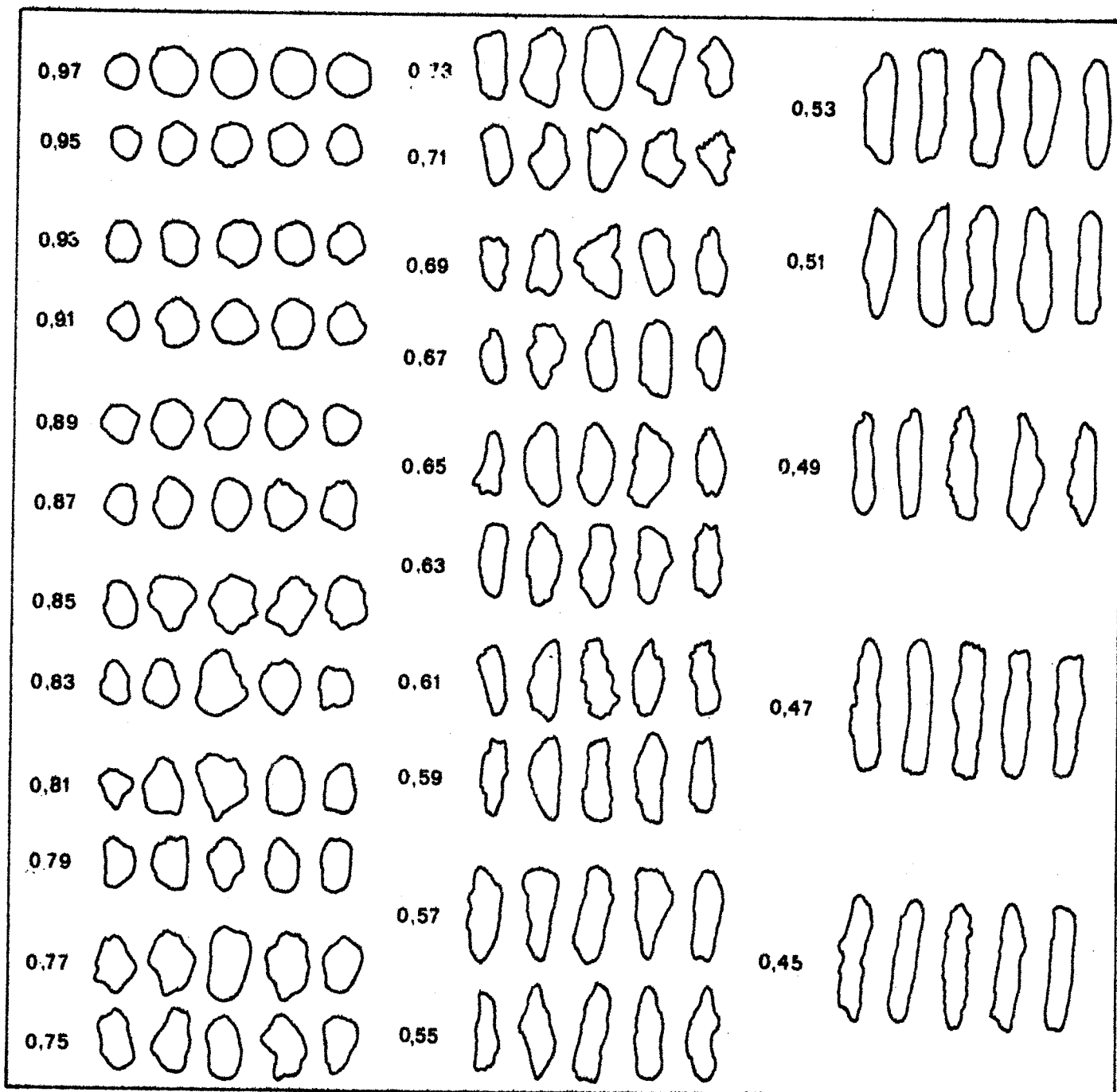


Fig. 64.- Méthode visuelle de détermination de la *sphericity* (modifié de RITTENHOUSE, 1944).



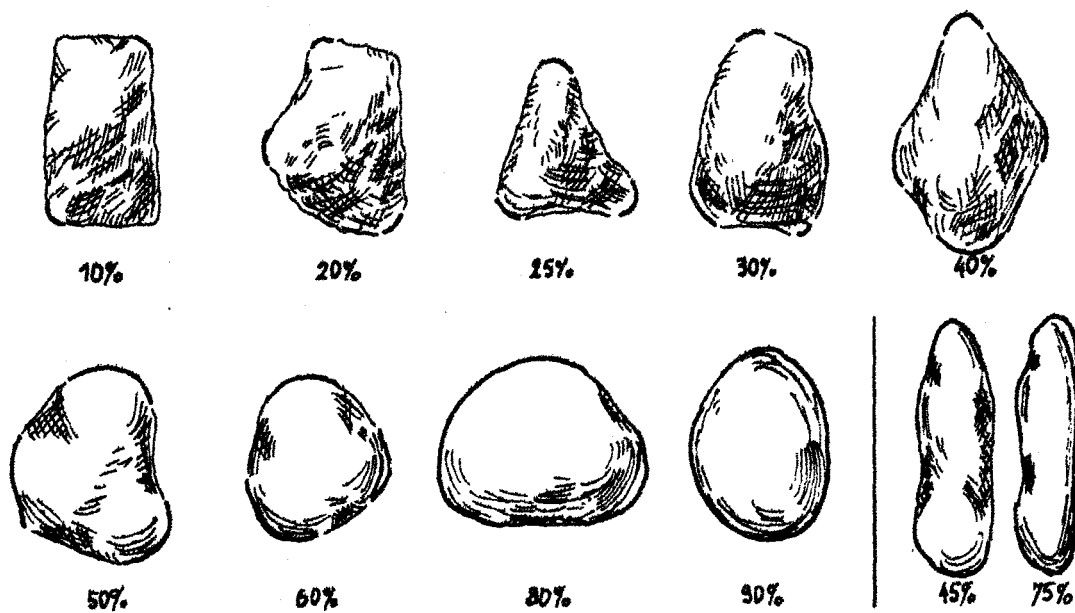


Fig. 65.- Schémas démontrant comment compter les parties convexes le long de la circonférence extérieure des grains. Les traits épais représentent les parties convexes, les traits fins indiquent les parties concaves et planes et les surfaces rugueuses avec des coins et angles secondaires (d'après SAMES, 1966).

Dans mon cas, j'ai utilisé comme références les chartes visuelles de KRUMBEIN (1941) pour le *roundness* et celles de RITTENHOUSE (1944) pour la *sphericity*.

#### 4.6.1.3. L'échantillonnage

En accord avec SAMES (1966) tous les galets qui possèdent une cassure fraîche ont été éliminés, de même les galets possédant une élongation ou une platitude évidente. Les galets dont la taille est comprise entre 20 et 80 mm de diamètre donnent les meilleurs résultats. Ceux inférieurs à 20 mm sont difficiles à mesurer et ceux supérieurs à 80 mm commencent à présenter une hétérogénéité.

Le nombre de galets à étudier doit être suffisamment élevé pour que les résultats statistiques soient significatifs. L'erreur est faible (environ 2 % pour 50 galets étudiés (KRUMBEIN, 1941)).

4.6.2. Résultats

4.6.2.1) Etude des niveaux dont les galets sont imbriqués

La *sphericity* étant fonction de la nature de la roche, on n'étudiera que le *Roundness* (je ne donnerai pas les résultats de la *sphericity*)

classe	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Totaux
fréquence	2	1	5	17	41	63	28	7	3	167
%	1,20	0,60	2,99	10,18	24,55	37,72	16,77	4,19	1,80	100 %

167 galets sont étudiés systématiquement sur une surface de 0,25 m<sup>2</sup> et il apparait que les galets imbriqués ont des valeurs de *roundness* assez élevées car presque 80 % des galets ont un *roundness* compris entre 0,5 et 0,8.

D'après SAMES (1966) les galets ont une nette tendance à être arrondis en ce qui concerne l'environnement littoral.

4.6.2.2) Etude des niveaux dont les galets ne sont pas imbriqués

Valeur du *roundness*

CLASSE	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Totaux
fréquence	7	12	26	73	42	25	17	6	4	212
%	3,30	5,66	12,26	34,43	19,81	11,79	8,02	2,83	1,89	99,99

212 galets sont étudiés systématiquement sur une surface de 0,25 m<sup>2</sup>. Les galets ont un *roundness* plus faible que précédemment, en effet presque 80 % des galets sont compris entre 0,3 et 0,6.

#### 4.6.3. Conclusions

Dans le deuxième cas, il est possible que les galets soient fluviatiles; on peut toutefois avancer d'autres hypothèses : il s'agit peut-être de galets de plage "immature" ou d'une plage dont la turbulence est faible. De plus, lorsque le *roundness* est assez élevé, on peut faire intervenir une durée de transport fluviatile, par exemple, très élevée. De nombreux auteurs ont noté que le *roundness* augmentait avec le transport. On peut donc avoir des galets assez arrondis qui vont être attaqués par les vagues. Toutefois, la valeur du *roundness* des galets est sensiblement la même pour l'ensemble de l'*Isaacs Conglomerate*. Il est probable que l'origine des galets soit la même (ou les mêmes) pour l'unité toute entière. Par conséquent, il est fort possible que le niveau dont les valeurs de *roundness* sont plus élevées aient évolué dans un environnement littoral. De plus, ces galets sont imbriqués comme c'est le cas pour les plages de galets. Ceci nous amène à étudier la "fabrique" de l'*Isaacs Conglomerate*.

#### 4.6.4. La "fabrique" de l'*Isaacs Conglomerate*.

##### 4.6.4.1) Généralités

La "fabrique" d'un sédiment représente l'orientation d'un agrégat de particules dans un dépôt. C'est la réponse des particules à la dynamique des conditions de sédimentation. Sous certaines conditions de dépôt, les particules s'orientent. Dans les fleuves, par exemple, les galets vont s'imbriquer vers l'amont. Les galets de tills glaciaux sont orientés dans la direction du mouvement de la glace (HOLMES, 1941). Les galets des plages du littoral vont s'aligner en présentant leur grand axe parallèlement au rivage.

L'orientation de la fabrique des galets peut être décrite en utilisant deux angles :

- direction, ou azimuth (angle entre un axe du galet et le Nord),
- l'inclinaison, ou plongement, ou pendage de cet axe (angle entre l'axe choisi et le plan horizontal).

Le grand axe peut présenter une orientation préférentielle; toutefois, les galets discoïdes ne présentent pas d'orientation préférentielle du grand axe. Dans ce cas, l'orientation peut

être contrôlée par les faces plates dont le positionnement se fait en notant l'azimuth et le pendage de la normale à la face plane. Cette direction est essentiellement celle de l'axe C qui représente le plus petit diamètre du galet.

KRUMBEIN (1939) utilise :

- la direction du pendage et le pendage du plus grand axe,
- l'orientation du plan de projection maximum du galet.

Etudiant les galets d'une plage du Wisconsin, il note une imbrication progressive des galets au fur et à mesure de l'éloignement du rivage. Près de l'eau, les galets sont pratiquement horizontaux et ils tendent à devenir verticaux quelques mètres plus loin. Tous les galets ont leur grand axe parallèle au rivage.

Dans notre cas, le plan de stratification est subhorizontal (il fait avec l'horizontale un angle inférieur à  $10^\circ$ ); nous appellerons orientation du galet l'azimuth de sa plus grande longueur L c'est à dire l'angle du plan vertical passant par L et le Nord magnétique. Ici les galets ne sont pas dégagés; on se référera à la longueur apparente  $L_a$ .

La structure des galets qui se superposent comme les tuiles d'un toit, a été appelée *imbricate structure* (WHITE, 1952), CAILLEUX (1938), JOHNSTON (1922), CAILLEUX (1945), KRUMBEIN (1939, 1940, 1942), RUSNAK (1957a, b), SAMES (1966) se sont intéressés à l'orientation des galets. Le grand axe se trouve généralement dans la direction du courant "*the longer axes of the stones usually lie in the direction of the current*" JOHNSTON (1922) et il pend vers l'amont (CAILLEUX, 1945; WADELL, 1936; CAILLEUX et TRICART, 1959). Dans les dépôts de galets deltaïques, le grand axe<sup>est</sup> incliné vers l'amont (PETTLJOHN, 1956). Cette imbrication vers l'amont avait déjà été mentionnée par KRUMBEIN (1940, 1942) dans le dépôt des canyons Saint Gabriel et Arroyo en Californie.

DOEGLASS (1962) observe des galets disposés transversalement dans le lit de rivières. Ce cas est particulier car les galets, dans tous les cas, doivent offrir le minimum de prise au courant. Ceux qui auraient la disposition inverse seraient pris à "rebrousse poil" par le courant et basculeraient. Les galets des plages sont disposés avec le grand axe parallèle au rivage. Les galets discoïdes sont transportés avec le plus grand axe perpendiculaire à la direction du mouvement des vagues. Après le dépôt, les axes des galets tendent à rester dans l'orientation acquise (KRUMBEIN et GRIFFITH, 1938).

Pour CAILLEUX (1945) les galets fluviatiles ont une inclinaison plus forte que les galets littoraux: 15 à 30 ° dans le premier cas, 2 à 12° dans le second. L'angle observé pour les formations littorales est faible car les vagues, dans leur va et vient incessant, tendent à atténuer l'inclinaison dominante lors du mouvement descendant, d'où une inclinaison moyenne plus faible comparée à celle des galets fluviatiles.

Pour CAILLEUX et TRICART (1945), sur les plages marines, l'inclinaison est de 2 à 8°; dans les rivières, fleuves, torrents, elle est de 10 à 31°. Dans certaines rivières, fluvio-glaciales, périglaciaires et nivales, elle peut être très élevée: le record appartient au remplissage d'une fente en coin périglaciaire avec 46°.

LAHEE (1961) note que sur les plages composées uniquement ou en grande partie de galets discoïdes et battues par les vagues de forte énergie, ceux-ci sont presque disposés verticalement, cela de manière à présenter la moindre résistance possible à l'action des vagues.

En définitive, l'inclinaison des galets serait un indice servant à différencier les types de conglomérats. Ceci serait intéressant dans notre cas car les galets présentent effectivement des inclinaisons variables. Certains lits, dans leur totalité, présentent même des galets subverticaux à verticaux.

J'ai pu noter à la surface de certains bancs une disposition concentrique des galets. Le long de la petite falaise conglomératique, de nombreuses petites grottes ont été formées par l'érosion différentielle. Cela m'amène à penser que nous avons peut-être affaire à des sols polygonaux comme ceux que l'on trouve dans les régions sous l'influence du climat périglaciaire. Par conséquent, la verticalité de certains lits de galets imbriqués serait peut-être le résultat d'une cryoturbation qui redresserait les galets sur place. On peut lire dans CAILLEUX et TRICART (1959):

*"la disposition des galets et des grains de sable dans la nature est particulièrement intéressante en ce qu'elle dépend du mode de dépôt fluvial et non pas de l'histoire antérieure ou du moins pas directement ... En contrepartie, la disposition est extrêmement sensible aux altérations et autres causes de dérangement, postérieures au dépôt, ainsi qu'on peut aisément s'en rendre compte, en comparant, sur un bon affleurement, le haut et le bas d'un dépôt stratifié. Souvent, dans les couches de base, les lits sont nets, tandis que vers le haut, sur un mètre d'épaisseur et parfois plus, ils sont troublés, dérangés, ou même tout à fait indiscernables. Il y a là,*



un effet évident des eaux d'infiltrations, des animaux fouisseurs, des racines, du gel et de bien d'autres causes encore. Naturellement, on doit avant toute mesure s'assurer, sur le terrain, que tel n'est pas le cas pour les couches étudiées, et que les objets y sont vraiment bien en place, non dérangés".

Il s'agit donc d'être très prudent quant à l'étude de la fabrique d'un conglomérat et particulièrement en ce qui concerne l'inclinaison des galets.

NICHOLS (1961) fait une étude détaillée de plages polaires. De son analyse critique, il ressort un certain nombre de critères, de caractéristiques propres à ces plages, à savoir :

- elles reposent sur la glace,
- elles possèdent des excavations,
- on y trouve des monticules et des rides provoqués par la poussée de la glace,
- elles présentent des rides qui se terminent d'une manière abrupte à cause de la présence de la glace,
- on y trouve des éléments transportés par la glace (*ice-rafted fragments*)
- le *roundness* peut être faible,
- elles présentent des fentes, des craquelures et des sols circulaires et polygonaux,
- la marque de la solifluction existe,
- elles possèdent des galets striés (action de la glace et des icebergs),
- les rides présentent des chenaux formés par des cours d'eau lors de la fusion de la glace,
- ces plages sont associées à des sédiments qui présentent des caractères typiques d'environnement glaciaires (deltas proglaciaires, *esker*) et des dépôts glaciomarins,
- on y trouve des *ventifacts*,
- une faune glaciomarine peut être présente et préservée dans les sédiments.

NICHOLS conclut en disant que les plages anciennes qui possèdent une ou plusieurs de ces caractéristiques, peuvent avoir été formées sous un climat polaire. Il se trouve précisément que l'*Isaacs Conglomerate* présente un certain nombre de ces critères. Par conséquent, on peut conclure que tout ou partie de l'*Isaacs Conglomerate* représente une plage ayant évolué sous un climat glaciaire ou périglaciaire.

Je n'étudierai pas l'inclinaison sensu stricto des galets. Je noterai simplement la direction du pendage des galets ainsi que la direction du grand axe afin de déterminer le sens du mouvement de la mer ayant battu ces galets.

Les méthodes d'échantillonnage des galets établis par WADELL (1936), affinées par KRUMBEIN et PETTIJOHN (1938) n'ont pu être utilisées présentement car elle se réfèrent à des sédiments non consolidés. Le conglomérat des *Friendly Beaches* (Isaacs Conglomerate) étant cimenté, j'ai choisi une méthode photographique utilisée également en laboratoire (j'ai pu me dispenser de la méthode du goniomètre proposée par KARLSTROM (1952), HARRISSON (1957)).

KARLSTROM (1952) indique que chaque échantillon doit comporter au moins 100 galets. Cependant, HOLMES (1941) indique que 50 galets de till sont suffisants pour déterminer statistiquement la direction du mouvement de la glace.

Seize photographies d'une surface supérieure ou égale à 0,25 m<sup>2</sup> ont été prises. Un mètre déplié donne l'échelle à chaque fois. Une boussole indique le Nord magnétique (Nm). J'ai échantillonné tous les cinq mètres environ de façon à déterminer les variations d'orientation. Les photographies ont été réalisées perpendiculairement à la surface du banc qui affleure le long de l'actuelle plage des *Friendly Beaches*. Ce banc est subhorizontal. Les angles sont mesurés avec un rapporteur entre 0° et 180°. La précision est d'autant plus forte que le cercle est plus grand et que la longueur apparente (La) est mieux visible. La précision est de 5°, ce qui est suffisant (CAILLEUX et TRICART, 1959). Les mesures de direction sont classées en utilisant un intervalle de 10°.

Pour chaque galet, j'ai noté l'angle entre La et Nm. De plus, j'ai relevé la direction du pendage pour tous les galets non horizontaux ni verticaux (j'ai inclus dans cette catégorie, les galets subhorizontaux et subverticaux).

4.6.4.2) Validité des résultats - Utilisation des méthodes statistiques

Le test du  $\text{CHI}^2$  pour les orientations détermine :

- 1) le degré d'évidence significative contre l'isotropie (disposition au hasard des galets) pour 2 degrés de liberté \*
- 2) la direction préférentielle apparente moyenne.

Le test est objectif et fiable. Il faut grouper les points en classes. Cinq observations sont nécessaires par intervalle (HARRISSON, 1957) mais ne sont pas obligatoires.

Le test de  $\text{Chi}^2$  (TUKEY, 1954) pour détecter une orientation préférentielle des galets pour une distribution de  $180^\circ$  est basée sur la différence entre les angles observés et d'autres qui appartiendraient à une distribution complètement uniforme, c'est-à-dire pour une distribution qui aurait un nombre égal d'observations dans chaque classe. Si la distribution était complètement uniforme, le nombre d'observations attendu pour chaque classe serait le nombre total d'observations divisé par le nombre de classes. Ce nombre attendu dans chaque classe a été appelé par TUKEY le *contemplated* (ce qui veut dire la fréquence d'observation par classe pour une distribution uniforme de rang N, c'est-à-dire une fréquence identique dans chaque classe (HARRISSON, 1957) ). La mesure de la déviation par rapport à une distribution uniforme est donnée par la relation

$$\text{CHI} : \frac{\text{observed} - \text{contemplated}}{\text{contemplated}}$$

où CHI est la mesure de la fréquence de déviation dans chaque classe. Les sommes vectorielles pour toutes les classes résultent des relations

$$C = \frac{\sum x \cos 2 \theta}{\sqrt{\sum \cos^2 2 \theta}} \quad \text{et} \quad S = \frac{\sum x \sin 2 \theta}{\sqrt{\sum \sin^2 2 \theta}}$$

où  $\theta$  est le *mid-point* de chaque classe. Le carré résultant est donné

---

\* Le terme degré de liberté est utilisé fréquemment en statistique appliquée et réfère "to the number of linear independant quantities in a sum of squares" KRUMBEIN et GRAYBILL (1965).

par la relation  $CHI^2 = C^2 + S^2$ . La valeur de  $CHI^2$  est alors comparée à celles des tables pour deux degrés de liberté (par exemple celle de DIXON et MASSEY, 1957) :

*Percentiles of the  $CHI^2$  distribution (fig. 66)*

S'il y a une déviation significative par rapport à l'isotropie pour un niveau choisi de signification, la direction préférentielle apparente est dérivée de la relation

$$\tan 2 \theta = \frac{S}{C}$$

où  $\theta$  plus la valeur de *mid-point* de la première classe est la direction préférentielle apparente.

Comme nous ne faisons pas de distinction entre deux directions diamétralement opposées, la direction préférentielle apparente peut aussi être  $(\theta + \text{mid-point}) + 180^\circ$ . Ce test a été utilisé par différents auteurs pour déterminer l'orientation préférentielle de galets (RUSNAK, 1957 a et b; HARRISSON, 1957).

#### 4.6.4.3) Les résultats (fig. 67 à 102' et appendice 3)

Au total 2992 galets ont été étudiés pour l'ensemble des 16 échantillons. A chaque échantillon, la surface explorée a été de 0,25m<sup>2</sup> ou 0,50 m<sup>2</sup> (fig. 101). Le nombre de galets par échantillon n'a jamais été inférieur à 134. Comme pour Mc BRIDE (1962), PICARD et BERCKMANN (1966), j'utilise des diagrammes en rose pour montrer les propriétés d'orientation pour une distribution de 360° des galets d'une part et les propriétés de direction du pendage pour les 16 échantillons d'autre part (fig. 69 à 100). Les figures 67 et 68 donnent les échelles choisies pour les représentations en diagrammes des roses.

Du Nord au Sud, les directions préférentielles apparentes (azimuth de La) ont été :

Valeur	échantillon	valeur	échantillon
N 100	IC 1	N 96	IC 9
N 122, 5°	IC 2	N 111, 5	IC 10
N 83	IC 3	N 127	IC 11
N 126, 5	IC 4	N 132	IC 12
N 66	IC 5	N 143, 5	IC 13
N 121, 5	IC 6	N 115, 5	IC 14
N 119	IC 7	N 133, 5	IC 15
N 122	IC 8	N 1	IC 16

Fig. 66. - Test du CHI<sup>2</sup> : table des percentiles en fonction des degrés de liberté (d'après DIXON et MASSEY, 1957).

dl	Percentiles									
	0,5	1	2,5	5	10	90	95	97,5	99	99,5
1	0,000039	0,00016	0,00098	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,1026	0,2107	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	0,584	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,064	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	0,676	0,872	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	0,989	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	21,96
9	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19
11	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76
12	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30
13	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82
14	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32
15	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80
16	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27
18	6,26	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16
20	7,43	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00
24	9,89	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,42	39,36	42,98	45,56
30	13,79	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67
40	20,71	22,16	24,43	26,51	29,05	51,81	55,76	59,34	63,69	66,77
60	35,53	37,48	40,48	43,19	46,46	74,40	79,08	83,30	88,38	91,95
120	83,85	86,92	91,58	95,70	100,62	140,23	146,57	152,21	158,95	163,64

Pour les grandes valeurs des degrés de liberté. (dl) la formule

$$\chi^2 a^2 = n \left( 1 - \frac{2}{9n} + za \sqrt{\frac{2}{9n}} \right)^3$$

où  $z_a$  est la déviation normale et  $n$  le nombre de degrés de liberté, peut être utilisée. Par exemple :  $\chi^2_{.992} = 60 \left[ 1 - 0,00370 + 2,326 (0,06086)^3 \right] = 60 (1,1379)^3 = 88,4$  pour le 99ème percentile, pour 60 degrés de liberté.



A deux exceptions près (échantillons IC 3 et IC 16), les directions tendent à prouver que la plage était orientée, au niveau des prélèvements, Nord Ouest-Sud Est (N 118,5). L'échantillon IC 3 correspondrait à un paléochenal périodiquement pris par la glace comme en témoigne le pourcentage relativement élevé de galets verticaux (22,65 %).

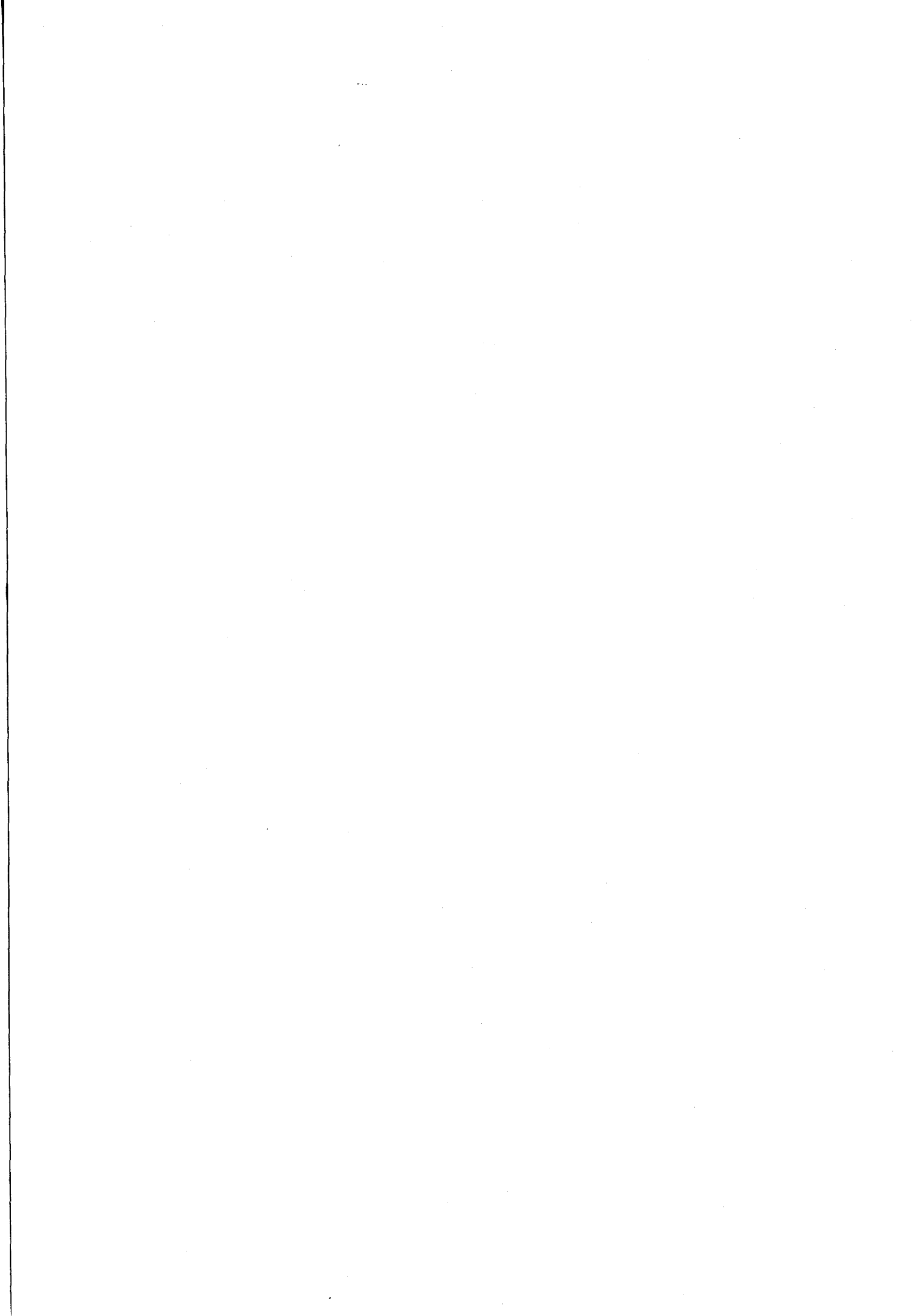
L'échantillon IC 16 présente une disposition circulaire des galets. Ceci correspond probablement à un exemple de "sol circulaire" formé en climat glaciaire ou périglaciaire (fig. 102).

#### 4.6.4.4) Conclusions

De toute évidence, l'*Isaacs Conglomerate* représente (au dernier stade de son évolution) des plages de galets ayant évolué en climat glaciaire. La microscopie électronique des quartz a montré que les éléments de la classe des arénites présentaient des caractères typiques de l'environnement glaciaire. De plus, à l'échelle des rudites, on trouve des galets striés et facettés. Toutefois, ces galets et grains impressionnés ne sont pas en suffisamment grand nombre pour donner au conglomérat une origine tillitique (LANOIM et FRANKES, 1968). De plus, les particules argileuses sont trop peu nombreuses pour en faire des "argiles à blocs". Au Sud-Ouest de *Saltwater Lagoon* et à l'Ouest de *the Root*, les conglomérats sont très ferrugineux, très oxydés, la couleur rouge est dominante. Latéralement, le conglomérat change de faciès (siltites et grès de *floodplain*). L'ensemble des affleurements conglomératiques laisse supposer une forme de cône. L'action conjuguée du froid et des glaciers a démantelé le socle granitique et les dépôts siluro-dévonien sous un climat aride et glacial, dans une atmosphère oxydante. Les éléments ont été pris en charge par des rivières torrentueuses qui les ont sédimentés dans une plaine d'inondation vers le Nord d'une part, et sur la marge continentale vers l'Est d'autre part. Ce conglomérat polygénique est très mal classé.

Certaines décharges ont produit des conglomérats très fins, par exemple, la formation 4 (*Cross-bedded Sandstone*) dont l'étude de la stratification entrecroisée démontre que les courants étaient orientés vers le Nord et l'Est. C'est ce que BULL appelle les *Braided water laid sediments* (1972). L'origine de l'*Isaacs conglomerate* serait un *fan conglomerate* dont la géométrie est influencée par le taux et la durée du soulèvement des montagnes adjacentes et les facteurs climatiques.

La couleur rouge dominante, la présence de chenaux et de stratification entrecroisée, les variations latérales du faciès conglomératique, le mauvais classement mais toutefois bimodal du conglomérat, le *roundness* et l'imbrication des éléments, l'absence de matériaux silteux ainsi que de la faune indiqueraient que les éléments de ce conglomérat ont été soumis à l'action de puissants torrents et rivières. Ce *fanglomerate* serait partiellement repris par la glace et la mer pour former des plages à galets, types plages polaires actuelles.





## LEGENDE DES FIGURES 69 à 100

Les tableaux A & B donnent les résultats numériques qui concernent le test du  $\text{CHI}^2$  pour l'orientation des  $n$  galets de l'échantillon ICm

Le diagramme en rose non cerclé montre les propriétés d'orientation pour une distribution de  $360^\circ$  des  $n$  galets

DPA : DIRECTION PREFERENTIELLE APPARENTE

Les diagrammes en rose cerclés montrent les propriétés de direction du pendage pour l'échantillon ICm

Test du  $\text{CHI}^2$  &  
diagrammes en rose  
pour l'échantillon ICm



(ISAACS CONGLOMERATE)

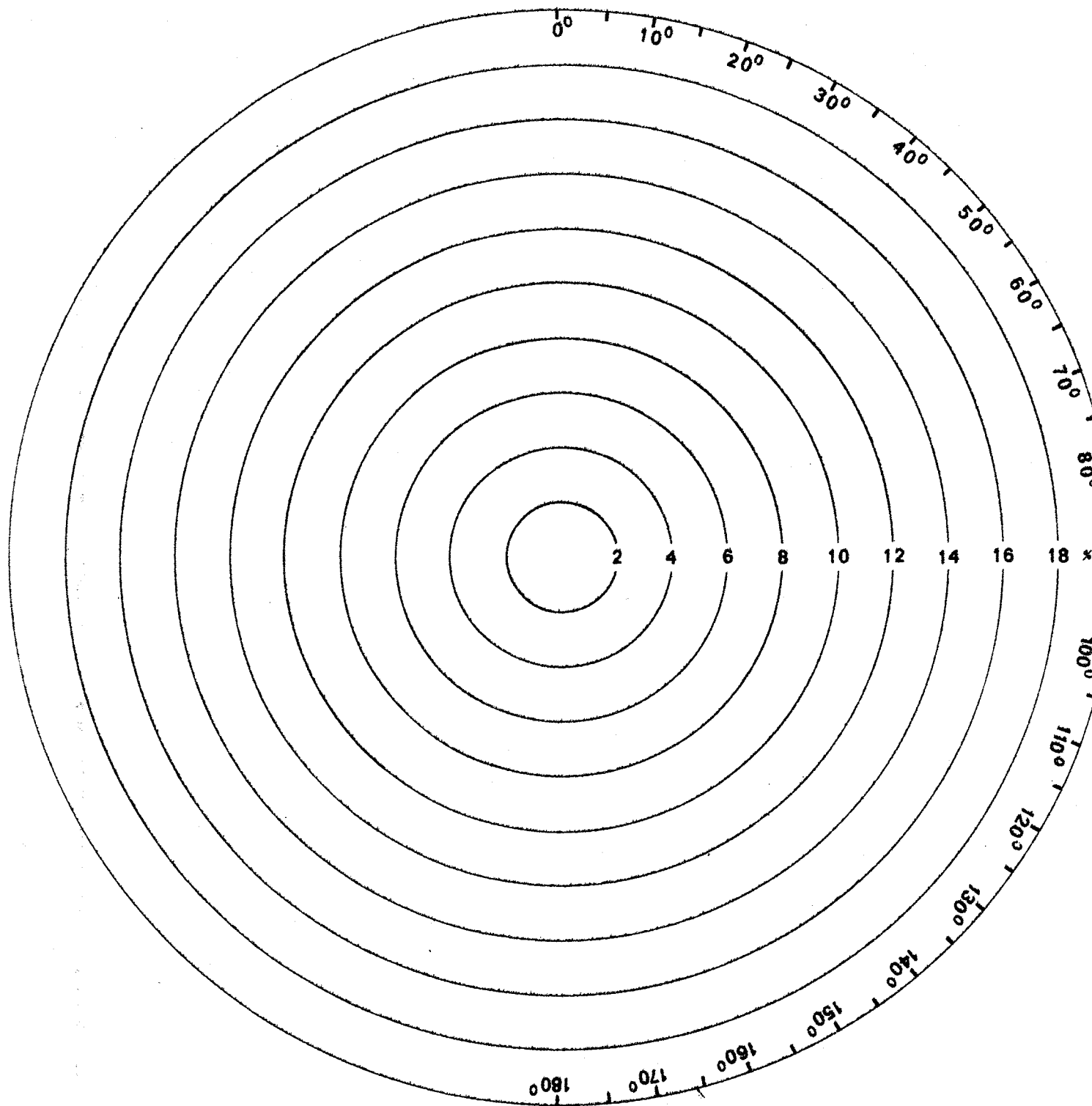


Fig. 67.-

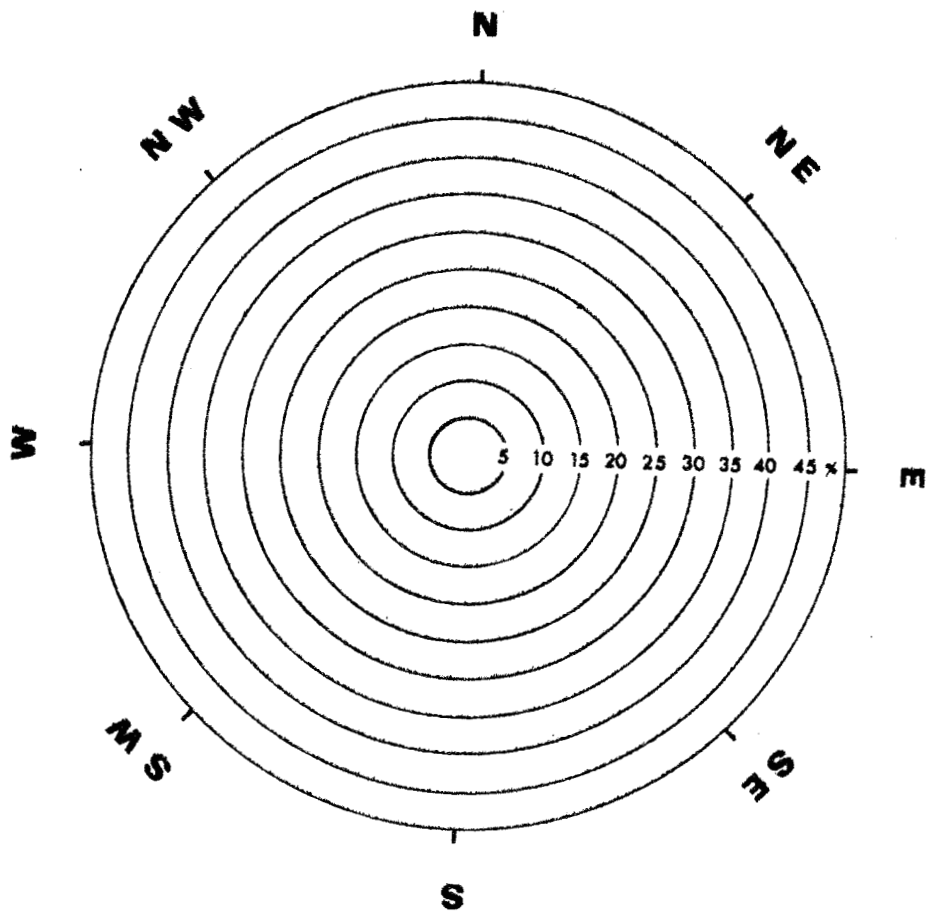


Fig. 68. -



intervalles 0° - 180°	θ°	classe	"Observed"	%	% cumulé	"Observed" - "Contemplated"	Σ	cos 2θ	sin 2θ	Σ cos 2θ	Σ sin 2θ
0-10	0	1	0	0,00	0,00	-11,11	-3,34	1,00	0,00	-3,34	0,00
10-20	10	2	6	3,00	3,00	-5,11	-1,53	0,94	0,34	-1,44	-0,52
20-30	20	3	5	2,50	5,50	-6,11	-1,83	0,76	0,64	-1,39	-1,17
30-40	30	4	4	2,00	7,50	-7,11	-2,13	0,50	0,87	-1,05	-1,85
40-50	40	5	6	3,00	10,50	-5,11	-1,53	0,17	0,98	-0,26	-1,50
50-60	50	6	10	5,00	15,50	-1,11	-0,33	-0,17	0,98	0,06	-0,32
60-70	60	7	10	5,00	20,50	-1,11	-0,33	-0,50	0,87	0,16	-0,29
70-80	70	8	14	7,00	27,50	2,89	0,87	-0,74	0,64	-0,56	0,56
80-90	80	9	21	10,50	38,00	9,89	2,97	-0,94	0,34	-2,76	1,01
90-100	90	10	17	8,50	46,50	5,89	1,77	-1,00	0,00	-1,77	0,00
100-110	100	11	40	20,00	66,50	38,89	8,62	-0,94	-0,74	-8,15	-2,91
110-120	110	12	23	11,50	78,00	11,89	3,57	-0,76	-0,64	-2,71	-2,28
120-130	120	13	11	5,50	83,50	-1,11	-0,33	-0,50	-0,87	0,01	0,01
130-140	130	14	19	9,50	93,00	7,89	2,37	-0,17	-0,98	-1,50	-0,32
140-150	140	15	5	2,50	95,50	-6,11	-1,83	0,17	-0,98	-0,31	1,79
150-160	150	16	3	1,50	97,00	-8,11	-2,43	0,30	-0,97	-1,21	2,11
160-170	160	17	2	1,00	98,00	-9,11	-2,73	0,74	-0,64	-2,07	1,75
170-180	170	18	4	2,00	100,00	-7,11	-2,13	0,94	-0,34	-2,00	0,72
		Σ	200	100,00						-29,33	-5,23

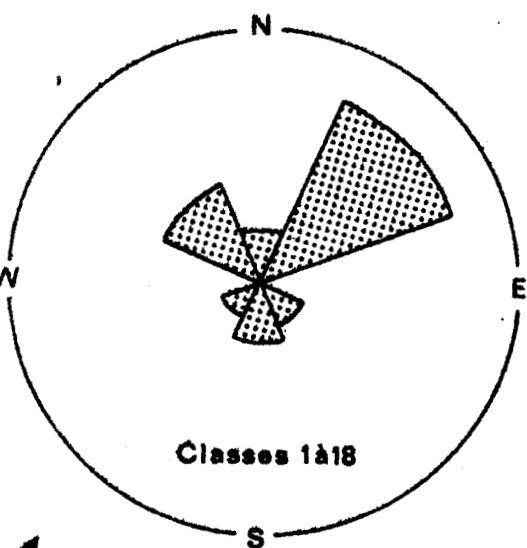
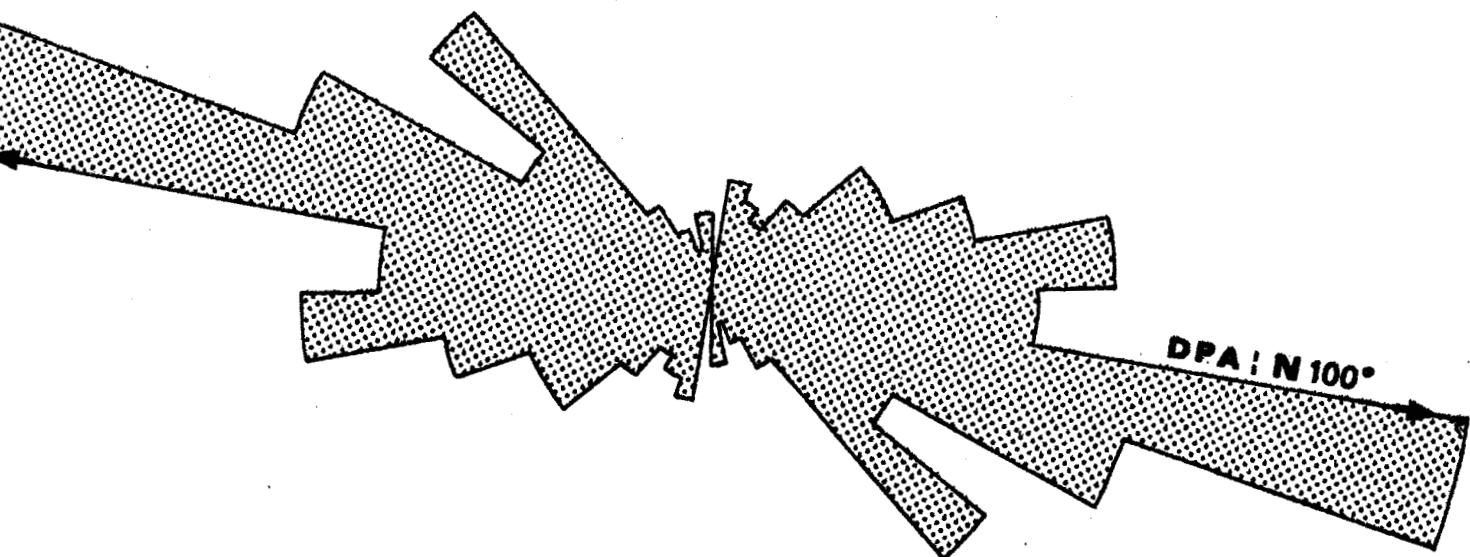
TABEAU A

Echantillon	IC 1	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures	200	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée	0,25 m <sup>2</sup>	
* Contemplated 200 : 18 = 11,11		
√Contemplated <sup>2</sup>	3,33	
Σ = √Contemplated <sup>2</sup>		2θ = 10°
Σ C cos 2θ = -9,80 (Σ C cos <sup>2</sup> 2θ) <sup>1/2</sup>		direction préférentielle Apparente $\frac{(180 + 10)}{2} + 5° = 100°$
Σ C sin 2θ = -1,75 (Σ C sin <sup>2</sup> 2θ) <sup>1/2</sup>		Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
C <sup>2</sup> = 96,04	χ <sup>2</sup> = C <sup>2</sup> + S <sup>2</sup>	90 <sup>ème</sup> (4,61)
S <sup>2</sup> = 3,08	= 99,10	95 <sup>ème</sup> (5,99)
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 0,1786$		97,5 <sup>ème</sup> (7,38)
		99 <sup>ème</sup> (9,21)
		99,5 <sup>ème</sup> (10,60)
		99,9 <sup>ème</sup> (12,01)

TABEAU B



Fig. 69. -



	Fréquence	Pourcentage
H	3	7,5
V	9	22,5
N	2	5
NE	19	47,5
E	0	0
SE	3	7,5
S	2	5
SW	0	0
W	0	0
NW	2	5
<b>Σ</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Classe 11

	Fréquence	Pourcentage
H	15	7,5
V	52	26
N	14	7
NE	54	27
E	1	0,5
SE	11	5,5
S	15	7,5
SW	10	5
W	1	0,5
NW	27	13,5
<b>Σ</b>	<b>200</b>	<b>100</b>

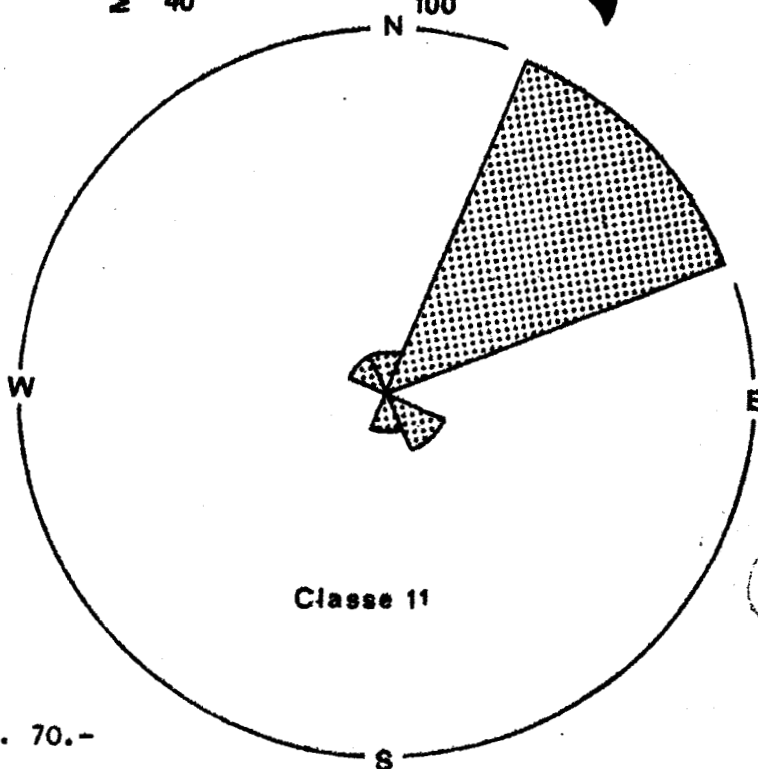


Fig. 70.-

intervalles 0° - 180°	θ°	classe	Observed <sup>N</sup>	%	% cumulé	Observed <sup>N</sup> - Contemplated <sup>N</sup>	α	cos 2θ	sin 2θ	α cos 2θ	α sin 2θ
0-10	0	1	5	1,43	1,43	-14,44	-3,27	1,00	0,00	-3,27	0,00
10-20	10	2	15	4,28	5,71	-4,44	-1,01	0,94	0,74	-0,95	-0,34
20-30	20	3	12	3,43	9,14	-7,44	-1,69	0,76	0,64	-1,28	-1,08
30-40	30	4	14	4,00	13,14	-5,44	-1,23	0,50	0,87	-0,61	-1,07
40-50	40	5	19	5,43	18,57	-0,44	-0,10	0,17	0,98	-0,02	-0,10
50-60	50	6	16	4,57	23,14	-3,44	-0,78	-0,17	0,98	0,13	-0,76
60-70	60	7	14	4,00	27,14	-5,44	-1,73	-0,50	0,87	0,61	-1,07
70-80	70	8	12	3,43	30,57	-7,44	-1,69	-0,76	0,64	1,78	-1,08
80-90	80	9	12	3,43	34,00	-7,44	-1,69	-0,94	0,34	1,59	-0,57
90-100	90	10	18	5,14	39,14	-1,44	-0,33	-1,00	0,00	0,33	0,00
100-110	100	11	27	7,27	46,41	7,56	1,71	-0,94	-0,74	-1,61	-0,58
110-120	110	12	39	11,14	57,55	19,56	4,43	-0,76	-0,64	-3,37	-2,93
120-130	120	13	43	12,48	70,03	23,56	5,36	-0,50	-0,87	-2,67	-4,64
130-140	130	14	27	7,27	77,29	7,56	1,71	-0,17	-0,98	-0,39	-1,68
140-150	140	15	27	7,27	84,56	7,56	1,71	0,17	-0,98	0,39	-1,68
150-160	150	16	23	6,37	90,93	3,56	0,81	0,50	-0,87	0,60	-0,70
160-170	160	17	16	4,57	95,50	-3,44	-0,78	0,76	-0,64	-0,59	0,50
170-180	170	18	11	3,14	98,64	-8,44	-1,91	0,94	-0,74	-1,70	0,65
			350	99,97						-11,82	-17,03

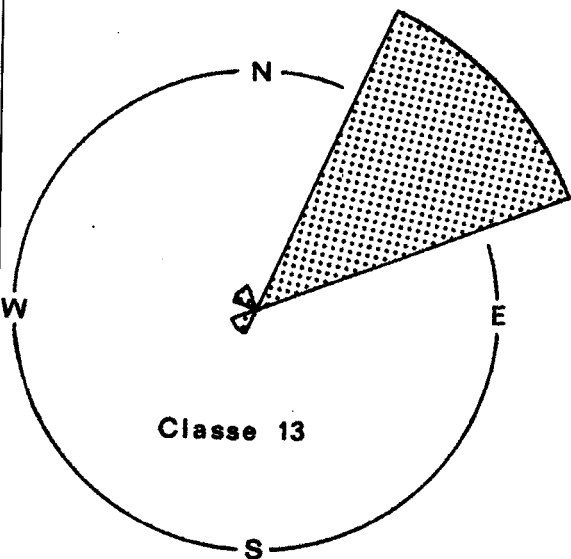
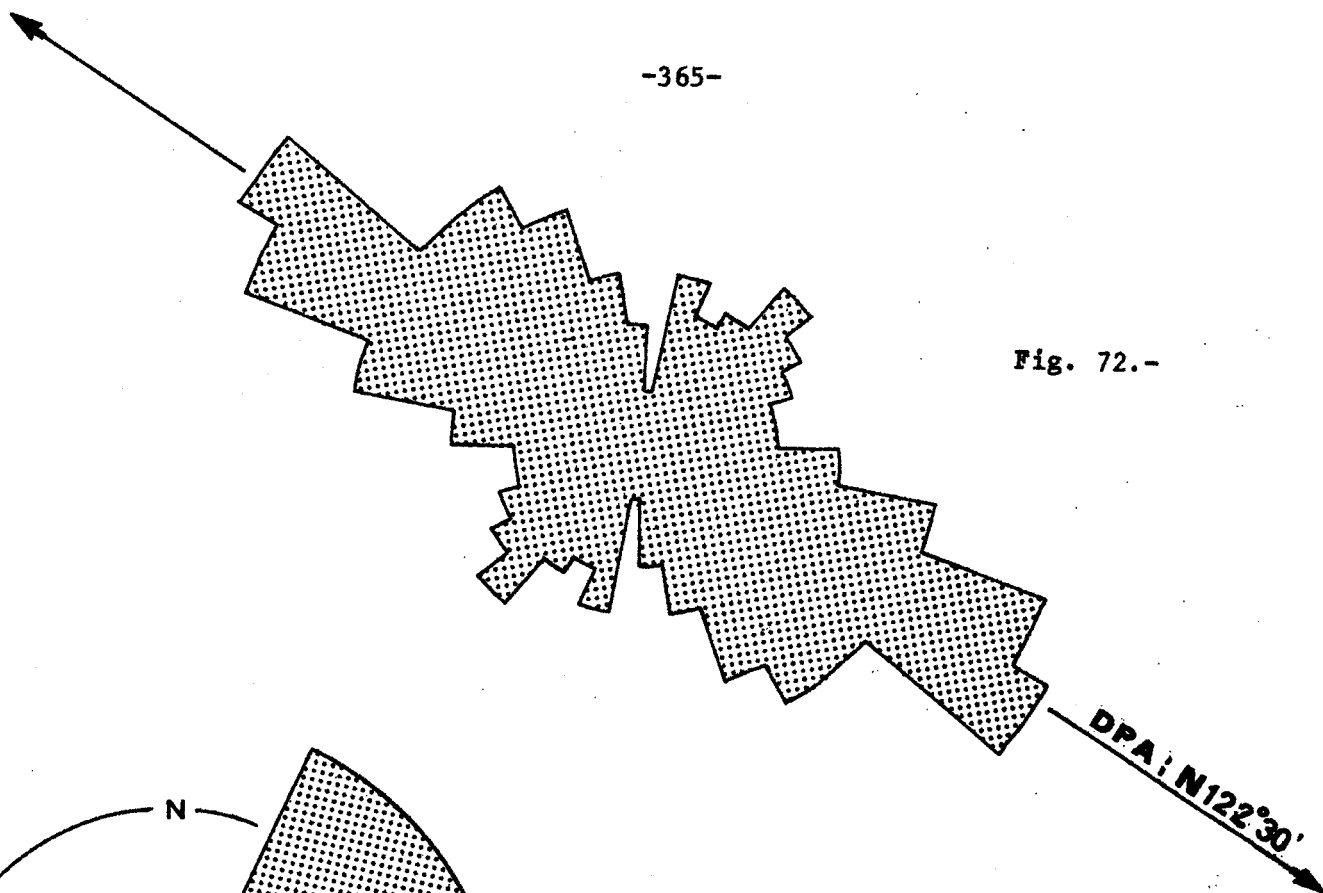
TABEAU A

Echantillon IC2	Signe sinus 2θ = signe de S : -	
Nombre de mesures 350	Signe cosinus 2θ = signe de C : -	
Surface étudiée 0,50 m <sup>2</sup>		
*Contemplated <sup>N</sup> 350:18 = 19,44		
√Contemplated <sup>N</sup> 441	2θ = 55°	
*Observed <sup>N</sup> - Contemplated <sup>N</sup> α = √Contemplated <sup>N</sup>	direction préférentielle Appareille	
C = $\frac{\sum CC \cos 2\theta}{(\sum CC \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -3,95$	$\left(\frac{180 + 55}{2}\right) + 5^\circ = 122,5^\circ$	
S = $\frac{\sum CC \sin 2\theta}{(\sum CC \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -5,69$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté	
C <sup>2</sup> = 15,60		90 <sup>ème</sup> (4,61)
S <sup>2</sup> = 32,38		95 <sup>ème</sup> (5,99)
		97,5 <sup>ème</sup> (7,38)
		99 <sup>ème</sup> (9,21)
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 1,44$	99,5 <sup>ème</sup> (10,60) 47,98	

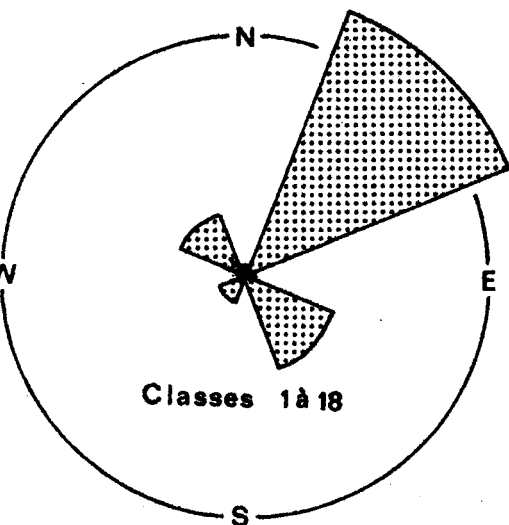
TABEAU B



Fig. 72.-



	Fréquence	Pourcentage
H	1	2,32
V	19	44,19
N	0	0
NE	19	44,19
E	0	0
SE	0	0
S	0	0
SW	2	4,65
W	0	0
NW	2	4,65
<b>Σ</b>	<b>43</b>	<b>100</b>



	Fréquence	Pourcentage
H	20	5,71
V	96	27,43
N	4	1,14
NE	134	38,29
E	5	1,43
SE	44	12,57
S	2	0,57
SW	14	4,00
W	0	0
NW	31	8,86
<b>Σ</b>	<b>350</b>	<b>100</b>



intervalles 0° - 180°	θ°	classe	Observed <sup>n</sup>	%	% cumulé	Observed <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup>	χ	cos 2θ	sin 2θ	χ cos 2θ	χ sin 2θ
0-10	0	1	6	3,31	3,31	-4,06	-1,28	1,00	0,00	-1,28	0,00
10-20	10	2	9	4,97	8,28	-1,06	-0,33	0,94	0,34	-0,31	-0,11
20-30	20	3	11	6,08	14,36	0,94	0,30	0,76	0,64	0,23	0,19
30-40	30	4	12	6,63	20,99	1,94	0,61	0,50	0,87	0,30	0,53
40-50	40	5	9	4,97	25,96	-1,06	-0,33	0,17	0,96	-0,06	-0,32
50-60	50	6	11	6,08	32,04	0,94	0,30	-0,17	0,98	-0,05	0,29
60-70	60	7	7	3,87	35,91	-3,06	-0,96	-0,50	0,87	0,48	-0,83
70-80	70	8	20	11,05	46,96	9,94	3,14	-0,76	0,64	-2,39	2,01
80-90	80	9	12	6,63	53,59	1,94	0,61	-0,94	0,34	-0,57	0,21
90-100	90	10	15	8,29	61,88	4,94	1,56	-1,00	0,00	-1,56	0,00
100-110	100	11	5	2,76	64,64	-5,06	-1,60	-0,94	-0,34	1,50	0,54
110-120	110	12	12	6,63	71,27	1,94	0,61	-0,76	-0,64	-0,56	-0,39
120-130	120	13	11	6,08	77,35	0,94	0,30	-0,50	-0,87	-0,15	-0,26
130-140	130	14	11	6,08	83,43	0,94	0,30	-0,17	-0,98	-0,05	-0,29
140-150	140	15	9	4,97	88,40	-1,06	-0,33	0,17	-0,96	-0,06	0,32
150-160	150	16	11	6,08	94,48	0,94	0,30	0,50	-0,87	0,15	-0,26
160-170	160	17	5	2,76	97,24	-5,06	-1,60	0,76	-0,64	-1,02	1,02
170-180	170	18	5	2,76	100,00	-5,06	-1,60	0,94	-0,34	-1,30	0,54
			181	100,00						-7,00	3,19

TABEAU A

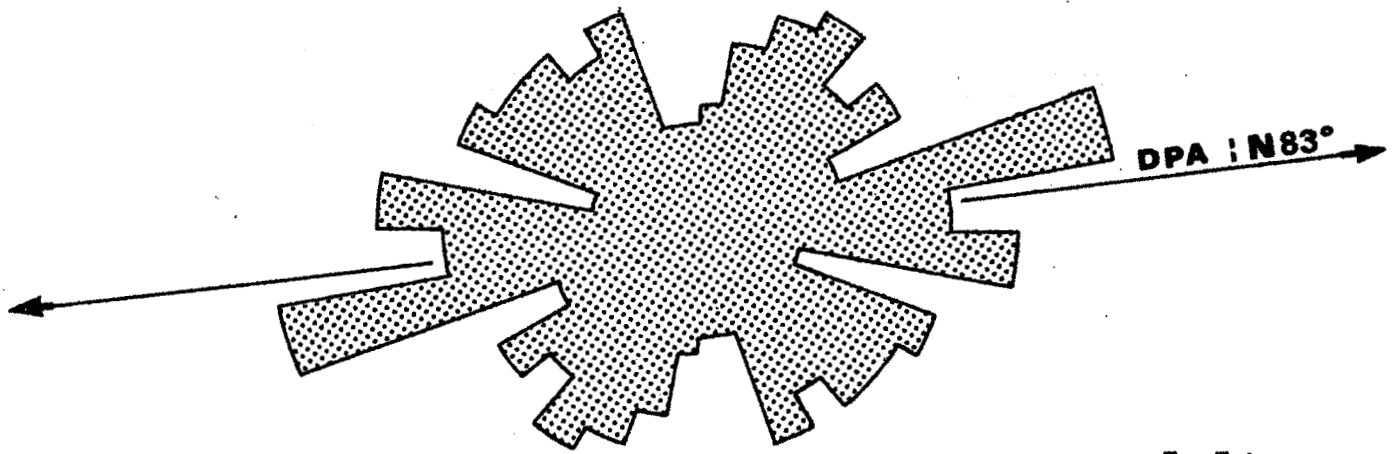
Echantillon IC 3	Signe sinus 2θ = signe de S : +
Nombre de mesures 181	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>	
Contemplated <sup>n</sup> 181 : 18 = 10,06	
Contemplated <sup>n</sup> 3,17	2θ = 24,5°
Observed <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup>	direction préférentielle Apparente $\frac{(180-24,5)}{2} + 5^\circ = 82,75^\circ \approx 83^\circ$
Contemplated <sup>n</sup>	
$\frac{\sum CC \cos 2\theta}{(\sum CC \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -2,34$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté 90 <sup>ème</sup> (4,61) 95 <sup>ème</sup> (5,99) <u>6,59</u> 97,5 <sup>ème</sup> (7,38) 99 <sup>ème</sup> (9,21) 99,5 <sup>ème</sup> (10,60)
$\frac{\sum CC \sin 2\theta}{(\sum CC \sin^2 2\theta)^{1/2}} = 1,06$	
$C^2 = 5,47$	
$S^2 = 1,12$	
$\chi^2 = C^2 + S^2 = 6,59$	
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = -0,4529$	

TABEAU B



Fig. 73.-





Fq=Fréquence  
Pc=Pourcentage

	Fq	Pc	Fq	Pc	Fq	Pc
H	12	6,63	2	10	3	6,38
V	41	22,65	2	10	3	6,38
N	12	6,63	2	10	8	17,02
NE	59	32,60	2	10	13	27,66
E	9	4,97	0	0	1	2,13
SE	22	12,15	3	15	5	10,64
S	4	2,21	0	0	2	4,25
SW	5	2,76	1	5	1	2,13
W	1	0,55	0	0	0	0
NW	16	8,84	8	40	11	23,40
<b>Σ</b>	<b>181</b>	<b>99,99</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>99,99</b>

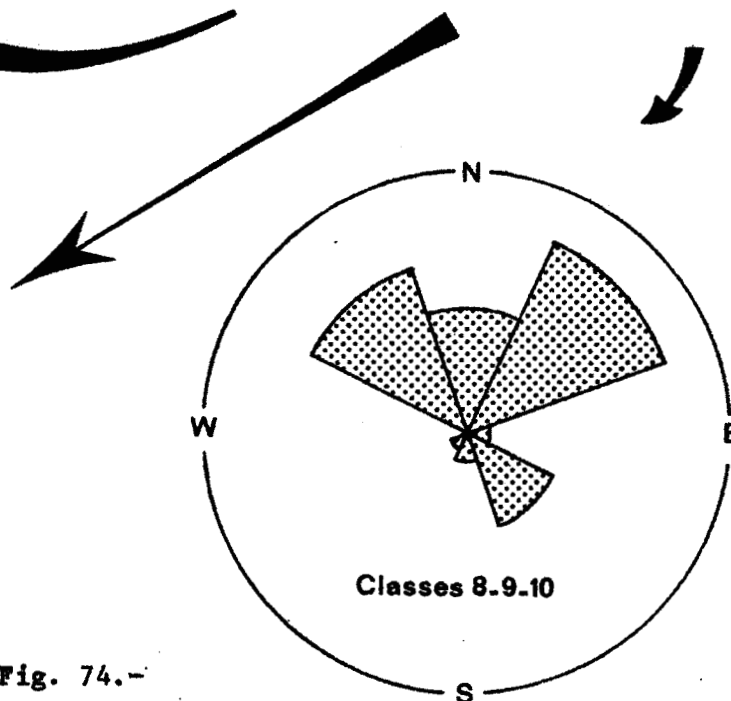
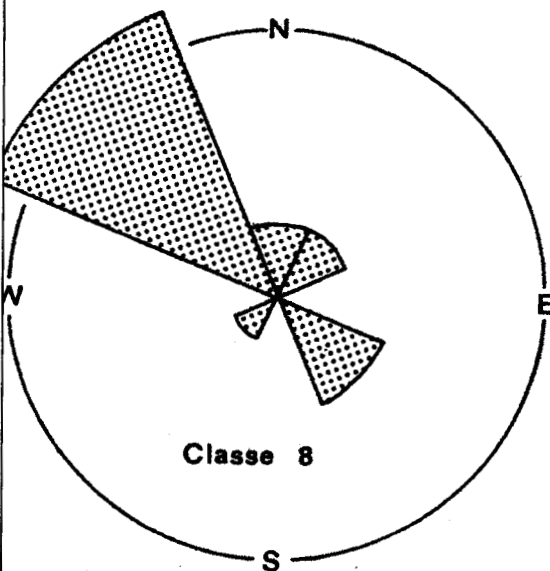
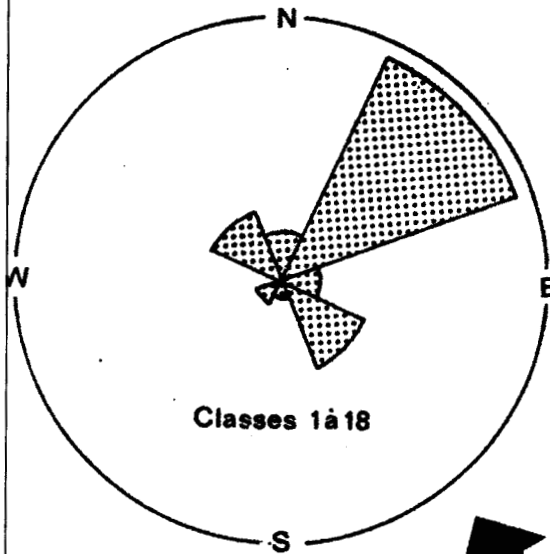


Fig. 74.-



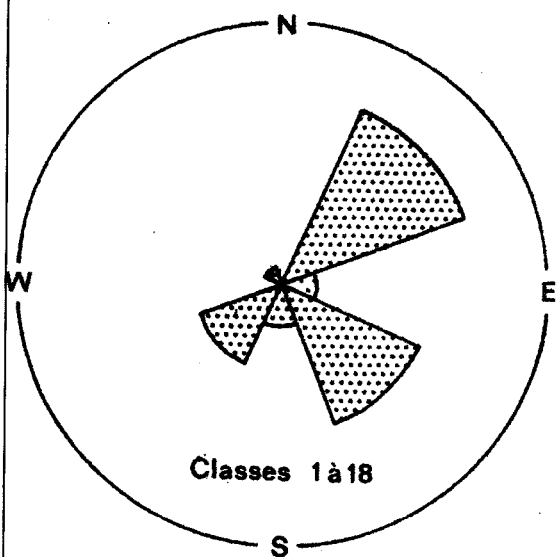
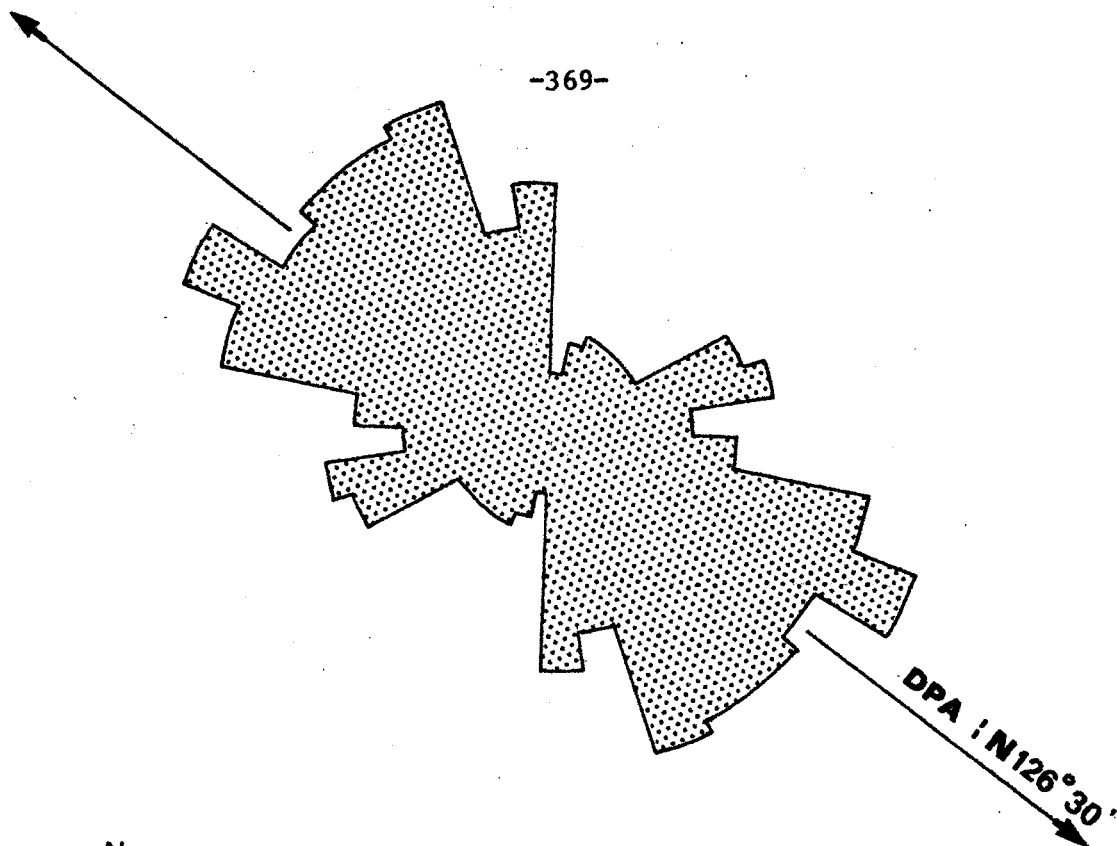
Intervalles 0° - 180°	θ°	classe	"Observed"	%	% cumuls	"Observed" - "Contemplated"	∞	cos 2θ	sin 2θ	∞ cos 2θ	∞ sin 2θ
0-10	0	1	3	1,62	1,62	-7,27	-2,26	1,00	0,00	-0,76	0,00
10-20	10	2	4	2,16	3,78	-6,37	-1,95	0,94	0,34	-1,83	-0,66
20-30	20	3	5	2,70	6,48	-5,27	-1,64	0,76	0,64	-1,25	-1,05
30-40	30	4	5	2,70	9,18	-5,27	-1,64	0,50	0,87	-0,82	-1,43
40-50	40	5	5	2,70	11,88	-5,27	-1,64	0,17	0,98	-0,28	-1,61
50-60	50	6	5	2,70	14,58	-5,27	-1,64	-0,17	0,98	0,38	-1,61
60-70	60	7	10	5,40	19,98	-0,27	-0,08	-0,50	0,87	0,04	-0,07
70-80	70	8	11	5,94	25,92	0,73	0,23	-0,76	0,64	-0,17	0,13
80-90	80	9	7	3,78	29,70	-1,27	-1,02	-0,94	0,34	0,96	-0,35
90-100	90	10	9	4,54	34,54	-1,27	-0,40	-1,00	0,00	0,60	0,00
100-110	100	11	16	8,65	43,21	5,73	1,78	-0,94	-0,34	-1,67	0,60
110-120	110	12	19	10,27	53,48	8,73	2,72	-0,76	-0,64	-0,27	-1,74
120-130	120	13	15	8,11	61,59	4,73	1,57	-0,50	-0,87	-0,73	-1,38
130-140	130	14	15	8,65	70,26	5,73	1,78	-0,17	-0,98	-0,50	-1,74
140-150	140	15	16	8,65	78,89	5,73	1,78	0,17	-0,98	0,30	-1,74
150-160	150	16	17	9,19	88,08	6,73	2,10	0,50	-0,87	1,05	-1,83
160-170	160	17	10	5,40	93,48	-0,27	-0,08	0,76	-0,64	-0,06	0,05
170-180	170	18	12	6,55	99,97	1,73	0,54	-0,94	-0,34	0,51	-0,18
		W	185	99,97						-7,90	-15,69

TABEAU A

Echantillon	IC 4	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures	185	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée	0,25 m <sup>2</sup>	
"Contemplated"	185,18 = 10,27	
√"Contemplated"	3,21	
"Observed" - "Contemplated"		2θ = 63°
∞ = √"Contemplated"		
$\frac{\sum CC \cos 2\theta}{(\sum CC \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -2,64$		direction préférentielle Apparente $\frac{(180+63)}{2} + 5^\circ = 126,5^\circ$
$\frac{\sum CC \sin 2\theta}{(\sum CC \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -5,24$		Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
C <sup>2</sup> = 6,97	$\chi^2 = C^2 + S^2$	90 <sup>ème</sup> (4,61)
		95 <sup>ème</sup> (5,99)
S <sup>2</sup> = 27,46	= 34,43	97,5 <sup>ème</sup> (7,38)
		99 <sup>ème</sup> (9,21)
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 1,9848$		99,5 <sup>ème</sup> (10,60)
		34,43

TABEAU R





	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
H	4	2,16	0	0
V	53	28,65	2	10,53
N	1	0,54	0	0
NE	46	24,86	6	31,58
E	8	4,32	0	0
SE	37	20	6	31,58
S	11	5,94	0	0
SW	22	11,89	5	26,31
W	0	0	0	0
NW	3	1,62	0	0
<b>Σ</b>	<b>185</b>	<b>99,98</b>	<b>19</b>	<b>100</b>

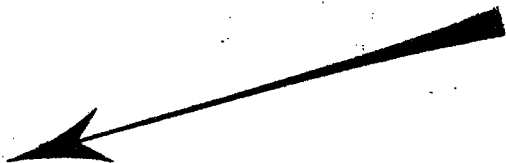
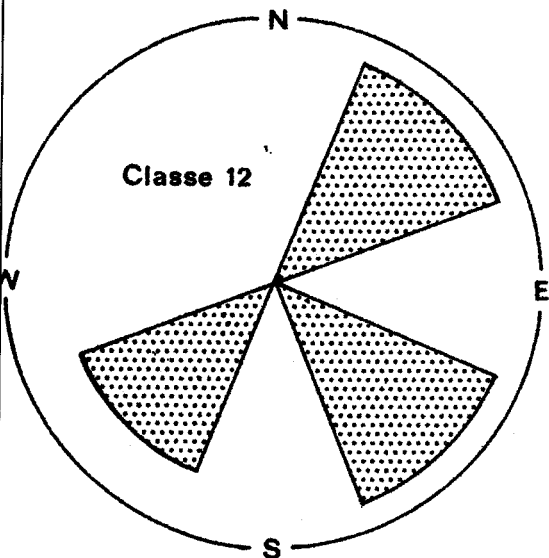


Fig. 76.-



intervalles 0° - 180°	θ°	classe	"Observed"	%	% cumulé	"Observed" - "Contemplated"	X	cos 2θ	sin 2θ	X cos 2θ	X sin 2θ
0-10	0	1	5	2,27	2,27	-7,22	-2,06	1,00	0,00	-2,06	0,00
10-20	10	2	6	2,73	5,00	-6,82	-1,78	0,94	0,14	-1,67	-0,60
20-30	20	3	17	7,73	12,73	4,78	1,37	0,76	0,64	1,04	0,88
30-40	30	4	10	4,54	17,27	-2,22	-0,63	0,50	0,87	-0,31	-0,55
40-50	40	5	31	14,09	31,36	18,78	5,17	0,17	0,98	0,91	5,26
50-60	50	6	20	9,09	40,45	7,78	2,22	-0,17	0,98	-0,38	2,18
60-70	60	7	17	7,73	48,18	4,78	1,37	-0,50	0,87	-0,68	1,19
70-80	70	8	16	7,27	55,45	3,78	1,08	-0,76	0,64	-0,82	0,69
80-90	80	9	11	5,00	60,45	-1,22	-0,35	-0,94	0,14	0,33	-0,12
90-100	90	10	9	4,09	64,54	-3,22	-0,92	-1,00	0,00	0,92	0,00
100-110	100	11	14	6,36	70,90	1,78	0,51	-0,94	-0,14	-0,68	-0,17
110-120	110	12	17	7,73	78,63	4,78	1,37	-0,76	-0,64	-1,04	-0,88
120-130	120	13	14	6,36	84,99	1,78	0,51	-0,50	-0,87	-0,35	-0,44
130-140	130	14	5	2,27	87,26	-7,22	-2,06	-0,17	-0,98	0,15	2,02
140-150	140	15	9	4,09	91,35	-3,22	-0,92	0,17	-0,98	-0,16	0,90
150-160	150	16	6	2,73	94,08	-6,22	-1,78	0,50	-0,87	-0,80	1,55
160-170	160	17	9	4,09	98,17	-3,22	-0,92	0,76	-0,64	-0,30	0,59
170-180	170	18	4	1,82	99,99	-8,22	-2,35	0,94	-0,14	-0,21	0,90
		W	220	99,99						-8,10	13,30

TABEAU  
A

Echantillon IC 5	Signe sinus 2θ = signe de S : +
Nombre de mesures 220	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée 0,25 cm <sup>2</sup>	
"Contemplated" 220 : 18 = 12,22	
"Contemplated" 3,50	2θ = 56,5°
$\frac{\sum C \cos 2\theta}{\sqrt{\sum C^2 \cos^2 2\theta}} = -2,70$	direction préférentielle Apparente $\frac{(180-56,5)}{2} + 5^\circ = 63,75^\circ \approx 66^\circ$
$\frac{\sum C \sin 2\theta}{\sqrt{\sum C^2 \sin^2 2\theta}} = 4,44$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté 90 <sup>ème</sup> (4,61) 95 <sup>ème</sup> (5,99) 97,5 <sup>ème</sup> (7,38) 99 <sup>ème</sup> (9,21) 99,5 <sup>ème</sup> (10,60)
$C^2 = 7,29$	
$S^2 = 19,71$	
$\chi^2 = C^2 + S^2 = 27,00$	
$\text{Tangente } 2\theta = \frac{S}{C} = -1,6444$	27,00

TABEAU  
B



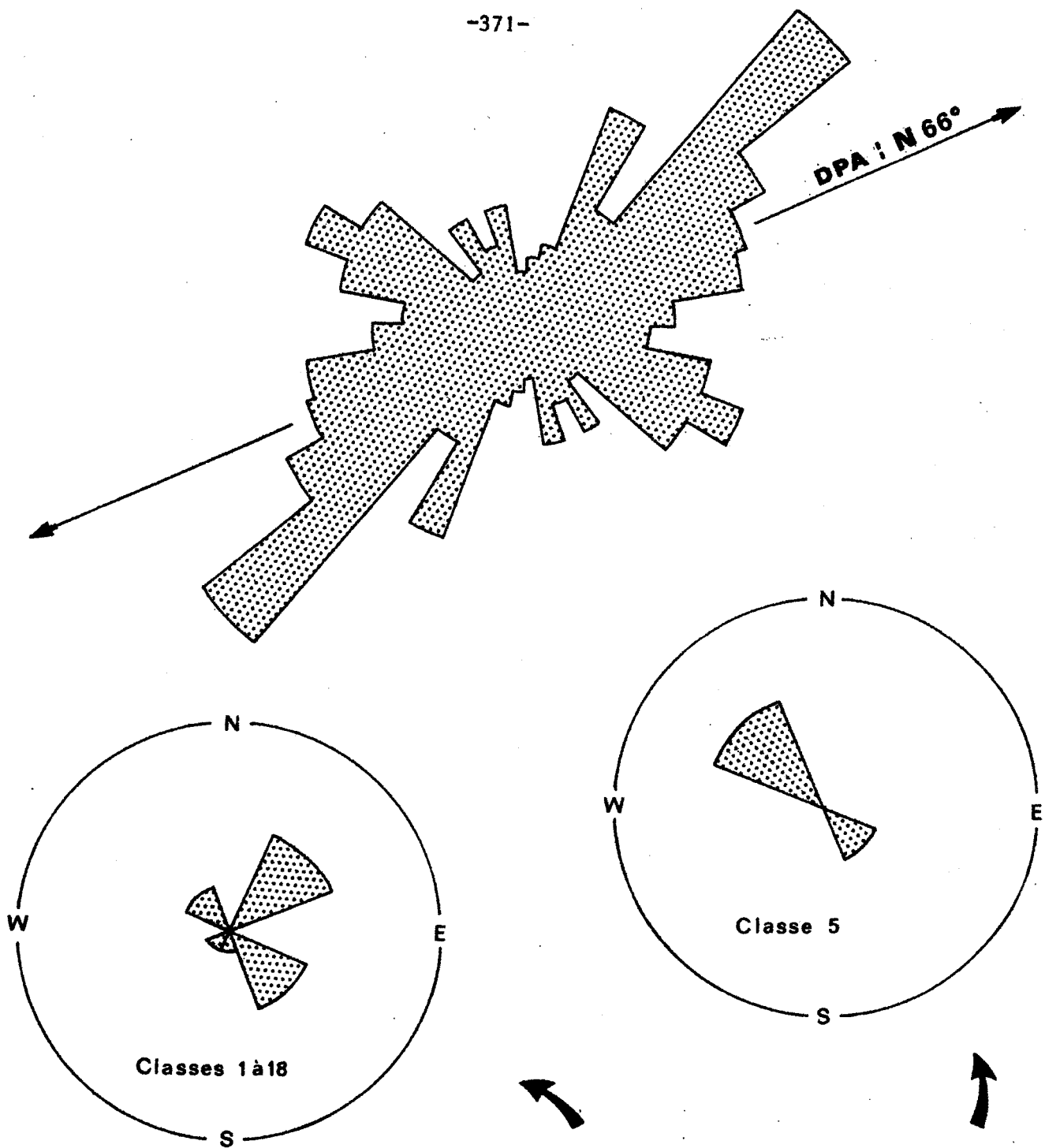


Fig. 78.-

	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
H	20	9,09	3	9,68
V	96	43,64	19	61,29
N	1	0,45	0	0
NE	38	17,27	0	0
E	4	1,82	0	0
SE	31	14,09	3	9,68
S	9	4,09	0	0
SW	6	2,73	0	0
W	1	0,45	0	0
NW	14	6,36	6	19,35
Σ	220	99,99	31	100



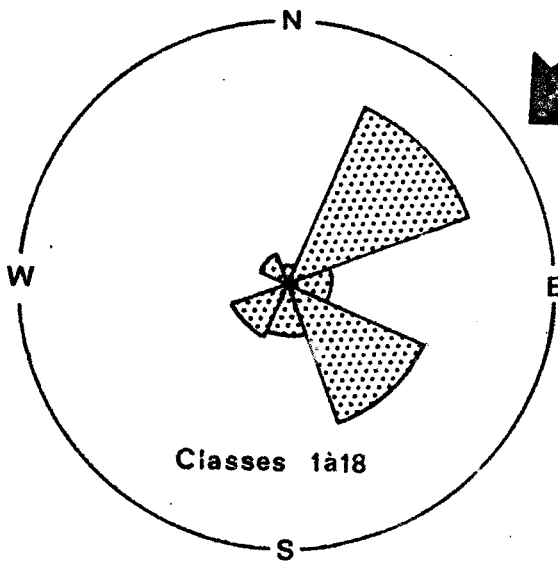
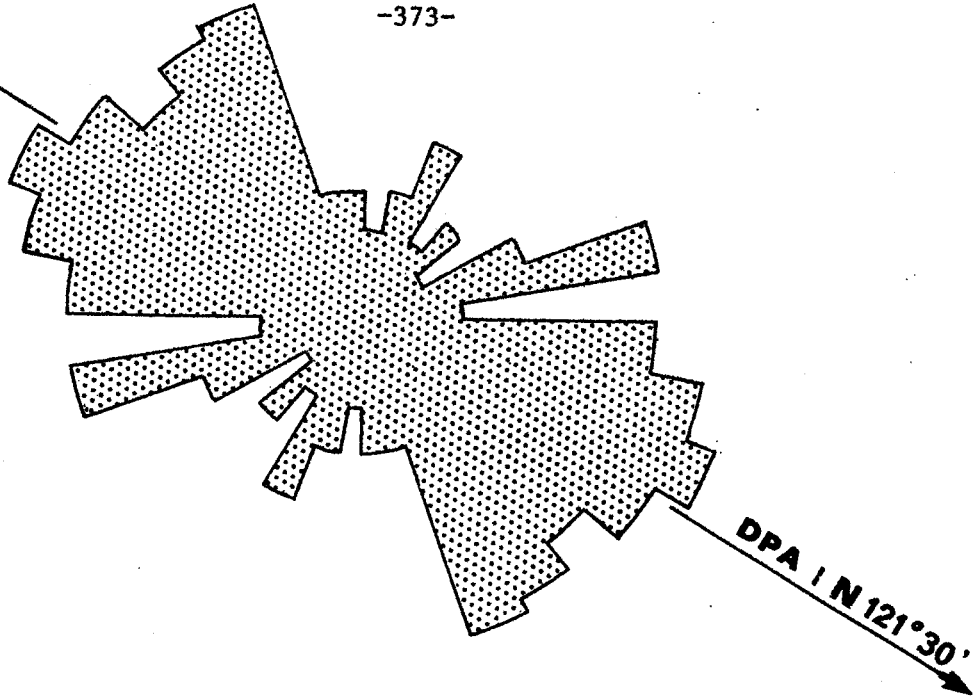
intervalles 0° - 180°	θ°	classe	"Observed"	%	% cumulé	"Observed" - "Contemplated"	α	cos 2θ	sin 2θ	α cos 2θ	α sin 2θ
0-10	0	1	4	2,22	2,22	-6,00	-1,90	1,00	0,00	-1,90	0,00
10-20	10	2	6	3,33	5,55	-4,00	-1,27	0,94	0,14	-1,19	-0,43
20-30	20	3	9	5,00	10,55	-1,00	-0,12	0,76	0,64	-0,24	-0,20
30-40	30	4	4	2,22	12,77	-6,00	-1,90	0,50	0,87	-0,95	-1,65
40-50	40	5	6	3,33	16,10	-4,00	-1,27	0,17	0,98	-0,72	-1,24
50-60	50	6	3	1,67	17,77	-7,00	-2,21	-0,17	0,98	0,38	-2,17
60-70	60	7	8	4,44	22,21	-2,00	-0,63	-0,50	0,87	0,11	-0,55
70-80	70	8	14	7,77	29,98	4,00	1,27	-0,76	0,64	-0,96	0,81
80-90	80	9	5	2,78	32,76	-5,00	-1,58	-0,94	0,14	1,48	-1,33
90-100	90	10	14	7,77	40,53	4,00	1,27	-1,00	0,00	-1,27	0,00
100-110	100	11	16	8,88	49,41	6,00	1,90	-0,94	-0,14	-1,29	-0,65
110-120	110	12	18	10,00	59,41	8,00	2,53	-0,76	-0,64	-1,92	-1,62
120-130	120	13	16	8,88	68,29	6,00	1,90	-0,50	-0,87	-0,95	-1,65
130-140	130	14	14	7,77	76,06	4,00	1,27	-0,17	-0,98	-0,22	-1,24
140-150	140	15	15	8,33	84,39	5,00	1,58	0,17	-0,98	0,27	-1,55
150-160	150	16	16	8,88	93,27	6,00	1,90	0,50	-0,87	0,95	-1,65
160-170	160	17	6	3,33	96,60	-4,00	-1,27	0,76	-0,64	-0,96	0,81
170-180	170	18	6	3,33	99,93	-4,00	-1,27	0,94	-0,14	-1,19	0,43
			180	99,93						-10,27	-13,80

TABEAU A

Estimation IC 6	Signe sinus 2θ = signe de S : -	
Nombre de mesures 180	Signe cosinus 2θ = signe de C : -	
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>		
"Contemplated" 180 : 18 = 10, 00		
"Contemplated" 3, 16	2θ = 53°	
"Observed" - "Contemplated"	direction géométrique Apparente	
$\frac{\sum C \cos 2\theta}{(\sum C \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -3,46$	$\left(\frac{180+53}{2}\right) + \alpha = 121,5^\circ$	
$\frac{\sum C \sin 2\theta}{(\sum C \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -4,83$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté	
$C^2 = 11,97$		90 <sup>ème</sup> (4,81)
$S^2 = 21,44$		95 <sup>ème</sup> (5,98)
$\text{Tangente } 2\theta = \frac{S}{C} = 1,3381$		97,5 <sup>ème</sup> (7,38)
	99 <sup>ème</sup> (9,21)	
	99,5 <sup>ème</sup> (10,80)	
	33,41	

TABEAU B





	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
H	16	8,89	1	5,55
V	36	20	4	22,22
N	3	1,67	0	0
NE	45	25	8	44,44
E	10	5,55	1	5,55
SE	36	20	0	0
S	13	7,22	3	16,67
SW	14	7,77	1	5,55
W	1	0,55	0	0
NW	6	3,33	0	0
<b>Σ</b>	<b>180</b>	<b>99,98</b>	<b>18</b>	<b>100,08</b>

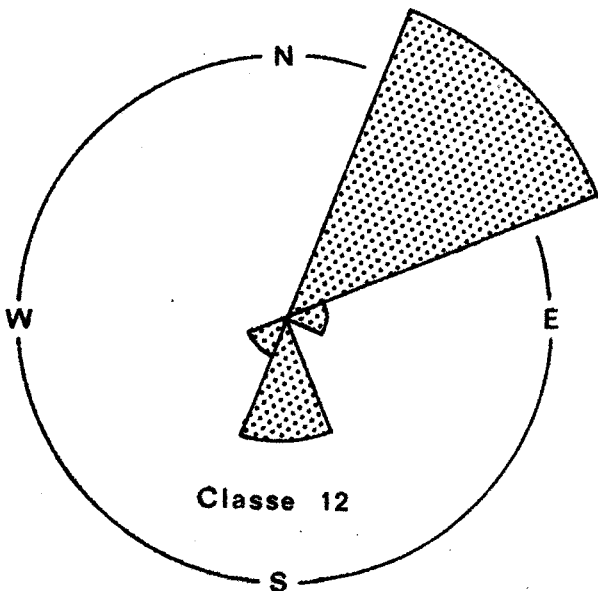


Fig. 80.-

intervalles 0° - 180°	θ°	classe	Observed <sup>n</sup>	%	% cumulé	Observed <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup>	X	cos 2θ	sin 2θ	X cos 2θ	X sin 2θ
0-10	0	1	6	2,78	2,78	-6,00	-1,73	1,00	0,00	-1,73	0,00
10-20	10	2	4	1,85	4,63	-8,00	-2,31	0,94	0,34	-2,17	-0,78
20-30	20	3	4	1,85	6,48	-8,00	-2,31	0,76	0,64	-1,76	-1,48
30-40	30	4	7	3,24	9,72	-5,00	-1,44	0,50	0,87	-0,72	-1,35
40-50	40	5	9	4,17	13,89	-3,00	-0,87	0,17	0,98	-0,15	-0,85
50-60	50	6	10	4,63	18,52	-2,00	-0,58	-0,17	0,98	0,10	-0,57
60-70	60	7	12	5,55	24,07	0,00	0,00	-0,50	0,87	0,00	0,00
70-80	70	8	6	2,78	26,85	-6,00	-1,73	-0,36	0,64	1,31	-1,11
80-90	80	9	9	4,17	31,02	-3,00	-0,87	-0,94	0,34	0,82	-0,30
90-100	90	10	9	4,17	35,19	-3,00	-0,87	-1,00	0,00	0,87	0,00
100-110	100	11	16	7,41	42,60	4,00	1,14	-0,94	-0,34	-1,09	-0,30
110-120	110	12	31	14,35	56,95	19,00	5,69	-0,76	-0,64	-4,17	-3,51
120-130	120	13	31	14,35	71,30	19,00	5,69	-0,50	-0,97	-2,74	-4,78
130-140	130	14	27	12,50	83,80	15,00	4,33	-0,17	-0,98	-0,74	-4,74
140-150	140	15	17	7,87	91,67	5,00	1,44	0,17	-0,98	0,24	-1,41
150-160	150	16	9	4,17	95,84	-3,00	-0,87	0,50	-0,87	-0,43	0,76
160-170	160	17	7	3,24	99,08	-5,00	-1,44	0,76	-0,64	-1,09	0,97
170-180	170	18	2	0,92	100,00	-10,00	-2,94	0,94	-0,34	-2,72	0,98
		W	216	100,00						-14,17	-18,01

TABEAU A

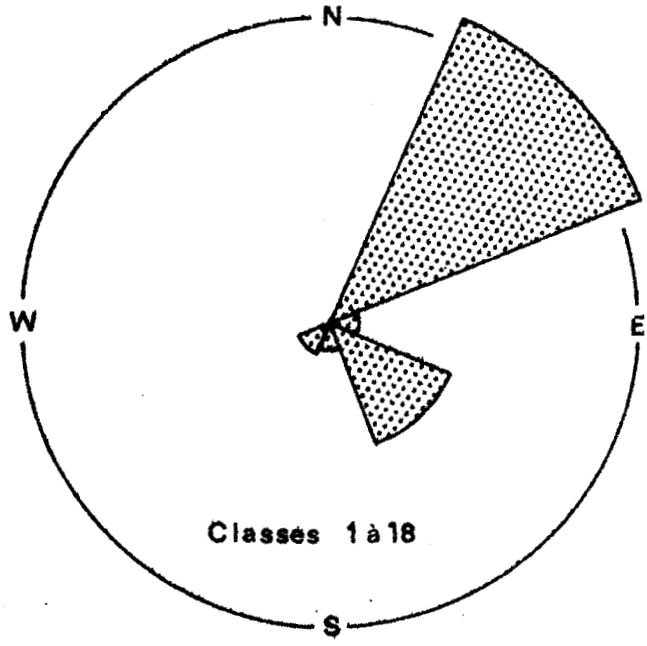
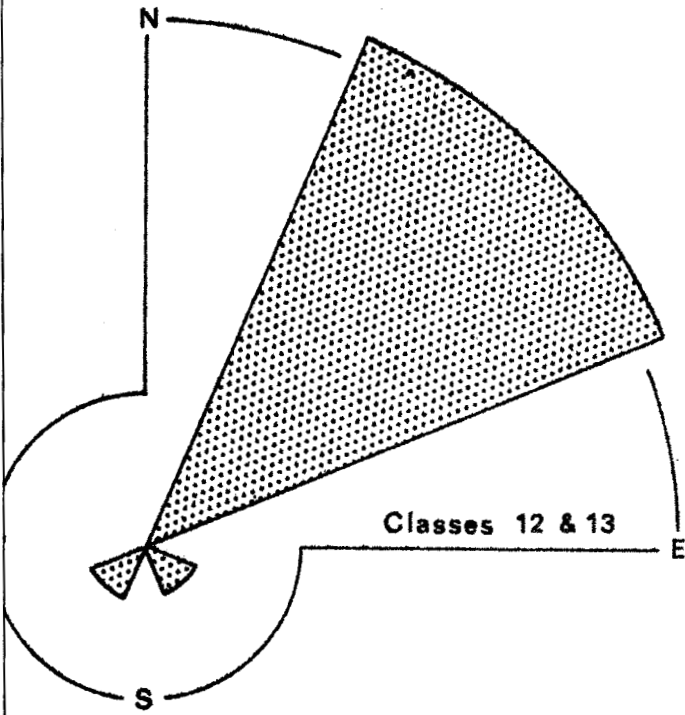
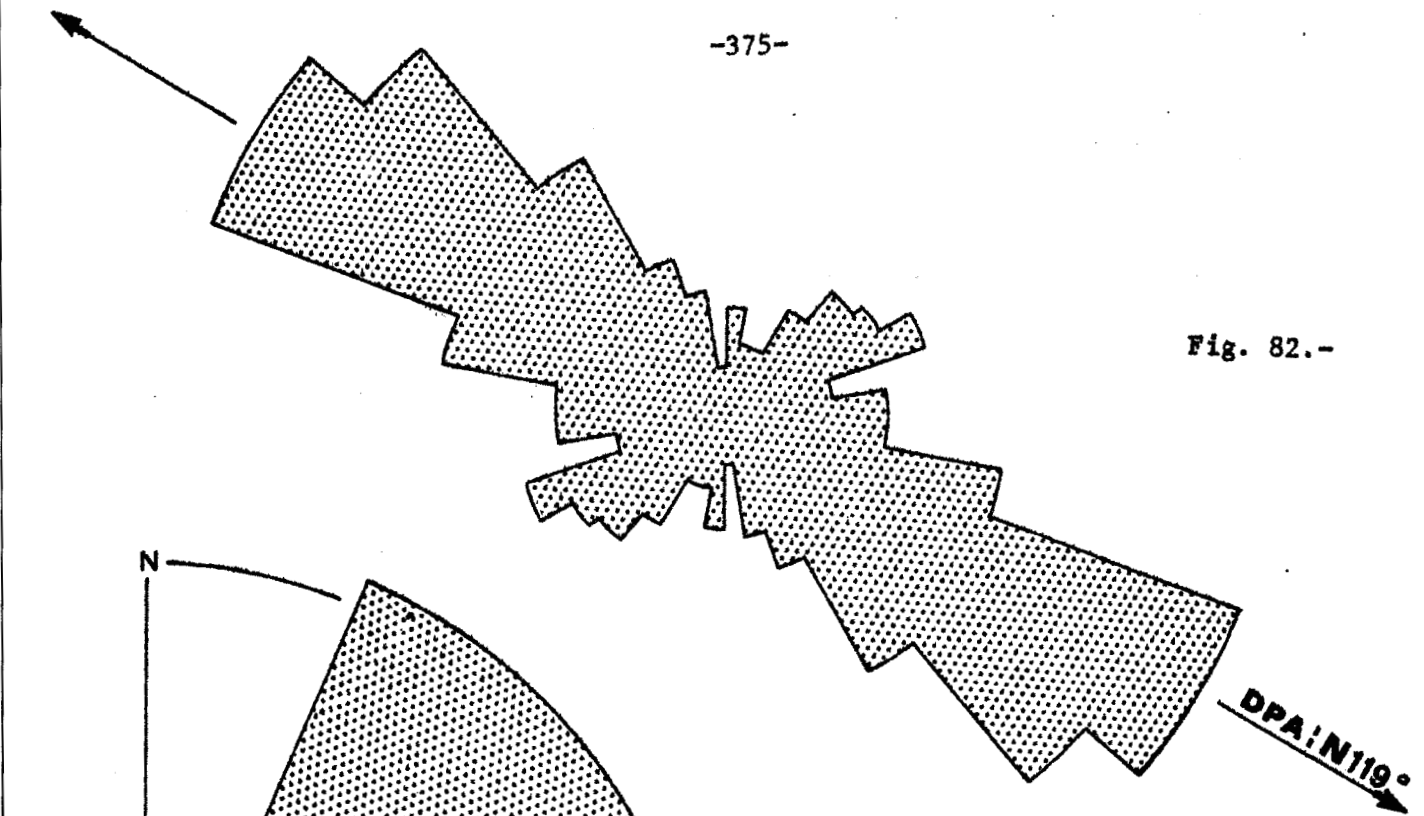
Echantillon IC 7	Signe sinus 2θ = signe de S : -	
Nombre de mesures 216	Signe cosinus 2θ = signe de C : -	
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>		
*Contemplated <sup>n</sup> 216:18 = 12,00		
√Contemplated <sup>n</sup> 3,46		
Observed <sup>n</sup> - Contemplated <sup>n</sup>	2θ = 48°	
CC = √Contemplated <sup>n</sup>	Apparete direction préférentielle	
C = $\frac{ECC \cos 2\theta}{(ECC \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -5,40$	$\left(\frac{180+48}{2}\right) + 5^\circ = 119^\circ$	
$\frac{ECC \sin 2\theta}{(ECC \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -6,01$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté 90 <sup>ème</sup> (4,61) 95 <sup>ème</sup> (5,99) 97,5 <sup>ème</sup> (7,38) 99 <sup>ème</sup> (9,21) 99,5 <sup>ème</sup> (10,60)	
C <sup>2</sup> = 29,16		$R^2 = C^2 + S^2$
S <sup>2</sup> = 36,12		= 65,28
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 1,1130$		99,5 <sup>ème</sup> (10,60) 65,28

TABEAU B





Fig. 82.-



	Fréquence	Pourcentage
H	0	0
V	8	12,90
N	0	0
NE	46	74,19
E	0	0
SE	4	6,45
S	0	0
SW	4	6,45
W	0	0
NW	0	0
<b>Σ</b>	<b>62</b>	<b>99,99</b>
	Fréquence	Pourcentage
H	12	5,55
V	41	18,99
N	1	0,46
NE	102	47,22
E	8	3,70
SE	37	17,13
S	6	2,78
SW	7	3,24
W	0	0
NW	2	0,92
<b>Σ</b>	<b>216</b>	<b>99,99</b>



intervalles 0° - 180°	θ°	classe	f <sup>o</sup> Observed <sup>n</sup>	%	% cumulé	f <sup>o</sup> Observed <sup>n</sup> - f <sup>o</sup> Contemplated <sup>n</sup>	α	cos 2θ	sin 2θ	α cos 2θ	α sin 2θ
0-10	0	1	7	4,19	4,19	-2,28	-0,75	1,00	0,00	-0,75	0,00
10-20	10	2	4	2,39	6,58	-5,28	-1,74	0,94	0,34	-1,64	-0,59
20-30	20	3	9	5,39	11,97	-0,28	-0,09	0,76	0,64	-0,07	-0,06
30-40	30	4	7	4,19	16,16	-2,28	-0,75	0,50	0,87	-0,17	-0,65
40-50	40	5	6	3,59	19,75	-3,28	-1,08	0,17	0,98	-0,18	-1,06
50-60	50	6	6	3,59	23,34	-3,28	-1,08	-0,17	0,98	0,18	-1,06
60-70	60	7	8	4,79	28,13	-1,28	-0,42	-0,50	0,87	0,21	-0,76
70-80	70	8	9	5,39	33,52	-1,28	-0,42	-0,76	0,65	0,07	-0,06
80-90	80	9	7	4,19	37,71	-2,28	-0,75	-0,94	0,34	0,70	-0,25
90-100	90	10	12	7,18	44,89	2,72	0,89	-1,00	0,00	-0,89	0,00
100-110	100	11	12	7,18	52,07	2,72	0,89	-0,95	-0,34	-1,84	-0,70
110-120	110	12	15	8,98	61,05	5,72	1,89	-0,76	-0,64	-1,59	-1,30
120-130	120	13	12	7,18	68,23	2,72	0,89	-0,50	-0,87	-0,74	-0,77
130-140	130	14	15	8,98	79,01	8,72	2,97	-0,17	-0,89	-0,59	-0,91
140-150	140	15	9	5,39	84,40	-1,28	-0,42	0,17	-1,00	-0,01	0,00
150-160	150	16	12	7,18	91,58	2,72	0,89	0,20	-0,87	0,44	-0,77
160-170	160	17	11	6,59	98,17	1,72	0,57	0,76	-0,64	0,57	-0,76
170-180	170	18	3	1,80	99,97	-4,28	-1,37	0,96	-0,34	-1,05	0,79
		<b>Σ</b>	167	99,97						-7,05	-9,51

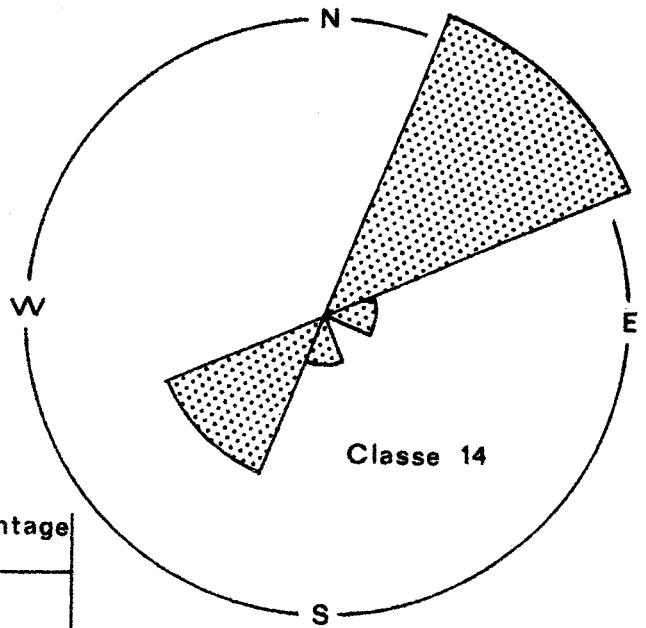
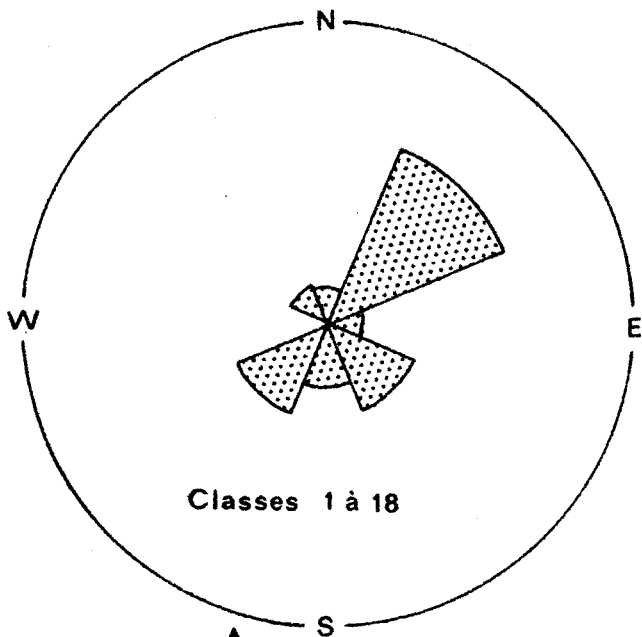
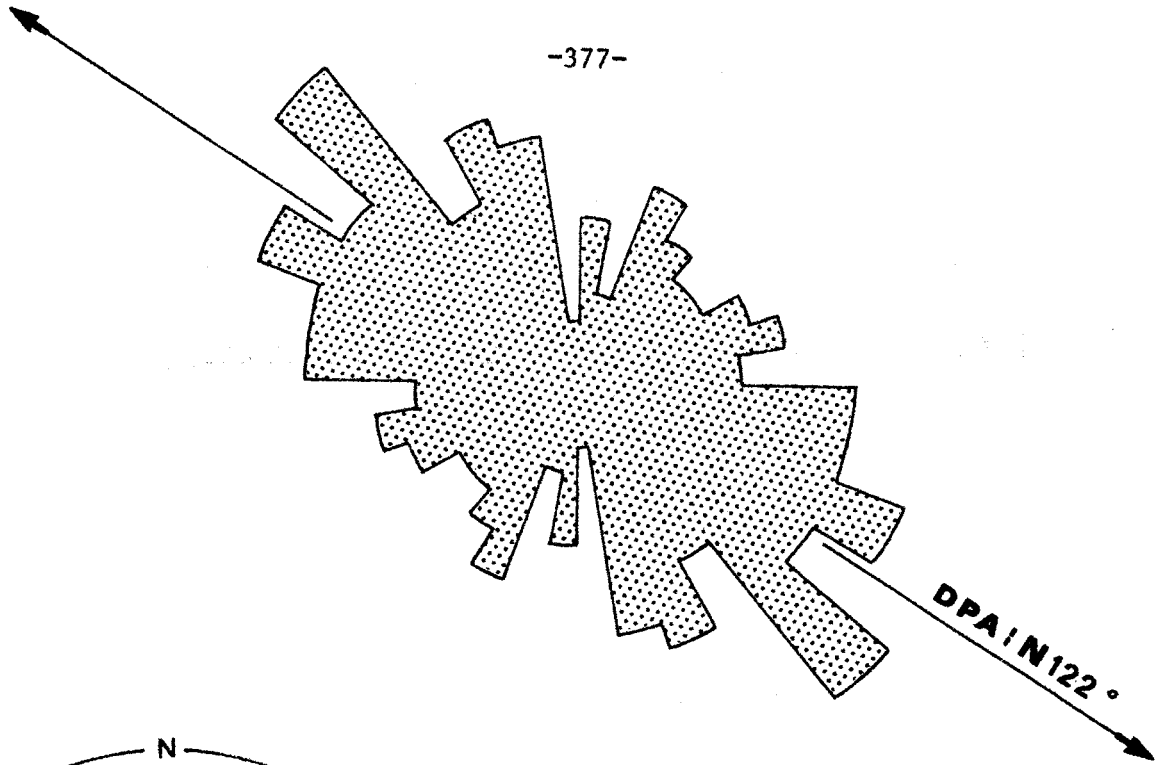
TABEAU A

Echantillon	IC 8	Signe sinus 2θ = signe de S : -	
Nombre de mesures	167	Signe cosinus 2θ = signe de C : -	
Surface étudiée	0,25 m <sup>2</sup>		
"Contemplated"	167:18 = 9,28		
"Contemplated"	3,04		
"Observed" - "Contemplated"		2θ = 53,5°	
CC = $\sqrt{\frac{\text{"Observed"} - \text{"Contemplated"}}{\text{"Contemplated"}}$		direction préférentielle Apparente	
C = $\frac{\sum CC \cos 2\theta}{(\sum CC \cos^2 2\theta)^{1/2}}$	- 2,35	$\left(\frac{180 + 53,5}{2}\right) + \theta = 121,75^\circ \pm 12,2^\circ$	
S = $\frac{\sum CC \sin 2\theta}{(\sum CC \sin^2 2\theta)^{1/2}}$	- 3,18	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté	
C <sup>2</sup> = 5,52	$\chi^2 = C^2 + S^2$		90 <sup>ème</sup> (4,61)
S <sup>2</sup> = 10,11			95 <sup>ème</sup> (5,99)
			97,5 <sup>ème</sup> (7,38)
			99 <sup>ème</sup> (9,21)
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 1,35332$		99,5 <sup>ème</sup> (10,60)	15,63

TABEAU B



Fig. 83. -



	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
H	12	7,18	1	5,55
V	38	22,75	2	11,11
N	8	4,79	1	5,55
NE	42	25,15	8	44,44
E	7	4,19	1	5,55
SE	20	11,98	0	0
S	14	8,38	1	5,55
SW	17	10,18	4	22,22
W	1	0,60	0	0
NW	8	4,79	0	0
<b>Σ</b>	<b>167</b>	<b>99,99</b>	<b>18</b>	<b>99,99</b>

Fig. 84.-



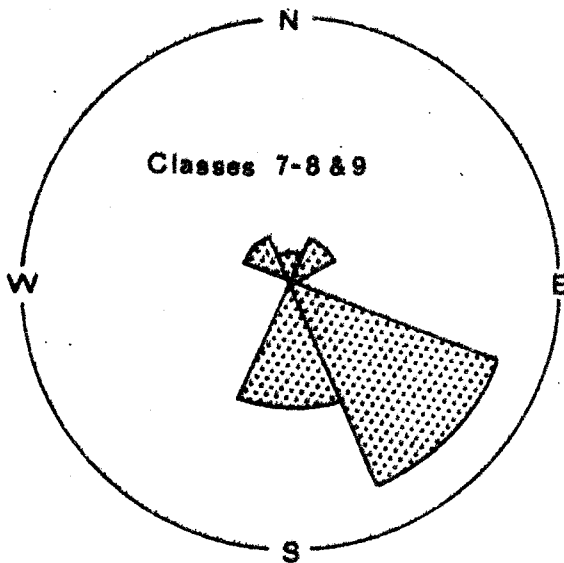
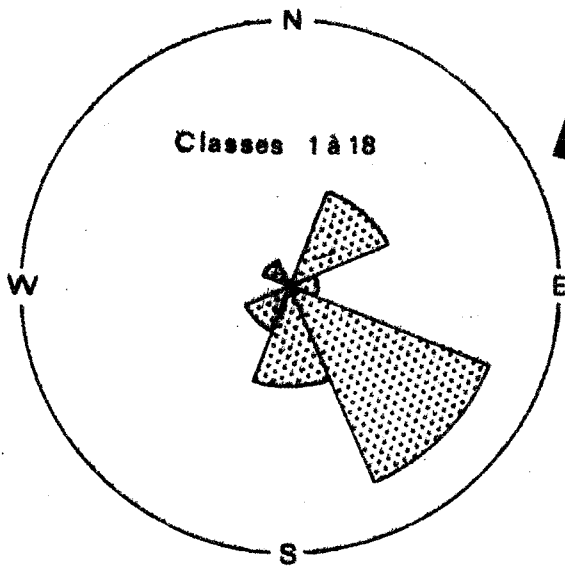
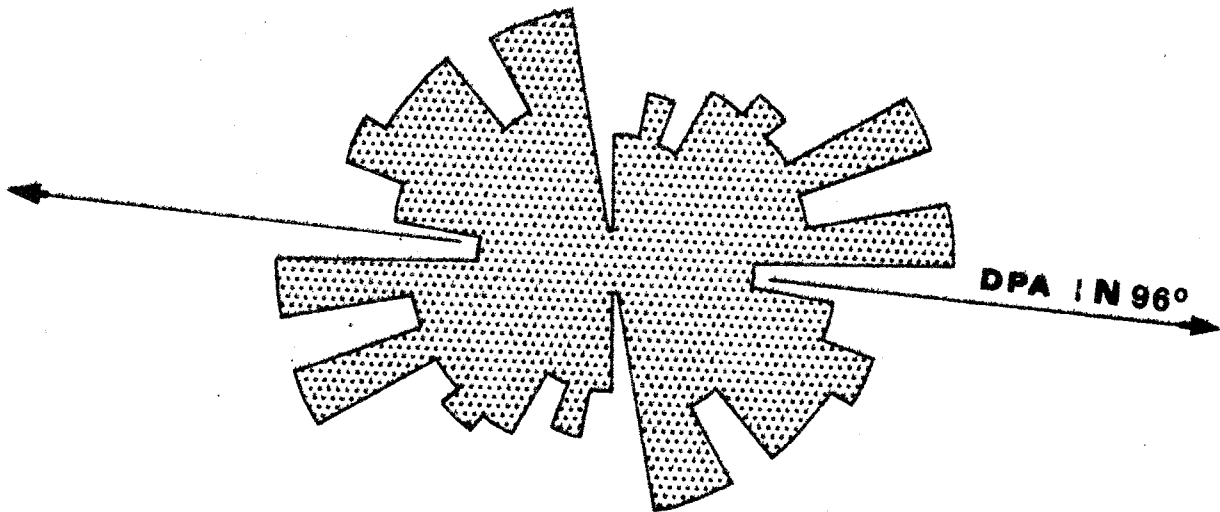
intervalles 0°-180°	θ°	classe	<sup>n</sup> Observed <sup>n</sup>	%	% cumulé	<sup>n</sup> Observed <sup>n</sup> - <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup>	α	cos 2θ	sin 2θ	α cos 2θ	α sin 2θ
0-10	0	1	5	3,70	3,70	-2,50	-0,91	1,00	0,00	-0,91	0,00
10-20	10	2	6	4,44	8,14	-1,50	-0,55	0,94	0,34	-0,52	-0,19
20-30	20	3	5	3,70	11,84	-2,50	-0,91	0,76	0,64	-0,69	-0,58
30-40	30	4	7	5,18	17,02	-0,50	-0,18	0,50	0,87	-0,09	-0,16
40-50	40	5	8	5,92	22,94	0,50	0,18	0,17	0,98	0,03	0,18
50-60	50	6	7	5,18	28,12	-0,50	-0,18	-0,17	0,98	0,03	-0,18
60-70	60	7	12	8,88	37,00	4,50	1,64	-0,50	0,87	-0,82	1,43
70-80	70	8	7	5,18	42,18	-0,50	0,18	-0,76	0,64	0,14	-0,11
80-90	80	9	12	8,88	51,06	4,50	1,64	-0,94	0,34	-1,54	0,56
90-100	90	10	5	3,70	54,76	-2,50	-0,91	-1,00	0,00	0,91	0,00
100-110	100	11	8	5,92	60,68	0,50	0,18	-0,94	-0,34	-0,17	-0,06
110-120	110	12	10	7,41	68,09	2,50	0,91	-0,76	-0,64	-0,69	-0,58
120-130	120	13	9	6,66	74,75	1,50	0,55	-0,50	-0,87	-0,27	-0,49
130-140	130	14	9	6,66	81,41	1,50	0,55	-0,17	-0,98	-0,09	-0,54
140-150	140	15	6	4,44	85,85	-1,50	-0,55	0,17	-0,98	-0,09	0,54
150-160	150	16	9	6,66	92,51	1,50	0,55	0,50	-0,87	-0,27	-0,49
160-170	160	17	9	6,66	99,17	1,50	0,55	0,76	-0,64	-0,42	-0,35
170-180	170	18	1	0,74	99,91	-6,50	-2,37	0,94	0,34	-2,23	0,30
		<b>Σ</b>	135	99,91						-7,69	-0,20

TABLEAU  
A

Echantillon IC 9	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures 135	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée 0.25 m <sup>2</sup>	
<sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup> 135 : 18 = 7,5	
√ <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup> 2,74	
<sup>n</sup> Observed <sup>n</sup> - <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup> α = $\frac{\text{Observed} - \text{Contemplated}}{\sqrt{\text{Contemplated}}}$	2θ = 1,5°
$C = \frac{\sum \alpha \cos 2\theta}{(\sum \alpha \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -2,57$	direction préférentielle Apparente $\left(\frac{180 + 1,5}{2}\right) + 5^\circ = 95,75^\circ \approx 96^\circ$
$S = \frac{\sum \alpha \sin 2\theta}{(\sum \alpha \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -0,067$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
$C^2 = 6,60$	$\chi^2 = C^2 + S^2$ = 6,60
$S^2 = 0,0045$	
Tangente 2θ = $\frac{S}{C}$	90 <sup>me</sup> (4.61) _____ 95 <sup>me</sup> (5.99) <u>6,60</u> 97,5 <sup>me</sup> (7.38) _____ 99 <sup>me</sup> (9.21) _____ 99,5 <sup>me</sup> (10.60) _____

TABLEAU  
B





Fréquence Pourcentage Fréquence Pourcentage

H	10	7,41	4	12,90
V	41	30,37	9	29,03
N	1	0,74	1	3,22
NE	16	11,85	2	6,45
E	4	2,96	0	0
SE	34	25,18	8	25,81
S	16	11,85	5	16,13
SW	8	5,92	0	0
W	0	0	0	0
NW	5	3,70	2	6,45
<b>Σ</b>	<b>135</b>	<b>99,98</b>	<b>31</b>	<b>99,99</b>

Fig. 86.-



Intervalles 0°-180°	θ°	classe	"Observed" n	%	% cumulé	"Observed" n "Contemplated"	Σ	cos 2θ	sin 2θ	Σ cos 2θ	Σ sin 2θ
0-10	0	1	3	1,55	1,55	-7,72	-2,36	1,00	0,00	-2,36	0,00
10-20	10	2	2	1,04	2,59	-8,72	-2,67	0,94	0,34	-2,51	-0,91
20-30	20	3	3	1,55	4,14	-7,72	-2,36	0,76	0,64	-1,79	-1,51
30-40	30	4	2	1,04	5,18	-8,72	-2,67	0,50	0,87	-1,33	-2,32
40-50	40	5	3	1,55	6,73	-7,72	-2,36	0,17	0,98	-0,40	-2,31
50-60	50	6	4	2,07	8,80	-6,72	-2,05	-0,17	0,98	0,35	-2,01
60-70	60	7	12	6,22	15,02	1,28	0,39	-0,50	0,87	-0,19	0,34
70-80	70	8	11	5,70	20,72	0,28	0,08	-0,76	0,64	-0,06	0,05
80-90	80	9	10	5,18	25,90	-0,72	-0,22	-0,94	0,34	0,21	-0,07
90-100	90	10	19	9,84	35,74	8,28	2,53	-1,00	0,00	-2,53	0,00
100-110	100	11	30	15,54	51,38	19,28	5,90	-0,94	-0,34	-5,55	-2,01
110-120	110	12	32	16,58	67,86	21,28	6,51	-0,76	-0,64	-4,95	-4,95
120-130	120	13	17	8,81	76,67	6,28	1,97	-0,50	-0,87	-0,96	-1,67
130-140	130	14	18	9,33	86,00	7,28	2,23	-0,17	-0,98	-0,38	-2,18
140-150	140	15	13	6,73	92,73	2,28	0,70	0,17	-0,98	0,12	-0,69
150-160	150	16	7	3,63	96,36	-1,72	-1,14	0,50	-0,87	-0,57	0,99
160-170	160	17	4	2,07	98,43	-6,72	-2,05	0,76	-0,64	-1,56	1,31
170-180	170	18	3	1,55	99,98	-7,72	-2,36	0,94	-0,34	-2,22	0,80
		Σ	193	99,98						-26,68	-17,14

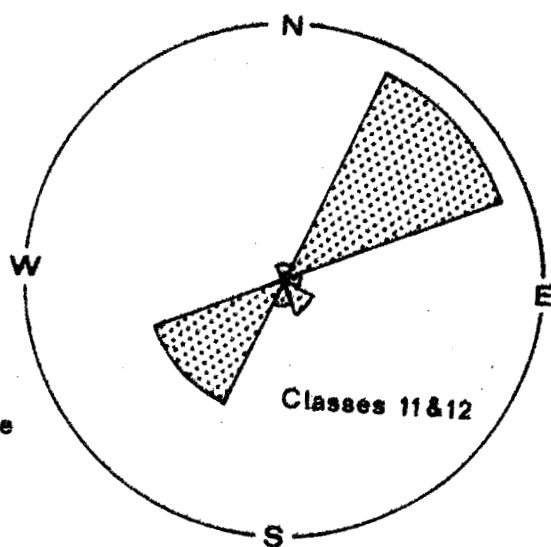
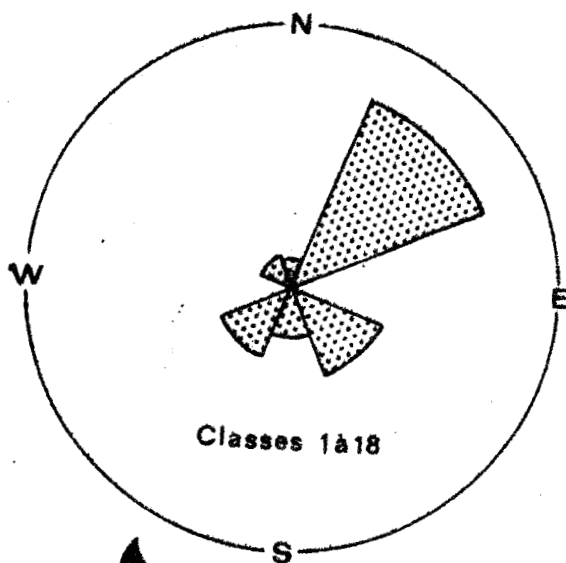
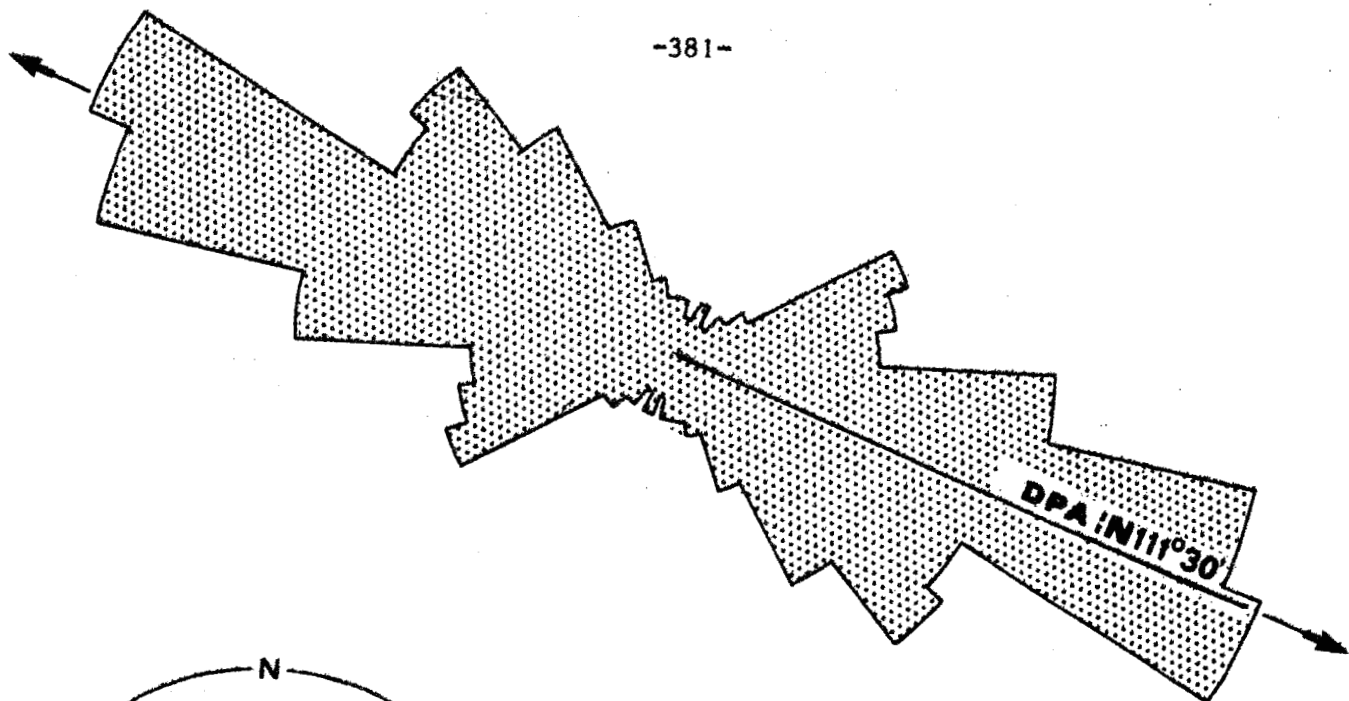
TABEAU  
A

Echantillon IC 10	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures 193	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>	
"Contemplated" 193 : 18 = 10,72	
√"Contemplated" 3,27	
"Observed" - "Contemplated" Σ = $\frac{\text{Observed} - \text{Contemplated}}{\sqrt{\text{Contemplated}}}$	2θ = 33°
$C = \frac{\sum \Sigma \cos 2\theta}{(\sum \Sigma \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -8,91$	direction préférentielle Apparente $\left(\frac{180+33}{2}\right) + 5^\circ = 111,5^\circ$
$S = \frac{\sum \Sigma \sin 2\theta}{(\sum \Sigma \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -5,72$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
$C^2 = 79,39$	$\chi^2 = C^2 + S^2$ = 112,11
$S^2 = 32,72$	
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 0,6419$	99 <sup>th</sup> (4.61) _____ 95 <sup>th</sup> (5.99) _____ 97,5 <sup>th</sup> (7.38) _____ 99 <sup>th</sup> (9.21) _____ 99,5 <sup>th</sup> (10.60) <u>112,11</u>

TABEAU  
B



Fig. 87.-



Fréquence		Pourcentage		Fréquence		Pourcentage	
H	23	11,92		8	2,90		
V	53	27,46		17	27,42		
N	6	3,11		1	1,61		
NE	51	26,42		19	30,64		
E	1	0,52		1	1,61		
SE	20	10,36		3	4,84		
S	12	6,22		2	3,22		
SW	19	9,84		11	17,74		
W	0	0		0	0		
NW	8	4,14		0	0		
<b>Σ</b>	<b>193</b>	<b>99,99</b>		<b>62</b>	<b>99,98</b>		

Fig. 88.-



Intervalles 0°-180°	θ°	classes	" Observed "	%	% cumulé	" Observed " " Contemplated "	X	cos 2θ	sin 2θ	X cos 2θ	X sin 2θ
0-10	0	1	2	1,20	1,20	-7,28	-2,39	1,00	0,00	-2,39	0,00
10-20	10	2	4	2,39	3,59	-5,28	-1,74	0,94	0,14	-1,64	-0,59
20-30	20	3	6	3,59	7,18	-3,28	-1,08	0,76	0,64	-0,82	-0,69
30-40	30	4	9	5,39	12,57	-0,28	-0,09	0,50	0,87	-0,04	-0,08
40-50	40	5	4	2,39	14,96	-5,28	-1,74	0,17	0,98	-0,30	-1,70
50-60	50	6	1	0,60	15,56	-8,28	-2,72	-0,17	0,98	0,46	-2,67
60-70	60	7	6	3,59	19,15	-3,28	-1,08	-0,50	0,87	0,50	-0,94
70-80	70	8	8	4,80	23,95	-1,28	-0,42	-0,76	0,64	0,12	-0,27
80-90	80	9	5	2,99	26,94	-4,28	-1,41	-0,94	0,34	1,32	-0,48
90-100	90	10	11	6,59	31,53	1,72	0,57	-1,00	0,00	-0,57	0,00
100-110	100	11	16	9,58	41,11	6,72	2,21	-0,94	-0,34	-2,08	0,75
110-120	110	12	19	5,99	49,10	0,72	0,24	-0,76	-0,64	-0,18	0,15
120-130	120	13	23	13,77	62,87	13,72	4,51	-0,50	-0,87	-2,25	-3,92
130-140	130	14	18	10,78	73,65	8,72	2,87	-0,17	-0,98	-0,49	-2,81
140-150	140	15	20	11,98	85,63	10,72	3,53	0,17	-0,98	0,60	-3,46
150-160	150	16	13	7,78	93,41	3,72	1,22	0,50	-0,87	0,61	-1,06
160-170	160	17	8	4,79	98,20	-1,28	-0,42	0,76	-0,64	-0,32	0,27
170-180	170	18	3	1,80	100,00	-6,28	-2,07	0,94	-0,34	-1,95	0,70
			<b>Σ</b>	167	100,00					-9,18	-18,50

TABLEAU  
A

Echantillon <b>IC 11</b>	Signe sinus 2θ = signe de S : -	
Nombre de mesures <b>167</b>	Signe cosinus 2θ = signe de C : -	
Surface étudiée <b>0.25m<sup>2</sup></b>		
"Contemplated" <b>167:18 = 9,28</b>		
√"Contemplated" <b>3,04</b>		
$\theta = \frac{\text{"Observed"} - \text{"Contemplated"}}{\sqrt{\text{"Contemplated"}}$	<b>2θ = 64°</b>	
$C = \frac{\sum X \cos 2\theta}{(\sum X \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -3,07$	direction préférentielle Apparente $\left(\frac{180 + 64}{2}\right) + 5^\circ = 127^\circ$	
$S = \frac{\sum X \sin 2\theta}{(\sum X \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -6,21$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté 90 <sup>th</sup> (4.81) _____ 95 <sup>th</sup> (5.99) _____ 97,5 <sup>th</sup> (7.38) _____ 99 <sup>th</sup> (9.21) _____ 99,5 <sup>th</sup> (10.80) <b>47,98</b>	
$C^2 = 9,42$		$\chi^2 = C^2 + S^2 = 47,98$
$S^2 = 38,56$		
$\text{Tangente } 2\theta = \frac{S}{C} = 2,0228$		

TABLEAU  
B





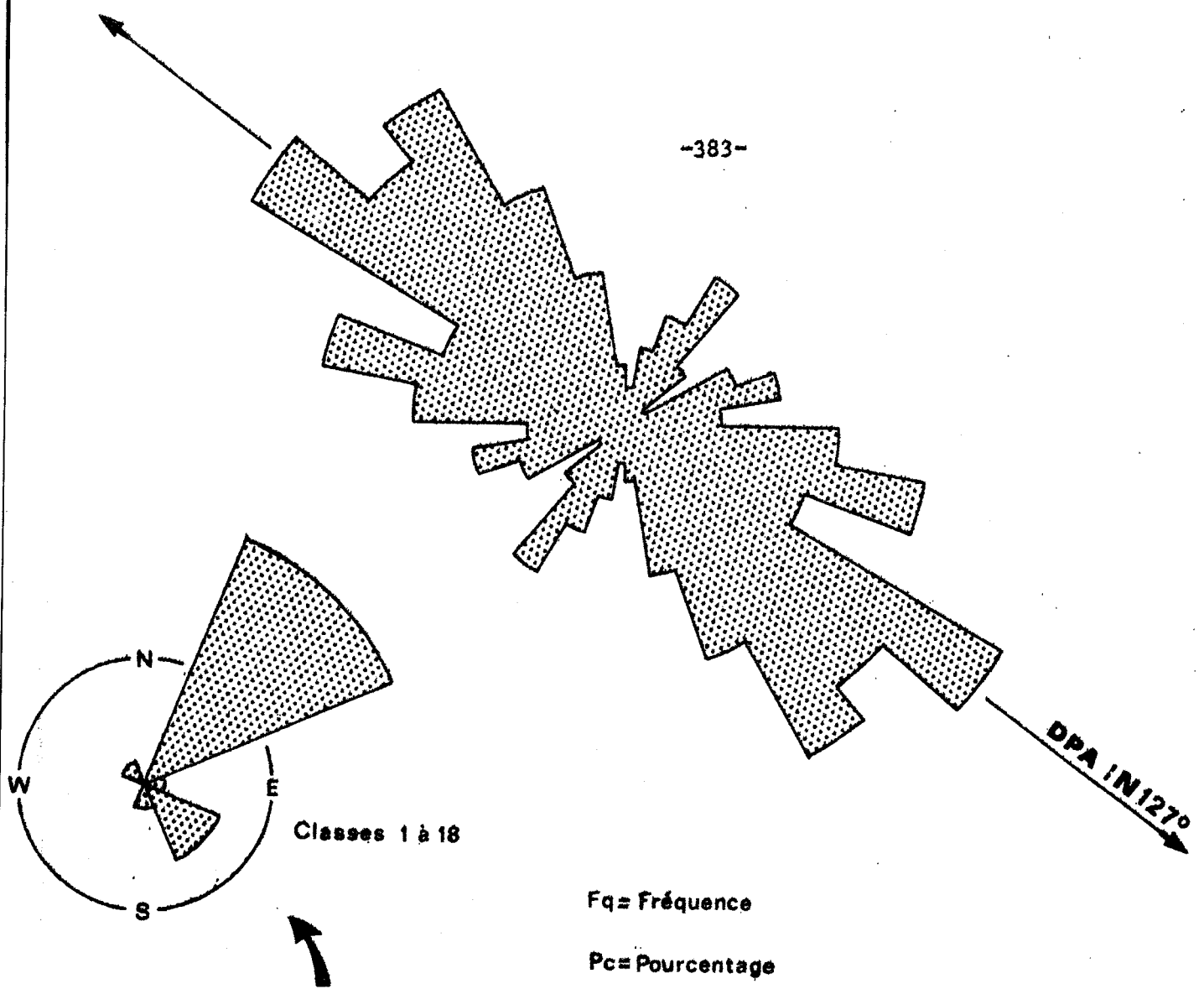
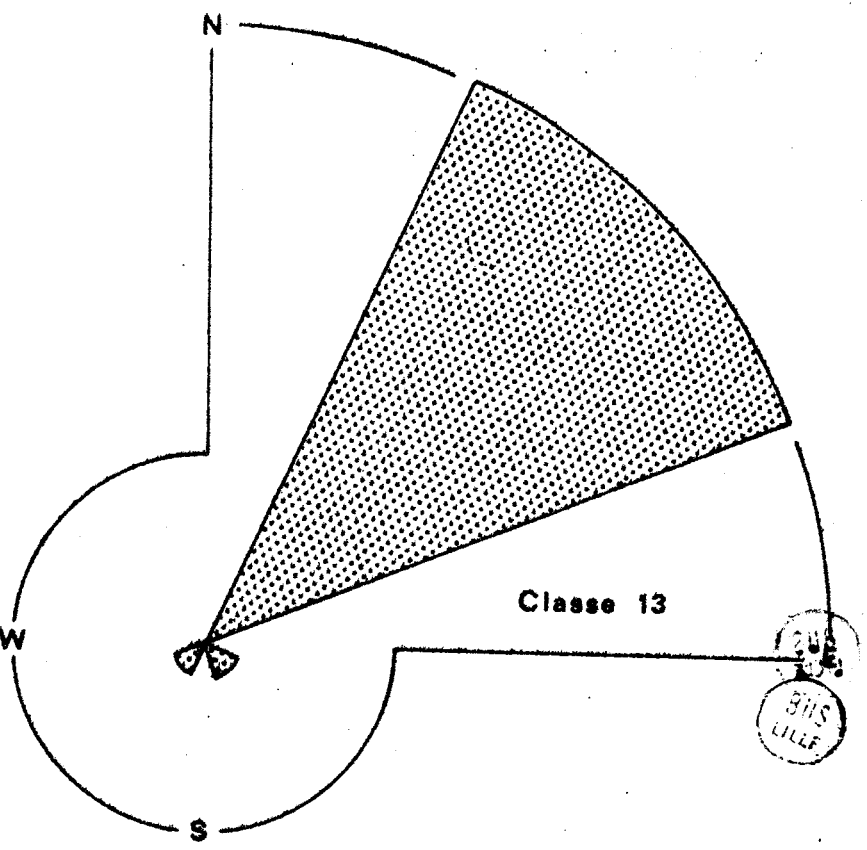


Fig. 90.-

	Fq	Pc	Fq	Pc
H	2	8,69	18	10,78
V	0	0	44	26,35
N	0	0	0	0
NE	19	82,61	70	41,92
E	0	0	4	2,39
SE	1	4,35	22	13,17
S	0	0	4	2,39
SW	1	4,35	1	0,60
W	0	0	0	0
NW	0	0	4	2,39
<b>Σ</b>	<b>23</b>	<b>100</b>	<b>167</b>	<b>99,99</b>



Intervalles 0° - 180°	θ°	classe	"Observed"	%	% cumulé	"Observed" "Contemplated"	Σ	cos 2θ	sin 2θ	Σ cos 2θ	Σ sin 2θ
0-10	0	1	5	3,67	3,57	-2,78	-1,00	1,00	1,00	-1,00	0,00
10-20	10	2	3	2,14	5,71	-4,78	-1,71	0,94	0,34	-1,61	-0,58
20-30	20	2	6	4,28	9,99	-1,78	-0,64	0,76	0,64	-0,49	-0,41
30-40	30	4	8	5,71	15,70	0,22	0,08	0,50	0,87	0,04	0,07
40-50	40	5	6	4,28	19,98	-1,78	-0,64	0,17	0,98	-0,11	-0,63
50-60	50	6	6	4,28	24,26	-1,78	-0,64	-0,17	0,98	0,11	-0,63
60-70	60	7	7	5,00	29,26	-0,78	-0,28	-0,50	0,87	0,14	-0,24
70-80	70	8	5	3,57	32,83	-2,78	-1,00	-0,76	0,64	0,76	-0,64
80-90	80	9	3	2,14	34,97	-4,78	-1,71	-0,94	0,34	1,61	-0,58
90-100	90	10	6	4,28	39,25	-1,78	-0,64	-1,00	0,00	0,64	0,00
100-110	100	11	10	7,14	46,39	2,22	0,80	-0,94	-0,12	-0,75	-0,27
110-120	110	12	13	9,28	55,67	5,22	1,87	-0,76	-0,64	-1,42	-1,20
120-130	120	13	10	7,14	62,81	2,22	0,80	-0,94	-0,27	-0,50	-0,70
130-140	130	14	16	11,43	74,26	9,72	2,95	-0,17	-0,98	-0,50	-0,90
140-150	140	15	12	9,57	82,81	4,22	1,51	0,17	-0,98	0,76	-1,48
150-160	150	16	13	9,28	92,09	4,22	1,87	0,50	-0,87	0,94	-1,61
160-170	160	17	6	4,28	96,37	-1,78	-0,64	0,76	-0,64	-0,59	0,41
170-180	170	18	5	3,57	99,94	-2,78	-1,00	0,94	-0,34	-0,94	0,34
		Σ	140	99,94						-0,27	-11,04

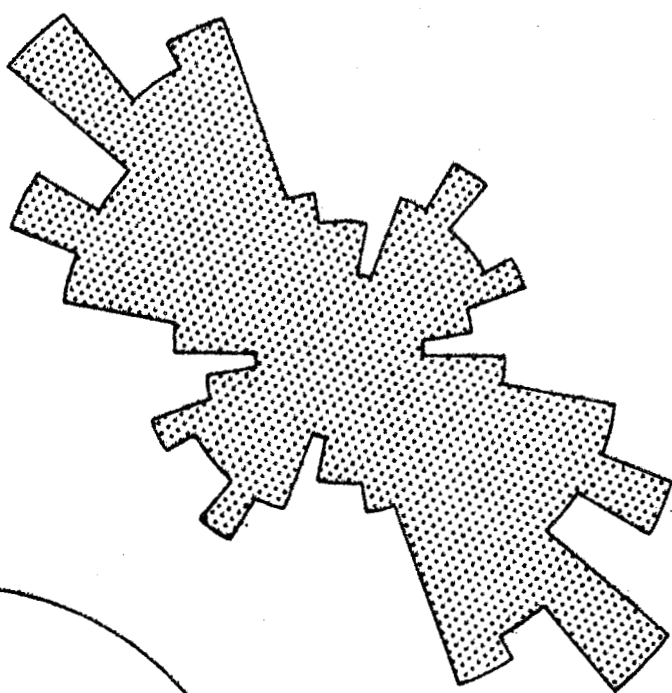
TABLEAU A

Echantillon IC 12	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures 140	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>	
"Contemplated" 140 : 18 = 7,78	
√"Contemplated"	2θ = 74°
"Observed" / √"Contemplated"	
$C = \frac{\sum C \cos 2\theta}{(\sum C \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -1,07$	direction préférentielle Apparente $\left(\frac{180 + 74}{2}\right) + 9^\circ = 132^\circ$
$S = \frac{\sum S \sin 2\theta}{(\sum S \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -3,69$	
$C^2 = 1,14$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
$S^2 = 13,62$	
$\mathcal{R}^2 = C^2 + S^2 = 14,76$	
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 3,4488$	
	90° (4,81)
	95° (5,89)
	97,5° (7,38)
	99° (9,21)
	99,5° (10,60)
	14,76

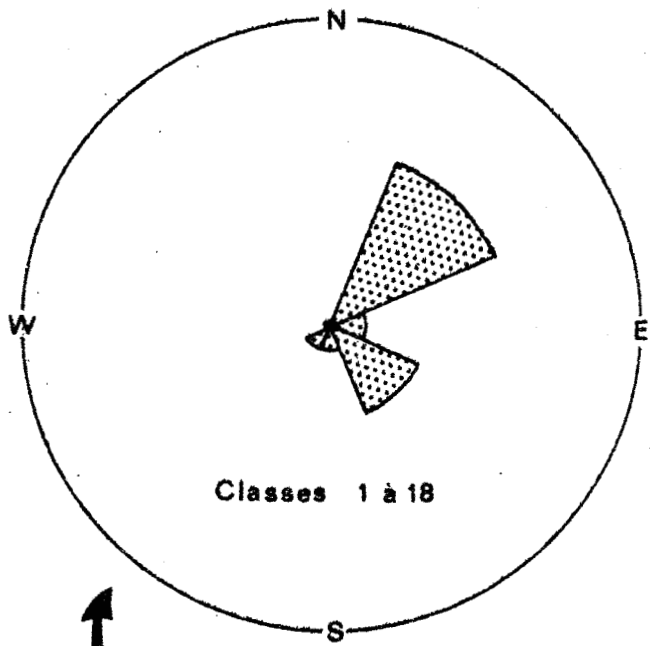
TABLEAU B



Fig. 91. 1



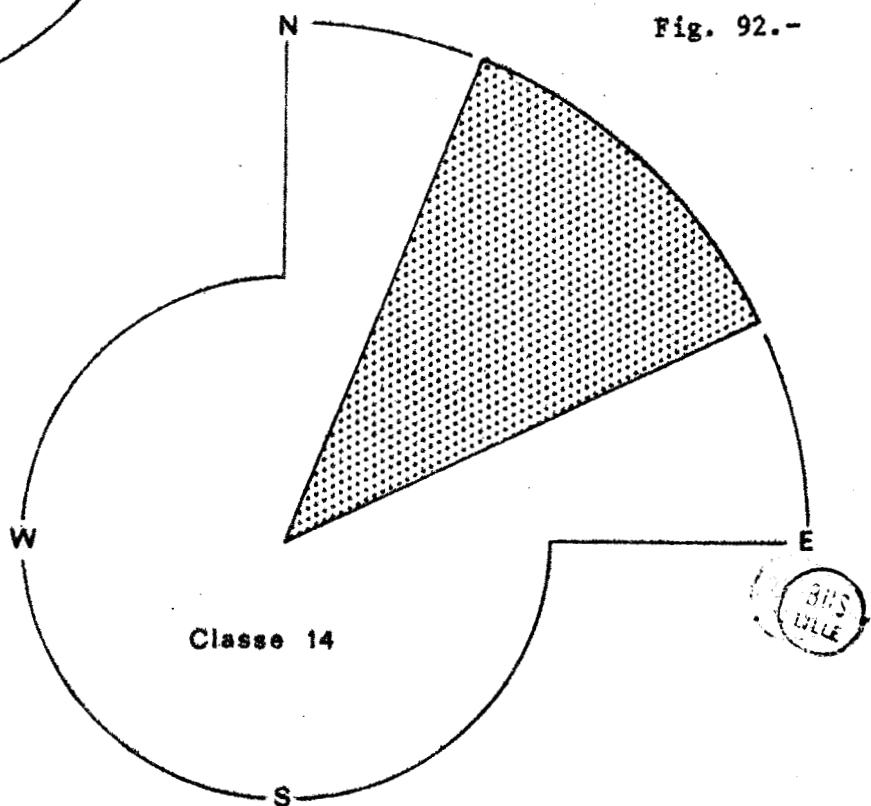
DPA : N 132°



Fq : Fréquence  
Pc : Pourcentage

Fig. 92.-

	Fq	Pc	Fq	Pc
H	7	5,00	0	0
V	69	49,28	5	31,25
N	1	0,71	0	0
NE	32	22,86	11	68,75
E	6	4,28	0	0
SE	18	12,86	0	0
S	3	2,14	0	0
SW	3	2,14	0	0
W	0	0	0	0
NW	1	0,71	0	0
<b>Σ</b>	<b>140</b>	<b>99,98</b>	<b>16</b>	<b>100</b>



intervalles 0° - 180°	θ°	classe	"Observed"	%	% cumulé	"Observed" - "Contemplated"	α	cos 2θ	sin 2θ	Σ cos 2θ	Σ sin 2θ
0-10	0	1	5	3,38	3,38	-3,22	-1,12	1,00	0,00	-1,12	0,00
10-20	10	2	1	0,67	4,05	-7,22	-2,42	0,94	0,34	-2,37	-0,96
20-30	20	3	1	0,67	4,72	-7,22	-2,52	0,76	0,64	-1,91	-1,61
30-40	30	4	3	1,03	6,75	-5,22	-1,82	0,50	0,87	-0,91	-1,58
40-50	40	5	10	6,76	13,51	1,78	0,62	0,17	0,98	0,10	0,61
50-60	50	6	1	0,67	14,18	-7,22	-2,52	-0,17	0,94	0,43	-2,47
60-70	60	7	3	2,03	16,31	-5,22	-1,82	-0,50	0,87	0,91	-1,58
70-80	70	8	2	1,35	17,56	-6,22	-2,17	-0,76	0,64	1,65	-1,39
80-90	80	9	5	3,38	20,94	-3,22	-1,12	-0,94	0,34	1,05	-0,38
90-100	90	10	5	3,38	24,32	-3,22	-1,12	-1,00	0,00	1,12	0,00
100-110	100	11	4	2,70	27,02	-4,22	-1,47	-1,94	0,34	1,38	0,50
110-120	110	12	10	6,76	33,78	1,78	0,62	-0,76	-0,64	-0,67	-0,40
120-130	120	13	12	8,11	41,89	3,78	1,17	-0,50	-0,87	-0,64	-1,15
130-140	130	14	22	14,85	56,75	13,78	4,80	-0,17	-0,98	-0,82	-1,70
140-150	140	15	23	15,54	72,29	14,78	5,15	0,17	0,98	0,97	-1,05
150-160	150	16	14	9,46	81,75	5,78	2,01	0,50	-0,87	1,00	-1,75
160-170	160	17	19	12,84	94,49	10,78	3,76	0,76	-0,64	2,04	-2,41
170-180	170	18	8	5,60	99,99	-0,22	-0,08	0,94	-0,76	-0,07	0,03
		Σ	148	99,99						3,04	-24,10

TABEAU A

Echantillon IC 13	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures 148	Signe cosinus 2θ = signe de C : +
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>	
"Contemplated" 148 : 18 = 8,22	
"Observed" - "Contemplated" = 2,87	2θ = 83°
$\frac{\sum C \cos 2\theta}{(\sum C \cos^2 2\theta)^{1/2}} = 1,01$	direction préférentielle Apparente
$\frac{\sum C \sin 2\theta}{(\sum C \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -0,08$	
$C^2 = 1,02$	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté 90 <sup>ème</sup> (4,61) 95 <sup>ème</sup> (5,99) 97,5 <sup>ème</sup> (7,38) 99 <sup>ème</sup> (9,21)
$S^2 = 65,29$	99,5 <sup>ème</sup> (10,60) <b>66,31</b>
$\text{Tangente } 2\theta = \frac{S}{C} = -8,000$	

TABEAU B



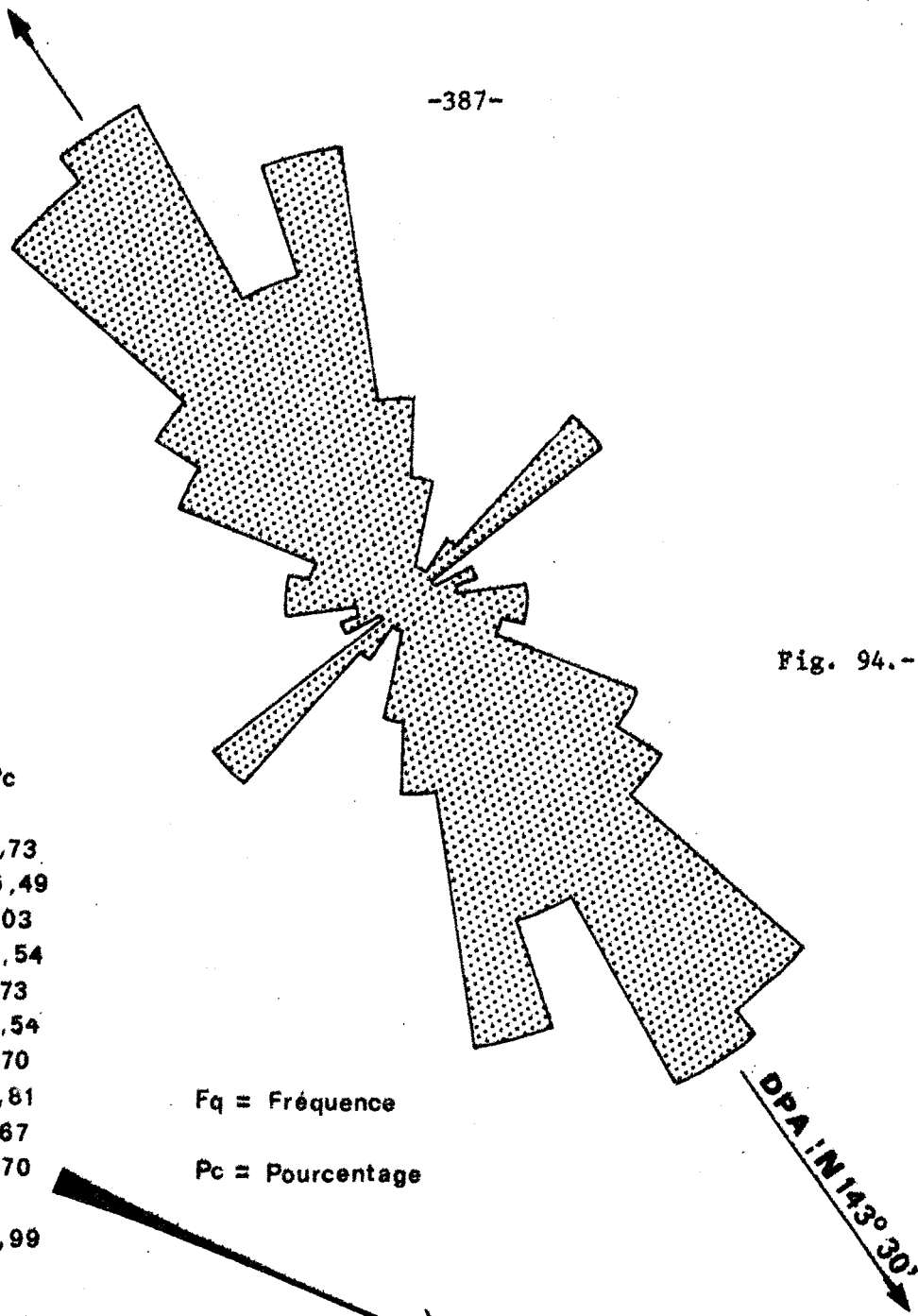
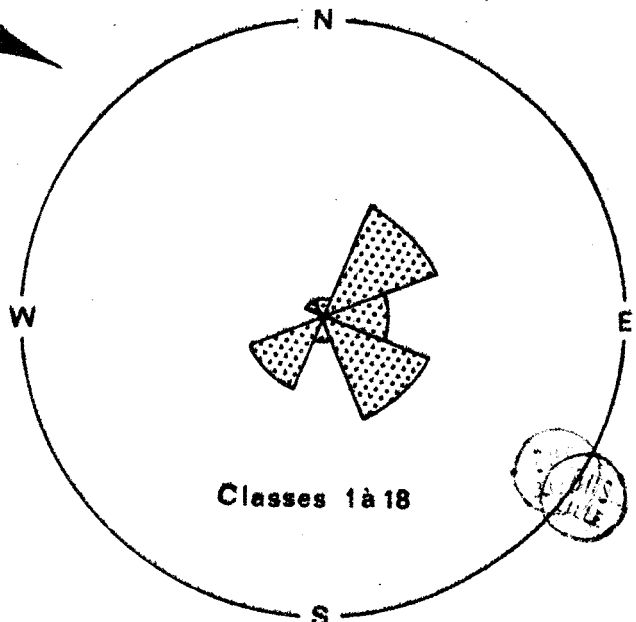
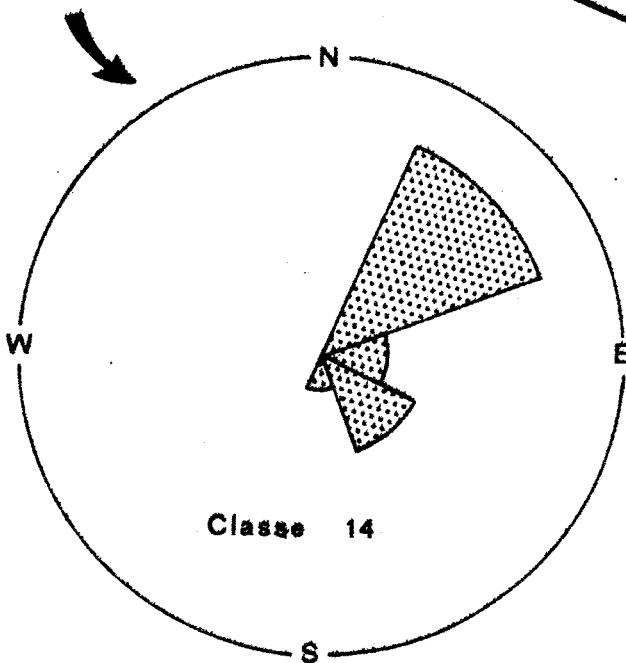


Fig. 94.-

	Fq	Pc	Fq	Pc
H	5	21,74	7	4,73
V	5	21,74	54	36,49
N	0	0	3	2,03
NE	7	30,43	23	15,54
E	2	8,69	13	8,73
SE	3	13,04	23	15,54
S	1	4,35	4	2,70
SW	0	0	16	10,81
W	0	0	1	0,67
NW	0	0	4	2,70
$\Sigma$	23	99,99	148	99,99

Fq = Fréquence

Pc = Pourcentage



MISS  
X  
FILE

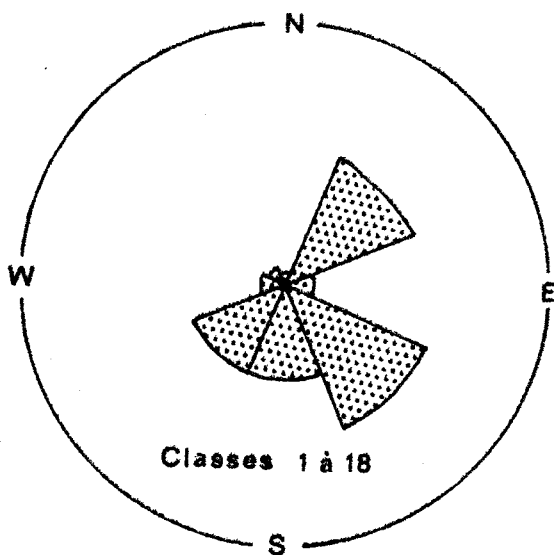
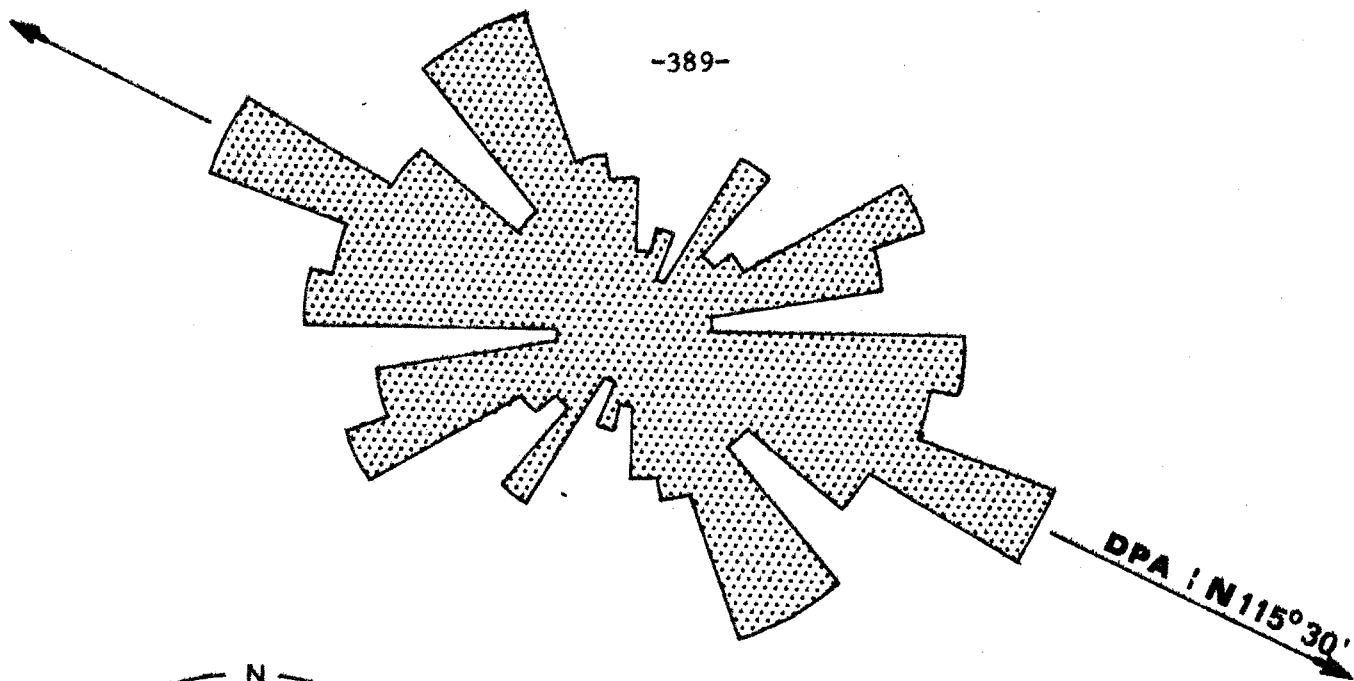
Intervalle 0° - 180°	θ°	classe	Observed <sup>n</sup>	%	% cumulé	Observed <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup>	χ	cos 2θ	sin 2θ	χ cos 2θ	χ sin 2θ
0-10	0	1	3	2,00	2,00	-5,33	-1,84	1,00	0,00	-1,84	0,00
10-20	10	2	4	2,67	4,67	-4,33	-1,50	0,96	0,34	-1,41	-0,51
20-30	20	3	2	1,33	6,00	-6,33	-2,19	0,76	0,64	-1,66	-1,40
30-40	30	4	8	5,33	11,33	-0,33	-0,11	0,50	0,87	-0,05	-0,10
40-50	40	5	4	2,67	14,00	-4,33	-1,50	0,17	0,98	-0,25	-1,47
50-60	50	6	5	3,33	17,33	-3,33	-1,15	-0,17	0,98	0,19	-1,13
60-70	60	7	12	8,00	25,33	3,67	1,27	-0,50	0,87	-0,63	1,10
70-80	70	8	10	6,67	32,00	1,67	0,58	-0,76	0,64	-0,44	0,37
80-90	80	9	3	2,00	34,00	-5,33	-1,84	-0,94	0,34	1,71	-0,63
90-100	90	10	13	8,67	42,68	4,67	1,62	-1,00	0,00	-1,62	0,00
100-110	100	11	12	8,00	50,67	3,67	1,27	-0,94	-0,34	-1,19	-0,43
110-120	110	12	18	12,00	62,67	9,67	3,35	-0,76	-0,64	-2,55	-0,14
120-130	120	13	11	7,33	70,00	2,67	0,92	-0,50	-0,87	-0,46	-0,60
130-140	130	14	6	4,00	74,00	-2,33	-0,81	-0,17	-0,98	0,14	0,79
140-150	140	15	13	8,67	82,67	4,67	1,62	0,17	-0,98	0,27	-1,59
150-160	150	16	13	8,67	91,34	4,67	1,62	0,50	-0,87	0,81	-1,41
160-170	160	17	6	4,00	95,34	-2,33	-0,81	0,76	-0,64	-0,62	0,52
170-180	170	18	7	4,67	100,00	-1,33	-0,44	0,94	-0,34	-0,43	0,16
		<b>M</b>	150	100,00						-10,00	-6,67

TABLEAU A

Echantillon	IC 14	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures	150	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée	0,25 m <sup>2</sup>	
*Contemplated <sup>n</sup>	150:18 = 8,33	
√Contemplated <sup>n</sup>	2,89	2θ = 41°
*Observed <sup>n</sup> - Contemplated <sup>n</sup>	χ = √Contemplated <sup>n</sup>	direction préférentielle Apparition
$\frac{\sum C \cos 2\theta}{(\sum C \cos^2 2\theta)^{1/2}}$	-3,34	$\left(\frac{180+41}{2}\right) + 5^\circ = 115,5^\circ$
$\frac{\sum C \sin 2\theta}{(\sum C \sin^2 2\theta)^{1/2}}$	-2,90	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
C <sup>2</sup> = 11,16	χ <sup>2</sup> = C <sup>2</sup> + S <sup>2</sup> = 19,57	90 <sup>ème</sup> (4,61)
S <sup>2</sup> = 8,41		95 <sup>ème</sup> (5,99)
		97,5 <sup>ème</sup> (7,38)
		99 <sup>ème</sup> (9,21)
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 0,8683$		99,5 <sup>ème</sup> (10,60) 19,57

TABLEAU B





	Fréquence	Pourcentage	Fréquence	Pourcentage
H	7	4,67	2	11,11
V	29	19,33	2	11,11
N	2	1,33	0	0
NE	27	18,00	10	55,55
E	5	3,33	0	0
SE	31	20,67	0	0
S	20	13,33	1	5,55
SW	20	13,33	3	16,67
W	5	3,33	0	0
NW	4	2,67	0	0
<b>M</b>	<b>150</b>	<b>99,99</b>	<b>18</b>	<b>99,99</b>

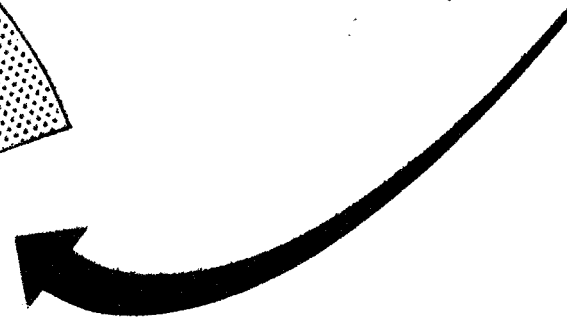
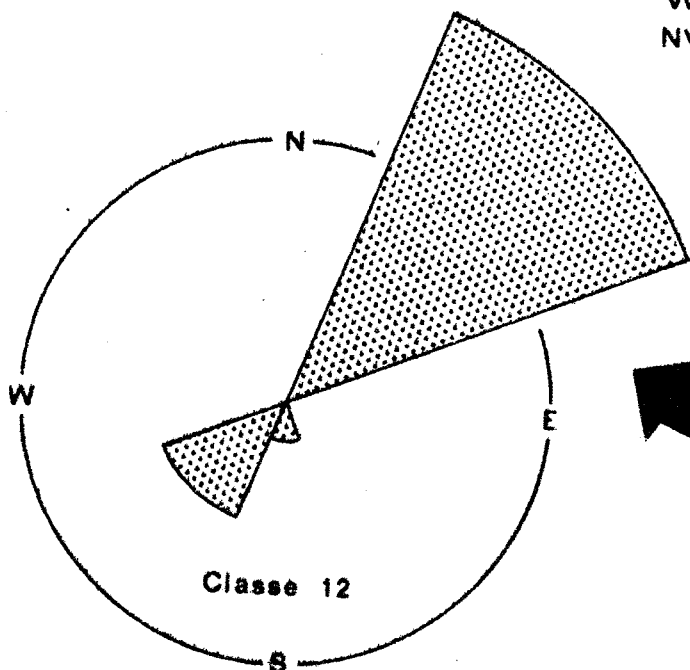


Fig. 96.-



intervalles 0° - 180°	°	classe	Observed <sup>1</sup>	%	% cumulé	Observed <sup>2</sup> Contemplated <sup>2</sup>	z	cos 2θ	sin 2θ	z cos 2θ	z sin 2θ
0-10	0	1	1	0,75	0,75	-6,44	-2,36	1,000	0,000	-2,36	0,000
10-20	10	2	6	4,48	5,23	-1,44	-0,53	0,994	0,34	-0,50	-0,18
20-30	20	3	4	2,98	8,21	-3,44	-1,26	0,76	0,64	-0,96	-0,81
30-40	30	4	5	3,73	11,94	-2,44	-0,89	0,50	0,87	-0,44	-0,77
40-50	40	5	3	2,24	14,18	-4,44	-1,63	0,17	0,98	-0,28	-1,60
50-60	50	6	6	4,48	18,66	-1,44	-0,53	-0,17	0,98	0,09	-0,52
60-70	60	7	4	2,98	21,64	-3,44	-1,26	-0,50	0,87	0,63	-1,10
70-80	70	8	4	2,98	24,62	-3,44	-1,26	-0,76	0,64	0,96	-0,81
80-90	80	9	2	1,49	26,11	-5,44	-1,99	-0,84	0,74	1,87	-0,68
90-100	90	10	7	5,22	31,33	-0,44	-0,16	-1,00	0,00	0,14	0,00
100-110	100	11	10	7,46	38,79	2,56	0,94	-0,94	-0,34	-0,88	-0,72
110-120	110	12	6	4,48	43,27	-1,44	-0,53	-0,76	-0,64	0,40	0,74
120-130	120	13	21	15,67	58,94	13,56	4,97	-0,50	-0,87	-0,48	-4,72
130-140	130	14	16	11,94	70,88	8,56	3,13	-0,17	-0,98	-0,51	-1,07
140-150	140	15	20	14,92	85,80	12,56	4,60	0,17	-0,98	0,28	-4,51
150-160	150	16	5	3,73	89,53	-2,44	-0,89	0,50	-0,87	-0,44	0,77
160-170	160	17	8	5,97	95,50	0,56	0,20	0,76	-0,64	0,15	-0,13
170-180	170	18	4	4,48	99,98	-1,44	-0,53	0,94	-0,74	-0,50	0,18
		W	134	99,98						-4,33	-12,55

TABLEAU A

Echantillon IC 15	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures 134	Signe cosinus 2θ = signe de C : -
Surface étudiée 0,25 m <sup>2</sup>	
Contemplated <sup>1</sup> 134:18 = 7,44	
Contemplated <sup>2</sup> 2,73	2θ = 77°
Observed <sup>1</sup> - Contemplated <sup>1</sup> = √(Contemplated <sup>2</sup> )	direction préférentielle Apparente
$\sum CC \cos 2\theta = -1,45$ $C = (\sum CC \cos^2 2\theta)^{1/2}$	$(\frac{180 + 77}{2}) + 5^\circ = 133,5^\circ$
$\sum CC \sin 2\theta = -5,85$ $S = (\sum CC \sin^2 2\theta)^{1/2}$	°centile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
$C^2 = 2,10$	90 <sup>ème</sup> (4,61)
$S^2 = 34,22$	85 <sup>ème</sup> (5,99)
	87,5 <sup>ème</sup> (7,38)
	99 <sup>ème</sup> (9,21)
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = 4,0345$	99,5 <sup>ème</sup> (10,68) 36,32

TABLEAU B



Fig. 97. -



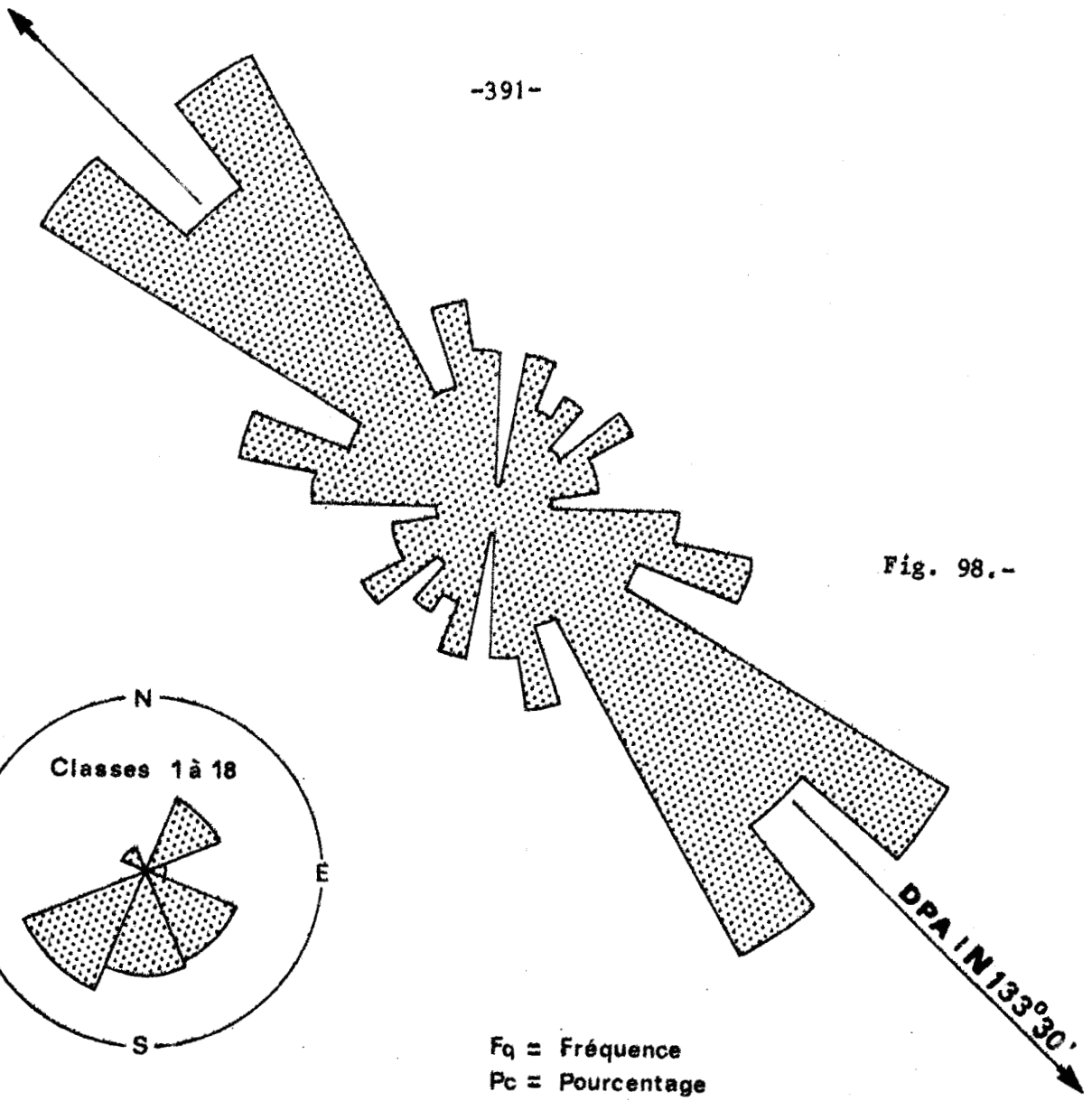
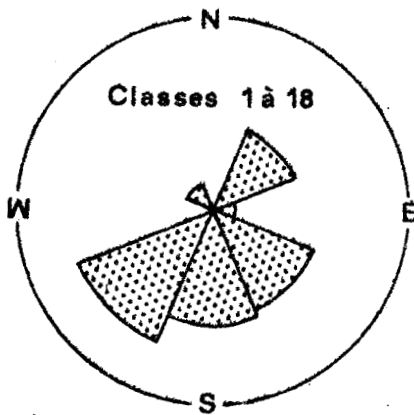
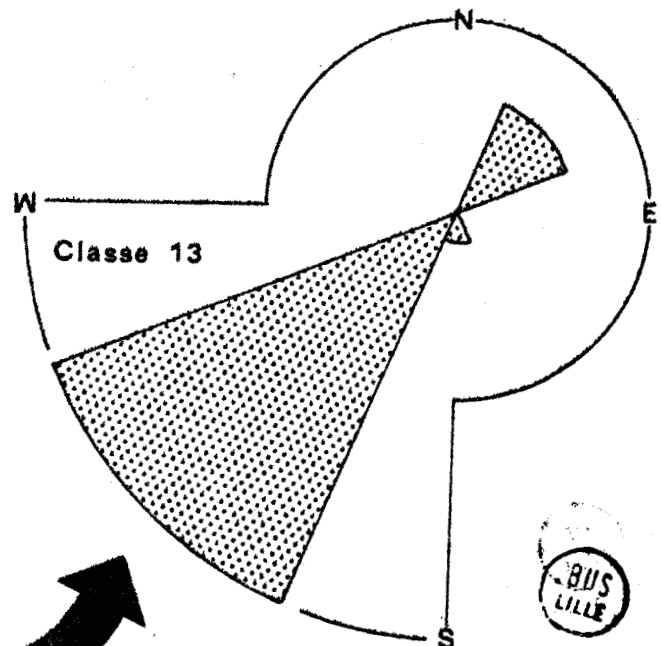


Fig. 98.-



Fq = Fréquence  
Pc = Pourcentage

	Fq	Pc	Fq	Pc
H	4	2,98	1	4,76
V	41	30,60	4	19,05
N	0	0	0	0
NE	17	12,69	3	14,28
E	3	2,24	0	0
SE	19	14,18	0	0
S	20	14,92	1	4,76
SW	25	18,66	12	57,14
W	0	0	0	0
NW	5	3,73	0	0
$\Sigma$	134	100	21	99,99



intervalles 0° - 180°	θ°	classe	Observed <sup>n</sup>	%	% cumulé	Observed <sup>n</sup> Contemplated <sup>n</sup>	α	cos 2θ	sin 2θ	α cos 2θ	α sin 2θ
0-10	0	1	17	7,52	7,52	4,45	1,26	1,00	0,00	1,26	0,00
10-20	10	2	21	9,29	16,81	8,45	2,19	0,94	0,34	2,25	0,81
20-30	20	3	16	7,08	23,89	3,45	0,97	0,76	0,64	0,74	0,62
30-40	30	4	14	6,19	30,08	1,45	0,41	0,50	0,67	0,20	0,36
40-50	40	5	13	5,75	35,83	0,45	0,13	0,17	0,98	0,02	0,13
50-60	50	6	8	3,54	39,37	-4,55	-1,28	-0,17	0,98	0,22	-1,25
60-70	60	7	13	5,75	45,12	0,45	0,13	-0,50	0,87	-0,06	0,11
70-80	70	8	8	3,54	48,66	-4,55	-1,28	-0,76	0,64	0,97	-0,82
80-90	80	9	7	3,10	51,76	-5,55	-1,57	-0,94	0,34	1,47	-0,53
90-100	90	10	10	4,42	56,18	-2,55	-0,72	-1,00	0,00	0,72	0,00
100-110	100	11	9	3,98	60,16	-3,55	-1,00	-0,94	-0,34	0,94	0,34
110-120	110	12	11	4,87	65,03	-1,55	-0,44	-0,76	-1,64	0,11	0,28
120-130	120	13	15	6,54	71,57	2,45	0,69	-0,50	-0,87	-0,34	-0,50
130-140	130	14	7	3,10	74,77	-5,55	-1,57	-0,17	-0,98	0,27	1,54
140-150	140	15	18	7,96	82,73	3,45	1,54	0,17	-0,98	0,26	-1,51
150-160	150	16	17	3,52	90,75	4,45	1,26	0,50	-0,87	0,61	-1,10
160-170	160	17	13	5,75	96,10	0,45	0,13	0,76	-0,64	0,10	-0,08
170-180	170	18	9	3,98	99,98	-1,55	-1,00	0,64	-0,34	-0,94	0,34
		W	22	6	99,98					9,04	-1,16

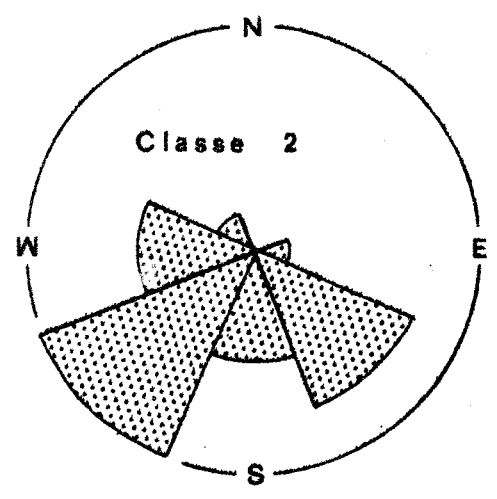
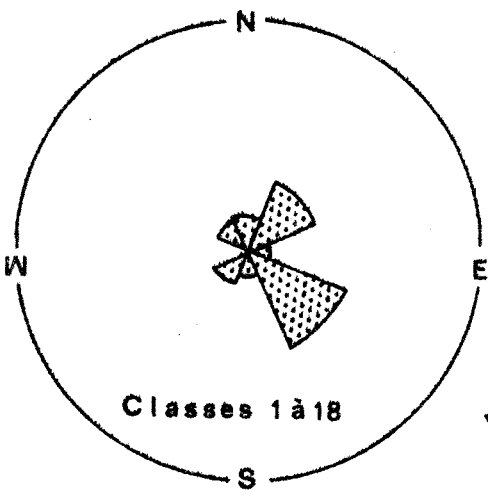
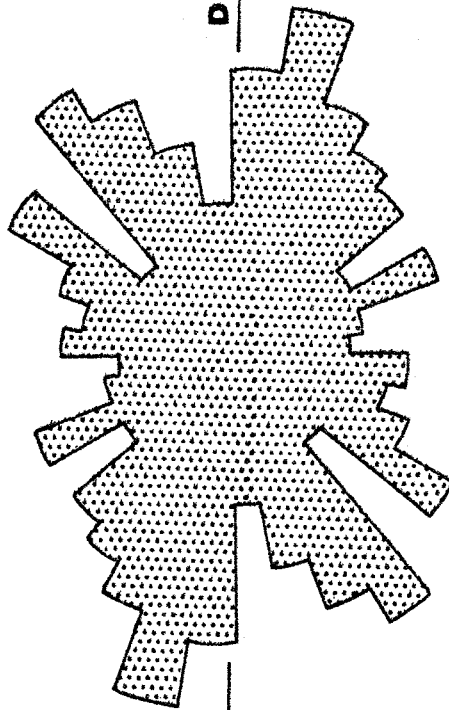
TABEAU A

Echantillon	IC 16	Signe sinus 2θ = signe de S : -
Nombre de mesures	226	Signe cosinus 2θ = signe de C : +
Surface étudiée	0,25 m <sup>2</sup>	
*Contemplated <sup>n</sup>	226:18 = 12,55	
√Contemplated <sup>n</sup>	3,54	2θ = 8,5°
*Observed <sup>n</sup> - Contemplated <sup>n</sup>		direction préférentielle Apparente $\frac{(180 - \theta,5)}{2} + \theta = 180,75^\circ \approx 181^\circ$
CC = √Contemplated <sup>n</sup>		
C = $\frac{\sum CC \cos 2\theta}{(\sum CC \cos^2 2\theta)^{1/2}}$	3,02	Percentile montrant une anisotropie évidente pour 2 degrés de liberté
S = $\frac{\sum CC \sin 2\theta}{(\sum CC \sin^2 2\theta)^{1/2}}$	-0,45	
C <sup>2</sup> = 9,12	R <sup>2</sup> = C <sup>2</sup> + S <sup>2</sup>	
S <sup>2</sup> = 0,21	= 9,33	
Tangente 2θ = $\frac{S}{C} = -0,1490$		

TABEAU B



DRAIN T°



	Fréquence	Pourcentages	Fréquence	
H	12	5,31 0	0	H
V	118	52,21 47,62	10	V
N	9	3,98 0	0	N
NE	22	9,73 0	0	NE
E	5	2,21 4,76	1	E
SE	33	14,60 23,81	5	SE
S	7	3,10 4,76	1	S
SW	10	4,42 9,52	2	SW
W	2	0,88 4,76	1	W
NW	8	3,54 4,76	1	NW
<b>Σ</b>	<b>226</b>	<b>99,98 99,99</b>	<b>21</b>	

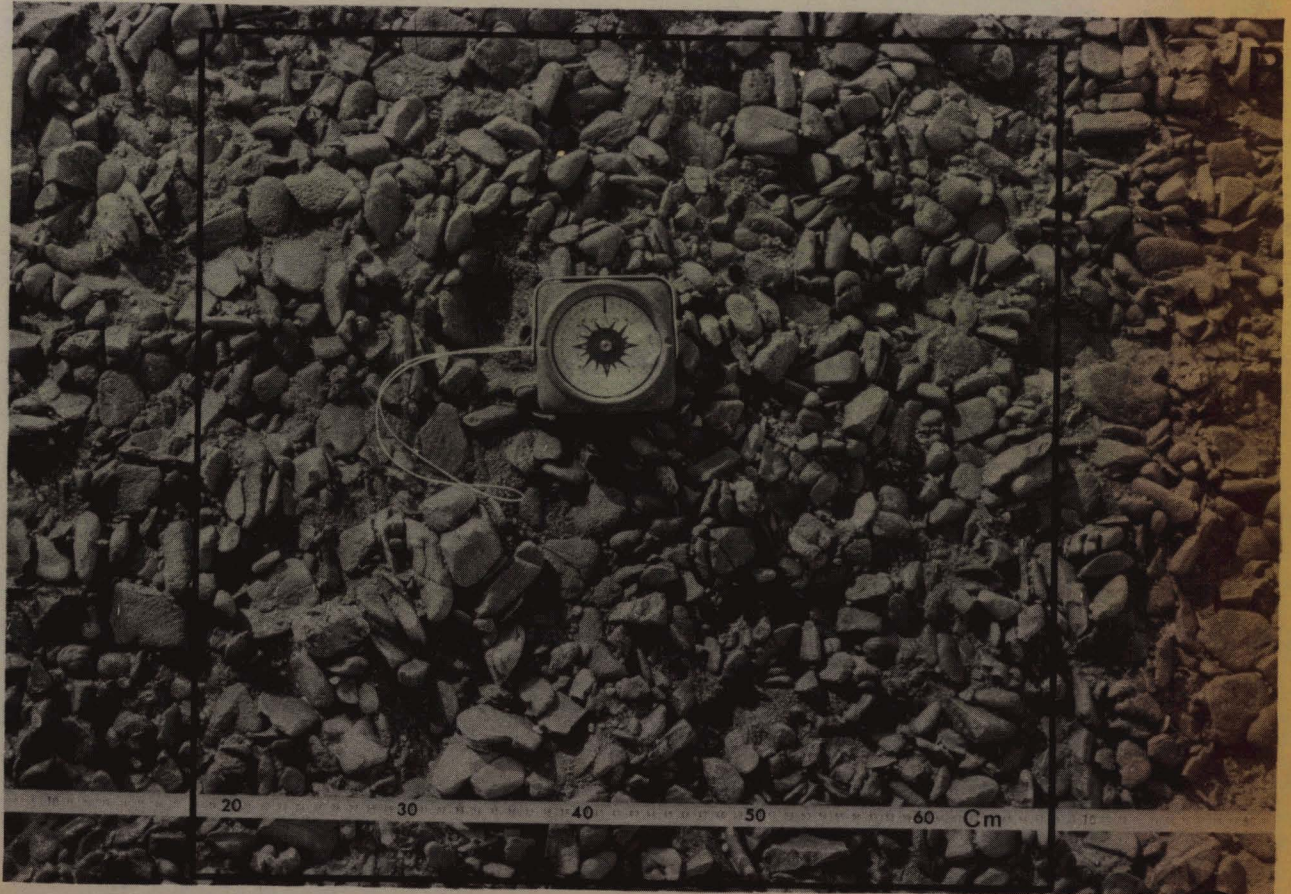
Fig. 100.-







Fig. 101 & 102



BHS  
LIFE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO LIBRARY

#### 4.7. ETUDE D'UN FORAGE

En 1969, deux forages (DDH1 et DDH2) sont réalisés par le *Department of Mines* de Hobart. Ces sondages sont réalisés afin de mieux connaître la nature du *Peter Limestone* et son extension (la localisation des sondages stratigraphiques est précisée sur la carte au 1/20.000). Le premier forage, DDH1, traverse 232 mètres de sédiments, le second, DDH2, traverse 85 mètres de sédiments.

Le Directeur du *Department of Mines* a mis à ma disposition ces 2 carottes et m'a permis de prélever des échantillons. Je le remercie vivement. Je fournis sur la figure 103 l'endroit de prélèvement des échantillons le long de la carotte de forage. L'épaisseur du trait en face de la numérotation est proportionnelle à la longueur du fragment de carotte prélevé. Les cotes sont en pieds (1 pied : 0,3048 m).

Le forage 1 (DDH1) a été le seul étudié. On peut essentiellement diviser la colonne en 7 unités, la première va de la cote 0 à la cote -180 pieds; c'est le *Peter Limestone* soit 55 mètres. La deuxième va de la cote -180 pieds à la cote -220. Cela correspond au *Bryozoan Siltstone*, soit 12 mètres environ. La troisième va de la cote -220 pieds à la cote -400. Cela correspond à l'*Isaacs Conglomerate*, soit environ 55 mètres. La quatrième va de la cote -400 pieds jusqu'à -500. Cela correspond à l'*Arbosc Sandstone*, soit environ 30 mètres. La cinquième va de la cote -500 pieds jusqu'à -680. Cela correspond au *Cross-laminated Sandstone*, soit environ 55 mètres. La sixième va de la cote -680 à la cote -730 pieds. Cela correspond au *Wasps'nest-like Sandstone* soit environ 15 mètres. La septième débute à la cote -730. Cela correspond au socle granitique.

La carotte de forage a permis de préciser certaines épaisseurs, notamment celles relatives aux formations 9 : *Cross-laminated Sandstone*, et 16 : *Wasps'nest-like Sandstone*.

On note la disparition complète des formations 1 à 5.

Les changements latéraux de faciès sont importants. La disparité des résultats des études lithostratigraphiques verticales et horizontales nous le prouvent.

---

#### Légendes des figures 101 et 102 (p. 394) :

Fig. 101.- Surface explorée pour chaque échantillon Icm. Noter les directions préférentielles apparentes NW-SE de l'allongement des galets.

Fig. 102.- idem. Noter la disposition concentrique apparente des galets.

# DDH. I

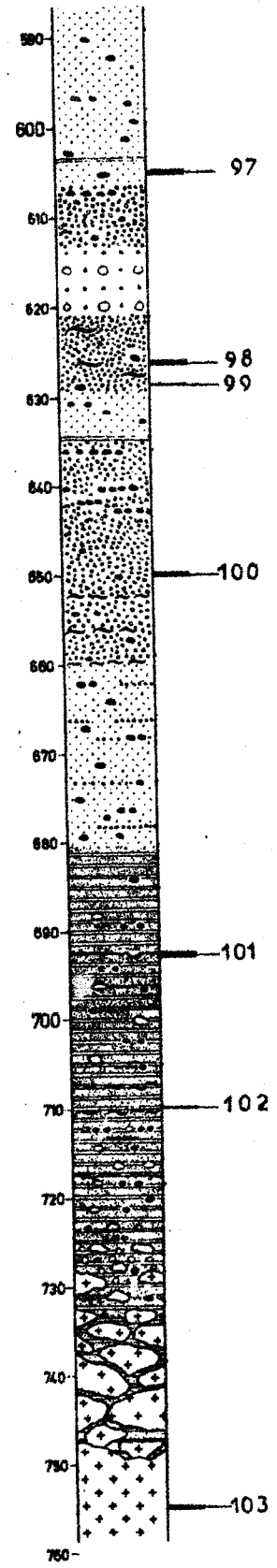
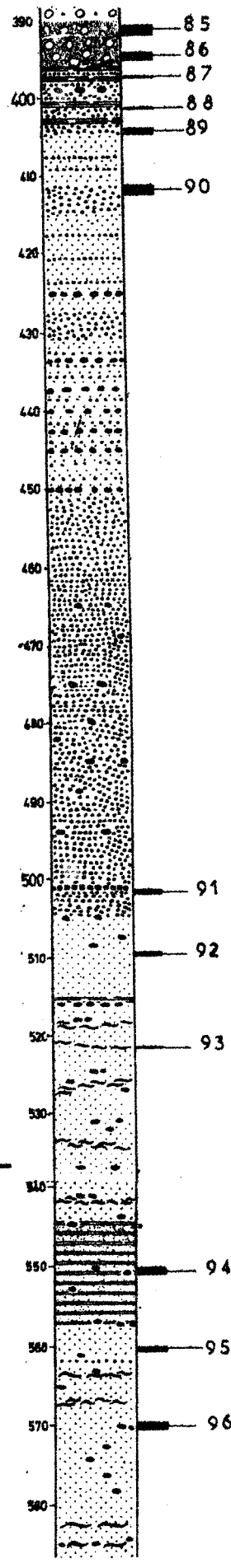
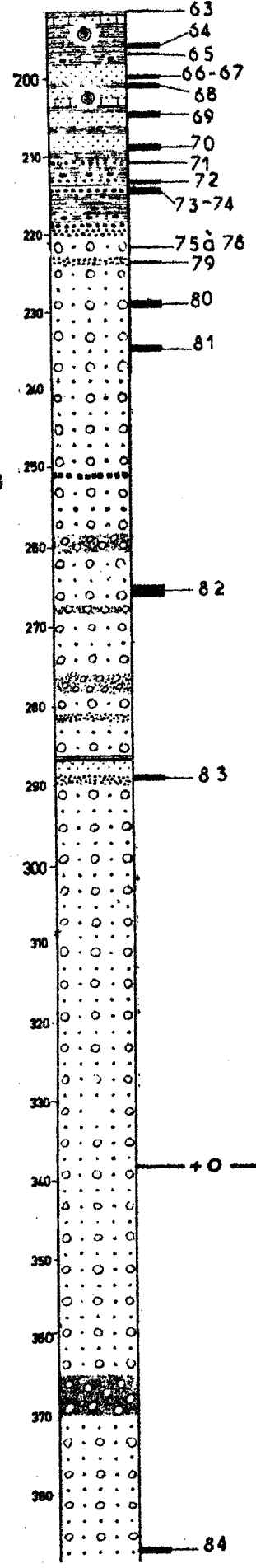
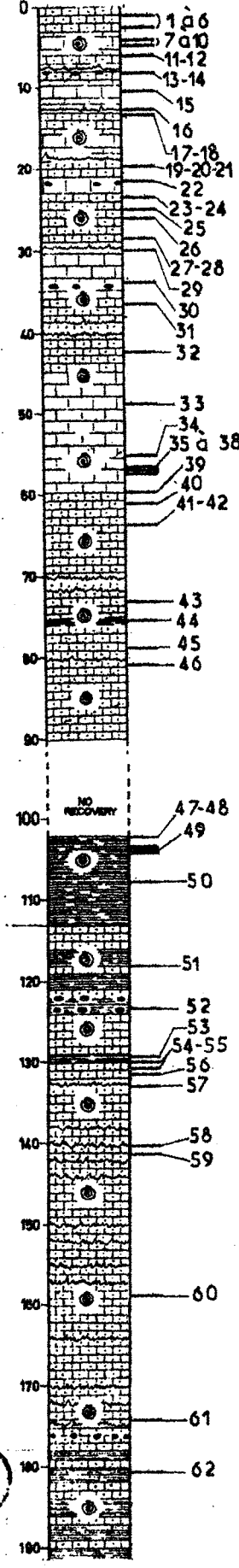
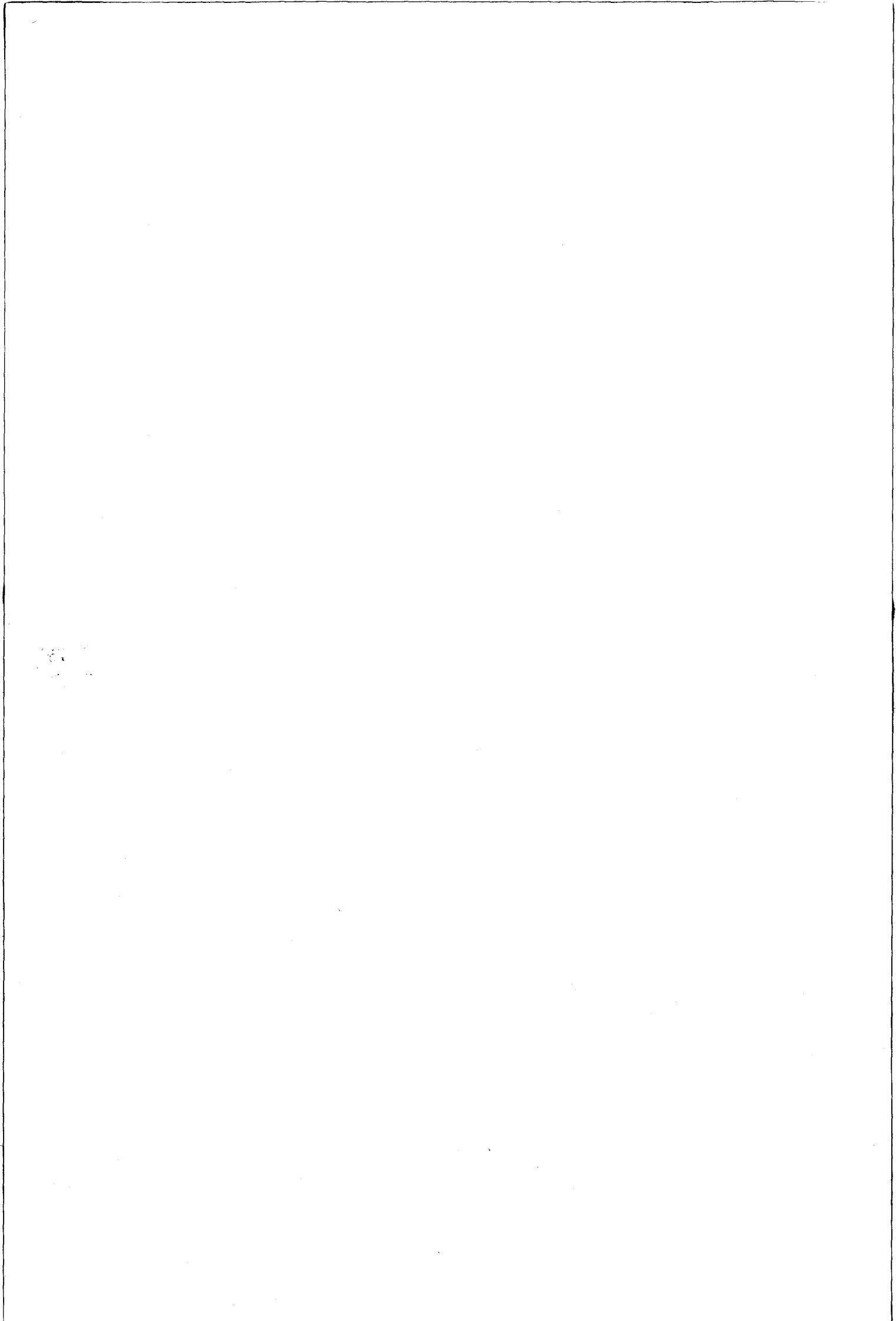


Fig. 103

Localisation des échantillons prélevés sur la carotte du forage DDH I (pour la légende, on se reportera à la figure 30)



**PLANCHES —————**  
**PHOTOGRAPHIQUES**



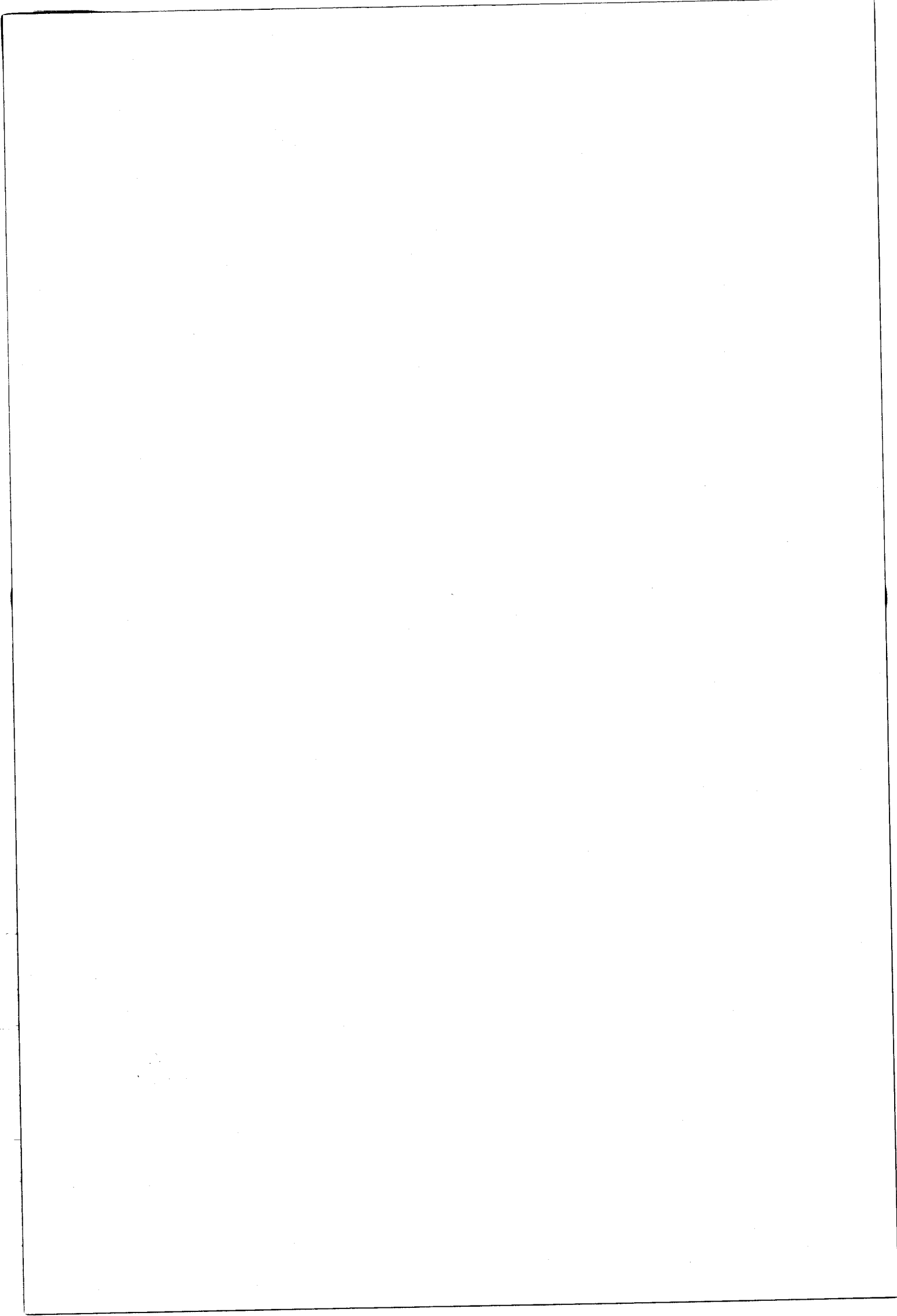
-399-

PLANCHES 38 et 39

Echantillons prélevés sur la carotte du forage DDHI.

Pour la localisation, voir la figure 103.







6



45



60



77



14



47



62



50



27



51



32



52

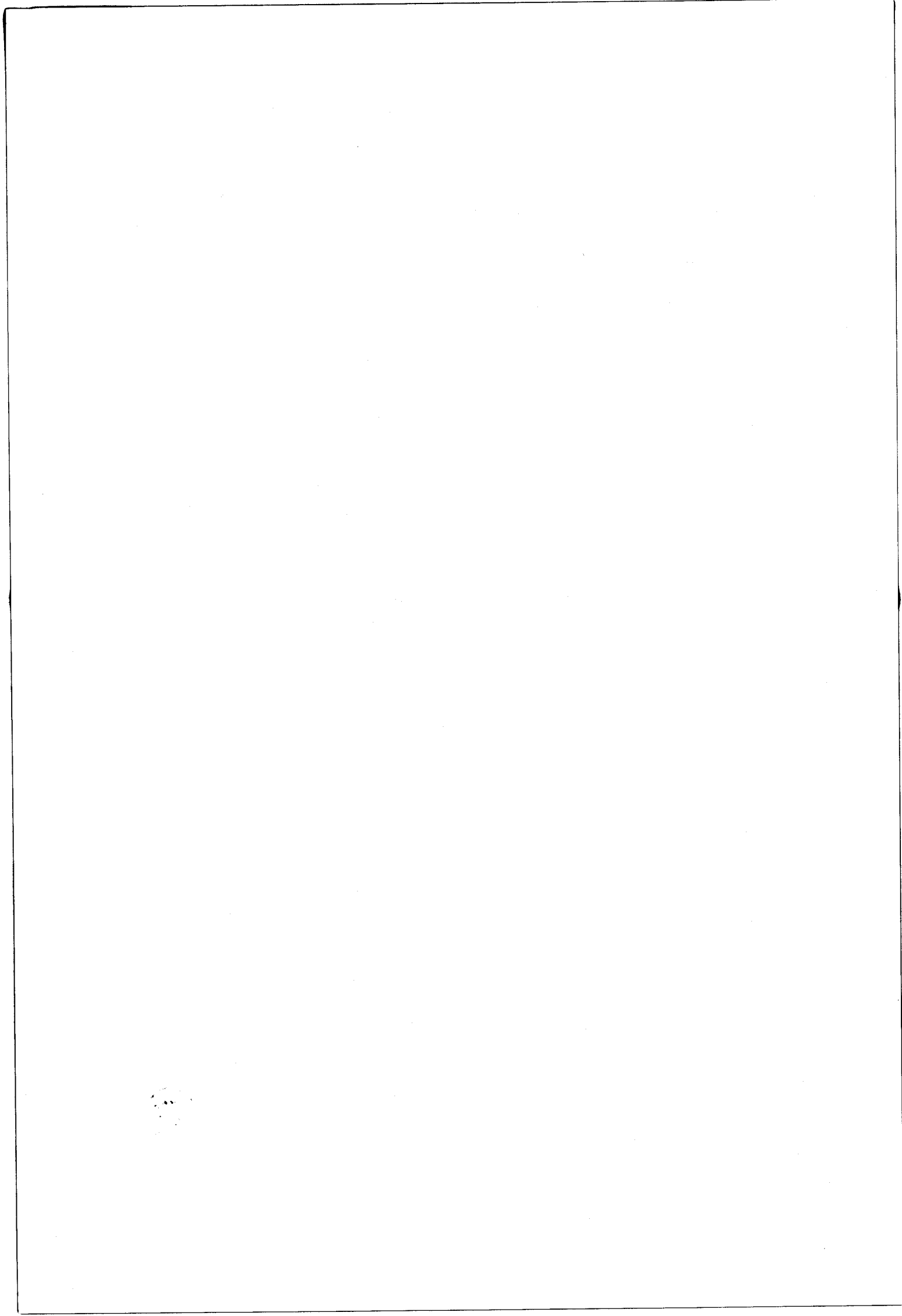


70



80

BUS  
LILLÉ





82



87



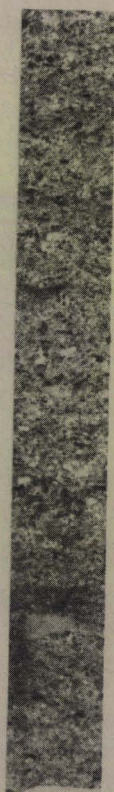
93



99



102



86



90



96



100

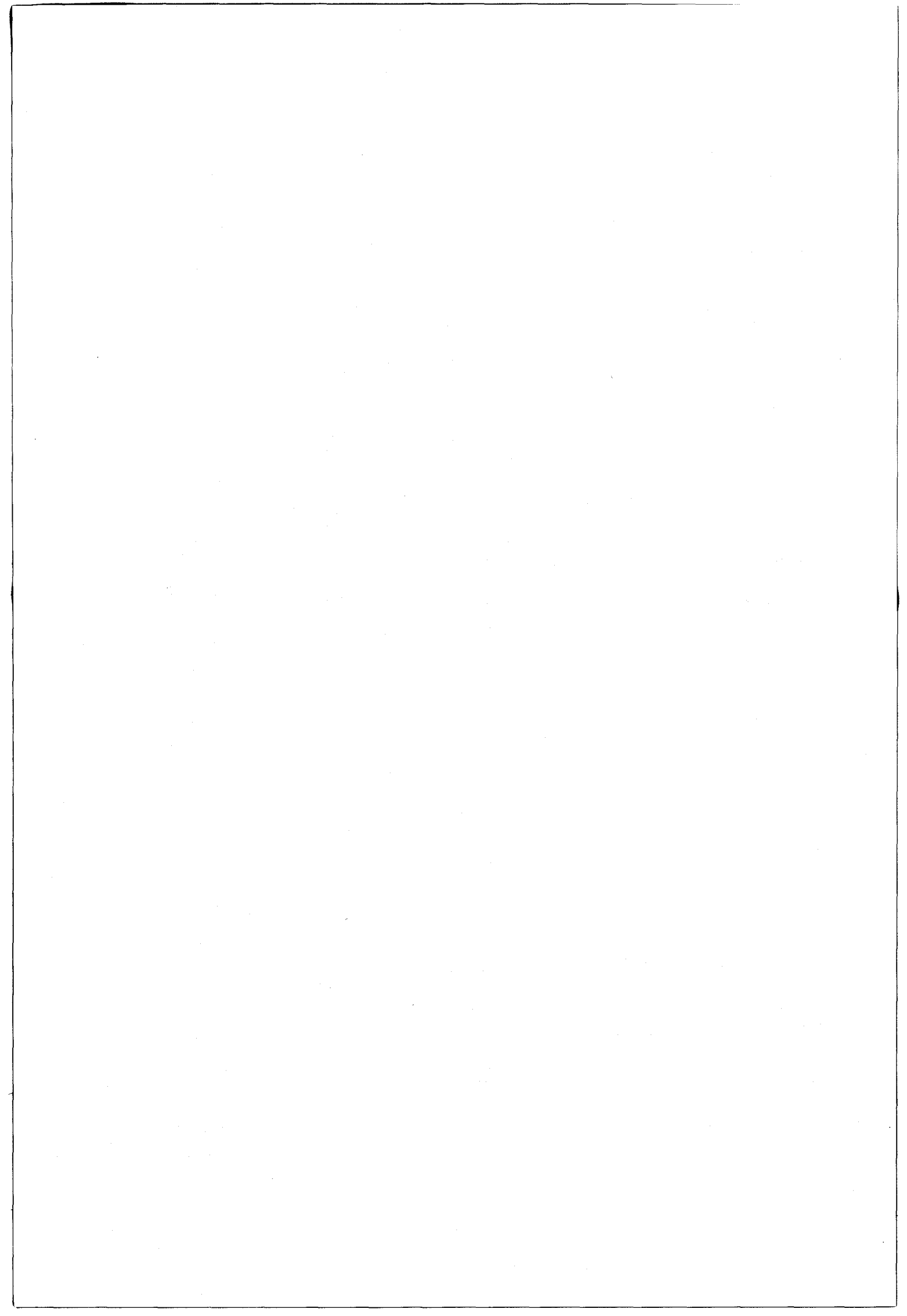


101



103

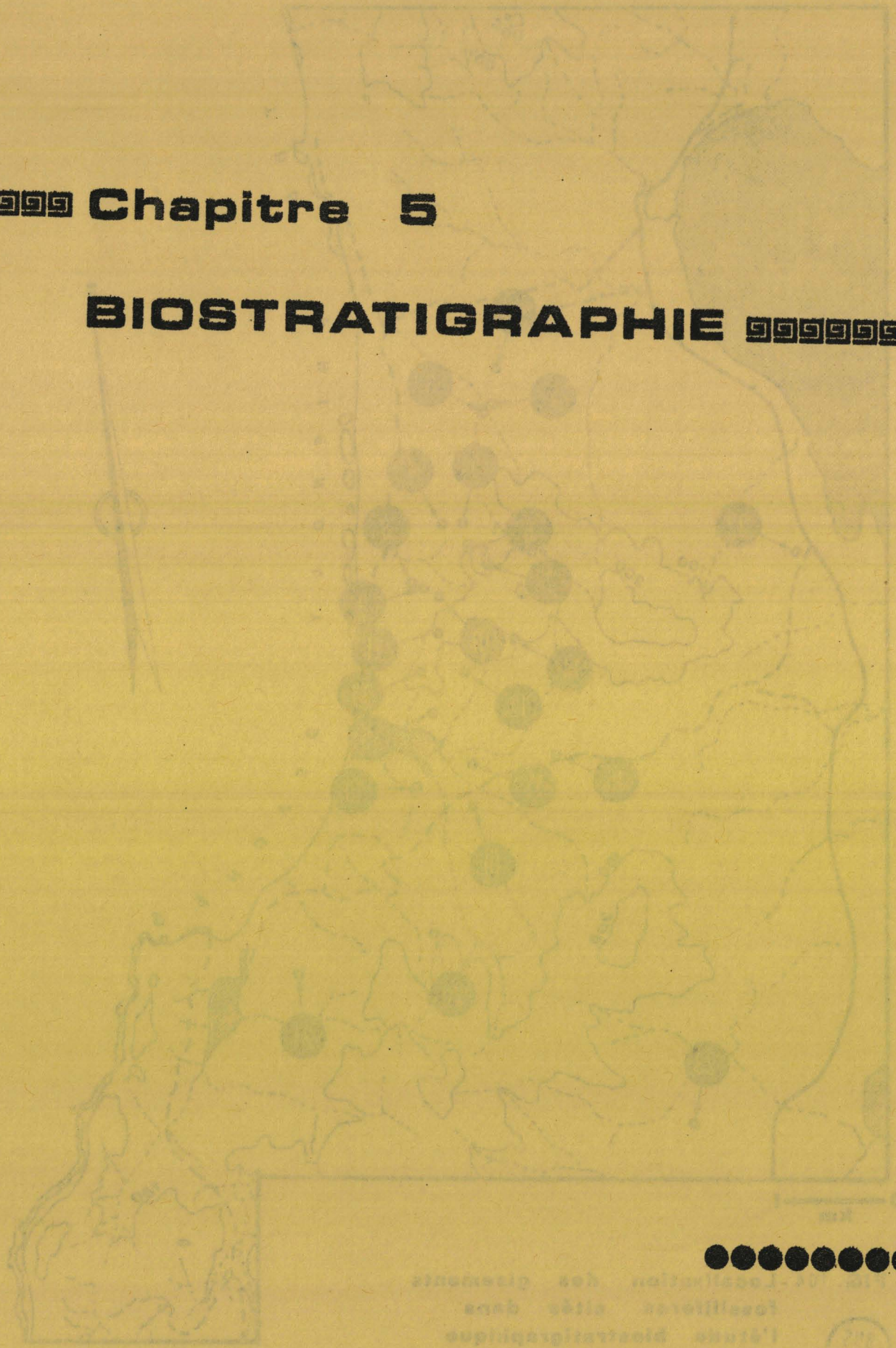






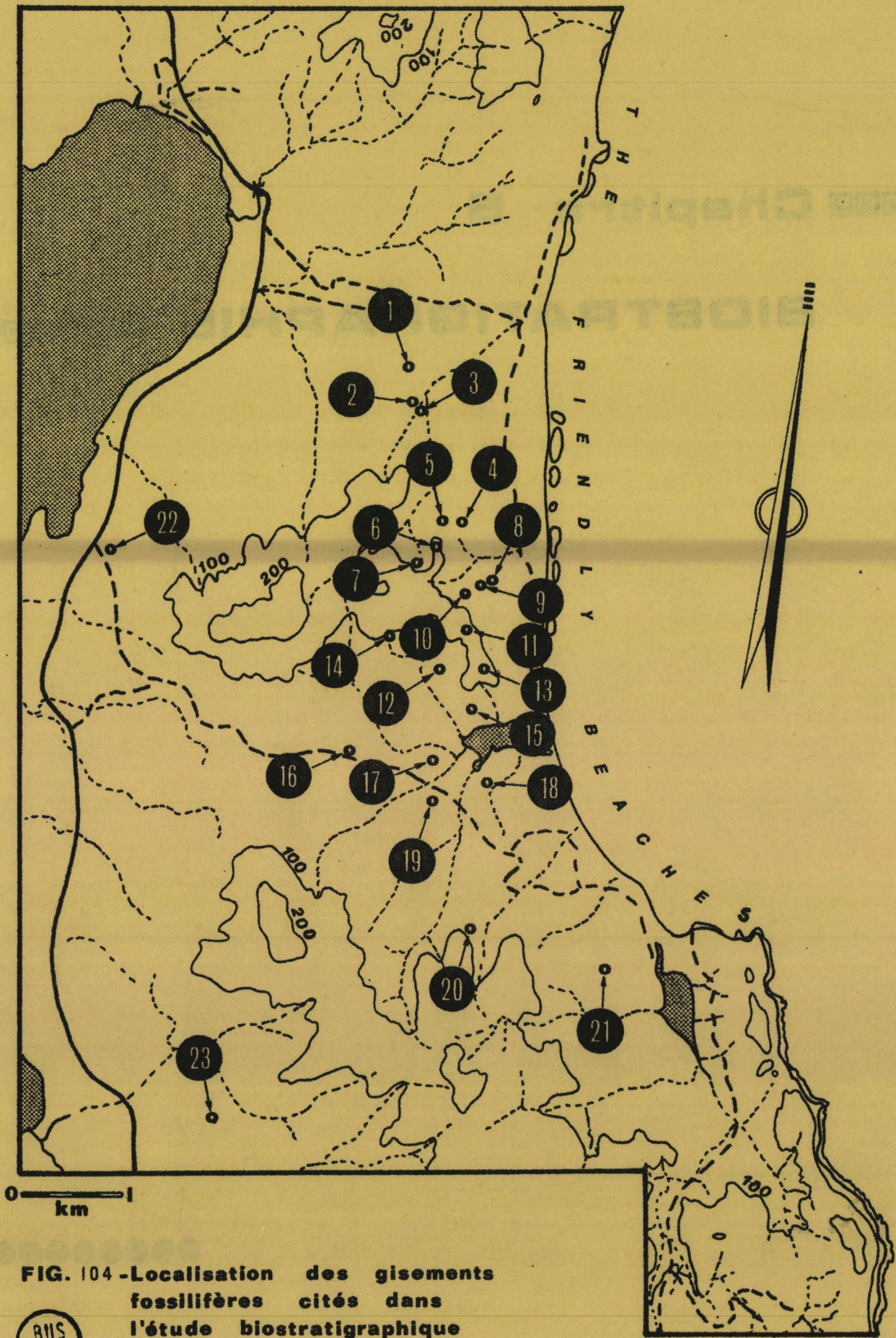
☐☐☐ **Chapitre 5**

**BIOSTRATIGRAPHIE** ☐☐☐☐☐☐☐☐



Localisation des gisements  
fossifères cités dans  
l'ouvrage biostratigraphique





**FIG. 104 - Localisation des gisements fossilifères cités dans l'étude biostratigraphique**

BIS LILLE

## 5 - BIOSTRATIGRAPHIE

### 5.1. INTRODUCTION

Comme nous l'avons remarqué précédemment, il est difficile de corrélérer stratigraphiquement les différentes lithologies rencontrées à la coupe type. Bien souvent, il est impossible de reconnaître une faille et, de plus, les variations latérales de faciès sont par trop importantes pour pouvoir corrélérer les différents niveaux rencontrés. D'où la distinction et la classification que j'ai été amené à établir pour les faciès pétrographiques en 16 formations. Par ailleurs, certaines de ces formations sont caractérisées par la présence de nombreux fossiles. Il m'est apparu, au cours des études sur le terrain, que certains fossiles caractéristiques, certains fossiles "chronomarqueurs" se retrouvaient à plusieurs endroits, noyés dans des matrices faciologiques différentes. De plus, différents genres et espèces bien connus sont datés du même âge. Il est donc possible, par une analyse détaillée et précise de la macrofaune, de réaliser une chronostratigraphie, donc une biostratigraphie. Cette étude a été réalisée pour 23 gisements fossilifères (fig. 104). L'identification des fossiles a été réalisée en étroite collaboration avec M.R. BANKS qui est rompu à l'étude de la faune australienne et gondwanienne et plus particulièrement à celle du Permien.

### 5.2. LA FAUNE

J'ai établi la liste de 39 genres et de 76 espèces déterminées avec la numérotation des échantillons. Ce catalogue pourra éventuellement être utilisé comme base pour l'intégration des spécimens au sein de la collection de référence du département de Géologie de l'Université de Hobart (Tasmanie, Australie).

Pour chaque espèce, figurent :

- une référence bibliographique,
- le numéro de l'échantillon,
- le numéro du gisement où a été récolté le spécimen (nombre inscrit entre parenthèses),
- le numéro de l'illustration (planche et figure) pour un certain nombre de spécimens.

*Aperispirifer lethamensis* WATERHOUSE, 1964.

FD7 ? (12) FDD7 (14) FA5 (16)  
FA6.0 (16) pl. 46, ph. n SSAA ? (16)

*Aperispirifer wairakiensis* (WATERHOUSE, 1964); voir aussi HILL,  
PLAYFORD & WOODS, 1972.

FDR(E) (12) pl. 46, ph.o FLB (11) pl. 46, ph.p FDRE (14)  
FA7 (16)

*Atomodesma (Aphanania)* sp. voir HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972.

14 C (2) pl.42, ph.i FL 275 (11) FL280 (11)  
FL281 (11) FN 282 (11) FNF (13)  
FN245 (13) FD (14) SS6 ? (16)  
FE9 (17) FG290 (20) FG291 (20)  
FG293 (20) FK4.317 (23)

*Aviculopecten extensus* FLETCHER, 1929.

BIC 1 (22)

*Camptocrinus* sp. voir SIEVERTS, 1942.

FMF (15) pl.41, ph.a

*Cancerinella farleyensis* (ETHERIDGE & DUN, 1909). Voir aussi HILL,  
PLAYFORD & WOODS, 1972; WATERHOUSE, 1964.

F27 HB ? (6) pl.46, ph.g, h et j F27 GB ? (6) pl.46, ph.f BIC CF ? (6)  
FK243 ? (23)

*Conocardium* sp. voir HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972.

16SG (1)

*Deltopecten limaeformis* (MORRIS, 1845); voir aussi HILL, PLAYFORD &  
WOODS, 1972.

16.3 PD (1) F42F (3) pl.43, ph.a F27 BB (6)  
F27 BA (6) F27 (6) pl.43, ph.b F27C (6)  
F27F (6) F27G (6) F27J (6)  
F27Q (6) F46C (8) F75B (13)  
FA253 (13) pl.42, ph.k F75E (13) pl.42, ph.1 FG4AC (20)

*Deltopecten* sp.

F42 E (4) pl. 43, ph.f                      F27A (6) pl. 43, ph.e

*Echinalosia preovalis* (MAXWELL, 1954) voir aussi CLARKE, 1969b)

16C ? (1)                                      202 (18) pl.45,ph.e    294 (18)  
308 (18)

*Etheripecten tenuicollis* (DANA, 1847) voir aussi HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972.

F63 BC (5) pl. 43, ph.c

*Etheripecten fittoni* (MORRIS, 1845)

FN1 (13)                                      BIC 2 (22)

*Etheripecten lenisculus* (DANA, 1847) voir aussi FLETCHER, 1954

FNF (13) pl. 43,ph. d

*Eurydesma hobartensis* var *sacculum* (JOHNSTON, 1888); voir aussi HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972.

FMC (15) pl. 44,ph.b    FMD (15) pl.44, ph. a    FME (15)

*Eurydesma* sp.

F46 B ? (8)

*Fenestella* sp.

16.60+ (1)	16D (1)	14.613 (2)
14C (2)	F27.602 (6)	F 27.3 (6)
27KB (6)	F27.612 (6)	F27.605 (6)
F27Q (6) pl.40,ph.a	F27 H (6)	F27 N (6)
F27R (6)	F66.607 (9)	F66B (9)
F67A (10)	FN245 (13)	FN268 (13)
FN277 (13)	F75A (13)pl.40,ph.b	FA314 (15)
SS7 (16)	FE234 (17)	218 (18)
300 (18)	FG207 (20)	FG291 (20)
FG301 (20)	FG311 (20)	FK12.330 (23)

*Fletcherithyris farleyensis* faba    CAMPBELL, 1965.

295 ? (18)

*Fusispirifer* sp.

F68SK (11) pl. 46,ph.g

*Gilledia ulladullensis alta* (STEHLI, 1961); voir aussi CAMPBELL, 1965.

FG312 (20) pl. 50, ph. p

*Grantonia cracovensis* WASS, 1966.

160A (1) pl. 47, ph. c      FNB (13)      FR246 (17)  
D (18) pl. 47, ph. d      BIC 6 (21)      BIC 8 (21)

*Grantonia hobartensis* BROWN, 1953.

16 RH (1)	16A (1)	16E (1)
16F (1)	F58C ? ( 3)	F27PB ? (6)
F27B ? ( 6)	F27M (6)	F27R (6)
F59 (7)	F67RA (10)	FD5 (D) (12)pl.47,ph.i
FNA (13) pl. 47,ph.g	F68.1.SE (11)	F68.1.PD (11)pl.47,ph.h
F68UB (11)	F68UD (11)	FL275 (11)
FD5D (14)	FMA (15)	FM10 (15)
SSRA (16)	FA1 (16)	FA2 (16)
FA3 (16)	FA6 (16)	FA4 (16)
SSRK (16)	FA7 (16) pl.47,ph.e,f	FA (16)
SSRC (16)	FA5.321 (16)	A (18)
289 (18)	294 (18)	307 (18)
FGC (20)	FG296 (20)	FKA (23)
FK292 (23)	FK 313 (23)	FK5.322 (23)
FK7.324 (23)	FK9.326 (23)	FK10.328 (23)
FK11.329 (23)	FK12.330 (23)	

*Grantonia* sp.

16B ? (1)	F43.267 (3)	F27SI (6)
F27L ? (6)	FL274 (11)	FL283 (11)
FL284 (11)	SSRK (16)	FA15 (16)
FA9 (16)	FA3.318 (16)	FA4.320 (16)
287 (18)	306 (18)	Bic 7 (22)

*Keeneia ocula* voir FLETCHER, 1958.

F58B (3)      FLA (11) pl. 42, ph.a      FL 252 (11)

*Keeneia* sp.

FA4.320 (16)

*Lyroporella* sp.

FM 11 (15) pl. 40, ph. e

*Martiniopsis isbelli* (CAMPBELL, 1961); voir aussi HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972.

FN1 (13) pl. 49, ph. a      F68.I.MF (11) pl. 49, ph.b

*Martiniopsis magna* (CAMPBELL, 1961)

F68MS (11)	F68ML (11)	F68.I.(11)pl.49,ph.c
F68.I.LC (11)	F68LB (11)	F68.I.MN (11)
SSLD (16)	SS4 (16)	

*Martiniopsis ovata* (CAMPBELL, 1961)

FK17 (23)      FK313 (23)pl.49,ph.d et e

*Martiniopsis plana* (CAMPBELL, 1961)

13LF (3)	F43.OB (3)	F43.270(3)
F42C (3) pl.49,ph.k	F42D (3)	F57E ? (3)
F27LA (6) pl.49,ph.l	F27OC (6)	F27G (6)
FD8 (D) (12) pl.49,ph.i	FD7 (12)	FMA (13)
F68SK (11)	FL269 (11)	FL279 (11)
FL284 (11)	FD8D (14)pl.49,ph.g	FDD7 (14)pl.49,ph.h
FM10 (15)	FA5 (16)	FA8 (16)
FA3A (16)	SS 5 ? (16)	3.5 (18)
FG288 ? (20)	FG 210 ? (20)	FG293 (20)
FK1.316 ? (23)		

*Martiniopsis profunda* (CAMPBELL, 1961)

F43A (3) pl.49, ph.f	F63.OF (5)	FA4B (16)
FA6 (16)	D ? (18)	FG 312 (20)

*Martiniopsis symmetrica* (WAAGEN, 1883)

FE9 ? (17) pl. 49, ph. j

*Martiniopsis* sp.

16C ? (1)	16E (1)	16 F (1)
F43OK (3)	F42MH (3)	F57MI (3)
F58MB (3)	F43D (3)	F57F (3)
F 57D (3)	F27L ? (6)	F27P (6)
F66A (9)	F68.OH (11)	FL278 (11)
SSME (16)	SS1 (16)	206 (18)
289 (18)	FK250 (23)	

*Megadesmus nobilissimus* voir RUNNEGAR, 1965.

FH501 (21)                      FH502 (21) pl.44,ph.c,d                      FH503 (21)

FH504 (21)

*Merismoptera macroptera* (MORRIS, 1845)

F58F (3)                      F75A (7) pl.44, ph. f

*Mourlonia* sp.

F67D (10) pl. 42, ph.b

*Myonia carinata* (MORRIS, 1845) voir aussi DANA, 1847; RUNNEGAR, 1967.

F67 WE (10)                      F67 WD (10)                      F67WC (10)  
F67 WF (10)                      F67 YB (10)                      F67B (10)  
F67E (10)                      FNC (13)                      FND (13)pl.44, ph.e  
SSWG (16)                      SSWA (16)                      FGA (20)  
FG311 (20)

*Myonia corrugata* FLETCHER, 1932

SSXA (16)                      FBA (16) pl. 44, ph. g

*Myonia* sp.

F67C (10)                      F67F (10) pl. 45, ph.d                      F75C (13)

*Notospirifer hillae* HARRINGTON, 1955.

16 (1)                      16D ? (1)                      F57TG (3)  
F43SA ? (3)                      F42A (3)                      F42B (3)  
F57H ? (3)                      F57J ? (3)                      F57K ? (3)  
F58G ? (3)                      F63 (5) pl.50, ph.c                      F67A (10)  
FNF (13)                      FN268 (13) pl.50,ph.a                      FLSK (11)  
303 (18)                      FKA (23)                      FK8.325 (23)  
FL279 (11) pl.50, ph. f et h

*Notospirifer minutus* HARRINGTON, 1955

F63A (5)

*Notospirifer* sp.

F57MO (4) pl. 50, ph. b,d                      F42 (4)                      F27L ? (6)  
F67D ? (10)                      233 (18)



*Peruvispira trifilata* FLETCHER, 1958.

FA5.321 (16)                      SS3 (16)                      354 (16)  
SS5 (16)                      249 (18) pl.42,ph.e Bic3 (22)

*Peruvispira* sp.

FNF (13) pl.42,ph.c,d,f FA6.0 (16)                      SSAA (16)

*Polypora* sp.

14 A (2)                      FN245 (13)                      FG288 (20)  
FG304 (20)                      FG311 (20)

*Pseudosyrinx allandalensis* ARMSTRONG, 1970a.

F27PA (6) pl. 50, pl.j F27FC (6)

*Pseudosyrinx* sp.

SSAA (16) pl. 50, ph.g

*Punctospirifer australis* voir ARMSTRONG, 1970b.

16 (1) pl.50,ph.n                      16SG (1)                      16C (1)  
16F (1) pl. 50,ph.k,l,m                      13FE (3)                      F44 (7)  
F66KA (9) pl.50, ph.i                      F66JB (9)                      F66A (9)  
FL281 (11)                      FM10 (15)                      FF9 (17)  
FE246 (17)                      FE1.327 (17)                      PU (18)  
247 (18)                      220 (18)                      221 (18)  
232 (18)                      231 (18)                      206 (18)  
201 (18)                      241 (18)                      289 (18)  
295 (18)                      297 (18)                      298 (18)  
300 (18)                      303 (18)                      308 (18)  
FG301 ? (20)                      Bic 3 (22)                      FK 18 (22)  
FKA (22)                      FE13 (17)

*Punctospirifer etheridgei* ARMSTRONG, 1970b.

F75NA (13) pl. 50, ph.o FM 10 ? (15)                      FGZ91 (20)

*Punctospirifer* sp.

16FK (1)

*Stenopora crinita* LONSDALE, 1844.

F75D (13) pl. 40, ph. d FM213 ? (15)

*Stenopora ovata* LONSDALE, 1844.

F07 ? (12) FDD7 ? (14) pl.40,ph.c FG208 ? (20)  
FG209 ? (20) FG312 (20)

*Stenopora* sp.

14C (2) F63A (5) F27.614 (6)  
F27E (6) F27K (6) pl.40,ph.f F27L ? (6)  
F59 (7) FN268 (13) FN277 (13)  
F75A (13) F75E (13) pl.40,ph.g SS2 (16)  
SS7 (16) FG291 (20) GF311 (20)

*Streblopteria engelhardti* (ETHERIDGE et DUN, 1906). Voir aussi FLETCHER, 1929.

F63A (5) F27.612 (6) pl.45, ph.a

*Stutchburia compressa* (MORRIS, 1845 dans STRZELECKI, 1845).

14A (2)

*Stutchburia costata* (MORRIS, 1845 dans STRZELECKI, 1845)

F68SK ? (11)

*Subansiria transversa* ARMSTRONG, 1970 a.

FMB (15)

*Subansiria* sp.

16JA ? (1) pl.47, ph.a 16FC (1) pl. 47, ph.b F66JB (b)  
F753B (13) FL275 ? (11)

*Sulciplica phalaena* (DANA, 1847)

14 (2) pl. 47, ph.1 FLSJ (11) FA10 (16)  
SS6 (16) pl. 47, ph.k

<i>Sulcipleca stutchburii</i> (ETHERIDGE, 1892)		
16SO (1)	16SG (1) pl.48,ph.d	14TJ (1)
16FC (1)	13A (3)	F43D ? (3)
16B ? (1)	16F (1)	14FDB (2)
F27TB (6) pl.48, ph. a,b	F27TC (6) pl.47,ph.m et pl.48,ph.f et g	F27TE (6)
F27TH (6)	F27SD (6)	F274 ? (6)
F67F (10)	FD14 (B) (12)	<del>F75FC</del> (13)
FA6.0 (16)	SS3 (16)	SS4 (16)
A (18)	C (18)	286 ? (16)
303 (18)	308 (18)	FGC (20)
Bic4 (22) pl.48, ph.c	FKC (23)	FKB (23)
FK4.317 (23)		

*Sulcipleca tasmaniensis* (MORRIS, 1845)

16 (1)	F27AA (6)	FA6.0 (16)
247 (18) pl.48, ph.m	FG304 (20) pl.48, ph. e	FK313 (23)

*Sulcipleca transversa* WATERHOUSE, 1968.

F59UC (7)	FNST (13)pl.48,ph.i	F68.1.ED (11)
FG8.1.S(11)	FA3A (16)pl.48,ph.j	pl.48,ph.h FA11 (16)

*Sulcipleca* sp. *B.vbir* RINNEGAR & Mc CLUNG, 1975.

16SQ ? (1)	16SG (1)	14B (2)
F43SA (4)	F27H ? (6)	F46A (8)
F66A (9)	FNSA ? (13)	FNST (13)
FN277 (13)	F75A (13)	F75E (13)
F75G (13)pl.48,ph.k	F68.1. (11)	FLSC ? (11)
FLSD ? (11)	FLSE ? (11)	FLSF ? (11)
FLSG ? (11)	FLSK ? (11)	FLSL ? (11)
F68TI ? (11)	FL248 (11)	FL269 (11)
FL271 (11) pl.48,ph.n	FL 272 (11)	FL276 (11)
FL278 (11)pl.48, ph.1	FL279 (11)	FL280 (11)
FLSH (11)	FL281 (11)	FL282 (11)
FL283 (11)	FL284 (11)	FMSB (15)
FM10 (15)	SS1 (16)	SS3 (16)
FE246 ? (17)	B (18)	309 (18)
FGB (20)	FG215 (20)	FG311 (20)
Bic 5 (22)	Bic3 (22)	FK2.315 (23)

*Taeniothaerus subquadratus* (MORRIS, 1845) voir aussi COLEMAN, 1957.

F27CA (6) pl.46, ph.e

*Terrakea brachythaera* (MORRIS, 1845)

16QA (1)	16SG ? (1)	16D (1)
F63.606 (5)	F27AA (6)	F27AK (6)
F27AO (6)	F27.605 (6)	FD400 (c) (12)
FDC (14)	FD (14)	FD400 c (14)
FE234 ? (17)	FE246 (17) pl.46,ph.i	402 (18)
405 (18)	247 (18) pl.46, ph.k	242 (18)
229 (18)	220 (18)	214 (18)
221 (18)	219 (18)	225 (18)
232 (18)	233 (18)	238 (18)
289 (18)	295 (18)	302 ? (18)
306 (18)	307 (18)	FG4AC (20)
FK403 (23)	FK401 (23)	FK404 (23)
FK406 (23)	FK3.316 (23)	FK6.323 (23)
FK8.325 (23)		

*Terrakea concava* WATERHOUSE, 1964 .

16AL (1)

FXK (23)

*Terrakea elongata* DEAR, 1971 .

F27AN (6) pl. 46, ph. 1

*Terrakea pollex* HILL, 1950.

16A (1)

16FD (1) pl.46, ph.m

*Terrakea* sp.

16E (1)

F27AM (6)

F27.608 (6)

F27D (AF) (6)

407 (18)

FK251 (23)

*Thamnopora wilkinsoni* voir HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972 .

BICTW (22) pl. 44, ph.b et c

*Vacunella curvata* (MORRIS, 1845) voir aussi HILL, PLAYFORD & WOODS, 1972 .

F67YB (10) pl. 45, ph. b et c

*Vaccinella* sp.

14YA (2)

F67YC (10)

*Volsellina mytiliformis* (ETHERIDGE, 1892). Voir aussi HILL,  
PLAYFORD & WOODS, 1972.

BIC 9 (22)

BIC 10 (22)

*Walnichollisia pygmaea* (FLETCHER, 1958)

FLSJ (11) pl. 42, ph. h

*Wynthamia halimoodensis* BOOKER, 1929; voir aussi WATERHOUSE, 1964;  
CLARKE, 1969h

F66AI (9) pl. 45, ph. f F66AJ ? (9)

F66AD ? (9)

*Wynthamia jukesii* (ETHERIDGE, 1880); voir aussi CLARKE, 1969b.

16SG ? (1)

16FC (1) pl. 45, ph. g 16DA (1) pl. 46, ph. a, b, d

16FB (1) pl. 45, ph. h

F44 (7) pl. 46, ph. c F66AI ? (9)

F66AJ ? (9)

F66AD ? (9)

FD11 (B) (12) pl. 45, ph. i

FM10 (15)

FE2.16 (16)

FE246 (17)

241 (18) pl. 45, ph. j 289 ? (18)

*Wynthamia* sp.

BIC 3 (22)

FK4.317 (23)

Crinoïdes :

14.613 (2)

14A (2)

14C (2)

F27.608 (6)

F75C (13)

F75D (13)

F75E (13)

Pectinidés :

F43C (4)

F43D (4)

F57I (4)

F58A (4)

F58E (4)

F58I (4)

214 (18)

**Productidés :**

16.601 (1)	10B (2)	13.216 (3)
F27AH (6)	F27BA (6)	F27.602 (6)
F27E (6)	F66.607 (9)	FN245 (13)
SS6 (16)	FE235 (17)	218 (18)
FK239 (23)	FK240 (23)	FK228 (23)
FK224 (23)	FK244 (23)	

**Spiridéridés :**

F57I (4)	F57L (4)	27KB (6)
F27.612 (6)	F270 (6)	F66.607 (9)
FA314 (16)	FA2.319 (16)	297 (18)

**Térébratulidés :**

300 (18)	FG304 (20)
----------	------------

**Trochoïdés :**

F57G (4)

**Traces de vers (worm-casts)**

F42D (4)	F43B (4)	F57A (4)
F57B (4)	F57C (4)	F58A (4)
F58I (4)	F61 (4)	FM212 ? (15)
FC (19)	FG203 (20)	FK204 (23)

### 5.3. LES RESULTATS

Pour chaque gisement fossilifère, un tableau a été dressé (fig. 105 à 127). Dans la colonne de gauche, on peut lire le nom de genre et d'espèce des différents individus et dans la colonne de droite, on a indiqué par un trait gras le *range* (l'extension verticale) des différentes espèces.

Le chiffre en haut et à gauche des tableaux indique :

le numéro du gisement fossilifère dont on trouvera la localisation sur la figure 104.

Dix faunizones sont reconnues (fig. 32, 33 et 34) (CLARKE et BARKER 1975)

1. zone à *Cyrtella-Streptorhynchus*
2. zone à *Eurylesma cordatum*
3. zone à *Notosmirifer-sulciplica*
4. zone à *Cancrinella farleyensis*
5. zone à *Taeniothaerus subquadratus*
6. zone à *Sulciplica stutchburi*
7. zone à *Terrakea concava-Eurylesma*
8. zone à *Terrakea concava-Deltopecten*
9. zone à *Martiniopsis magna-Wyndhamia dakwoodensis*
10. zone à *Wyndhamia ovalis*

Les points noirs indiquent des anomalies :

- soit que l'identification du fossile est erronée,
- soit que l'extension verticale du fossile déterminé est différente de celle admise à ce jour.

(Une étude détaillée de ces anomalies a lieu actuellement au *Geology Department* de l'Université de Tasmanie).

#### Légende des figures 105 à 127 :

Extension verticale des différentes espèces rencontrées dans chaque gisement fossilifère.

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Wyndhamia jukesi</i>				—————						
<i>Terrakea brachythaera</i>					●	—————	—————	—————		
<i>Terrakea concava</i>						●	—————			
<i>Terrakea pollex</i>					—————					
<i>Subansiria</i> sp.					—————					
<i>Grantonia hobartensis</i>					—————					
<i>Grantonia cracovens</i>						—————	—————			
<i>Sulcipleca stutchburii</i>				—————	—————					
<i>Sulcipleca tasmaniensis</i>						—————	—————			
<i>Notospirifer hillae</i>					—————					
<i>Punctospirifer australis</i>						—————	—————			
<i>Conocardium</i> sp.						—————	—————	—————		
<i>Deltopecten limaeformis</i>						—————	—————	—————		

1 On note également la présence de :  
 Fenestellidés et  
*Martiniopsis* sp.

L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*)



Fig. 105.-



2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Polypora</i> sp.	—————									
<i>Sulcifica phalaena</i>							—————			
<i>Sulcifica stutchburii</i>			—————							
<i>Stutchburia compressa</i>					—————					
<i>Atomodesma</i> (sub-genus) <i>Aphanaia</i> sp.				—————						

2 On note également la présence de :

Fig106.-

*Stenopora* sp.

Fenestellidés

*Vacunella* sp.

Crinoïdes

L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 7  
(zone à *Terrakea concava*-*Eurydesma*)

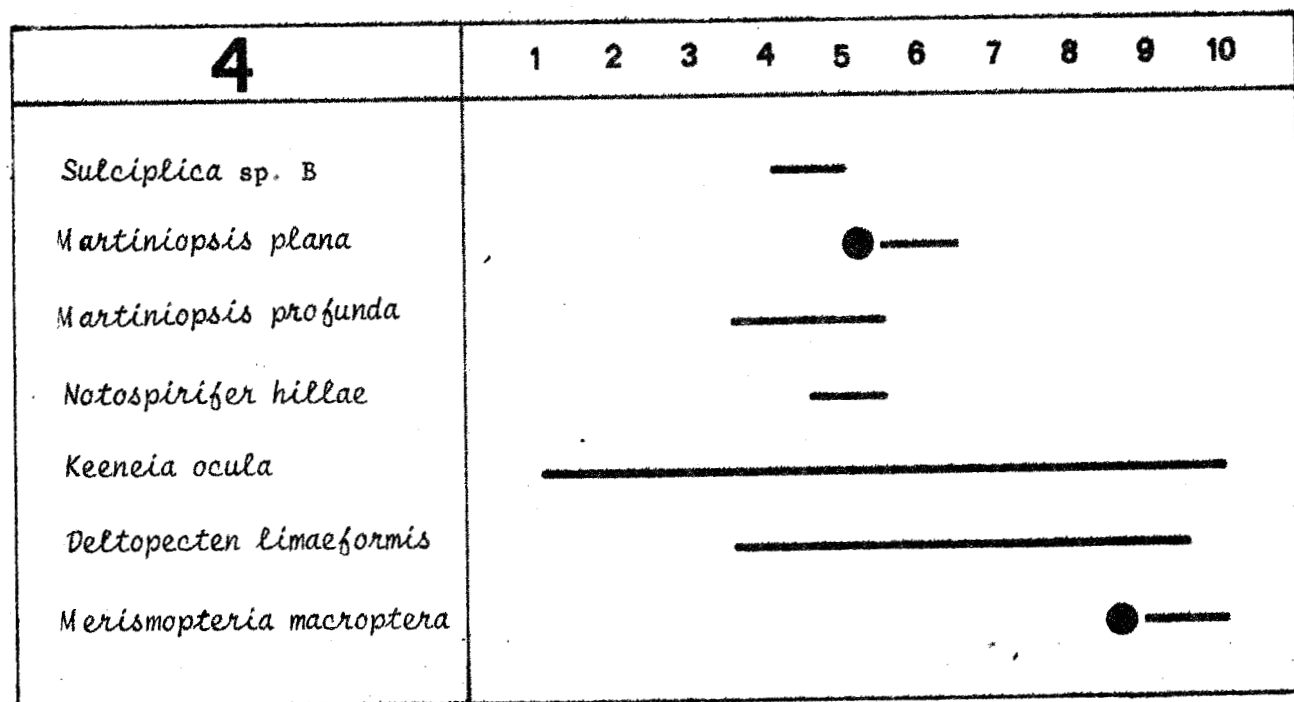
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Sulcifica stutchburii</i>			—————							
<i>Martiniopsis plana</i>					—————					
<i>Punctospirifer australis</i>				—————						

On note également la présence de Productacés.

3 L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 6  
(zone à *Sulcifica stutchburii*)

Fig.107.-





4 On note également la présence de :

*Stenopora* sp.

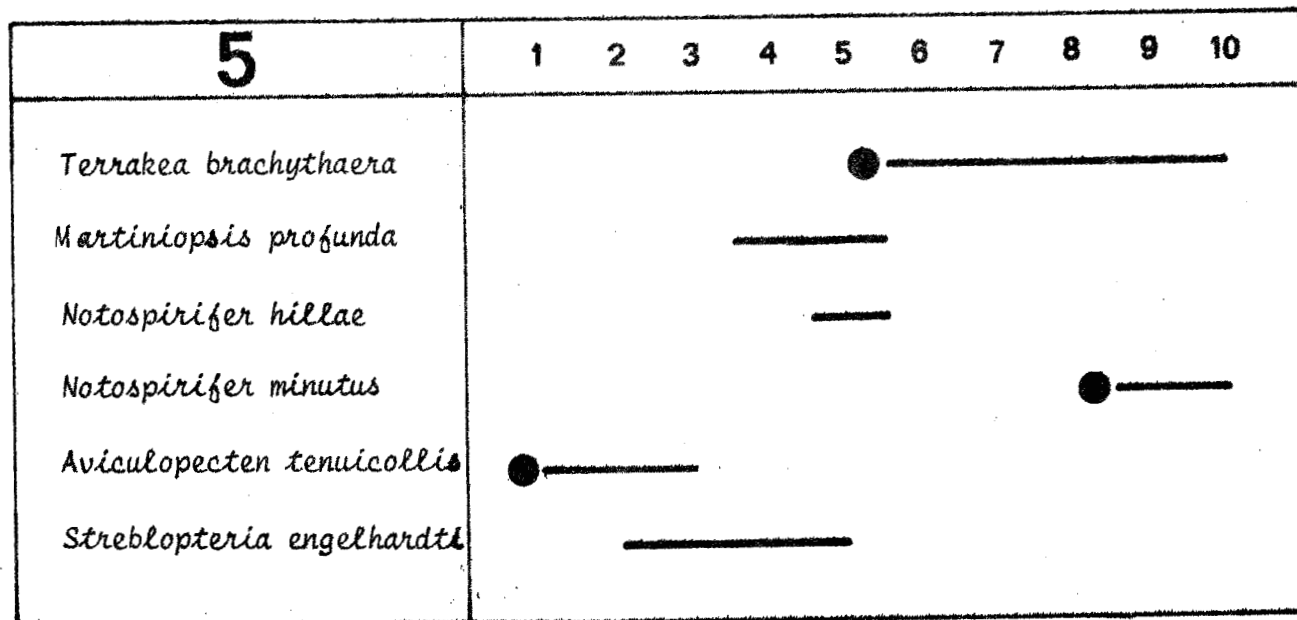
*Grantonia* sp.

Gastéropodes

ainsi que des traces de vers.

Fig.108.-

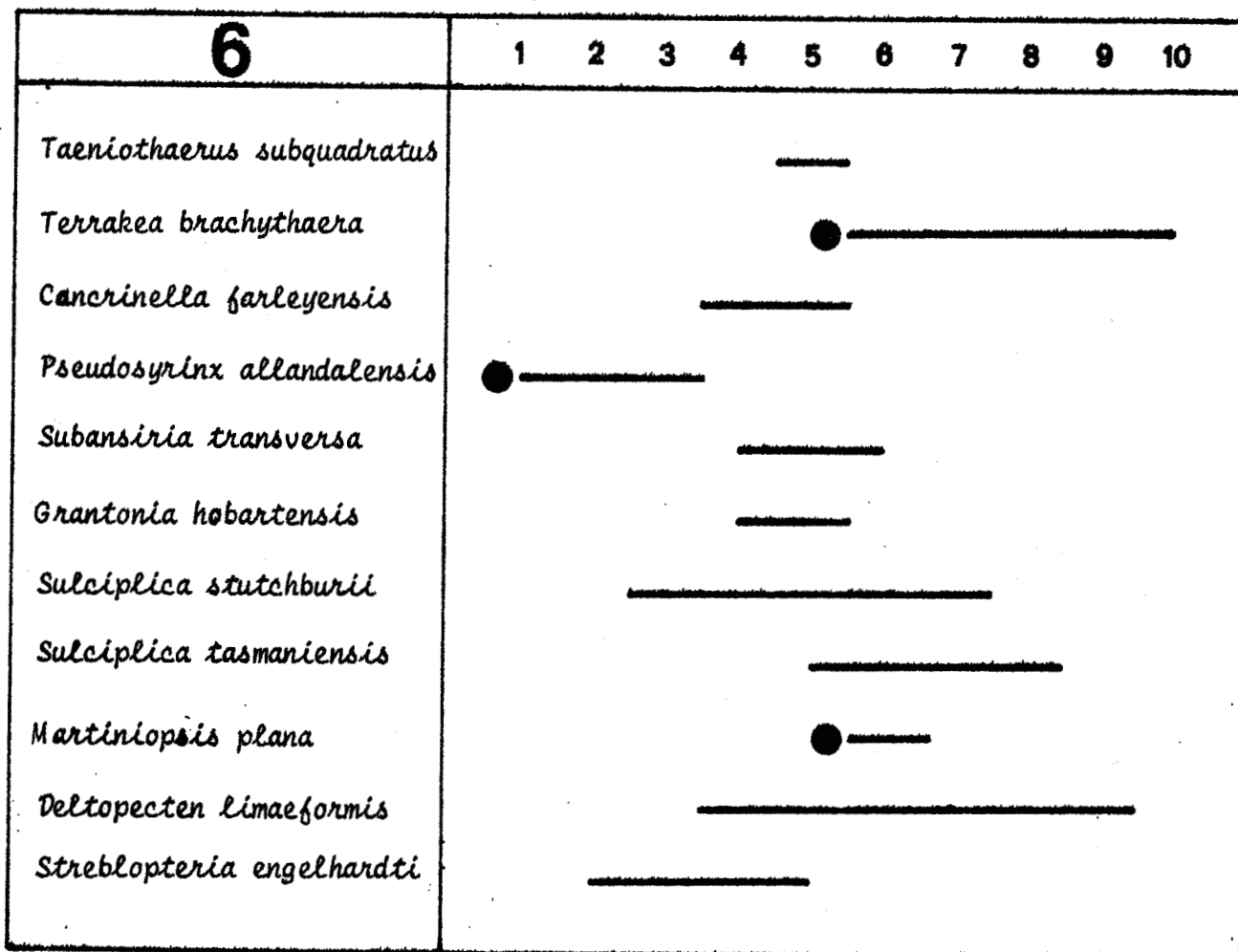
L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement aux faunizones 4 ou 5 probablement légèrement inférieur à 5 (faunizone 5 : zone à *Taeniothaerus subquadratus*)



5 On note également la présence de plantes et de *Stenopora* sp.

L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*)

Fig.109.-



6 On note également la présence de *Stenopora* sp. et de Fenestellidés. On y observe par ailleurs des restes de Crinoïdes.

L'assemblage faunistique correspond clairement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*).

Fig. 110.-



<b>7</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Wyndhamia jukesi</i>				—————						
<i>Punctospirifer australis</i>				—————						
- les échantillons F 44 FA correspondent vraisemblablement aux faunizones 4 ou 5, probablement 5 (zone à <i>Taeniothaerus subquadratus</i> )										
<i>Grantonia hobartensis</i>				—————						
- les échantillons F 59A correspondent vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à <i>Taeniothaerus subquadratus</i> )										
<i>Sulciplica transversa</i>								—————		
les échantillons F 59 UC correspondent vraisemblablement aux faunizones 7 à 10 (8 : zone à <i>Terrakea concava</i> - <i>Deltopecten</i> ; 9 : zone à <i>Martiniopsis magna</i> - <i>Wyndhamia dalwoodensis</i> ; 10 : zone à <i>Wyndhamia ovalis</i> )										
<i>Merismopteria macroptera</i>										—————
- les échantillons F 65 <del>α</del> A correspondent à la faunizone 10.										

7 A ce lieu de prélèvement les divers échantillons doivent correspondre à plusieurs faunizones.

- de plus les échantillons F 61 montrent la présence de vers.

Fig.111.-

8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Sulcipleca</i> sp. B				—						Fig.112.-	
<i>Deltopecten limaeformis</i>				—————							

8 On note également la présence d' *Eurydesma* sp. (sous réserve ).

L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*)

9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<i>Wyndhamia jukesi</i> = <i>dalwoodensis</i>				—————							
<i>Subansiria</i> sp.				—————							
<i>Punctospirifer australis</i>				—————							Fig.113.-

9 On note également la présence de Fenestellidés et de *Martiniopsis* sp.

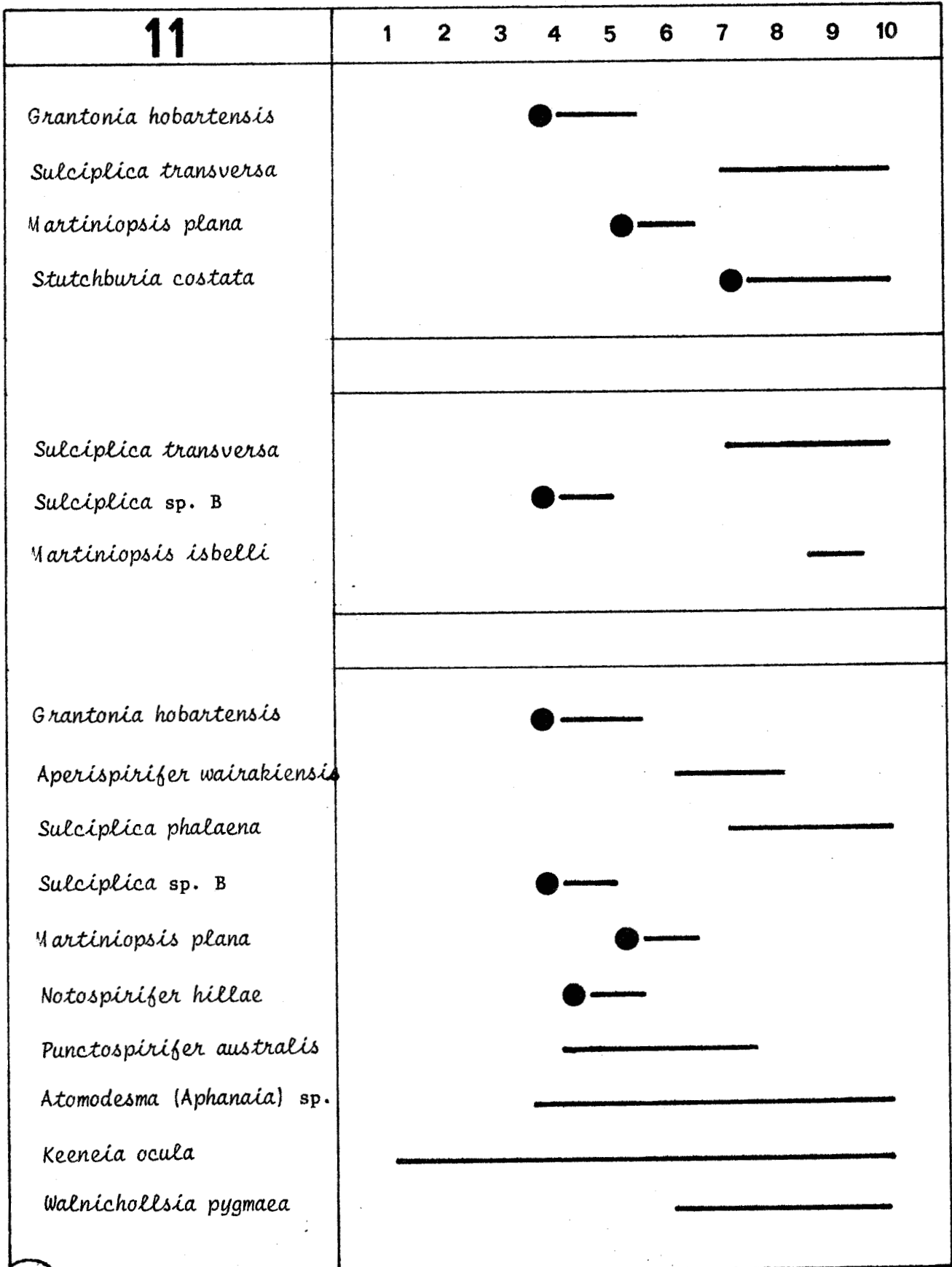
L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement aux faunizones 5 à 7 et probablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*)

10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Grantonia hobartensis</i>				—————						Fig.114.-
<i>Sulcipleca stutchburii</i>			—————							
<i>Notospirifer hillae</i>				—————						
<i>Vacunella curvata</i>						—————				
<i>Myonia carinata</i>						● —————				

10 On note également la présence de Fenestellidés et de Gastéropodes.

L'assemblage faunistique correspond aux faunizones 5 ou 6 et vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*).





BMS  
LILLE

Fig. 115.-

11 Ici encore, nous avons un mélange de diverses faunizones qu'on peut distinguer en fonction de la lithologie.

- les échantillons F 68 de siltites montrent également la présence de *Fusispirifer* sp. L'assemblage faunistique correspond peut-être à la faunizone 7 (zone à *Terrakea concava* - *Eurydesma*).
- l'assemblage faunistique des échantillons gréseux F 68 correspond vraisemblablement aux faunizones 8 ou 9

- l'assemblage faunistique des échantillons de la série en FL correspond vraisemblablement à la faunizone 7

12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Wyndhamia jukesi</i>				—————						
<i>Taeniothaerus subquadratus</i>					—————					
<i>Grantonia hobartensis</i>				—————						
<i>Aperispirifer wairakiensis</i>						●	—————			
<i>Sulciplica stutchburii</i>			—————				—————			
<i>Martiniopsis plana</i>					●	—————				

12 On note également la présence de *Stenopora* sp.. L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*)

Fig. 116.-

13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Stenopora crinita</i>										
<i>Cancrinella farleyensis</i>										
<i>Sulcipleca stutchburli</i>										
<i>Sulcipleca tasmaniensis</i>										
<i>Sulcipleca</i> sp. B										
<i>Punctospirifer etheridgei</i>										
<i>Deltopecten limaeformis</i>										
<i>Grantonia hobartensis</i>										
<i>Grantonia cracovens</i>										
<i>Sulcipleca transversa</i>										
<i>Sulcipleca</i> sp. B										
<i>Martiniopsis plana</i>										
<i>Notospirifer hillae</i>										
<i>Deltopecten leniusculus</i>										
<i>Atomodesma (Aphanaia) sp.</i>										
<i>Myonia carinata</i>										
	FN									
<i>Martiniopsis isbelli</i>										
<i>Deltopecten fittoni</i>										
	FN 1									

BUS  
LIELE

Fig. 117.-



Ici de nouveau les échantillons sont mélangés. On constate qu'une série de fossiles correspond vraisemblablement aux faunizones 5 ou 6, vraisemblablement 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*). De plus on y observe des Fenestellidés, *Stenopora* sp. et des Crinoïdes.

13

Les échantillons en FN (siltites) présentent en plus :

*Stenopora* sp.

*Polypora* sp.

des Fenestellidés

des Productidés

et *Peruvispira* sp.

L'assemblage faunistique correspond probablement aux faunizones 6 ou 7, vraisemblablement 6 (zone à *Sulcipleca stutchburii*)

Les échantillons en FN 1 (siltites) correspondent peut-être aux faunizones 9 ou 10, vraisemblablement 9 (zone à *Martiniopsis magna* - *Wyndhamia dalwoodensis*).

14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Stenopora</i> prob. <i>ovata</i>				—————						
<i>Wyndhamia jukesi</i>				—————						
<i>Terrakea brachythaera</i>						—————				
<i>Grantonia hobartensis</i>				—————						
<i>Aperispirifer wairakiensis</i>						—————				
<i>Aperispirifer lethamensis</i>							—————			
<i>Martiniopsis plana</i>						—————				
<i>Atomodesma (Aphanaia) sp.</i>				—————						

Fig.118.-

- 14 L'assemblage faunistique des échantillons de ce lieu de prélèvement correspond vraisemblablement à la faunizone 5 ou 6, probablement 6

15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Stenopora crinita</i>				—————						
<i>Lyroporella</i> sp.					—					
<i>Wyndhamia jukesi</i>				—————						
<i>Grantonia hobartensis</i>				—————						
<i>Sulcipleca</i> sp. B					—					
<i>Martiniopsis plana</i>					● —					
<i>Punctospirifer australis</i>				—————						
<i>Eurydesma hobartensis</i> var. <i>sacculum</i>	—————									
<i>Camptocrinus</i> sp.	—————									

- 15 L'assemblage faunistique des échantillons de ce lieu de prélèvement correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*).



Fig. 119.-











16	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
<i>Wyndhamia jukesi</i>	
<i>Myonia corrugata</i>	
<b>SERIE EN FB</b>	
<i>Grantonia hobartensis</i>	
<i>Sulcipleca stutchburii</i>	
<i>Sulcipleca phalaena</i>	
<i>Martiniopsis magna</i>	
<i>Martiniopsis plana</i>	
<i>Peruvispira trifilata</i>	
<i>Myonia carinata</i>	
<i>Myonia corrugata</i>	
<b>SERIE EN SS</b>	

Fig.120.-



<b>16 suite</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Grantonia hobartensis</i>				●	—————					
<i>Aperispirifer lethamensis</i>							—————	—————		
<i>Aperispirifer wairakiensis</i>							—————			
<i>Sulcipleca phalaena</i>							●	—————	—————	
<i>Sulcipleca stutchburii</i>					—————	—————				
<i>Sulcipleca tasmaniensis</i>						—————				
<i>Sulcipleca transversa</i>							●	—————	—————	
<i>Martiniopsis magna</i>							—————	—————		
<i>Martiniopsis plana</i>							—————			
<i>Martiniopsis profunda</i>				●	—————					
<i>Peruviuspira trifilata</i>					—————	—————	—————	—————		
<i>Deltopecten limaeformis</i>								—————	—————	
	<b>SERIE EN FA</b>									

**16** Les échantillons de la série en FB correspondent aux faunizones 5 ou 6. Ceux de la série en SS (grès) caractérisent les faunizones 5 ou 6, vraisemblablement 6. De plus on y observe *Stenopora* sp.

Ceux de la série en FA représentent probablement les faunizones 6 ou 7.

5 : zone à *Taeniothaerus subquadratus*

6 : zone à *Sulcipleca stutchburii*

7 : zone à *Terrakea concava* - *Eurydesma*

Fig. 121.-



Les fossiles de cet assemblage correspondent vraisemblablement à la faunizone 5  
 17 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*). De plus on y observe divers Fenestellidés non identifiés.

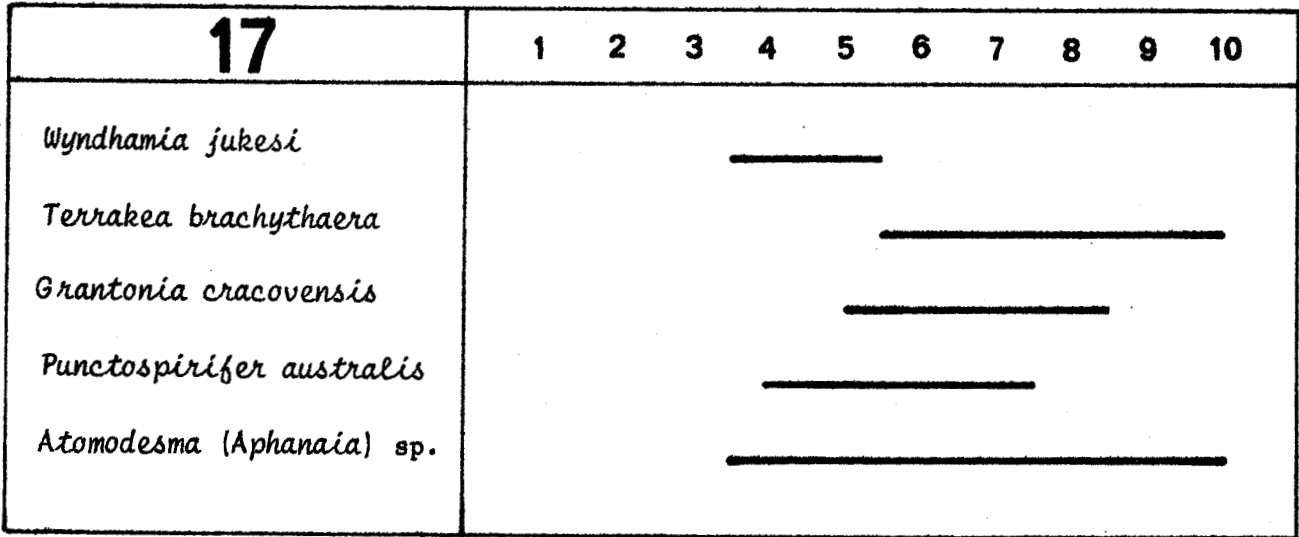


Fig122.-

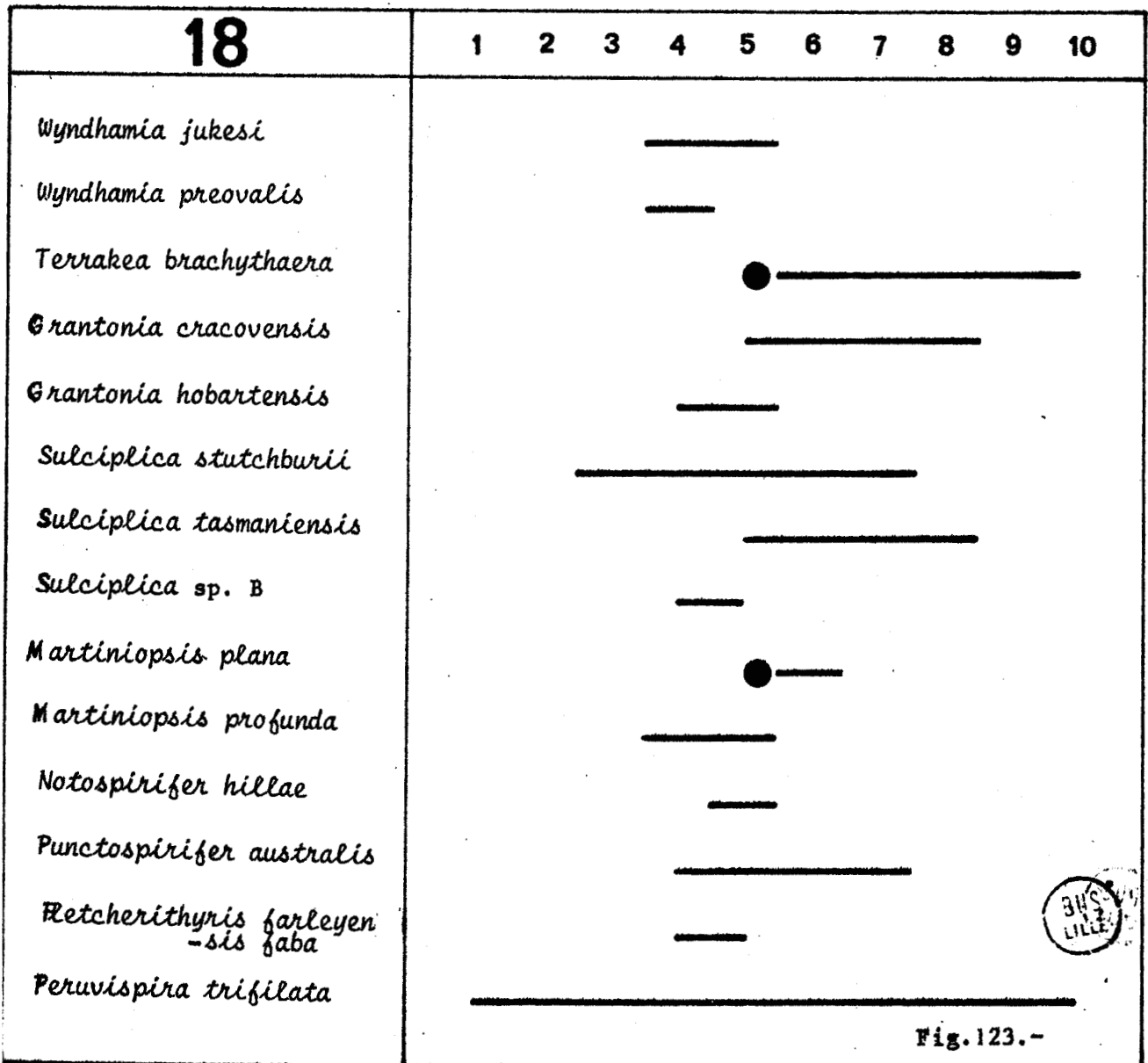


Fig. 123.-

18 On y observe également des Fenestellidés et des Pectinidés. L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*).

**19**


19 Ce lieu de prélèvement n'a fourni que des restes de l'activité de vers. Il n'est pas possible d'en tirer un âge.

20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Stenopora prob.ovata</i>				—————						
<i>Terrakea brachythaera</i>					—————					
<i>Grantonia cracovensis</i>					—————					
<i>Grantonia hobartensis</i>				●	—————					
<i>Sulcipleca stutchburii</i>			●	—————						
<i>Sulcipleca tasmaniensis</i>					—————					
<i>Sulcipleca sp. B</i>				●	—————					
<i>Martiniopsis plana</i>					—————					
<i>Martiniopsis profunda</i>			●	—————						
<i>Notospirifer hillae</i>				●	—————					
<i>Gilledia ulladullensis</i> <i>alta</i>						—————				
<i>Atomodesma (Aphanaia) sp.</i>				—————						
<i>Deltopecten limaeformis</i>				—————						
<i>Myonia carinata</i>						—————				














20 On y note également *Fenestella* sp. et *Polypona* sp. L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 6 (zone à *Sulcipleca stutchburii*).

Fig.124.-

21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Megadesmus nobilissimus</i>										
Fig. 125.-										

21 La faune trouvée en ce point représente probablement la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*) mais elle peut aller jusqu'à 8 ou 9

22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Thamnopora wilkinsoni</i>										
<i>Cancrinella farleyensis</i>										
<i>Grantonia cracovenssis</i>										
<i>Sulcipleca stutchburii</i>										
<i>Sulcipleca</i> sp. B										
<i>Notospirifer hillae</i>										
<i>Punctospirifer australis</i>										
<i>Peruvispira trifilata</i>										
<i>Ulsellina mytiliformis</i>										
<i>Aviculopecten extensus</i>										
<i>Deltopecten fittoni</i>										
Fig. 126.-										



22 L'assemblage faunistique caractérise la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*). On y observe également *Wyndhamia* sp.

23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Cancrinella farleyensis</i>				—————						
<i>Terrakea brachythaera</i>					●—————					
<i>Terrakea concava</i>						●—————				
<i>Grantonia hobartensis</i>				—————						
<i>Sulcipleca stutchburii</i>			—————	—————	—————					
<i>Sulcipleca tasmaniensis</i>					—————	—————				
<i>Martiniopsis ovata</i>				—————						
<i>Notospirifer hillae</i>					—————					
<i>Punctospirifer australis</i>					—————	—————				
<i>Atomodesma (Aphanaia) sp.</i>					—————	—————	—————	—————	—————	—————

23 Ce dernier lieu de prélèvement présente aussi des Fenestellidés non identifiés ainsi que *Wyndhamia* sp.

L'assemblage faunistique correspond vraisemblablement à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*).

Fig.127.-





#### 5.4. CONCLUSIONS

La figure 128 montre que nous n'avons pas d'assemblage faunistique caractérisant une faunizone inférieure à 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*). Ceci est dû au manque d'informations car aucun fossile animal n'a été trouvé dans les formations inférieures à la formation 5 (*Worm-cast Sandstone*).

On constate que la faunizone 5 est riche en faciès lithologiques et groupe les formations 5 (*Worm-cast Sandstone*) partiellement, 6 (*Bryozoan Siltstone*), 7 (*Peter Limestone*), 12 (*Fossiliferous Siltstone*), 13 (*Megadesmus nobilissimus Sandstone*), 14 (*Chertified Unit*).

Ceci corrobore les observations de terrain exposées au chapitre 3. Nous avons une nouvelle preuve des changements latéraux de faciès (fig. 129) car des espèces, différentes certes (facteurs écologiques), mais datées du même âge, apparaissent dans les formations différentes caractérisées par un faciès lithologique différent.

Cela est très net pour l'évolution du Nord vers le Sud de la faunizone 5 où l'on passe d'un calcaire à des grès grossiers.

Le *Peter Limestone* (bien caractéristique de la faunizone 5, donc bien daté au sein du Permien) est recouvert par un ensemble de grès feldspathico-glauconieux. L'analyse biostratigraphique détaillée démontre que ces couches possèdent des assemblages faunistiques caractérisant les faunizones 6 à 10 et cela est très variable localement. Il serait souhaitable ultérieurement de ne s'intéresser qu'à cette formation (*Glauconitic Sandstone*) et de le carter encore plus finement. A ce stade de l'étude, il n'est pas possible de dire si à chaque point (érosion mise à part), on a les faunizones 6 à 10 ou bien s'il existe des lacunes de sédimentation (ce qui semblerait le cas vu les faibles épaisseurs de cette formation en certains endroits et dont on retrouve une faune qui s'étage de 6 à 10 et pour laquelle il manque la faunizone 8 par exemple.

Pour les unités sous-jacentes à la faunizone 5, nous n'avons que peu d'éléments. Géométriquement, nous pouvons nous faire une idée de la position des formations les unes par rapport aux autres, mais nous ne pouvons les dater. Aussi avons nous eu recours à l'étude de la flore.

## 5.5. LA FLORE

### 5.5.1. La macroflore

La formation 2 (*Plant-bearing Siltstone*) possède des restes de plantes attribués aux *Gangamonteris*. On a pu y reconnaître *Neoggerathiopsis*. Ces restes sont mal conservés et ils ne livrent pas l'âge des sédiments qui les renferment.

La formation 9 (*Cross-laminated Sandstone*) possède des restes de plantes non identifiables.

### 5.5.2. La microflore

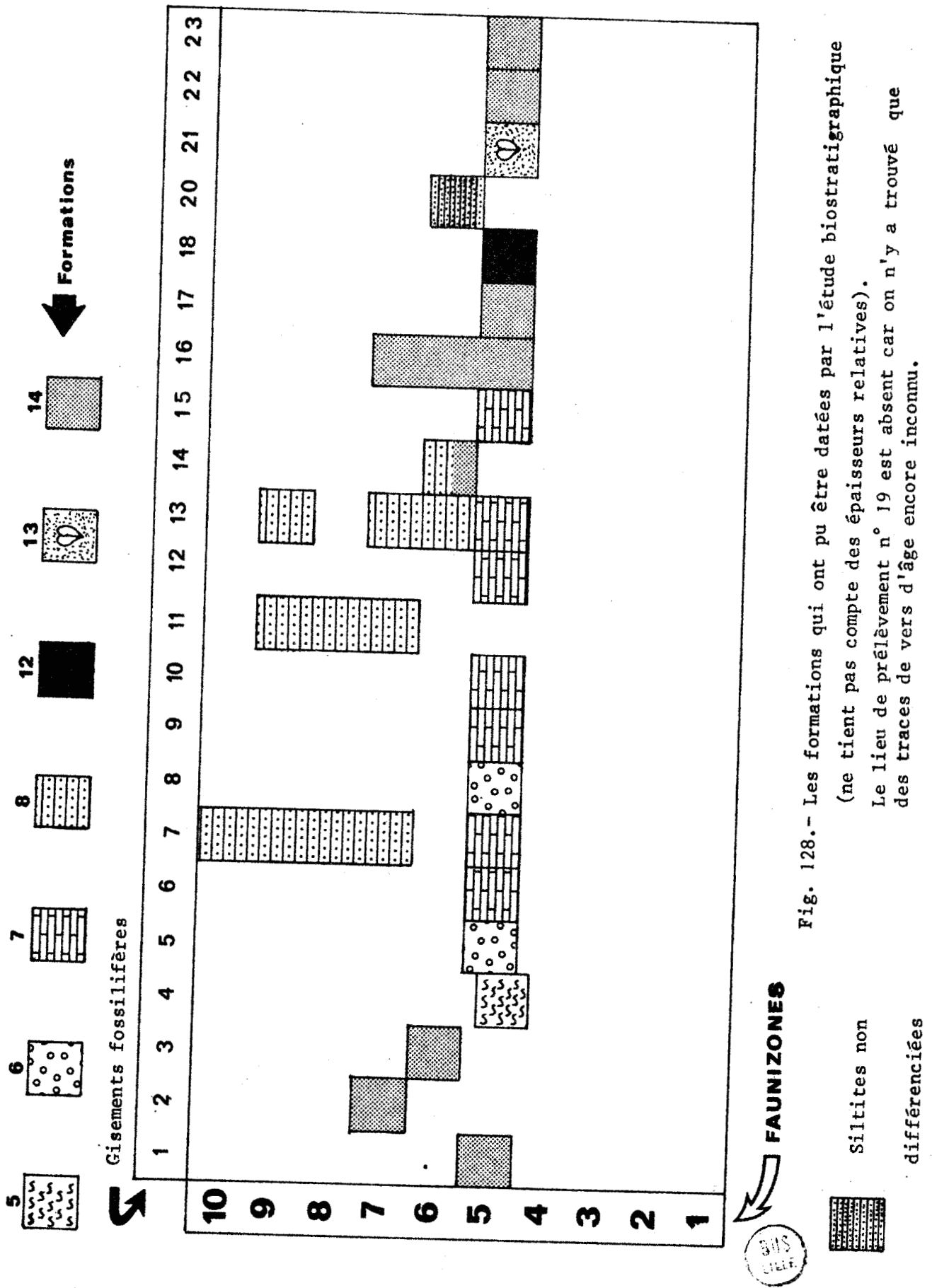
La recherche de microflore a porté sur les échantillons gréseux des formations 2 et 9. Cependant aucune spore n'a pu être dégagée de la matrice.

## 5.6. CONCLUSIONS GENERALES

On peut effectuer à la lumière de l'étude biostratigraphique des corrélations pour chaque colonne stratigraphique correspondant à chaque gisement fossilifère. Cela est illustré par les figures 128 et 129.

On constate que la faunizone 5 regroupe plusieurs formations, donc ici plusieurs faciès lithologiques: des siltites, des grès, des calcaires, des cherts. De même pour la faunizone 6 qui regroupe siltites, cherts et grès.

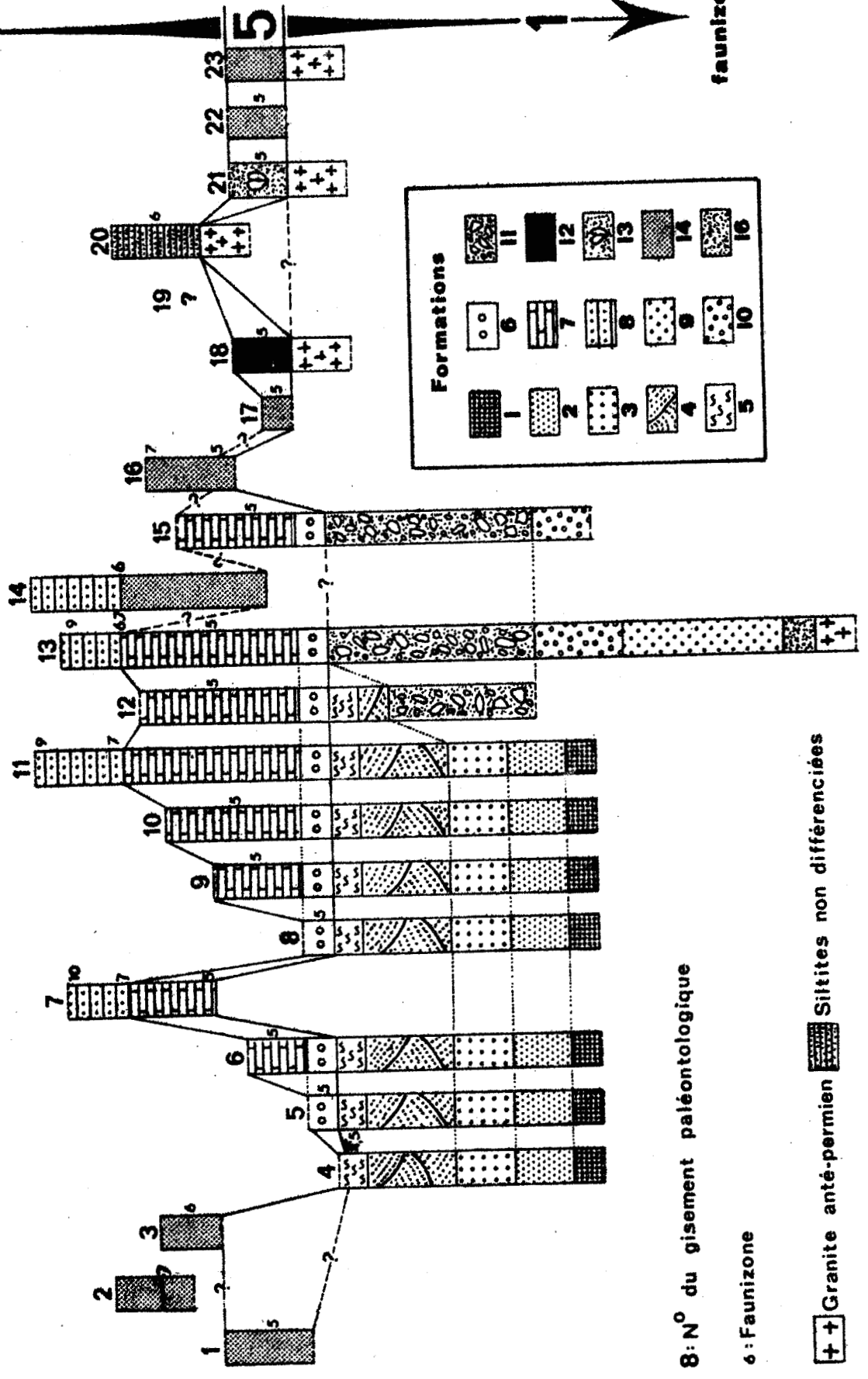
Enfin au sein du *Parmeener Super-Group* (fig. 32), les formations 1,2,3,4,5,9,10,11,15 et 16 appartiennent à la *Lower Freshwater Sequence*. Quant aux formations 6,7,8,12,13 et 14, elles appartiennent à l'*Upper Marine Sequence*.



10

faunizones

Fig. 129.- Les corrélations biolithostratigraphiques



BNS  
LILLE

8: N° du gisement paléontologique

6: Faunizone

+ Granite anté-permien  
Siltites non différenciées

**PLANCHES ———**  
**PHOTOGRAPHIQUES**

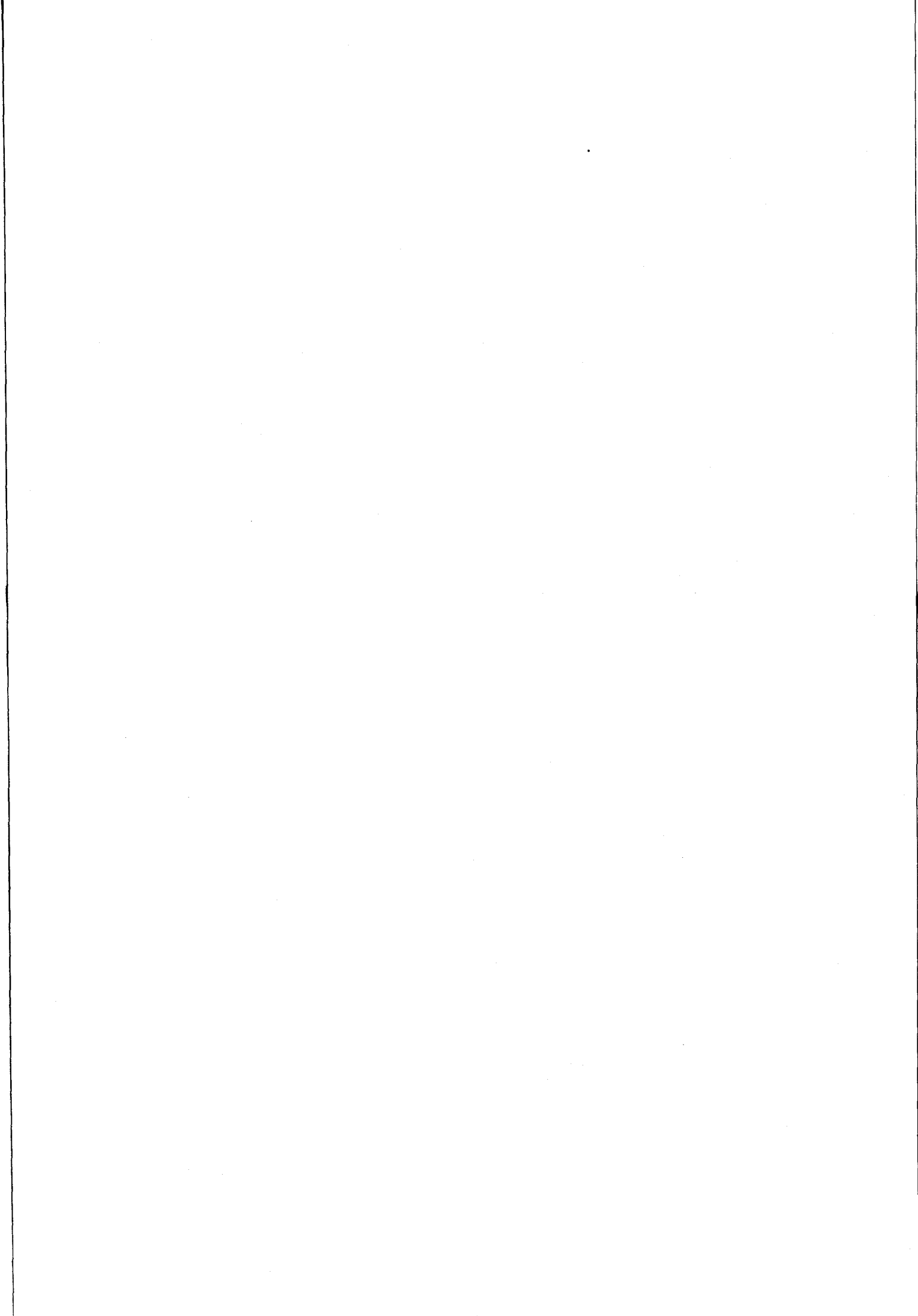


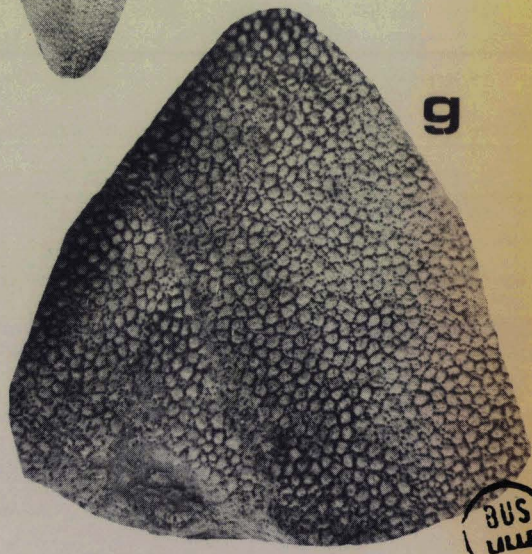
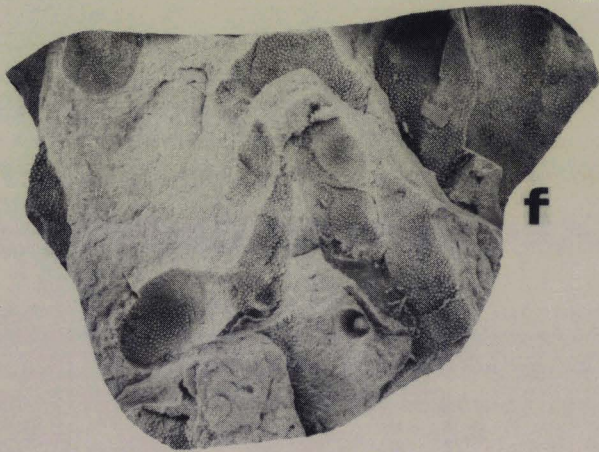
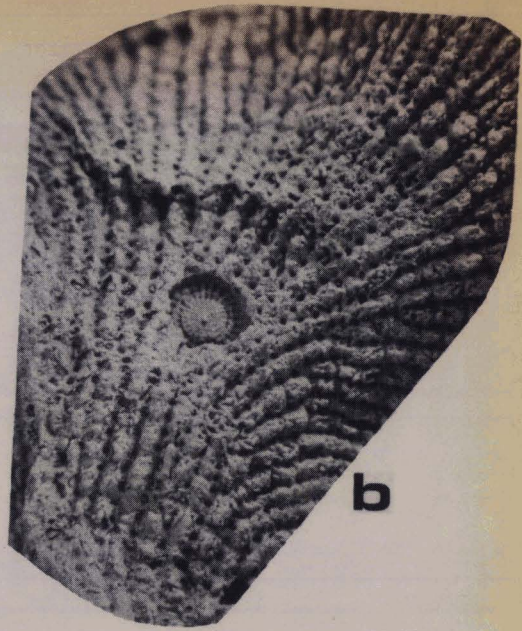
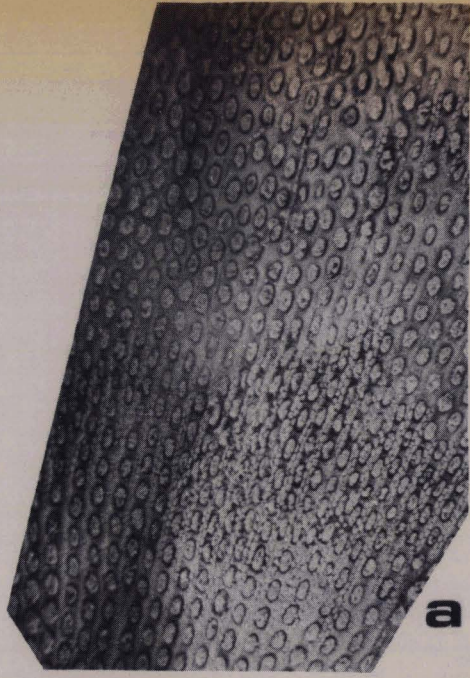
PLANCHE 40

	N° d'échantillon
a : <i>Fenestella</i> sp.	(F27C)
b : <i>Fenestella</i> sp.	(F75A)
c : <i>Stenopora ovata</i>	(FDD7)
d : <i>Stenopora crinita</i>	(F75D)
e : <i>Lyroporella</i> sp.	(FM11)
f : <i>Stenopora</i> sp.	(F27K)
g : <i>Stenopora</i> sp.	(F75E) F

L'échelle est donnée par les traits noirs qui  
représentent 1 cm.

22  
1911





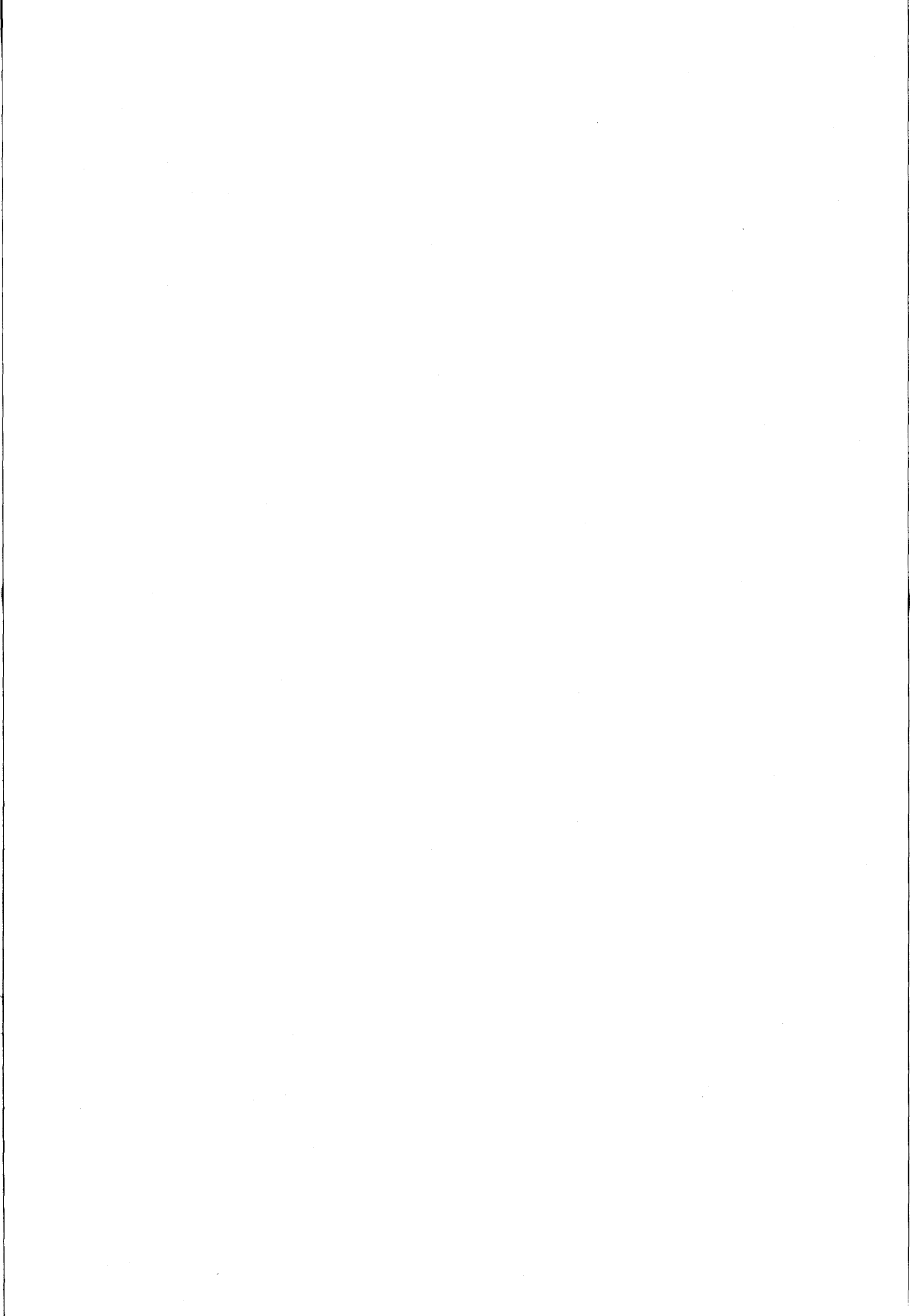


PLANCHE 41

N° d'échantillon

a : *Camptocrinus* sp

(FMF)

b : *Thamnopora wilkinsoni*

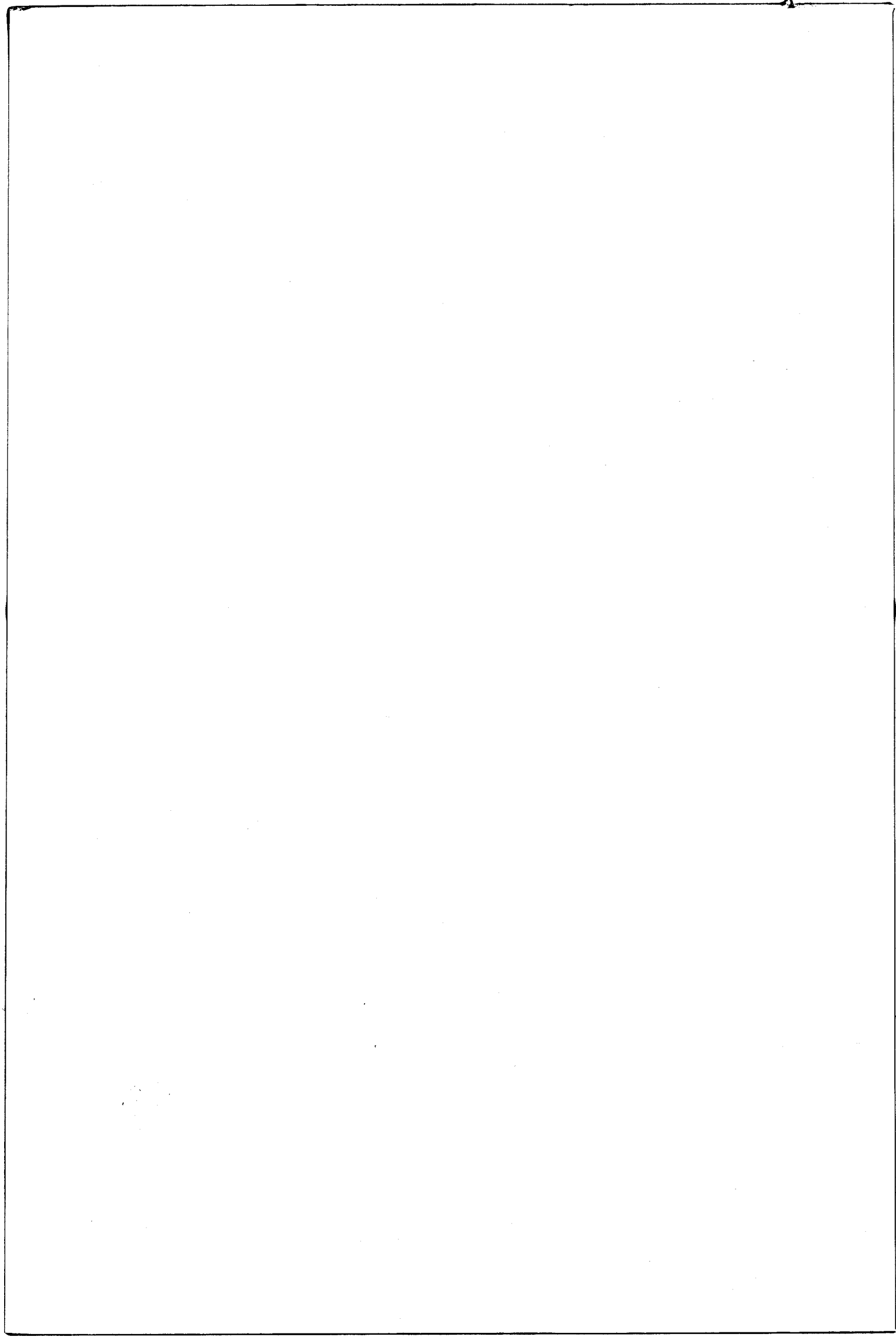
(BIC. TW)

c : *Thamnopora wilkinsoni*

(BIC. TW)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent

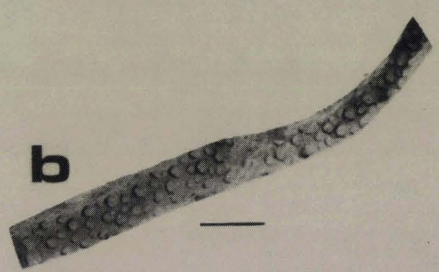
1 cm.





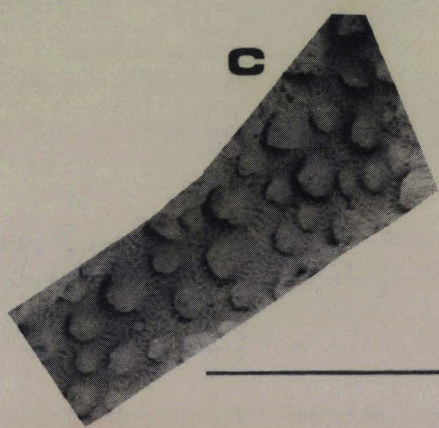
**a**

—



**b**

—



**c**

—



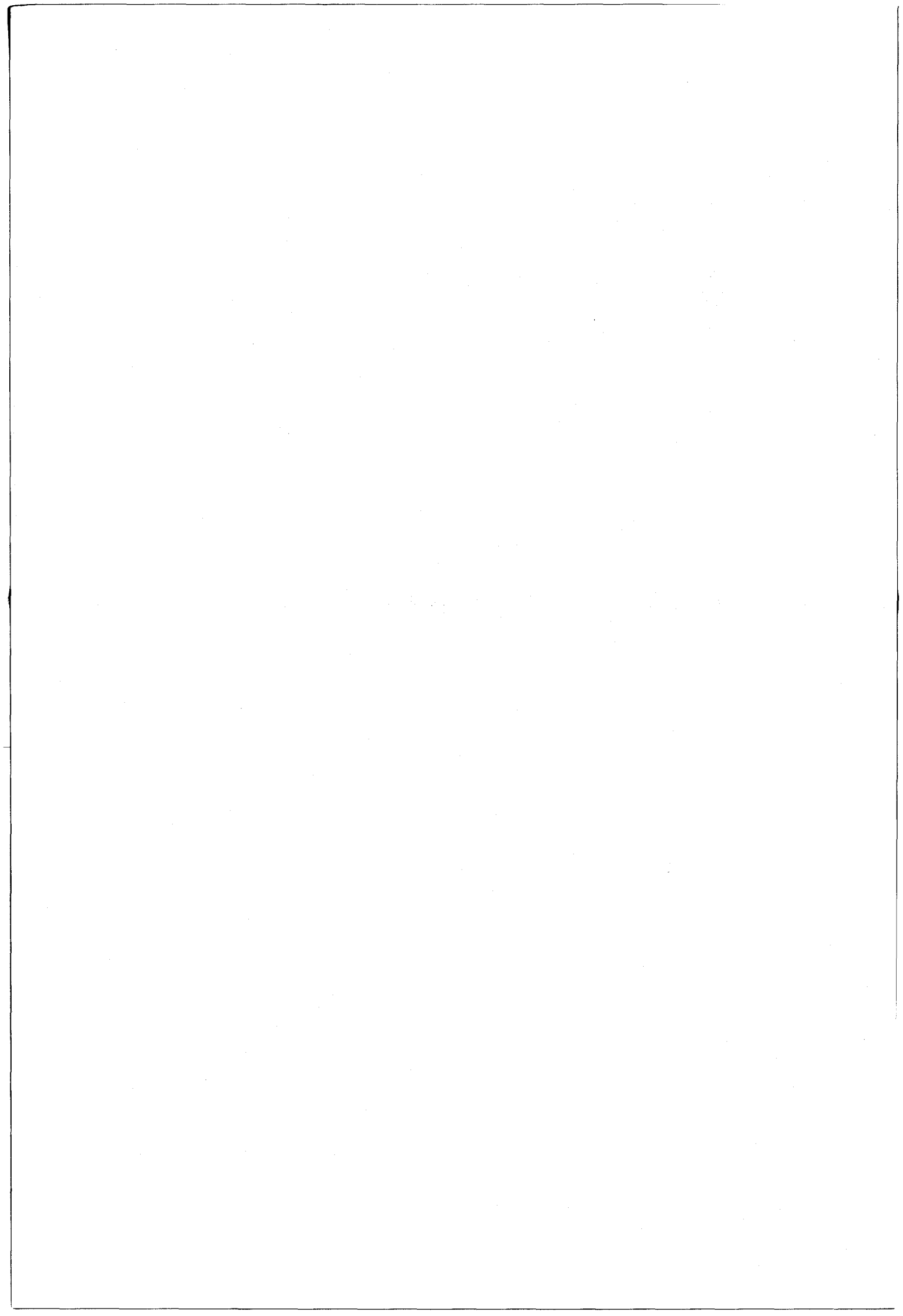
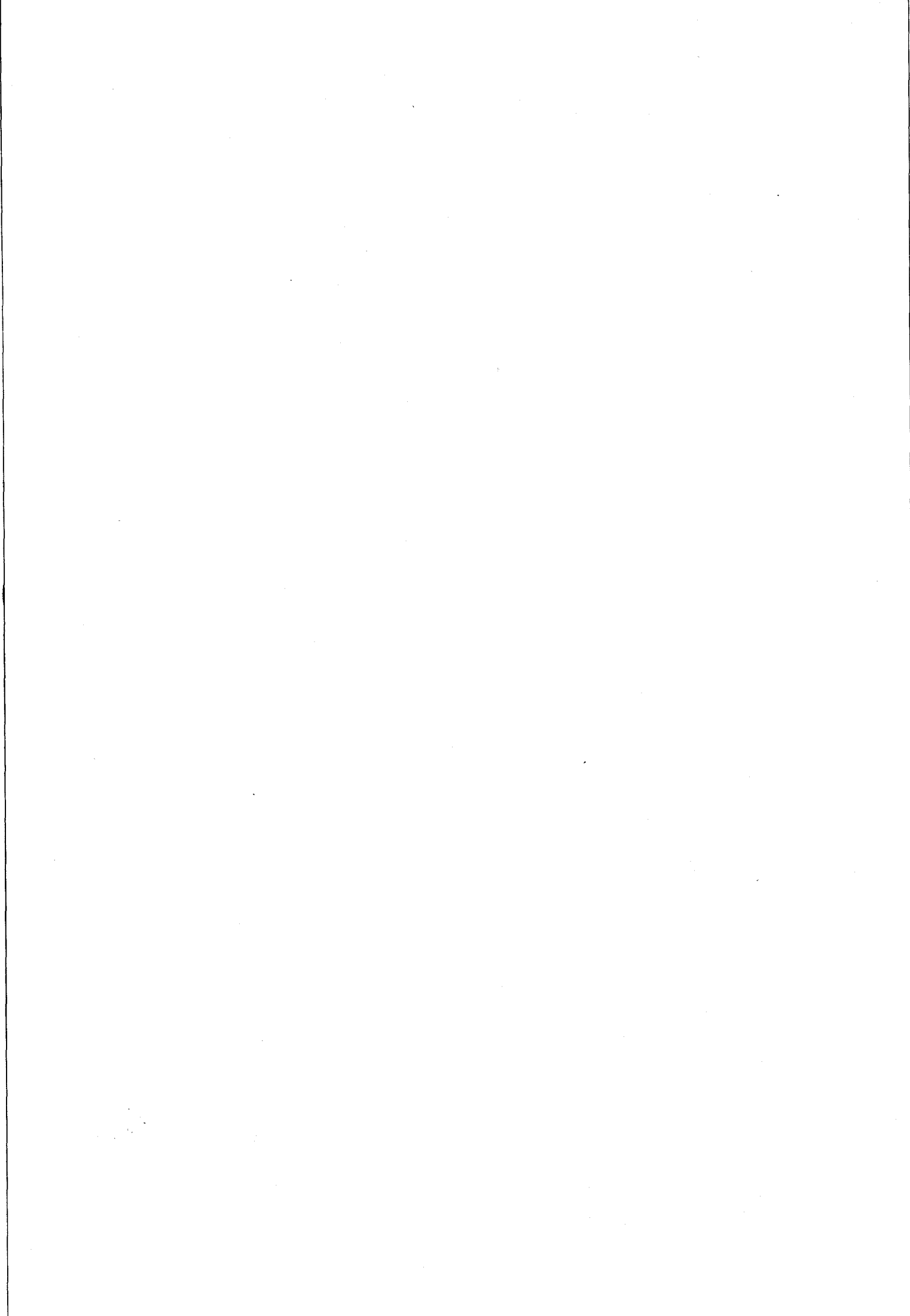


PLANCHE 42

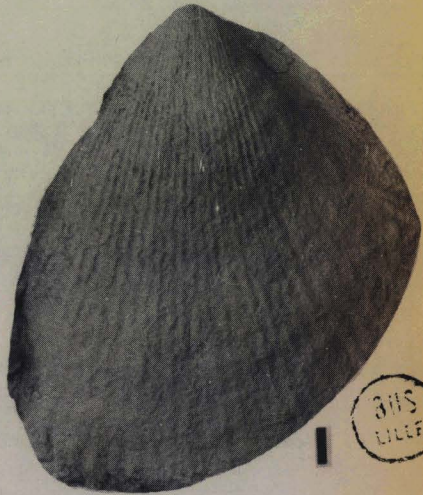
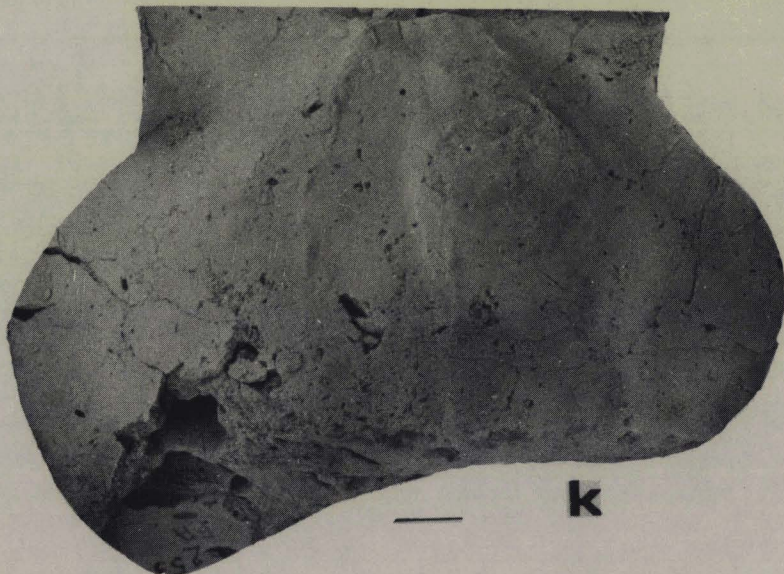
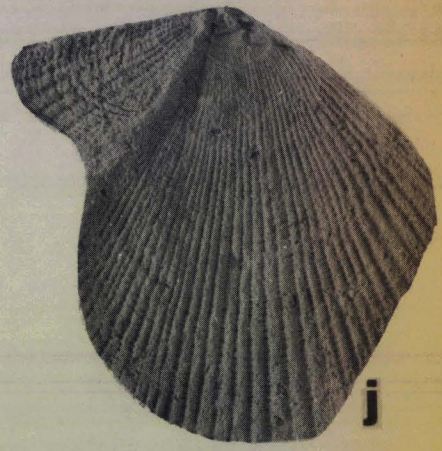
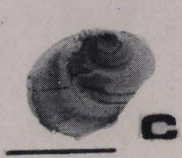
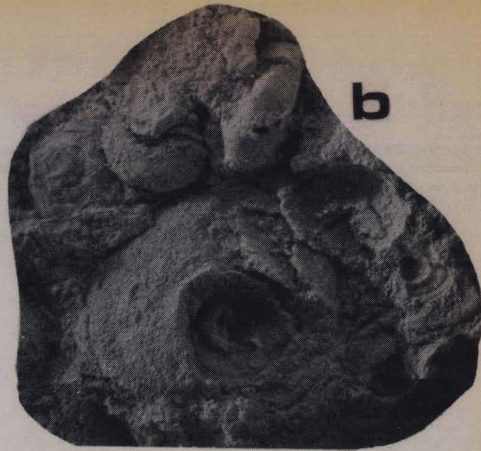
N° d'échantillon

a :	<i>Keeneia ocula</i>	(FLA)
b :	<i>Moutonia</i> sp	(F67D)
c :	<i>Peruvispira</i> sp	(FNF)
d :	<i>Peruvispira</i> sp	(FNF)
e :	<i>Peruvispira trifilata</i>	(249)
f :	<i>Peruvispira</i> sp	(FNF)
g :	<i>Peruvispira</i> sp	(FA6.0)
h :	<i>Malnicholsia pinnata</i>	(FLSJ)
i :	<i>Atomodesma</i> ( <i>Aphanacia</i> ) sp	(14C)
j :	<i>Aviculopecten extensus</i>	(Ric 1)
k :	<i>Deltopecten limaeformis</i>	(FA253)
l :	<i>Deltopecten limaeformis</i>	(F75E)

Léchelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.







315  
LILLE

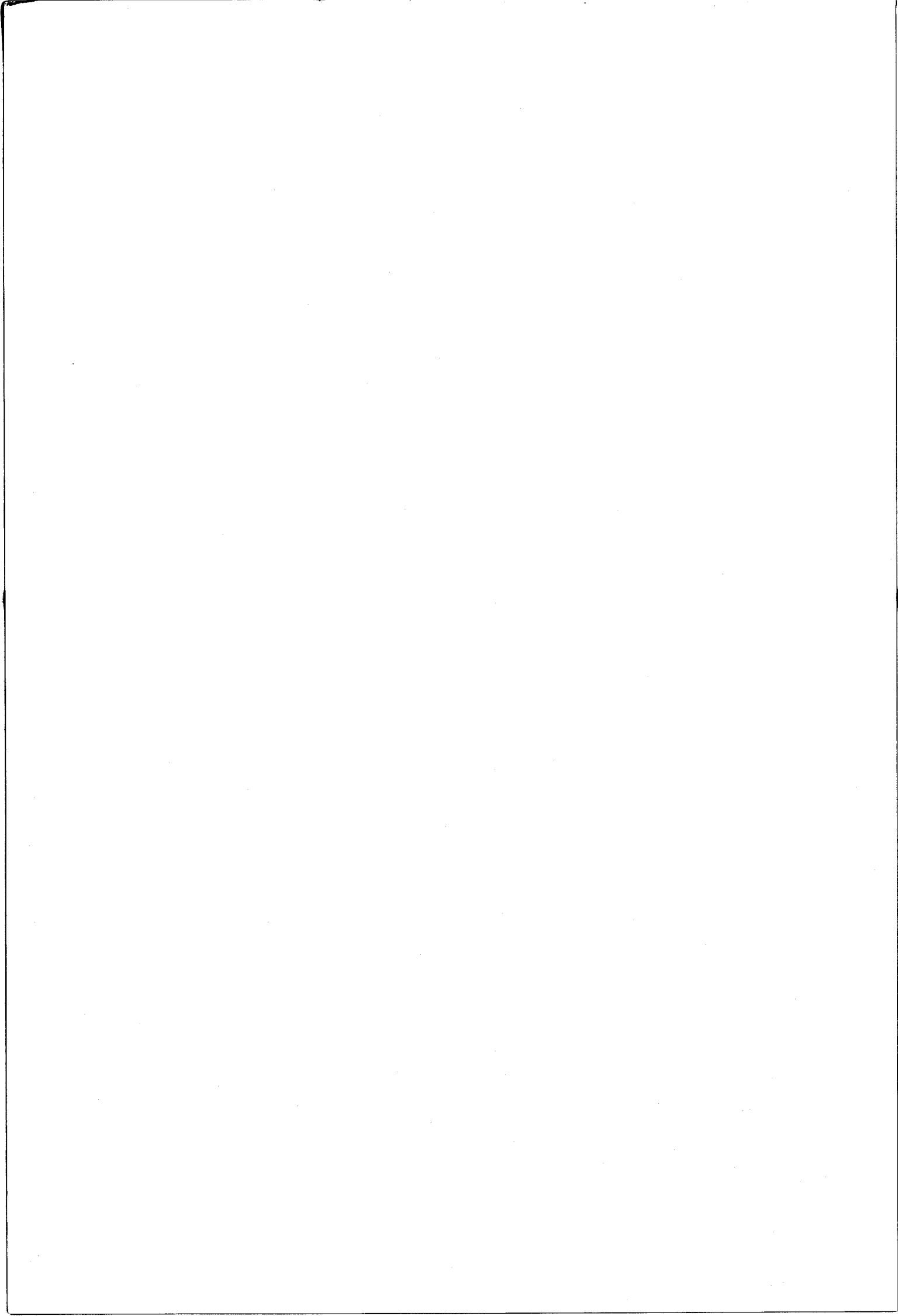
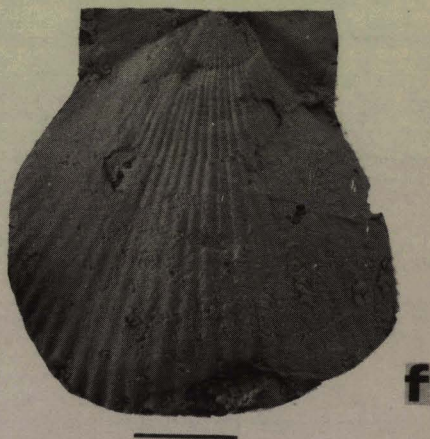
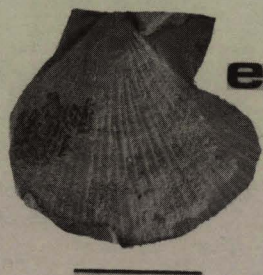
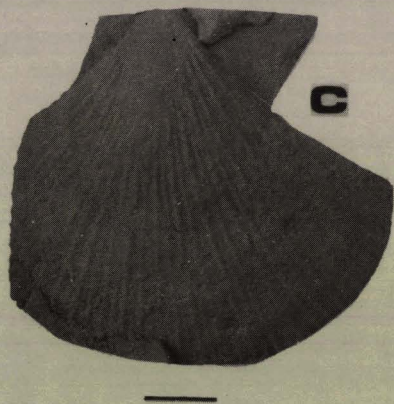
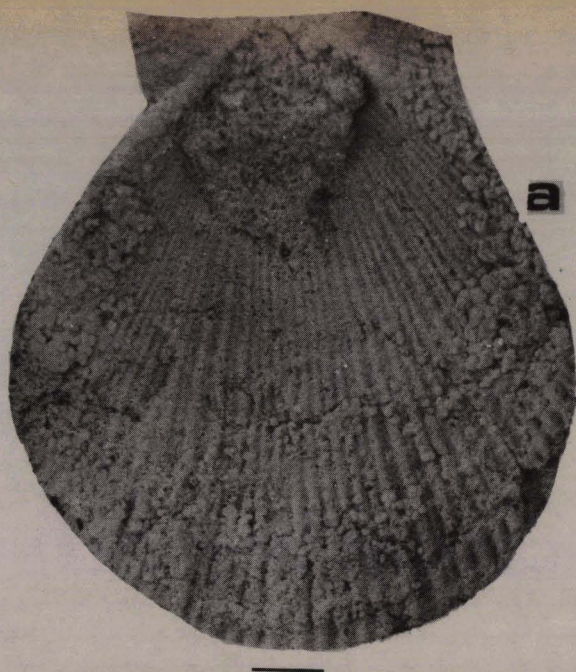


PLANCHE 43

	N° d'échantillon
a : <i>Deltopecten limaeformis</i>	(F42F)
b : <i>Deltopecten limaeformis</i>	(F27)
c : <i>Etheripecten tenuiscollis</i>	(E63 PC)
d : <i>Etheripecten tenuisculus</i>	(FNF)
e : <i>Deltopecten</i> sp	(F27A)
f : <i>Deltopecten</i> sp	(F42E)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.





BNS  
LILLE

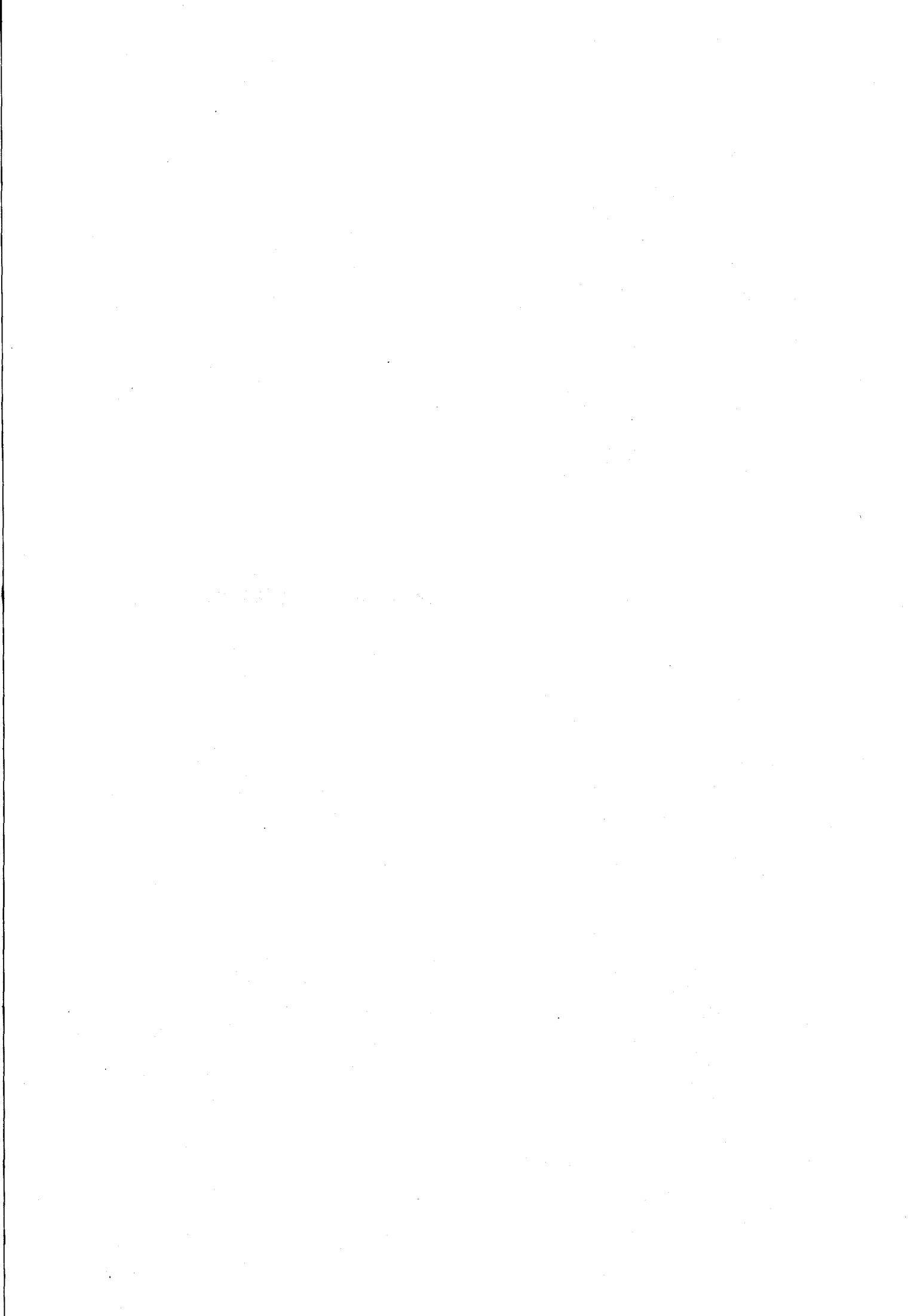


PLANCHE 44

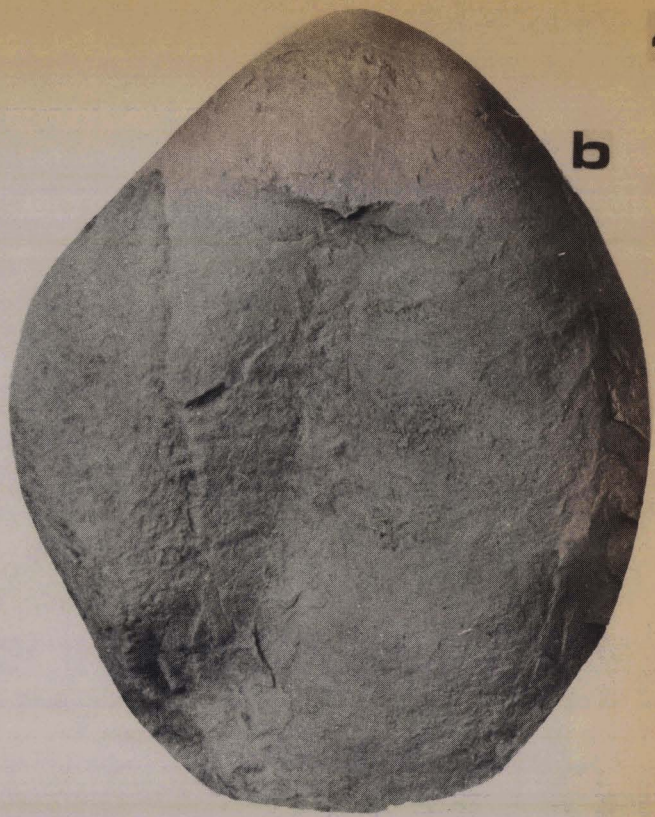
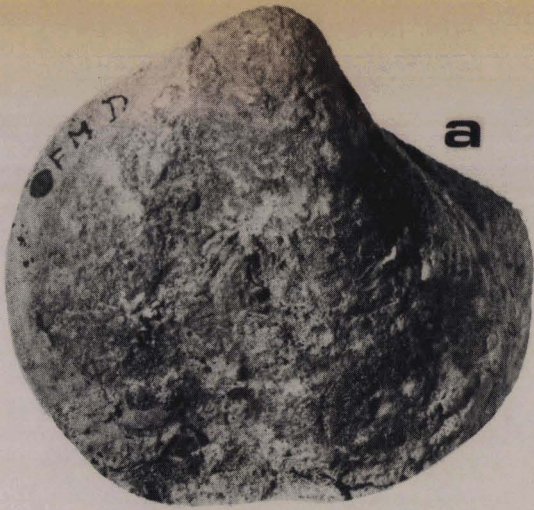
N° d'échantillon

- |     |  |            |
|-----|--|------------|
| a : | <i>Eurydesma hobartensis</i> var <i>sacculum</i> | (FMD)      |
| b : | <i>Eurydesma hobartensis</i> var <i>sacculum</i> | (FMC)      |
| c : | <i>Megadesmus nobilissimus</i>                   | (FH502)    |
| d : | <i>Megadesmus nobilissimus</i>                   | (FH502)    |
| e : | <i>Myonia carinata</i>                           | (FND)      |
| f : | <i>Merismoptera macroptera</i>                   | (F75 et A) |
| g : | <i>Myonia corrugata</i>                          | (FBA)      |

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.







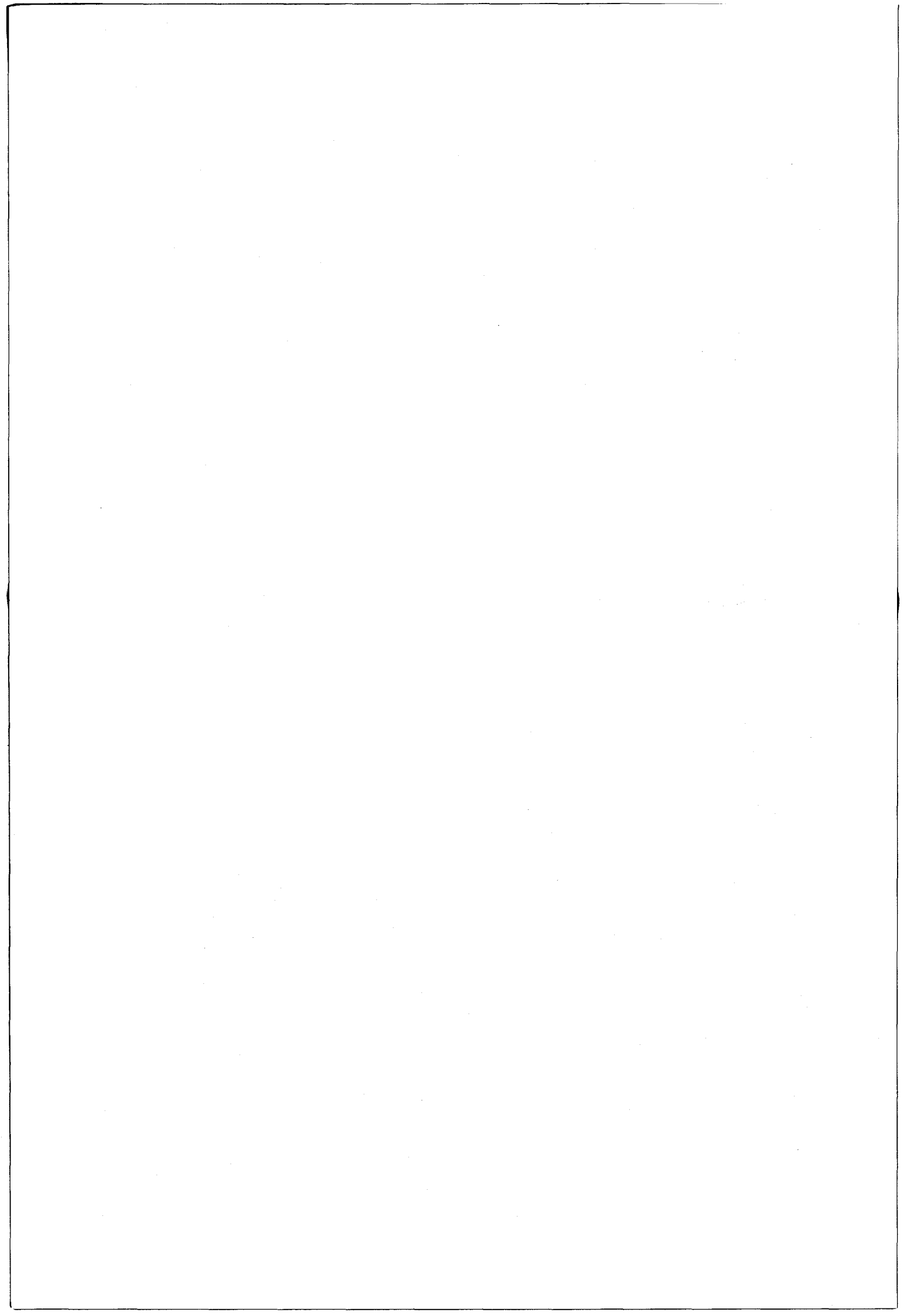
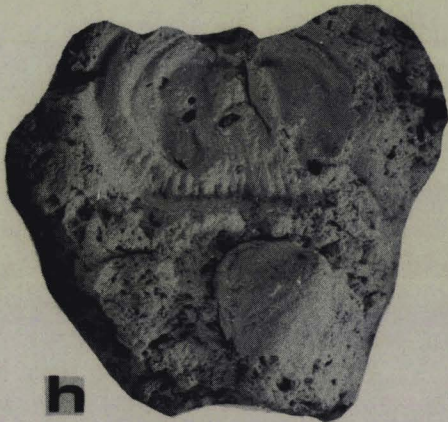
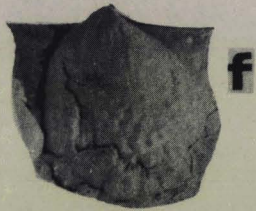
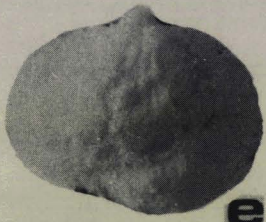
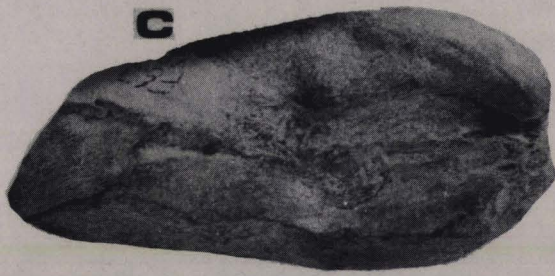


PLANCHE 45

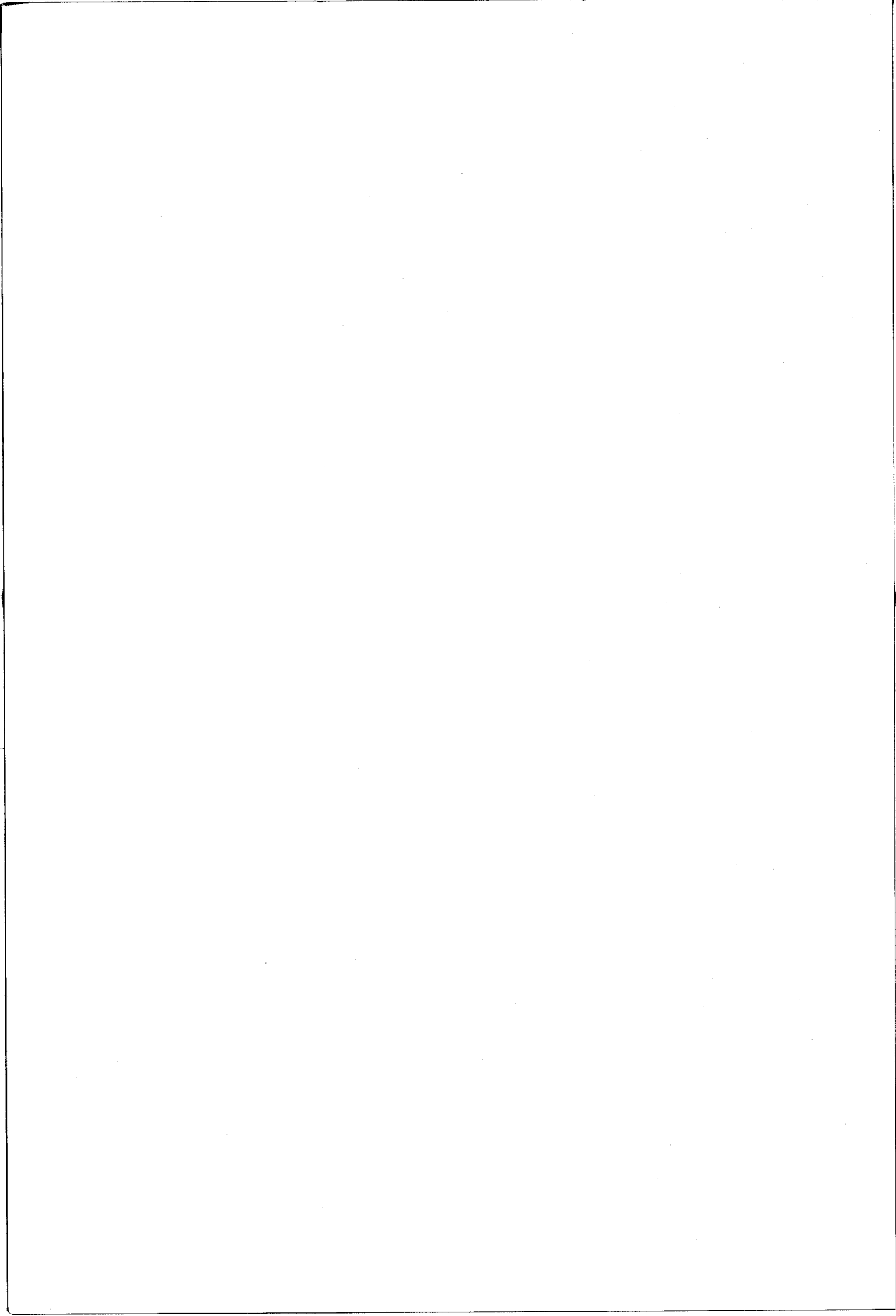
	N° déchantillon
a : <i>Streblopteria engelhorti</i>	(F27.612)
b : <i>Vacunella curvata</i>	(F67YB)
c : <i>Vacunella curvata</i>	(F67YB)
d : <i>Myonia</i> sp	(F67E)
e : <i>Echinalosia preovalis</i>	(202)
f : <i>Wyndhamia dalwoodensis</i>	(F66AI)
g : <i>Wyndhamia jukesi</i>	(F16FC)
h : <i>Wyndhamia jukesi</i>	(16FB)
i : <i>Wyndhamia jukesi</i>	(FD11 (B))
j : <i>Wyndhamia jukesi</i>	(241)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.

(108)  
122



BUS  
LILLE



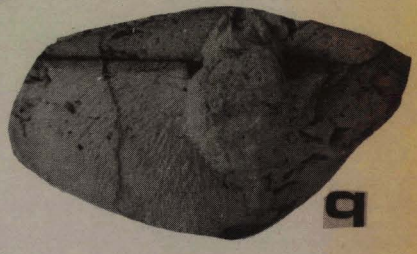
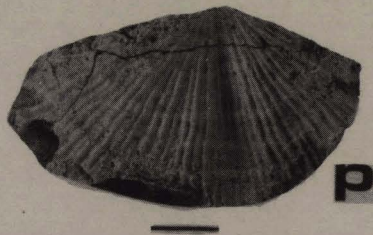
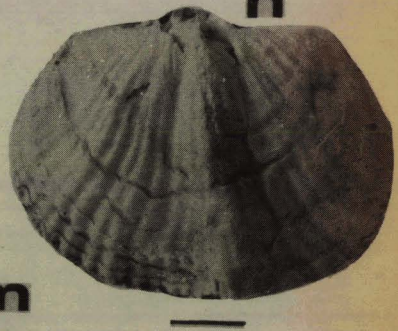
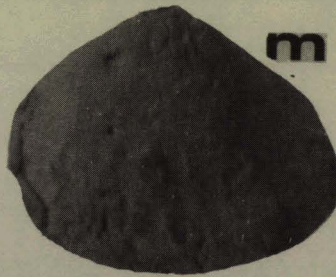
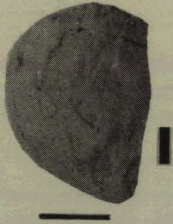
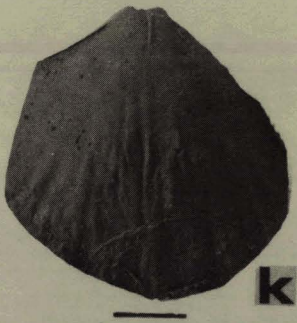
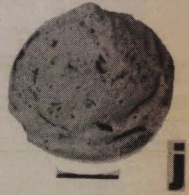
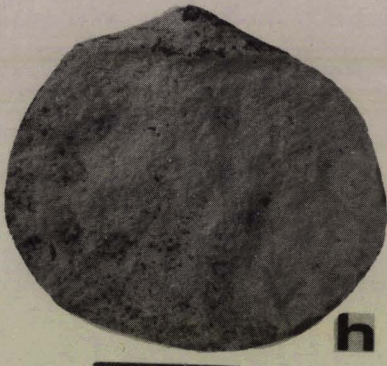
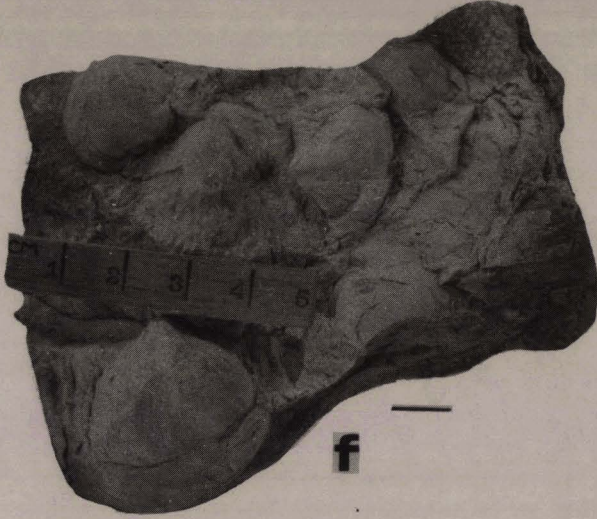
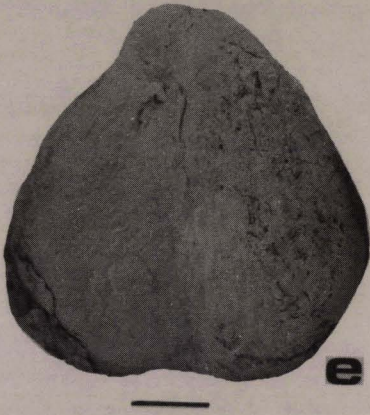
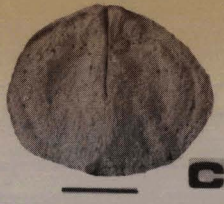
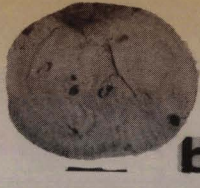
-467)  
PLANCHE 46

	N° d'échantillon
a : <i>Myndhamia jukesi</i>	(16DA)
b : <i>Myndhamia jukesi</i>	(16DA)
c : <i>Myndhamia jukesi</i>	(F44)
d : <i>Myndhamia jukesi</i>	(16DA)
e : <i>Taeniothaerus subquadratus</i>	(F27CA)
f : <i>Cancrinella farleyensis</i>	(F27GB)
g : <i>Cancrinella farleyensis</i>	(F27HB)
h : <i>Cancrinella farleyensis</i>	(F27HB)
i : <i>Terrakea brachythaera</i>	(FE246)
j : <i>Cancrinella farleyensis</i>	(F27HB)
k : <i>Terrakea brachythaera</i>	(247)
l : <i>Terrakea elongata</i>	(F27AN)
m : <i>Terrakea pollex</i>	(16FD)
n : <i>Aperispirifer lethamensis</i>	(FA6.0)
o : <i>Aperispirifer wairakiensis</i>	(FDR (E) )
p : <i>Aperispirifer wairakiensis</i>	(FLB)
q : <i>Fusispirifer</i> sp	(F68SK)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.

11





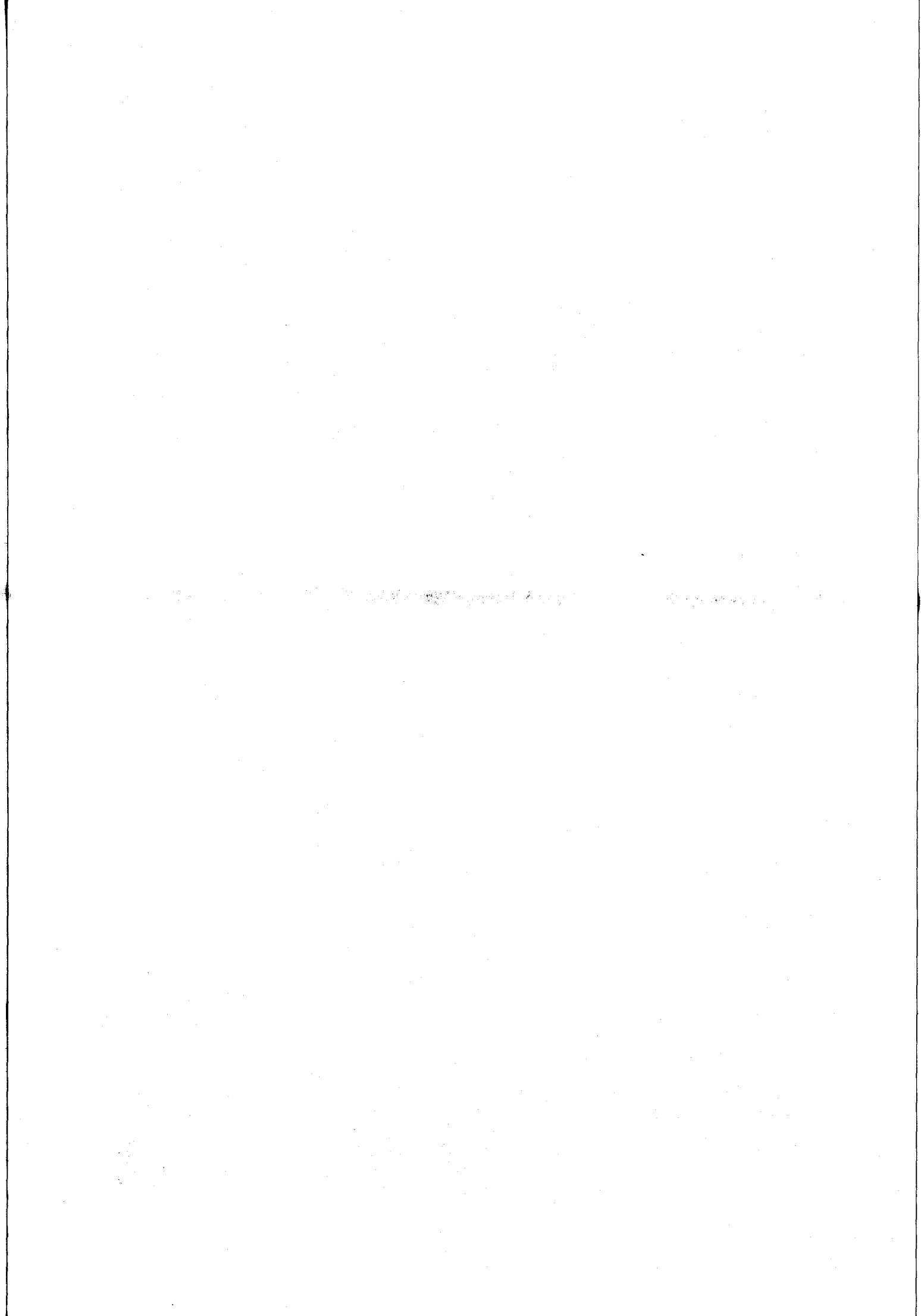
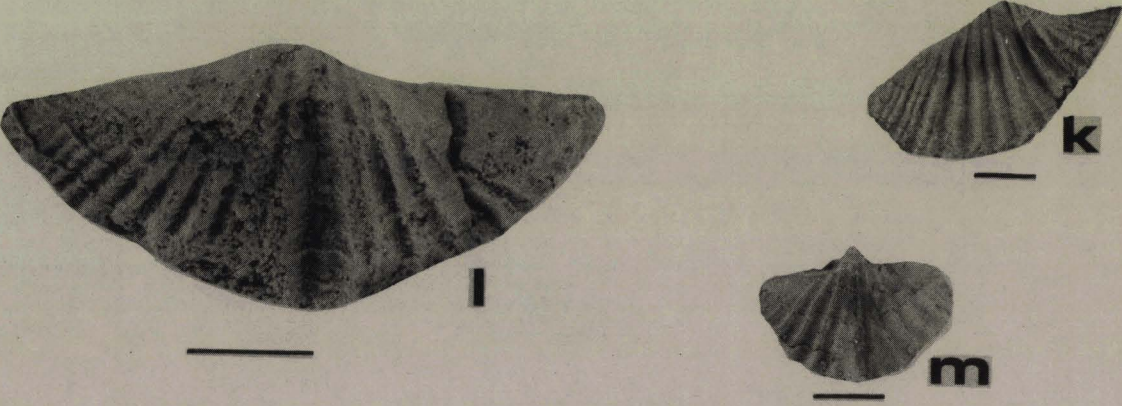
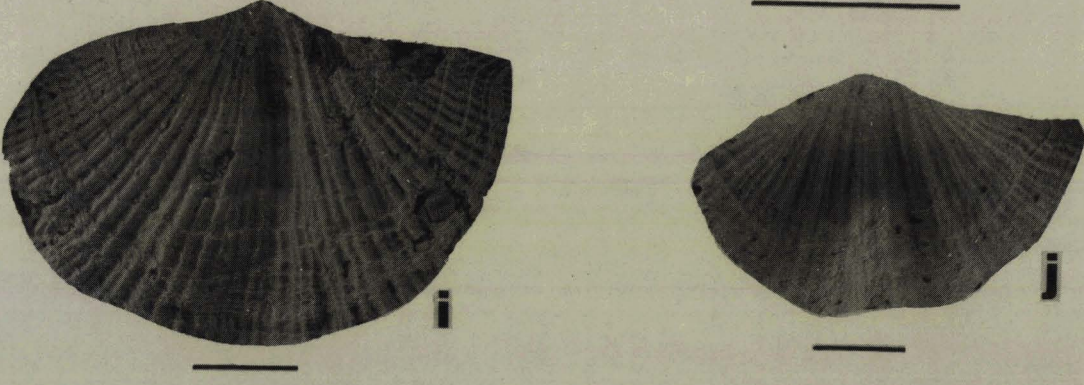
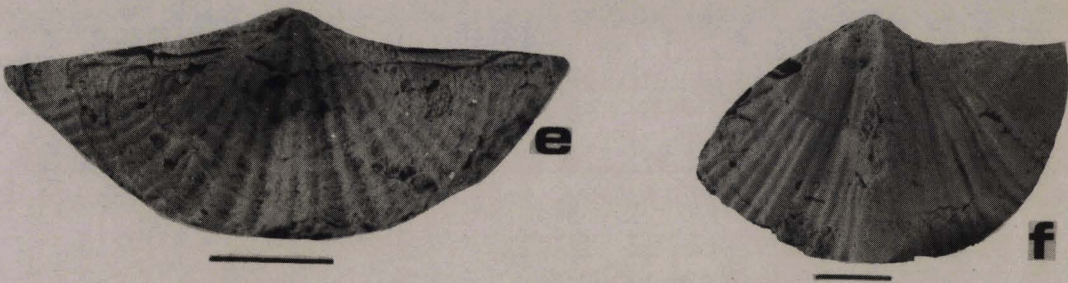


PLANCHE 47

	N° d'échantillon
a : <i>Subansiria</i> sp	(16JA)
b : <i>Subansiria</i> sp	(16FC)
c : <i>Grantonia cracovensis</i>	(160A)
d : <i>Grantonia cracovensis</i>	(D)
e : <i>Grantonia hobartensis</i>	(FA7)
f : <i>Grantonia hobartensis</i>	(FA7)
g : <i>Grantonia hobartensis</i>	FNA)
h : <i>Grantonia hobartensis</i>	(F68.1.RD)
i : <i>Grantonia hobartensis</i>	(FD5 (D) )
j : <i>Grantonia hobartensis</i>	(FD5 (D) )
k : <i>Sulcipleca phalaena</i>	(SS6)
l : <i>Sulcipleca phalaena</i>	(14)
m : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(F27TC)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.





BUS  
LILLE

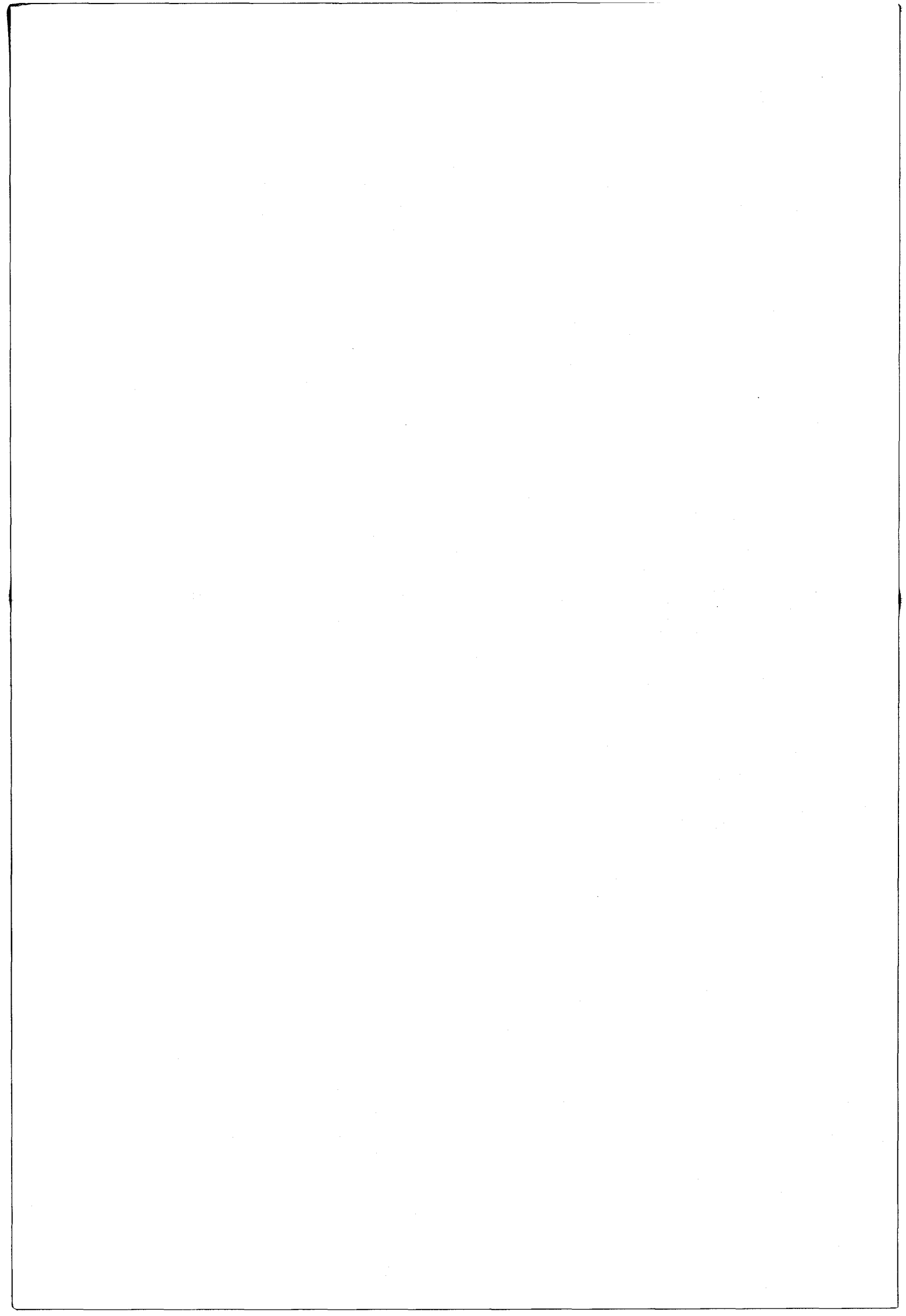
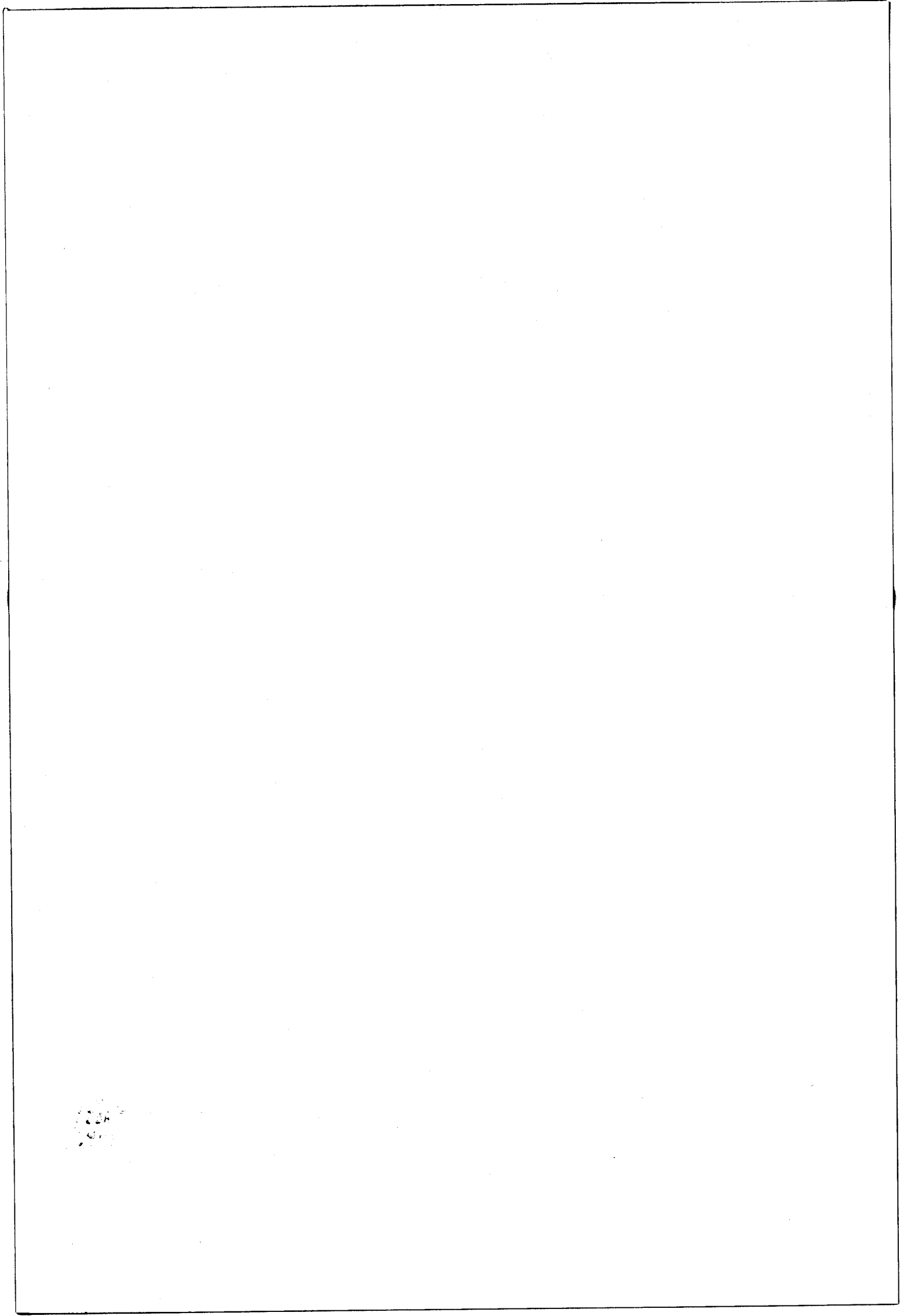


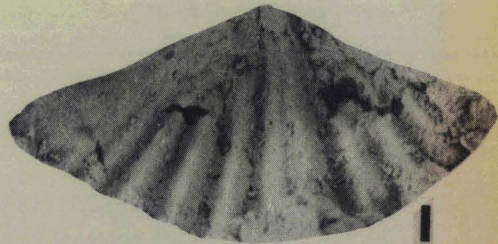
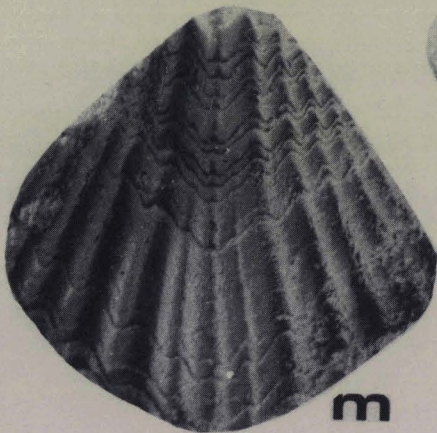
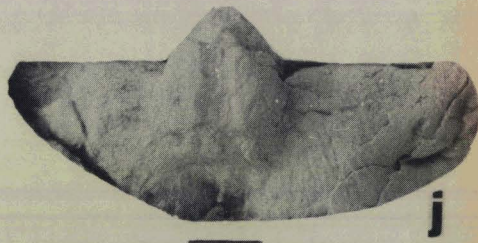
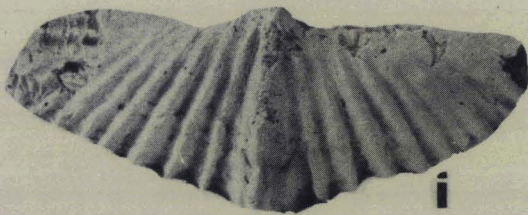
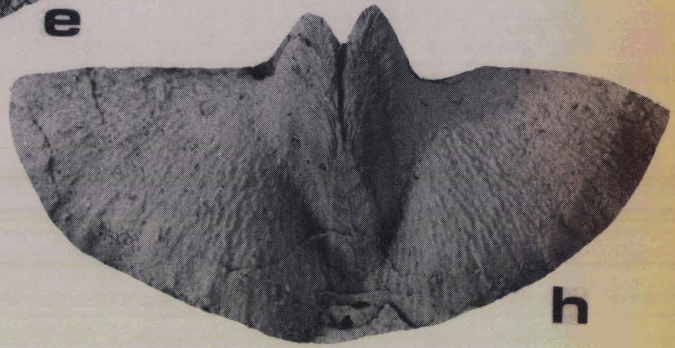
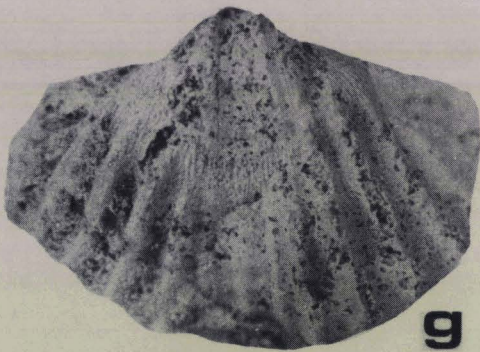
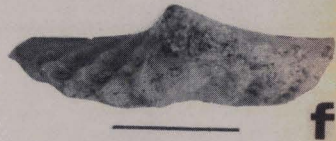
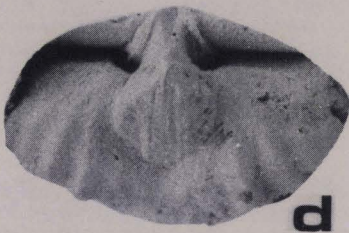
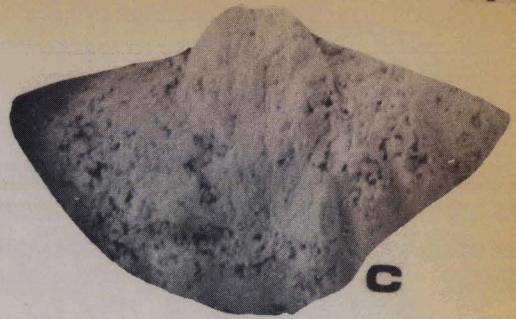
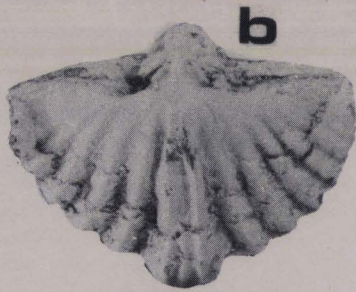
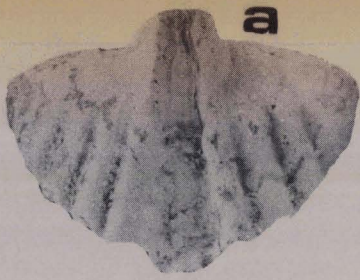
PLANCHE 48

	N° d'échantillon
a : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(F27TB)
b : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(F27TB)
c : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(Bic 4)
d : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(16SG)
e : <i>Sulcipleca tasmaniensis</i>	(FG304)
f : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(F27TC)
g : <i>Sulcipleca stutchburii</i>	(F27TC)
h : <i>Sulcipleca transversa</i>	(F68.1.RD)
i : <i>Sulcipleca transversa</i>	(FNST)
j : <i>Sulcipleca transversa</i>	(FA3A)
k : <i>Sulcipleca</i> sp R	(F75G)
l : <i>Sulcipleca</i> sp R	(FL278)
m : <i>Sulcipleca tasmaniensis</i>	(247)
n : <i>Sulcipleca</i> sp R	(FN271)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.







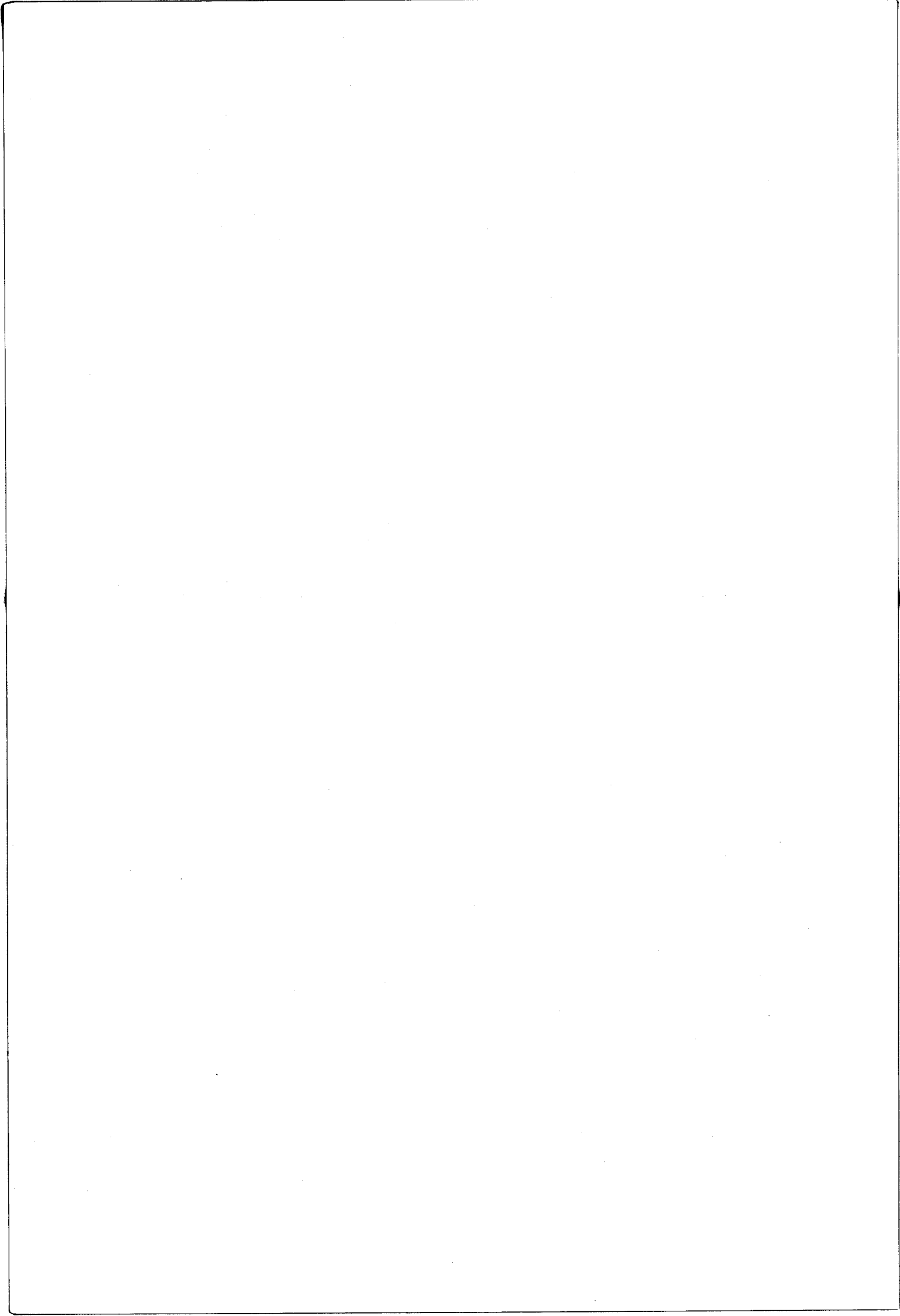
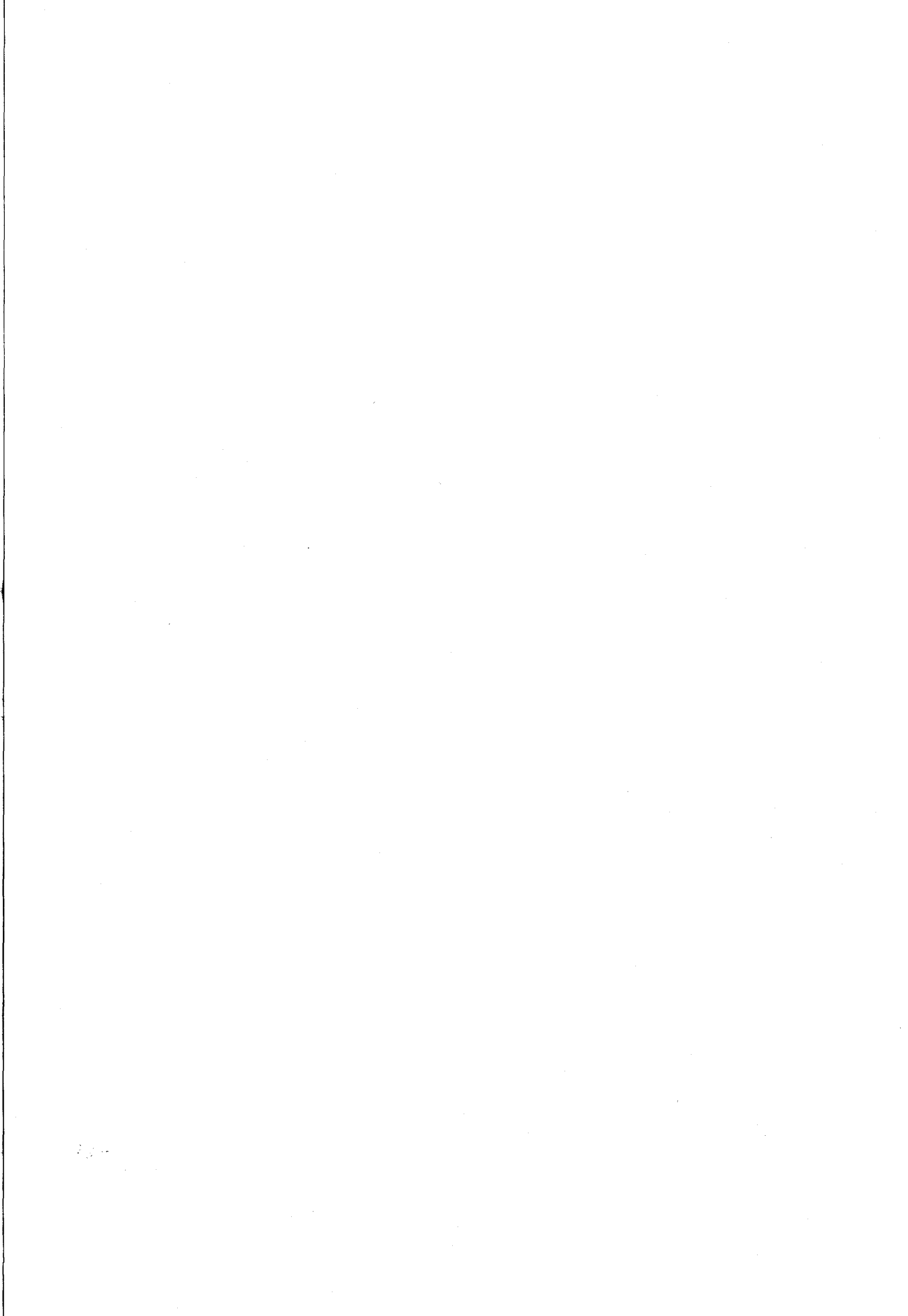


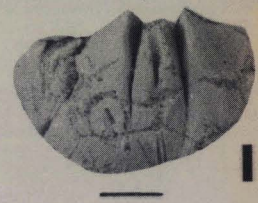
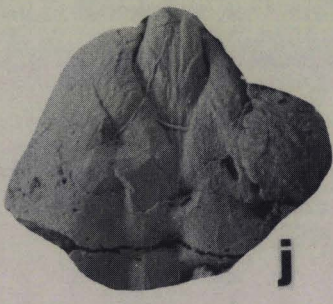
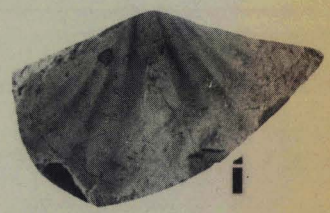
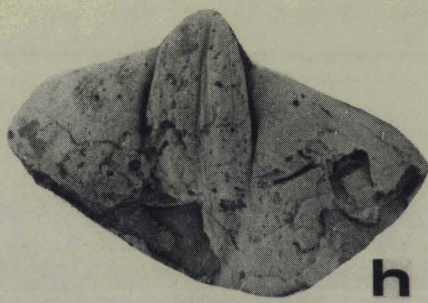
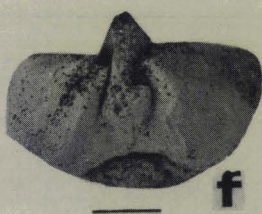
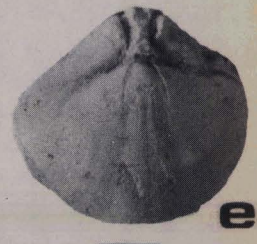
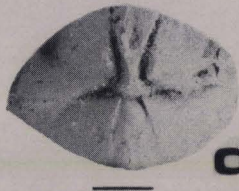
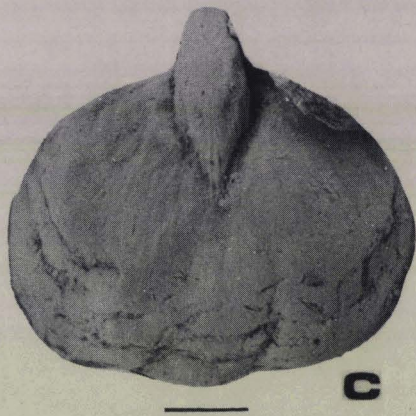
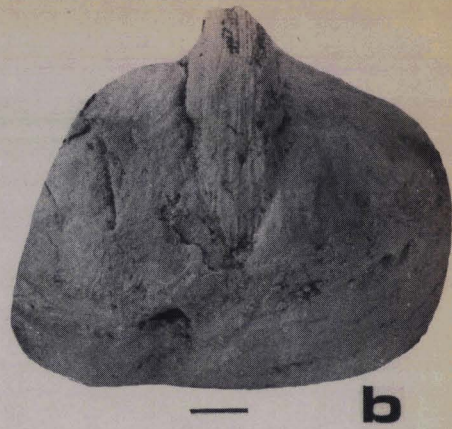
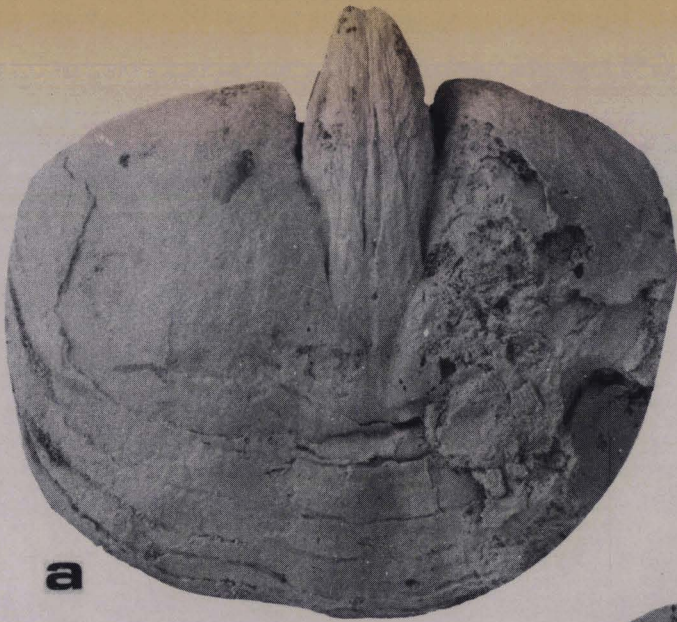
PLANCHE 49

N° d'échantillon

a :	<i>Martiniopsis isbelli</i>	(FN1)
b :	<i>Martiniopsis isbelli</i>	(F68.1.MF)
c :	<i>Martiniopsis magna</i>	(F68.1.)
d :	<i>Martiniopsis ovata</i>	(FK313)
e :	<i>Martiniopsis ovata</i>	(FK313)
f :	<i>Martiniopsis profunda</i>	(F43A)
g :	<i>Martiniopsis plana</i>	(FD8D)
h :	<i>Martiniopsis plana</i>	(FDD7)
i :	<i>Martiniopsis plana</i>	(FD8 (D))
j :	<i>Martiniopsis symmetrica</i>	(FE 9)
k :	<i>Martiniopsis plana</i>	(F42C)
l :	<i>Martiniopsis plana</i>	(F27LA)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.





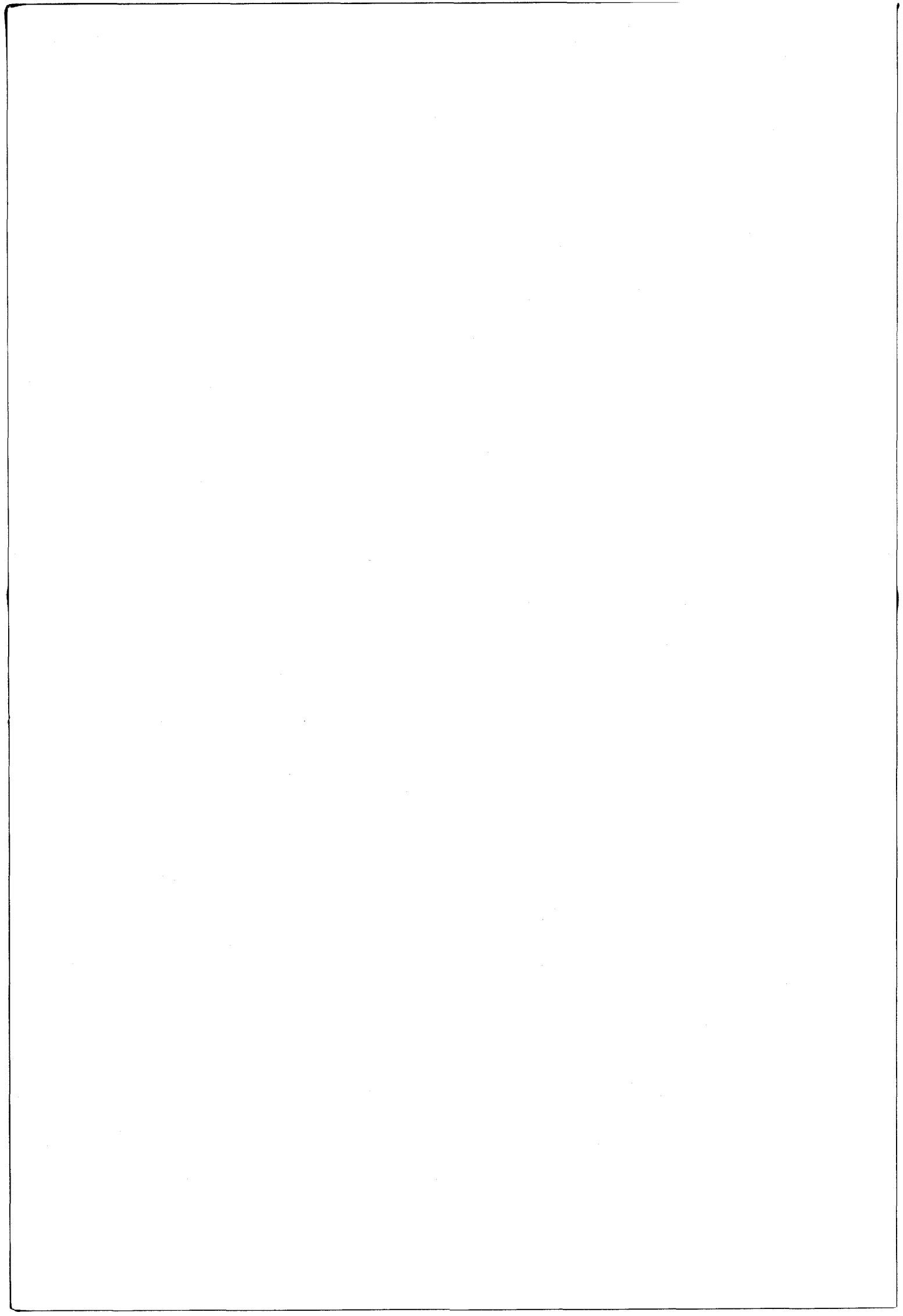


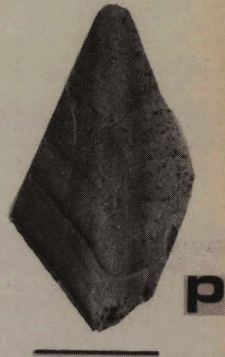
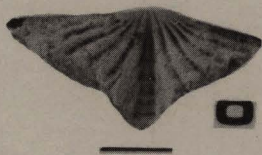
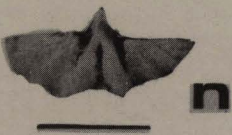
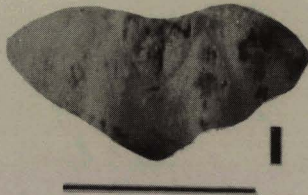
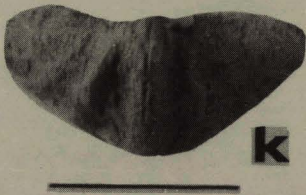
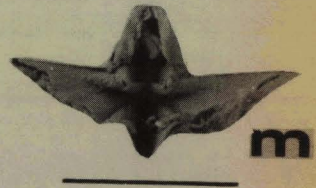
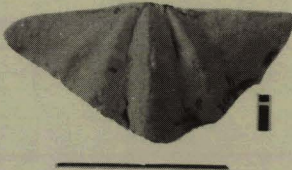
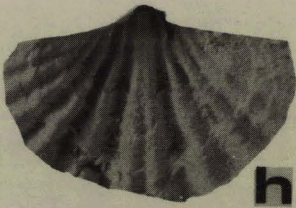
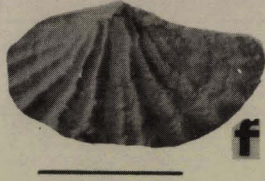
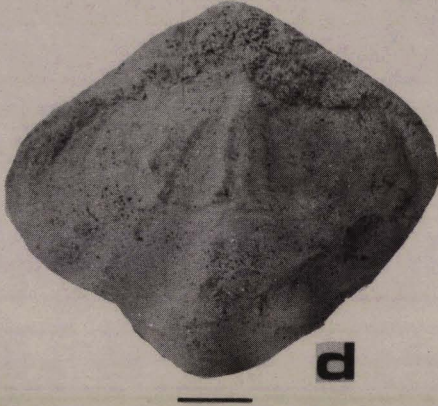
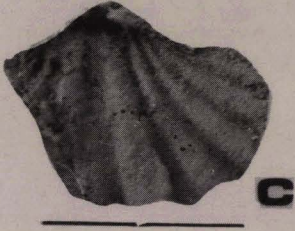
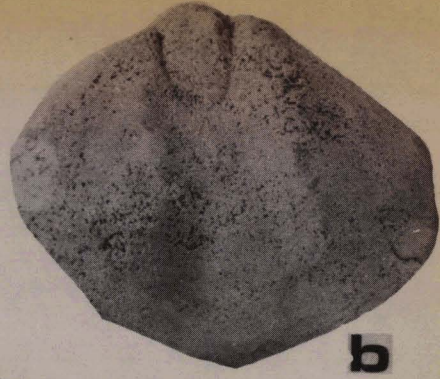
PLANCHE 50

	N° d'échantillon
a : <i>Notospirifer hillae</i>	(FN268)
b : <i>Notospirifer</i> sp	(F57MO)
c : <i>Notospirifer hillae</i>	(F63)
d : <i>Notospirifer</i> sp	(F57MO)
e : <i>Notospirifer</i> sp	(F57MO)
f : <i>Notospirifer hillae</i>	(FL 279)
g : <i>Pseudosyrinx</i> sp	(SSAA)
h : <i>Notospirifer hillae</i>	(FL279)
i : <i>Punctospirifer australis</i>	(F77KA)
j : <i>Pseudosyrinx allandaleensis</i>	(F27PA)
k : <i>Punctospirifer australis</i>	(16F)
l : <i>Punctospirifer australis</i>	(16F)
m : <i>Punctospirifer australis</i>	(16F)
n : <i>Punctospirifer australis</i>	(16)
o : <i>Punctospirifer etheridgei</i>	(F75NA)
p : <i>Gilledia ulladullensis</i> altn	(FG312)

L'échelle est donnée par les traits noirs qui représentent  
1 cm.







BUS  
LILLE

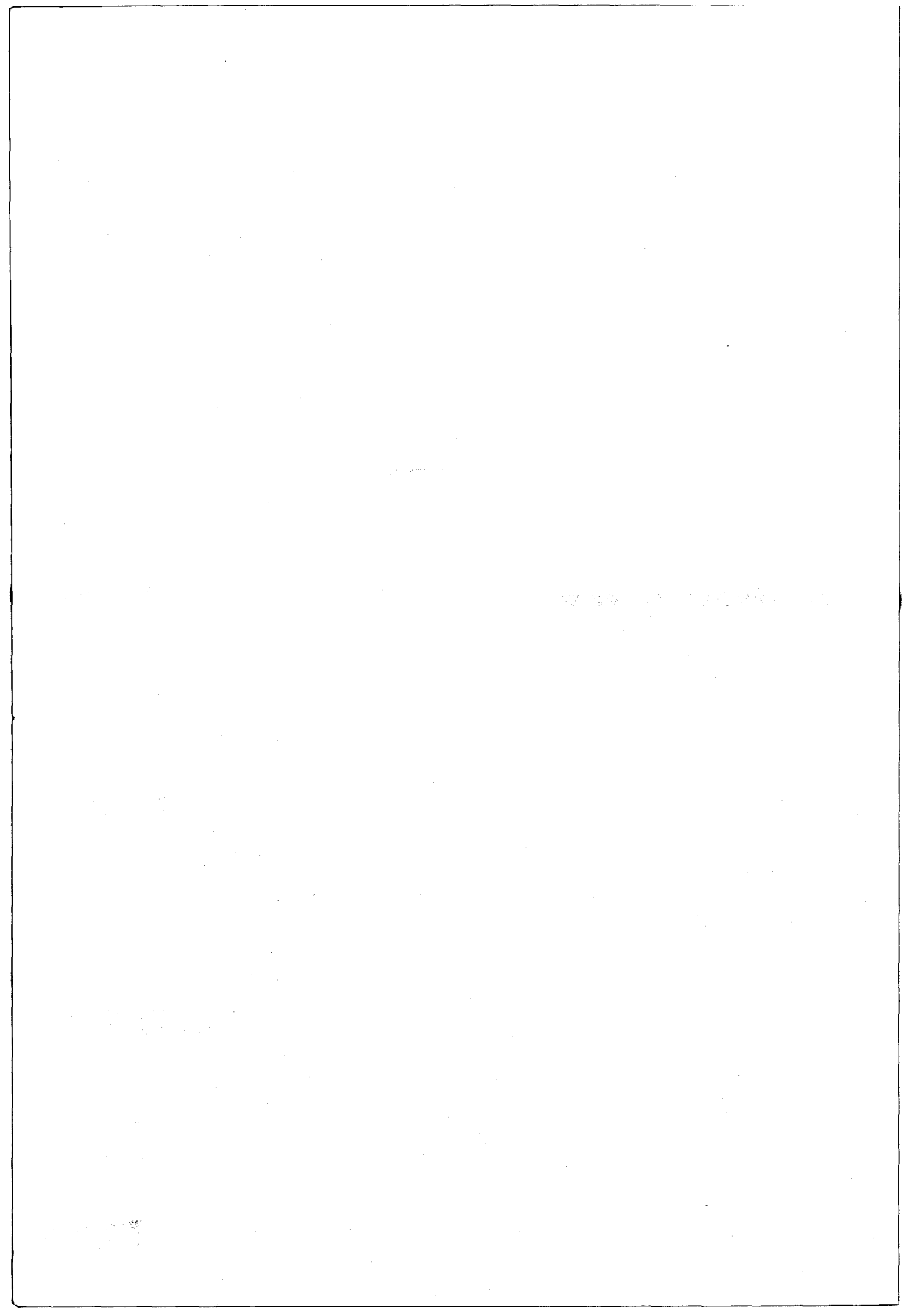


PLANCHE 51

*Gangamopteris*

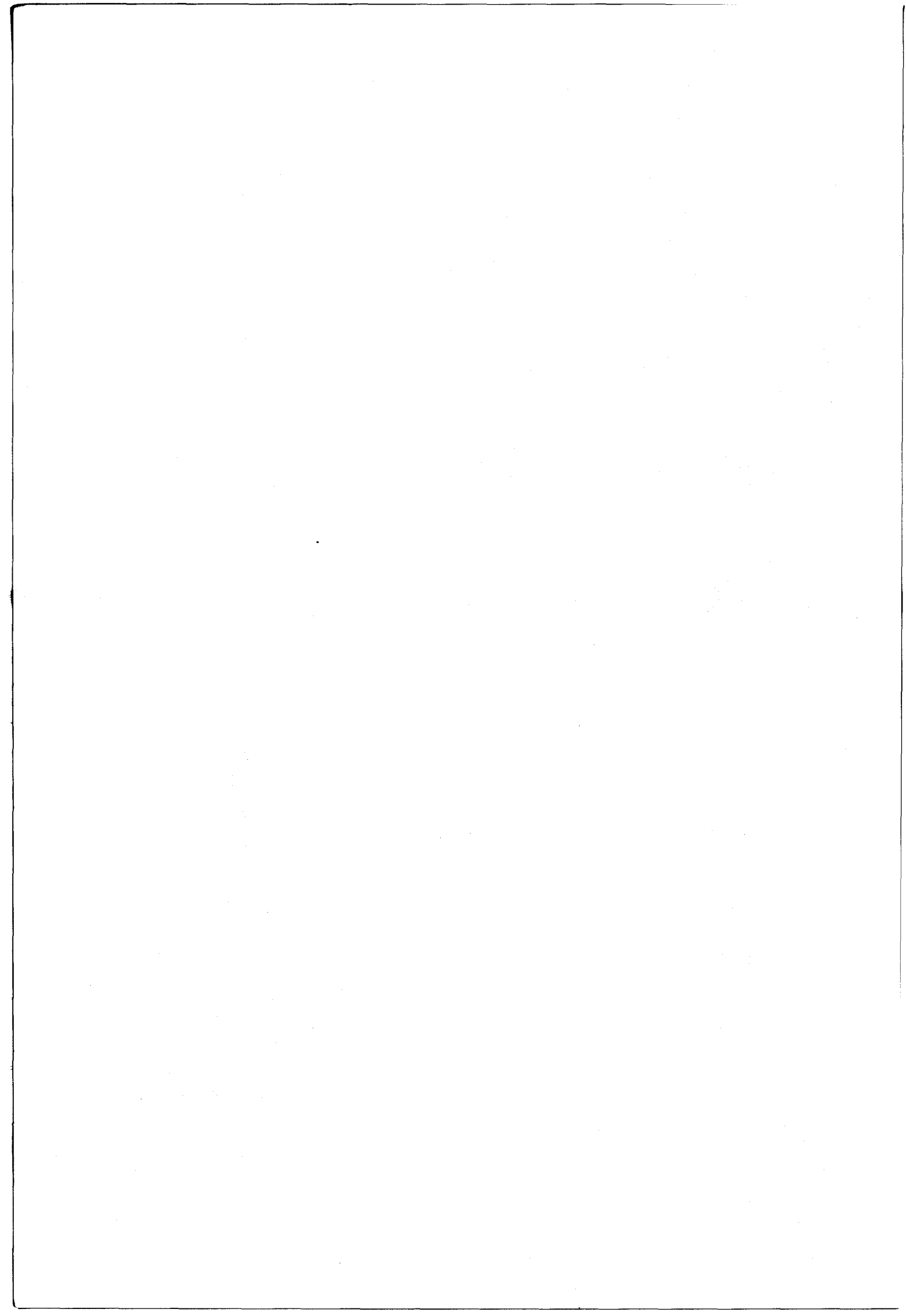
Les photos B, D, G et J sont grandeur nature.

L'échelle est donnée par les traits noirs qui  
représentent 1 cm.





BIS  
LILLE



☐☐☐ **Chapitre 6**

**CONCLUSION:**  
**PALEOGEOGRAPHIE** ☐☐☐☐☐☐☐☐



All observations must be done for  
or against some view, if it is to  
be of any service.

Charles DARWIN



6 - CONCLUSION : LA PALEOGEOGRAPHIE

6.1. INTRODUCTION

Dans les pages qui précèdent, la description des différentes formations tient une place prépondérante. Il nous faut maintenant utiliser les résultats de l'observation et essayer, à la lumière des données acquises, d'établir une reconstitution paléogéographique du secteur des *Friendly Beaches* pendant le Permien.

À l'aurore des temps permien, la Tasmanie était située à la latitude de 80°Sud (EMBLETON, 1973), donc très près du pôle Sud. De nos jours à cette latitude, se trouve le continent antarctique, recouvert d'une calotte de glace. Les eaux sont également prises par la glace tout au long de l'année pour former une banquise.

6.2. LE STADE 1

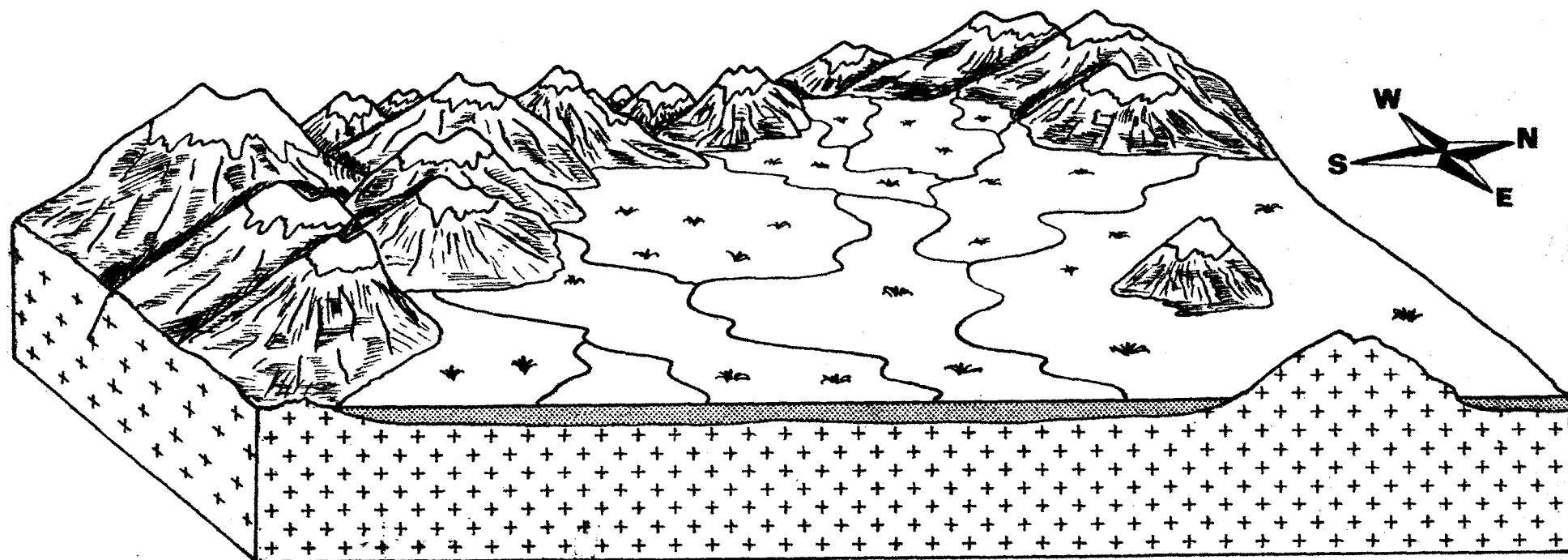
Durant la période pré-permienne, les sédiments de l'*Eldon Group* et des *Mathinna Beds* siluro-dévonien sont plissés. Puis ils sont découpés par des granites au Dévonien moyen et au Carbonifère.

Des granites à biotite et des granodiorites sont alors mis en place. La méthode de Rb-Sr permet de leur attribuer un âge de 370 à 380 millions d'années (J.D. COCKER, University of Tasmania, communication personnelle). Les granodiorites, à la différence des roches des *Mathinna Beds*, possèdent de la hornblende que l'on retrouve dans presque tous les sédiments permien. Les granites du Nord du secteur (à Bicheno) possèdent des grenats que l'on retrouve également parfois dans les unités permien (essentiellement dans les formations inférieures). Ils indiquent des courants dirigés du Nord vers le Sud lors du dépôt du *Mersey-Group*.

Au Carbonifère la Tasmanie est émergée. Au Permien inférieur, un golfe se forme entre deux zones à fort relief (*Cradle Mountain* et *East Coast Peninsula*). Le résultat de cette exondaison est une intense érosion qui

Fig. 130.- Reconstitution paléogéographique de la région des  
*Friendly Beaches* au Permien.

**STADE 1**



- Erosion des monts granitiques à couverture siluro-dévonienne métamorphisée
- Formation des *Arkosic Unit*, *Wasps' nest-like Sandstone* et *Cross-laminated Sandstone*

va continuer, à l'aurore des temps permien, à affecter le secteur étudié. Cette région est le siège d'une importante lacune de sédimentation qui va de la *Wynyard Tillite* à la *Golden Valley Group*. A l'époque du dépôt du *Mersey Group* se forment les *Arkosic Unit*, *Wasps'nest-like Sandstone* et *Cross-laminated Sandstone*. La région est alors constituée de montagnes granitiques qui s'érodent intensément et dont les détritiques ne subissent qu'un faible transport. Des torrents coulent vers une plaine alluviale côtière. Ces torrents transportent des feldspaths détritiques, indicateurs d'une activité tectonique se traduisant par une érosion puissante et une sédimentation rapide. Les reliefs jeunes en voie de soulèvement, érodés, donnent naissance à des arkoses (*Arkosic Unit*). Celles-ci sont les produits mal classés d'une intense activité torrentielle qui agit sur les reliefs granitiques. La teinte sombre des sédiments des formations neuf (*Cross-laminated Sandstone*) et seize (*Wasps'nest-like Sandstone*) dénote un milieu peu oxygéné, aux conditions réductrices et où s'accumule la matière organique. Enfin, il faut signaler que des glaciers affectent très probablement les hauts sommets.

### 6.3. LE STADE 2

L'érosion des montagnes se poursuit. Tandis que les cours d'eau apportent vers la plaine alluviale les détritiques issus de l'érosion, des conglomérats se forment au pied des reliefs. C'est ainsi que se déposent les sédiments qui vont donner d'une part les *Iron-rich Sandstone*, *Plant-bearing Siltstone* et *Pachydermal Sandstone* et les *Isaacs Conglomerate*, *Cross-bedded Sandstone and Microconglomerate* d'autre part.

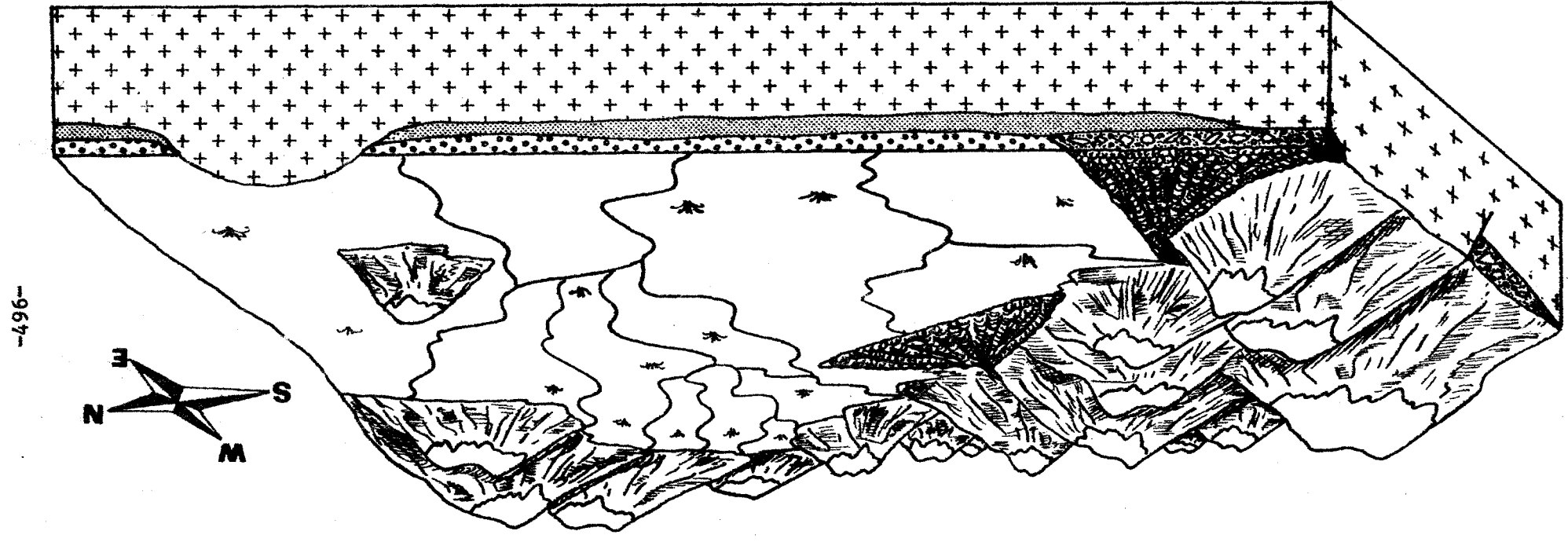
Tous ces sédiments ont probablement évolué dans un environnement glaciaire comme le démontre l'étude dont les résultats figurent au chapitre 4.

L'*Isaacs Conglomerate* présente, nous l'avons vu au chapitre 4, des galets striés et facetés en trop petit nombre pour donner à ce conglomérat polygénique une origine tillitique. De plus, ils sont très ferrugineux et passent latéralement à des siltites et grès de *floodplain*.

BUS  
LILLE

Fig. 131. - Reconstitution paléogéographique de la région des Friendly Beaches au Permien.

# STADE 2



- Formation des Iron-rich Sandstone, Plant bearing Siltstone et Pachydermal Sandstone
- Formation de l'Isacs Conglomerate et Cross-bedded Sandstone and Micro-conglomerate

-967-

L'action du froid et des glaciers a démantelé le socle granitique et les dépôts siluro-dévonien, sous un climat sévère et glacial, dans une atmosphère oxydante. Les éléments ont été transportés par des rivières torrentielles vers la plaine alluviale côtière, formant des cônes alluviaux en forme d'éventail. Certaines décharges dirigées vers le Nord et l'Est ont produit des conglomérats très fins (*Cross-bedded Sandstone and Microconglomerate*). La couleur rouge, les chenaux, la stratification entrecroisée les variations latérales du faciès conglomératique, le mauvais classement, le *roundness*, l'imbrication des éléments, l'absence de matériaux silteux ainsi que de la faune indiquent que les galets de ce conglomérat ont été soumis à l'action de puissants cours d'eau.

Enfin il faut noter la présence d'une végétation (*Plant-bearing Siltstone*).

#### 6.4. LE STADE 3

Les galets des *fanglomerates* vont subir l'action de courants orientés Nord Ouest-Sud Est. La mer transgresse et oriente les galets. Cette plage caillouteuse (*shingle beach*) est périodiquement prise par la glace. Ceci est démontré au chapitre 4 par l'étude du *roundness*, de la "fabrique" du conglomérat et de l'exoscopie des grains de quartz au MEB.

Cette mer est peu profonde et dans la zone intertidale ou infratidale se déposent les *Worm-cast Sandstone* et les *Bryozoan Siltstone* riches en traces de vers et en Bryozoaires. La plage est très semblable à celles des régions polaires actuelles et les icebergs transportent vers le large des éléments de toutes tailles qui vont se sédimenter (*dronstones*). Nous sommes maintenant dans le *Cascades Group* et la faune est déjà celle de la zone à *Taeniothaerus subquadratus*, c'est-à-dire la faunizone 5.

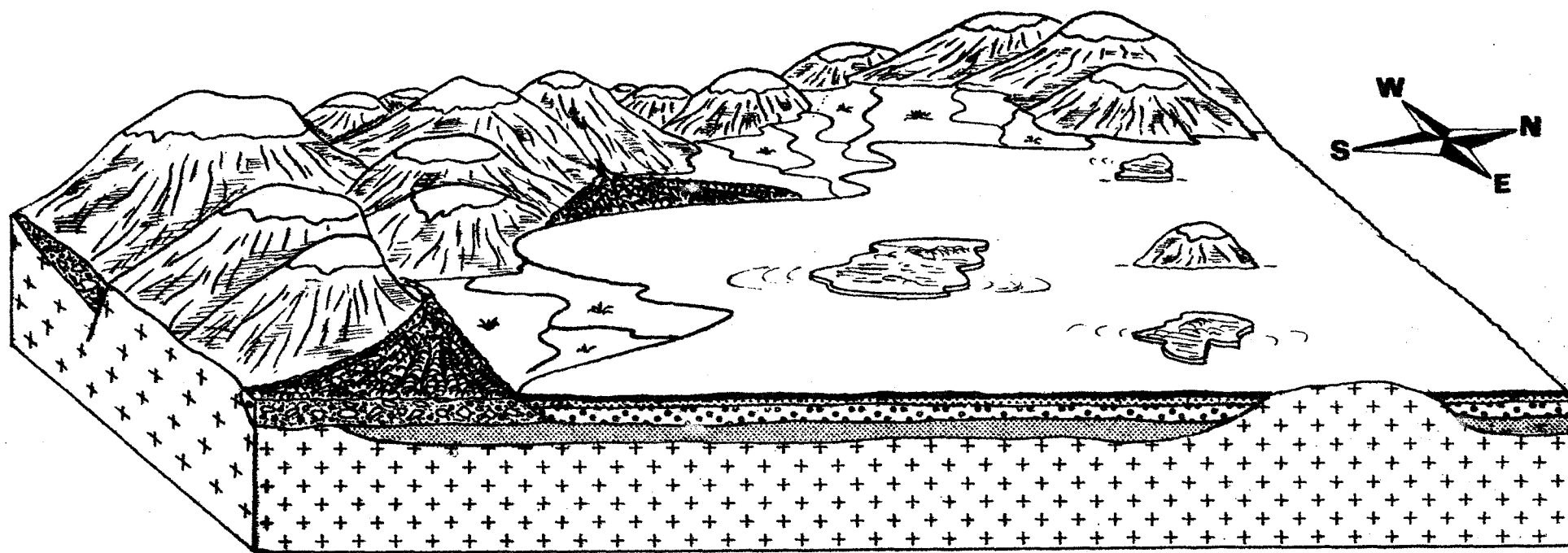
#### 6.5. LE STADE 4

Les collines qui entourent le bassin de sédimentation continuent à s'éroder. Elles sont toujours envahies de glaciers. On note la présence de *dronstones* granitiques dans le bassin de sédimentation qui s'approfondit. La mer continue à transgresser.



Fig. 132.- Reconstitution paléogéographique de la région des *Friendly Beaches* au Permien.

### STADE 3



-498-

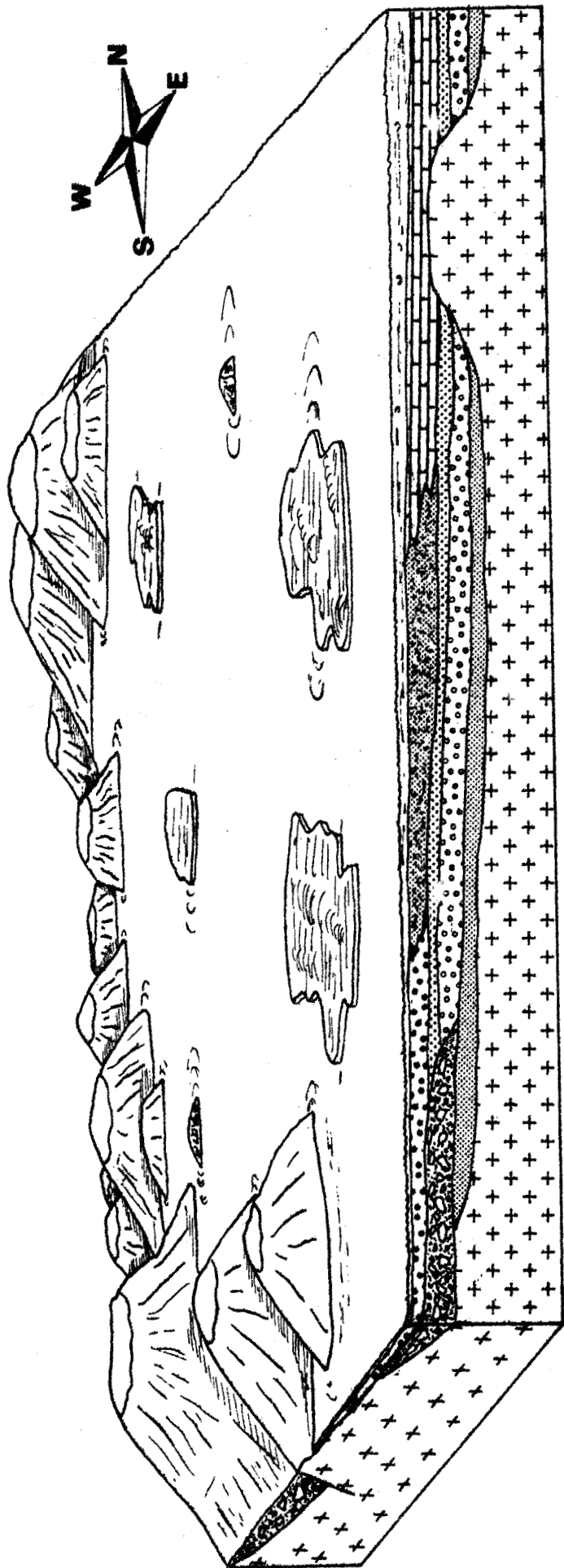
- Formation des *Worm-cast Sandstone* et *Bryozoan Siltstone*

Dans la zone intertidale se forme le *Megadesmus nobilissimus* Sandstone riche en mollusques. Nous sommes dans la zone sublittorale et les sédiments sont essentiellement des sables. Vers le large la granulométrie des dépôts diminue et des silts à Brachiopodes se déposent (*Fossiliferous Siltstone*). Enfin, au large, la sédimentation chimique remplace la sédimentation détritique et il y a formation de calcaire (*Peter Limestone*). La fine boue calcaire implique un environnement de basse énergie hydraulique. Les courants sont peu violents, leur énergie est faible. Ceci explique que dans le *Peter Limestone* il y ait des niveaux micritiques. Par contre, la présence de niveaux où domine la sparite qui remplit les pores de la roche, là où la boue calcaire a été éliminée, implique que des courants violents ou prolongés se soient produits à différentes périodes. Ces calcaires sont de teinte claire, dépourvus de matière organique. Ceci implique que les eaux aient été aérées et oxygénées. Dans le *Peter Limestone*, on trouve beaucoup d'éléments détritiques de tailles très variables. Ces éléments (*Lonestones*) ne sont pas alignés et n'ont pas d'orientation définie. En accord avec BANKS (1974), ceci laisse supposer qu'ils aient été *ice-rafted*, c'est-à-dire transportés par des icebergs, puis sédimentés (*dropstones*). L'étude de l'exoscopie en MEB démontre que les grains de quartz qui sont inclus dans la boue calcaire ont évolué dans un environnement glaciaire. Nous possédons une autre preuve de la température peu élevée des eaux où sédimente la fine boue calcaire. Nous savons en effet que la solubilité des éléments est fonction de la température, de la pression et du pH de l'environnement. Pour ce qui est de la silice amorphe, la solubilité croît avec la température, la pression et lorsque le pH est supérieur à 9 (KPAUSKOPH, 1959). Pour la calcite, la solubilité est une fonction décroissante de la température et une fonction croissante de la pression (MILLER, 1952). Par ailleurs, la solubilité de la calcite décroît lorsque le pH s'élève (CORRENS, 1950). L'augmentation de la solubilité de la calcite due à la pression est inférieure à la diminution due à la température, par conséquent, dans l'ensemble, la solubilité de la calcite diminue lorsque la solubilité de la silice s'élève donc la calcite ne se réplique pas sur le quartz. Or, sur les quartz détritiques observés dans le *Peter Limestone*, il n'y a pas de réplique de la "mosaïque" due à la calcite, il y a fossilisation des cassures conchoïdales sur le quartz car la température est faible. Le pH de cet environnement est probablement inférieur à 9.



Fig. 133.- Reconstitution paléogéographique de la région des Friendly Beaches au Permien.

### STADE 4



- Formation des *Megadesmus mobilissimus* Sandstone, Fossiliferous  
Siltstone, Chertified Unit et Peter Limestone.





Par ailleurs, le microscope électronique a révélé l'existence de traces imputables à un environnement intertidal pour les sédiments des *Megadesmus nobilissimus Sandstone* et *Chertified Unit*.

Ces formations possèdent des fossiles auxquels on a pu attribuer un âge qui correspond à la faunizone 5 (zone à *Taeniothaerus subquadratus*). Il faut noter l'absence de coraux et surtout de Fusulines qui pourtant abondent au Permien à d'autres endroits du globe terrestre. Ces fossiles sont caractéristiques de mers chaudes (comme la Tethys). De plus, on y a trouvé des *Thamnopora* qui vivent essentiellement dans les eaux froides.

Enfin, aucune algue n'a été découverte. Cela suggère que le *Peter Limestone* ait été déposé sous un écran de glace" qui a empêché la croissance de végétaux, gouvernée par la photosynthèse.

#### 6.6. LE STADE 5

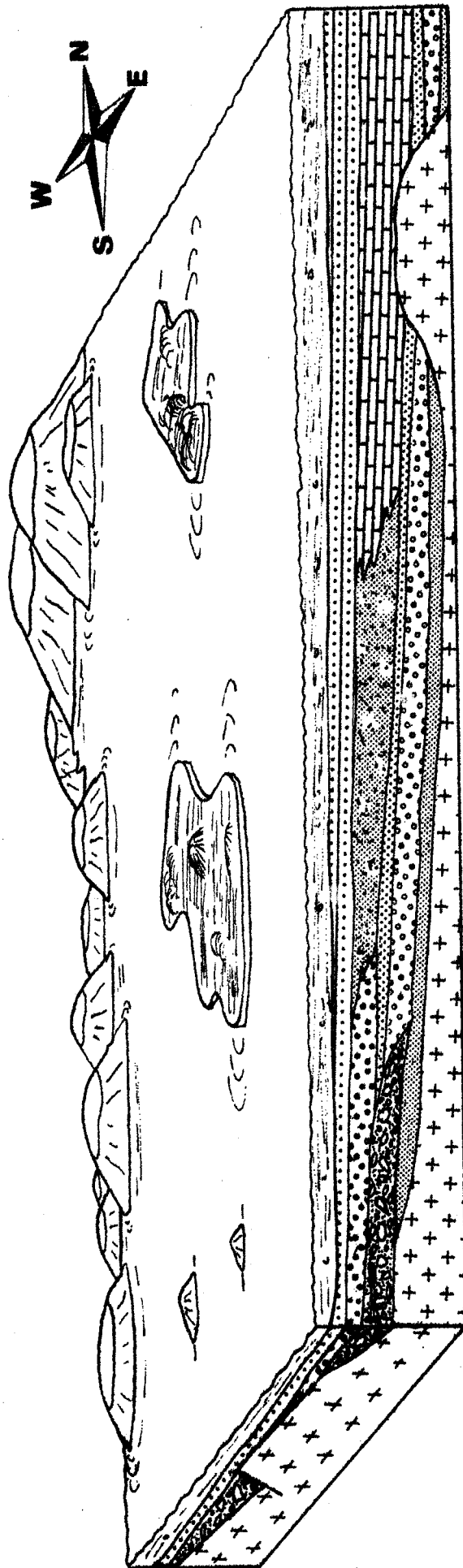
Le bassin de sédimentation s'approfondit, les collines s'émeussent de plus en plus et de la glauconie se forme. Paléogéographiquement, la glauconie n'est pas un minéral très intéressant car elle se forme sous toutes les latitudes (CLOUD, 1955). Par contre, elle est très intéressante quant à la datation des roches sédimentaires qui en possèdent (CURTIS-REYNOLDS, 1958; Mc DOUGALL et Collaborateurs, 1965). La glauconie peut être détritique ou authigène (NICOLAS, 1961; PORRENGA, 1968). L'environnement peut être anaérobie (CLOUD, 1955) ou très oxydant (LARSEN et CHILINGAR, 1967) mais plutôt réducteur (KRUMBEIN et GARRELS, 1952; BURST, 1958). Pour ce qui est de la température, selon CLOUD (1955), elle doit être basse. D'après PORRENGA (1967), elle est inférieure à 15°C. Pour FAIRBRIDGE (1967), la température doit être élevée. Mc RAE (1972) situe la température de formation entre 15 et 20°C. La profondeur des eaux doit être supérieure à 15 m, là où l'action des vagues est éliminée, et par conséquent, là où la turbulence est moins élevée. Elle peut être de 500 mètres (FAIRBRIDGE, 1967) et peut aller jusqu'à 4000 m (Mc RAE, 1972). GALLIHER (1939) signale que la glauconie se forme par altération de la biotite. ODIN (1971) est d'avis contraire.

En définitive, les renseignements que l'on peut tirer de la glauconie sont relativement peu concluants. Néanmoins, on peut dire, en accord avec DAPPLES (1967) et FAIRBRIDGE (1967), que le pH des eaux était légèrement alcalin (pH 7 ou 8). Par ailleurs, la glauconie est associée aux transgressions



Fig. 134.- Reconstitution paléogéographique de la région des  
*Friendly Beaches* au Permien.

## STADE 5



- Formation des *Glauconitic Sandstone*

marines. Quant à l'âge de cette formation 8, on peut dire qu'il va de la faunizone 7 à la faunizone 10. Cette formation peut être corrélée aux *Malbina Group* et *Ferntree Group*. Enfin la présence de nombreux *dropstones* prouve l'existence d'icebergs à cette époque.

#### 6.7. LE STADE 6

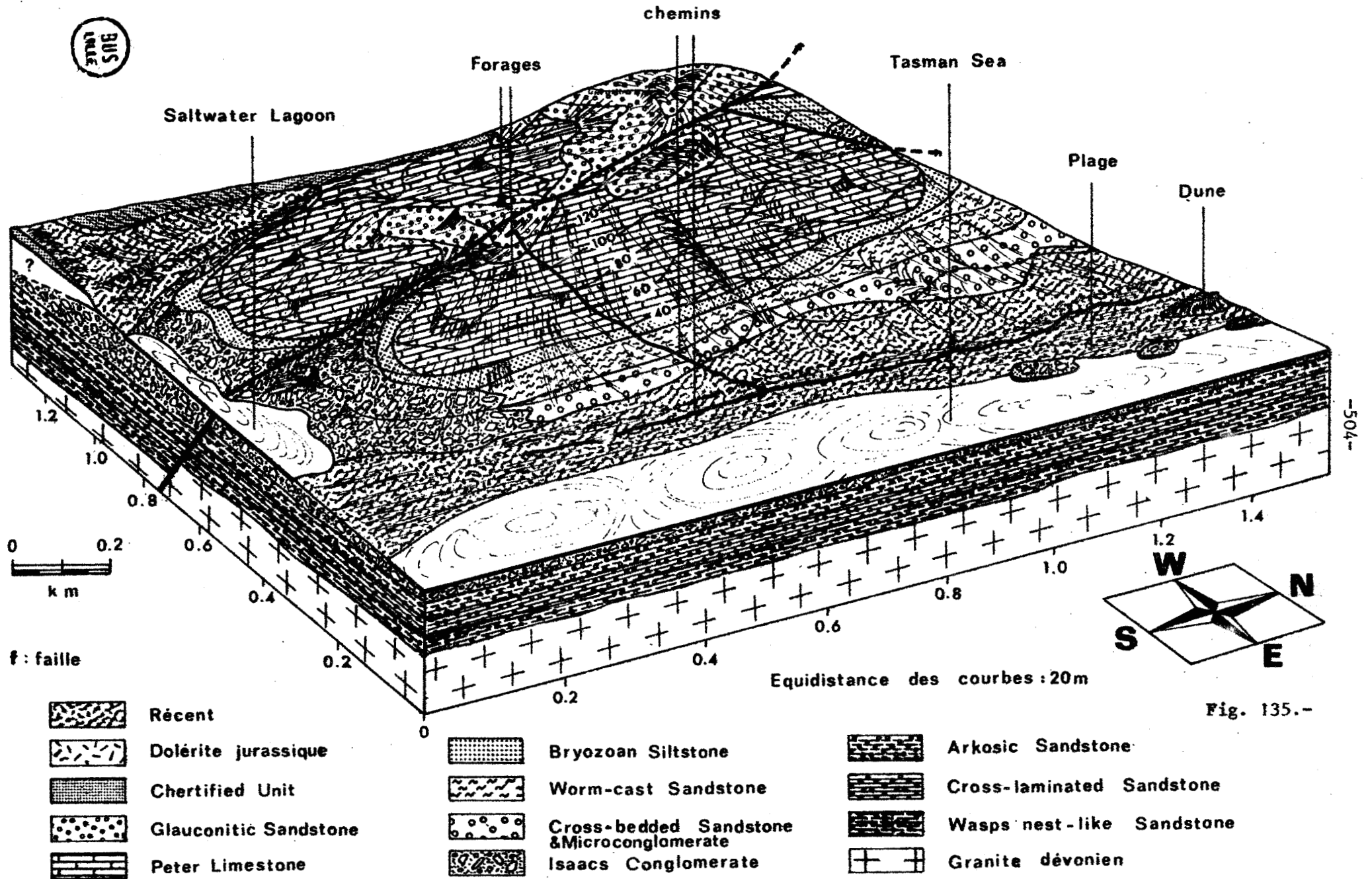
La région va s'éroder lentement pendant encore plus de 220 millions d'années et ne va pas subir de modifications sédimentologiques notables. Nous arrivons progressivement à l'état actuel des *Friendly Beaches* dont un petit secteur situé immédiatement au Nord de *Saltwater Lagoon* est illustré par le bloc diagramme de la figure 135.

-----

Légende de la figure 135 (p. 504) :

-Bloc-diagramme du secteur situé immédiatement au Nord de *Saltwater Lagoon*.

# THE FRIENDLY BEACHES



BIBLIOGRAPHIE

- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE (1962).- Dictionary on geological terms. Dolphin Books, Doubleday and Company, Inc. Garden City, N.Y.
- ANDREWS J.T. and MILLER G.H. (1972).- Chemical weathering of tills and surficial deposits in East Baffin Island, N.W.T. Canada. In : *International Geography 1972*, vol. 1. Ed. by W. P. ADAMS and F.H. HELLEINER, Paper 0102 Geomorphology, p. 5-7, University of Toronto Press, Toronto.
- ARMSTRONG J. (1970a).- Syringothyrid brachiopods from the Permian of Eastern Australia. *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.* 136.2, p. 135-165.
- ARMSTRONG J. (1970b).- Queensland permian species of the Spiriferid Brachiopods *Punctospirifer* and *Cleiothyridina*. *Mem. Qld. Mus.*, 15: 4, p. 315-322.
- AUBERT D. et LE RIBAUT L. (1975).- Quartz du pied du Jura. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, N° 348, vol. 72 (Lausanne-Suisse), p. 231-240.
- AUBOUIN J., BROUSSE R. et LEHMAN J.P. (1968).- Précis de géologie, I° Cycle et Licence, 3 tomes. DUNOD, Paris, 712 pages.
- AUSTPALIAN CODE OF STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE, 1964, (revised by the Committee on Stratigraphic Nomenclature of the Geological Society of Australia). *J. Geol. Soc. Aust.* vol. 11-1, p. 165-171.
- AVIAS J. (1959).- Avant-propos du fascicule 5d du Lexique stratigraphique international. *Lexique stratigraphique international*, Vol. VI : Océanie, Fascicule 5 : Australie: Fascicule 5d : Tasmania. C.N.R.S. Congrès géologique international. *Commission de stratigraphie*.
- BALTZER F. et LE RIBAUT L. (1971).- Néogène de quartz dans les bancs sédimentaires d'un delta tropical. Aspect des grains en microscopie électronique et optique. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, 273, p. 1083-1086.
- BANKS M.R. (1955).- Contribution on the Permian in Tasmania. In : Hill D. 1955, Review of contributions to the correlation and Fauna of the Permian in Australia and N.Z. *J. Geol. Soc. Aust.*, 2, p. 83-107.
- BANKS M.R. (1957).- The stratigraphy of tasmanian limestones. In.: Hugues, T.D., Limestones in Tasmania. *Miner. Resour. Tasm.*, n° 10, p. 65-67.
- BANKS M.R. (1958).- Recent additions to the knowledge of the Permian System in Tasmania. *20th Int. Geol. Congr. Comisión para la Correlación del sistema Karroo*, p. 151-177.
- BANKS M.R. (1962).- Permian. In : Spry A. and Banks M.R. ed. The geology of Tasmania. *J. Geol. Soc. Aust.*, 9, 2, p. 107-362.
- BANKS M.R. (1965).- Geology and Mineral deposits. In : Atlas of Tasmania, ed. by Davies J.L. *Lands and Surveys Department, Hobart*.
- BANKS M.R. (1973).- General Geology. In : The Lake Country of Tasmania. *Royal Soc. Tasm.*, p. 25-34.
- BANKS M.R. (1974).- Stratigraphy and biostratigraphy of Tasmanian Limestones. In. Limestone symposium. *Geol. Soc. Aust.*, vol. 20.

- BANKS M.R. and READ D.E. (1962). - The Malbina Sandstone and Siltstone. *Pap. Proc. Roy. Soc. Tasm.*, 96, p. 19-31.
- BARBE Y.C., CARBONNEL J.P., LE RIPAULT L. et TOURENO J. (1974).- Mise en évidence par exoscopie des quartz de plusieurs épisodes éoliens au cours du Quaternaire mauritanien. *C.R. Ac. Sc., Série D.* p. 1163-1166.
- BARSHAD I. (1950).- The effect of the interlayer cations on the expansion of the micatype crystal lattice. *American Mineralogist*, vol. 35, p. 225-228.
- BEALES F.W. (1960).- Limestone peels. *Jour. Alberta Soc. Petrol. Geologists*, vol. 8, p. 132-135.
- BERGAMINI D. (1964-1965).- Paysages et Nature en Australie. *Collection Life, le monde vivant (collections Time Life) Smeets Lithographers, Weert imn.*
- BIEDERMAN M.J. (1962).- Distinction of shoreline environments in New Jersey. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 32, p. 181-200.
- BISSELL H.J. (1957).- Combined preferential staining and cellulose peel technique. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 27, p. 417-420.
- BLACKWELDER P. and PILKEY O., (1972).- Electron microscopy of quartz grain surface textures : the U.S. eastern Atlantic continental margin. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 42, p. 520-526.
- BLAKE F. (1963).- Plan 1513 A. *Dept. Mines Tasm.*
- BLATT H., MIDDLETON G. and MURRAY R. (1972).- Origin of sedimentary rocks. *Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.*
- BOND G. (1954).- Surface Textures of sand grains from the Victoria Falls area. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 24, p. 191-195.
- BOOKER F.W. (1929).- Preliminary note on new subgenera of *Productus* and *Strophalosia* from Branxton District. *J. Proc. Roy. Soc. N.S.W.*, vol. 63, p. 24-32.
- BOOKER F.W. (1960).- Studies in Permian sedimentation in the Sydney Basin. *Tech. Rep. Dep. Mines, N.S.W.*, vol. 5, p. 11-62.
- BRAMER H. (1965).- Bestimmung der oberflachen beschaffenheit von Quartz-Kornern mit der Elektronenmikroskop, *Geologie*, 14, p. 1114-1117.
- BROGNART A. (1826).- De l'arkose, caractères minéralogiques et histoire géognostique de cette roche. *Ann. Sci. Nat.*, vol. 8, p. 113-163.
- BROWN I.A. (1953).- Permian Spirifers from Tasmania. *Proc. Roy. Soc. N.S.W.*, vol. 86, p. 55-63.
- BROWN J.E. (1973).- Depositional histories of sand grain textures. *Nature, London*, vol. 242, p. 396-398.
- BROWN D.A., CAMPBELL K.S. and CROOK K.A.W. (1968).- The geological evolution of Australia and NewZea land. *Pergamon Press, London.*

- BUEHLER E.J. (1948).- The use of peels in Carbonate petrology. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 18, p. 71-73.
- BULL W.B. (1972).- Recognition of alluvial fan deposits in the Stratigraphic record. In : Recognition of ancient Sedimentary environments. Ed. by J. Keith Rigby and W. Kenneth Hamblin. *S.E.P.M. sp. pub.*, p. 63-83.
- BURST J.F. (1958).- Glauconite pellets : their mineral nature and application to stratigraphic interpretation. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.*, vol. 42, p. 310-327.
- BUSSON G. (1968).- Des sables ronds-mats, émoussés - luisants et non usés observés au microscope électronique à balayage (Stereoscan). *Bull. Mus. Hist. Nat.*, vol. 40, p. 850-856.
- CAILLEUX A. (1938).- La disposition individuelle des galets dans les formations détritiques. *Rev. geog. phys. Geol. dynam.*, vol. 11, p. 171-196.
- CAILLEUX A. (1945).- Distinction des galets marins et fluviatiles. *Bull. Soc. géol. France*, Série 5, vol. 15, p. 375-404.
- CAILLEUX A. et SCHNEIDER H. (1968).- L'usure des sables vue en microscopie électronique à balayage. *Sc. Prop.*, 3395, p. 92-94.
- CAILLEUX A. et TRICART J. (1959).- Initiation à l'étude des sables et des galets. *Centre de documentation universitaire*, 5 Place Sorbonne, Paris.
- CAMPBELL D.H. (1963).- Percussion marks on quartz grains. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 33, p. 855-859.
- CAMPBELL K.S.W. (1961).- New species of the Permian spiriferoids. *Ingelarella* and *Notospirifer* from Queensland and the Stratigraphical implications. *Palaeontographica*, A 117, p. 159-192.
- CAMPBELL K.S.W. (1965).- Australian Permian terebratuloids. *Aust. Bur. Min. Res., Geol. and geophy. Bull.* 68.
- CAMPBELL K.S.W. and Mc KELLAR R.G. (1969).- Eastern Australian Carboniferous invertebrates : sequence and affinities. In : Campbell K.S.W. (ed) : *Stratigraphy and Palaeontology : Essays in honour of Dorothy Hill* A.N.U. Press Canberra, p. 77-149.
- CAROZZI A. (1953).- Pétrologie des roches sédimentaires. *Editions du Griffon*, Neuchatel Suisse, 250 pages.
- CARRIER G.B. (1964).- Electron microscopy technique for determining the percent crystallinity of glass ceramic materials. *Jour. Am. Ceramic Soc.*, vol. 47, n°8, p. 365-367.
- CEGLA J., BUCKLEY T. and SMALLEY I.J. (1971).- Microtextures of particles from some European loess deposits. *Sedimentology*, vol. 17, p. 129-134.
- CHARLESWORTH J.K. (1957).- The Quaternary era. London, Arnold.
- CLARKE M.J. (1969a).- Preliminary notes on the occurrence of the Allandale and Ulladulla Faunas in Tasmania. *Tech. Rep. Tas. Dept. Mines*, n° 13, p. 128-138.

- CLARKE M.J. (1969b).- Tasmanian strophalosiidae. *Dept. Mines Tasm. Geol. Survey, Record n° 10.*
- CLARKE M.J. (1971).- The fauna and age of Malbina A. *Tech. Rep. Tas. Dept. Mines. n° 14, p. 151-157.*
- CLARKE M.J. and BANKS M.R. (1975).- The stratigraphy of the Lower Parts of the Parmeener Super-Group, Tasmania. In : *Papers from the third Gondwana Symposium, Canberra, Australia, p. 453-467.*
- CLOUD P.E. (1955).- Physical limits of glauconite formation. *Bull. Am. Assoc. Pet. Geologists, vol. 39, p. 484-492.*
- COCH N.K. and KRINSLEY D.H. (1971).- Comparison of stratigraphic and electron microscope studies in Virginia Pleistocene coastal sediments. *Jour. Geol., vol. 79, p. 426-437.*
- CODE OF STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE. American commission on stratigraphic nomenclature (1961). *Bull. Am. Assoc. Pet. Geologists, vol. 45, n°5, p. 645-665.*
- COLEMAN P.J. (1957).- Permian Productacea of Western Australia. Commonwealth of Australia, Department of national development. *Aust. Bur. Min. Res. Geol. and Geophy. Bull. N°40, p. 85-88 et 102-103.*
- COMPSTON W., CRAWFORD A. R. and BOFINGER V.M. (1966).- A radiometric estimate of the duration of sedimentation in the Adelaide Geosyncline, South Australia. *J. Geol. Soc. Aust., vol. 13, p. 229-276.*
- CORRENS C.W. (1950).- Zur Geochemie der Diagenese. *Geoch. Cosmoch. Acta, 1, 49-54.*
- CROWELL J.C. and FRAKES L.A. (1973).- The late paleozoic glaciation. *Papers from the third Gondwana Symposium Canberra, p. 313-331.*
- CURTIS G.H. and REYNOLDS J.H. (1958).- Notes on the potassium-argon dating of sedimentary rocks. *Bull. Geol. Soc. Am., 69, p. 151-160.*
- DAILY B. (1956).- The Cambrian in South Australia. *Int. Geol. Congr., 20-2 (2), p. 91-147.*
- DANA J.D. (1847).- Descriptions of fossil shells of the collections of the exploring expedition under the command of Charles Wilkes, U.S.N., obtained in Australia; from the lower layers of the Coal Formation in Illawarra and from a deposit of nearly the same age at Harper's Hill, Valley of the Hunter. *Am. Jour. Sci., Vol. 5, p. 151-160.*
- DAPPLES E.C. (1967).- Diagenesis of Sandstones. In G. arsen and G.V. Chilingar Editors : *Diagenesis in Sediments, Elsevier, Amsterdam, p. 91-125.*
- DAVIES J.L. (1965).- Atlas of Tasmania. *Lands and Surveys Department, Hobart.*
- DEAR J.F. (1971).- Strophomenoid brachiopods from the higher Permian faunas of the Back Creek Group in the Bowen Basin. *Geol. Surv. Q'land, Pub. 347, Pap. 21, p. 16-18.*
- DEMPSTER P.B. and RITCHIE P.D. (1952).- Surface of finely ground SiO<sub>2</sub>. *Nature, London, vol. 169, p. 538-539.*



- DICKINS J.M., MALONE E.J. and JENSEN A.R. (1964).- Subdivision and correlation of the Permian Middle Bowen Beds, Queensland. *Aust. Bur. Min. Res. Geol. and Geophys.*, N° 7C.
- DIXON W.J. and MASSEY F.J. (1957).- Introduction to statistical analysis. *New York Mc Graw-Hill Book Co.*
- DOBKINS J.E. and FOLK R.L. (1970).- Shape development on Tahiti-Nui. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 40, p. 1167-1203.
- DOEGLAS D.J. (1962).- The structure of the sedimentary deposits of the braided rivers. *Sedimentology*, vol. 1, p. 167-190.
- DOHERTY P.E. and LEOMBUNO R.R. (1964).- Transmission electron microscopy of glass ceramics. *Jour. Am. Ceram. Soc.*, vol. 47, p. 368-370.
- DOORNKAMP J.C. and KRINSLEY D. (1971).- Electron microscopy applied to quartz grains from a tropical environment. *Sedimentology*, vol. 17, p. 89-101.
- DUNN P.R., PLUMB K.A. and ROBERTS H.G. (1966).- A proposal for time-stratigraphic sub-divisions of the Australian Precambrian. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 13, p. 593-608.
- EMBLETON B.J.J. (1973).- The paleolatitude of Australia through Phanerozoic time. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 19, p. 475-482.
- ETHERIDGE R.J. (1880).- Report on a collection of fossils from the Bowen River Coal Field and the limestone of the Fanning River, Northern Queensland. *Proc. R. Phys. Soc. Edimb.*, vol. 5, p. 263-328.
- ETHERIDGE R.J. (1892).- The Geology and Palaeontology of Queensland and New Guinea. In : Jack R.L. and Etheridge R.J. *Brisbane Government Printer.*
- ETHERIDGE R.J. and DUN W.S. (1906).- Monograph of the Carboniferous and Permian Carboniferous Invertebrates of N.S.W. *Mem. Geol. Surv. N.S.W. Palaeontology*, vol. 5 (i.i.) 1 p. 17.
- ETHERIDGE R.J. and DUN W.S. (1909).- Notes on the Permo-Carboniferous Productid of Eastern Australia. *Rec. Geol. Surv. N.S.W.*, vol. 8, p. 293-304.
- EVERNDEN J.F. and RICHARDS J.R. (1961).- Potassium Argon Ages in Eastern Australia. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 8, p. 1-49.
- FAIRBRIDGE R.W. (1953).- Australian stratigraphy. *Text Books Board. University of Western Australia, Perth.*
- FAIRBRIDGE R.W. (1967).- Phases of diagenesis and authigenesis. In : G.Larsen and G.V. Chilingar editors : *Diagenesis in sediments*, Elsevier Amsterdam, p. 19-89.
- FLETCHER H.O. (1929).- Permo-Carboniferous Aviculopectinidae. *Rec. Aust. Mus.*, 17 (1) p. 6-8, 14-15.
- FLETCHER H.O. (1932).- A revision of the genus *Myonia*, with notes on allied genera from the Permo-Carboniferous of N.S.W. *Rec. Aust. Mus.*, 18 (3), p. 389-410.
- FLETCHER H.O. (1954).- Contributions to the correlation and fauna of the Permian in Australia and New Zealand. In. Hill D: 1955. *J. Geol. Soc. Aust.* 2. p. 83-107.

- FLETCHER H.O. (1958).- The Permian Gastropods of N.S.W. *Rec. Aust. Mus.*, vol. 24, n° 10, p. 131-135; 592-603.
- FLINT R.F., SANDERS J.E. and RODGERS J. (1960a).- Symmictite : a name for non sorted sedimentary rocks that contain a wide range of particles size. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71, p. 507-510.
- FLINT R.F., SANDERS J.E. and RODGERS J. (1960b).- Diamictite : substitute term for Symmictite. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71, p. 1809-1810.
- FOLK R.L. (1965).- Some aspects of recrystallization in ancient limestones. In : Dolomitization and limestone diagenesis. *SEPM, sp. pub.*, 13.
- FOLK R.L. (1974).- Petrology of Sedimentary Rocks. *Hemphill Pub. Co. Austin, Texas.* 182 pages.
- FOLK R.L. and WEAVER C.E., (1952).- A study of the texture and composition of chert. *Am. Jour. Sci.*, vol. 250, p. 498-510.
- FOURNIER G.R. (1960).- Solubility of quartz in water in the temperature interval from 25°C to 300°C. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 71, p. 1867-1868.
- FOURNIER G.R. (1964).- Partial immersion technique for the photography of sand grain surfaces. *Jour. Sed. Pet.*, 34, p. 473-482.
- FRIEDMAN G.M. (1959).- Identification of carbonate minerals by staining methods. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 29, p. 87-97.
- FRONDEL C. (1962).- Silica Minerals. *Dana's system of Mineralogy*, vol. 3. *John Wiley and Sons Ltd, NY*, 334 pages.
- GALLIHER E.W. (1939).- Biotite-glaucinite transformation and associated minerals. In : Trask P.D. (ed.) *Recent Marine Sediments. Bull. Am. Assoc. Pet. Geol.* p. 513-515.
- GEES R.A. (1969).- Surface textures of quartz sand grains from various depositional environments. *Ber. Elektronenmikroskop Direktabh Oberfl.* vol. 2, p. 283-297.
- GEITZENAUER K.R., MARGOLIS S.V. and EDWARDS D.S. (1968).- Evidence consistent with Eocene glaciation in a South Pacific deep sea sedimentary core. *Earth and planetary Science letters 4 North Holland Pub. Co. Amsterdam*, p. 173-177.
- GILLOT J.E. (1969).- Study of the fabric of fine-grained sediments with the scanning electron microscope. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 39, p. 90-105
- GOODELL H.G., WATKINS N.D., MATHER T.J. and KOSTER S., (1968).- The Antarctic glacial history recorded in sediments of the southern ocean. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, vol. 5, p. 41-62.
- HALE G.E.A. and BRILL K.G. (1955).- Clay Minerals from Permian Strata of Tasmania. *Pap. Proc. Roy. Soc. Tasm.*, vol. 89, p. 231-235.
- HAMILTON D. and KRINSLEY D.H. (1967).- Late Paleozoic glacial deposits of South Africa and Southern Australia. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 68, p. 783-800.

- HARRINGTON H.J. (1955).- The Permian *Eurydesma* fauna of Eastern Argentina. *Jour. Palaeont.* vol. 29, n° 1, p. 112-128.
- HARRISON P.W. (1957).- New technique for three-dimensional fabric analysis of till and englacial debris containing particles from 3 to 40 mm in size. *Jour. Geol.*, vol. 65, p. 98-105.
- HARVEY R.D. (1966).- Electron microscope study of microtexture and grain surfaces in limestones. *Illinois Geological Survey*, vol. 404, p. 18.
- HAY W. and SANDBERG P. (1967).- The SEM, a major break through for micropalaeontology. *Micropalaeontology*, vol. 13, p. 407-418.
- HEIKEN G. (1974).- An atlas of volcanic ash. *Smithsonian contributions to the Earth Sciences*, n° 12.
- HERBERT C. (1972).- Palaeodrainage patterns in the southern Sydney Basin. *Rec. Geol. Surv. NSW*, 14, (I) p. 5-18.
- HILL D. (1950).- The Productinae of the Artinskian Cracow Fauna of Queensland. *Pap. Dep. Geol. Univ. Qld*, 3, (2) p. 1-36.
- HILL D. (1955).- Contributions to the correlation and fauna of the Permian in Australia and New-Zealand. *J. Geol. Soc. Aust.*, 2, p. 83-107.
- HILL D., PLAYFORD G. and WOODS J.T. (1972).- Permian fossils of Queensland. *Queensland Palaeontographical Society Sp. pub.*
- HODGSON A.V. and SCOTT W.B. (1970).- The identification of ancient beach sands by the combination of size analysis and electron microscopy. *Sedimentology*, vol. 14, p. 67-75.
- HOLMES C.D. (1941).- Till fabric. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 52, p. 1299-1354.
- HUGUES T.D. (1957).- Limestones in Tasmania. *Geological Survey Mineral Resources n° 10 Dept. Mines Tasm.*, p. 242-243.
- HYDE P. and KRINSLEY D. (1964).- An improved technique for electron microscope examination of Foraminifera. *Micropalaeontology*, 10, p. 491-493.
- IRVING E. (1964).- Paleomagnetism. *Wiley, New York*.
- JACKSON M.L. (1956).- Soil Chemical analysis. Advanced course. *Department of Soils, University of Wisconsin, Madison 6*.
- JENNINGS D.J. (1969).- Limestone at Saltwater Lagoon, Friendly Beaches, Coles Bay Peninsula. *Tech. Rep. Tas. Dept. Mines*, n°13, p. 11-19.
- JOHARI O. and BHATTACHARYYA S. (1969).- The application of SEM to the characterization of powders. *Powder technology*, vol. 2, p. 335-348.
- JOHNSTON R.M. (1888).- Systematic Account of the Geology of Tasmania. *Government Printer, Hobart*.

- JOHNSTON W.A. (1922).- Imbricated structure in river gravels. *Am. Jour. Sci.* Série 5, vol. 4, p. 387-390.
- JOPLING A.V. and WALKER R.G. (1968).- Morphology and Origin of Ripple-Drift Cross Lamination, with examples from the Pleistocene of Massachusetts. *Jour. Sed. Pet.*, 38, p. 971-984.
- JUNG J. (1969).- Précis de pétrographie. Roches sédimentaires, métamorphiques et éruptives. *Masson et Cie, 120 Bd St Germain, Paris*, 332 pages.
- KARLSTROM T.N.V. (1952).- Improved equipment and techniques for orientation studies of large particles in sediments. *Jour. Geol.*, vol. 64, p. 385-395, 578-606.
- KARPOVITCH R.P. (1971).- Surface features of quartz and grains from the northeast Gulf of Mexico. *Trans. Gulf Coast Assoc. of Geol. Soc.*, vol. 21, p. 451-461.
- KATZ A. and FRIEDMAN G.M. (1965).- The preparation of stained acetate peels for the study of carbonate rocks. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 35, p. 248.
- KAY D.H. (1965).- Techniques for electron microscopy. *Blackwell, Oxford*, 560 pages.
- KEID H.G.W., (1922).- The Seymour-Douglas River, Denison River, Mount Paul Coal Field. In : Geological Survey of Tasmania The Coal Ressources of Tasmania. *Miner. Ressour. Tasm.*, n° 7, p. 93.
- KOTTLOWSKI N. (1965).- Measuring stratigraphic sections. *Geologic field techniques series U.S.A.*
- KRAGELSKII I.V. (1965).- Friction and wear. *London, Butterworths*, 225 pages.
- KRAUSKOPF K.B. (1959).- The geochemistry of silica in sedimentary environments. In : H.A. Ireland (ed). *Silica in sediments (Symposium). SEPM, sp. pub.*, 7, p. 4-19.
- KRINSLEY D.H. and CAVALLERO L. (1970).- Scanning electron microscopy of eolian sands from Long Island, New York. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 40, p. 1345-1350.
- KRINSLEY D.H. and DONAHUE J. (1968a).- Environmental interpretation of sand grain surface textures by scanning electron microscopy. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 79, p. 743-748.
- KRINSLEY D.H. and DONAHUE J. (1968b).- Diagenetic surface textures of quartz grains in limestone. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 38, p. 859-863.
- KRINSLEY D.H. and DOERNKAMP J.C. (1973).- Glossary of quartz sand grain textures. *Cambridge University Press England*.

- KRINSLEY D.H. and FUNNELL B.M. (1965).- Environmental history of quartz sand grains from the Lower and Middle Pleistocene of Norfolk, England. *Quart. J. Geol. Soc. London*, 121, p. 435-47.
- KRINSLEY D.H. and MARGOLIS S.V. (1969).- A study of quartz sand grain surface textures with the scanning electron microscope. *Trans. N.Y. Acad. Sci.*, Ser. II, 31-p. 457-477.
- KRINSLEY D.H. and MARGOLIS S.V. (1971).- Quartz sand grain surface textures. In : *Procedures in Sedimentary Petrology*. R.E. Carver (ed), Wiley and Sons, N.Y., p. 151-180.
- KRINSLEY D.H. and NEWMAN W. (1965).- Pleistocene glaciation : a criterion for recognition of its onset. *Science N.Y.*, vol. 149, p. 442-443.
- KRINSLEY D.H. and TAKAHASHI T. (1962a).- The surface textures of sand grains : an application of electron microscopy. *Science, N.Y.*, vol. 135, p. 923-925.
- KRINSLEY D.H. and TAKAHASHI T. (1962b).- The surface textures of sand grains : an application of electron microscopy : Glaciation. *Science N.Y.*, vol. 138, p. 1262-1264.
- KRINSLEY D.H. and TAKAHASHI T. (1962c).- Applications of electron microscopy to geology. *Trans. N.Y. Acad. Sci. Série II*, vol. 25, p. 3-22.
- KRINSLEY D.H. and TAKAHASHI T. (1964).- A technique for the study of surface textures of sand grains with electron microscopy. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 34, p. 423-426.
- KRINSLEY D.H., TAKAHASHI T., SILBERMAN M. and NEWMAN W. (1964).- Transportation of sand grains along the Atlantic shore of Long Island, N.Y. : an application of electron microscopy. *Marine Geology*, vol. 2, p. 100-120.
- KRUMBEIN W.C. (1934).- Size Frequency Distribution of Sediments. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 4, p. 65-77.
- KRUMBEIN W.C. (1939).- Preferred orientation of pebbles in sedimentary deposits. *Jour. Geol.* vol. 47, n° 7, p. 673-706.
- KRUMBEIN W.C. (1940).- Flood gravel of San Gabriel Canyon, California. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 51, p. 639-676.
- KRUMBEIN W.C. (1941).- Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 11, n°2, p. 64-72.
- KRUMBEIN W.C. (1942).- Flood deposit of Arroyo Seco, Los Angeles Country Calif. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 53, p. 1355-1402.
- KRUMBEIN W.C. and GARRELS R.M. (1952).- Origin and classification of chemical sediments in terms of pH and oxidation-reduction potential. *Jour. Geol.* vol. 60, p. 1-33.
- KRUMBEIN W.C. and GRAYBILL F.A. (1965).- An introduction to statistical models in Geology. *Mc Graw-Hill Book Co, London*, 475 pages.

- KRUMBEIN W.C. and GRIFFITH J.S. (1938).- Beach Environment in Little Sister Bay, Wisconsin. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 49, p. 629-652.
- KRUMBEIN W.C. and PETTIJOHN F.J. (1938).- Manual of Sedimentary petrology. *The century earth Science series, Appleton Century Crofts N.Y.*
- KRUMBEIN W.C. and SLOSS L.L. (1951).- Stratigraphy and Sedimentation. *Freeman and Co, London.*
- KUENEN PH.H. (1956).- Experimental abrasion of pebbles, Part.2, rolling by current. *Jour. Geol.*, vol. 64, p. 336-368.
- KUENEN PH.H. and PERDOK W.G. (1962).- Frosting and defrosting of quartz grains. *Jour. Geol.* vol. 70, p. 648-658.
- LAHEE M. (1961).- Field Geology. *Mc Graw-Hill Book Co.*
- LANE D.W. (1962).- Improved acetate peel technique. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 32, p. 870.
- LANOIM P.M.B. and FRAKES L.A. (1968).- Distinction between tills and other diamictons based on textural characteristics. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 38, p. 1213-1223.
- LARSEN G. and CHILINGAR G.V. (1967).- Diagenesis in sediments (Introduction). *Elsevier, Amsterdam*, p. 1-17.
- LECLERCQ F. (1975).- Contribution à l'étude du Permien de Matringhem-Vincly (P.de C., France). *D.E.A. Lille.*
- LEGIGAN P. et LE RIBAUT L. (1974).- Evolution des quartz dans un podzol humo-ferrugineux développé sur le Sable des Landes. *C.R. Ac. Sc.*, t. 279, série D, p. 799-802.
- LE RIBAUT L. (1971a).- Présence d'une pellicule de silice amorphe à la surface de cristaux de quartz des formations sableuses. *C.R. Ac. Sc.*, t. 272, série D., p. 1933-1936.
- LE RIBAUT L. (1971b).- Comportement de la pellicule de silice amorphe sur les cristaux de quartz en fonction des différents milieux évolutifs. *C.R. Ac. Sc.*, t. 272, série D., p. 2649-2652.
- LE RIBAUT L. (1972a).- Exoscopie : caractères distinctifs des quartz à évolution fluviatile. *C.R. Ac. Sc.*, T. 274, série D., p. 3190-3193.
- LE RIBAUT L. (1972b).- Exoscopie : caractères distinctifs des quartz à évolution marine. *C.R. Ac. Sc.*, t. 275, série D., p. 735-738.
- LE RIBAUT L. (1972c).- Détermination, par exoscopie des quartz, de l'origine des limons quaternaires dans le SE du Bassin Aquitain. *C.R. Ac. Sc.*, t. 275, série D., p. 1477-1480.
- LE RIBAUT L. (1973).- L'exoscopie, méthode de détermination des évolutions subies par les grains de quartz au cours de leur histoire géologique, par l'étude de leurs aspects superficiels au microscope électronique à balayage. *Thèse, Université de Paris Sud.*

- LE RIBAUT L. (1974a).- L'exoscopie, méthode de détermination de l'histoire géologique des quartz détritiques. *Rev. géog. phys. Geol. Dynam.* vol. 16, (1), p. 119-130.
- LE RIBAUT L. (1974b).- Exoscopie et endoscopie des quartz d'origine détritique. *Estratto dai Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia*, vol. 30, p. 373-416.
- LE RIBAUT L. (1975).- L'exoscopie des quartz détritiques au microscope électronique à balayage. *IXe Congrès International de Sédimentologie, Nice.*
- LE RIBAUT L. et TOURENO J. (1972).- Mise en évidence de trois types d'apports détritiques dans les sables et argiles du Bourbonnais d'après l'examen de la surface des grains de quartz au microscope électronique à balayage. *C.R. Ac. Sc.*, p. 528-531.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1959).- vol. VI : Océanie, Fascicule 5; Australie; Fascicule 5d : Tasmania. *CMRS, Congrès géologique International. Commission de Stratigraphie.*
- LONSDALE W. (1844).- Description of six species of corals from the Paleozoic formation of Van Diemen's Land. In : *Darwin Geology. Smith, Elder & Co, London.*
- LUTTIG G. (1956).- Eine neue einfache gerölmorphometrische methode. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, Ohringen 7, p. 13-20.
- Mc BRIDE E.F. (1962).- Flysch and associated Beds of the Martinsburg formation (Ordovician), Central Appalachians. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 32, n°1, p. 39-91.
- Mc CRONE A.W. (1963).- Quick preparation of peel-prints for sedimentary petrography. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 33, p. 228-230.
- Mc DOUGALL I. (1962).- Differentiation of the Tasmanian dolerites : Red Hill Dolerite - Granophyre association. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 73, p. 279-316.
- Mc DOUGALL I. and LEGGO P.J., (1965).- Isotopic age determinations on granitic rocks from Tasmania. *J. Geol. Soc. Aust.*, Vol. 12, (2), p. 295-332.
- Mc DOUGALL I., DUNN P.R., COMPSTON W., WEBBAW A.W., RICHARDS J.R. and BOFINGER V.M. (1965).- Isotopic age determinations on Precambrian rocks of the Carpentaria region, Northern Territory, Australia. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 12, p. 67-90.
- Mc INTYRE A. (1967).-Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean : I Placoliths and Cyrtoliths. *Deep Sea Researches*, Vol. 14, p. 561-597.
- Mc RAE S.G. (1972).- Glauconite. *Earth Science Reviews*, 8, p. 397-440.
- MARGOLIS S.V. (1968).- Electron Microscopy of Chemical Solution and Mechanical Abrasion Features on Quartz Sand Grains. *Sedimentary geology*, Vol. 2, p. 243-256.

- MARGOLIS S.V. and KENNETT J.P. (1971).- Cenozoic Antarctic glacial history recorded in Subantarctic deep-sea cores. *Am. Jour. Sci.*, vol. 271, p. 1-36.
- MARGOLIS S.V. and KRINSLEY D.H. (1971).- Submicroscopic frosting on eolian and subaqueous quartz sand grains. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 82, p. 3395-3406.
- MARGOLIS S.V. and KRINSLEY D.H. (1974).- Processes of formation and environment occurrence of microfeatures on detrital quartz grains. *Am. Jour. Sci.*, vol. 274, p. 449-464.
- MAXWELL W.G.H. (1954).- Strophalosia in the Permian of Queensland. *Jour. Palaeont.* vol. 28, p. 533-559.
- MILLER J.P. (1952).- A portion of the system calcium carbonate, carbon dioxide, water. *Am. Jour. Sci.*, vol. 250, p. 161-203.
- MILLER T.H. and JEFFORDS F.M. (1962).- Some properties of acetate fibers used in peels. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 32, p. 1382-1383.
- MILLOT G. (1964).- Géologie des argiles : altérations, sédimentologie, géochimie. *Masson, Paris*, 499 pages.
- MOLLAN R.G., KIRKEGAARD A.G., EXON N.F. and DICKINS J.M. (1964).- Note on the Permian rocks of the Springsure area and proposal of a new name, Peawaddy formation. *Qd. Govt. Min. J.*, vol. 65, p. 577-581.
- MOORHOUSE W. (1959).- The study of rocks in thin section. *Harper, New York*.
- MORRIS J. (1845).- Description of fossils. In : *Strzelecki, P.E. de, Physical description of NSW and Van Dieman's Land*, p. 270-291.
- MULLER G. and BLASCHKE R. (1972).- Coccoliths : important rock-forming elements in bituminous shales of Central Europe. *Sedimentology*, vol. 17, p. 119-124.
- NICHOLAS J. (1961).- Sur la présence de "Glauconie" en Bretagne centrale. *Coll. Int. CNRS (Paris)*, 105, p. 197-206.
- NICHOLS R.L. (1961).- Characteristics of beaches formed in polar climates. *Am. Journ. Sci.*, vol. 259, p. 694-708.
- NIXON W.C. (1969).- Scanning Electron Microscopy. *Contemp. Phys.*, 10, p. 71-96.
- NORDSTROM C.E. and MARGOLIS S.V. (1972).- Sedimentary history of central California Shelf sands as revealed by scanning electron microscopy. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 42, n° 3, p. 527-536.
- NORRISH K. (1954).- The swelling of montmorillonite. *Dis. Far. Soc.*, vol. 18, p. 120-134.
- NYE P.B. (1926a).- Geological report on cement materials at Dalmayne and Mount Peter. *Dept. Mines Tasm. (Unpublished Report)*.



- NYE P.B. (1926b).- Geological report on cement materials at Dalmayne and Saltwater Lagoon. *Dept. Mines Tasm.*, p. 146-151.
- ODIN G.S. (1971).- Observations nouvelles sur la structure de la glauconie en accordéon ("vermicular pellets"). Description du processus de genèse de ces granules par néoformation. *Sedimentology*, vol. 19, p. 285-294.
- OLDERSHAW A.E. (1968).- Electron microscopie examination of Namurian bedded cherts, North Wales (G.B.). *Sedimentology*, vol. 10, p. 255-272.
- OPIK A.A. (1958).- The Cambrian trilobite *Pedlichia* : organization and generic concept. *Bull. B.M.R.*, vol. 42, p. 1-50.
- OPIK A.A. (1961a).- Alimentary caeca of agnostids and other trilobites. *Palaeontology*, vol. 3, p. 410-438.
- OPIK A.A. (1961b).- The geology and palaeontology of the headwaters of the Burke River, Queensland. *Bull. B.M.R.*, vol. 53.
- OPIK A.A. (1963).- Early Upper Cambrian fossils from Queensland. *Bull. B.M.R.*, vol. 74.
- ORIEL S.S. (1949).- Definitions of arkose. *Am. Jour. Sci.*, vol. 247, p. 824-829.
- PETTLJOHN F.J. (1956).- Sedimentary rocks. *Harper and Brothers ed.*, New York.
- PETTLJOHN F.J., POTTER P.E. and SIEVER R. (1972).- Sand and Sandstones. *Springer-Verlag Berlin*, 618 pages.
- PICARD M.D. and BECKMANN D.D. (1966).- Non opaque and opaque grain fabrics of siltstones in Red Peak member (Triassic), central Wyoming. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 36, p. 506-521.
- PITTMAN E. (1972).- Diagenesis of quartz in sandstones as revealed by scanning electron microscopy. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 42, p. 507-519.
- PORRENGA D.H. (1967).- Glauconite and chamosite as depth indicators in the marine environment. In : Depth indicators. *Marine Geology, Elsevier*, vol. 5.
- PORRENGA D.H. (1968).- Non marine glauconite illite in the Lower Oligocene of Aardeburg, Belgium. *Clay Miner.*, vol. 27, p. 421-430.
- PORTER J.J. (1962).- Electron microscopy of sand surface Textures. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 32, p. 124-135.
- POWERS M.C. (1953).- A new roundness scale for sedimentary particles. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 23, n°2, p. 117-119.
- REHMER J.A. and HEPBURN J.C. (1974).- Quartz sand surface textural evidence for a glacial origin of the Squantum "Tillite", Boston Basin, Massachusetts. *Geology (The geological Society of America)*, vol. 2, n° 8.

- REX R.W., MARGOLIS S.V. and MURRAY B. (1970).- Possible interglacial dune sands from 300 m water depth in the Weddell Sea, Antarctica  
*Bull. Geol. Soc. Am.*, 81, p. 3465-3472.
- RILEY G. (1962).- Igneous activity. In : The Geology of Tasmania. *Jour. Geol. Soc. Aust.*, Vol. 9, (2), p. 255-284.
- RITTENHOUSE G. (1944).- A visual method of estimating two dimensional sphericity  
*Jour. Sed. Pet.*, vol. 13, (2), p. 79-81.
- ROCK-COLOR-CHART. Rock color chart committee (1970). *Geological Society of America Boulder, Colorado.*
- ROUBAULT M. (1963).- Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. *Lamarre-Poinat ed., Paris*, 365 pages.
- RUNNEGAR B. (1965).- The bivalves *Megadesmus* SOWERBY and *Astartila* DANA from the Permian of eastern Australia. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 12, (2), p. 237-239.
- RUNNEGAR B. (1967).- Desmodont bivalves from the Permian of eastern Australia. *Aust. Bur. Min. Res. Geol. and Geophys.*, n° 96, p. 50-53.
- RUNNEGAR B. (1969).- The permian faunal succession in eastern Australia. *Spec. Publs. Geol. Soc. Aust.*, vol. 2, p. 73-98.
- RUNNEGAR B. and Mc CLUNG G. (1975).- A Permian time scale for Gondwanaland. *Papers from the third Gondwana Symposium Canberra, Australia*, p. 425-431.
- RUSNAK G.A. (1957a).- A fabric and petrologic study of the Pleasantview Sandstone. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 27, p. 41-55.
- RUSNAK G.A. (1957b).- The orientation of sand grains under conditions of "unidirectional" fluid flow. *Jour. Geol.*, vol. 65, p. 384-409.
- RUSSEL R.D. and TAYLOR R.E. (1937).- Roundness and Shape of Mississippi River Sands. *Jour. Geol.*, vol. 45, p. 225-267.
- SANDBERG P.A. and HAY W.W. (1967).- Study of microfossils by means of the SEM. *Jour. Palaeont.*, vol. 41, p. 999-1001.
- SANDBERG P.A. and HAY W.W. (1968).- Application of scanning electron microscopy in palaeontology and geology. *Proc. Symp. SEM. The Instrument and its application*, IIT Res. Inst. Chicago, p. 29-38.
- SAMES C.W. (1966).- Morphometric data of some recent pebble associations and their application to ancient deposits. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 36, p. 126-142.
- SCHERMERHORN B. (1966).- Terminology of mixed coarse fine sediments. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 36, p. 831-835.
- SCHOLTZ C.H. and MARTIN R.J. (1971).- Crack growth and static fatigue in quartz. *Jour. Am. Ceramic Soc.*, vol. 54, p. 474.

- SCHWARZBACH M. (1975).- Discussion : the terminology and stratigraphic nomenclature of proven and possible glaciogenic sediments. *J. Geol. Soc. Aust.*, vol. 22, (2), p. 255-256.
- SCOLARI G. et LILLE R. (1973).- Nomenclature et classification des roches sédimentaires (Roches détritiques terrigènes et roches carbonées). BRGM, 2<sup>e</sup> série *Géologie générale*, Section IV, n°2, 127 pages.
- SETLOW L.W. (1971).- A preliminary SEM study of heavy minerals from the littoral environment : *Coastal Research Notes*, vol. 3, p. 2.
- SETLOW L.W. and KARPOVICH R.F. (1972).- "Glacial" microtextures on quartz and heavy mineral sand grain from the littoral environment. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 42, p. 864-875.
- SHOJI R. and FOLK R.L. (1964).- Surface morphology of some limestone types as revealed by electron microscopy. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 34, p. 144-155.
- SIEVERTS D. (1942).- Crinoiden aus dem Perm. Tasmaniens. *Zentralblatt für Min. Jahrg.*, Abt B, p. 225.
- SMALLEY I.J. (1966).- The properties of glacial loess and the formation of loess deposits. *Journ. Sed. Pet.*, vol. 36, p. 669-676.
- SMALLEY I.J. and CABRERA J.G. (1970).- The shape and surface texture of loess particles. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 81, p. 1591-1596.
- SMALLEY I.J. and CABRERA J.G. (1971).- The shape and surface texture of loess particles : reply. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 82, p. 2361-2363.
- SMALLEY I.J. and VITA-FINZI C. (1968).- The formation of fine particles in sandy deserts and the nature of "desert" loess. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 38, p. 766-774.
- SOLOMON M. (1962).- The tectonic history of Tasmania. In : *The Geology of Tasmania* (BANKS M.R. and SPRY A. Ed.). *J. Geol. Soc. Aust.*, 9, (2), p. 311-339.
- SORBY H.C. (1880).- On the structures and origin of non calcareous stratified rocks. *Quart. J. Geol. Soc. London*, vol. 36, p. 46-92.
- SOUTENDAM C.J.A. (1967).- Some methods to study surface textures of sand grains. *Sedimentology*, vol. 8, p. 281-290.
- SPRY A. (1957).- Precambrian rocks of Tasmania. Part. 1. Dolerites of the North West Coast. *Pap. Proc. Roy. Soc. tasm.*, 91, p. 81-93.
- SPRY A. and BANKS M.R. (1962).- The Geology of Tasmania. *J. Geol. Soc. Aust.*, 9, (2).
- STEHLI F.G. (1961).- New terebratuloid genera from Australia. *Jour. Palaeont.*, vol. 35, p. 451-456.
- STERNBERG R.M. and BELDING H. (1942).- The dry peel technique. *Jour. Palaeont.*, vol. 16, p. 135-136.

- STIEGLITZ R.D. (1969).- Surface textures of quartz and heavy minerals grains from fresh water environments : application of Scanning electron microscopy. *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 80, p. 2091-2093.
- STIEGLITZ R.D. (1972).- Scanning electron microscopy of the fine fraction of recent carbonate sediments from Bimini (Bahamas). *Jour. Sed. Pet.*, vol. 42, n° 1, p. 211-226.
- STIEGLITZ R.D. and ROTHWELL B. (1972).- Scanning electron microscopy of Lake Michigan beach and dune sands from Terry Andrae-Kohler State Park, Wisconsin (Abstract). *Geological Society of America, Abstract with Programs*.
- STRZELECKI P.E. (1845).- Physical description of NSW and Van Diemen's Land. *Longman, London*, p. 270-291.
- SZADECZKY K. (1933).- Die Bestimmung des Abrollungsgrades. *Central. Miner. Geol. Paläont.*, p. 389-401.
- TERMIER H. et TERMIER G. (1963).- Erosion et sédimentation (traduit en Anglais par HUMPHRIES and HUMPHRIES). *D. Van NOSTRAND Co., London*.
- THIEL G.A. (1940).- The relative resistance to abrasion of mineral grains of sand size. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 10, n° 3, p. 103-124.
- THORNTON R.R. (1968).- Scanning electron microscopy. *Chapman & Hall Ltd, London*, 368 pages.
- TOVEY N.K. (1971).- A selection of Scanning electron micrographs of clays. Report CUED/C-SOILS/TR5. *Dept. of Engineering, University of Cambridge, England*.
- TUKEY J.W. (1954).- Chi-square test of orientation, comment n° 1A. *Earth Sciences Panel Review Group, CSPS-ASA*.
- TWENHOFEL W.H. (1950).- Principles of sedimentation. *Mc Graw Hill Book Co.*
- VOISEY A.H. (1959a).- Australian geosynclines. *Aust. J. Sci.*, vol. 22, p. 188-198
- VOISEY A.H. (1959b).- Tectonic evolution of north-eastern New South Wales, Australia. *J. Proc. Roy. Soc. NSW*, 92, p. 191-203.
- WAAGEN W.H. (1883).- Salt Range fossils, part.4 (2) Brachiopoda. *Palaeontology, Indica, Memoirs, série 13, vol. 1*, p. 329-770.
- WADELL H. (1932).- Volume, shape and roundness of rock-particles. *Jour. Geol.*, vol. 40, p. 443-451.
- WADELL H. (1936).- Volume, shape and shape position of rock fragments in open-work gravel. *Geogr. Ann.*, p. 74-92.
- WARNKE D.A. (1971).- The shape and surface texture of loess particles. Discussion. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 82, p. 2357-2360.
- WARNKE D.A. and GRAM R. (1969).- The study of mineral-grain surfaces by interference microscopy. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 39, p. 1599-1604.

- WARNKE D.A. and STAUBLE D.K. (1971).- An application of reflected light differential-interference microscopy : Beach studies in eastern Long Island (U.S.A.). *Sedimentology*, vol. 17, p. 103-114.
- WASS R. (1966).- Two new species of Permian Brachiopods from Queensland. *Proceedings of the Linnean Society of NSW*, vol. 91, p. 98-99.
- WATERHOUSE J.B. (1964).- Permian Brachiopods of New Zealand. *NZ Dept. Sci. & Ind. Res. N.Z. Geological Survey, Palaeontological bulletin*, n° 35.
- WATERHOUSE J.B. (1968).- The classification and descriptions of permian Spiriferida (Brachiopoda) from New Zealand. *Palaeontographica, Beiträge Zur Naturgeschichte der Vorzeit*, Band 129, Abteilung A.
- WAUGH B. (1965).- A preliminary electron microscopy study of the development of authigenic silica in the Penrith Sandstone. *Proc. York. Geol. Soc.*, vol. 35, p. 59-67.
- WAUGH B. (1970).- Formation of quartz overgrowths in the Penrith Sandstone (Lower Permian) of northwest England as revealed by scanning electron microscopy. *Sedimentology*, vol. 14, p. 309-320.
- WENTWORTH C.K. (1919).- A study of cobble abrasion. *Jour. Geol.*, vol. 27, p. 507-521.
- WENTWORTH C.K. (1922).- A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Jour. Geol.*, vol. 30, p. 377-392.
- WHALLEY W.B. and KRINSLEY D.H. (1974).- A scanning electron microscope study of surface textures of quartz grains from glacial environments. *Sedimentology*, vol. 21, n° 1.
- WHITE W.S. (1952).- Imbrication and initial dip in a keweenawan conglomerate bed. *Jour. Sed. Pet.*, vol. 22, p. 189-199.
- WHITEHOUSE F.W. (1936).-The Cambrian faunas of North-eastern Australia. *Mem. Qld Mus.*, vol. 11, p. 59-112.
- WHITTEN D.G.A. and BROOKS J.R.V. (1972).- The Penguin Dictionary of Geology. *Penguin Books Ltd, Harmondsworth, Middlesex, England.*
- WHITTIG L.D. (1965).- Methods of soil analysis Part.1, physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. *Ann. Soc. Agro., série Agronomy*, n° 9.
- WILLARD R.J. (1969).- SEM gives researchers a closer look at rock fractures. *Mining Engineering*, vol. 21, p. 88-90.
- WOLFE M.J. (1967).- An electron microscope study of the surface texture of sand grains from a basal conglomerate. *Sedimentology*, vol. 8, p. 239-247.
-

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
57 SOUTH EAST ASIAN AVENUE, CHICAGO, ILL. 60607

DR. J. H. GOLDSTEIN  
DEPARTMENT OF CHEMISTRY  
UNIVERSITY OF CHICAGO  
57 SOUTH EAST ASIAN AVENUE, CHICAGO, ILL. 60607

Dear Dr. Goldstein:

I am pleased to hear that you are interested in the study of the kinetics of the reaction of the carbonyl group of the ketone with the nucleophilic reagent, sodium borohydride.

I have a number of papers on this subject in the Journal of Physical Chemistry, which you may wish to consult. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

I am sure that you will find the information in these papers of interest. I am sure that you will find them of interest.

**. appendices .**

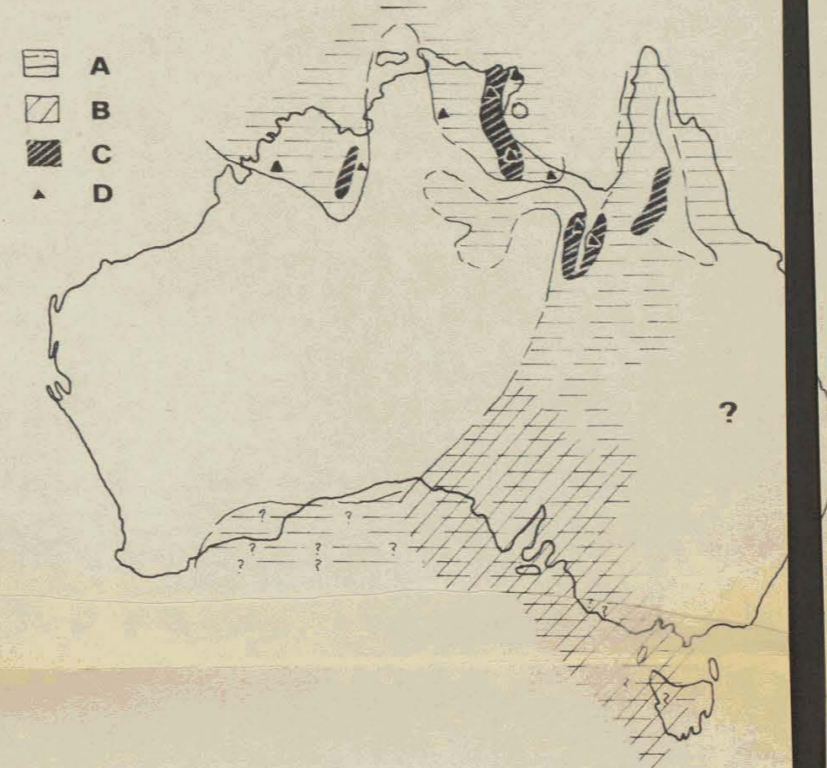
# AUSTRALIE

## RECONSTITUTIONS PALEO GEOGRAPHIQUES

"NULLAGINIAN"



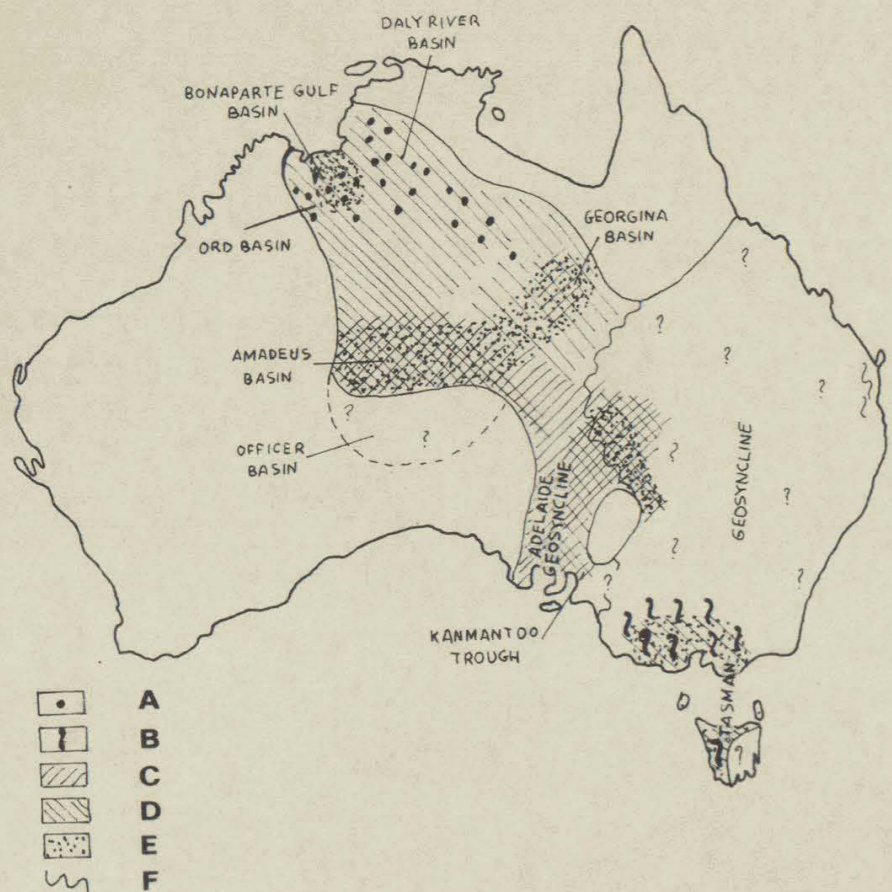
"CARPENTARIAN"



"ADELAIDEAN"



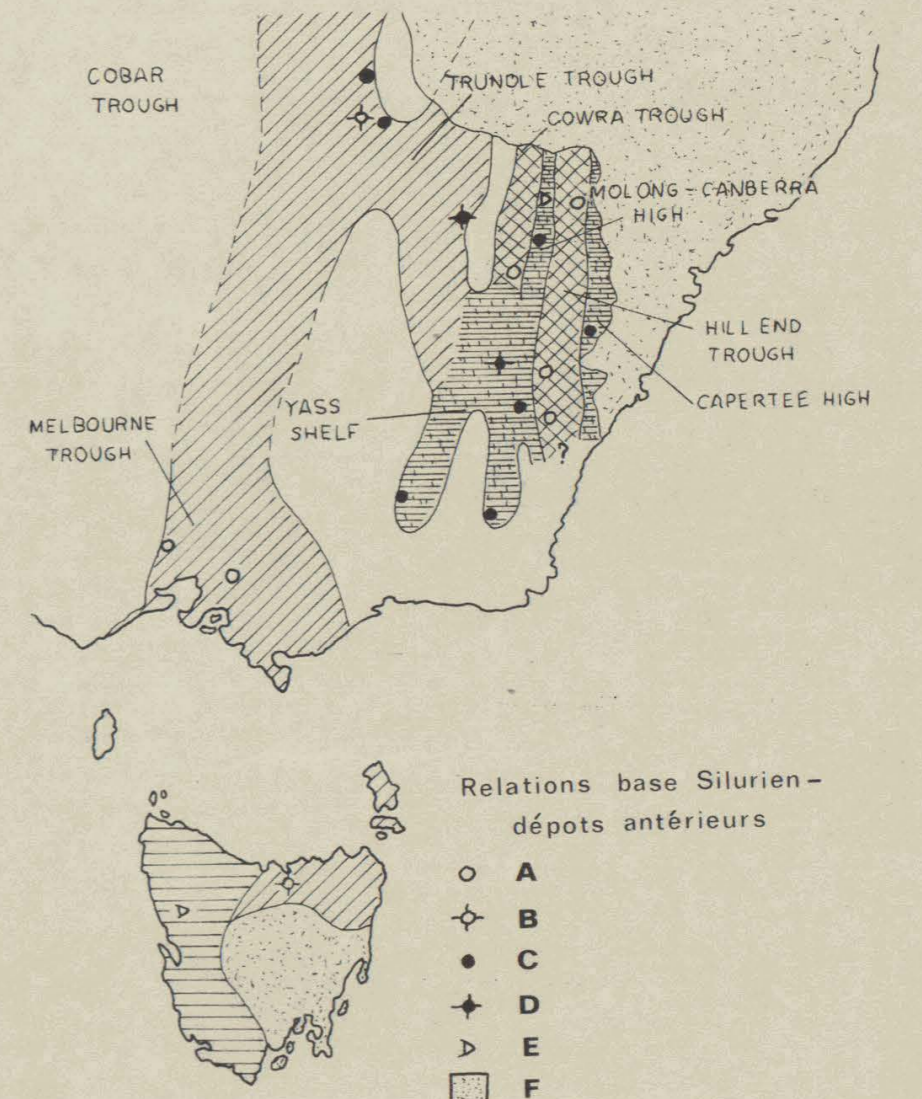
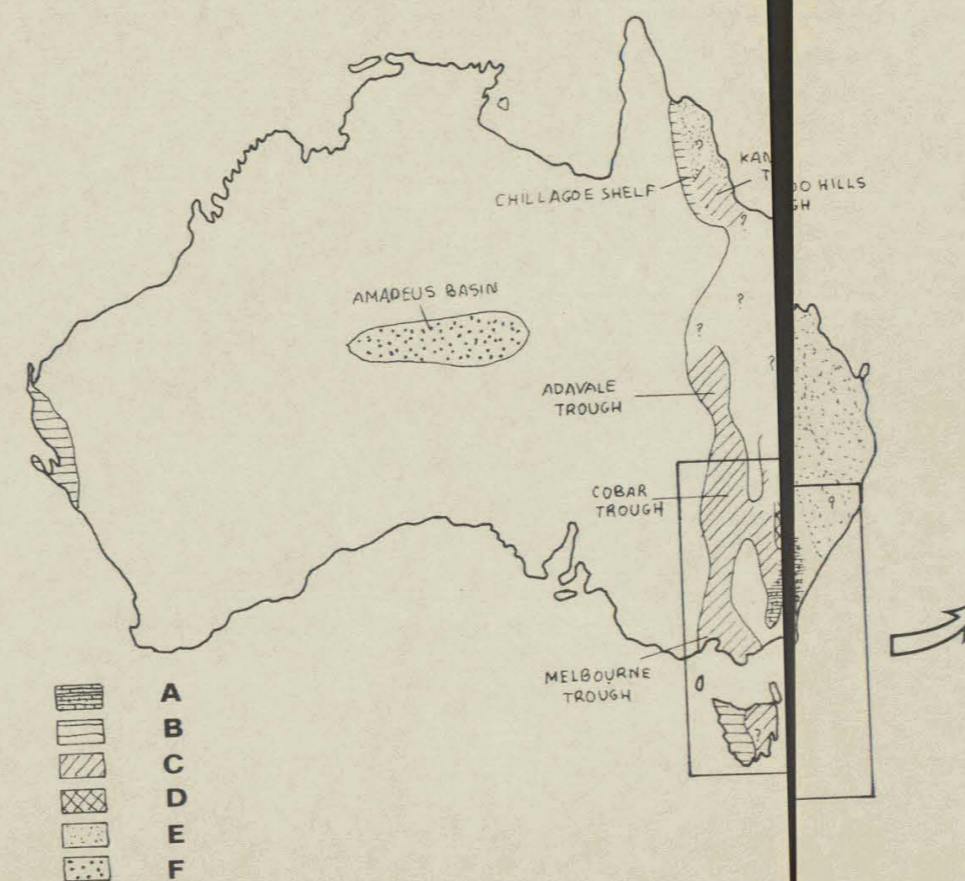
CAMBRIEN



ORDOVICIEN



SILURIEN



DEVONIEN INFERIEUR & MOYEN

DEVONIEN SUPERIEUR

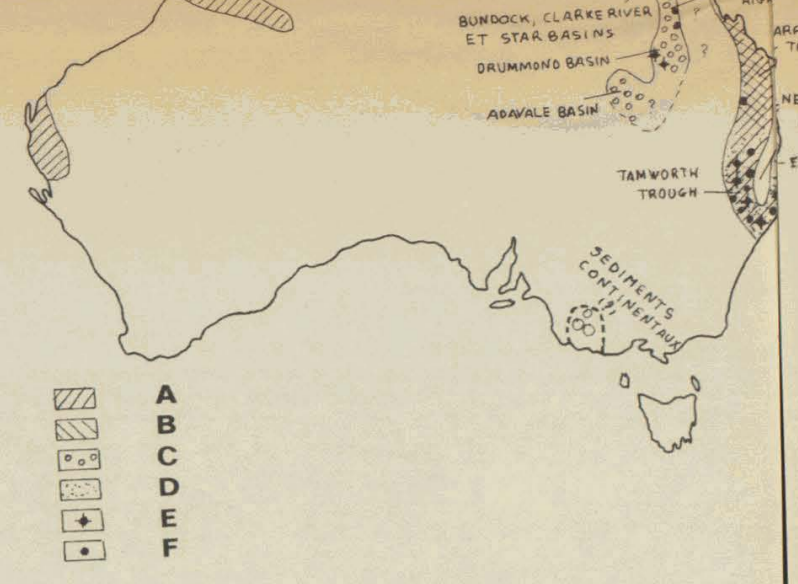
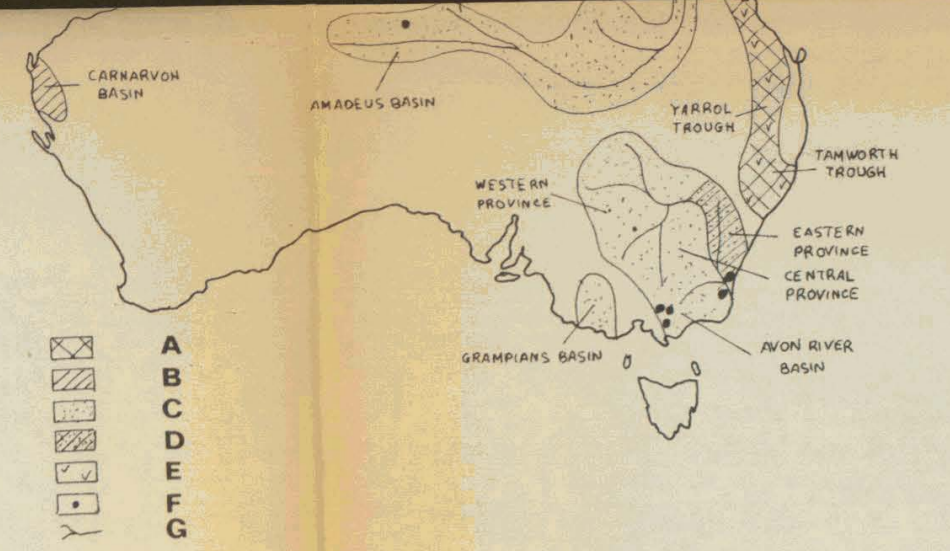
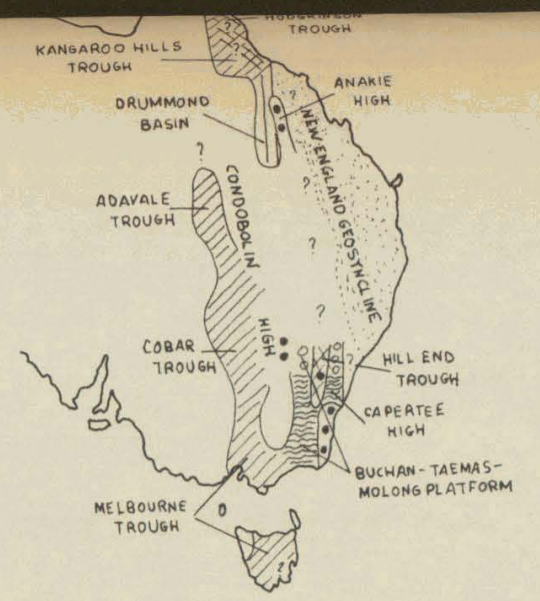
CARBONIFERE INFERIEUR

PERMIEN





A  
B  
C  
D  
E  
F  
G



TRIAS INFERIEUR

TRIAS MOYEN & SUPERIEUR

JURASSIQUE INFERIEUR

JURASSIQUE MOYEN

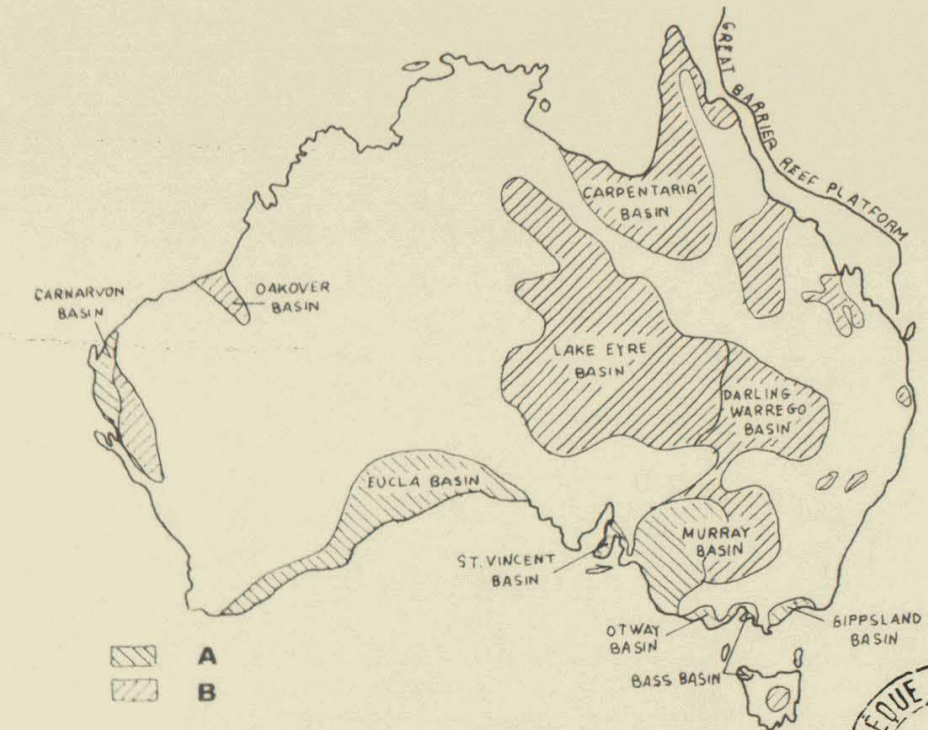
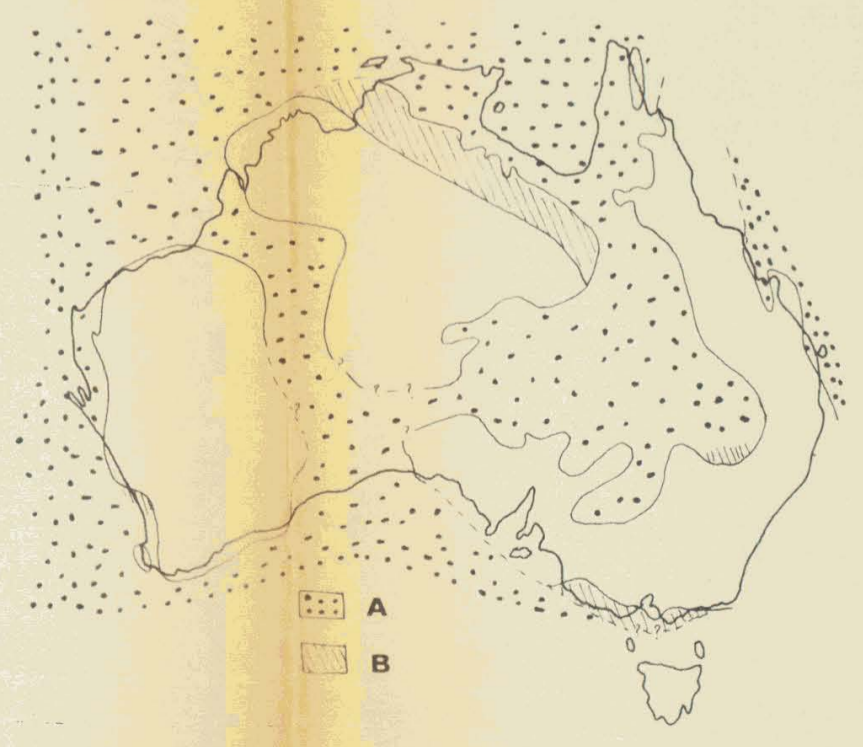


JURASSIQUE SUPERIEUR

CRETACE INFERIEUR

CRETACE SUPERIEUR

TERTIAIRE



APPENDICE 1

Cartes de reconstitution paléogéographiques de

l'Australie

(modifié de BROWN, CAMPBELL et CROOK, 1968)

## LEGENDE DES CARTES DE RECONSTITUTIONS

### PALEOGEOGRAPHIQUES DE L'AUSTRALIE

---

#### NULLAGINIAN

- A Dépôts essentiellement marins
- B Séquences épaisses
- C Zones affectées par le métamorphisme
- D Volcanisme à la base de la séquence

#### CARPENTARIAN

- A Dépôts essentiellement marins
- B Zones métamorphiques
- C Séquences épaisses
- D Volcanisme à la base de la séquence

#### ADELAIDEAN

- A Dépôts essentiellement marins
- B Volcanisme

#### CAMBRIEN

- A Zones à basaltes tholéitiques
- B Zones à volcanisme calco-alcalin
- C Zones de dépôts du Cambrien inférieur
- D Zones de dépôts du Cambrien moyen
- E Zones de dépôts du Cambrien supérieur
- F Marge supposée du géosynclinal tasman

#### ORDOVICIEN

- A Zones de sédimentation sous une faible épaisseur d'eau de l'Ordovicien inférieur
- B Zones de sédimentation sous une faible épaisseur d'eau de l'Ordovicien moyen
- C Zones de sédimentation sous une faible épaisseur d'eau de l'Ordovicien supérieur
- D Zones de sédimentation sous une faible épaisseur d'eau avec volcanisme
- E Zones de dépôts géosynclinaux de l'Ordovicien inférieur
- F Zones supposées de dépôts géosynclinaux
- G Ceinture de schistes et de gneiss
- H Volcanisme

#### SILURIEN

- A Zones de dépôts carbonatés, schisto-argileux et gréseux avec volcanisme
- B Zones de dépôts schisto-argileux et gréseux
- C Zones de dépôts schisto-argileux et de grès lithiques; quelques dépôts carbonatés
- D Aires d'association de dépôts volcaniques et de grès lithiques
- E Zones de cherts, grès lithiques et ardoises avec volcanisme
- F Zones de sédimentation probablement continentale

Relations base du Silurien-dépôts antérieurs : même légende que pour le Silurien, plus

- A Concordance
- B Concordance probable
- C Discordance angulaire
- D Discordance angulaire probable
- E Discordance
- F Permien et dépôts postérieurs

#### DEVONIEN INFÉRIEUR ET MOYEN

- A Sédimentation concordante dans des bassins peu profonds
- B Sédimentation discordante dans des bassins peu profonds avec volcanisme
- C Sédimentation discordante de plate-forme avec volcanisme
- D Dépôts apparemment concordants sous une faible épaisseur d'eau avec volcanisme
- E Sédimentation concordante dans des zones de dépression
- F "New England Geosyncline" avec grès lithiques, ardoises et roches volcaniques. D : calcaires coralliens
- G Volcanisme continental

#### DEVONIEN SUPÉRIEUR

- A Sédimentation geosynclin
- B Sédimentation épicontinentale
- C Sédimentation essentiellement continentale
- D Sédimentation épicontinentale puis continentale
- E Zones à volcanisme andésitique
- F Zones à volcanisme rhyolitique, rhyodacitique et basaltique
- G Drainage extrapolé

#### CARBONIFÈRE INFÉRIEUR

- A Sédimentation marine du Carbonifère inférieur
- B Sédimentation marine post-carbonifère inférieur
- C Sédimentation continentale du Carbonifère inférieur
- D Sédimentation continentale post-carbonifère inférieur
- E Zones où sont connus des sédiments glaciaires post-carbonifère inférieur
- F Zones où des roches volcaniques sont connues

#### PERMIEN

- A Sédimentation marine
- B Dépôts de charbon et dépôts marins alternés
- C Zones de dépôts essentiellement continentaux
- D Sédimentation glaciaire suivie de dépôts en eaux saumâtres et/ou continentaux
- E Sédimentation glaciaire suivie de dépôts essentiellement marins
- F Zones à roches volcaniques

#### TRIAS INFÉRIEUR

- A Mer
- B Rivière
- C Bassin fluviatile
- D Région affectée par l'orogénèse "Hunter-Rowen" (Permien terminal).

TRIAS MOYEN ET SUPERIEUR

- A Mer
- B Rivière
- C Bassin fluviatile

JURASSIQUE INFÉRIEUR

- A Volcanisme
- B Sédimentation marine

JURASSIQUE MOYEN

- A Sédimentation marine
- B Sédimentation continentale

JURASSIQUE SUPERIEUR

- A Sédimentation marine
- B Sédimentation continentale

CRETACE INFÉRIEUR

- A Dépôts marins
- B Dépôts continentaux

CRETACE SUPERIEUR

- A Dépôts marins
- B Dépôts continentaux

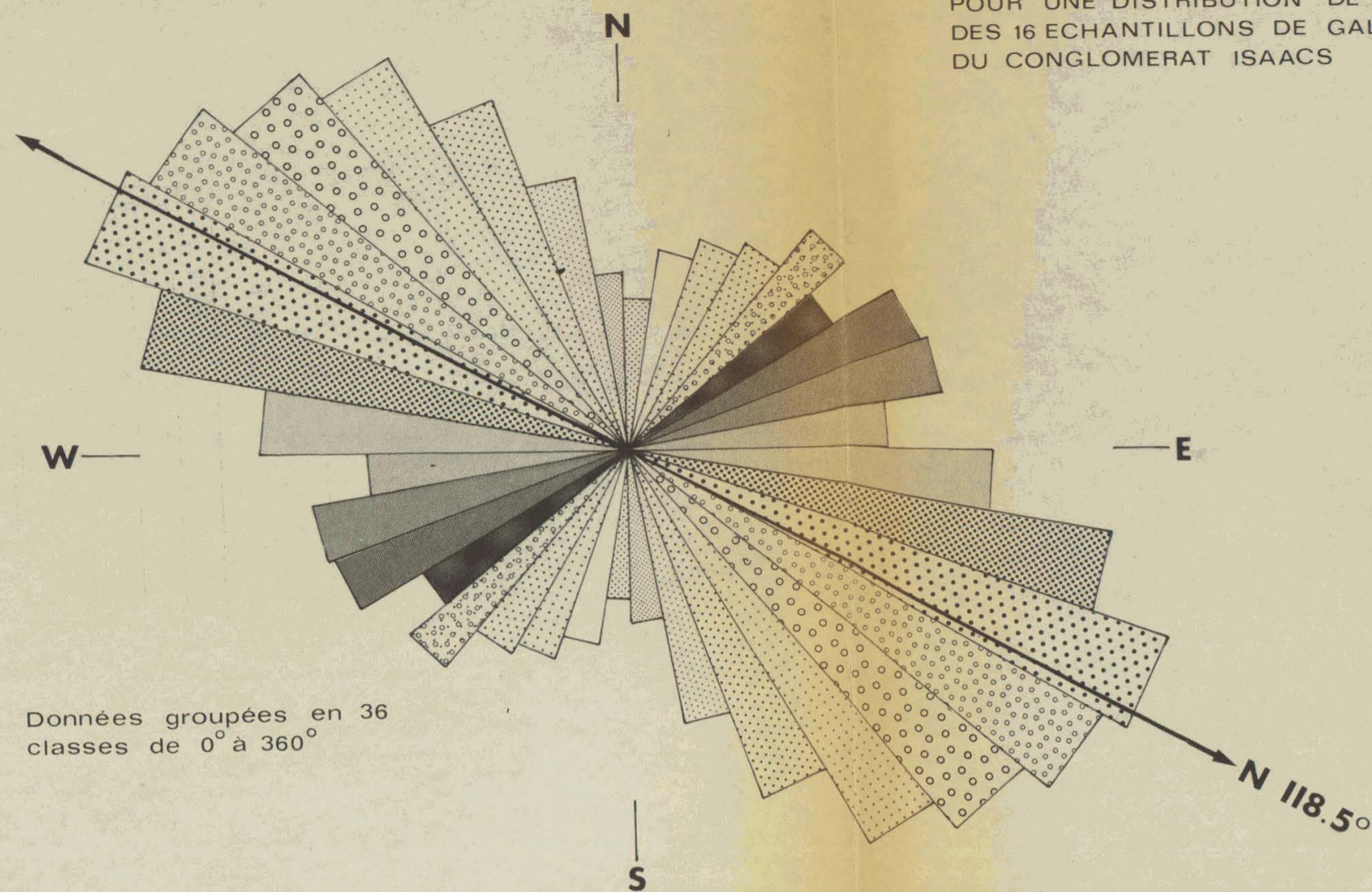
TERTIAIRE

Distribution des bassins sédimentaires tertiaires

- A Zones de sédimentation marine prédominante
- B Zones de sédimentation continentale prédominante (les zones volcaniques ne sont pas représentées).

CONGLOMERAT ISAACS - ISAACS CONGLOMERATE

DIAGRAMME EN ROSE MONTRANT  
LES PROPRIETES D'ORIENTATION  
POUR UNE DISTRIBUTION DE 360°  
DES 16 ECHANTILLONS DE GALETS  
DU CONGLOMERAT ISAACS



Données groupées en 36  
classes de 0° à 360°

Données groupées en 8  
classes

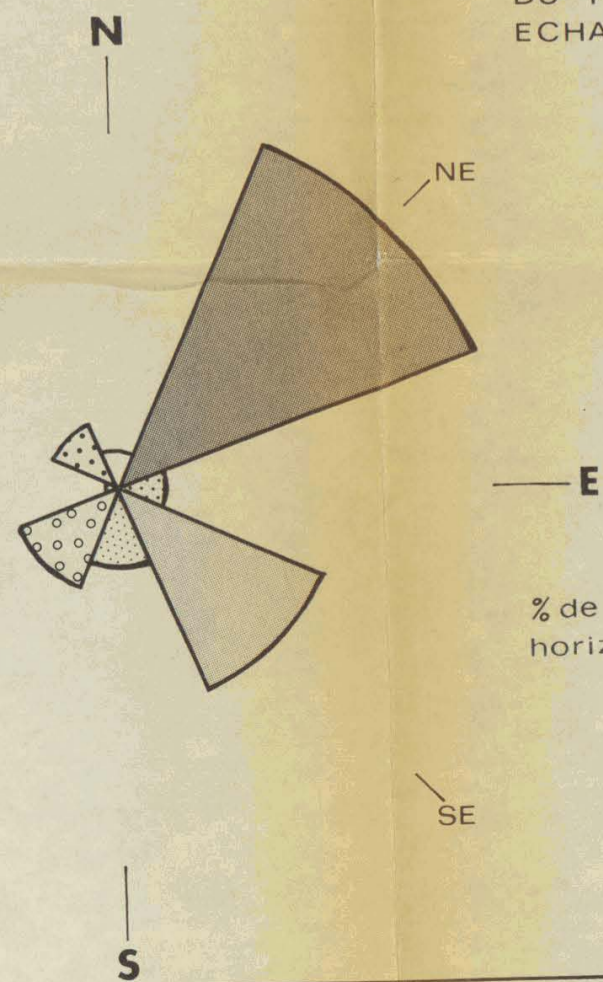


DIAGRAMME EN ROSE MONTRANT  
LES PROPRIETES DE DIRECTION  
DU PENDAGE POUR LES 16  
ECHANTILLONS

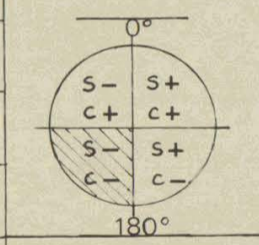
% de galets se tenant  
verticalement : 30.15

% de galets reposant  
horizontalement : 6.65

TEST DU CHI<sup>2</sup> POUR L'ORIENTATION

Σ DES 16 ECHANTILLONS

PHOTO 1, 16		DONNEES 2992		SURFACE 4,25 m <sup>2</sup>		CTES POUR 180°							
"CONTEMPLATED": Z = $\frac{2992}{18}$		$\sqrt{Z} = 12.89$		O="OBSERVED" $x = \frac{O-Z}{\sqrt{Z}}$		INTERVALLES 10°							
0° - 180° (int)	e°	Cl.	O	%	% cum	O-Z	X	Cos 2θ	Sin 2θ	XCos2θ	XSin2θ	(Σ COS 2θ) <sup>1/2</sup> =	(Σ SIN 2θ) <sup>1/2</sup> =
0 - 10	0	1	77	2.57	2.57	-89.22	-6.92	+1.00	0.00	-6.92	0.00	2.994	
10 - 20	10	2	101	3.37	5.94	-65.22	-5.06	+0.94	+0.34	-4.76	-1.72		
20 - 30	20	3	115	3.84	9.78	-51.22	-3.97	+0.76	+0.64	-3.02	-2.54		
30 - 40	30	4	118	3.98	13.76	-47.22	-3.66	+0.50	+0.87	-1.83	-3.18		
40 - 50	40	5	142	4.74	18.50	-24.22	-1.88	+0.17	+0.98	-0.32	-1.84		
50 - 60	50	6	119	3.98	22.48	-47.22	-3.06	-0.17	+0.98	+0.62	-3.59		
60 - 70	60	7	153	5.11	27.59	-13.22	-1.03	-0.50	+0.87	+0.51	-0.90		
70 - 80	70	8	157	5.25	32.84	-9.22	-0.71	-0.76	+0.64	+0.54	-0.45		
80 - 90	80	9	131	4.38	37.22	-35.22	-2.73	-0.94	+0.34	+2.57	-6.93		
90 - 100	90	10	179	5.98	43.20	+12.78	+0.99	-1.00	0.00	-0.99	0.00		
100 - 110	100	11	245	8.19	51.39	+78.78	+6.11	-0.94	-0.34	-5.74	-2.08		
110 - 120	110	12	284	9.49	60.88	+117.78	+9.14	-0.76	-0.64	-6.95	-5.85		
120 - 130	120	13	271	9.06	69.94	+104.78	+8.13	-0.50	-0.87	-4.06	-7.07		
130 - 140	130	14	251	8.39	78.33	+84.78	+6.58	-0.17	-0.98	-1.12	-6.45		
140 - 150	140	15	232	7.75	86.08	+65.78	+5.10	+0.17	-0.98	+0.87	-5.00		
150 - 160	150	16	188	6.28	92.36	+21.78	+1.69	+0.50	-0.87	+0.84	+1.47		
160 - 170	160	17	139	4.64	97.00	-27.22	-2.11	+0.76	-0.64	-1.60	-1.35		
170 - 180	170	18	89	2.91	99.97	-77.22	-5.99	+0.94	-0.34	-5.63	+2.04		
<b>Σ</b>			2992	99.97						-36.99	-39.68		
C = $\frac{\sum X \cos 2\theta}{(\sum X \cos^2 2\theta)^{1/2}} = -12.35$				C <sup>2</sup> = 152.52									
S = $\frac{\sum X \sin 2\theta}{(\sum X \sin^2 2\theta)^{1/2}} = -13.25$				S <sup>2</sup> = 175.56									
PERCENTILE MONTRANT UNE ANISOTROPIE				90 <sup>ème</sup> (4.61)									
EVIDENTE POUR 2 DEGRÉS DE LIBERTE				95 <sup>ème</sup> (5.99)									
				97.5 <sup>ème</sup> (7.38)									
				99 <sup>ème</sup> (9.21)									
				99.5 <sup>ème</sup> (10.60)		328.08							
												180° + 47° / 2 + 5° =	
												118.5°	
												χ <sup>2</sup> = C <sup>2</sup> + S <sup>2</sup> =	
												328.08	



APPENDICE 2

Mode opératoire du MER (JXA-50A-Microanalyser) établi

par le *Central Science Laboratory* Université de

Tasmanie (9 août 1974)

BRIEF OPERATING INSTRUCTIONS FOR S.E.M.

1. MORNING TURN ON

- (a) Depress MAIN POWER switch.
- (b) Turn on water supply to cool diffusion pump: promptly. Turn tap about  $3/4$  turn.
- (c) When  $V_2$  and  $V_3$  lamps are lit, turn on P-10 counting gas supply. Turn red painted valve on cylinder fitting until 30 psi registers, then brass cut-off needle valve anti-clockwise. Check that flow rate is about 1 (one) bubble per second with alcohol -in-glass meter. Do not adjust red-painted needle valve unless necessary.  
NOTE: P-10 MUST BE TURNED ON EVEN IF W.D. OPTICS ARE NOT TO BE USED
- (d) After HV READY lamp is lit, turn on 3kV power supply, and Model 1400 power supply for PASCA/UCT modules.

2. EMERGENCIES

In case of power failure, the JXA-50A will be automatically turned off. If this occurs during operation, follow TURNING OFF procedure (below), turn off the cooling water and the counter gas, and depress MAIN POWER switch to prevent machine automatically turning on when power is restored. Inform Dr. McKee - home phone 278011 - if after hours.

3. NORMAL VACUUM LIGHT SITUATION

- (a) Green Lamps: POWER, ROTARY PUMP (RP), DIFFUSION PUMP (DP) and HV READY all lit, and ACC VOLTAGE if switch is on.
- (b) ACCELERATING VOLTAGE meter lamp lit.
- (c) Blue  $V_1$  and  $V_2$  lamps lit indicating valves open.
- (d) RED  $LV_2$  lamp lit if airlock leaked, or BLUE  $V_5$  lamp lit if airlock under vacuum.

4. TURNING ON

- (a) ACCELERATING VOLTAGE switch to ON.
- (b) Select 25kV or desired accelerating voltage with COARSE (step) and FINE (pot) controls.
- (c) Turn on PMT Supply switch to turn on detector: BLUE lamp lit
- (d) Turn CRT BRIGHTNESS knob on SEI AMPLIFIER to about vertical so trace is visible.
- (e) Unlock ABSORBED CURRENT meter by CHECK knob- $1/2$  turn anticlockwise and spring will carry knob out.
- (f) Turn GUN FILAMENT with slow, continuous motion to about 1 o'clock.

5. TURNING OFF

- (a) Turn GUN FILAMENT anticlockwise to its stop.
- (b) Lock ABSORBED CURRENT METER with CHECK button-push in and turn clockwise.



- (c) Turn CRT BRIGHTNESS anticlockwise to its stop, then turn off PMT supply.
- (d) Do not turn off ACC VOLTAGE supply except at end of day.

#### 6. END OF DAY

Note: EDAX is usually left ON.

- (a) Follow TURNING OFF procedure. Turn off ACC VOLTAGE, 3kV and Model 1400 supplies.
- (b) Depress MAIN POWER switch.
- (c) Turn off cooling water.
- (d) Turn off counting gas by closing brass needle valve - clockwise - and red painted valve on supply cylinder-anticlockwise. DO NOT ALTER RED PAINTED BRASS NEEDLE VALVE SETTING.

#### 7. SPECIMEN EXCHANGE

- (a) Follow TURNING OFF procedure. Check VACUUM LIGHT SITUATION is normal. Turn magnification to minimum. Check SCAN ROTATION is at ZERO for working distance in use.
- (b) Check that RED LV<sub>2</sub> lamp is lit - if not, leak with RED airlock button.
- (c) Remove airlock coverplate.
- (d) Mount specimen exchange rod assembly and hold with left hand.
- (e) Depress the RED button briefly to pump out airlock. Button lamp will remain lit for about 20 seconds as airlock is pumped out.
- (f) Check micrometer positioning - X=7.50 Tilt (INC) = ROTA(tion) = 0. Put on gloves. When button lamp goes out, open gate valve-black knob to right of chamber.
- (g) Gently push the specimen exchange rod along its axis until its thread mates with that of the specimen holder substage.
- (h) Turn rod clockwise by knob until tight.
- (i) Gently remove the rod along its axis until substage is held by clip.
- (j) Close gate valve and briefly depress red button to leak airlock.
- (k) Remove the specimen exchange rod assembly and replace coverplate.
- (l) Remove specimen holder from rod assembly and place latter in a safe place.
- (m) Exchange specimen stub-gloves must be used for handling items which enter the vacuum. Grub screw must be released and retightened.
- (n) Repeat (c) - (l).

#### 8. MICROGRAPH RECORDING

- (a) Set up area to be recorded. Adjust BRIGHTNESS and CONTRAST on SEI AMP, COLLECTOR VOLTAGE, and use GAMMA CONTROL and VCA modules as needed to obtain desired contrast range. At times, use of SCAN ROTATION module to vary scan direction is of assistance. Set TILT CORRECTION if appropriate.
- (b) Change SCAN SPEED from 5 to 50 seconds, which is the normal recording time for a micrograph.

- (c) Adjust the BRIGHTNESS knob of the SEI AMPLIFIER to set pointer of EXPOSURE METER to top end of the black band indicated as NORMAL.
- (d) Adjust CONTRAST knob of SEI AMPLIFIER to keep majority of spikes in pointer movement within the NORMAL BAND. Allow a 50 second scan to take place while observing pointer movement and observing image: also ensure that the scan line is visible in all regions of the image, otherwise these will not be recorded.
- (e) With lever in L position, load Polaroid film into camera back. Remove light excluding sleeve to expose photographic material.
- (f) Press NORMAL-SINGLE lever switch on SCAN GENERATOR module to SINGLE and hold for about 2 seconds before releasing. This opens the shutter and initiates a single scan during which the micrograph is exposed.
- (g) On completion of the exposure the shutter closes automatically, and the RED lamp above SINGLE-NORMAL is lit. Return the film sleeve, move film back lever to P (process) and remove film packet in a single, smooth action.
- (h) If the roll film camera is being used, release the film transport lock and use film transport lever twice to move the film to the next frame after exposing a micrograph.

NOTES:

1. The EXPOSURE METER is merely a guide since it does not separate the effects of contrast and brightness. Experience is the best guide.
2. Do not alter the BRIGHTNESS AND CONTRAST settings of the PHOTO module unless the recorded image is totally unsatisfactory: adjustments to the image should be made in the SEI AMPLIFIER module, and other image processing modules. Normal settings for the PHOTO module are BRIGHTNESS = CONTRAST = 7.5
3. Upon completion of (g), return lever to NORMAL position, and return microanalyser controls to normal setting for further examination of specimen.

APPENDICE 3

Synthèse des résultats concernant l'étude de l'orientation

des 2992 galets de l'Isaacs Conglomerate.

APPENDICE 4

Carte géologique au 1/20 000 des *Friendly Beaches*

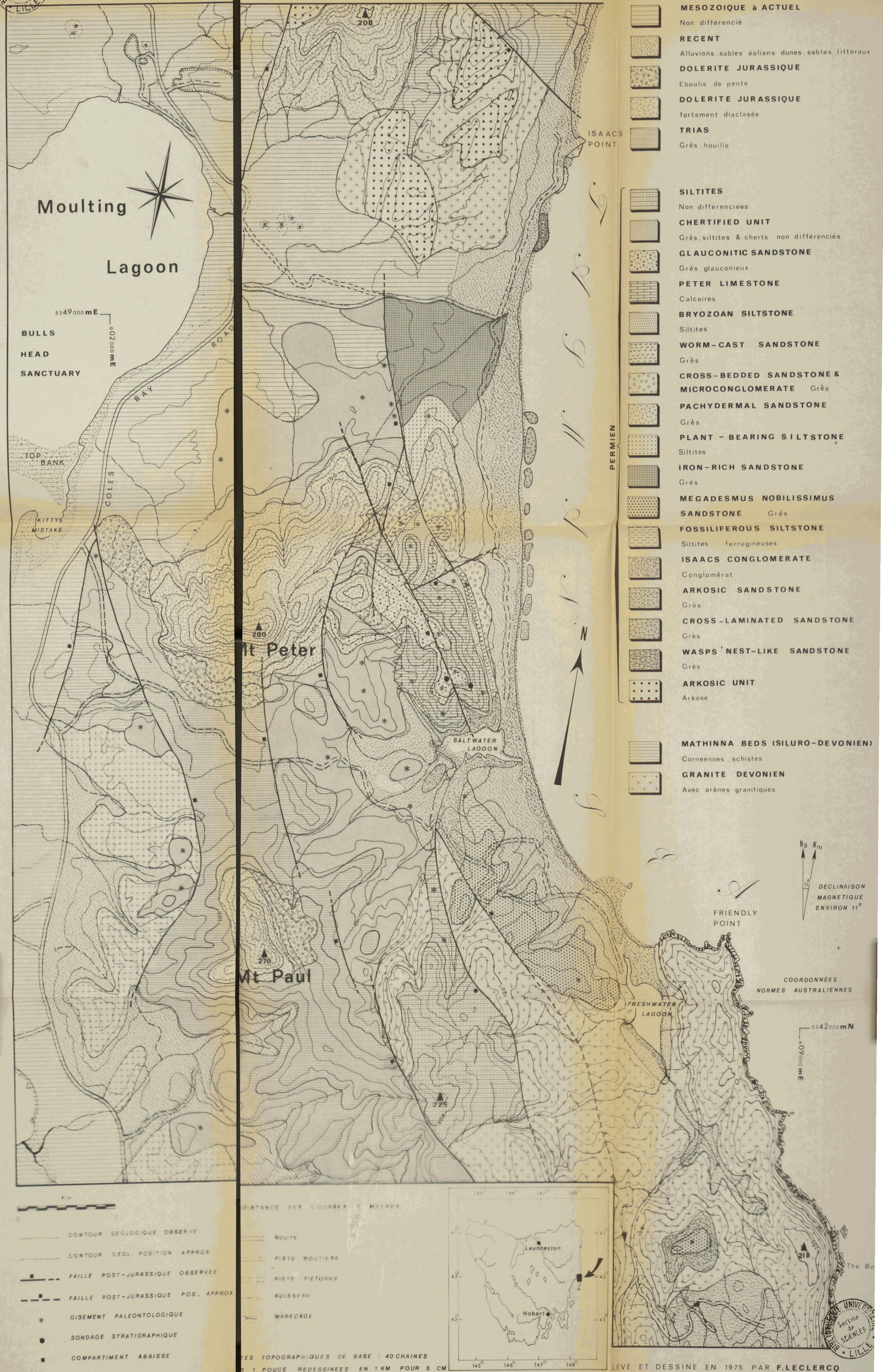
(levée et dessinée par l'auteur en 1975)



# THE FRIENDLY BEACHES

1/20000

50373  
1976  
149-2



- MESOZOIQUE à ACTUEL**  
Non différencié
- RECENT**  
Alluvions, sables éoliens dunes, sables littoraux
- DOLERITE JURASSIQUE**  
Eboulis de pente
- DOLERITE JURASSIQUE**  
fortement diaclasée
- TRIAS**  
Grès, houille
- SILTITES**  
Non différenciées
- CHELTIFIED UNIT**  
Grès, siltites & cherts non différenciés
- GLAUCONITIC SANDSTONE**  
Grès glauconieux
- PETER LIMESTONE**  
Calcaires
- BRYOZOAN SILTSTONE**  
Siltites
- WORM-CAST SANDSTONE**  
Grès
- CROSS-BEDDED SANDSTONE & MICROCONGLOMERATE**  
Grès
- PACHYDERMAL SANDSTONE**  
Grès
- PLANT-BEARING SILTSTONE**  
Siltites
- IRON-RICH SANDSTONE**  
Grès
- MEGADESMUS NOBILISSIMUS SANDSTONE**  
Grès
- FOSSILIFEROUS SILTSTONE**  
Siltites ferrugineuses
- ISAACS CONGLOMERATE**  
Conglomérat
- ARKOSIC SANDSTONE**  
Grès
- CROSS-LAMINATED SANDSTONE**  
Grès
- WASPS' NEST-LIKE SANDSTONE**  
Grès
- ARKOSIC UNIT**  
Arkose
- MATHINNA BEDS (SILURO-DEVONIAN)**  
Cornéennes schistes
- GRANITE DEVONIAN**  
Avec arènes granitiques

PERMIEN



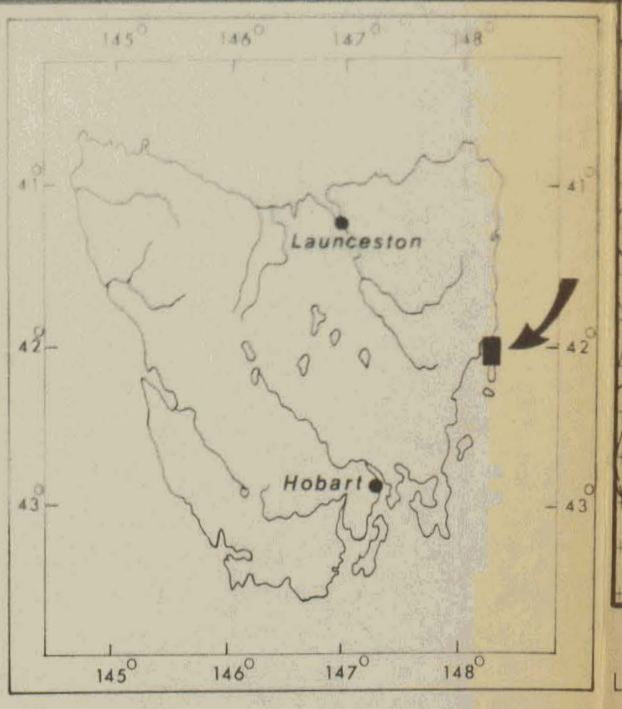
DECLINAISON  
MAGNETIQUE  
ENVIRON 11°

COORDONNEES :  
NORMES AUSTRALIENNES

- CONTOUR GEOLOGIQUE OBSERVE
- - - - - CONTOUR GEOL POSITION APPROX
- FAUILLE POST-JURASSIQUE OBSERVEE
- - - - - FAUILLE POST-JURASSIQUE POS. APPROX
- \* GISEMENT PALEONTOLOGIQUE
- SONDAGE STRATIGRAPHIQUE
- COMPARTIMENT ABASSE

- ROUTE
- - - - - PISTE ROUTIERE
- - - - - PISTE PIETONNE
- - - - - RUISSEAU
- MARECAGE

LES TOPOGRAPHIQUES DE BASE : 40 CHAINES  
A 1 POUCE REDESSINEES EN 1 KM POUR 5 CM



LEVE ET DESSINE EN 1975 PAR F. LECLERCO