

Faculté des Sciences  
N° 11  
20707  
Date

# THESE

PRESENTEE

A LA FACULTE DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITE D'ALGER

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR DE TROISIEME CYCLE

EN BIOLOGIE ANIMALE

PAR

**Farida HENNI**

---

SUJET: Etude de la sexualité d'une population d'Asterina gibbosa de la Baie de Castiglione

Soutenue publiquement le 3 Avril 1968 devant la Commission d'examen

M.	F. BERNARD	Président
M.M.	R. DELAVault	Examineurs
	Y. SAUDRAY	

A mes parents,

A mon mari,

## R e m e r c i e m e n t s

Je prie Monsieur le Doyen R.TOURI, ainsi que Monsieur D.BOUNAGA, chef du département des Sciences biologiques, de trouver ici l'expression de ma reconnaissance pour les facilités qu'ils m'ont accordées dans la réalisation de ce travail.

Je remercie Monsieur le Professeur F.BERNARD, Directeur de l'Institut océanographique d'Alger, pour l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail en acceptant de présider le jury.

J'exprime ma gratitude à Monsieur le Professeur Y.SAUDRAY, de la Faculté des Sciences de Nantes, qui m'a honorée de sa confiance en me chargeant de ce travail tout au long duquel il m'a aidée et encouragée.

Je suis profondément reconnaissante à Monsieur le Professeur R.DELAVAILLÉ, de la Faculté des Sciences d'Orléans, de m'avoir accueillie à deux reprises dans son laboratoire et guidée avec beaucoup de bienveillance. Grâce à ses conseils et ses suggestions, j'ai pu mener à bien cette étude.

Que Monsieur le Professeur M.LAMBERT, Directeur de l'Institut d'Etudes Nucléaires d'Alger , trouve ici l'expression de mes vifs remerciements pour avoir aimablement autorisé l'impression de ce mémoire à l'Institut.

Mes sincères remerciements vont à :

- Madame H.BENAMAR qui m'a souvent aidée dans la réalisation des coupes histologiques ;
- Monsieur A.BONISCHOT qui a apporté tant de soin à l'exécution des montages photographiques ;
- Mademoiselle M.O.KLEIBER qui a assuré la frappe de ces pages ;
- Messieurs A.MEDJKANE, M.LAZIB et R.DAUMAS que se sont chargés du tirage du texte.

ETUDE DE LA SEXUALITE D'UNE POPULATION D'Asterina gibbosa DE

---

LA BAIE DE CASTIGLIONE

---

Sommaire

PRELIMINAIRES

Introduction

But du travail

Matériel et méthodes de recherche

- 1) Prélèvement des gonades
- 2) Techniques histologiques

CHAPITRE I : ETUDES DESCRIPTIVES ET EXPERIMENTALES

I - Analyse des gonades

- 1) Aspect général
- 2) Histologie

II- Expériences d'autofécondation

- 1) Observations
- 2) Résultats

CHAPITRE II : INTERPRETATIONS

I - La race sexuelle de Castiglione

- 1) Les mâles fonctionnels
- 2) La reprise de l'activité spermatogénétique

- 3) L'ovogenèse dominante
- 4) La spermatogenèse secondaire
- 5) Le tissu vésiculeux
- 6) Les caractères raciaux
- 7) Récapitulation : définition de la race sexuelle

II - La race sexuelle géographique - Intervention des  
facteurs écologiques

CONCLUSION GENERALE

Bibliographie

PRELIMINAIRES

-----

Introduction

Un certain nombre de travaux sur la sexualité des Astérides, récapitulés dans les monographies de COGNETTI et DELAVAUULT (1962) et de DELAVAUULT (1965) conduisent à distinguer des conditions sexuelles différentes suivant les espèces.

La majorité d'entre elles se caractérise par un gonochorisme stable : c'est le cas de Coscinasterias tenuispina (Asteriidès), Anseropoda membranacea (Asterinidès), Henricia sanguinolenta (Echinasteridès), Hacelia attenuata et Ophidiaster ophidianus (Ophidiasteridès), Astropecten bispinosus, A. arantiacus, A. jonstoni, A. irregularis (var. pentacanthus) (Astropectinidès).

Cependant certaines montrent un gonochorisme labile : ainsi Marthasterias glacialis, Asterias rubens, Asterias grönlandica (Asteriidès) Echinaster sepositus (Echinasteridès).

Enfin chez d'autres, c'est l'hermaphrodisme qui représente la règle la plus générale (Asterina gibbosa, Asterina pancerii, Asterina batheri (Asterinidès), Asterias forbesi (Asteriidès).

Si l'on considère que l'hermaphrodisme est sans doute un état primitif dans le règne animal, puisqu'il est très répandu chez les groupes inférieurs (Spongiaires, Coelenterès, Platodes, etc...), le cas de ces dernières espèces serait ainsi primitif et non anormal.

par rapport aux autres Astérides.

Parmi les espèces hermaphrodites, cest Asterina gibbosa Pennant qui a été la plus étudiée depuis les premières recherches de CUENOT (1887) qui découvrit son hermophrodisme protandrique.

Cette petite étoile de mer est mentionnée par KOEHLER (1924) comme étant une forme essentiellement littorale dont la distribution intéresse les côtes de l'Atlantique et de la Manche. En Méditerranée, elle est présente en de nombreux points.

Les individus de Banyuls, étudiés par CUENOT (1898) puis par DELAVAUULT (1960 C) et BRUSLÉ (1966), comme d'ailleurs ceux de Plymouth (BACCI, 1949) et Dinard (DELAVAUULT, 1960 a) sont tous hermaphrodites, le passage de la dominance mâle à la dominance femelle intervenant à un âge bien défini.

Par contre, à Naples (BACCI, 1951 ; HAUENSCHILD, 1954), à Roscoff (NEEFS, 1958 ; BRUSLÉ, 1967) il existe un polymorphisme sexuel très net se traduisant par la présence, parmi les hermaphrodites, d'un nombre plus ou moins grand d'individus unisexués.

Ces différences ont permis de conclure à l'existence de "racés sexuelles géographiques" suivant la terminologie de BACCI (1951). Les premières Asterina citées précédemment sont considérées comme des hermaphrodites "équilibrées" ("bilanciati"). Chez les autres, l'hermaphrodisme est qualifié au contraire de "non équilibré" ("non bilanciati").

### But de ce travail

Le cycle sexuel d'Asterina gibbosa des côtes algériennes étant encore inconnu, j'ai préféré dans un premier temps, m'attacher à l'étudier dans une population donnée prise comme référence, celle de Castiglione, localité située à une quarantaine de kilomètres à l'ouest d'Alger.

Je peux ainsi le comparer aux cycles déjà décrits dans les autres localités que nous connaissons, et dégager les caractères de la sexualité, propres aux animaux de cette population. Par ailleurs, je me suis efforcée de savoir dans quelle mesure, certains de ces caractères pourraient être influencés par les conditions écologiques locales.

### Matériel et méthodes de recherche

Tous les animaux étudiés, ont été récoltés à proximité de la station d'Aquiculture et de Pêche et prélevés sous de petits blocs rocheux. Leur coloration est généralement verte plus ou moins foncée et leur taille maximum se situe aux alentours de 30 mm.

La période de ponte des Asterina gibbosa de Castiglione correspondant au mois d'avril, on peut alors récolter à partir de juin - juillet des individus de petites dimensions appartenant à une nouvelle génération. En fait, les animaux que l'on ramasse tout au long de l'année font partie de nombreuses catégories de tailles, et sont vraisemblablement d'âges différents.

La taille est déterminée en mesurant la longueur des 5 bras depuis le centre de la face orale jusqu'à leur extrémité et en calculant la moyenne  $\bar{R}$  de ces dimensions.

Il convient de noter au passage qu'il est difficile de déduire l'âge exact des individus en s'appuyant sur les données relatives à leur taille. En effet, les observations faites dans différentes localités donnent des résultats contradictoires sur la croissance des individus. Celle-ci semble donc varier d'une race à l'autre. On sait, par ailleurs, que chez les Echinodermes, la nourriture change d'un animal à l'autre et les petits animaux peuvent être parfois des individus âgés mais mal nourris.

Toutefois, on peut considérer qu'un animal est d'autant plus âgé qu'un autre, qu'il a une taille beaucoup plus supérieure.

#### 1) Prélèvement des gonades

Les gonades, au nombre de cinq paires sont contenues dans les interradius, à raison d'une paire dans chacun d'eux. Chez les jeunes Asterina dont R est inférieur à 5 mm, on remarque que les gonades sont insérées sur la face dorsale. Elles migrent ensuite le long des parois internes des interradius puisqu'on les observe ventralement lorsque le rayon atteint 6 à 7 mm. On retrouve donc le processus de migration des gonades signalé par BACCI (1951). Chaque gonade évacue ainsi ses produits par un pore génital s'ouvrant sur la face orale, ce qui est exceptionnel chez les Astérides.

Pour prélever les gonades, on opère suivant une technique inspirée de celle utilisée par HAUENSCHILD (1954) et reprise par DELAVault (1963). Cette technique ne porte pas préjudice à la survie des animaux élevés en captivité.

Dans le tégument aboral, en position interradiale, on pratique une ouverture au scalpel et on extrait à la pince la

paire de gonades. Comme toutes les gonades ont un fonctionnement synchrone (COGNETTI et DELAVAILLÉ 1962), il suffit d'examiner l'une d'entre elles pour connaître l'état génital des autres à une période donnée. Le volet ainsi découpé est remis en place et chaque animal opéré est isolé pendant quelques jours dans de l'eau de mer filtrée pour éviter que la blessure ne se nécrose. On a pris soin de maintenir les individus à jeûn, avant et après l'opération. Les caeca digestifs sont ainsi très aplatis et ne risquent pas de sortir de la blessure pour en gêner la cicatrisation. Celle-ci s'effectue en général dans les 48 heures. Au bout d'une semaine, on peut remettre en toute sécurité les animaux dans le bac d'élevage.

Etant donné, par ailleurs, le nombre de gonades on peut en répéter le prélèvement à des intervalles de temps successifs ; il devient dès lors possible d'analyser l'évolution des états génitaux.

Les opérations successives n'altèrent en rien le déroulement normal de la sexualité (DELAVAILLÉ, 1963) et leur ordre se fait en prenant la plaque madréporique comme point de repère.

## 2) Techniques histologiques

Les gonades sont fixées dans le HELLY, le HALMI, ou encore dans le BOUIN, puis deshydratées, et passées dans plusieurs bains d'alcoolbutylique, celui-ci remplaçant le toluène qui durcit les échantillons. Elles sont ensuite incluses dans la paraffine à 54 - 56°. Les examens sont effectués sur coupes sériées épaissies de 3  $\mu$  à 7  $\mu$ .

Lorsque la gonade est petite, ce qui est le cas chez les animaux dont la longueur des bras est comprise entre 4 et 8 mm,

on utilise plus commodément la double inclusion gélose - paraffine pour les opérations préparatoires à la coupe.

Chez les animaux les plus jeunes ( $R < 4$  mm), les gonades sont très difficiles à prélever suivant la technique exposée précédemment. Aussi fixe-t-on les Asterina in toto dans le HALMI, en ayant soin d'utiliser une pompe à vide pour éliminer l'air qu'elles pourraient contenir. Les animaux sont ensuite décalcifiés par de l'Acide nitrique à 2 p. 100 et finalement traités de la même manière que les gonades isolées.

Plusieurs colorations ont été employées. Le plus souvent, j'ai utilisé l'Azan et l'hémalum-Eosine.

CHAPITRE I

-----

ETUDES DESCRIPTIVES ET EXPERIMENTALES

I. ANALYSE DES GONADES

1. Aspect général des gonades

Chez Asterina gibbosa, les gonades sont en forme de bouquets et comportent un nombre plus ou moins grand d'acini. Elles sont protégées par une membrane très fine.

D'une façon générale, on observe deux types de gonades : celles du premier type sont grêles et petites, et certaines d'entre elles sont blanchâtres, formées de peu d'acini ; elles appartiennent aux animaux les plus jeunes (R compris entre 4 et 10 mm). Dans cette même catégorie les autres sont légèrement plus colorées en jaune et se trouvent chez les animaux de taille moyenne (R = 12 à 13 mm). Au deuxième type appartiennent les gonades qui sont de couleur orange vif ; elles sont contenues dans les individus les plus grands (R = 14 mm et au-dessus). Elles comportent un grand nombre d'acini et sont d'autant plus grosses que l'individu est de plus grande taille.

La coloration orange des gonades est en rapport avec la présence d'ovocytes. Elle est d'autant plus soutenue que les ovocytes sont plus nombreux et plus gros, car ces derniers sont ceux qui contiennent le plus de vitellus pigmenté.

Ces aspects subissent des modifications au cours de l'année. Ainsi les plus grosses gonades, se vidant de leur contenu au moment de la ponte, ne montrent plus, pendant un temps, que quelques taches jaunes

représentant de jeunes ovocytes non expulsés. Par contre, on y discerne un tissu, à propos duquel je reviendrai, sous formes de trainées plus ou moins étendues.

Par ailleurs, à la belle saison, certaines petites gonades commencent à se colorer, ce phénomène étant fréquent chez les animaux dont R est supérieur à 10 ou 11 mm.

L'apparition de cette coloration témoigne comme nous le verrons, des premiers signes du passage de la dominance mâle à la dominance femelle.

## 2. Histologie des gonades

L'étude systématique des gonades suivant la méthode exposée ultérieurement a été réalisée sur 150 Asterina maintenues en élevage au laboratoire durant 8 mois. Parallèlement, j'ai effectué des contrôles aux mêmes époques sur des animaux prélevés directement dans leur habitat.

Au total les glandes génitales de 350 Astérina ont été enlevées et examinées sur coupes.

En observant l'état des gonades des animaux captifs et en le comparant à celui des individus vivant en liberté, on constate que la captivité ne trouble pas l'activité normale des glandes. Tout au plus, se produit-il un certain retard dans l'émission des éléments sexuels mûrs chez les individus en élevage. Ce décalage de 20 jours à 1 mois au maximum doit être probablement en rapport avec la température de l'eau dans les aquariums. Celle-ci est en effet, plus élevée et plus régulière au laboratoire, et pourrait donc ralentir la croissance des animaux de telle sorte que la maturation des produits génitaux se trouverait légèrement retardée.

On peut appuyer cette argumentation en reprenant certaines observations de DELVAULT (1962). Cet auteur étudiant la croissance des Asterina en élevage a en effet, montré que si une température élevée favorise tout au début la croissance, son maintien provoque assez rapidement par la suite un arrêt de celle-ci.

Les observations ont été faites en fonction de la taille des animaux d'une part, et de la période de prélèvement des gonades d'autre part.

L'étude systématique qui suit a commencé en décembre 1966.

#### 1) Décembre - janvier

##### R < 4 mm

Chez les très jeunes animaux (R < 4 mm), les gonades ne contiennent pas autre chose que de petites cellules où l'on ne distingue pas très nettement le cytoplasme du noyau. A ce stade, ce sont donc des gonies non encore différenciées que l'on observe (fig. 1).

##### R = 5 à 7 mm

Au-delà de cette taille et jusqu'à R = 7 mm, parfois, on retrouve encore des gonies, mais elles sont accompagnées de quelques petits ovocytes dont le plus grand diamètre mesure entre 15 et 30  $\mu$ . Ces ovocytes ont un noyau relativement gros et pourvu très souvent d'un nucléole fortement coloré.

##### R = 8 mm

Lorsque le rayon atteint 8 mm, on remarque que le long des parois internes de la gonade, des gonies se sont superposées de façon à donner des formations perpendiculaires à ces parois (fig.2). Cette disposition est caractéristique des structures mâles et l'on a coutume de désigner ces formations sous le nom de "colonnettes spermatiques". Tandis que dans certaines gonades, ces colonnettes

commencent à peine à s'ébaucher, dans d'autres par contre, leur mise en place est plus apparente. On constate qu'au sein de ces colonnettes, les cellules évoluent en direction centripète. A leur base, se localisent les spermatogonies et quelques figures de mitoses. Le long des colonnettes, on distingue des spermatoctes, en prophase méiotique.

Des ovocytes sont présents entre les colonnettes spermatiques ; ils occupent généralement une position périphérique et sont très peu nombreux et de petite taille.

Il convient de retenir ici le cas d'une Asterina de R = 8,5 mm et dont les gonades ne montrent pas le moindre ovocyte, même très jeune. On se trouve donc conduit à penser que si des ovogonies existent, elles doivent probablement être comprimées par les colonnettes spermatiques ; il devient alors extrêmement difficile d'identifier de telles cellules, lorsque les coupes sont faites après inclusion à la paraffine. Chez ce même animal, la spermatogenèse paraît d'ailleurs un peu plus poussée que chez les autres individus de même taille, car des stades de spermiogénèse sont déjà discernables dans la cavité gonadique (fig. 3).

#### R = 9 à 10 mm

Par suite, et au fur et à mesure que la longueur des bras devient plus grande (R = 9 à 10 mm), on note une organisation plus poussée des colonnettes spermatiques. L'activité spermatogénétique est d'autant plus intense que les animaux sont plus grands. Les réductions chromatiques se déroulent, (fig. 4, 4 bis et 5) et apparaissent des spermatides qui, sitôt formées, se détachent du sommet des colonnettes et se logent dans la lumière de la gonade : ce sont de petites cellules de forme arrondie où l'on distingue essentiellement le gros noyau. Les premiers spermatozoïdes formés (fig. 6) chez les animaux où R est supérieur

à 9 mm, sont des cellules plus petites et à noyau bien réfringent, ce qui leur confère un reflet métallique caractéristique lorsqu'on fait varier la mise au point.

Dans les gonades de ces Asterina, on voit toujours de petits ovocytes, en nombre cependant réduit (fig. 7). Quelquefois, ces ovocytes prennent une allure particulière : leur cytoplasme s'allonge et s'étrangle en un pédoncule se rattachant à la paroi de la gonade. On les appelle alors ovocytes pédonculés (fig. 8).

Signalons qu'un animal de 10 mm avait des glandes aussi grosses que celles d'individus plus âgés (R = 13 à 15 mm), et où histologiquement on n'observait que des cellules sexuelles femelles.

R > 10 mm

L'activité mâle se poursuit chez 11 Asterina sur 12 mesurant 11 mm, chez 13 autres sur 17 (R = 12 mm) de même que chez 11 animaux sur 16 (R = 13 mm). Elle se manifèstera tardivement encore chez 3 individus sur 11 dont R = 14 mm et chez 3 autres sur 13 où R = 15 mm. Ici, les colonnettes spermatiques sont épaisses, alternant avec des ovocytes devenant plus nombreux lorsque la taille augmente, mais encore jeunes si l'on en juge par leur aspect. Pour les 6 individus de grande taille, R = 14 et 15 mm, la physiologie des gonades est totalement différente de celle que présente les animaux possédant la même longueur de bras.

R > 13 mm

En effet, chez toutes les autres Asterina dont le rayon est supérieur à 13 mm, les gonades sont formées d'acini très allongés contenant de nombreux ovocytes à cytoplasme riche en vitellus, ce qui leur donne une couleur orangée très nette. Sur coupes, dans toutes ces gonades, on distingue des ovogonies appliquées contre

le bord des acini et des ovocytes dont la taille varie avec leur état de maturité : le diamètre des jeunes ovocytes n'excède pas souvent  $30 \mu$  alors que celui des ovocytes plus développés peut atteindre jusqu'à  $250 \mu$ . En outre, on remarque que quel que soit le colorant employé, leur cytoplasme prend une teinte différente en rapport avec l'activité métabolique : avec l'hémalunéosine, par exemple, les jeunes ovocytes sont colorés en violet. Ils sont donc basophiles. Les gros ovocytes sont par contre, acidophiles car ils présentent une couleur rose, seule la coque épaisse qui les entoure est basophile. Parmi les plus gros ovocytes, beaucoup paraissent avoir terminé leur vitellogenèse et leur aspect est sensiblement identique à celui des ovocytes qu'on observera trois mois plus tard et qui seront pondus au printemps. Toutes ces cellules ont un noyau assez gros contenant un nucléole très réfringent et une chromatine granuleuse et dense (fig. 9 et 9 bis).

Il convient de préciser que, durant cette période de décembre-janvier, fréquemment de gros ovocytes semblent affecter le même volume dans le même acinus, comme s'ils s'étaient développés en même temps (fig. 10). Ce mode de croissance rappelle celui qui existe dans les ovaires de certaines espèces gonochoniques d'Astérides chez lesquelles il se fait d'une manière synchrone (COGNETTI et DELAVAUULT, 1962).

Mais outre ces cellules femelles, l'observation minutieuse des coupes permet de déceler du tissu mâle. Celui-ci ne forme pas de colonnettes comme dans le cas des animaux plus jeunes : des cellules se groupent par endroits en petits îlots situés contre la paroi de la gonade (fig. 11) et sont souvent en pleine division, fournissant des spermatides et quelques spermatozoïdes (fig. 12). Cette spermatogenèse, dite secondaire (terminologie de COGNETTI, 1958), en raison de son caractère très réduit, est la preuve que les individus ne deviennent pas exclusivement femelles avec l'âge comme le pensait CUENOT (1898). Je

l'ai notée en effet, chez des Asterina dont la taille dépassait 25 mm.

En plus des cellules germinales, il faut signaler la présence d'un tissu d'aspect lacunaire. Celui-ci est visible dans une vingtaine de gonades appartenant à des animaux de grande taille ; il forme des travées cytoplasmiques à noyaux allongés qui limitent des lacunes ou "vésicules" optiquement vides. Il s'agit là du tissu vésiculeux décrit pour la première fois chez les Echinides par GIARD (1877). Si son rôle demeure encore mal élucidé, on lui attribue toutefois, une fonction phagocytaire depuis les travaux de CAULLERY et SIEDLECKI (1903). DELAVAILLANT (1962) pense que ce tissu intervient dans la résorption des gamètes mûrs non évacués ; il n'apparaît pas exclusivement après la période d'émission des produits sexuels. Dans les glandes hermaphrodites et les ovaires de certaines Astérides, le même auteur précise que c'est une formation quasi permanente, visible toute l'année sous forme de secteurs plus ou moins étendus. En décembre-janvier, le tissu vésiculeux est très réduit, occupant les interstices situés entre les ovocytes (fig. 9 et 9 bis).

## 2) Février

Les gonades des Asterina très jeunes n'ayant pas encore atteint 5 mm de rayon, montrent toujours des gonies au sein desquelles semblent se différencier quelques petits ovocytes.

En ce qui concerne les autres gonades, pour la commodité de l'exposé, je les classerai dorénavant en deux catégories correspondant respectivement à  $5 < R \leq 13$  mm et  $R > 13$  mm.

5 < R ≤ 13 mm

Certaines des gonades de ces animaux sont caractérisées par une organisation plus nette en colonnettes spermatiques (R = 6 mm).

D'autres présentent déjà des amas de spermiogenèse disséminés dans la cavité gonadique (R = 7 mm).

Enfin, chez les plus grands individus, on note une activité spermatogénétique bien plus importante que celle des mois derniers : tantôt les colonnettes spermatiques sont très longues, faisant saillie dans la lumière des acini, tantôt, au contraire, elles paraissent plus raccourcies et dans ce cas, le nombre de spermatozoïdes formés après méiose est plus grand (fig. 13 et 14).

Cependant si la spermatogenèse est de plus en plus active, il n'en est pas de même pour l'ovogenèse. Dans toutes les gonades examinées, les ovocytes toujours aussi rares (fig. 13 et 14), n'ont pas augmenté de volume d'une manière notable : ainsi pour une taille égale à 9 mm, ils mesuraient en janvier entre 30 et 40  $\mu$ . A présent dans la même gonade leur diamètre est sensiblement le même. Tout porte à croire que leur activité métabolique est faible, si elle n'est pas complètement bloquée.

Si l'on reprend ici le cas très particulier de l'Asterina ou R = 8,5 mm, signalée page 16, on constate que celle-ci poursuit sa spermatogenèse sans que les cellules sexuelles femelles soient davantage identifiables qu'en décembre-janvier.

R > 13 mm

Pour les 6 individus de 14 et 15 mm qui présentaient une activité mâle tardive les mois derniers, les gonades ont le même aspect en février. Seule la production de spermatozoïdes est légèrement supérieure.

Les plus grands exemplaires montrent un état presque comparable à celui des mois précédents. Les ovocytes paraissent uniquement plus développés. La vitellogenèse doit donc se poursuivre activement.

Dans quelques gonades, on constate que de gros ovocytes sont en train de dégénérer : il se forme de grandes plages basophiles qui doivent provenir de la dégradation de leur coque. Le tissu vésiculeux est précisément visible en abondance au voisinage de ces lysés (fig.16).

Dans 2 cas, le tissu vésiculeux contient des "concrétions" qui ont la même coloration que le cytoplasme de l'ovocyte et correspondent donc vraisemblablement à des agrégats vitellins (fig.17). Ainsi, à tout moment, des ovocytes peuvent arriver avant terme à maturité. Comme ils ne sont pas expulsés immédiatement, ils subissent des dégradations. Le tissu vésiculeux semble les "phagocyter" puisqu'on retrouve des restes du contenu ovocyttaire entre les cellules qui le constituent.

Parallèlement à l'activité ovogénétique, la spermatogénèse se déroule dans des flots toujours limités entre les ovocytes.

### 3) Mars et début avril

Alors que les tout jeunes animaux présentent toujours des glandes où quelques petits ovocytes coexistent avec des gonies non encore différenciées, chez les Asterina de la première catégorie, l'activité spermatogénétique domine intensément et a atteint son maximum dans la plupart des cas. Les colonnettes spermatiques sont très courtes, ou bien elles ont complètement disparu. Elles se sont donc épuisées en donnant lieu à des spermatozoïdes qui bourrent le centre des acini. Vers le bord de la gonade, il n'y a

5 < R ≤ 13 mm

plus que de la spermiogénèse. Cet aspect est caractéristique d'une gonade mûre, qui est en passe d'évacuer ses gamètes (fig. 18 et 19).

Si on examine les ovocytes, leur taille semble à présent légèrement plus grande. Ainsi chez l'animal mesurant précédemment 9 mm, le diamètre des ovocytes est maintenant de  $50\mu$ , alors qu'en février il était inférieur à  $40\mu$ . La croissance ovocytaire a dû reprendre. Dans certaines gonades d'ailleurs, des ovocytes s'observent dans la lumière des acini, poursuivant leur développement au milieu de très nombreux spermatozoïdes (fig. 19). Toutefois d'après leur taille, ces ovocytes sont très jeunes encore. On peut supposer qu'ils ne pourront probablement pas atteindre leur maturité au moment de l'émission des gamètes mâles.

R > 13 mm

Dans la deuxième catégorie des gonades, ovogénèse et spermatogénèse demeurent actives. Les ovocytes énormes emplissent la cavité gonadique tandis que de petits ovocytes, moins nombreux occupent une position pariétale. Ceux-là sont aussi trop jeunes et n'arriveront pas à maturité quand les plus anciens seront pondus.

La spermatogénèse secondaire est limitée aux mêmes secteurs dans lesquels à présent, on observe essentiellement des spermatozoïdes (fig. 20 et 21). Leur nombre est peu élevé, une quarantaine au maximum. Quant au tissu vésiculeux, il n'est pas abondant.

#### 4) Avril

Ce mois correspond à la période de ponte pour les animaux de Castiglione; je lui ai réservé une étude expérimentale spéciale à propos de l'autofécondation; je l'exposerai après la

description de l'état des gonades durant les mois qui suivent l'émission des produits sexuels.

5) Mai - juin

L'examen histologique des gonades montre que les gamètes mâles et femelles ont été expulsés dans leur quasi totalité.

5 < R < 13 mm

Dans la première catégorie de gonades, les ovocytes sont présents et paraissent plus développés que ceux observés en mars ; on note en outre deux caractères essentiels. D'une part, dans de nombreux cas, on décèle une quantité plus ou moins grande de spermatozoïdes résiduels qui n'ont pu être évacués en avril (fig. 22 et 23). D'autre part, le long du bord interne de ces gonades apparaissent deux sortes de tissus.

L'un est formé de cellules à noyau arrondi, relativement gros et pourvu d'un nucléole bien net (fig. 22 bis). Ce tissu qui a une structure différente de celle du tissu vésiculeux à cellules larges, est sans aucun doute responsable de la résorption des spermatozoïdes résiduels. Ceux-ci comme le montre la fig. 23 et 23 bis sont noyés dans des cellules qui se sont détachées de cette formation phagocytaire.

L'autre est du même type que celui qui, 5 mois plutôt avait donné des colonnettes spermatiques (fig. 24 et 25). On le voit dans un certain nombre de gonades d'animaux mesurant jusqu'à 10 mm. La seule activité à signaler pour le moment dans ce tissu concerne les divisions goniales. Les gonies formées sont disposées pariétalement, comme pour ébaucher déjà une future structure mâle (fig. 24). Tout porte à croire qu'une activité spermatogénétique importante se manifesterà de nouveau chez ces animaux.

Il convient de préciser pour en revenir encore à l'Asterina mesurant 8,5 mm en janvier (cf. page 12 ) qu'après le rejet de ses spermatozoïdes, on ne voit toujours pas de cellule sexuelle femelle (fig. 26). Il pourrait donc s'agir d'un cas de "vrai mâle".

R > 13 mm

Les animaux de grande taille (R = 14 et 15 mm en janvier) qui étaient en phase mâle au cours des mois derniers, semblent avoir subi leur virage sexuel. Leurs gonades, en effet, ne contiennent que des ovocytes.

Quant aux autres animaux, leurs gonades ont une taille plus réduite que lors des mois précédents et elles ont aussi une couleur plus claire.

Au point de vue cytologique, après l'émission des produits sexuels, on constate que la lumière des acini est complètement envahie par un abondant tissu vésiculeux qui occupe la place des gros ovocytes expulsés (fig. 27 et 28). Bien souvent, associés à ce tissu s'observent des amas de granules acidophiles représentant l'ultime dégradation du cytoplasme des ovocytes mûrs et non pondus (fig. 29). En outre, les gonades contiennent de jeunes ovocytes en position périphérique, et des ovocytes de taille moyenne (fig. 30). Dans quatre cas, on observe de petites cellules indifférenciées groupées en îlots, témoins d'une future activité spermatogénétique secondaire (fig. 31 et 32).

Quant aux spermatozoïdes mûrs visibles avant la ponte, on ne les retrouve plus. Ils ont été évacués. Seule une gonade contient quelques gamètes mâles résiduels.

6) Juillet

Les constatations sont du même ordre à propos de l'ébauche de territoires spermatogénétiques, précédemment décrite. Celle-ci présente le même aspect dans toutes les gonades où elle a été examinée.

Par contre l'activité ovogénétique est apparente chez tous les animaux, et est marquée par la formation de nouvelles cellules, tandis que les ovocytes déjà présents continuent leur synthèse.

Quant au tissu vésiculeux, il présente une extension moins grande qu'en mai.

7) Septembre - octobre

N'ayant pu conserver l'élevage au delà du mois de juillet par suite d'une forte élévation de température qui a détruit tous les lots, les observations ont été effectuées par la suite sur des animaux fraîchement récoltés.

Les ovocytes sont visibles dans toutes les gonades. La plupart du temps, ce sont de jeunes ovocytes en début de vitellogenèse à cytoplasme basophile ; ils sont accompagnés d'un certain nombre d'ovogonies.

Parmi les individus de grande taille, je retiendrai 2 cas (R = 18 et 22 mm) où j'ai pu identifier des territoires très réduits formés de petites gonies disposées les unes sous les autres. Ces cellules préfigurent un futur flot de spermatogenèse

secondaire, bien que les gonades ne contiennent pas encore de gros ovocytes bourrés de vitellus.

En ce qui concerne l'ébauche de futurs territoires spermatogénétiques existant chez les jeunes animaux, on l'observe dans quelques gonades. Mais à cette période de l'année, ses poussées restent encore discrètes et elle ne paraît manifester aucune activité importante. Tout au plus voit-on de nombreuses cellules superposées visibles le long des parois des gonades.

#### 8) Novembre

Le fait essentiel est représenté par l'organisation en colonnettes spermatiques qui devient plus précise chez les Asterina de taille moyenne. L'activité mâle s'accroît : ainsi au sein de ces colonnettes, on note les premières divisions méiotiques.

Des flots mâles s'observent chez 6 individus de grande taille sur 15 (R = 16 à 27 mm). En outre, l'ovogenèse est plus poussée que durant les mois précédents ; dans certaines gonades, se sont formés des ovocytes énormes, riches en vitellus. Leur aspect est comparable d'ailleurs à celui des "oeufs" visibles juste avant la ponte. Ils sont donc déjà mûrs et vont certainement se dégrader.

Comme nous l'avons déjà remarqué au cours du mois de janvier dernier, quelques gonades contiennent des ovocytes présentant sensiblement le même diamètre et témoignant aussi d'une croissance synchrone.

Quant au tissu vésiculeux, on ne le décèle que dans 4 cas et il occupe des territoires très limités.

## II - EXPERIENCES D'AUTOFECONDATION

### 1. Observations

130 individus mesurant entre 10 et 30 mm ont été récoltés au début du mois d'avril. Les uns sont isolés séparément dans des cristallisoirs, les autres sont placés dans le même aquarium.

Les gonades de certains animaux de grande taille prélevées et observées sur coupes, ont montré une physionomie comparable à celle des glandes des grands animaux élevés au laboratoire. Elles contiennent des ovocytes et des spermatozoïdes mûrs formés dans des flots de spermatogenèse secondaire.

Les pontes ont débuté vers le 10 avril et se sont poursuivies jusqu'à la fin du mois. Elles ont été observées chez un animal sur 8, mesurant 12 mm, chez 1 Asterina sur 6 dont le rayon était de 13 mm et enfin chez tous les individus dont la longueur de bras s'échelonnait entre 15 et 30 mm.

Les "oeufs" bourrés de vitellus sortent ventralement par des pores. Cette particularité à pondre côté oral n'existant que chez Asterina gibbosa.

Le dépôt des oeufs s'effectue pendant la nuit, dans la plupart des cas. Cependant, quelques pontes ont été observées de jour, lorsqu'on avait maintenu une certaine obscurité dans la

pièce. Nul doute que chez cette étoile de mer la ponte reste influencée par le rythme nycthéral.

Il convient de signaler que chez les Asterina gardées dans le même aquarium, la ponte apparaît comme "épidémique". En effet, dès qu'un animal a commencé à pondre, tous les autres se mettent à rejeter leurs oeufs comme si ce phénomène était déclenché par des substances chimiques libérées dans l'eau de mer par les premiers oeufs évacués.

Certains des oeufs pondus ont été laissés avec l'animal qui les avait émis.

D'autres ont été recueillis immédiatement après leur sortie des pores génitaux et isolés dans des cristallisoirs.

## 2. Résultats

En ce qui concerne les oeufs laissés avec les géniteurs, nombreux sont ceux qui, quelques heures après leur dépôt, présentent les premiers stades de segmentation. Il y en a même qui montrent de nombreux blastomères.

Cependant un certain nombre d'entre eux reste insegmentés. Il en est de même des oeufs isolés au moment de la ponte.

L'examen histologique de certaines gonades, parmi celles qui ont évacué leurs oeufs, ne révèle aucune trace de spermatozoïdes. Ces gamètes ont par conséquent été émis. Mais étant donné leur petit nombre, seule une partie des oeufs se trouve fécondée. En raison de leur densité, les gamètes femelles peuvent être rejetés les premiers, libérant ainsi le passage aux spermatozoïdes. Ceux-ci, en effet, étaient coincés entre des ovocytes remplissant complètement les gonades. La fécondation doit

alors s'effectuer dans l'eau de mer sous l'action de substances chimiotactiques.

Il faut noter qu'une partie des oeufs séparés dès les premiers stades de la segmentation s'est développée malgré l'absence des géniteurs. Quant à ceux que nous avons isolés très tôt, ils n'ont pas eu sans doute le temps d'être fécondés.

Un à deux jours après l'émission des gamètes, le stade gastrula est atteint. Puis la gastrula s'allonge et commence à tourner à l'intérieur de sa membrane vitelline. Sa partie supérieure se dilate et devient le "lobe préoral" (fig.33). La larve utilisera ce lobe pour sa fixation et sa reptation.

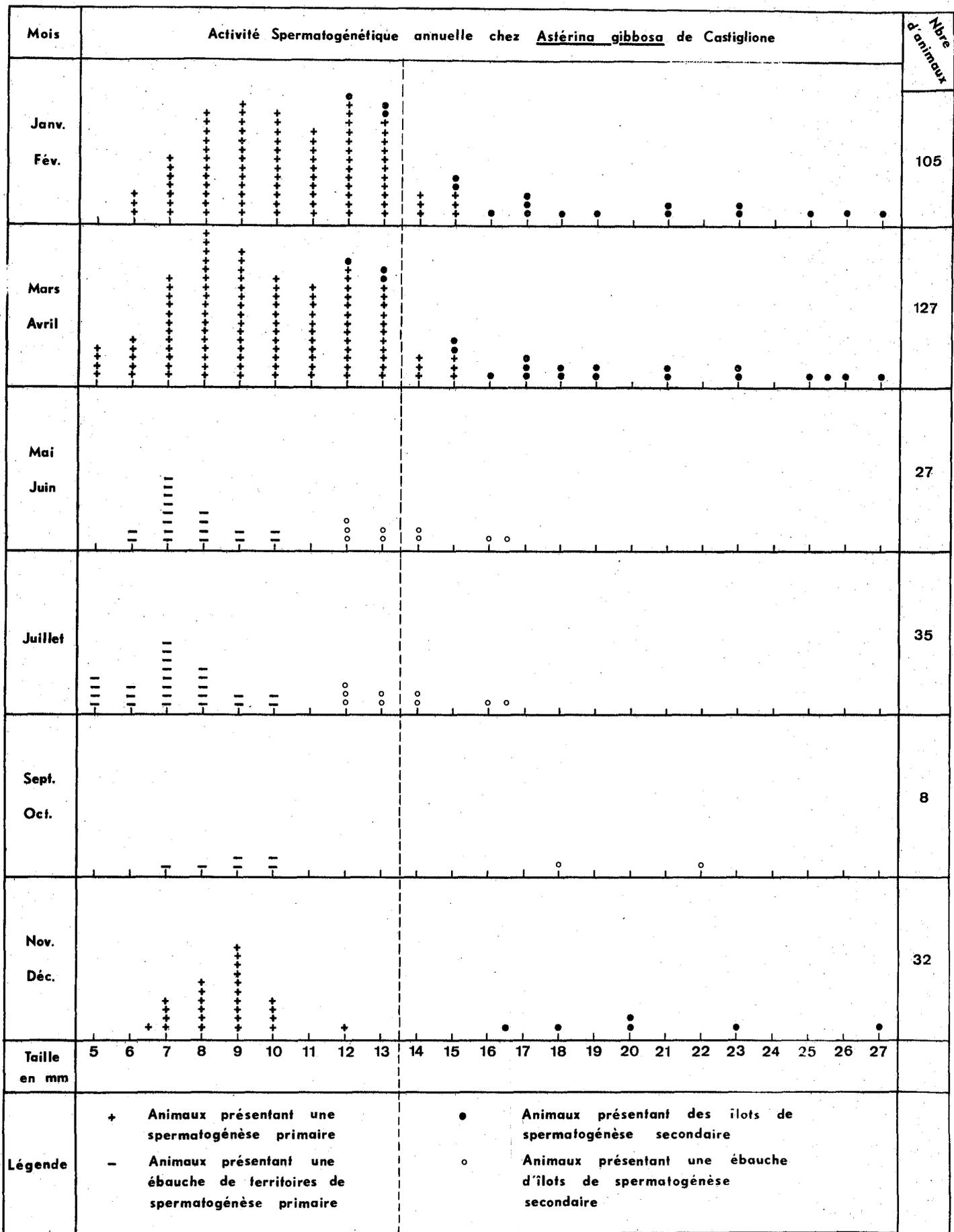
L'ébauche de l'Asterina se fait sur la partie postérieure de la larve suivant le processus déjà décrit par DAWIDOFF (Traité de Zoologie - GRASSE - Tome XI).

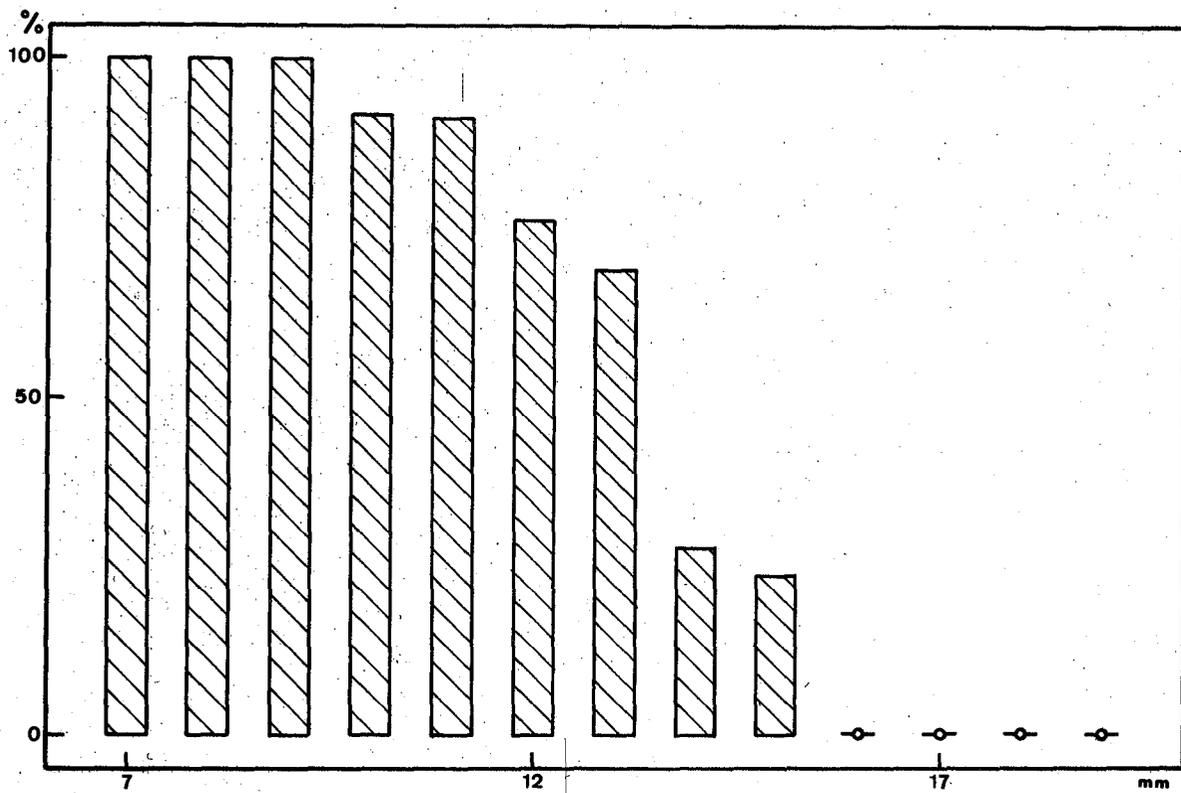
Quinze jours environ après la ponte, on observe de petites Asterina qui se déplacent toujours au moyen de leur lobe préoral dont il ne reste, toutefois, qu'un faible volume. Cet organe se résorbe progressivement et au bout d'un mois, il n'est plus visible. Les jeunes Asterina (fig. 34) ont alors acquis leur forme d'étoile ; mais elles sont encore transparentes car les plaques calcaires ne sont pas encore constituées.

A propos des Asterina maintenues en élevage, les grands individus n'ont commencé à abandonner leurs oeufs qu'à la fin d'avril. Les pontes se sont poursuivies jusqu'au début du mois suivant. Ce retard, nous l'avons déjà vu, ne peut être dû qu'à la température de l'eau. Celle-ci est plus constante et plus élevée au laboratoire. Après le dépôt des oeufs, des embryons se

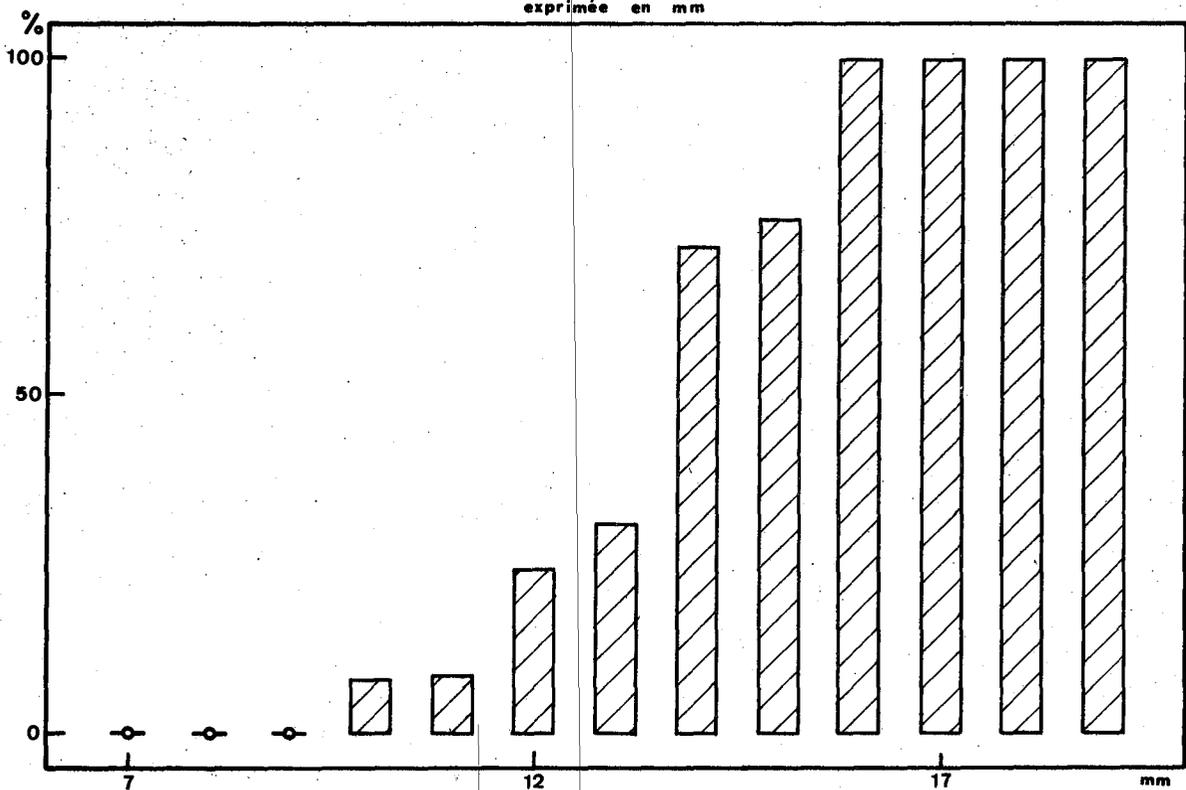
forment ; comme précédemment il s'ensuit une courte période larvaire, et les métamorphoses interviennent au bout d'une quinzaine de jours.

Or, ces individus se trouvaient dans le même aquarium que d'autres, de taille plus petite. On peut alors considérer que les oeufs ont pu être fécondés tout aussi bien par le propre sperme de l'animal que par celui d'un autre animal. L'auto-fécondation et la fécondation croisée sont ainsi possibles.





Pourcentage d'animaux en activité spermatogénétique dominante en fonction de la taille des bras exprimée en mm



Pourcentage d'animaux en activité ovogénétique dominante en fonction de la taille des bras exprimée en mm

CHAPITRE II

=====

INTERPRETATIONS

I. LA RACE SEXUELLE DE CASTIGLIONE

Tout d'abord, les gonades des plus petites Asterina ( $R = 1 \text{ à } 3 \text{ mm}$ ) ne contiennent que des gonies (fig. 1).

Ensuite, lorsque ces cellules commencent à se différencier, ce sont des ovocytes qui se forment les premiers ( $R = 4 - 5 \text{ mm}$ ) mais cela ne préjuge pas de la future évolution des gonades.

Cet aspect est visible toute l'année, ce qui démontre que ces jeunes animaux n'ont aucune activité génitale de caractère cyclique. Très rares sont ceux ( $R = 5 \text{ mm}$ ) qui ont manifesté une gamétogenèse apparente au printemps.

Quand les individus grandissent, leurs gonades, où les ovocytes seront constamment présents, commencent à montrer des cellules mâles. Ces gonades deviennent dès lors topographiquement hermaphrodites.

1. Les mâles fonctionnels

Une vague spermatogénétique très importante se révèle chez les Asterina de petite taille ( $5 < R < 10 \text{ mm}$ ), et se poursuit chez celles de taille moyenne ( $10 < R < 13 \text{ mm}$ ).

Matérialisée par l'apparition de colonnettes spermatiques, qui tapissent l'intérieur des acini (fig. 2), cette spermatogénèse devient de plus en plus intense lorsqu'approche la période d'émission des produits sexuels.

Les colonnettes disparaissent (fig. 18 et 19) après avoir fourni par méiose un grand nombre de spermatozoïdes mûrs qui seront les seuls gamètes à être évacués au printemps, les ovocytes restant alors dans les gonades.

En effet, les ovocytes n'arrivent pas à maturité en même temps que les éléments mâles car leur développement est ralenti ou complètement inhibé durant la période hivernale. La reprise de leur croissance dès le mois de mars, coïncide d'ailleurs avec l'épuisement des colonnettes spermatiques.

En somme, ces animaux dont les gonades ont fonctionné comme des testicules, peuvent être considérés comme des mâles fonctionnels (♂)

Après le rejet des gamètes mâles, il se forme un tissu ayant pour rôle de détruire les spermatozoïdes résiduels (fig. 22 et 23). Ce tissu phagocytaire, décrit par DELAVAILLÉ (1961) chez Echinaster sepositus, est tout-à-fait différent de celui existant dans les gonades des individus de grande taille.

## 2. La reprise de l'activité spermatogénétique

La première émission des spermatozoïdes marque-t-elle en même temps la fin de l'activité mâle dominante ? On sait que chez la plupart des animaux dont la longueur des bras s'étend jusqu'à 10 mm, après l'expulsion des produits sexuels, apparaît un tissu pariétal formé de cellules non encore différenciées, mais

dont l'aspect annonce sans aucun doute, une future organisation en colonnettes spermatiques (fig. 24 et 25). On peut donc répondre que la phase mâle dominante n'est pas abolie et qu'un renouveau de la spermatogénèse se manifestera encore au moins une fois et peut-être davantage.

A ce sujet, pour estimer combien de fois se répète cette activité spermatogénétique chez les Asterina de Castiglione, on peut revenir à ce qu'on sait de la croissance des animaux élevés en aquarium. En effet, les animaux ont grandi au maximum de 3 mm pendant toute la durée de l'élevage, soit 8 mois. Compte-tenu de ces données, on peut alors supposer que, parmi les individus dont la taille des bras s'échelonne entre 5 et 10 mm, il y en a certainement qui fonctionneront comme mâles deux années de suite, probablement même pendant trois ans.

Cependant il serait hasardeux de conclure qu'il doit en être ainsi pour les animaux vivant dans leur milieu naturel où les variations saisonnières de température sont plus marquées. D'autre part, il semble que l'activité spermatogénétique ne se répète pas le même nombre de fois dans toutes les localités, du fait que la croissance varie d'une population à une autre. Des observations faites à Naples (BACCI, 1951 ; HAUENSCHILD, 1954), et à Banyuls (BOUGIS, 1951) signalent des tailles fort différentes pour des animaux élevés pendant le même laps de temps. A Banyuls, où les individus effectuent leur virage sexuel généralement lorsque R = 12 mm, BOUGIS (1951) estime que des Asterina mesurant 5 mm sont âgées de un an, alors que celles dont la longueur des bras atteint 10 à 12 mm sont âgées de deux ans. Dans cette région, l'activité mâle doit donc se dérouler durant deux années consécutives.

### 3. L'ovogenèse dominante

A l'activité mâle dominante en succède une autre chez les animaux de grande taille ( $13 < R < 29$  mm), marquée par une ovogenèse dominante.

Il arrive cependant, que le virage sexuel intervienne plus tôt, comme nous l'avons vu à propos d'un animal dont R = 10 mm, ou au contraire plus tard (cas des six individus ayant de 14 à 15 mm de rayon). On peut donc admettre que le degré de développement des organes génitaux ne suit pas toujours celui de la croissance globale du corps, celle-ci, d'un animal à l'autre pouvant s'effectuer plus ou moins rapidement.

Dans les gonades des Asterina en activité femelle dominante, les ovocytes atteignent un volume important (fig. 9 et 9 bis). Beaucoup d'entre-eux présentent le même état de développement (fig. 10) à la fin de l'automne et en hiver. Leur vitellogenèse s'est probablement accomplie très rapidement. En fait, l'aspect des gonades qui contiennent de tels ovocytes rappelle à cette période de l'année celui des ovaires de certains gonochoriques où ces cellules s'accroissent d'une manière synchrone (COGNETTI et DELAVAUILL, 1962).

Il convient de préciser que la maturité de nombreux ovocytes est bien souvent atteinte durant les mois qui précèdent la saison de la ponte. De tels ovocytes ne seront pas pondus mais dégradés. Leur dégradation apparaît comme un mécanisme contribuant à maintenir un équilibre dynamique au sein de la gonade : la gonade "éclaterait" si le nombre d'ovocytes qui naissent et grossissent constamment n'était pas ainsi réduit. Cette dégradation doit aider à l'accomplissement de la vitellogenèse des jeunes ovocytes

qui récupèrent les produits des lyses pour assurer en partie leur nutrition et leurs mises en réserve du deutoplasme.

Le processus d'utilisation des produits des lyses par les ovocytes est d'ailleurs fréquent : ainsi, chez les Coelentérés et notamment chez les Hydraires, un ovocyte "privilégié" s'accroît en phagocytant progressivement les ovocytes qui l'entourent. Par ailleurs, chez les reines de fourmis, il est bien prouvé que les muscles alaires se désagrègent après la perte des ailes et leurs substances servent à l'élaboration des ovocytes (JANET, 1910).

Ce sont les ovocytes, dont la maturation coïncide avec la saison de ponte, qui seront expulsés au printemps.

#### 4. La spermatogenèse secondaire

Dans les gonades d'animaux où l'ovogenèse est toujours prépondérante, on observe des cellules constituant des flots très localisés au sein desquels, dès novembre - décembre, se manifeste une activité spermatogénétique (fig. 11 et 12). Il faut noter que cette spermatogenèse n'atteint jamais la même ampleur que chez les animaux plus jeunes, le nombre de gamètes mûrs étant particulièrement réduit (fig. 20 et 21). Cette spermatogenèse est dite "secondaire", (terminologie de COGNETTI, 1958) par opposition à celle qui domine chez les animaux plus petits, considérée comme "primaire".

Ainsi, les animaux de grande taille sont des hermaphrodites fonctionnels ( $\text{♀} \text{♂}$ ) dont les gonades évacuent les deux types de gamètes. Ce sont ces animaux qui peuvent s'autoféconder.

### 5. Le tissu vésiculeux

Après l'émission des éléments sexuels, les gonades de ces individus se trouvent remplies d'un abondant tissu vésiculeux occupant la place des gamètes émis (fig. 27 et 28). A cette période, ce tissu jouerait essentiellement un rôle mécanique, permettant aux gonades de conserver un certain volume.

Lorsque les ovocytes reprennent leur croissance pour se développer et occuper de nouveau, progressivement, la cavité gonadique, on constate que ce tissu est en nette régression. Il ne se développe ensuite que lorsque se produisent des dégénérescences ovocytaires. Son rôle serait alors de phagocyter les éléments dégradés qu'on retrouve au sein de ses cellules (fig. 29). Peut-être participe-t-il ainsi à la croissance des jeunes ovocytes comme nous l'avons évoqué précédemment. En résumé, le tissu vésiculeux pourrait jouer un double rôle mécanique et métabolique.

### 6. Les caractères raciaux

A Castiglione, tous les animaux présentent des gonades insérées près des bords des interradius, occupant donc une position très marginale. En outre, elles sont remarquablement petites chez les Asterina en phase mâle dominante, celles chez lesquelles par ailleurs, les ovocytes sont très rares. A la rareté des ovocytes et au faible volume des gonades chez ces individus, s'ajoute un caractère, qui semble encore particulier aux animaux de Castiglione et qui concerne l'aspect des ovocytes dans les glandes génitales des individus en phase femelle dominante. Comme je l'ai signalé au cours de cet exposé, à la fin de l'automne, et pendant la période hivernale, très fréquemment, ces ovocytes affectent la même taille.

7. Récapitulation : définition de la race sexuelle de Castiglione

De cette étude il ressort que les Asterina sont toutes cytologiquement hermaphrodites à Castiglione. Je n'ai jamais observé de vraie femelle chez les animaux de petite taille. De même aucun mâle pur n'a été retrouvé parmi les grands individus. Le jeune animal, qui mesurait 8,5 mm en janvier (page 12 ) et dans les gonades duquel je n'ai pu déceler la présence d'ovocytes, avant et après le rejet des spermatozoïdes, ne peut en effet, être considéré comme un mâle pur.

La race de Castiglione est donc équilibrée comme les races de Banyuls, Dinard et Plymouth.

II. LA RACE SEXUELLE GEOGRAPHIQUE - INTERVENTION DES FACTEURS ECOLOGIQUES

Les différences sexuelles qui existent d'une population à une autre peuvent s'expliquer par le fait que ces populations sont isolées géographiquement. Elles occupent des aires de distribution tantôt proches, tantôt éloignées les unes des autres mais, dans tous les cas, le mode de développement larvaire ne favorise pas le brassage des races.

En effet, alors que la plupart des Echinodermes possèdent des larves pélagiques errantes, Asterina gibbosa se singularise par des larves sédentaires. Les oeufs ne se développent pas en flottant librement entre deux eaux. Ils sont déposés sur le fond et se développent sur place. Les larves qui en sont issues demeurent au même endroit jusqu'à leur métamorphose.

Ce mode de développement "protège" en quelque sorte l'espèce des aléas de la nourriture pélagique, et des ennemis du domaine pélagique auxquels se trouvent exposés les larves errantes ; mais il ne contribue pas au brassage des races. Celles-ci sont ainsi isolées et soumises d'une manière très impérative aux conditions du milieu dans lequel elles vivent. On peut remarquer que ce ne sont pas seulement les êtres sans larves nageuses, mais aussi des êtres planctoniques facilement transportés, qui présentent souvent des races locales spécialisées. Le cas classique est celui d'Artemia salina (Crustacé Entomostracé) répandue dans toutes les mares sursalées autour de la Méditerranée, et dont les oeufs, résistant à la sécheresse, sont facilement disséminés par les pattes d'oiseaux ou même par le vent.

L'exemple de nombreuses espèces animales, entre autre parmi les Insectes et les Oiseaux, conduit à admettre que l'isolement géographique se répercute non seulement sur les caractères somatiques mais aussi sur les caractères sexuels, car en dehors des facteurs d'ordre génétique intervenant dans l'expression de la sexualité, celle-ci est aussi influencée par les conditions écologiques.

Les Asterina de Castiglione se rapprochent comme nous le savons, par leur activité génitale de celles de Banyuls, Dinard et Plymouth. Des mécanismes génétiques du même ordre doivent donc intervenir chez les individus de ces stations méditerranéennes et de la Manche, et cependant, ces individus rencontrent des conditions écologiques différentes.

A Banyuls et Castiglione, les animaux sont entre autres soumis à des températures plus élevées, leur permettant d'atteindre des tailles supérieures à celles des animaux de la Manche, et d'émettre ainsi plus tôt leurs produits sexuels.

A Dinard et Plymouth, il existe des courants de marée très intenses qui soulèvent une quantité de substances, de la vase et du sable, renouvelant ainsi constamment les particules alimentaires que les individus pourraient ajouter à leur nourriture habituelle.

En fait les conditions biogéographiques ne sont pas seulement variables d'une mer à l'autre, mais encore d'une localité à l'autre et même dans une localité donnée, d'une saison à l'autre.

#### Conditions écologiques rencontrées par la race de Castiglione

La station se trouve au fond de la Baie de Castiglione, bien ouverte vers le large. Cependant, les animaux de cette station ne subissent pas un hydrodynamisme trop intense car ils se trouvent protégés du large par le "récif-barrière" constitué par les mattes de Posidonies. La zone de récolte correspond à un niveau dont l'eau est bien brassée et qui reçoit beaucoup de radiations solaires.

#### 1. Les conditions climatiques

Par ailleurs, les individus de Castiglione vivent dans des conditions climatiques se rapprochant du régime tropical, avec deux saisons bien tranchées : une saison des pluies de novembre à mai, marquée par des pluies fortes et des crues d'oueds, saison sèche le reste de l'année, avec pluies très rares ou nulles. Ces

conditions sont différentes de celles de Banyuls où, par contre, les quatre saisons sont marquées par une moyenne particulière des pluies et des éléments nutritifs, et contrastent tout-à-fait avec celles rencontrées par les animaux de Dinard ou Plymouth.

## 2. Les apports d'eaux

La station algérienne a des eaux purement atlantiques, comme la Baie d'Alger, de même que toute la côte de Tanger à Bougie. Les travaux de NIELSEN (1912) , BERNARD (1953) ont en effet mis en évidence en divers points de la Méditerranée, la présence d'eaux atlantiques, apportées par un courant de surface d'origine océanique. On sait que cet apport a été renforcé depuis 1955, grâce à des vents de secteur W qui dominent les deux tiers de l'année, de novembre à juin, et poussent le courant, provoquant des dessalures locales. De juillet à octobre, au contraire, des vents E repoussent le courant et l'étalent en surface, la salinité des eaux augmente alors. La salinité relevée à Castiglione pendant la période hivernale, mais par temps sec et ensoleillé était de 36,38 ‰, ce qui indique que cette partie des côtes algériennes n'a pas d'eaux strictement méditerranéennes dont la salinité dépasse fréquemment 38 ‰ .

Si c'est comme Alger, la salinité doit pouvoir varier de 35,3 ‰ après fortes pluies à 36,95 ‰ au mois d'août. A Banyuls il y a généralement 37,7 à 38,6 ‰. La présence d'eaux atlantiques crée ainsi des conditions écologiques originales qui sont en somme des conditions primitives, car, avant que le Détroit de Gibraltar existe seul, il y avait , à plus de 300.000 ans de nous, deux larges communications entre la Méditerranée et l'Atlantique par les Détroits Nord-bétique et Sud-rifain.

Dans la Baie de Castiglione débouchent à l'ouest, l'oued Nador, et à l'est, l'oued Mazafran, situés respectivement à 27 et 10 km de la station. Ces oueds apportent à la mer des sels nutritifs, tels que les nitrates, dont la Méditerranée est d'ailleurs suffisamment riche. Ils provoquent, d'autre part, une dessalure s'ajoutant à celle qui est due à la présence d'eaux atlantiques. On peut remarquer qu'à bien des égards, une baisse de salinité a les mêmes effets physiologiques qu'une augmentation de température, stimulant les organismes lesquels réagissent contre cette baisse.

### 3. La composition chimique de l'eau de mer

En saison pluvieuse, les crues d'oueds apportent en mer du sable continental ainsi que diverses matières qui s'ajoutent à celles, transportées par le vent. Ces substances apparaissent comme ayant de plus en plus une grande importance dans la vie des êtres marins. De récentes recherches effectuées par des américains (SUTTCLIFFE, BAYLOR et MENZEL, 1963) en Floride, ont en effet, mis en évidence que bien des animaux, même ceux de surface ensoleillée ajoutent à leurs proies normales, des protéines de l'eau.

On pense que si la composition de l'eau de mer en principaux sels minéraux varie assez peu suivant les lieux, sauf lorsqu'il y a localement arrivée d'oueds ou de rivières, les teneurs en matières organiques dissoutes ou colloïdales sont, par contre, plus variables, et leurs effets biologiques, complexes. Des travaux de BOURCART (1954) et BERNARD (1956), il ressort que ce sont probablement des matières organiques amenées avec le sable continental, qui sont particulièrement toxiques pour certaines formes planctoniques.

A propos de ce sable continental, BOURCART (1954) signale que ses grains transportent des bulles d'air, contribuant à oxygéner davantage l'eau de mer. BERNARD (1956) pense qu'inversement de l'air dissous pourrait être perdu en s'accolant aux grains, ce qui entraînerait un manque d'oxygène pendant la saison pluvieuse.

Ainsi donc les races, n'étant pas soumises tout-à-fait aux mêmes exigences ou aux mêmes tolérances écologiques, s'individualisent et acquièrent des caractères particuliers qui s'ajoutent aux caractères d'ordre génétique.

Pour tous les groupes bien connus, nous savons que les formes de Banyuls et de Marseille présentent des différences par rapport à celles d'Algérie. C'est le cas, par exemple, pour les mollusques, très étudiés par SEURAT et DIEUZEDE. Des facteurs tels que la température, les teneurs en  $O_2$ ,  $CO_2$ , C organique, la salinité des eaux etc... jouent un rôle plus ou moins déterminant dans la vie des être marins et nous savons que leurs variations sont nettement plus marquées durant la période hivernale. On pourrait penser que, vis à vis de ces variations, les jeunes individus moins bien adaptés, se montrent plus sensibles que les individus âgés.

Or c'est bien en hiver que, chez les Asterina en phase mâle dominante dans les gonades, non seulement il ne se forme pas de nouvelles cellules sexuelles femelles, mais encore celles qui sont présentes n'accumulent apparemment plus de réserves. Ceci expliquerait le faible volume des gonades de ces animaux. Au printemps, par contre, les synthèses reprennent normalement au sein des ovocytes, s'accompagnant, en été, de la formation d'autres ovocytes.

Chez les individus en phase femelle dominante, l'activité synthétique se trouverait accélérée pendant la période hivernale. Dans les gonades, la vitellogenèse s'effectue rapidement ce qui fait que beaucoup d'ovocytes atteignent en même temps le même degré de maturité. Les gonades contiennent alors des cellules qui ont sensiblement la même taille. Ce phénomène correspondrait à une réaction des individus plus âgés aux changements du milieu, auxquels il sont mieux adaptés.

## CONCLUSION GENERALE

Au cours de sa vie, Asterina gibbosa de Castiglione présente un cycle génital comparable à celui des animaux de Banyuls Dinard et Plymouth. Elle possède le même "phénotype sexuel", marqué par l'apparition précoce d'un hermaphrodisme protandrique.

Après une activité spermatogénétique très importante, étalée probablement sur deux ou trois années consécutives, et conférant aux individus un caractère fonctionnellement mâle, le virage sexuel intervient lorsqu'une certaine taille est atteinte. Pour la plus grande partie des animaux, cette taille correspond à une longueur de bras  $\geq 13$  mm.

Il ne peut s'agir chez ces hermaphrodites d'inversion sexuelle irréversible comme c'est le cas chez les Annélides Polychètes ou les gastéropodes prosobranches. En effet, chez Ophryotrocha puerilis, par exemple, tout comme chez Patella coerula, les animaux initialement mâles deviennent définitivement femelles avec l'âge.

Chez Asterina gibbosa par contre, l'activité spermatogénétique réapparaît périodiquement de telle manière que les animaux de grande taille se comportent comme des hermaphrodites fonctionnels. Chez ceux-ci, l'autofécondation est toujours possible.

L'activité spermatogénétique se manifeste dans la race de Castiglione, d'une façon saisonnière, comme à Banyuls et à Dinard. Elle débute dès la fin de l'automne, mais les prémisses de la structure mâle sont souvent apparentes dès le rejet des gamètes. Suivant l'importance des ébauches des structures histologiques mâles, on peut prévoir si les animaux auront une forte spermatogénèse au printemps prochain, ou au contraire, une simple spermatogénèse secondaire.

Quant à l'ovogénèse, elle apparaît comme un phénomène permanent dans toutes les gonades, mais atténuée chez les animaux en phase mâle.

Ainsi, à Castiglione, le cycle sexuel est très régulier d'une Asterina à une autre, le virage sexuel de la phase mâle dominante à la phase femelle dominante se produisant à un "âge" bien déterminé. En outre, on n'observe pas de mâles ou de femelles purs parmi les individus de la population. Dans cette localité, on peut donc considérer que la race est typiquement équilibrée.

En dehors des mécanismes génétiques qui permettent l'expression du phénotype sexuel, l'influence des facteurs écologiques peut provoquer une hétérogénéité dans les caractères individualisant les populations isolées géographiquement. En ce qui concerne la race de Castiglione, soumise à des conditions biogéographiques différentes de celles du Nord-méditerranéen et contrastant tout-à-fait avec celles de la Manche, le fait que certains caractères (décrits pages 38 - 39) soient observables, seulement en hiver, incite à penser qu'ils pourraient être liés à une variation écologique locale, plus marquée en cette période. Il serait alors intéressant de préciser cela dans un travail ultérieur.

Bibliographie

BACCI, G., 1949 -

Ricerche su Asterina gibbosa. I - La migrazione delle gonadi.  
II - L'ermafroditismo in una popolazione di Plymouth.  
- Arch. Zool. Ital., 34, 25-29-49-74.

BACCI, G., 1951 -

On two sexual races of Asterina gibbosa (Penn)  
- Experientia 7, 31-37.

BERNARD, F., 1956 -

Eaux atlantiques et méditerranéennes au large de l'Algérie.  
- Annales de l'Institut Océanographique. 31, 231-334.

BOUGIS, P., 1951 -

Note préliminaire sur la croissance d'Asterina gibbosa  
(Pennant)  
"VIE et MILIEU" 2, 262-266.

BURSLE, J., 1966 -

Recherches complémentaires sur la sexualité d'Asterina gibbosa de Banyuls.  
"VIE et MILIEU", 18, Fasc. 1-A, 133-141.

BRUSLÉ, J., 1967 -

Nouvelles recherches sur l'hermaphroditisme d'Asterina gibbosa de Roscoff.  
(sous presse).

COGNETTI, G., 1956 -

Autofécondazione in Asterina.  
Boll. Zool., 23, 275-278.

COGNETTI, G., 1958 -

La spermatogenesi secondaria in Asterina e la colorazione degli individui proterogenici di Asterina gibbosa -

- Rend. Acc. Naz. LINCEI, 24, 325-327.

COGNETTI, G. et DELAVAILT, R., 1960, 1961 -

Gonocorismo labile et ermafroditismo in Asteroïdi dell' Atlantico e del Mediterraneo

Rend. Acc. Naz. LINCEI, 28, 82-85.

COGNETTI G., et DELAVAILT, R., 1962 -

La sexualité des Asteridès.

- Cah. Biol. mar. tome III, 157-182.

CUENOT, L., 1898 -

Notes sur les Echinodermes III. L'hermaphroditisme protandrique d'Asterina gibbosa Penn et ses variations suivant les localités.

- Zool. Anz. 21, 273-279.

DAWIDOFF, C., 1948 -

Embryologie des Echinodermes (dans Traité de Zoologie, GRASSE, idem).

DELAVAILT, R., 1959 -

Premières observations sur le cycle génital d'Asterina gibbosa Penn de Dinard.

- Bull. Lab. Marit. Dinard. 45, 42-44.

DELAVAILT, R., 1960 b -

Les cycles génitaux chez Asterina gibbosa de Dinard.

- C.R. Acad. Sc. Paris. 251, 2240-2241.

DELAVAUULT, R., 1960 e -

Recherches sur la sexualité d'Asterina gibbosa de Banyuls  
"VIE et MILIEU", 11, 381-385.

DELAVAUULT, R., 1962 -

Evolution et signification du tissu phagocytaire  
chez les Asterides.

- C.R. Acad. Sc. Paris., 254, 3439-3441.

DELAVAUULT, R. et COGNETTI, G., 1958 -

L'apparition de granulés jaunes dans les gonades  
d'Echinaster sepositus Gray de la Méditerranée.

- C.R. Acad. Sc. Paris., 246, 984-986

DELAVAUULT, R., 1965 -

Determinism of sex (dans: Physiology of Echinodermata ;  
John Wiley ed. New-York, Londres. 822 pp ; cf. pp 615-638 )  
(paru en 1966).

GIARD, A., 1877 -

Sur une fonction nouvelle des glandes génitales des  
oursins.

- C.R. Acad. Sc. Paris, 85, 858-859.

GRASSÉ, P.P., 1948 -

--- Traité de Zoologie. Echinodermes, Stomocordès, Procordès.

- Tome XI. MASSON edit. Paris (Echinodermes 363 pages).

HAUENSCHILD, C., 1954 -

Zur Frage der Geschlechtsbestimmung bei Asterina gibbosa

- Zool. Jahrb., 65, 43-53.

KOEHLER, R., 1924 -

Les Echinodermes des mers d'Europe.

- Tome I, DOIN ed. Paris, 345, 9 Pl.

NEEFS, Y., 1958 -

Développement et évolution sexuelle chez Asterina gibbosa

- Proc. 15 th. Int. Congr. Zool. Lond. 286-288 (ed. en 1959).

PÉRES, J.M., 1961 -

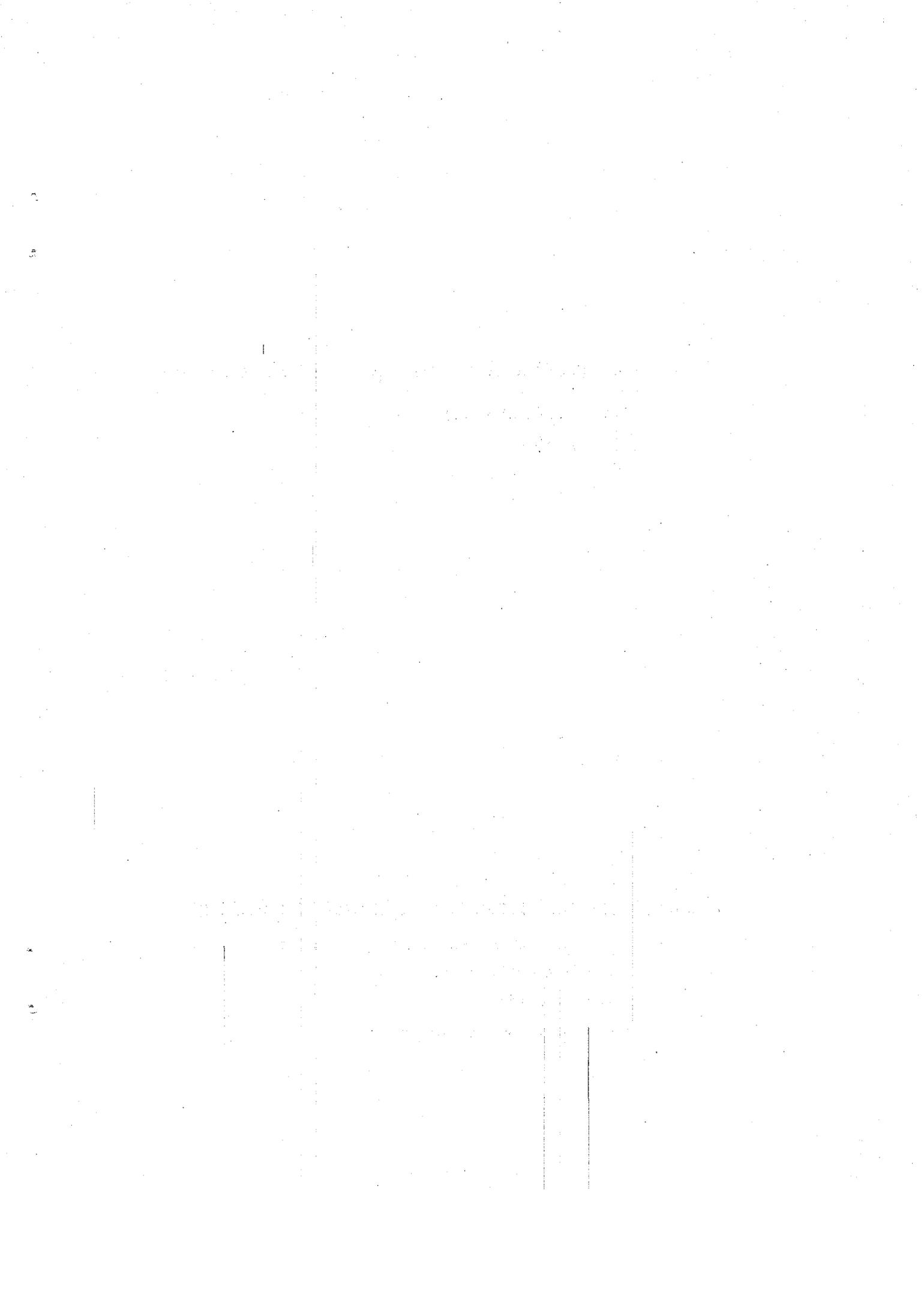
Océanographie biologique et Biologie marine -

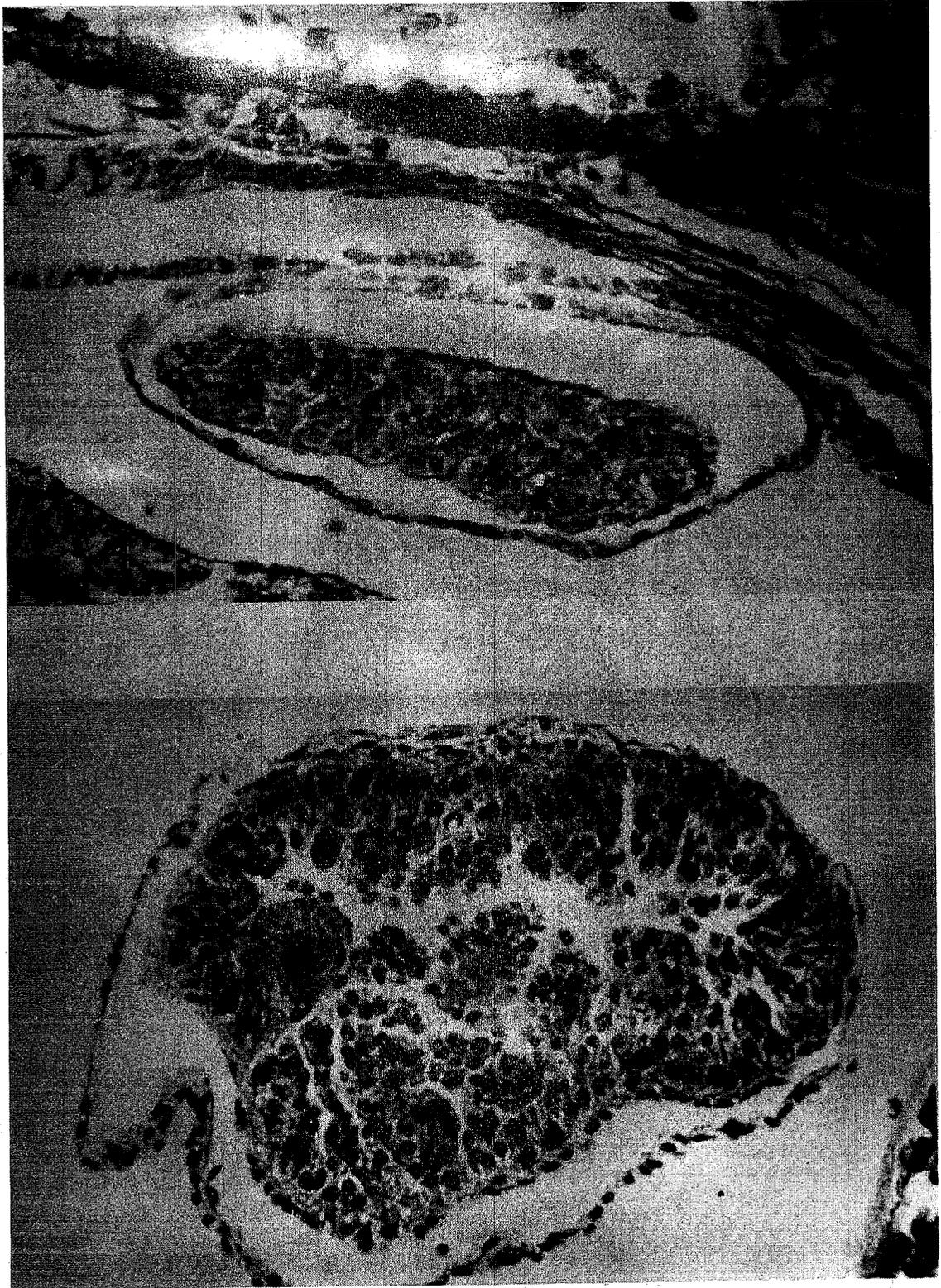
- Tome premier : la vie benthique (P.U.F.)

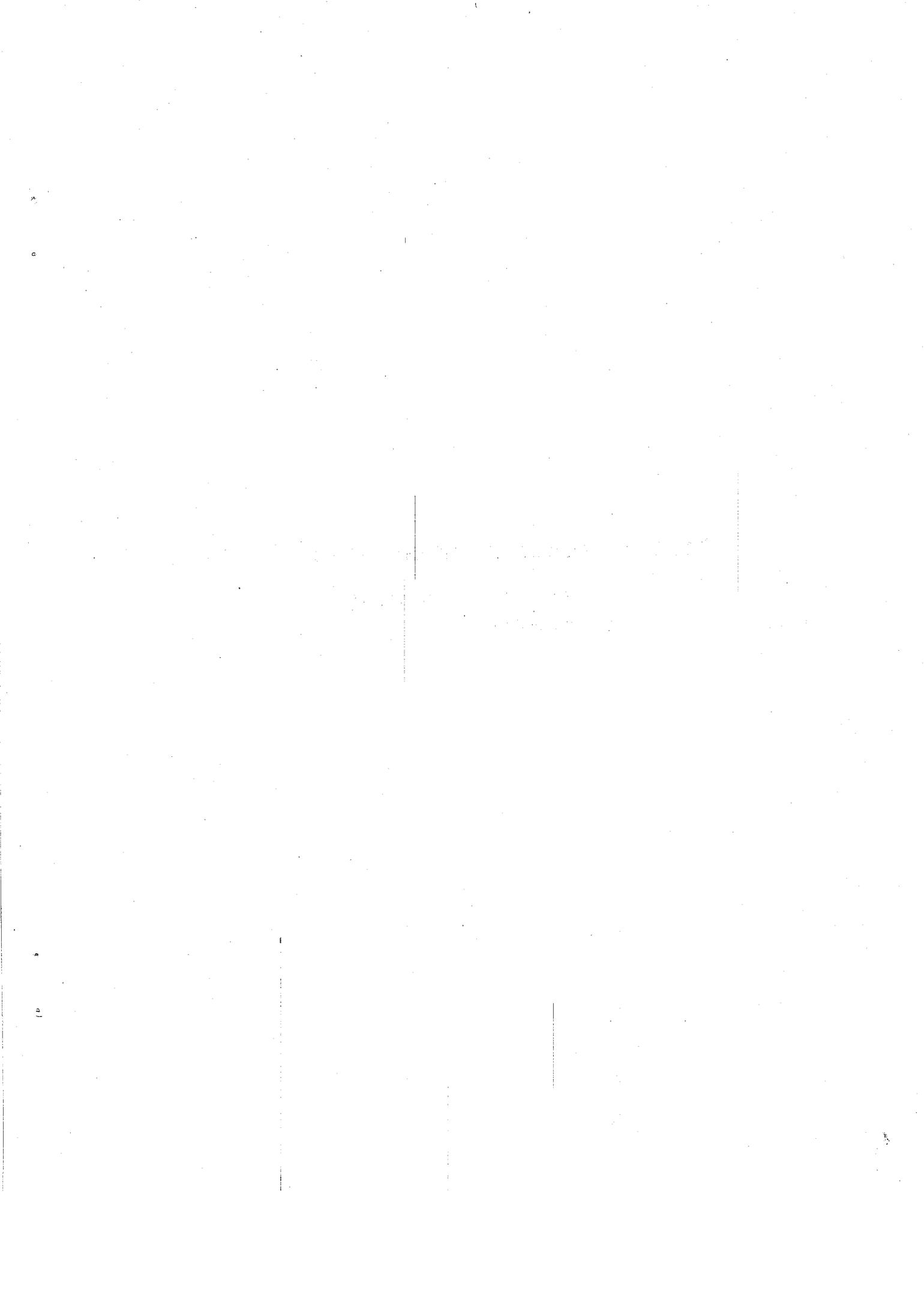
SUTCLIFFE, W.H., BAYLOR, E.R. et MENZEL, D.W., 1963 -

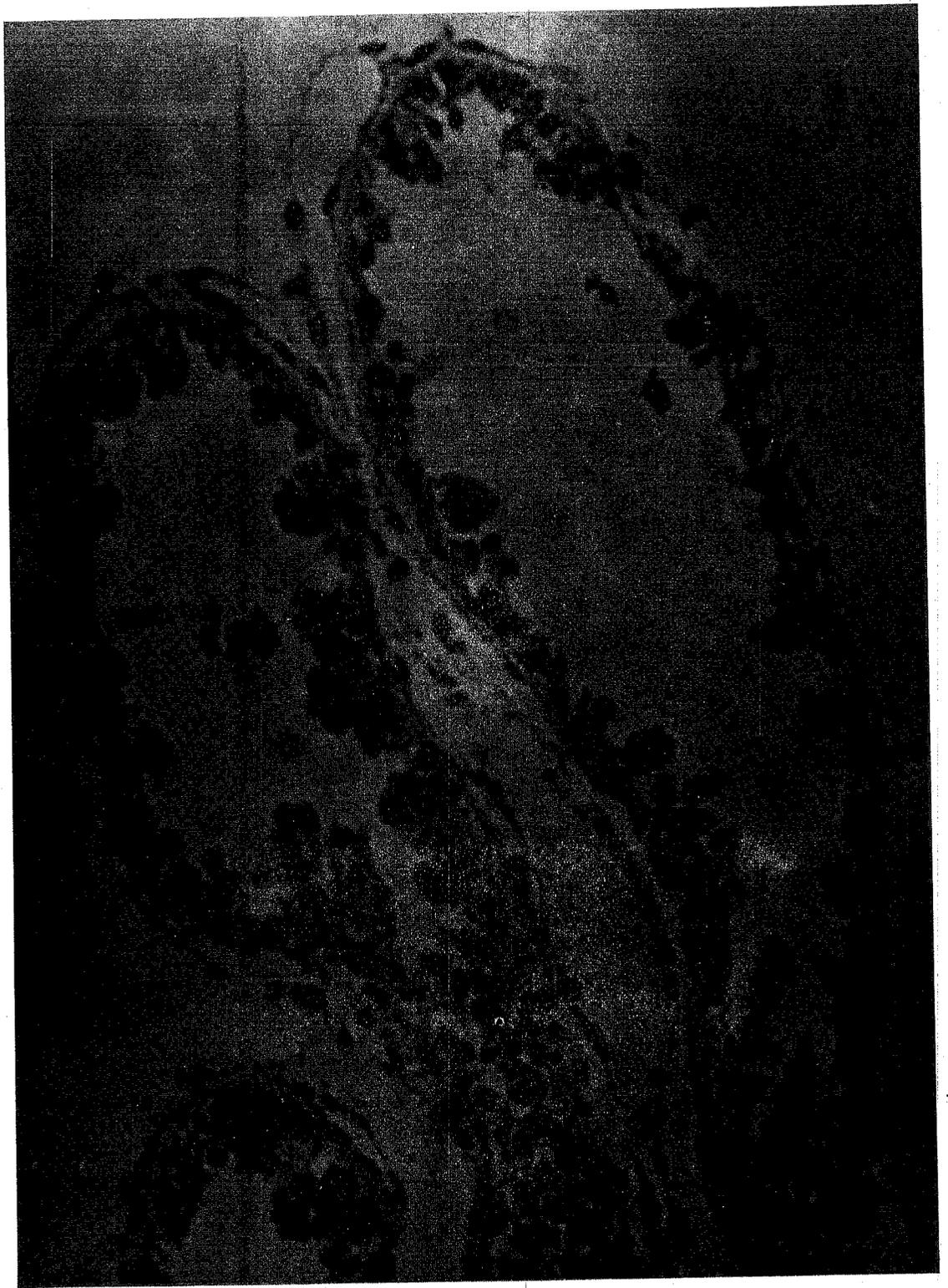
Sea surface chemistry and Langmuir circulation

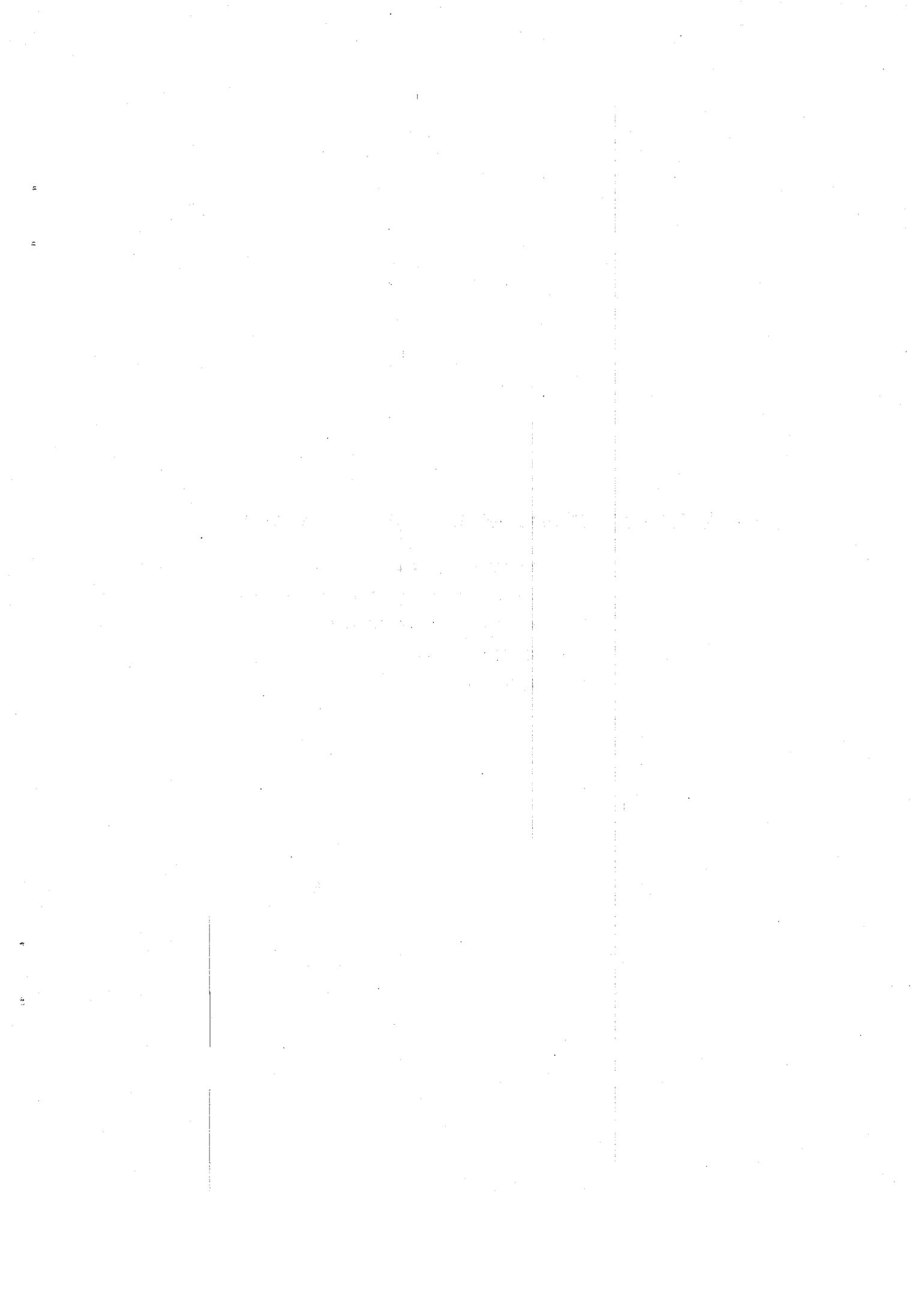
Deep sea research, 10, fas. 3, 233-243.

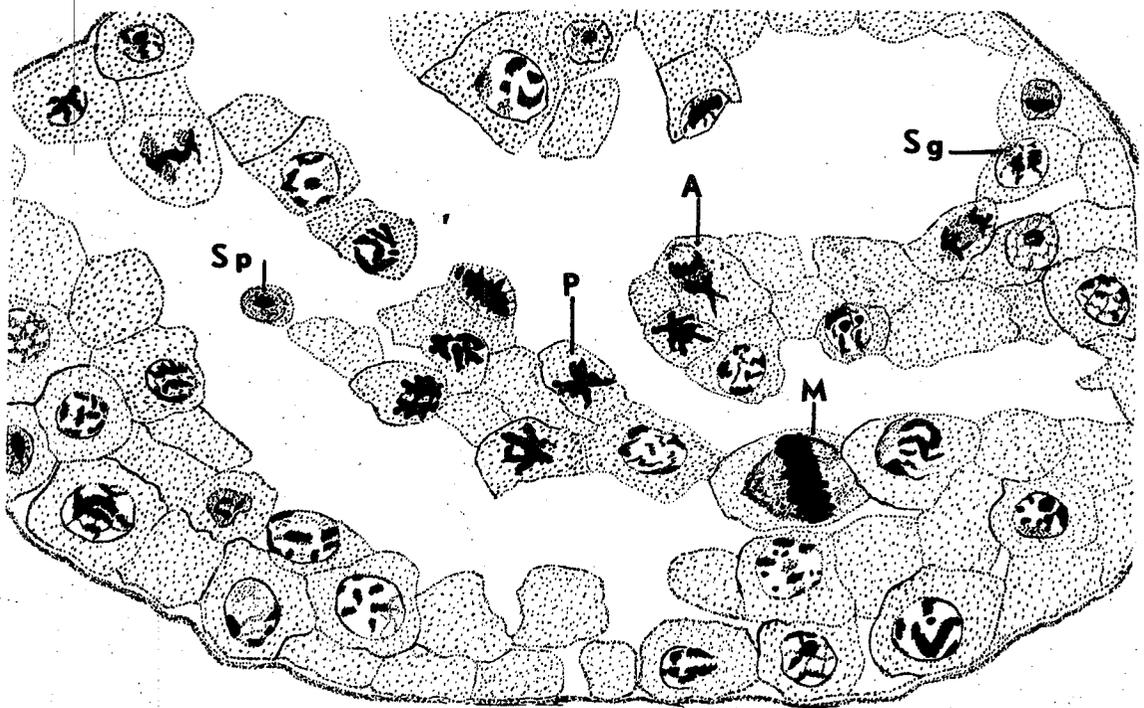
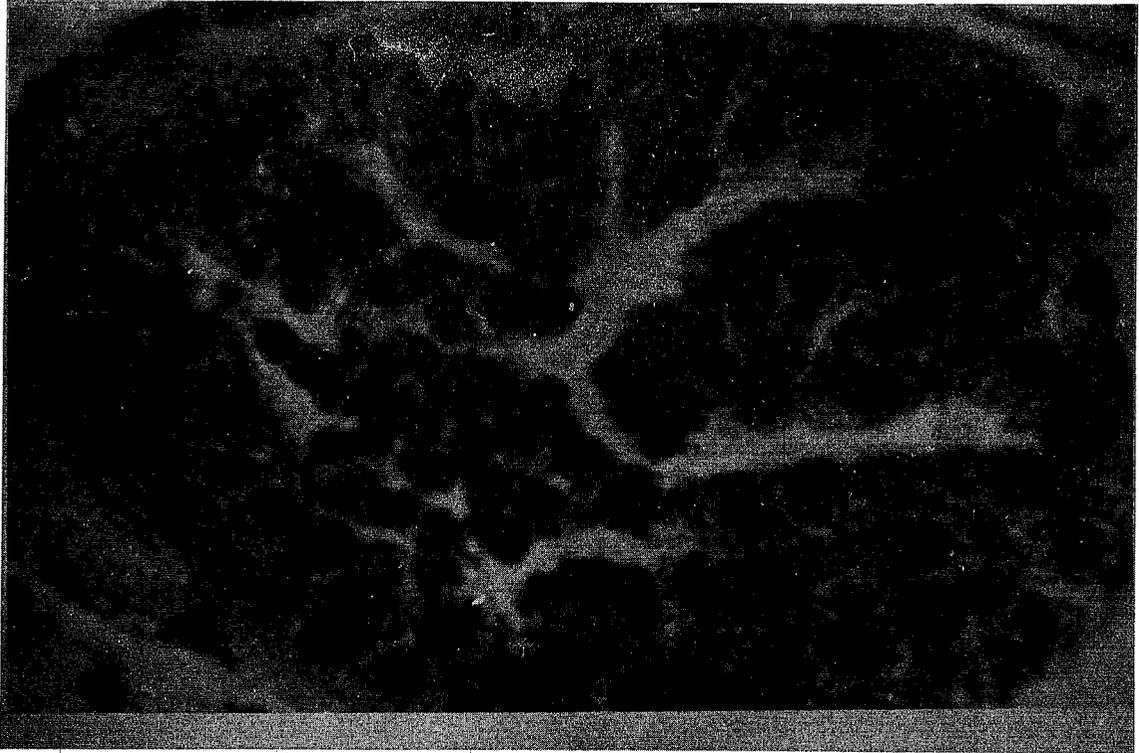








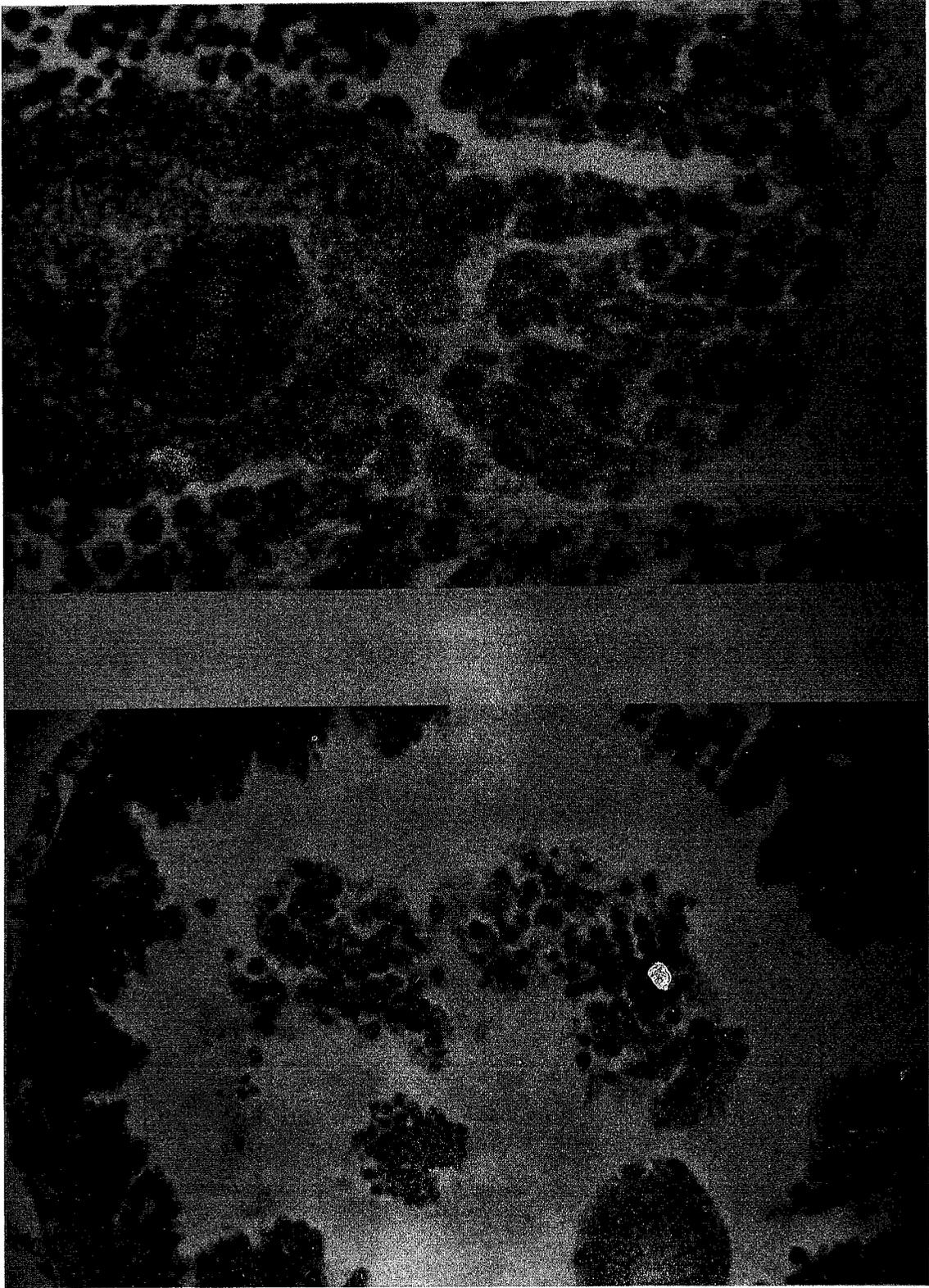




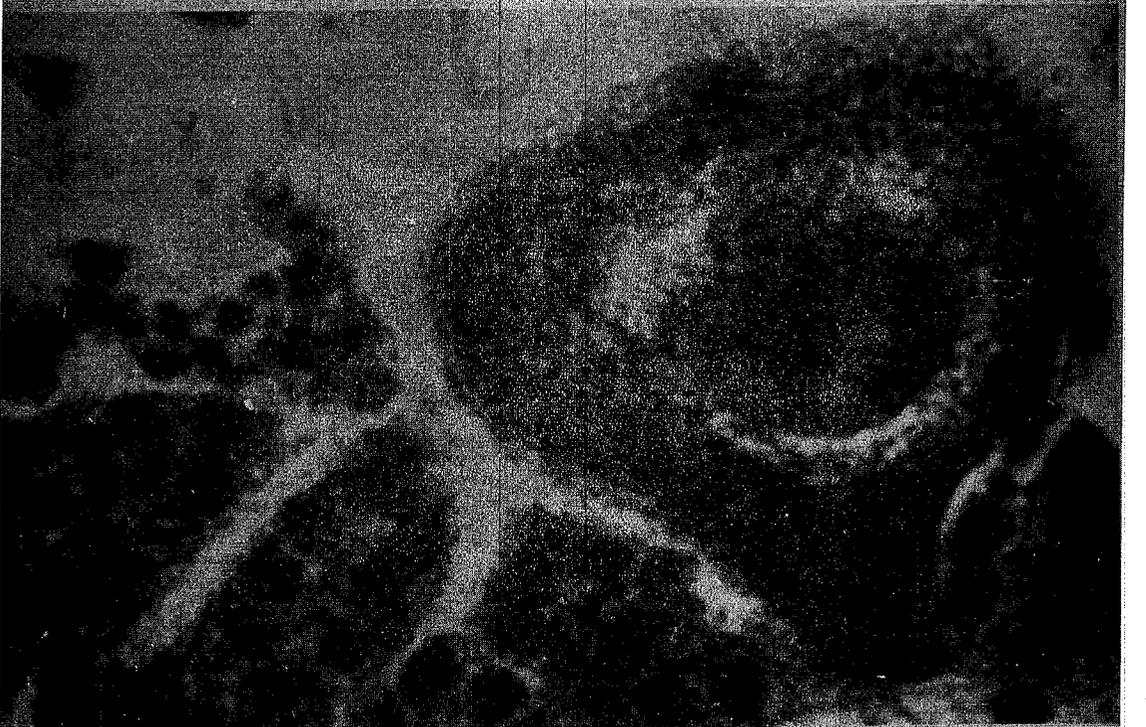
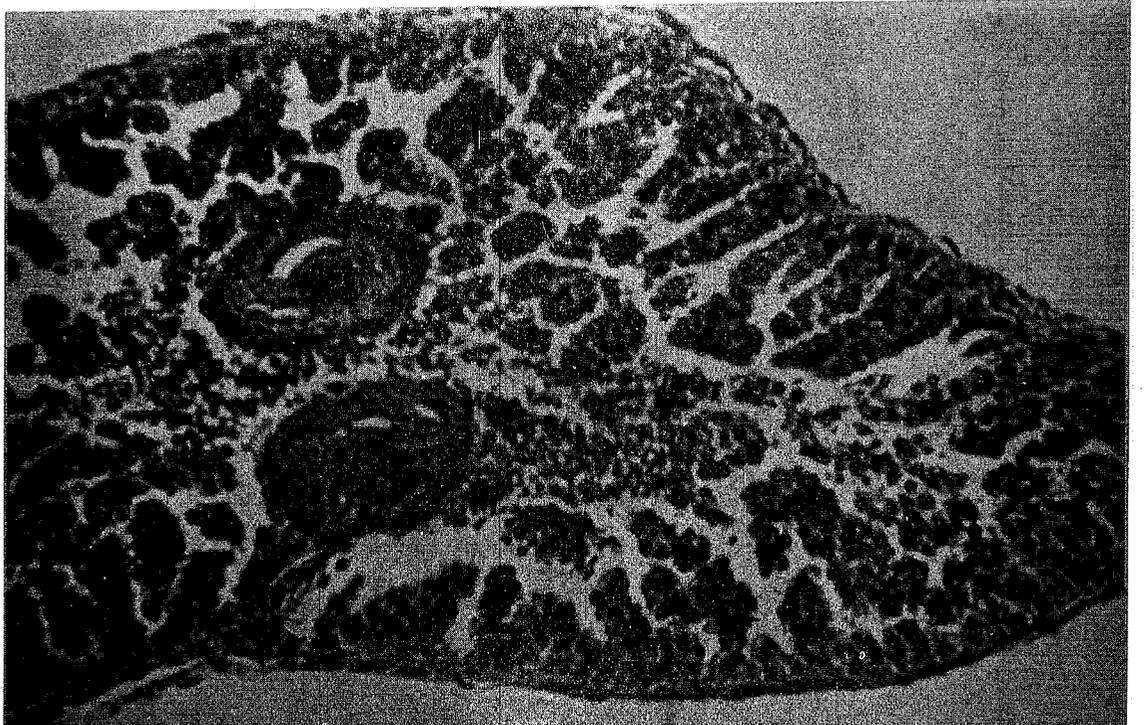
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

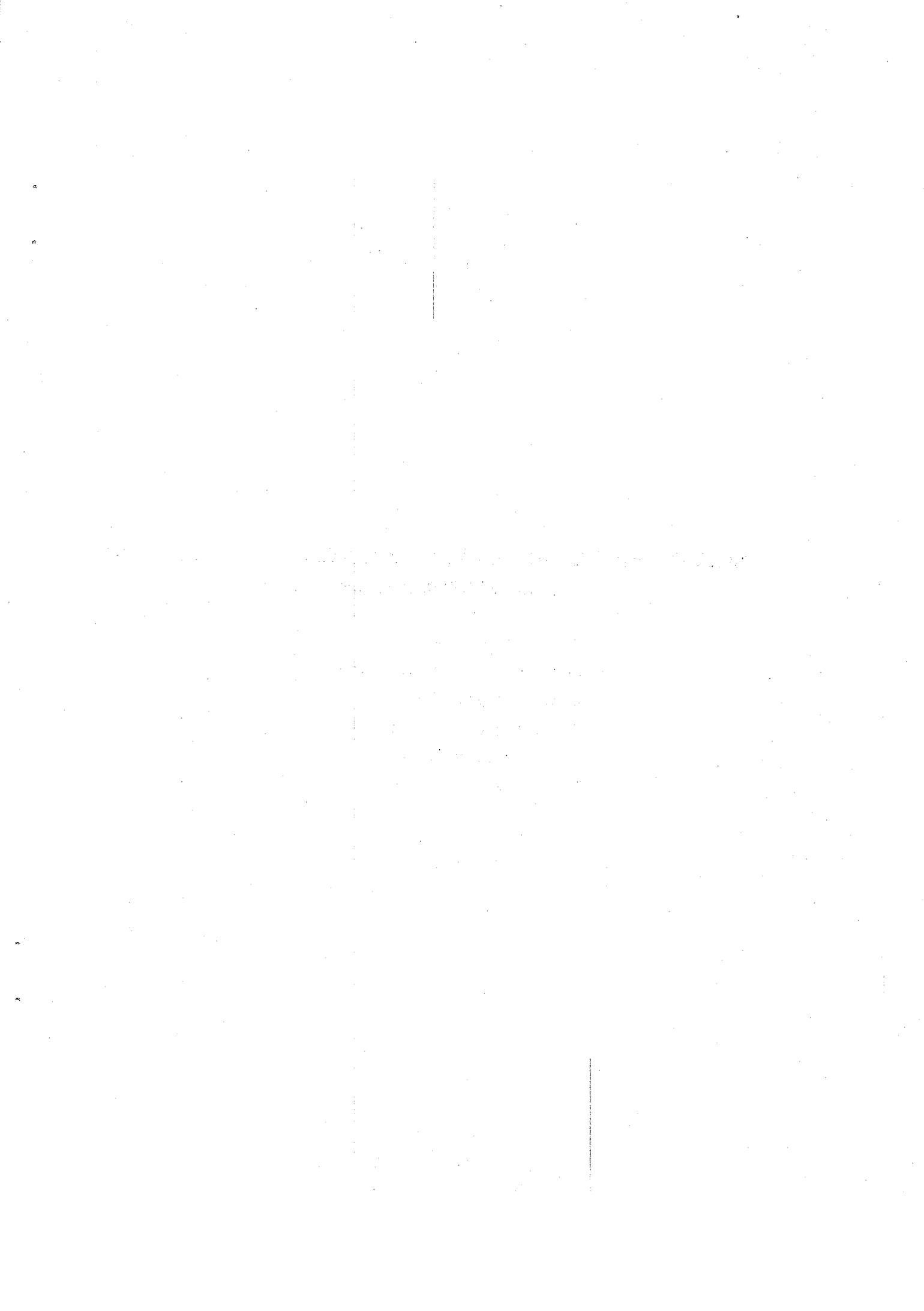
THE UNIVERSITY OF CHICAGO

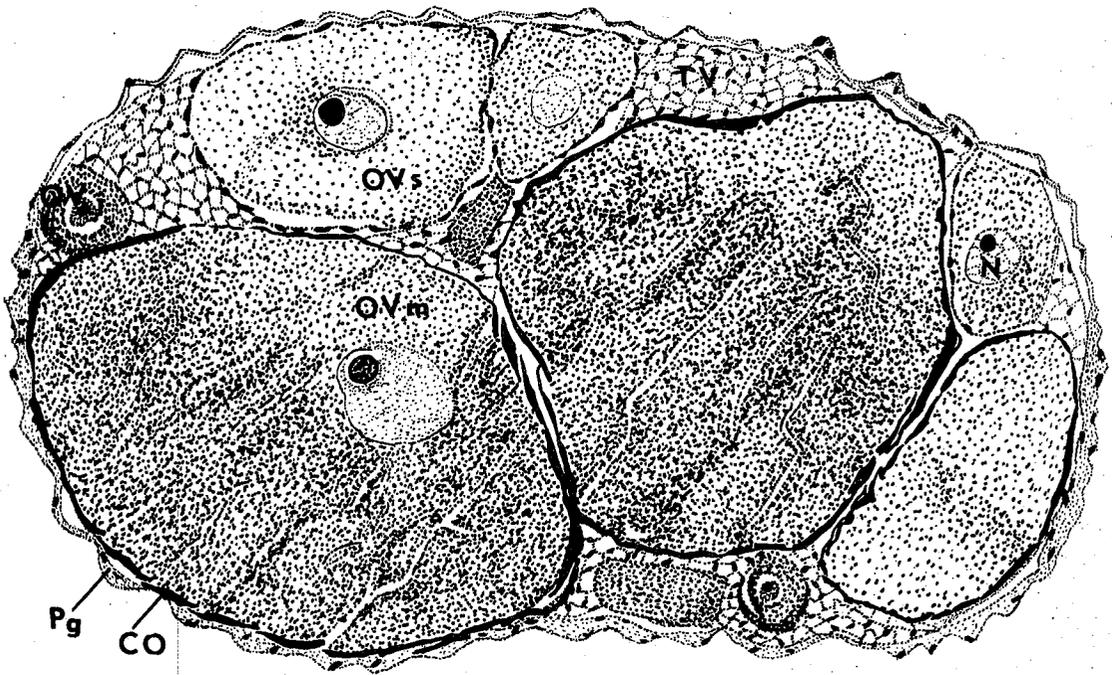
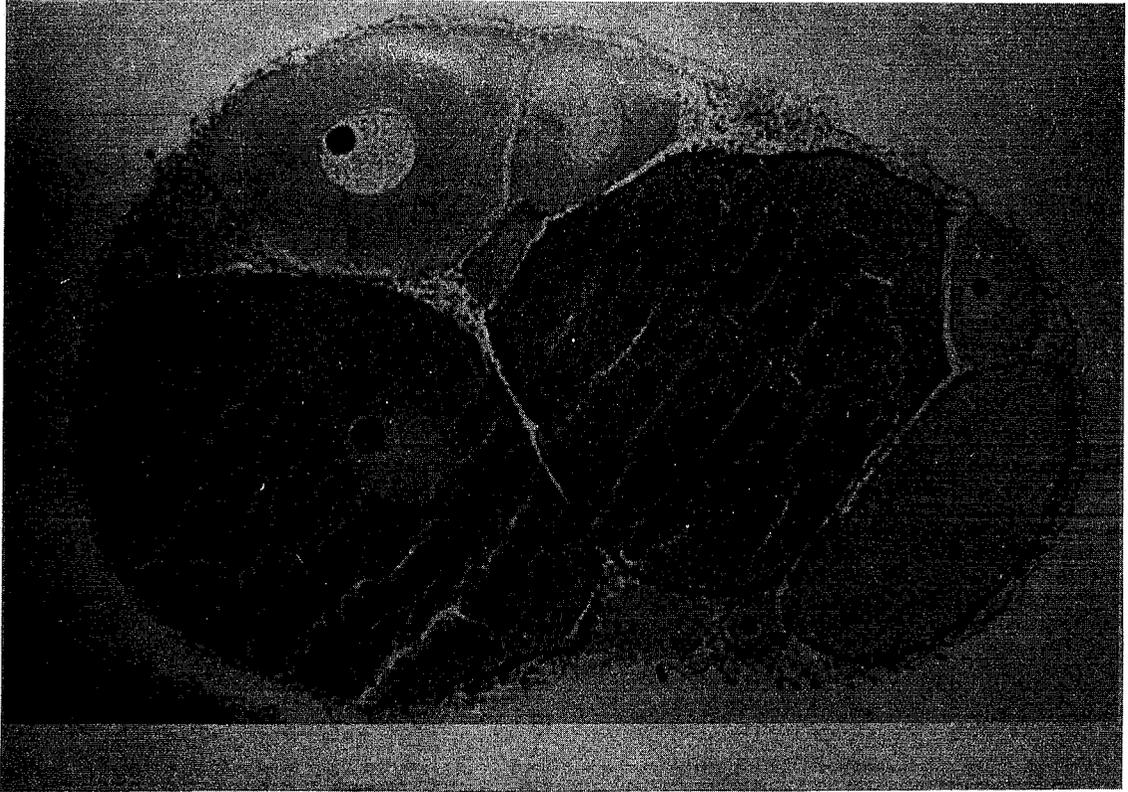
PHYSICS DEPARTMENT

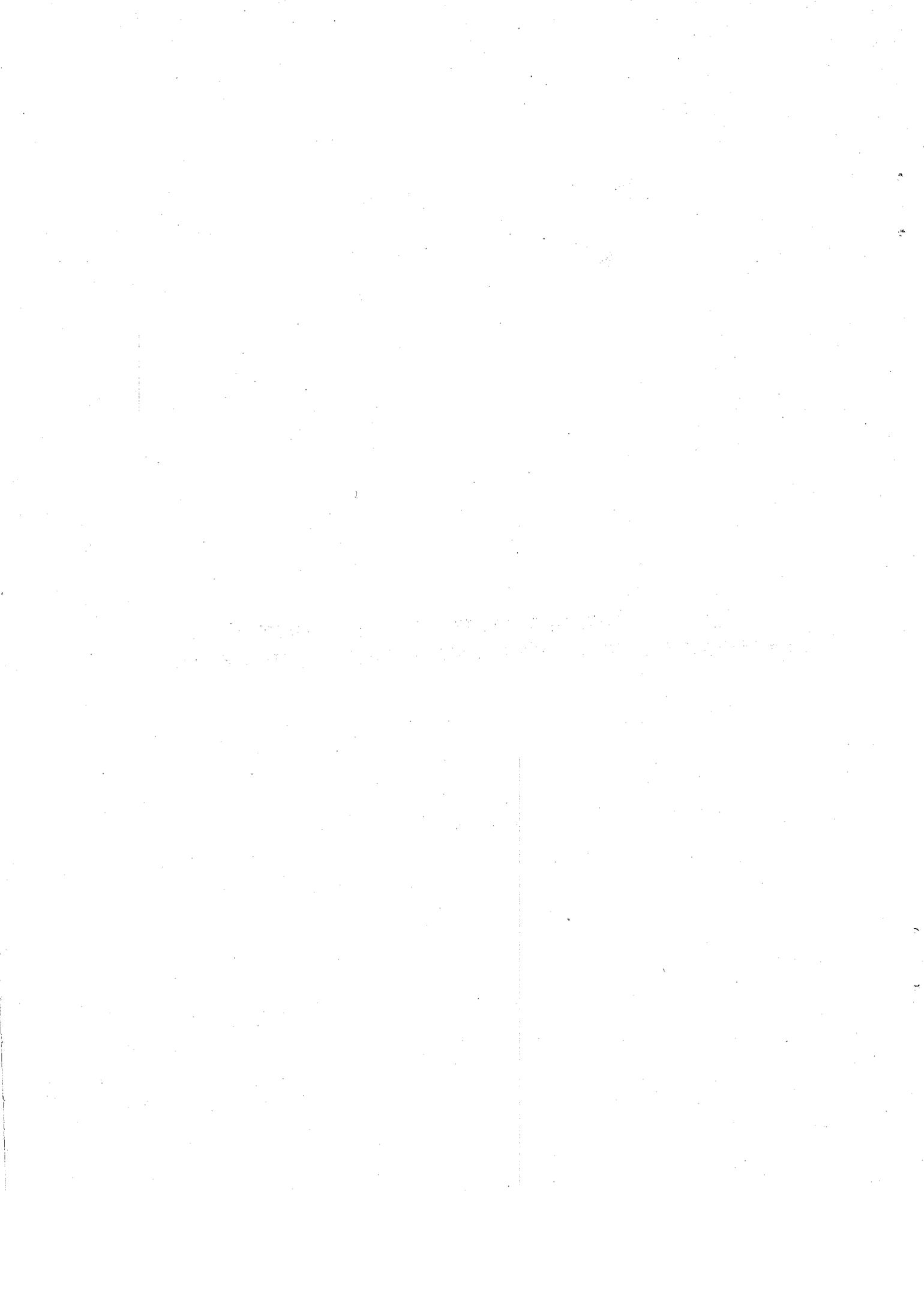


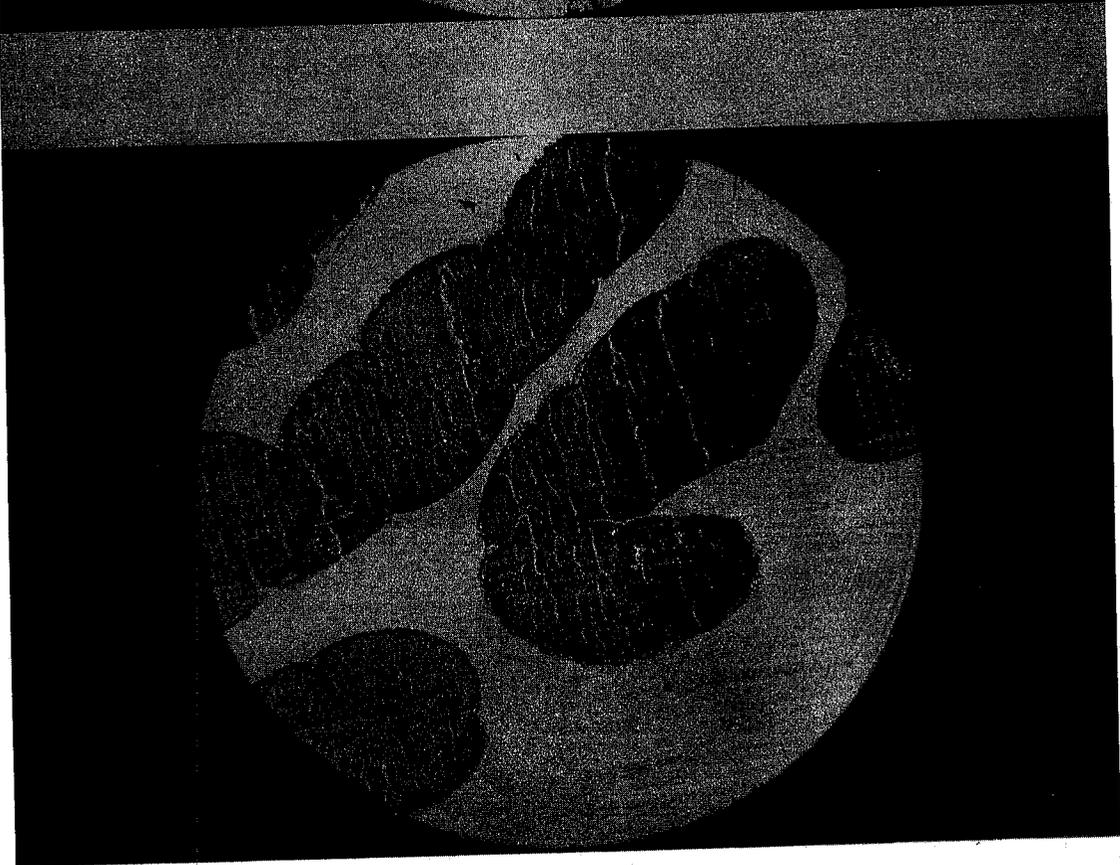




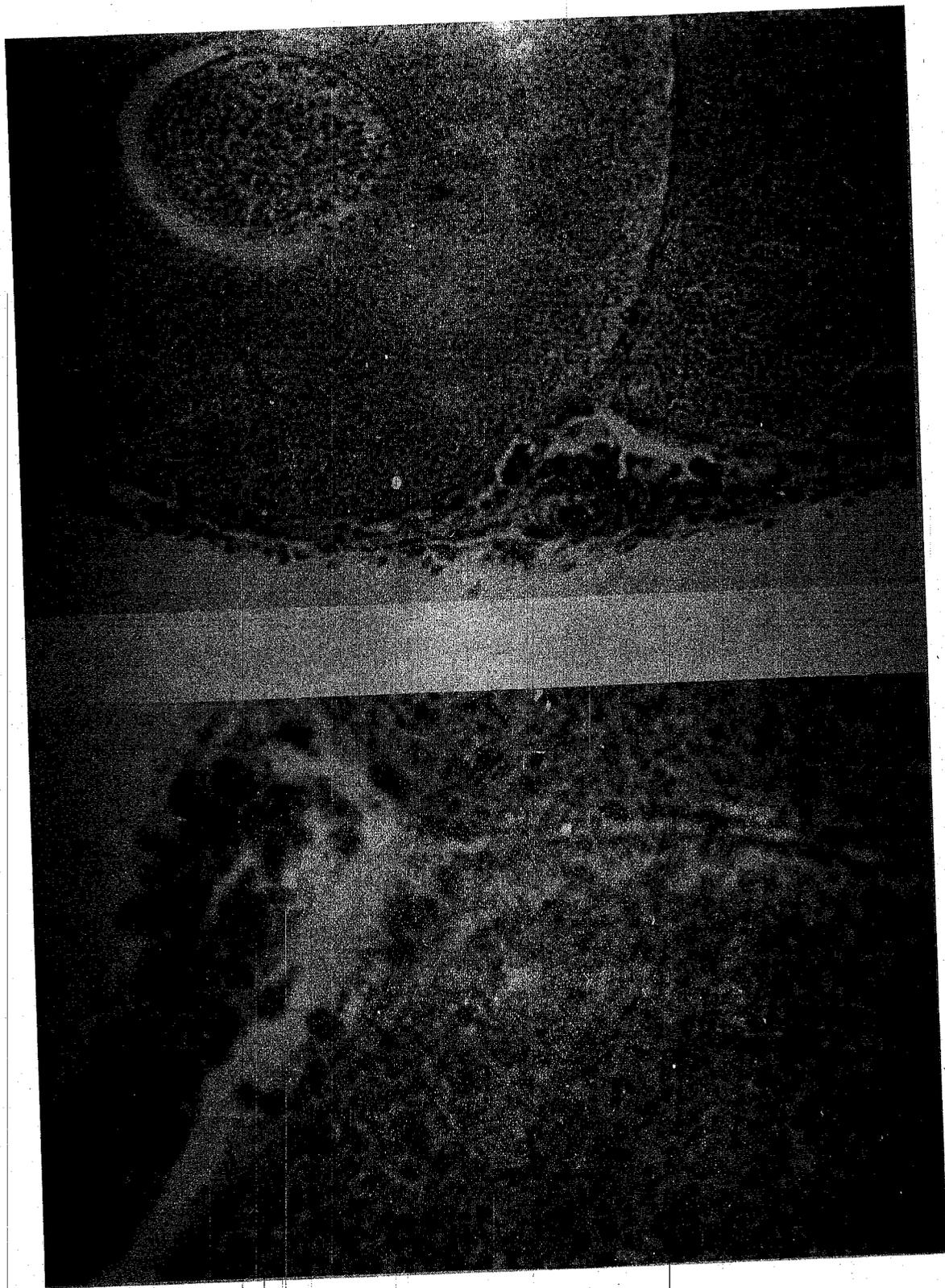


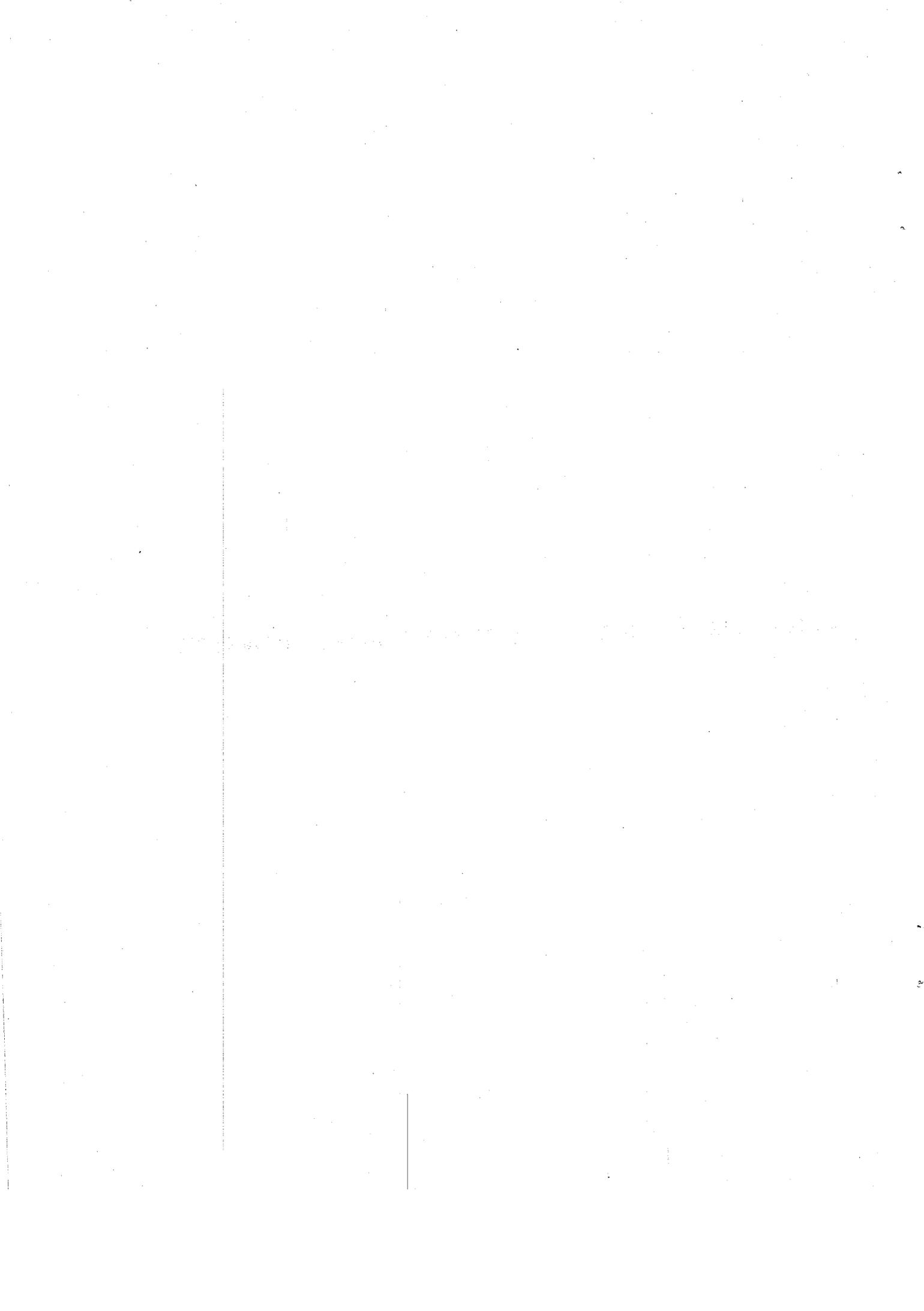


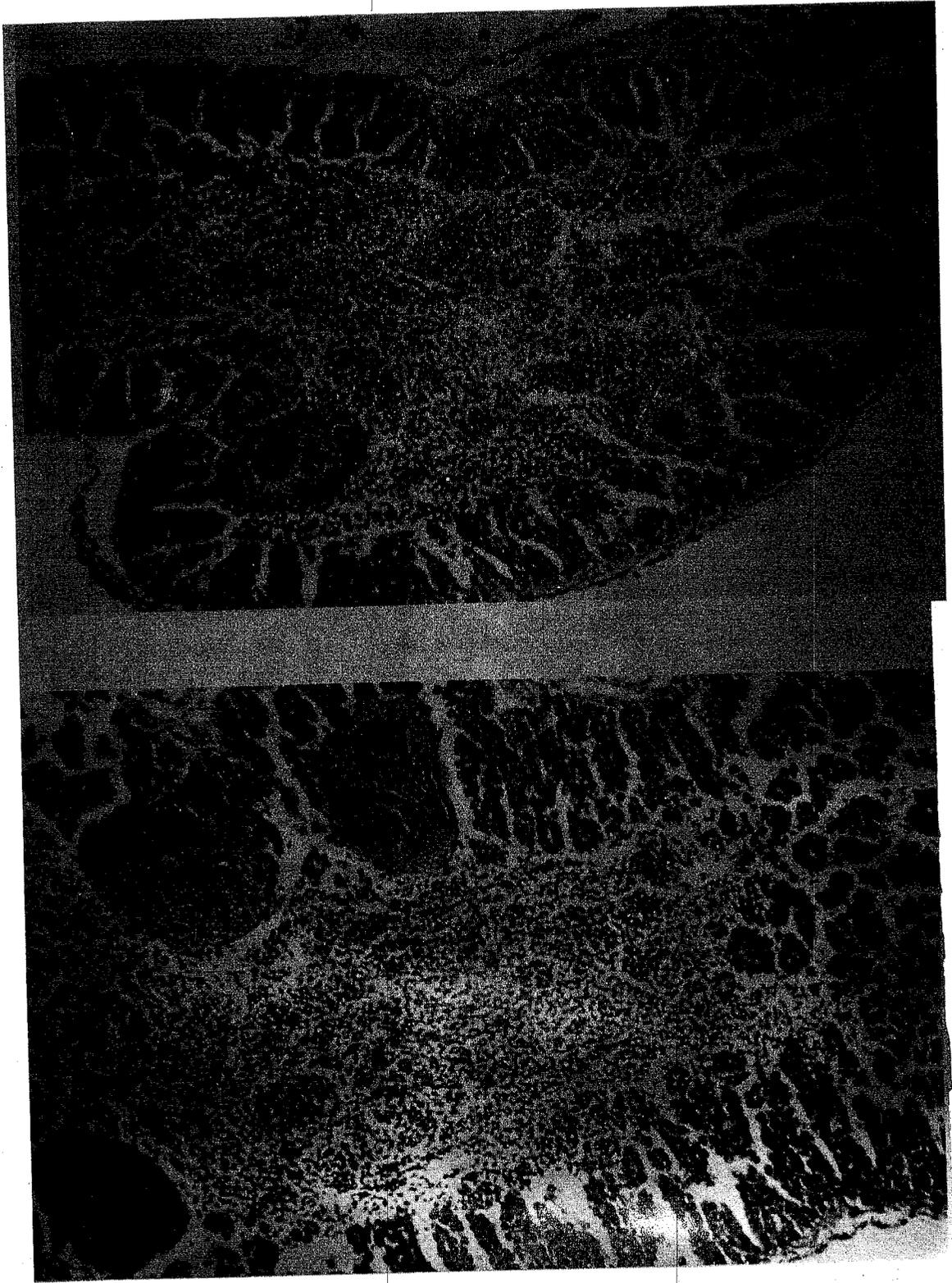


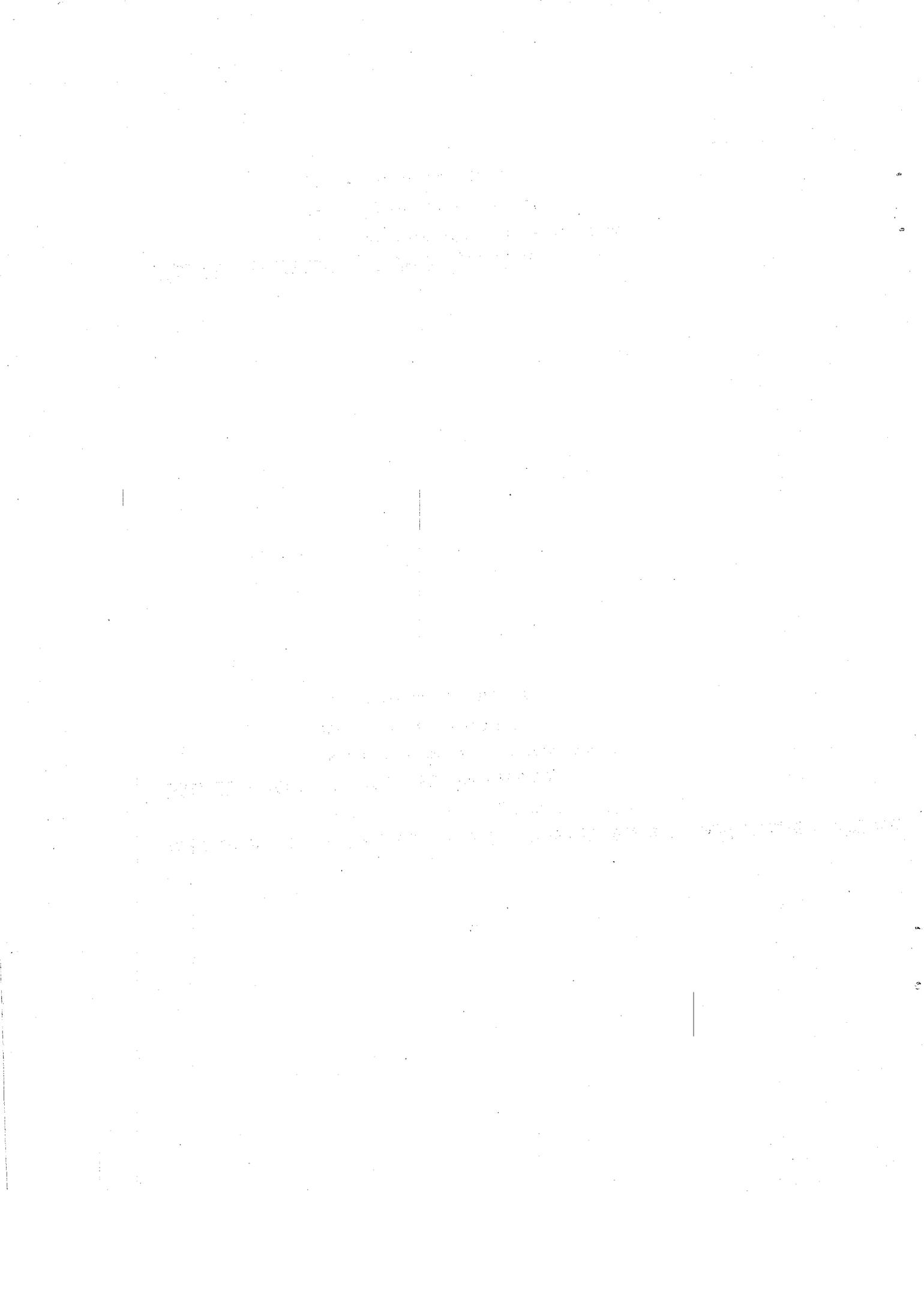


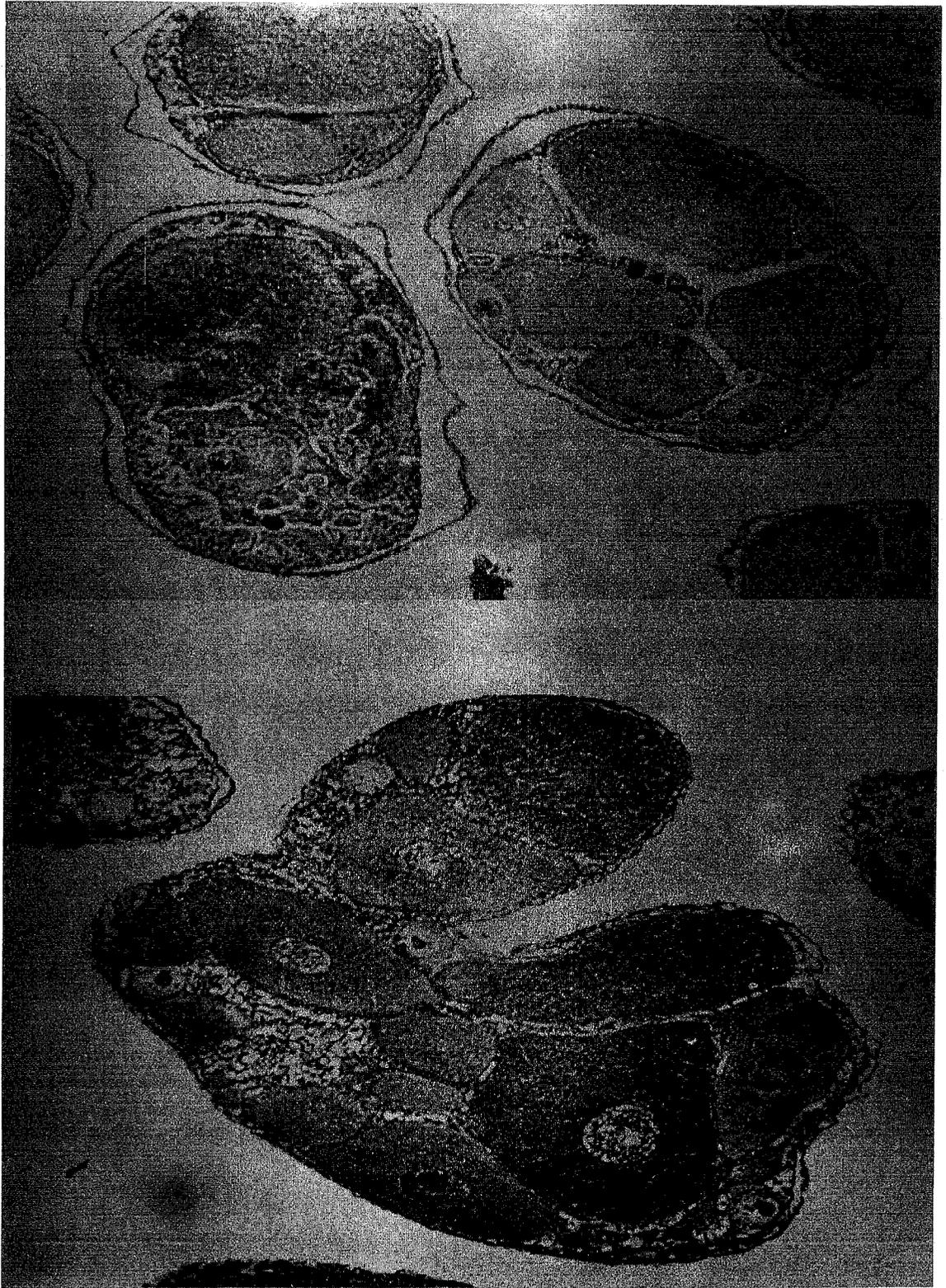








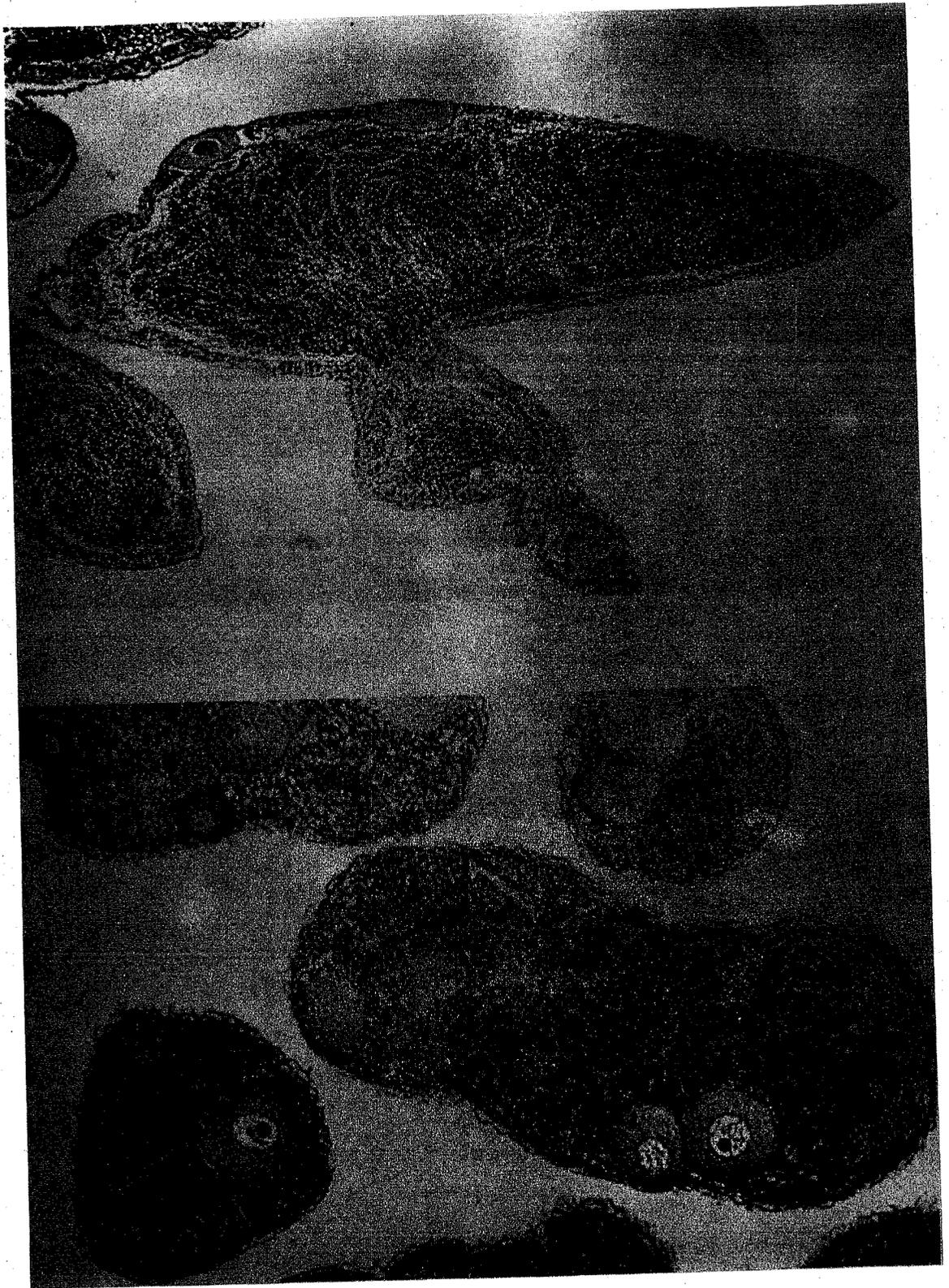




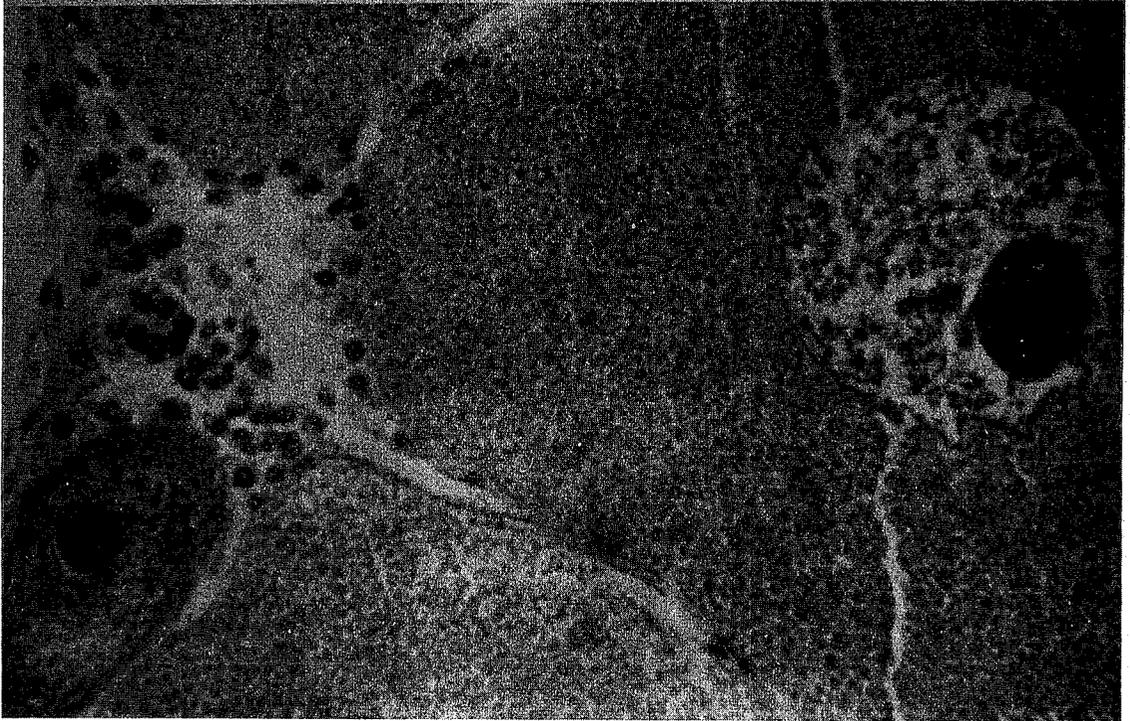
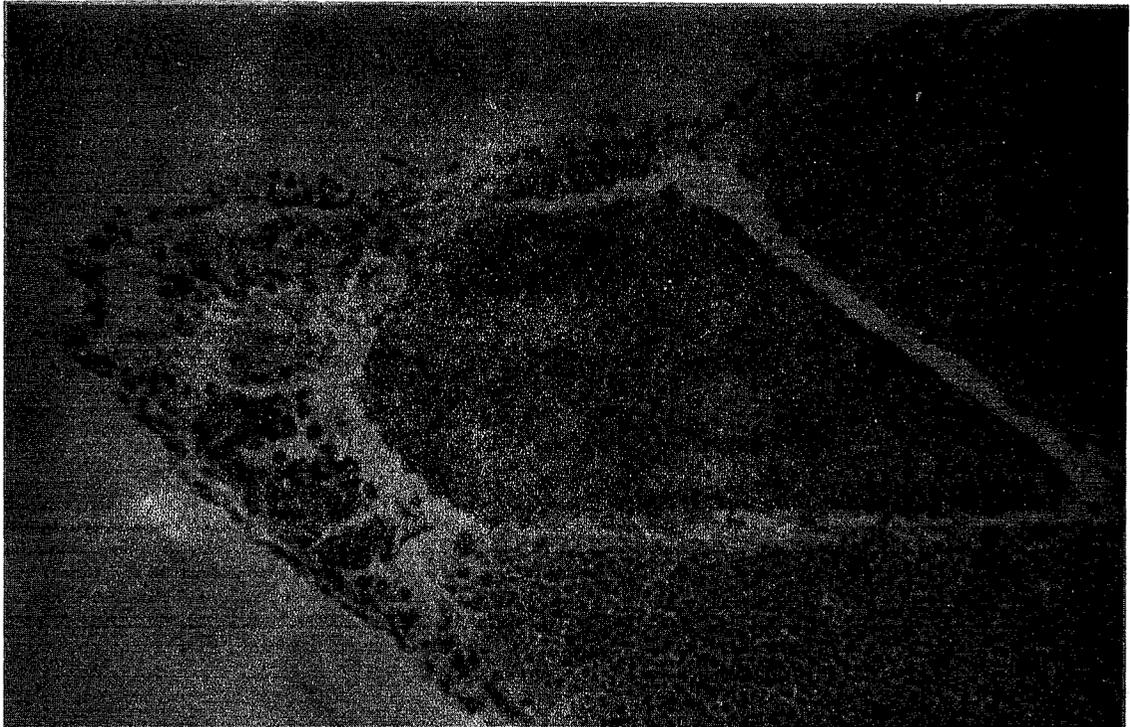
Vertical line on the left side of the page.

Small mark at the top right edge.

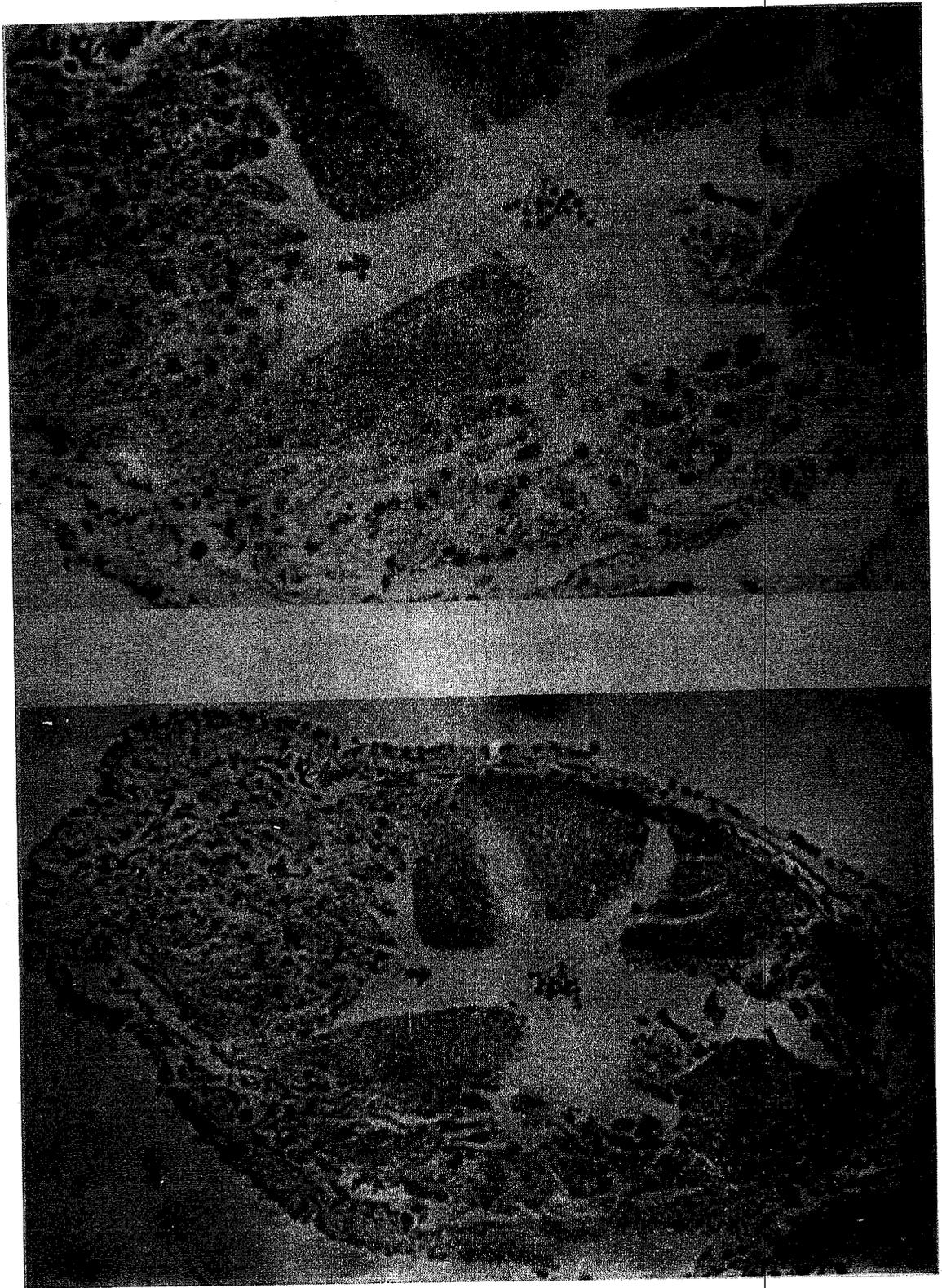
Small mark at the bottom right edge.



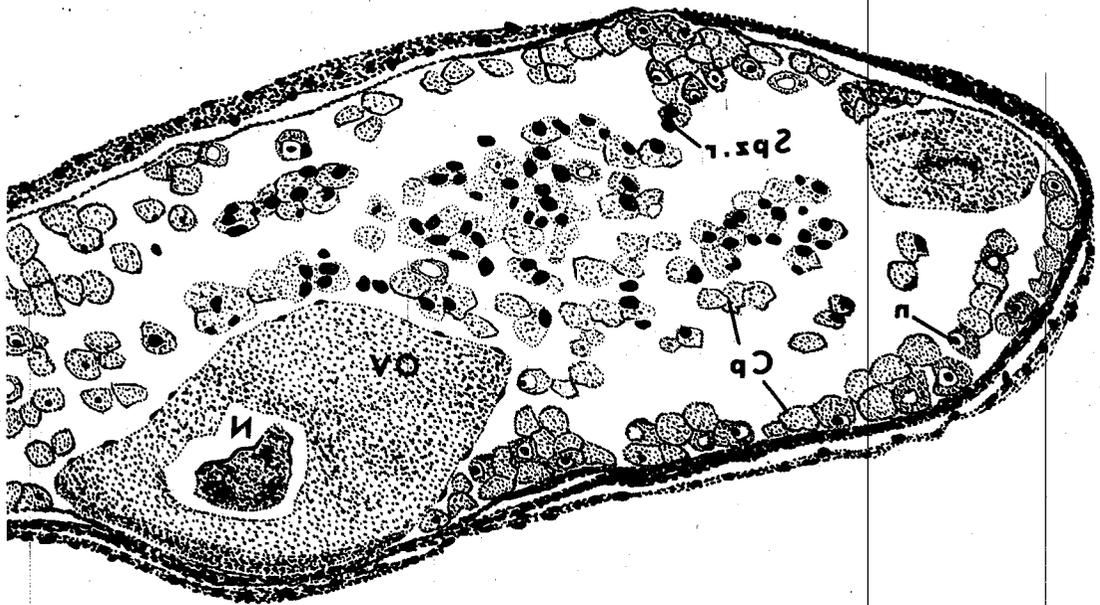


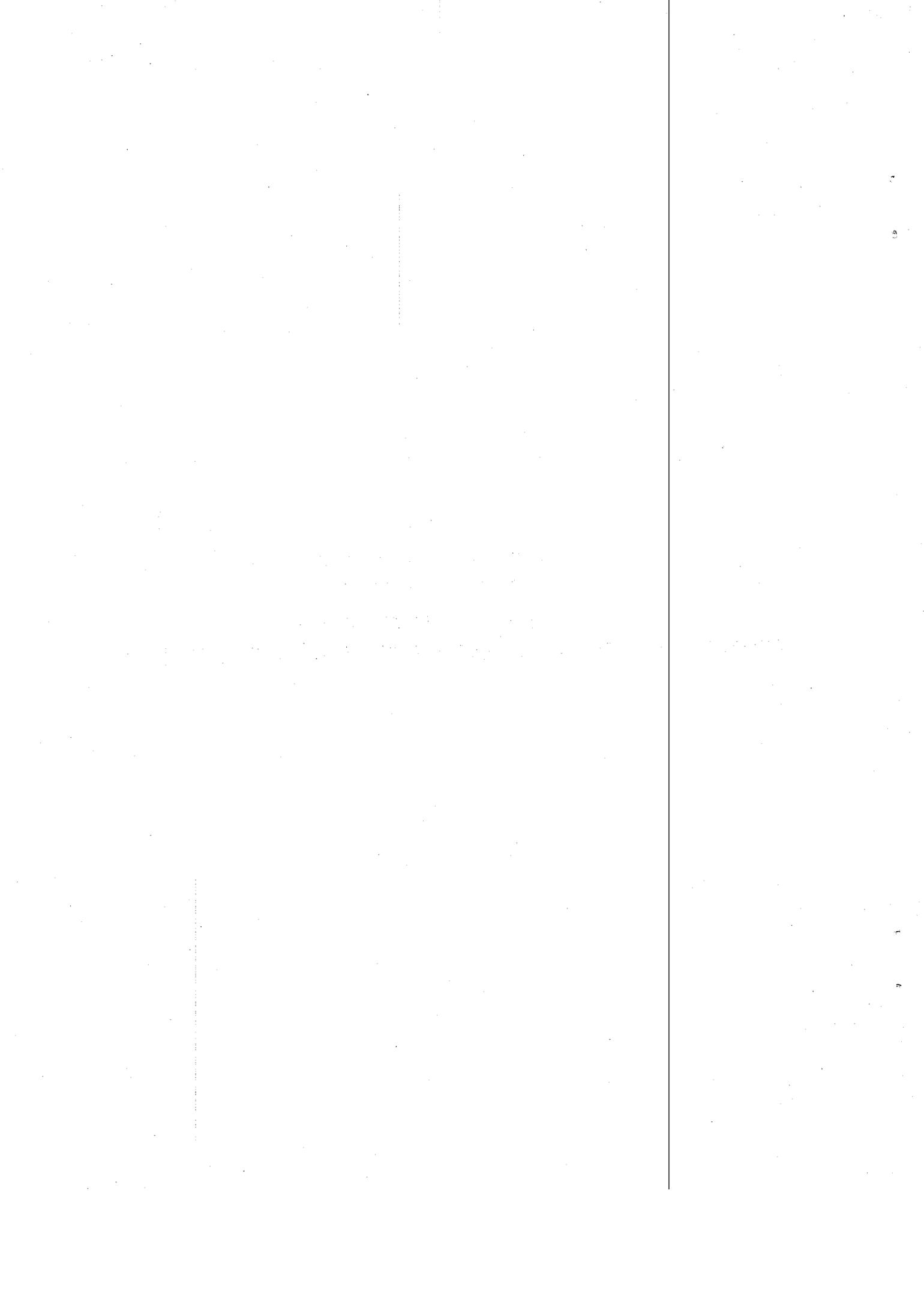


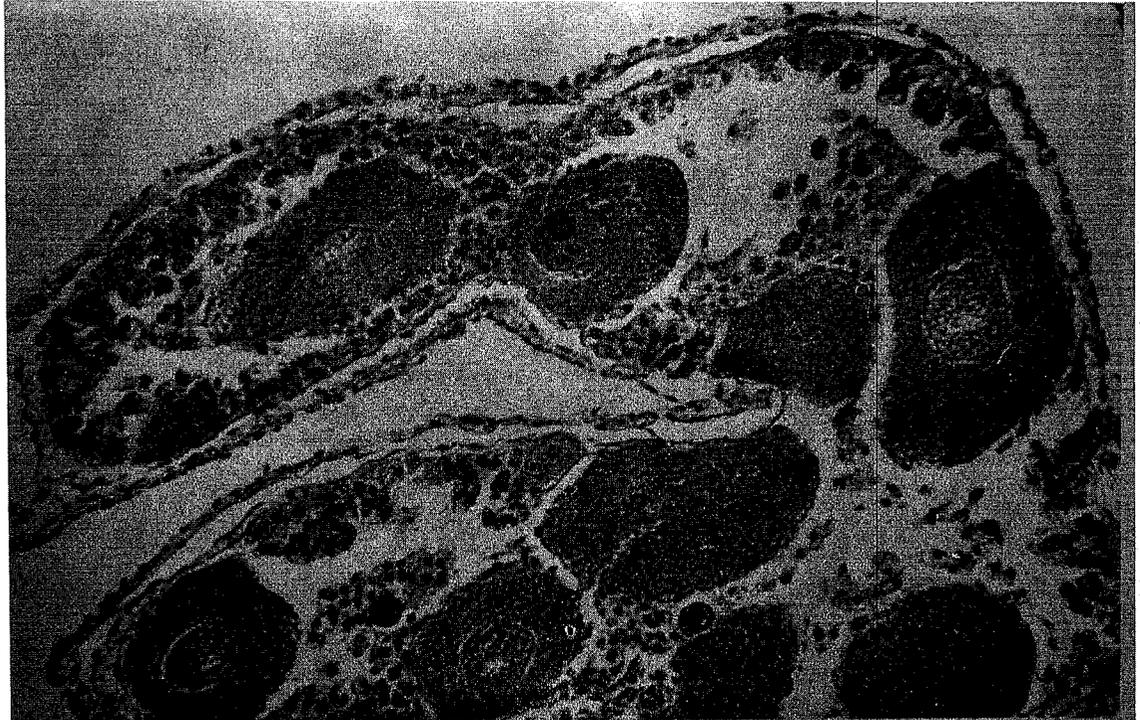


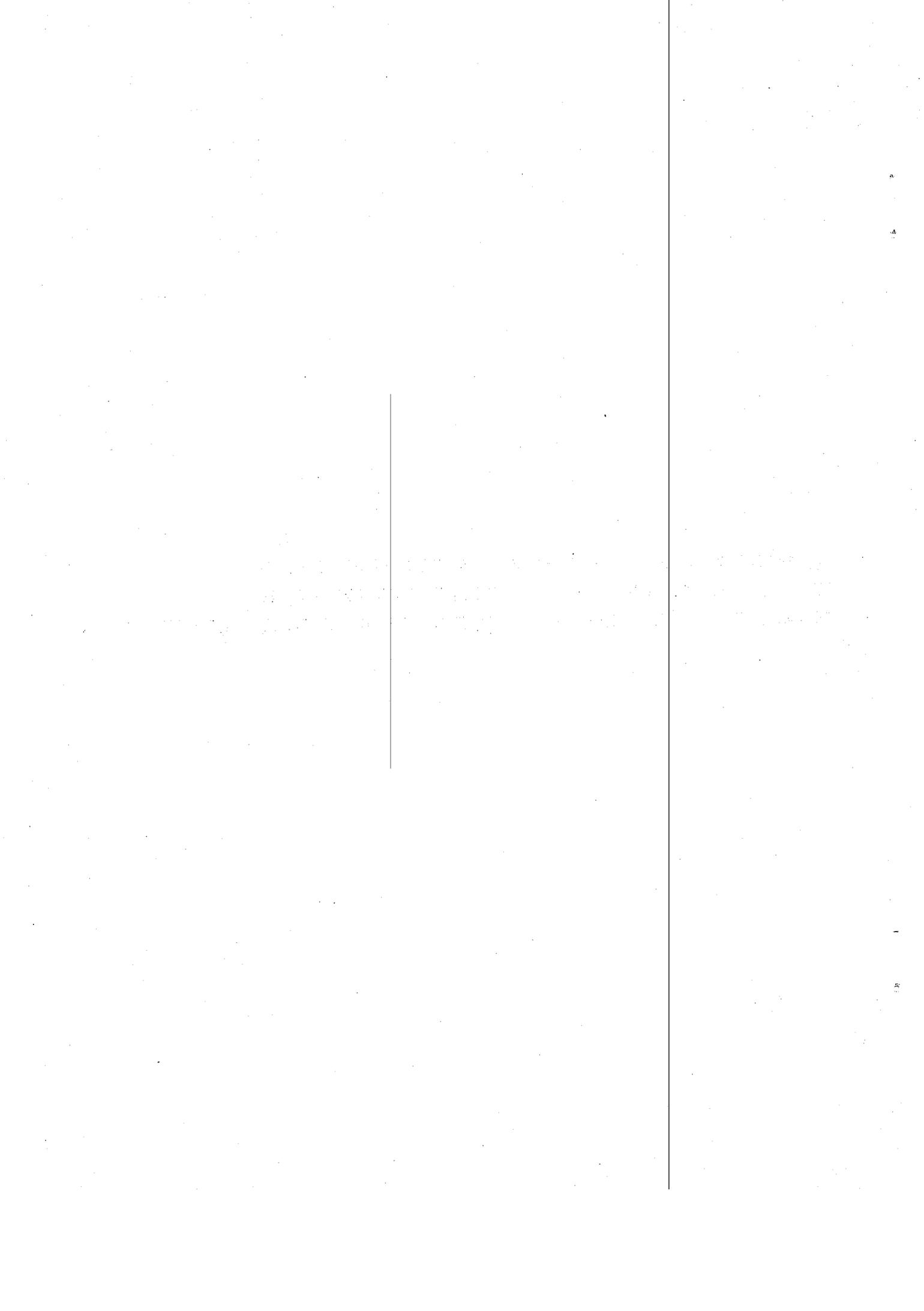




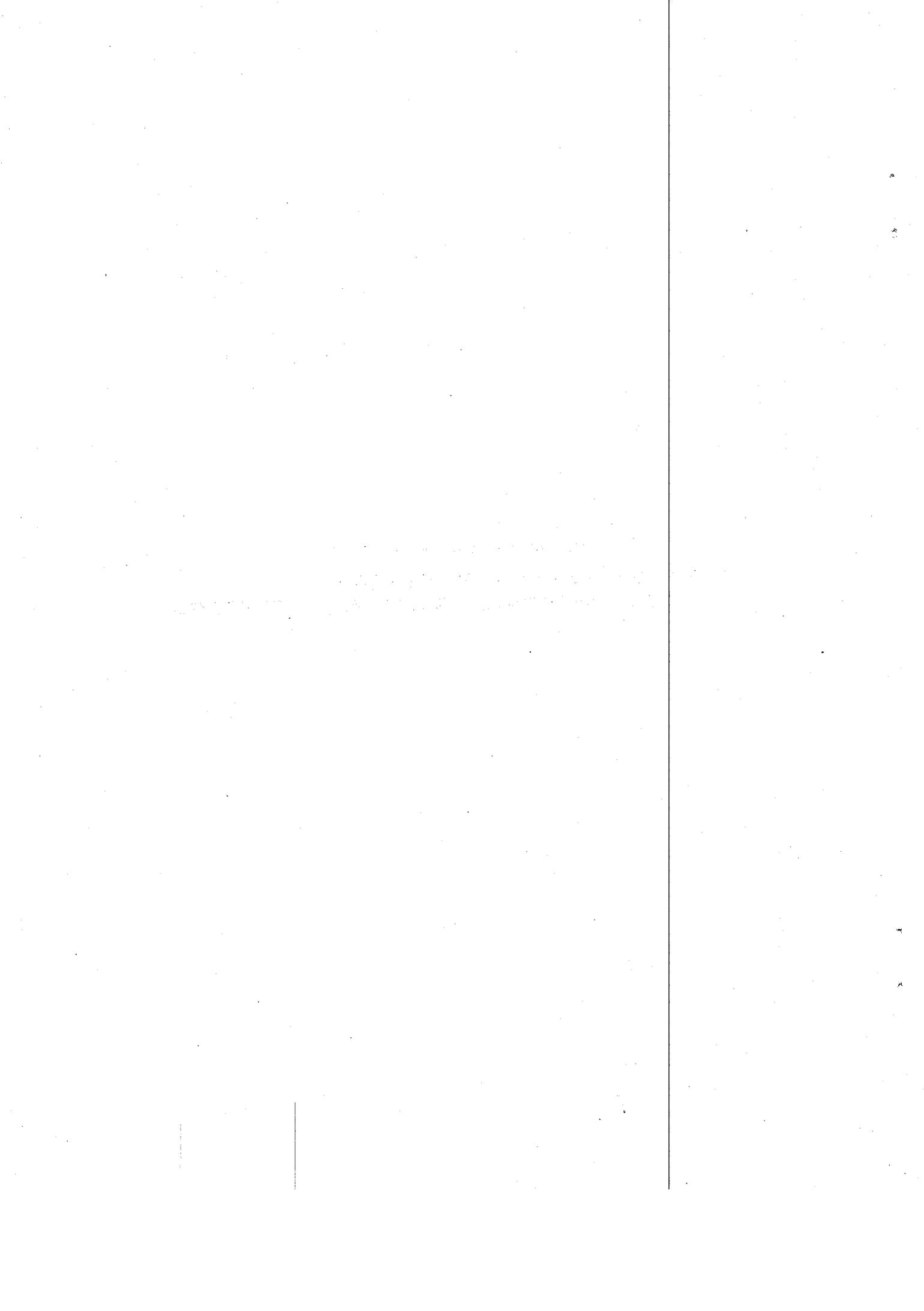


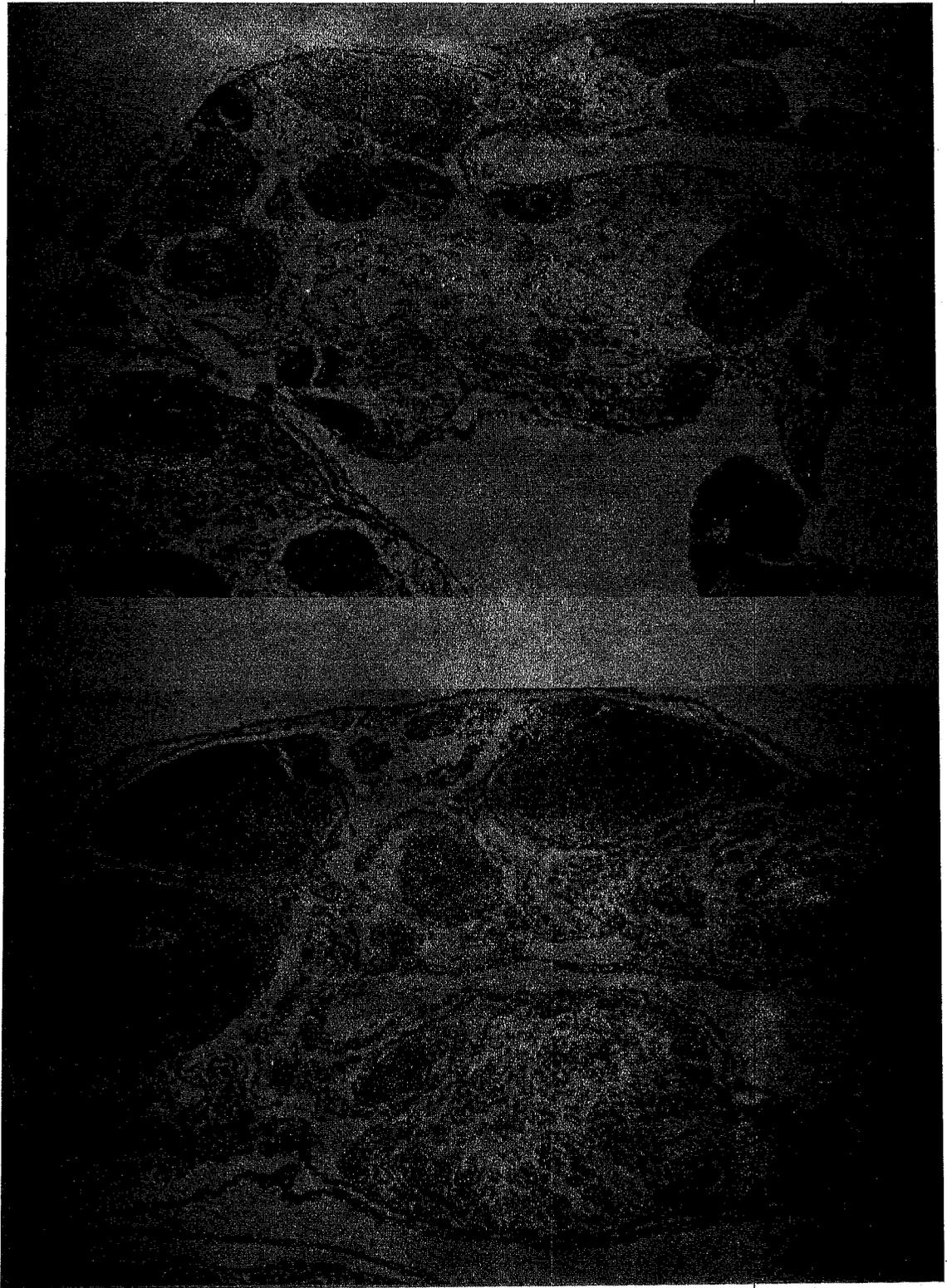












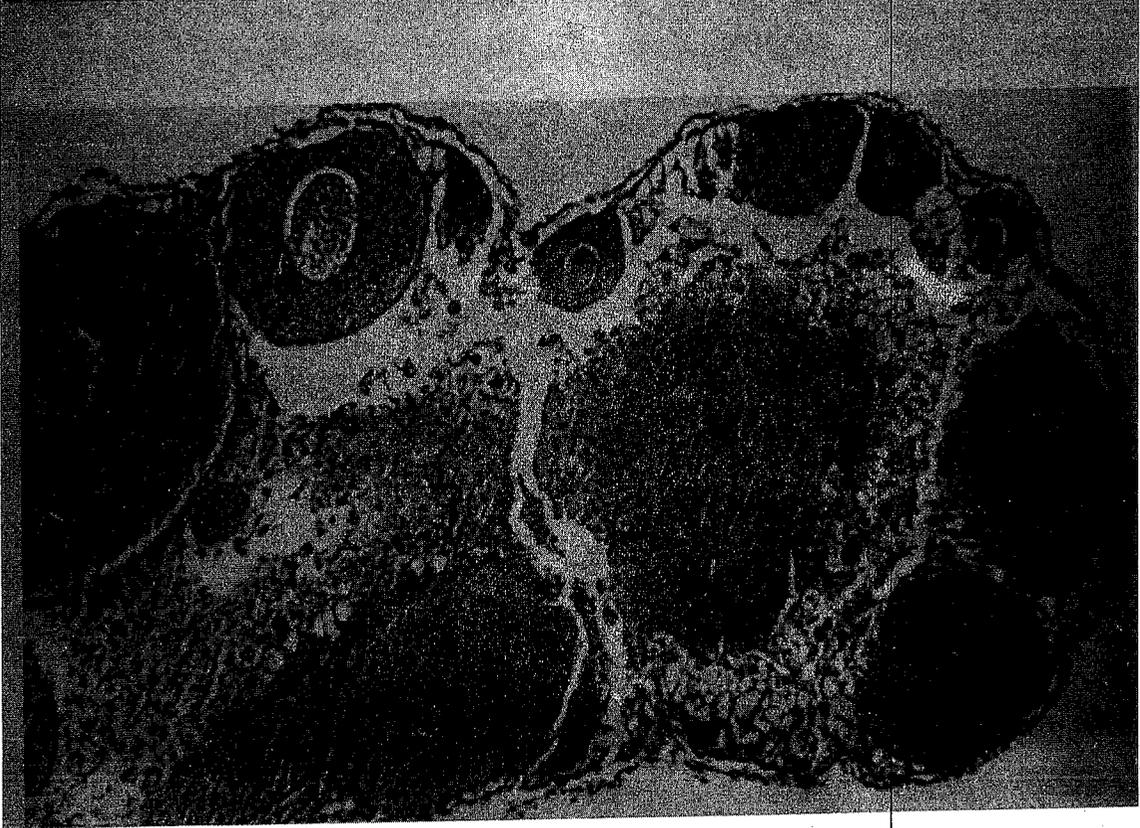
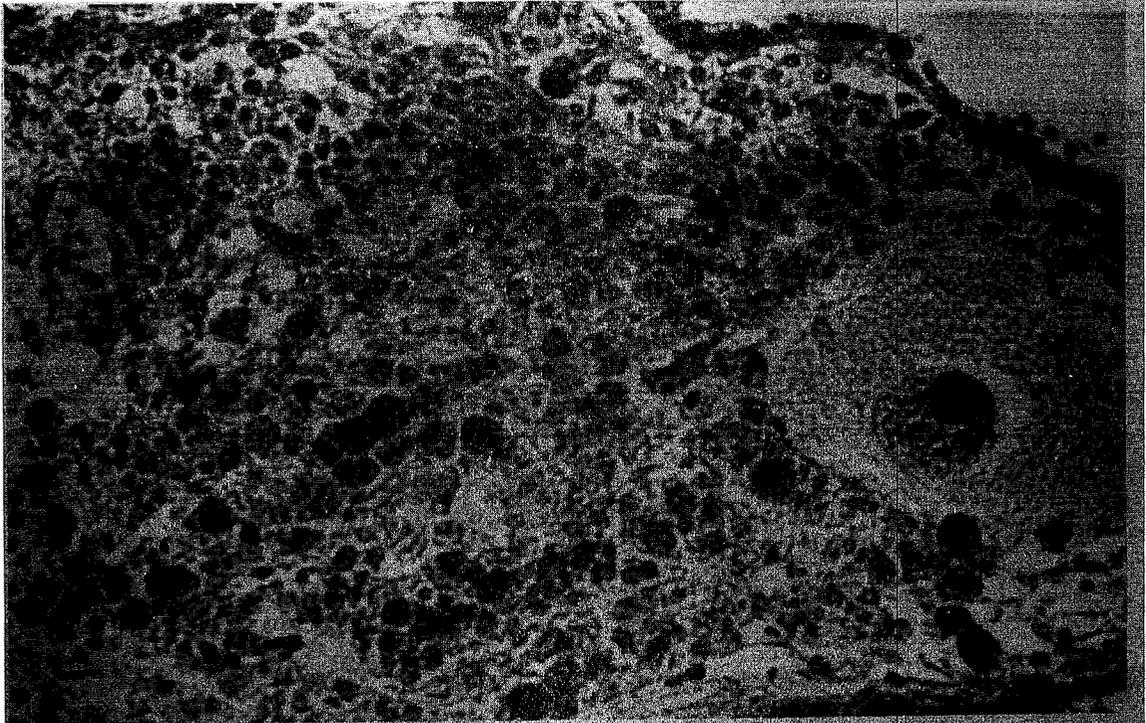
\_\_\_\_\_

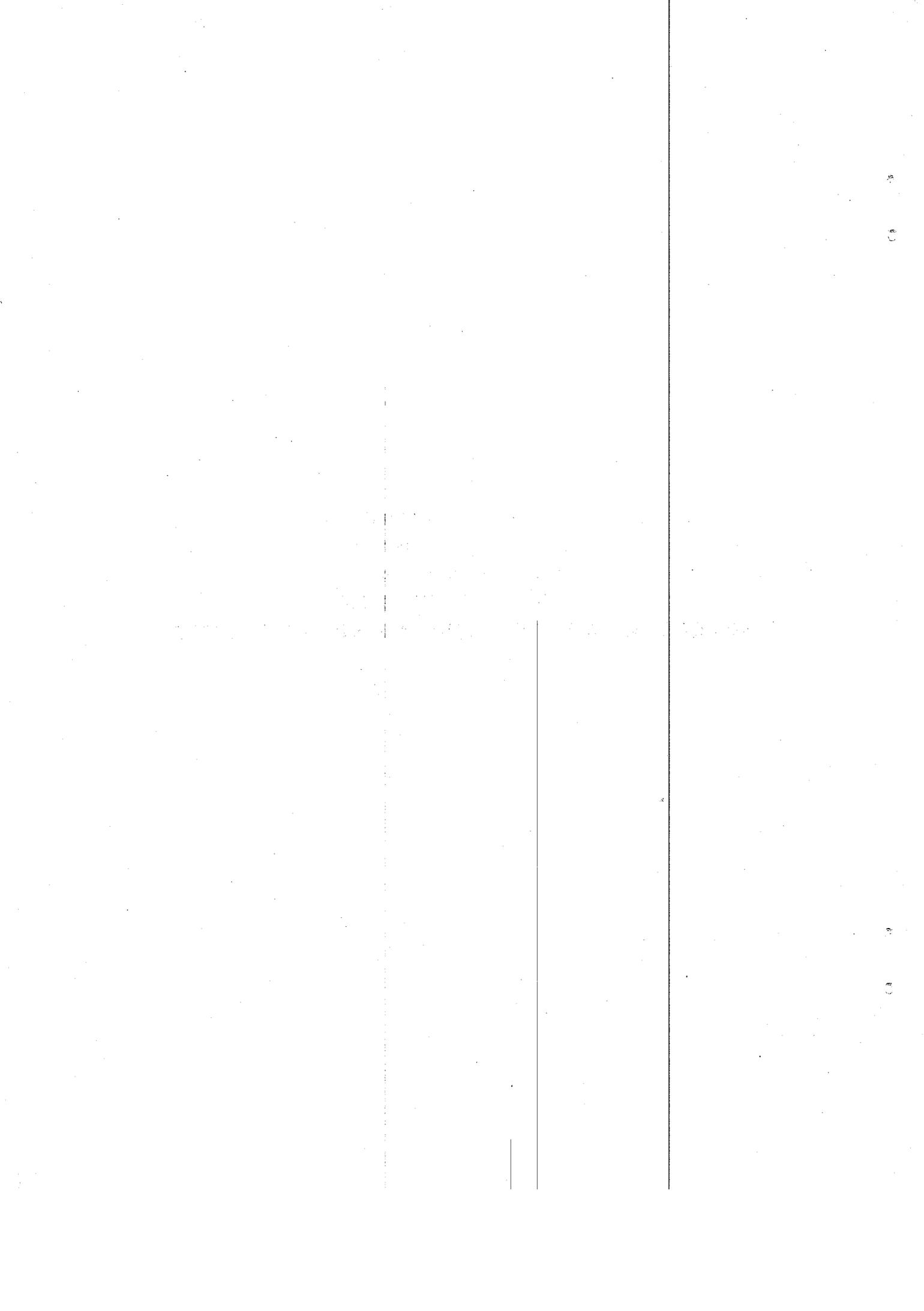
\_\_\_\_\_

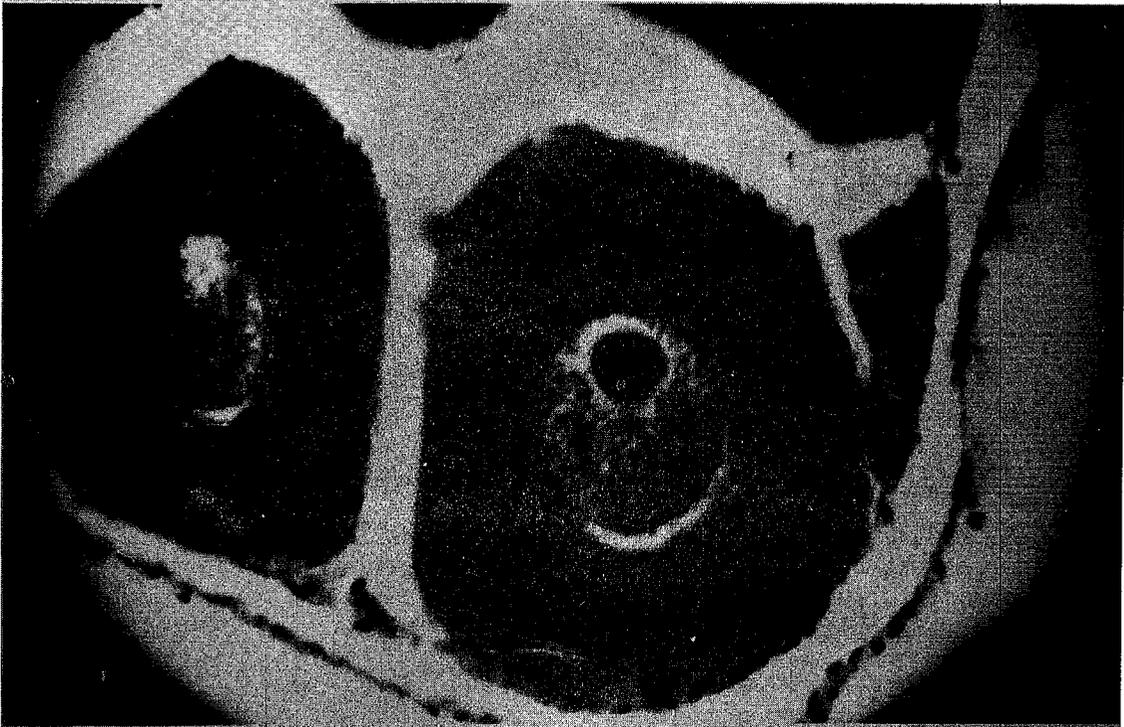
\_\_\_\_\_

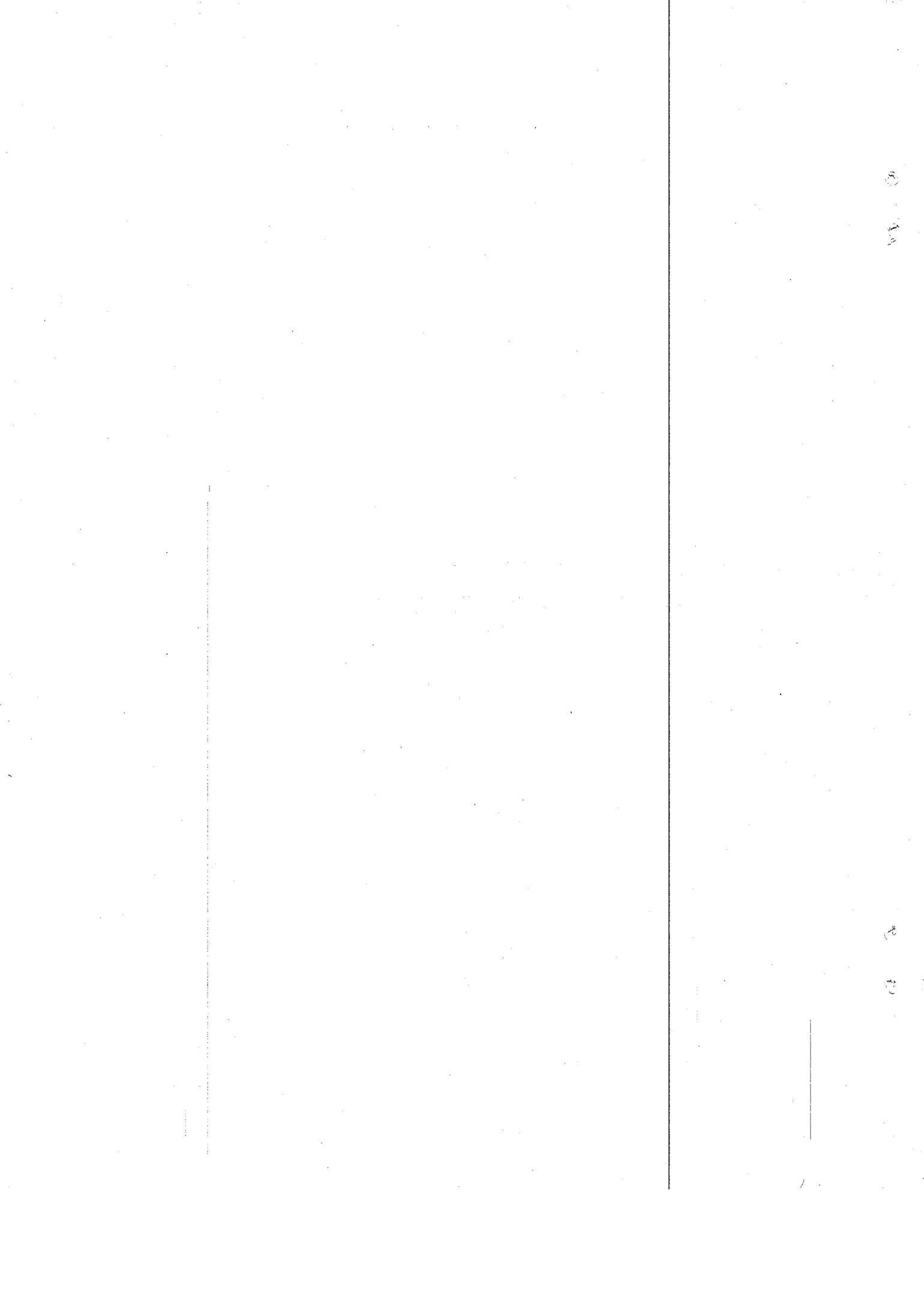
\_\_\_\_\_

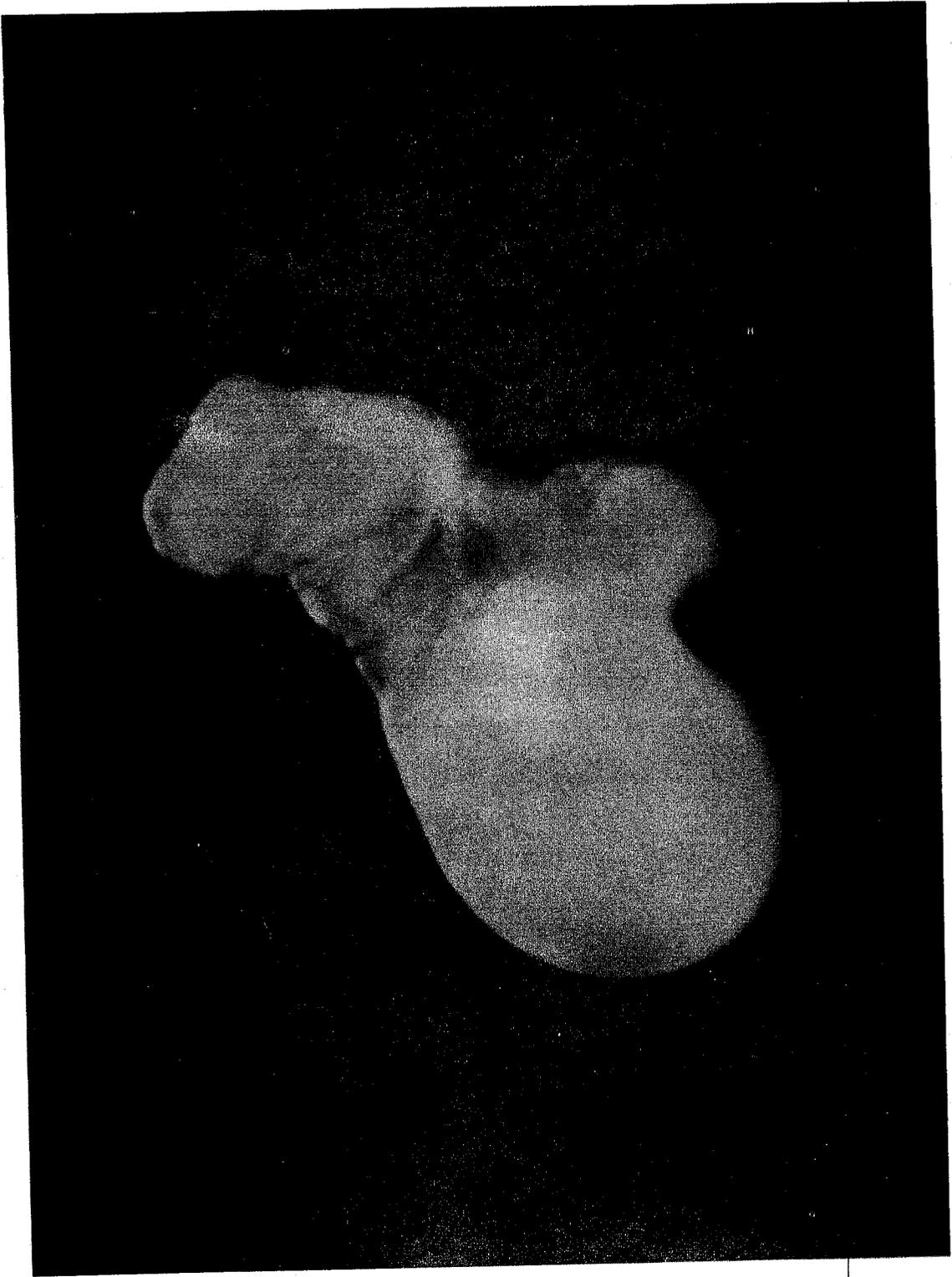
\_\_\_\_\_











18

19