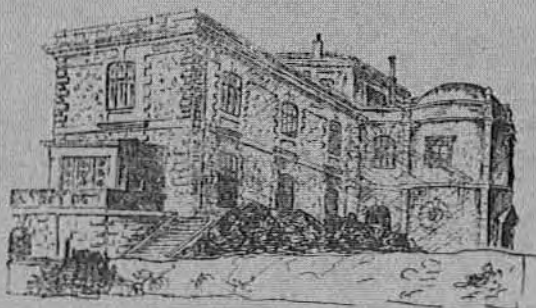


FACULTÉ DES SCIENCES
DE
MARSEILLE

RECUEIL
DES TRAVAUX
DE LA
STATION MARINE
D'ENDOUME



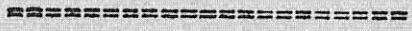
Fascicule : 10

Année : 1953

BULLETIN n° 10

OBSERVATIONS SUR
LES MUTILATIONS,
LA REGENERATION,
LES NEOFORMATIONS,
ET L'ANATOMIE DE
COSCINASTERIAS TENUISPINA LAMARCK.

par ANDRE TARTARIN.



I N T R O D U C T I O N

=====

Coscinasterias tenuispina Lamarck est une Astérie que l'on rencontre très fréquemment sur nos côtes.

Les Auteurs ont depuis longtemps remarqué la particularité qu'offrent les individus de cette espèce de présenter des signes de mutilations plus ou moins graves comme la perte de un ou plusieurs bras, ou la section de l'animal en plusieurs parties, ainsi que la possibilité de reconstituer les portions enlevées. Aussi ces Astéries ont-elles été très fréquemment citées comme exemple d' " Autotomie ", de " Régénération " et de " Reproduction asexuée ".

C'est l'étude plus complète de ces différents phénomènes qui fait l'objet de ce travail.

Ce travail a été entièrement effectué à la Station Marine d'Endoume à Marseille.

Avant de commencer l'exposé des résultats de mes recherches, je tiens à exprimer ma vive gratitude à Monsieur le Professeur J.M.PERES qui m'a proposé ce sujet de travail en 1948 et a mis à mon entière disposition les ressources de son laboratoire. Monsieur PERES a suivi avec le plus grand intérêt les diverses phases de mes recherches, me prodiguant ses conseils et ses encouragements en toute circonstance, mais aussi ses critiques les plus vives lors de l'élaboration de mes conclusions, m'obligeant ainsi à lui apporter des preuves irréfutables.

Je tiens à remercier aussi Monsieur le Professeur M.ABELOOS de tout l'intérêt qu'il a bien voulu porter à ce travail. J' ai pu grâce à ses conseils effectuer une expérimentation très intéressante, reprendre certaines parties de mon étude sur d'autres bases, et ainsi éclaircir certains points restés obscurs.

Ma reconnaissance va également à Monsieur TIMON-DAVID, qui a bien voulu accepter de faire partie de mon jury de thèse, me prouvant ainsi l'intérêt qu'il porte à mon travail.

J'adresse enfin tous mes remerciements à Madame CHOISE qui m'a apporté son aide efficace dans le travail fastidieux de confection des coupes, à Monsieur LAGGI qui a bien voulu effectuer la surveillance de mes élevages, ainsi qu'à l'ensemble du personnel et des travailleurs de la station qui se sont toujours mis aimablement à ma disposition .

DEFINITIONS

On peut s'étonner de voir dans le titre de de travail le terme de " Mutilation " tandis que celui d' " Autotomie " est très souvent utilisé. Mais le mot " Autotomie " sert en général à désigner des phénomènes très différents les uns des autres, tandis que son étymologie et la définition qu'en a donné FREDERICQ (34) en limitent l'emploi à certaines seulement des mutilations que peuvent présenter ces Etoiles de mer. Il en est de même pour le terme " Régénération " .

Je désignerai par :

- Amputation
===== le cas où l'animal se trouve privé d'une partie de son corps par suite de circonstances extérieures, telles qu'un sectionnement d'un bras au moyen d'une paire de ciseaux.
- Autotomie
===== avec FREDERICQ (34) l'amputation spontanée d'une partie du corps sous l'influence d'une excitation plus ou moins intense et résultant d'une contraction musculaire violente .
- Schizogonie
===== avec CUENOT (25) une division de l'animal par sectionnement du disque quelle qu'en soit la cause.
- Lésion
===== une blessure localisée, telle qu'une incision ne provoquant pas nécessairement de perte de substance de l'animal.
- Mutilations l'ensemble des cas précédents.

- Régénération la formation nouvelle d'un organe préalable-
===== ment amputé.
- Néoformation la formation d'organes nouveaux qui n'ont pas
===== été obligatoirement amputés auparavant.

Ainsi les amputations radiaires et l'Autotomie seront suivies d'une régénération, tandis que la schizogonie et les lésions interradiaires pourront amener une néoformation.

J'ai par ailleurs inclus dans cette étude un chapitre consacré aux observations relatives à l'anatomie faites au cours de mes recherches. Les conclusions de cette partie anatomique permettent de simplifier l'exposé de mes résultats expérimentaux, et vraisemblablement d'envisager sous un jour nouveau certains points de l'anatomie apparemment si compliquée des ces Echinodermes.

J'ai enfin utilisé une terminologie spéciale pour désigner les " formes en comète ". Les Auteurs désignent ainsi une étoile constituée par un grand bras et des petits bras en cours de formation. En réalité ces formes en comète appartiennent à trois catégories différentes que j'ai appelées:

- Forme en comète vraie lorsqu'une fraction de bras ou un
===== bras seul reforme une étoile.
- Forme en semi-comète si un bras et une portion de disque
===== sont à l'origine de cette formation.
- Forme en pseudo-comète lorsque le disque est intact ainsi
===== qu'un bras, mais qu'il y a eu auto-
 tomie des autres bras .

=====

LISTE DES ESPECES CITEES DANS CE TRAVAIL.

Asterias rubens Linné

Asterias vulgaris Stimpson

Asterias forbesi Lamarck

Asterina gibbosa Pennant

Allostichaster polyplax Müll. et Trosch.

Coscinasterias acutispina Stimpson

Coscinasterias tenuispina Lamarck

Echinaster sepositus Gray

Linckia multiflora Lamarck

Marthasterias glacialis Linné

Potonaster tenuispinus Düben et Koren

Ophiactis virens Sars

=====

HISTORIQUE

=====

Si les Astéries sont déjà citées par ARISTOTE (4), c'est Edw. LHWYD (57) qui parle le premier des possibilités de néoformation des bras .

REAUMUR (74) signale des étoiles ayant " un grand et seul rayon duquel quatre petits commencent à sortir ". Ses observations sont à la base des théories de division et néoformation chez les Astéries.

BONNET (11), puis WALCH (82) établirent que si une Etoile est coupée en morceaux ceux-ci vivent et sont capables de reconstituer une Etoile complète. CUVIER (26) le dira aussi : " Non seulement elles reproduisent les rayons qui leur sont enlevés isolément, mais un seul rayon peut reproduire les autres ".

Par contre LAMARCK (54), SCHWEIGGER (78), OKEN (69) et MILNE EDWARDS (68) limitent cette possibilité de reconstitution à la présence d'une portion de disque.

Il est intéressant de constater que, plusieurs années plus tard, Von MARTENS (66) pourra prouver qu'il n'y a pas d'opposition entre ces deux théories : Les descriptions du mode de division ont prouvé que CUVIER possédait des exemplaires de Linckia multiflora rassemblés en Mer Rouge par SAVIGNY, tandis que les autres Auteurs avaient des formes atlantiques où la présence d'une portion du disque est nécessaire à la néoformation.

FORBES (33) décrit une " forme en comète " chez Asterias rubens .(Il s'agissait d'une forme pseudo-comète, car dans cet exemplaire le disque était intact, l'animal ayant perdu tous ses bras sauf un .)

KOWALEVSKY (52) est le premier qui étudia la " division " de Coscinasterias tenuispina et en fit d'ailleurs un exposé très bref que je traduis ici presque mot à mot :

KOWALEVSKY remarque que dans cette espèce il est relati-

vement rare de trouver des échantillons dont les bras ont une longueur égale, certains étant la plupart du temps dans un état pour ainsi dire embryonnaire. Il déclare également que, pour étudier le processus de division, il suffit de placer quelques exemplaires à bras entiers dans un récipient rempli d'eau de mer: au bout de quelques jours les Etoiles commencent à se diviser, les animaux à six bras en donnant habituellement deux de trois, tandis que ceux qui avaient sept bras en donnent un à trois et un à quatre, ce dernier se redivisant le plus souvent pour donner deux individus à deux bras .

Von MARTENS (66), dans une sorte de mise au point des connaissances de son temps sur les Astéries cite cet exposé de KOWALEVSKY comme " eine wirkliche auscheinend freiwillige Theilung " point sur lequel nous aurons à revenir.

SARS (76) étudie la régénération dans le genre Brisin-ga et observe qu'un bras isolé peut reformer un individu .

SIMROTH (79) a fait l'étude des nouveaux tissus lors de la régénération chez l'Ophiuride Ophiactis virens et observe que les noyaux des amœbocytes se rassemblent et constituent le matériel à partir duquel les nouveaux tissus se forment.

HAECKEL (38) voit dans les " formes en comète " un stade de génération asexuée.

Paul et Fritz SARRASIN (75) décrivent la formation des bourgeons chez Linckia multiflora.

Helen DEAN KING (47 & 48) a étudié la " régénération " chez Asterias vulgaris. Ce travail porte surtout sur la régénération après autotomie ou amputation radiaire qu'elle observe chez 10 % des échantillons de cette espèce.

Dans son premier travail elle observe:

- Que l'autotomie se produit au niveau de la 4° ou 5° pièce ambulacraire.
- Que ^{le} plan de régénération est semblable au plan de croissance du bras et situé à la même place.
- Qu'une section expérimentale de cette Astérie en deux donne deux individus par néoformation des moitiés absentes, fait que l'on n'observe pas normalement dans la nature.

Dans son second travail elle met en évidence l'impossi-

bilité d'une néoformation à partir d'un bras isolé, la condition indispensable de cette néoformation étant la possession d'un fragment de disque et de la plaque madréporique.

Originale est son observation que, en cas de schizogonie le madréporite néoformé n'a pas obligatoirement la position qu'occupait le madréporite disparu.

Mais cet Auteur a fait également une expérience importante: au moyen d'une incision verticale dans le disque de ces Astéries dans la zone interambulacraire (cette incision se prolongeant jusqu'à la bouche). H.DEAN KING a obtenu, dans 65 % environ des cas, la néoformation de un ou deux bras supplémentaires, tandis que dans les autres la lésion se cicatrisait sans plus.

CLARK (15) en 1901 observa que le nombre des bras des Coscinasterias tenuispina récoltées aux Bermudes différait selon les localités.

CROZIER (18) reprit cette étude, aux Bermudes également. Il conclut que là le nombre de bras le plus fréquent est de 7 quelle que soit la localité, chiffre correspondant à celui qui fut trouvé précédemment par LUDWIG (63) pour les espèces méditerranéennes. CROZIER pense que la schizogonie se fait de préférence chez les animaux à 7 bras, chiffre obtenu de différentes manières: soit par néoformation après schizogonie, soit par addition de un ou deux bras supplémentaires dans un inter-radius, comme l'avait obtenu expérimentalement H.DEAN KING chez Asterias vulgaris.

Dans un second travail (19) il renforce son opinion de l'alternance des générations sexuées et asexuées en comparant la courbe de pourcentage des animaux divisés dans le cours de l'année et celle de la température, le minimum de division se produisant à l'époque de la fécondation .

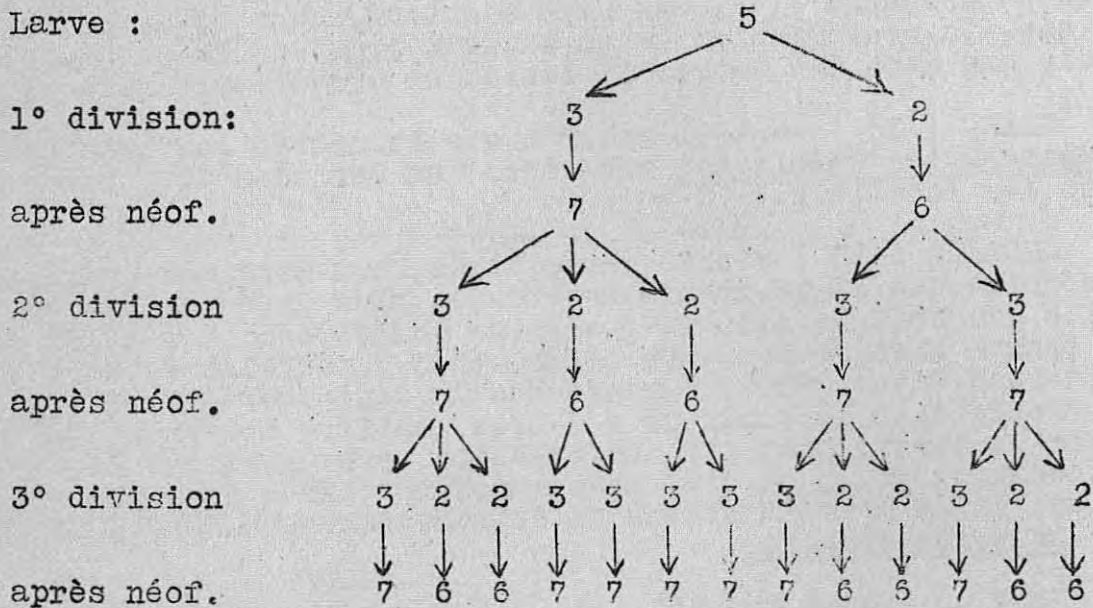
Enfin, reprenant les travaux de COLE (17) sur la direction de la locomotion des Astéries, CROZIER utilise la notion de bras ou point " physiologiquement antérieur " pour expliquer ses observations sur le mouvement et la schizogonie discale de Coscinasterias tenuispina.

BENNETT (10) montre clairement comment, chez les Astéries douées d'un pouvoir de néoformation après schizogonie discale, le nombre de bras le plus fréquent n'est pas celui du stade larvaire (qui est en général de 5) mais que ce nombre dépend de la moyenne du nombre des bras néoformés après schizogonie.

Quoique sa démonstration porte sur des Etoiles de Nouvelle Zélande, elle s'applique très bien à Coscinasterias tenuispina .

Ainsi en utilisant les données de KOWALEVSKY sur la division des Astéries à 6 br s en deux à 5 bras, et celles à 7 bras en trois Astéries à 3, 2, et 2 bras, ainsi que les observations de CROZIER disant que le nombre de bras néoformés est habituellement de quatre, on pourrait établir la descendance par " multiplication asexuée " à partir d'une larve à 5 bras :

Nombre de bras :



Ces notions expliquent donc la plus grande fréquence des échantillons à 7 et 6 bras, et font comprendre que selon le lot d'Astéries récoltées on pourra avoir des statistiques assez différentes .

HOPKINS (44) étudiant la physiologie du système nerveux de Coscinasterias tenuispina montre le mécanisme de la schizogonie expérimentale après plusieurs mutilations de la région orale. La section de la région orale en deux points coupe le ruban nerveux périoral en deux tronçons. Chacun de ceux-ci et les rubans radiaires qui en dépendent vont alors fonctionner de façon indépendante l'un de l'autre. Les portions agissant pour leur propre compte et se déplaçant de façon autonome, il en résulte la déchirure du disque suivant une ligne joignant les deux incisions . Il y a donc schizogonie .

Récemment ISAMU YAMAZI (85) publie ses observations sur l' "Autotomie et la régénération " chez Coscinasterias acutispina . Quoique ces observations soient assez différentes de celles qui furent auparavant publiées par C.H. EDMONDSON (31), elles ont l'originalité d'établir une certaine régularité dans la néoformation des bras et des complexes axiaux , et de signaler la néoformation d'un anus.

Je signale enfin que, dans une note préliminaire (81) j'ai jeté les bases d'une théorie de la schizogonie chez Coscinasterias tenuispina , la désignant alors par le terme d' " autotomie " que j'ai par la suite reconnu comme impropre et dont, comme l'ai dit au début de ce travail, j'ai limité l'emploi pour désigner la chute spontanée d'un bras au ras du disque .

=====

METHODES DE TRAVAIL

+++++

RECOLTE DES ECHANTILLONS

La plupart de mes récoltes ont été effectuées dans la Calanque des Cuivres, Réserve de la Station Marine d'Endoume.

Il est curieux de constater que, malgré les récoltes fort abondantes que j'ai pu y effectuer, j'ai toujours trouvé une grande quantité d'échantillons. La cause en est peut être au fait que, cette Calanque étant interdite au public, les Coscinasterias peuvent y faire des chasses plus fructueuses en divers Mollusques, ceux-ci s'y trouvant en plus grande abondance que dans les autres points de la région littorale du golfe de Marseille .

La récolte est très facile puisque ces animaux se trouvent la plupart du temps à une trentaine de centimètres de profondeur sous les pierres qu'il suffit de retourner. Cette récolte est d'ailleurs facilitée par le fait que, dans le courant de la matinée, vers 10 heures, les Etoiles quittent leur abri et se rapprochent du rivage où se trouvent les Mollusques qui composent leur alimentation.

D'ailleurs le nombre des Coscinasterias présents sur un rivage peut être évalué d'après celui des Pagures et des Gastéropodes. Les Astéries en dévorant les Gastéropodes fournissent aux Pagures les coquilles que ceux-ci recherchent. Une région riche en Pagures et Gastéropodes a donc de fortes chances de posséder aussi des Astéries.

ELEVAGES

Afin de pouvoir pratiquer un élevage, deux bacs en ciment ont été mis à ma disposition à la Station Marine. Ces bacs mesuraient 0,80 m de long, 0,45 m de large, et 0,75 m de profondeur. Ils étaient alimentés en eau de mer et air comprimé.

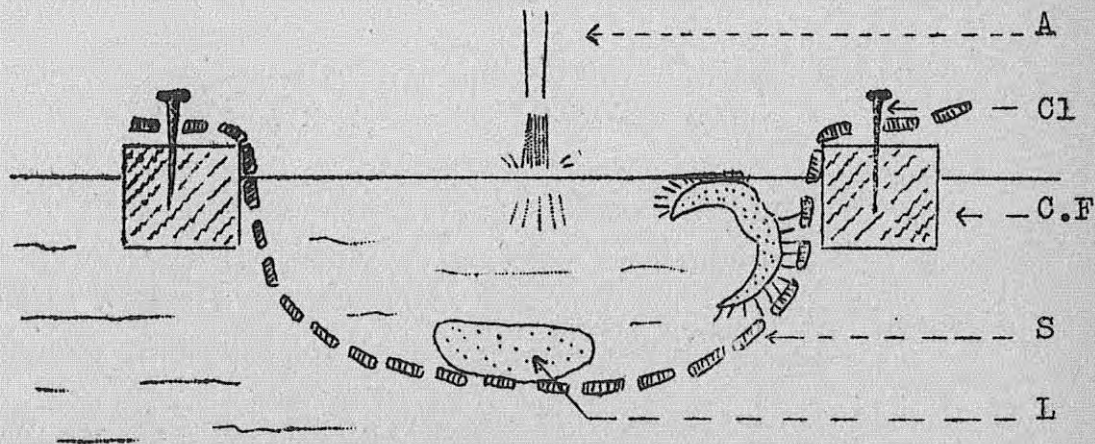


Fig.1 - Cage flottante. (Coupe)

- A - Arrivée d'eau.
- Cl - Clou retenant la serpillère.
- C.F - Cadre flottant.
- L - Lest.
- S - Serpillère.

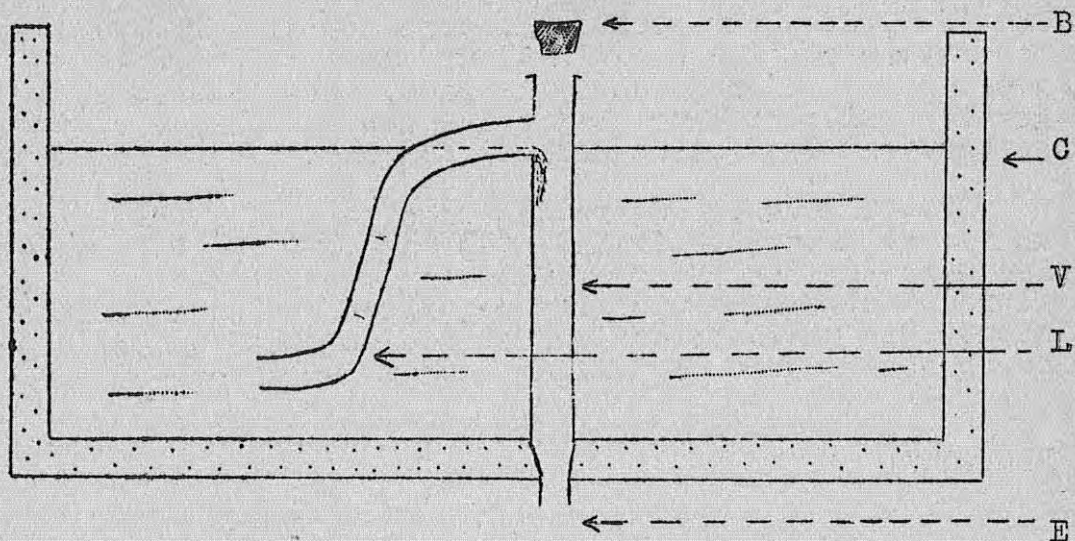


Fig.2 - Siphon automatique.

- B - Bouchon
- C - Paroi de la cuve
- E - Evacuation de l'eau

- Siphon :
- L - Partie latérale
 - V - Partie verticale

Un certain nombre d'échecs dans mes élevages m'a permis de considérer les points suivants comme indispensables pour un élevage prospère :

- Suppression de tout grillage ou pièces métalliques dont l'oxydation amène rapidement la mort des Astéries.
- Nécessité d'avoir une eau toujours courante et continuellement aérée.
- Nécessité d'avoir des bacs de très faible profondeur.

La plupart du temps les Astéries recherchent les zones riches en oxygène en se plaçant à la partie supérieure des bacs, la face orale tournée vers le haut, une partie des bras se trouvant juste sous le plan eau-air.

Afin de pouvoir réaliser toutes ces conditions et de pouvoir suivre des lots ou des individus pendant de longues périodes j'ai imaginé la technique suivante :

ELEVAGE EN CAGES FLOTTANTES

J'ai fait confectionner pour chaque bac un cadre en bois épais (section carrée 5 par 5 cm) d'environ 0,70 m par 0,40 sa partie intérieure étant divisée par des entretoises.

Ce cadre flottait librement sur l'eau du bac et pouvait suivre la montée ou la descente éventuelle de son niveau.

Les espaces libres du cadre étaient occupés par une sorte d'épuisette, formant ainsi autant de petits bacs flottant à la surface de l'eau. Ces épuisettes étaient confectionnées au moyen de serpillères à mailles larges que l'on trouve dans le commerce pour les besoins ménagers. Leur résistance est plus grande que la plupart des tissus que j'ai pu essayer et leurs mailles quoiqu'assez larges pour n'offrir aucun obstacle à la circulation de l'eau ne permettent pas le passage des Astéries.

Ces serpillères étaient changées tous les deux mois.

CIRCULATION DE L'EAU

Il s'est avéré indispensable que non seulement l'eau des bacs soit constamment renouvelée, mais qu'il y ait une arri-

vée d'eau dans chacune des petites épuisettes, ce qui est facile à réaliser. (Coupe schématique: Fig.1.)

L'eau est évacuée au moyen d'un siphon à double usage: Ce siphon comprend un tube vertical traversant le fond du bac pour se jeter au dehors, et dont la partie supérieure peut être bouchée de façon étanche. Ce tube reçoit non loin de son sommet une dérivation latérale qui se dirige vers le fond du bac. (Fig.2.)

Le fonctionnement de ce siphon est simple: Si le bouchon de la partie supérieure du siphon est enlevé, le bac reste à niveau d'eau constant et à écoulement régulier.

Si au contraire le bouchon est en place, le système fonctionne comme siphon dès que le bac est plein, assurant une vidange presque totale. L'eau peut être ainsi automatiquement renouvelée une à deux fois par jour sans qu'il y ait besoin d'exercer une surveillance continuelle .

En combinant ces procédés j'ai pu conserver une eau absolument pure. De plus , les cages flottantes suivant le mouvement de montée et de descente de l'eau, les animaux n'éprouvent aucun contre-coup des opérations de nettoyage.

Ce système permet de maintenir toujours les Astéries à la même profondeur, et ne les expose pas à se trouver à un moment quelconque en dehors de l'eau.

J'ai pu ainsi éviter de toucher fréquemment les Astéries et par conséquent de risquer de les détériorer, ce qui est essentiel, tant il semble qu'une lésion minime suffise à provoquer une schizogonie .

RECONNAISSANCE DES ECHANTILLONS ET NUMEROTAGE DES BRAS

Tous mes échantillons ont été dessinés à intervalles réguliers par décalage sur une feuille de papier de façon à en avoir les dimensions exactes et pour suivre leurs diverses modifications de taille et de nombre de bras.

Pour la désignation des différents bras, les Auteurs ont utilisé différentes méthodes :

LUDWIG (60) se contente de désigner la position des bras (gauche, droite, avant, arrière) , l'Astérie étant placée face à l'observateur, le madréporite à gauche (Fig.3)

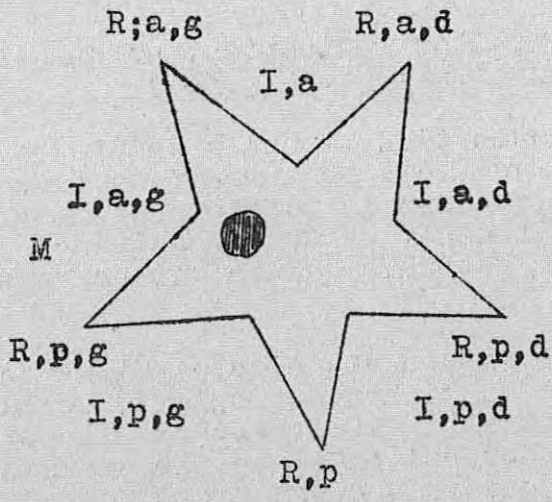


Fig. 3 - LUDWIG

R : radius
 I : interradius
 a : antérieur
 p : postérieur
 d : droit
 g : gauche

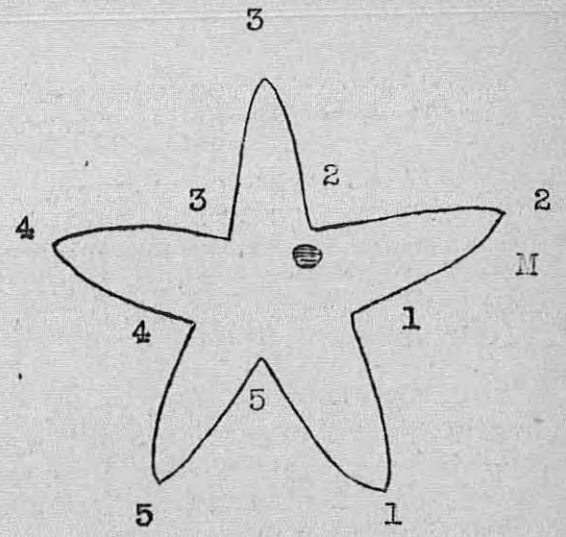


Fig. 4 - DELAGE et HEROUARD

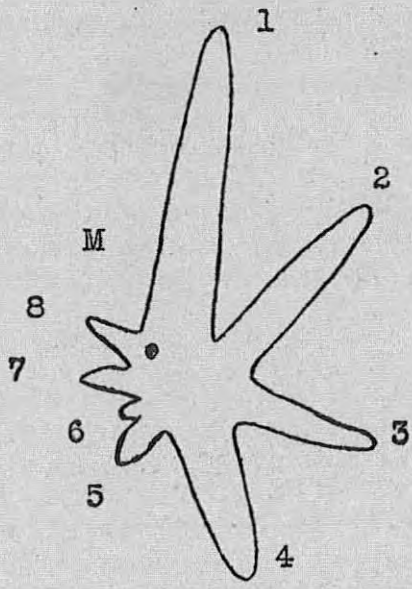


Fig. 5 - CROZIER

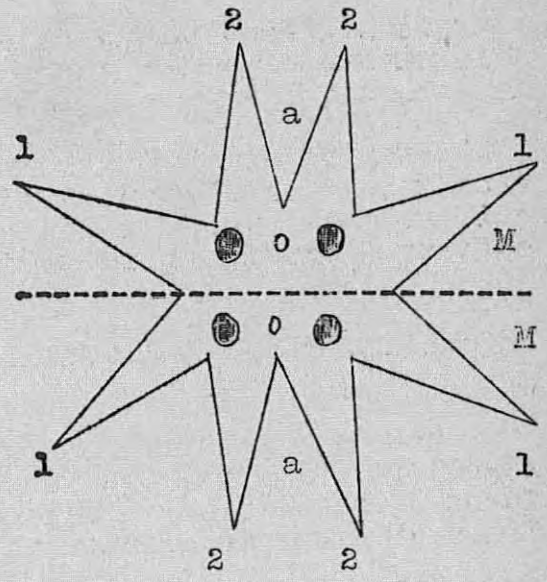


Fig. 6 - ISAMU YAMAZI

Les différents systèmes de numérotation des bras

DELAGE et HEROUARD (28) pratiquent le numérotage des bras, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, le madréporite se trouvant dans l'interradius 2, entre les bras 2 et 3 (Fig.4.)

CROZIER (19) utilise pour Coscinasterias tenuispina un système de numérotage ne tenant pas compte du ou des madréporites: Le bras le plus long porte le N° 1, les autres se comptent dans le sens des aiguilles d'une montre. (Fig.5.)

ISAMU YAMAZI (83) utilise le " plan de symétrie " de Coscinasterias acutispina . Ce plan, selon lui, sépare deux parties contenant chacune 4 bras, 2 madréporites et un anus. Les bras situés immédiatement de part et d'autre du plan de symétrie portent le N° 1, les autres le N° 2, système qui a l'avantage de rappeler que ce sont les bras 1 qui sont néoformés avant les bras 2. (Fig.6.)

Mais il m'a été difficile d'utiliser l'un de ces procédés pour mon étude, l'absence de madréporites dans de nombreux échantillons excluant les méthodes de LUDWIG et de DELAGE et HEROUARD, et la présence de bras de même dimension ne permettant pas d'utiliser celle de CROZIER.

Je me suis donc inspiré de la méthode de ISAMU YAMAZI , tout en tirant parti de celle de CROZIER.

Cette méthode s'applique aux Astéries ayant subi une schizogonie discale plus ou moins récente, et encore visible par suite de l'inégalité de taille des bras, soit 95 % des cas.

Comme ISAMU YAMAZI j'utilise comme base le plan de schizogonie discale. L'observateur regarde la face aborale de l'Astérie, la partie la plus ancienne étant tournée vers le bas.

A partir de ce plan de schizogonie les anciens bras sont numérotés dans le sens des aiguilles d'une montre. Les interradius et les madréporites portent les deux numéros des bras entre lesquels ils se trouvent .

Les bras néoformés s'appellent G 1, G 2, D 1, D 2 , selon leur position (droite ou gauche) et leur date d'apparition. En cas de néoformation d'un seul bras ou d'un nombre impair de bras, le dernier s'appelle B 1, B 3, B 5 selon le nombre de bras précédemment néoformés. (Figures 7 et 10)

Au cas où plusieurs plans de schizogonie sont visibles, ceux-ci sont appelés Sch.1, Sch.2 etc., les néoformations correspondantes étant appelées N.1, N.2 etc. (Fig.12)

Pour les échantillons entiers et dont les bras sont de longueur égale, il est bien difficile d'utiliser un système de numérotation des bras, car ils peuvent être dépourvus de madréporites ou en avoir plusieurs. Je n'aurai d'ailleurs pas à en faire état dans ce travail .

NOURRITURE DES ASTERIES

Les Coscinasterias, très voraces se nourrissent habituellement soit de poissons morts soit de coquillages sur lesquels on les trouve fréquemment (Moules, Patelles, etc)

Dans mes élevages, je donnais soit des débris de poisson, soit des Moules dont les coquilles avaient été préalablement enlevées.

Ce mode d'alimentation en captivité aura comme on le verra par la suite une grande importance dans mon étude .

=====

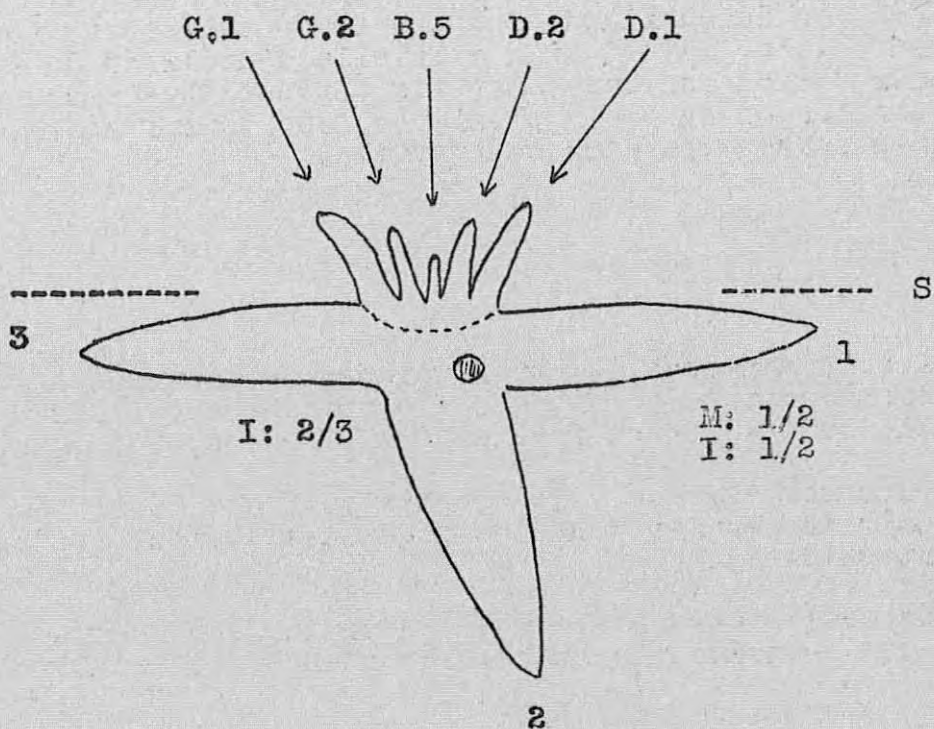


Fig.7 - Système de numérotation utilisé dans ce travail.

- 1,2,3 : bras anciens.
- D.1 , G.1 : bras néoformés apparus en premier lieu.
- D.2 , G.2 : bras néoformés apparus en second lieu.
- B.5 : bras impair apparu le dernier.
- I 1/2 : Interradius situé entre les bras 1 et 2
- M 1/2 : Madréporite situé dans l'interradius 1/2
- S : plan de schizogonie.

M U T I L A T I O N S

=====

GENERALITES

Presque tous les échantillons de Coscinasterias tenuispina récoltés dans la région marseillaise présentent des traces de mutilations plus ou moins anciennes. Si 5 % des échantillons ont les bras égaux, le nombre et la disposition de leurs madréporites montre que la plupart de ces animaux ont subi des mutilations anciennes, les phénomènes de néoformation étant complètement terminés.

Dans cette étude j'ai divisé les mutilations en plusieurs catégories selon leur origine et leurs effets :

- a - Amputations radiaires.
- b - Autotomie.
- c - Schizogonie discale.
- d - Lésions simples.
- e - Lésions interradiaires.

AMPUTATIONS RADIAIRES

Il s'agit de la section d'un bras en un point quelconque de celui-ci. Celle-ci est produite par un écrasement, un cisaillement au cours duquel le bras se trouve déchiré, coupé ou écrasé au point de mutilation.

C'est un phénomène simple que l'on peut produire expérimentalement en sectionnant un bras avec un scalpel ou une paire de ciseaux.

Ce phénomène a été souvent étudié expérimentalement, afin de déterminer en particulier le mode de régénération en fonction du plan de section. H.D.KING (47) par exemple a pratiqué des amputations variées .

J'ai pu l'observer dans les bacs de l'aquarium: Il est assez fréquent chez les Astéries mises dans des bacs avec des crustacés de grande taille. Je l'ai observé notamment sur des Marthasterias glacialis conservés dans un bac où se trouvait un Homard.

Il s'agit en somme d'un accident où l'Astérie n'a qu'un rôle passif. Ces amputations laissent béante une section de bras qui se contracte rapidement de façon à obturer l'orifice produit.

La cicatrisation et la régénération d'une nouvelle extrémité de bras suivront . On observe alors un moignon de bras terminé par le petit régénéral.

Ce phénomène paraît général chez les Etoiles de Mer, et est toujours suivi d'une régénération simple.

AUTOTOMIE

Selon la définition de FREDERICQ (34), l'Autotomie est l'amputation spontanée de membres chez les animaux.

Cette expression a été utilisée pour désigner plusieurs sortes de mutilations, la schizogonie en particulier, aussi est-il quelquefois très difficile de savoir de quels phénomènes les Auteurs ont voulu parler.

J'ai gardé à ce terme son sens primitif qui désigne dans le cas qui nous occupe la coupure d'un bras d'Astérie au ras du disque, de façon réflexe, phénomène qui n'amène aucune altération des différents systèmes périocaux (nerveux, aquifère etc.) .

Les Auteurs ont observé fréquemment ce phénomène, en ont décrit les différentes causes possibles, ainsi que le mode de sectionnement, sans en préciser les modalités anatomiques. Ils attribuent en outre à l'autotomie le caractère d'un réflexe de fuite .

J'ai pu réaliser très facilement cette autotomie en

pinçant fortement un bras entre les doigts. Au bout de quelques secondes ce bras se détache du disque. Cette coupure se fait progressivement à partir de la partie supérieure du bras selon une ligne déterminée. Celle-ci est difficile à voir sur l'animal vivant (elle n'est extérieurement marquée que par une ligne de pédicellaires), mais est très visible sur la partie interne du test où elle forme un petit renflement.

Cette ligne d'autotomie représente dans la région aborale la limite exacte du disque et du bras. Par contre dans la région interradiale, si elle n'est pas visible, du moins est-elle facile à imaginer car elle se trouve au fond de l'interradius.

Dans la région orale enfin cette ligne n'est pas visible. On pourrait supposer en regardant la face orale d'une Astérie que tous les podias font partie du bras; en réalité les trois ou quatre premières paires de podias, ainsi que les plaques ambulacraires correspondantes appartiennent au disque, et ce n'est qu'à partir de cette ligne invisible d'autotomie que commence le " bras proprement dit ".

En admettant cette façon de penser, on comprend que c'est bien le bras entier qui se sépare du disque lors de l'autotomie et ainsi le disque reste intact. L'ablation des podias restant adhérents au disque après autotomie produirait à ce disque des lésions qui s'apparenteraient à la schizogonie dont nous parlerons plus loin.

L'examen des coupes transversales du bras des Astéries montre que ceux-ci sont pourvus sur toute leur longueur de muscles circulaires dont la contraction amène le rétrécissement du bras.

Dans le cas des lésions radiales, les parties du ruban nerveux voisines de la zone d'amputation commandent la contraction des fibres correspondantes ce qui provoque en définitive la fermeture du tégument et l'obturation du coelome.

Dans le cas de l'Autotomie, les lésions du système nerveux, si elles peuvent provoquer une contraction du réseau musculaire voisin, déterminent aussi la contraction du réseau musculaire situé à la base du bras dans la " zone d'autotomie ".

La contraction des tissus musculaires de cette région crée une dissociation entre les tissus voisins du bras et du disque, donc une déchirure qui, commençant par la région aborale gagne progressivement les régions interradielles.

La partie orale du bras n'est pas directement affectée par la division puisqu'elle ne contient pas cette partie musculaire.

Elle sera " cassée " par un processus secondaire : le bras n'est plus en fin de compte relié au disque que par les plaques ambulacraires, lien très fragile qui ne tarde pas à se briser.

Mais si l'autotomie détermine l'abandon du bras, elle se double d'un phénomène concomitant de défense du reste de l'organisme par la fermeture rapide du coelome.

Ainsi l'autotomie s'apparente bien à l'amputation radiaire: si l'écrasement est violent et sectionne le bras rapidement, le réflexe de défense de l'animal se borne à la fermeture de l'orifice créé, et l'autotomie aura peu de chances de se produire. Elle aura par contre certainement lieu si l'écrasement est fort et prolongé, même s'il n'aboutit pas au sectionnement du bras en ce point (bras pincé fortement, garrot en fil épais). Dans ce dernier cas, la réponse au traumatisme n'est pas une réaction locale, mais lointaine, à l'extrémité postérieure du bras déterminant à la fois l'autotomie du bras et l'obturation de l'orifice créé par cette autotomie .

Tandis qu'une section de bras au moyen d'une paire de ciseaux provoque seulement un réflexe de fermeture de la lésion, la répétition de cet acte à plusieurs minutes d'intervalle, (tout en provoquant à chaque fois cette fermeture), est cause du réflexe amenant l'autotomie.

Le réflexe d'autotomie dépend donc d'une douleur soit répétée, soit particulièrement longue, nettement plus forte que celle qui est causée par un sectionnement rapide du bras .

On peut ainsi penser qu'une lésion du ruban nerveux crée un influx nerveux qui détermine des contractions musculaires. Si la lésion est légère ou de courte durée, les seuls muscles intéressés sont ceux qui se trouvent au voisinage de la lésion. Si par contre le traumatisme est puissant ou répété ou persiste un certain temps, l'influx tout en causant des contractions musculaires au voisinage de la lésion, remonte le long du ruban nerveux radial et agit sur les muscles se trouvant à la base du bras, déterminant l'autotomie.

Il paraît exister une contradiction entre ces deux effets: si, en effet le pincement du bras en un point même en ce point une contraction musculaire non suivie de section du bras, cette même lésion provoque à une certaine distance (à la base du bras) une seconde contraction musculaire qui, elle, aboutit au sectionnement du bras.

Ces résultats différents proviennent de ce que le bras présente dans le premier cas une constitution et une souplesse homogènes, tandis que dans le second la zone où se produit l'autotomie se trouve placée entre deux catégories différentes de téguments : disque et bras qui sont à la fois de consistance, souplesse et de contractilité différentes.

C'est cette différence de solidité de tissus voisins qui est à l'origine de l'autotomie lors de la contraction du système musculaire qui se trouve à leur limite.

AUTOTOMIE ET REFLEXE DE FUITE .

DELAGE et HEROUARD (28) disent que les Astéries gênées dans leurs mouvements cherchent à s'enfuir par leurs extrémités libres, et qu'attachées, elles se libèrent en abandonnant le bras fixé.

L'autotomie serait donc selon ces Auteurs due à un réflexe de fuite, entraînant un phénomène de rupture par traction.

Cette opinion me paraît inexacte car l'autotomie se produit généralement alors qu'aucune force extérieure ne tire sur le bras et que, par contre, une traction, même forte, exercée sur le bras ne cause aucune autotomie.

Il me paraît indispensable, en égard aux remarques précédentes d'inclure ici une étude sur le mouvement des Astéries et en particulier de Coscinasterias tenuispina, afin d'en dégager les causes et de déterminer les rapports entre le mouvement et l'autotomie (certaines de ces notions seront utilisées également pour la schizogonie.

Si l'on touche, ou si l'on essaie de prendre une Etoile immobilé ou en mouvement, son premier réflexe de défense consiste à se plaquer au sol et à y adhérer le plus solidement possible au moyen de ses podias. Au bout d'un petit moment l'Etoile se déplace effectivement pour gagner un autre lieu. C'est là, si l'on veut, une sorte de fuite, quoiqu'il s'agisse plutôt d'un léger déplacement à faible allure,

CROZIER (19) reprenant les expériences de COLE (17) a placé des Coscinasterias tenuispina dans un cristalliseur sous une forte lampe et a constaté alors un déplacement " slow " de ces Astéries à la vitesse moyenne de 10 centimètres par minute. Il en a déduit que ces Astéries ont un phototropisme négatif : A mon avis ce phototropisme n'existe

pas à proprement parler: si les Astéries avaient un phototropisme négatif, on ne les verrait jamais dans les bacs toujours fortement éclairés des aquariums publics, mais elles se réfugieraient dans les coins sombres.

Je pense que le fait d'éclairer (ou de toucher) tout à coup et de façon violente une Astérie lui provoque un " désagrément " passager qui la fait se déplacer légèrement. Au bout de quelques instant l'animal étant habitué à cette intensité lumineuse anormalement élevée, ralentit sa marche et s'arrête quelle que soit l'intensité lumineuse au point où il est parvenu.

De même de récolter des Coscinasterias tenuispina sous les pierres n'est pas la preuve d'un phototropisme négatif, mais représente la recherche de lieux de récolte abondante et facile de la nourriture (oeufs qui s'y trouvent en grande abondance, et peut-être animaux servant de proie qui - eux - ont un phototropisme négatif), ou encore la recherche de lieux plus tranquilles pour leur sommeil nocturne .

Comme je l'ai déjà dit (page 10) c'est le jour que ces Astéries quittent leur refuge pour aller chasser les Mollusques,

J'ai observé dans mes élevages des phénomènes comparables. A mon arrivée le matin les animaux sont immobiles sur le pourtour des cages. Le fait d'allumer une lumière vive suffit à les mettre en mouvement pour des déplacements assez brefs et lents.

Si, au lieu d'allumer une lumière électrique, on conserve la demi-obscurité du laboratoire, le fait de placer de la nourriture à proximité des Astéries ne provoque aucune réaction de leur part : ils restent immobiles. Pour les voir se diriger vers la nourriture il suffit de leur toucher le disque ou d'agiter l'eau. Les Astéries se dirigent alors en ligne droite vers les aliments en suivant le bras qui se trouve primitivement en direction de ceux-ci.

Ces déplacements, signes d'un " phagotropisme " net se font à la vitesse moyenne de un mètre par minute .

Ces observations sont en faveur d'un sommeil nocturne des Astéries, et me permettent de penser que si les Astéries n'ont pas de phototropisme, la présence de lumière provoque leur réveil. Le fait de les toucher ou d'agiter l'eau a le même résultat.

CROZIER (19) a d'ailleurs précisé que ces mouvements se produisaient selon une direction privilégiée correspondant au bras le plus long, ou à celui qui est voisin d'un madréporite. Selon cet Auteur il y aurait un point " physiological anterior " créant cette direction privilégiée, la présence de deux de ces points étant à l'origine de la schizogonie.

Je dois dire que les conclusions de mes expériences sont nettement différentes.

Si on laisse tomber une Astérie dans un cristalliseur, on observe d'abord que dès que l'animal touche le fond il cherche à s'y fixer, en plaçant sa face orale vers le bas.

Cette fixation ne se fait pas simultanément pour tous les bras, mais progressivement par un ou deux bras d'abord puis les autres. C'est à ce moment que l'on peut observer le déplacement de l'animal qui se fait dans la direction du bras le premier fixé. Souvent le déplacement a lieu très rapidement alors qu'un seul bras repose sur le sol, ce bras tirant l'ensemble de l'animal.

Par ailleurs il est très net que les bras anciens montrent une plus grande vitalité et une plus grande rapidité de fixation que les bras issus d'une néoformation plus récente.

C'est ainsi que c'est dans la direction du bras le plus ancien qui est aussi le plus long et le premier fixé que se fait le premier déplacement de l'animal dans les conditions de l'expérience.

Le fait de voir un madréporite à proximité du bras amorçant le mouvement n'est pas le signe d'une direction privilégiée, car nous verrons par la suite que les bras néoformés sont en général pourvus de madréporites qui, minuscules au début, échappent à l'observation normale, et ne sont visibles qu'au microscope.

Une expérience simple permet de confirmer cette opinion: Si, au lieu de laisser tomber librement une Astérie dans le récipient, on accompagne doucement cette descente de façon que les parties néoformées (ou un bras déterminé) touchent les premières le fond et puissent ainsi se fixer les premières, c'est dans la direction de ces bras que se fait le mouvement.

Enfin si l'on observe des Coscinasterias tenuispina au repos dans un cristalliseur, on constate que tous les bras ne sont pas adhérents au sol de la même façon: les bras jeunes ont le plus souvent leurs podias repliés; le nombre de podia qui touche le sol semble proportionnel à l'âge des bras dont ils font partie. On peut donc facilement admettre

que si l'on dérange un animal au repos, son déplacement s'effectuera dans la direction du bras qui est à ce moment le plus solidement fixé, qui sera de ce fait le plus long ou l'un des plus anciens.

Je me suis livré par ailleurs à une série d'expériences afin d'éclaircir les rapports qui peuvent exister entre l'autotomie et la fuite .

Ces essais consistent à attacher solidement un bras d'Astérie à la paroi de l'aquarium ou à le relier à un plateau lesté. Si on serre fortement ce bras avec un noeud coulant on obtient presque sûrement l'autotomie du bras.

Ce résultat étant obtenu si le lien est fixé au bac ou non, ne peut être en faveur d'une cassure par excès de traction.

Pour éviter l'autotomie, je répartis la pression de façon égale sur une certaine longueur de bras, en plaçant sur le système nerveux de petites baguettes de bois pour éviter de le léser .

Par ce procédé il m'a été possible d'appliquer sur le bras de Coscinasterias tenuispina une traction de 1.500 grammes sans avoir de cassure ni autotomie .

Si l'animal est relié à un poids supérieur à la force d'adhérence de ses podia l'animal se détache entièrement de la paroi, avec cassure d'un certain nombre de podia .

Si le poids fixé à l'animal est modéré, ou si l'animal est attaché à un point fixe de l'aquarium, on n'observe pas de fuite dans une direction déterminée, ni cassure mais seulement un essai de libération par des mouvements de torsion du bras qui cherche ainsi à se dégager du garrot. (ce qui réussit la plupart du temps.)

Afin de réaliser un système d'attache dont l'animal ne pourrait se dégager facilement, j'ai percé un bras horizontalement au moyen d'un gros fil d'aluminium.

Les deux extrémités de ce fil sont reliées à un point fixe de l'aquarium. L'animal est ainsi prisonnier sans que son système nerveux radiaire soit touché.

Je n'ai jamais observé d'autotomie dans ce cas . La plupart du temps même l'animal semblait n'éprouver aucun désagrément de ce mode de fixation, et restait immobile.

Les déplacements de l'Astérie, et les tractions qui en résultent n'ont lieu qu'en présence de nourriture.

Si l'on dispose alors de la nourriture à proximité de l'Astérie, celle-ci se déplace dans sa direction, et exerce une traction sur son lien. Dans ce cas encore il n'y a pas autotomie, mais déchirure des téguments au point d'attache du fil, ce qui libère l'individu au prix d'une déchirure ordinaire.

CONCLUSIONS SUR L'AUTOTOMIE

Ces diverses observations nous permettent de tirer les conclusions suivantes:

- Les Astéries semblent ne pas présenter de réflexes de fuite comparables à ceux que l'on peut observer dans d'autres Espèces animales.
- Les déplacements des Astéries ne se font pas selon une direction privilégiée.
- Les Astéries sont sensibles à un " dérangement " et effectuent en ce cas un déplacement de faible importance et dans une direction qui dépend uniquement du mode de fixation de l'animal à ce moment.
- Si un garrot est placé autour d'un bras sans léser le ruban nerveux, l'Astérie cherche seulement à dégager ce bras des contraintes exercées envers lui par des contractions et des torsions.
- Si un bras d'Astérie est attaché sans garrot et sans lésion du ruban nerveux (fil traversant ce bras) on n'observe ni autotomie ni réflexe de fuite , mais seulement :
 - a - si la traction est très forte, un arrachement de l'Astérie entière par cassure des podia.
 - b - si la force de traction ne dépasse pas la force d'adhérence des podia les téguments se déchirent au point d'attache, amenant la libération de l'animal au prix d'une simple déchirure.
- Si le ruban nerveux radial est fortement traumatisé en un point, même si aucune traction n'est exercée sur l'animal il se produit un réflexe de défense par autotomie totale du bras.

SCHIZOGONIE

Ce terme a été créé par CUENOT (25) pour désigner la division d'une Astérie en deux individus-fils par section du disque. Chaque individu ainsi créé est constitué de un ou plusieurs bras reliés par la portion correspondante du disque.

On peut observer des individus-fils ayant de 1 à 5 bras, possédant un ou plusieurs madréporites et systèmes axiaux ou même en étant dépourvus. Ils peuvent avoir un anus ou non.

On peut répartir les Coscinasterias tenuispina récoltés dans la nature en trois catégories suivant qu'ils présentent les signes :

- soit d'une division récente, ayant les bras égaux et une zone de mutilation visible.
- soit une division ancienne, avec des bras néoformés à l'emplacement de la mutilation primitive.
- soit enfin les marques de divisions produites à des époques différentes, avec des néoformations d'âge également différent.

Un essai de classification des échantillons de Coscinasterias tenuispina récoltés dans la région de Marseille n'a permis de mettre en doute des notions acquises par les différents Auteurs :

1° - Période favorite de schizogonie.

Ayant recueilli sur les mêmes emplacements et régulièrement en toute saison des Coscinasterias tenuispina, je n'ai pas rencontré de modification sensible du pourcentage des animaux des trois catégories précédentes.

Cette notion vient donc en opposition de la théorie de CROZIER (19). Cet Auteur, en effet estime que la schizogonie est un phénomène de reproduction asexuée alternant avec la reproduction sexuée qui a lieu en hiver chez les individus méditerranéens

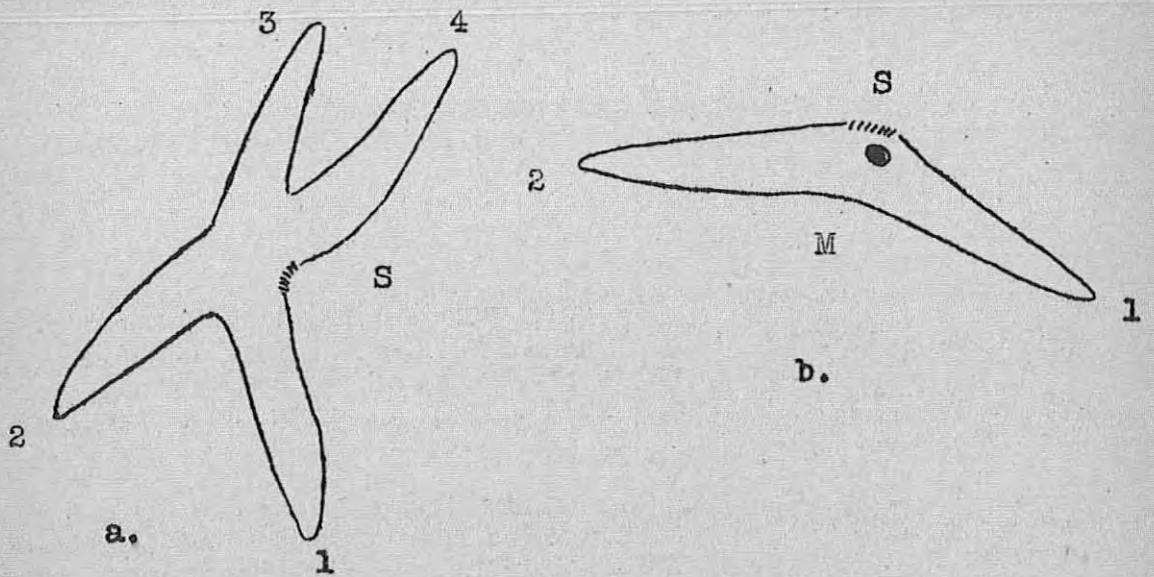


Fig.8 - Echantillons de Coscinasterias tenuispina après schizogonie.

- a - Individu à 4 bras, sans madréporite.
 b - Individu à 2 bras, avec un madréporite.

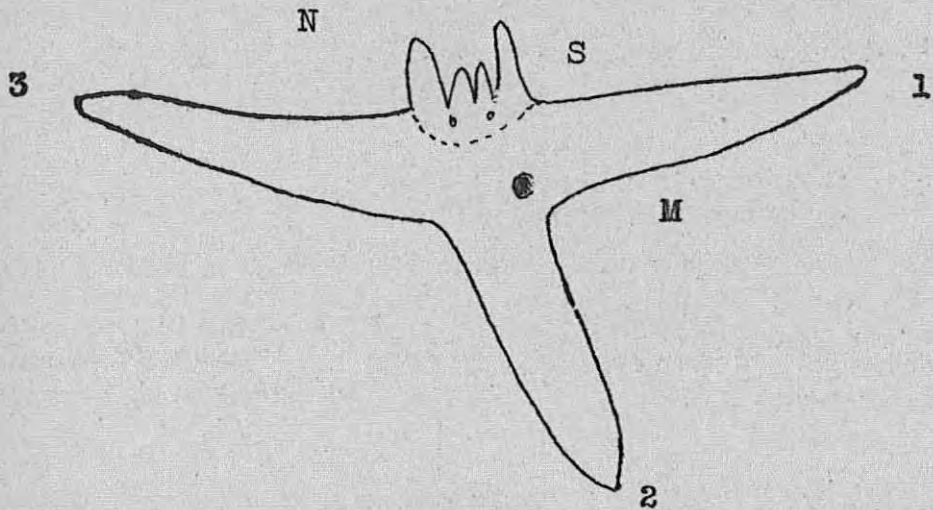


Fig.9 - Echantillon de Coscinasterias tenuispina en cours de néoformation.

Son opinion s'appuie sur des statistiques, constituées d'une part par la courbe de température de l'eau de mer aux Bermudes où ont eu lieu ses récoltes, et d'autre part le pourcentage des animaux en cours de schizogonie récente. Ces deux courbes sont en effet comparables.

L'Auteur estime que le minimum de schizogonies a lieu en décembre, à l'époque de la reproduction sexuée, l'animal conservant son énergie pour la production des gamètes.

En été l'énergie serait dirigée vers la reproduction asexuée. Ce serait en somme sous l'influence des variations de température que les deux phénomènes seraient réglés.

Mais il y a lieu de regarder ces statistiques d'un peu plus près et j'y reviendrai ultérieurement. En effet ces courbes du nombre d'animaux récoltés portent sur des récoltes d'environ 38 animaux par mois en moyenne. Il est hors de doute que la récolte de 2 ou 3 échantillons entiers ou différents ferait varier considérablement le pourcentage et les courbes.

De plus il faut considérer le résultat brut de ces statistiques : le pourcentage des animaux entiers va de 11 en Juin à 75 en Décembre. Ainsi il faut reconnaître que pendant la période de génération sexuée il y a néanmoins 25 % de schizogonies. De même pendant la période de schizogonie 11 % des individus sont réfractaires à ce mode de division.

Il n'y a donc pas alternance de générations sexuées et asexuées, mais un chevauchement des deux phénomènes.

Comme nous le verrons plus loin, la schizogonie est un phénomène absolument indépendant de la reproduction sexuée, et se produit en toute saison. Mais les causes de la schizogonie peuvent suivant les saisons donner des différences de pourcentage des animaux divisés.

2° - Zone préétablie de schizogonie

On n'observe pas de ligne de symétrie ou de région préétablie de schizogonie. Ce phénomène aurait été observé par Isamu YAMAZI (83) chez Coscinasterias acutispina.

Selon cet Auteur la schizogonie se ferait selon le plan de symétrie de l'Astérie qu'il définit comme perpendiculaire à la ligne joignant les anus.

Cette théorie est en opposition avec les dessins de EDMONDSON (31). Celui-ci a dans son travail fait 11 dessins de ces Coscinasterias, dont aucun ne correspond au type dé-

crit par YAMAZI, qui est à 8 bras dans .79 % des cas.

D'ailleurs YAMAZI se borne à déclarer que les échantillons qui n'ont pas 8 bras doivent être considérés comme des variations individuelles du type 8.

Enfin l'examen de la figure 2 de son travail (83) me laisse penser que ce qu'il considère comme une ligne préétablie de division est en réalité la ligne de séparation des tissus anciens et récents au cours de la néoformation, ligne qui d'ailleurs disparaît dès que les bras néoformés ont atteint la taille des bras anciens.

Cette opinion est confirmée par l'examen des dessins d et e de la figure 2 du travail d'EDMONDSON (31) qui représentent des échantillons de Coscinasterias acutispina dont la taille et la disposition prouvent bien que ces Astéries ont subi certainement deux schizogonies successives sur des plans différents

Ces dessins rappellent ce que j'ai observé chez Coscinasterias tenuispina (fig.12) où des plans de schizogonies successives n'ont aucun rapport les uns avec les autres.

3° - Madréporite prééxistant

CROZIER (19) estime que l'apparition d'un madréporite est un phénomène préliminaire à la schizogonie.

La schizogonie serait ainsi due à la présence de plusieurs " physiological anterior point " qui, amèneraient des bras ou groupes de bras d'Astéries à tirer dans des directions différentes, provoquant la division .

Je n'ai pour ma part jamais observé cette particularité et mon opinion est confirmée par le fait que l'examen microscopique montre que les complexes axiaux se forment en même temps que les bras. La formation des madréporites est assez lente de sorte que ceux-ci ne sont souvent visibles à la loupe que lorsque les bras ont atteint deux à trois centimètres.

Il n'est pas rare de rencontrer des individus-fils issus d'une schizogonie dépourvus de madréporite. Ceci montre que le madréporite n'est pas prééxistant à cette schizogonie, ou apparu avant elle. Ces individus-fils vivent très bien et ne recouvreront de système axial que lors de la néoformation.

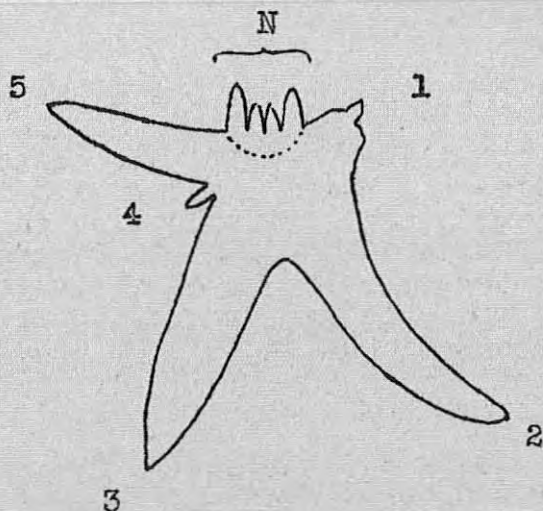


Fig. 10 - Coscinasterias tenuispina ayant subi trois sortes de lésions expérimentales.

- 1. Régénérat après amputation radiaire.
- 4. Régénérat après autotomie.
- N. Néoformation après schizogonie.

Aucun madréporite n'était visible.

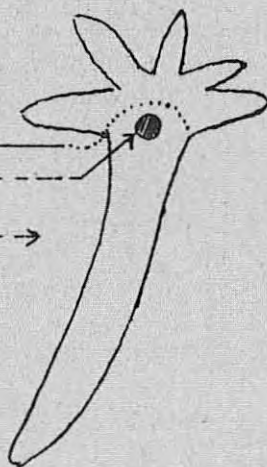
Fig. 11 - Forme en semi-comète de Coscinasterias tenuispina

Bras néoformés ----->

Plan de schizogonie _____>

Madréporite ancien ----->

Bras ancien ----->



Seules les formes en semi-comète ne peuvent survivre et néoformer de nouveaux bras que si elles sont pourvues d'un madréporite . Nous reviendrons plus loin sur ce point .

4° - Rapport entre le nombre des bras et la schizogonie

Certains Auteurs pensent que la schizogonie se produit quand le nombre de bras égale 7, ou que celle-ci tend à redonner ce chiffre 7.

CROZIER (18) se sert pour établir cette théorie des expériences de H.D.KING (48) qui a pu au moyen de lésions interradiaires obtenir la néoformation de un ou deux bras.

Il faut de suite dire que le fait d'obtenir des néoformations après lésions expérimentales, n'implique pas la possibilité de néoformations de bras pour un motif quelconque autre qu'une lésion.

De plus on observe dans la nature des schizogonies chez des animaux ayant un nombre quelconque de bras, et en définitive on ne retrouve le chiffre de 7 bras que dans 50 % des individus .

BENNETT (10) a bien montré comment le nombre de bras qui est normalement de 5 à l'état larvaire peut, par suite des schizogonies et des néoformations successives, atteindre le chiffre de 6 ou 7.

Cette théorie à caractère mathématique est bien plus nette que celles qui voient dans ces phénomènes un besoin d'atteindre le nombre de 7 bras.

.. Nous verrons un peu plus loin dans la partie consacrée aux statistiques comment il est possible, au moyen des données de BENNETT (10) et de KOWALEVSKY (52) de donner un sens tout à fait différent aux courbes de CROZIER (18).

5° - Taille des bras

E.PERRIER (70) dit que la division se fait lorsque les bras de Coscinasterias tenuispina ont atteint une certaine taille.

D'autres Auteurs estiment que la schizogonie se produit principalement au cours des premiers stades de la vie.

Pour ma part je ne vois aucun rapport entre la taille des bras et la schizogonie. Celle-ci se produit à tous les âges et chez des échantillons de toute taille. J'ai pu recueillir de jeunes animaux dont les bras avaient moins de un centimètre et qui présentaient des néoformations déjà avancées, ainsi que des individus âgés ayant des bras de plus de plus de 8 centimètres, et qui venaient de subir une schizogonie.

COMPORTEMENT DE COSCINASTERIAS TENUI SPINA EN ELEVAGE.

Afin de pouvoir suivre le comportement de ces Astéries et les modalités de la schizogonie, j'ai pratiqué pendant environ deux ans l'élevage de plusieurs centaines d'individus.

J'ai pu d'abord contrôler les observations de KOWALEVSKY (52) qui a constaté qu'en plaçant des Coscinasterias dans un aquarium, ceux-ci se divisent par schizogonie dans les 24 ou 48 heures.

Il faut d'abord signaler que ce phénomène n'est pas général et peut fort bien ne pas exister. Si on récolte en effet les animaux très tôt le matin, alors qu'ils sont encore endormis et qu'on les place directement dans les bacs d'élevage, on n'a pas pratiquement de schizogonies. Il en est de même pour des animaux récoltés sur des algues ou des petits cailloux que l'on n'essaie pas d'enlever.

Par contre une récolte normale d'animaux se trouvant sur des pierres et dont on les détache, ou même le transport d'animaux fixés sur les parois d'un récipient dans un autre récipient est suivi d'un certain nombre de schizogonies dans les 48 heures.

Cette schizogonie n'est pas naturelle, et ne provient pas du changement de milieu, mais seulement de la façon dont les animaux ont été récoltés. Comme nous le verrons plus loin, ce sont les traumatismes subis au cours de la récolte qui sont la cause de cette " épidémie de schizogonies " dans les deux premiers jours de la récolte.

L'observation capitale de ces élevages en bacs flottants est qu'après ces 48 heures, et pendant toute la durée de ces élevages (deux ans environ) je n'ai observé aucun cas de

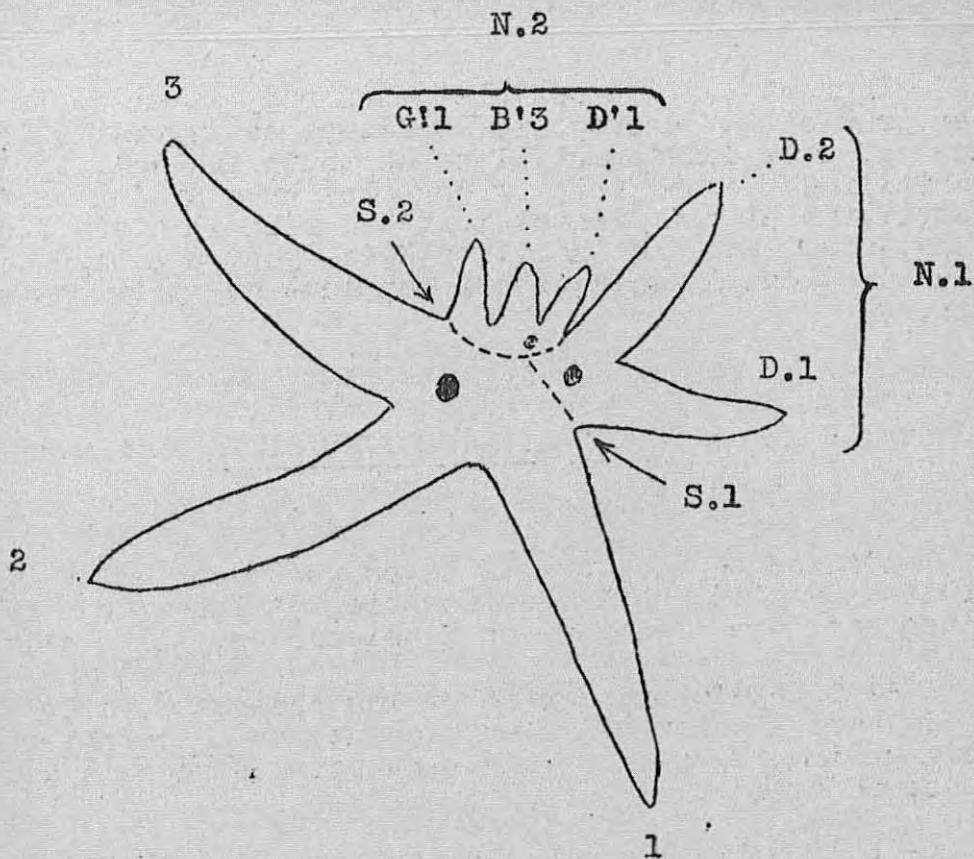


Fig.12 - Echantillon de Coscinasterias tenuispina ayant subi deux schizogonies successives, en cours de néoformation.

- 1,2,3, Bras les plus anciens.
- S.1 Plan de la première schizogonie.
- D,1 , D,2 Bras néoformés après cette schizogonie.
- S,2 Plan de la seconde schizogonie.
- D'1 , G'1 , B'3 Bras formés après la seconde schizogonie.

Explication historique : Après la première schizogonie S,1 l'individu-fils possédait les bras appelés actuellement 1, 2, et 3 , mais peut-être aussi un bras 4 , disparu au cours de la schizogonie S,2 .

Au cours de la première néoformation sont apparus D,1 , D,2 , ainsi que des bras G,1 , G,2 qui ont disparu au cours de la seconde schizogonie, en même temps que le bras 4.

Les trois madréporites appartiennent chacun à un stade différent.

schizogonie.

Pendant toute cette période, des pêches fréquentes m'ont permis de constater que, dans les calanques voisines, les animaux vivant en liberté présentaient en toute saison un pourcentage assez élevé de schizogonies.

Les animaux de mon élevage recevaient l'eau de la calanque voisine, à une température sensiblement égale, et vivaient dans des conditions comparables à celles des animaux en liberté, l'alimentation mise à part.

Les Astéries de mon élevage, en effet, étaient alimentés soit de débris de poissons, soit de moules décortiquées, et n'avaient donc pas comme en liberté l'obligation d'exercer un effort pour s'assurer de leurs proies.

Ces observations, jointes aux expériences de schizogonie expérimentale, m'ont permis d'édifier une théorie concernant ce phénomène.

EXPERIENCES DE SCHIZOGONIE PROVOQUEE

H.D.KING (48) et HOPKINS (44) ont au cours de leurs études pratiqué des lésions expérimentales dans diverses espèces d'Astéries. Ces lésions affectaient en général la région orale interradiale.

Tandis que H.D.KING pratiquait une seule incision dans la région orale d'Asterias vulgaris pour observer les néoformations qui en résultent, HOPKINS pratiquait deux incisions en deux interradii et obtenait une schizogonie expérimentale, dont il donnait l'explication physiologique.

J'ai pu refaire et vérifier ces expériences: Une incision dans un interradius de Coscinasterias tenuispina provoque seulement la néoformation d'organes, tandis que deux incisions, chacune dans un interradius différent, provoquent rapidement la division de l'animal en deux par schizogonie.

Pour expliquer cette schizogonie expérimentale, HOPKINS admet que les mouvements de l'Astérie sont synchronisés par l'anneau nerveux périoral. Il est facile de comprendre qu'en pratiquant deux incisions dans cet anneau on supprime l'homogénéité du système nerveux, et que chacune des portions obtenues agira indépendamment de l'autre.

Les rubans nerveux radiaires perdent leur synchronisme de mouvement, chacun obéissant à la portion de l'anneau nerveux périoral à laquelle il est rattaché. Les différentes portions agissant pour leur propre compte se mettent à tirer dans des directions différentes ce qui amène en fin de compte la déchirure du disque. (Fig. 13)

Il est clair que si l'on fait plus de deux lésions on obtient une schizogonie en 3, 4, ou 5 portions.

Dans ces expériences la schizogonie se produit dans un délai allant de une heure à deux jours.

Notons que les animaux qui subissent au laboratoire une schizogonie expérimentale pratiquent (quelles que soient les zones incisées) une néoformation tout à fait semblable à celle que l'on observe chez les individus qui ont subi une " schizogonie naturelle ". Cette observation vient à l'appui de la thèse selon laquelle la néoformation succède à la schizogonie, sans préformation d'organes.

Un cas particulier de schizogonie provoquée m'a été fourni par des Astéries auxquelles j'ai pratiqué une seule incision orale dans un interradius, mais qui par ailleurs avaient subi une schizogonie quelque temps auparavant .

On peut constater (Fig. 14) que le plan formé par l'emplacement de l'ancienne schizogonie et l'incision récente, forme le plan de nouvelle schizogonie qui se produit effectivement.

Cette expérience a l'intérêt de nous montrer que tant qu'une schizogonie n'est pas réparée par la fermeture des systèmes périoraux, une incision unique dans un interradius provoque la schizogonie. Elle nous permet en même temps de dater cette fermeture puisque, au moment où elle est effective, une lésion unique dans un interradius n'amène plus de schizogonie.

J'ai pu également pratiquer des expériences de schizogonie provoquée chez Marthasterias vulgaris et Echinaster sepositus, qui se sont divisées de la même façon que Coscinasterias tenuispina, mais sans survie des individus-fils.

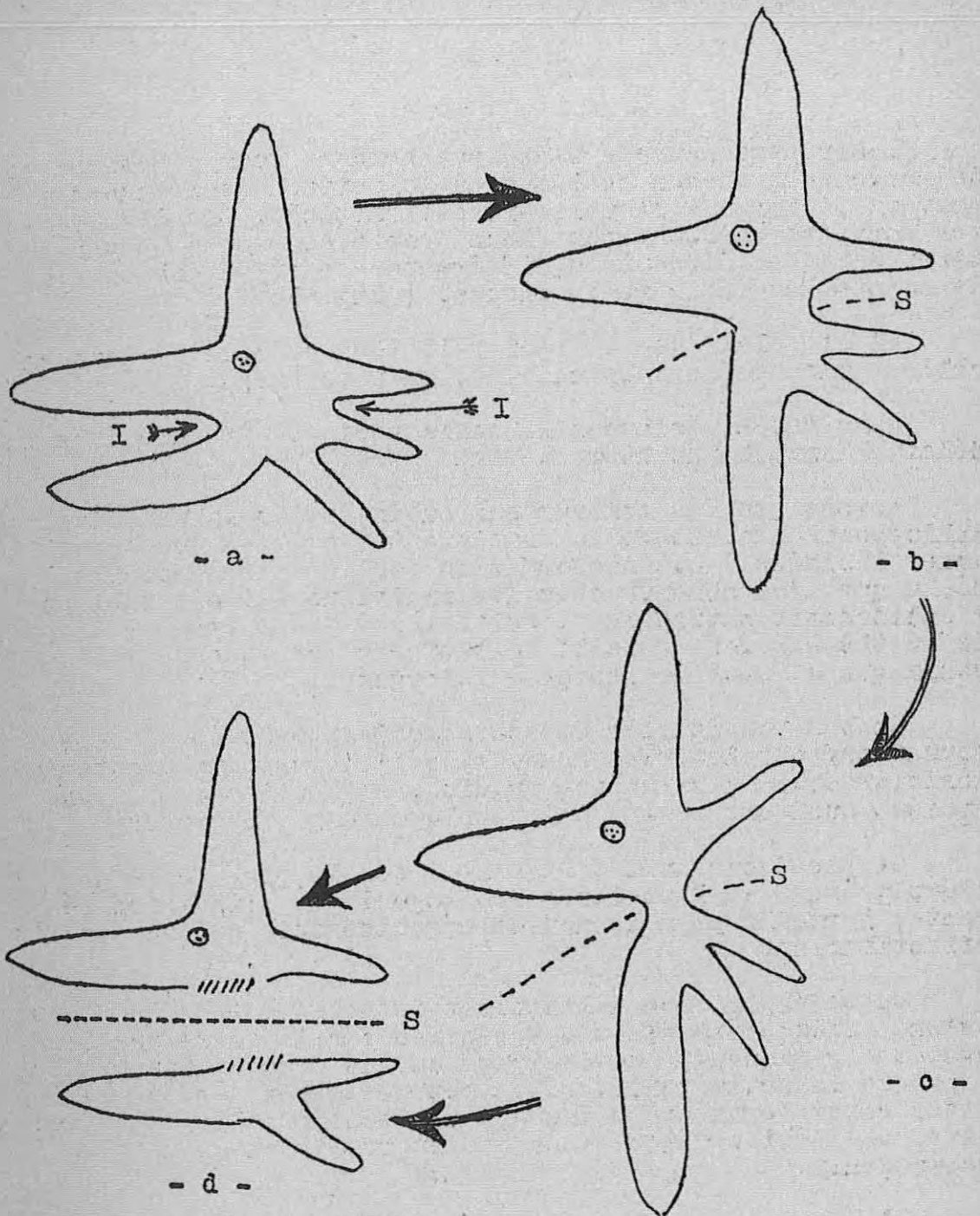


Fig.13 - Phases successives de la schizogonie provoquée chez *Coscinasterias tenuispina*

I : incision de la région orale.
 S : plan de schizogonie déterminé par les incisions

ESQUISSE D'UNE THEORIE DE LA SCHIZOGONIE

J'ai été amené, par suite de l'observation du comportement des Coscinasterias tenuispina en élevage et en liberté d'une part, et en raison des résultats obtenus au cours de mes expériences de schizogonie provoquée d'autre part, à admettre que les schizogonies observées dans la nature ont une origine comparable à celles qui sont provoquées expérimentalement.

On peut facilement concevoir que les Astéries se font, au cours de la lutte qu'elles doivent livrer pour la conquête des proies, des lésions de la région orale, ce qui ne peut se produire dans mes élevages où la nourriture est constituée d'animaux morts ou décortiqués, ne leur offrant aucune résistance et n'exigeant aucun effort de leur part.

Ces lésions affectent en premier lieu le ruban nerveux oral qui se trouve autour de la bouche, ruban qui, étant donné sa faible épaisseur, est relativement facile à sectionner. Ces lésions peuvent être facilement provoquées par le bord tranchant d'une coquille de Moule ou de Patelle.

J'ai eu d'ailleurs l'occasion de récolter sur des rochers des Coscinasterias tenuispina visiblement en cours de schizogonie et qui conservaient encore dans la bouche des fragments de coquilles de Patelle.

D'autre part l'arrachement plus ou moins violent des Etoilés de leur support provoque de fines lésions qui seront cause d'une schizogonie quelques heures après. C'est l'explication la plus simple des observations de KOWALEVSKY.

Une fois le ruban nerveux sectionné en plusieurs points le mécanisme de schizogonie fonctionne plus ou moins rapidement. Si le ruban nerveux est sectionné en un seul point, la physiologie des Astéries n'est pas modifiée, mais si une seconde lésion se produit quelque temps après (avant que le ruban nerveux se soit refermé) il y aura schizogonie.

La schizogonie est donc déterminée par la perte du synchronisme de mouvement des différents bras, chacun obéissant à la portion de l'anneau nerveux périoral à laquelle il est rattaché.

Cette explication de la schizogonie chez Coscinasterias tenuispina (qui vaut d'ailleurs pour les autres espèces d'Astéries) peut paraître étonnante, puisqu'il était admis par la plupart des Auteurs qu'elle constituait un mode de

reproduction asexuée alternant avec une génération sexuée.

Mais, seule, cette explication montre clairement pourquoi on observe dans la nature (et en toute saison) un grand nombre d'échantillons ayant subi une division récente tandis que dans mes élevages on n'en observe aucun cas.

La différence de régime alimentaire et l'absence de lutte avec d'autres espèces animales sont les seuls facteurs qui peuvent expliquer l'absence totale de schizogonies dans mes élevages. D'ailleurs la présence de schizogonies dans les bacs des aquariums exposés au public où les Astéries sont mélangées avec d'autres espèces confirme cette thèse.

Enfin cette théorie identifie la " division naturelle " et la schizogonie expérimentale. L'une et l'autre sont causées par un traumatisme comparable et suivies d'une néoformation identique.

L'origine de ces lésions étant accidentelle et ces lésions se produisant à n'importe quel point du ruban périoral, on comprend :

-- 1° que l'on n'observe jamais de période où les animaux sont tous entiers, ou tous en cours de néoformation et que l'on rencontre au contraire au cours de l'année à peu près la même proportion d'individus entiers.

Si l'on rencontre l'hiver un nombre d'individus entiers un peu plus grand, cela peut s'expliquer d'une part par le fait que la température plus basse de l'eau suscite chez tous les animaux une activité moindre, d'autre part cette période étant celle de la ponte, il est possible que les Astéries, comme d'autres espèces animales, aient alors une alimentation plus réduite. Enfin cette période étant celle de la ponte pour beaucoup d'autres espèces, il est possible que les Astéries chassent alors de petites proies ou même se nourrissent d'oeufs.

-- 2° qu'il n'y ait pas de zone préétablie de schizogonie. Celle-ci dépend uniquement des points où la région orale a subi des lésions. Ces lésions où qu'elles se produisent dans la région périorale déterminant les différentes zones de schizogonie. Les phénomènes de néoformation sont identiques quels que soient les plans de schizogonie.

-- 3° que le nombre et la disposition des madréporites n'ait absolument aucune importance. La néoformation se produit quel que soit le nombre de madréporites

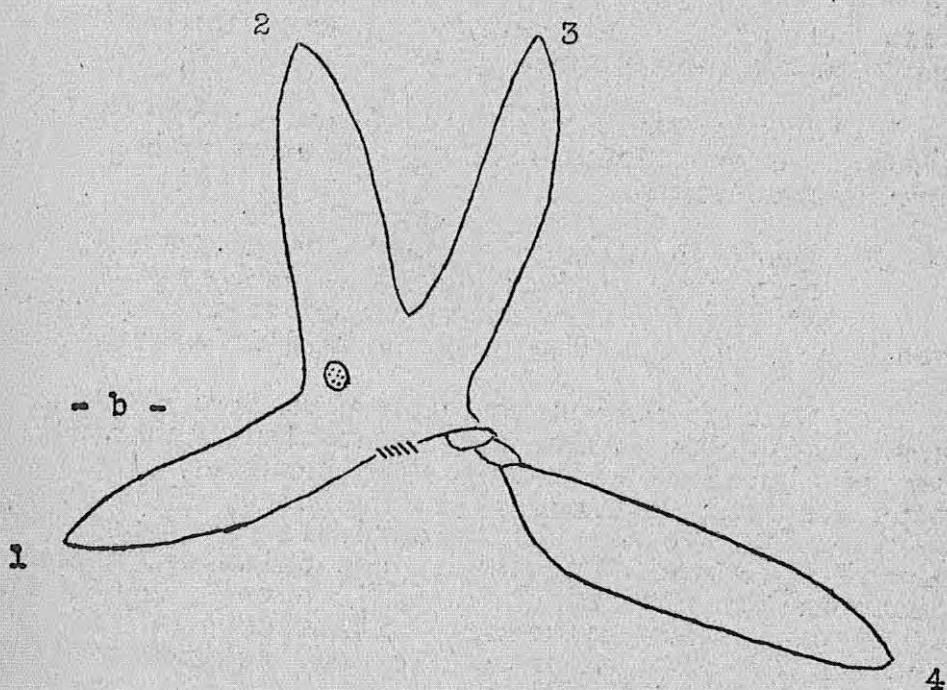
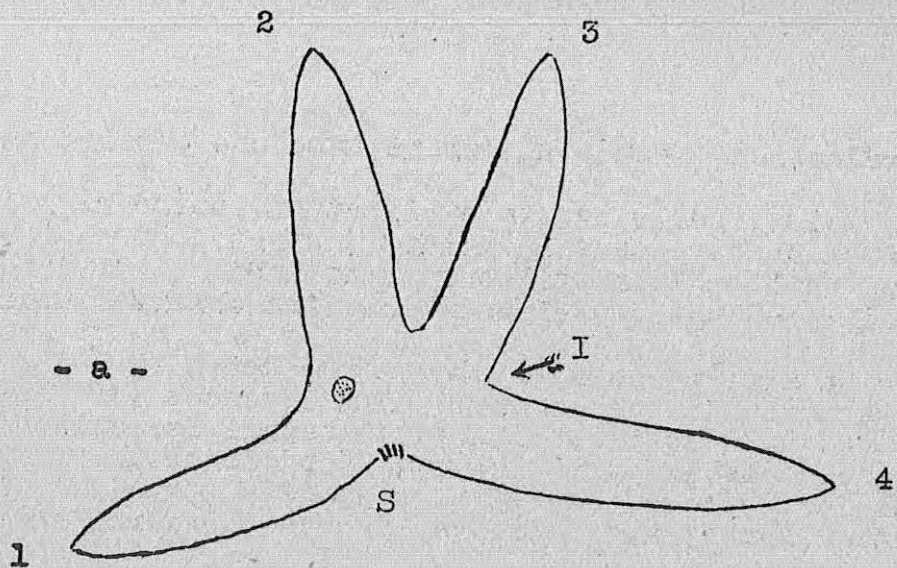


Fig.14 - Cas particulier de schizogonie chez Coscinasterias tenuispina.

- a - L'échantillon qui avait subi une schizogonie en S est incisé en I dans la région orale.
- b - Le bras 4 compris entre l'incision et la zone de schizogonie se déplace indépendamment des autres bras, et a même fait plusieurs tours sur lui-même. Il ne tardera pas à se détacher.

possédés par l'individu-père, et le nombre de ceux qui apparaissent sur les parties néoformées est indépendant du nombre de ceux qui existaient tant sur l'individu-père que sur l'individu-fils qui forme son bourgeon, ou enfin sur la portion disparue lors de la schizogonie.

-- 4° que cette schizogonie n'a aucun rapport avec le nombre des bras ou leur taille : cette schizogonie se produit aussi bien chez les échantillons de très grande taille que chez les plus petits. Elle affecte aussi bien les individus entiers, dont les bras ont une longueur égale, que ceux qui ont subi une schizogonie récente, en cours de néoformation ou non.

On peut opposer à cette théorie l'exemple des autres Astéries vivant dans la même région, ayant une alimentation comparable et qui ne présentent pas ces phénomènes de schizogonie. Il en est ainsi pour Marthasterias glacialis Linné et Echinaster sepositus Gray.

Il serait d'abord faux de dire que ces espèces ne présentent pas de cas de schizogonie. J'ai pu en effet observer dans les bacs de l'aquarium d'Endoume cinq cas de schizogonie chez Marthasterias glacialis, et deux chez Echinaster sepositus. Ces chiffres sont faibles en valeur absolue, mais relativement élevés quand on sait qu'il n'y a jamais plus d'une quinzaine d'Astéries dans les bacs.

Par ailleurs ces Astéries ne présentent pas de phénomènes de néoformation après une schizogonie. Celle-ci amène leur mort. On ne peut donc pas trouver des échantillons présentant des marques de schizogonies anciennes, comme c'est le cas pour Coscinasterias tenuispina.

On peut facilement penser que Marthasterias glacialis ayant une région orale plus protégée, une taille plus grande, et un système de podia plus puissants a beaucoup moins de chances de se mutiler.

Pour Echinaster sepositus, quoique la région orale soit très peu protégée, les chances de lésions sont réduites par suite de la très faible force de son système ambulacraire qui ne lui permet pas de s'attaquer à des proies solidement fixées ou fortement défendues.

Disons enfin que, si la schizogonie est bien pour

Coscinasterias tenuispina une cause de prolifération de l'espèce, elle ne l'est que grâce au pouvoir de néoformation de cette espèce. Par contre, les espèces d'Astéries incapables d'édifier des néoformations après schizogonie sont incapables de profiter des accidents dont elles sont victimes pour augmenter la densité de leurs populations.

On peut d'ores et déjà se demander, quoique cette question sorte un peu du cadre de ce paragraphe, pourquoi certaines espèces comme Marthasterias glacialis et Echinaster sepositus meurent après schizogonie, tandis que Coscinasterias tenuispina survit et réalise des néoformations.

Il est d'abord certain que toutes les Astéries sont douées du pouvoir de régénération après autotomie.

Il est d'autre part certain que la néoformation de un ou plusieurs bras peut être provoquée par une lésion interradiale. Ce phénomène a été observé par H.D.KING (48) chez Asterias vulgaris.

J'ai pu pour ma part observer le même fait chez Marthasterias glacialis, Echinaster sepositus, et Coscinasterias tenuispina. Selon l'importance de la lésion on peut observer soit une cicatrisation simple, soit la néoformation de un ou deux bras.

Ainsi les espèces d'Astéries qui meurent après schizogonie sont néanmoins capables d'effectuer des néoformations après une simple lésion interr radiale.

Je suis donc amené à penser que si, chez ces espèces, la néoformation ne se produit pas après schizogonie, ce n'est pas à cause de l'absence d'un pouvoir de néoformation, mais par suite d'une mort prématurée avant les phénomènes de cicatrisation.

Comme je le redirai plus loin, si l'on peut par un procédé quelconque éviter cette mort après schizogonie, mort due à une hémorragie, on peut observer chez les Astéries les phénomènes de néoformation que l'on n'observe normalement que dans un nombre restreint d'espèces comme Coscinasterias tenuispina.

En terminant cette étude on voit que la schizogonie diffère de l'autotomie par un certain nombre de caractères:

L'autotomie se produit toujours le long d'une ligne bien déterminée à la limite du bras et du disque.

La schizogonie se fait au contraire selon une ligne non préétablie.

Si ces deux phénomènes trouvent leur origine dans un traumatisme, l'autotomie est un phénomène réflexe qui se produit en un point précis quel que soit l'emplacement de la lésion sur le bras. La schizogonie nécessite deux lésions dont la position détermine le plan de section de l'animal, cette division n'étant pas un acte réflexe

LESIONS SIMPLES

Je ne cite que pour mémoire les lésions simples dont sont victimes les Astéries. Elles consistent en lésions des téguments, arrachement des podia, phénomènes qui sont suivis d'une cicatrisation normale.

LESIONS INTERRADIAIRES

Les lésions interradiaires méritent une mention spéciale

En effet une lésion (coup de scalpel ou blessure naturelle) pratiquée dans un interradius et intéressant la région orale provoque par suite du sectionnement des systèmes périoraux l'apparition du processus de néoformation avec constitution de un ou deux bras.

De plus, comme nous venons de le voir, la présence simultanée de plusieurs lésions interradiaires est la cause de la schizogonie.

La néoformation d'un bras dans un interradius peut donc être expliquée par la présence d'une lésion dans cet interradius, ce phénomène étant considéré par CROZIER comme destiné à contribuer à donner aux Astéries un nombre de bras égal à sept.

=====

STATISTIQUES

=====

Il est d'un usage courant dans de nombreux travaux actuels de Biologie de présenter des statistiques et des courbes plus ou moins nombreuses. Certains Auteurs comme CROZIER (18) en ont même fait l'unique objet de leurs publications.

Le résultat de mes observations, de mes expériences et de l'étude des statistiques précédemment publiées m'a conduit à ne leur attacher qu'une importance réduite et à n'utiliser qu'avec une grande circonspection les conclusions que les Auteurs en tirent.

La plupart du temps en effet ces études sont faites sur un très petit nombre d'échantillons. Dans le premier travail de CROZIER (18) les courbes sont établies sur un nombre d'échantillons de Coscinasterias tenuispina allant de 20 à 62. La récolte de quelques autres échantillons pourrait donc modifier sensiblement ces courbes.

D'autre part les conclusions des Auteurs portent la plupart du temps sur les observations faites sur le plus grand pourcentage des cas observés, les autres étant passés sous silence. Ainsi ISAMU YAMAZI (83) déclare que les Coscinasterias acutispina ont 8 bras dans 79 % des cas.

Cette étude porte uniquement sur ces échantillons à 8 bras, et tout paraît très simple : plan de symétrie, nombre de bras égal à deux fois 4, présence de deux paires de madréporites et de deux anus symétriques. L'Auteur ne parle pas des autres cas, et cependant EDMONDSON (31) publie une planche où les 12 échantillons dessinés sont tous différents du type décrit par ISAMU YAMAZI. Il faudrait admettre que les exceptions sont plus courantes que la règle...

Enfin les statistiques comme celles qui ont été établies par CROZIER sur le nombre de bras de Coscinaste-

Echantillons

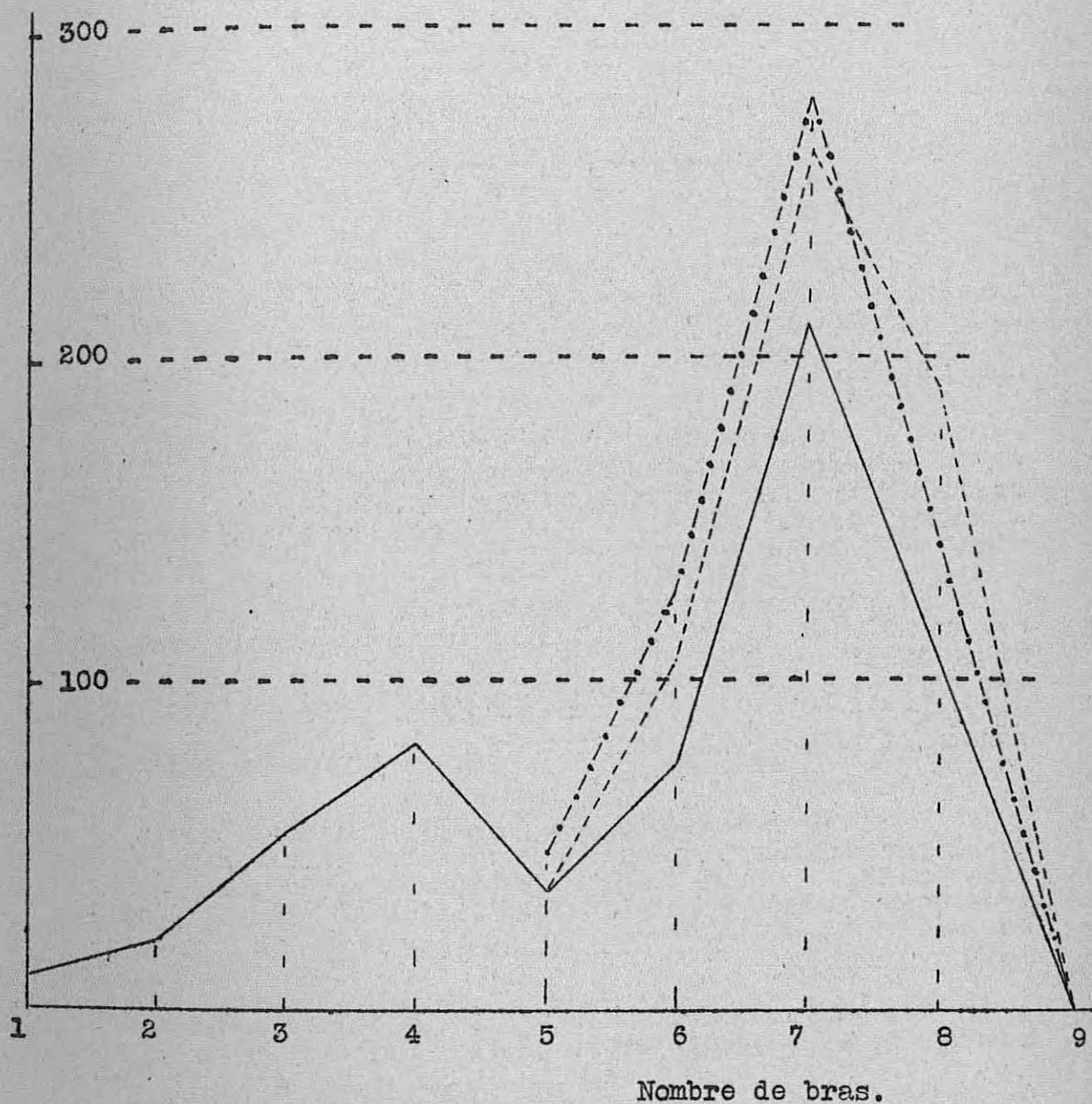


Fig.15 - Courbe de la fréquence du nombre des bras de Coscinasterias tenuispina, relative à mes récoltes

- Courbe de récoltes.
- - - Courbe théorique (néoformations supposées terminées)
- · - · Courbe expérimentale (après élevage)

(Noter que ces deux courbes sont très voisines)

rias tenuispina réunissent indistinctement les échantillons entiers et ceux qui, ayant subi une schizogonie récente ne présentent pas encore de signe de néoformation, ou dont la néoformation n'est pas encore terminée. Certaines Astéries qui figurent dans ces statistiques pourront donc un ou deux mois plus tard avoir de deux à cinq bras en plus.

On voit donc l'intérêt pour ces statistiques de pratiquer un élevage qui leur donnera une plus grande précision.

J'ai donc pensé qu'il était nécessaire de placer à côté de la courbe de "récolte" établie d'après le nombre de bras des animaux récoltés, une courbe "expérimentale" portant sur le nombre de bras des Astéries après trois mois d'élevage

Enfin, dans le but d'utiliser plus parfaitement les courbes de récolte, j'ai établi des courbes "théoriques" dans lesquelles les néoformations seraient supposées terminées.

Ces courbes sont établies facilement en supposant que chez Coscinasterias tenuispina les formes en comète donnent cinq bras, et que les échantillons à 2, 3, 4 bras qui sont sûrement des animaux non entiers vont régénérer une moyenne de 4 bras, possédant en définitive 6, 7, et 8 bras.

La courbe théorique ainsi obtenue diffère légèrement de la courbe expérimentale puisque j'ai pu observer le pourcentage suivant de néoformations:

Néoformation de 2 bras :	5 %	des cas.
... 3 .. :	20 %	...
... 4 .. :	70 %	...
... 5 .. :	5 %	...

Les courbes théorique et expérimentale sont très voisines l'une de l'autre et comparables, mais très différentes de la courbe de récolte.

Les courbes que j'ai pu ainsi obtenir (fig. 15) portent sur 600 échantillons récoltés entre 1948 et 1950. Elles concernent:

Individus entiers.....	32	soit 5 %
Schizogonie récente sans trace de néoformation	166	soit 28 %
Néoformation visible	402	soit 67 %

On peut donc utiliser la courbe de récolte des Auteurs pour en tirer une courbe théorique très comparable à la courbe expérimentale qu'ils auraient obtenue en pratiquant des élevages. (fig. 16 a et b)

Les résultats obtenus sont quelquefois assez curieux ainsi qu'en témoigne la figure 16,b. où la plus grande fréquence du nombre de bras n'est plus de 7 bras comme le dit CROZIER mais de 8 bras.

Mais à coté de toutes ces courbes, il faudrait placer une " courbe expérimentale vraie ".

BENNETT (10) en effet a montré comment les larves d'Astéries qui ont normalement 5 bras peuvent par le jeu des schizogonies et des néoformations donner des individus ayant une moyenne de 6, 7, ou 8 bras.

Si l'on voulait obtenir une courbe expérimentale vraie, il faudrait pratiquer un élevage à partir d'oeufs, les larves et adultes recevant une nourriture appropriée ne favorisant pas la schizogonie. Il est pour moi hors de doute que tous les échantillons auraient uniformément 5 bras et qu'une telle courbe se réduirait à un point.

Malheureusement les conditions délicates d'une telle expérimentation et les soins continus qu'elle requiert ne m'ont pas permis de l'effectuer.

Puisque la schizogonie n'est dans la nature que le produit d'un accident relativement fréquent qui donne aux individus-fils un nombre de bras imprévisible, que, d'autre part le nombre des bras néoformés n'a aucun rapport avec celui des bras disparus, et qu'enfin le nombre de madréporites néoformés n'a qu'un lointain rapport avec celui des bras néoformés en même temps qu'eux, la plus grande partie des statistiques se réduit à une curiosité dont le rôle et la valeur même sont très limités.

=====

Fréquence

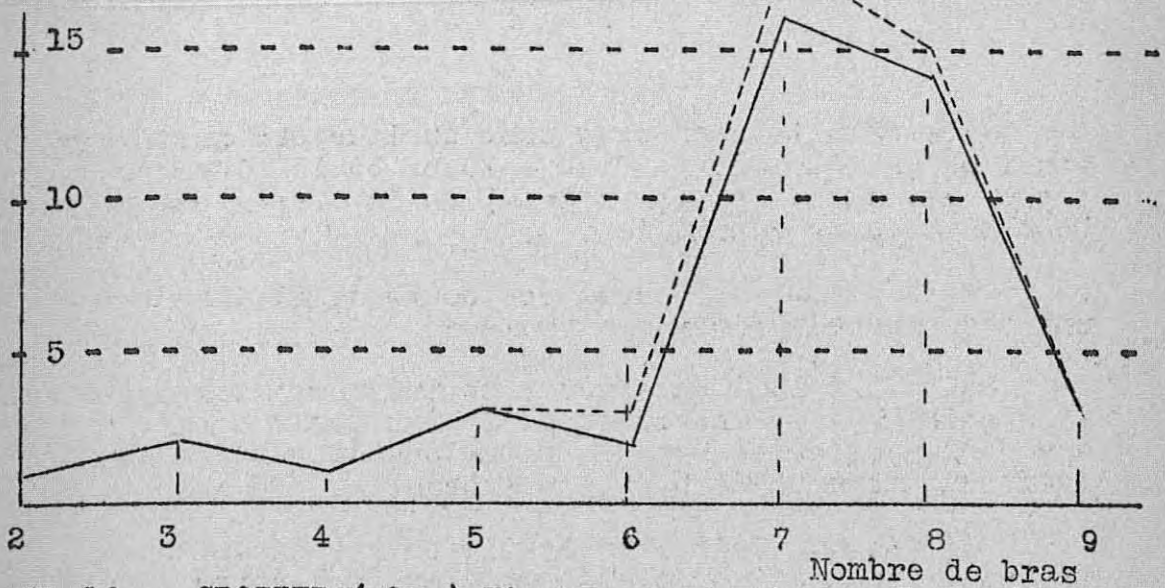


Fig.16,a CROZIER (18) Fig.1

Fréquence

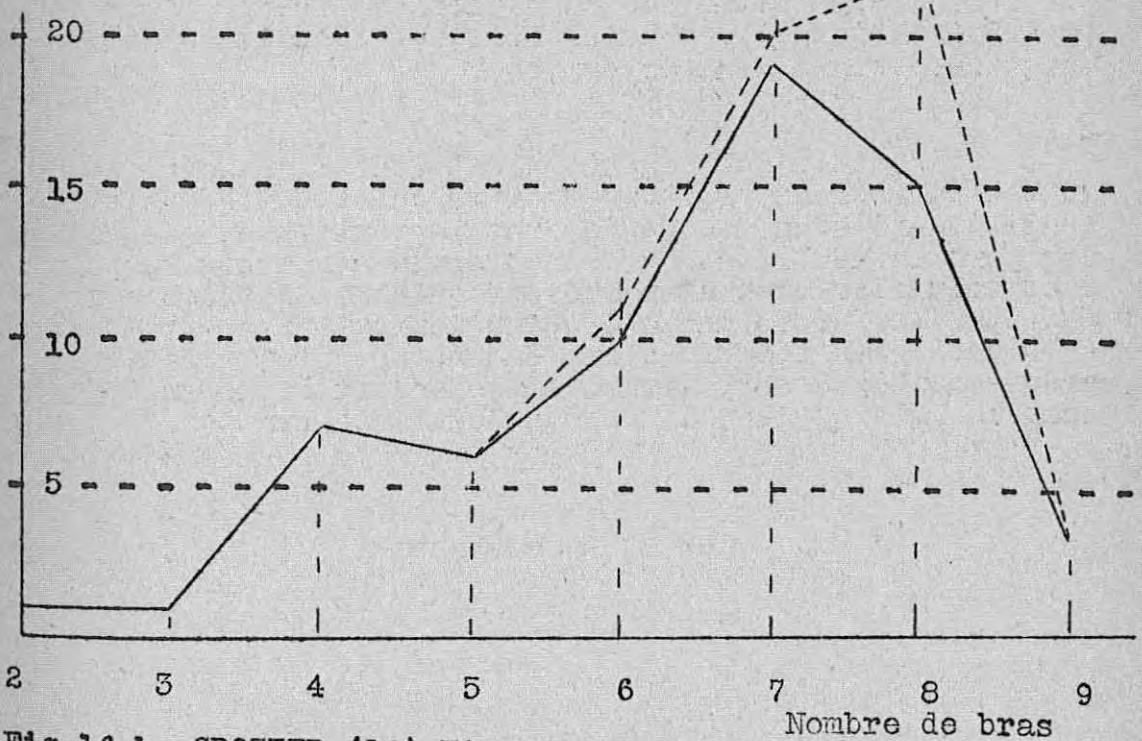


Fig.16,b CROZIER (18) Fig.2

- En traits pleins courbe établie par CROZIER.
- En pointillé courbe théorique que l'on peut établir d'après la précédente.

Noter que dans la figure 16,b la plus grande fréquence n'est plus de 7 ,mais de 8 bras.

A N A T O M I E

=====

GENERALITES

Avant d'exposer les différents phénomènes de néoformation il m'a paru nécessaire de revenir sur l'anatomie de Coscinasterias tenuispina Lamarck .

En effet, au cours des cinq années qu'ont duré mes recherches, je me suis rendu compte que la nature des résultats des études anatomiques et histologiques dépend de façon non négligeable des techniques employées .En utilisant des techniques différentes des techniques classiques j'ai pu faire un certain nombre de remarques sur l'anatomie de ces animaux, et les vérifier dans d'autres espèces d'Astéries, en particulier : Echinaster sepositus, Marthasterias glacialis et Asterina gibbosa.

En précisant l'anatomie de certains organes complexes des Astéries et certaines particularités histologiques, j'ai pu, du même coup, obtenir des aperçus sur la physiologie des Astéries tout en facilitant mon travail sur les néoformations.

Je crois donc nécessaire de justifier les résultats que j'ai obtenus dans les ordres anatomique et histologique par un exposé détaillé des techniques que j'ai employées .

=====

TECHNIQUES
DE PREPARATION.

===

UTILISATION DES TECHNIQUES COURANTES DE PREPARATION

Un premier stade de mon étude sur les néoformations a nécessité la confection et l'examen de coupes en série d'environ 300 individus de Coscinasterias tenuispina.

Pendant toute cette période l'utilisation des procédés normaux de fixation, inclusion et coloration m'a donné des résultats pour la plupart très médiocres. Très souvent en effet, et malgré le soin apporté aux différents passages, les animaux inclus en paraffine se trouvaient durcis au point de rendre toute coupe impossible. En d'autres cas ils prenaient une consistance de caoutchouc et s'écrasaient sous le rasoir.

J'ai attribué ces échecs à une mauvaise élimination des liquides des différents bains et à une mauvaise pénétration de la paraffine, en raison de l'épaisseur et de la dureté naturelle des tissus protecteurs de l'animal, ainsi que de l'abondant cloisonnement intérieur formant obstacle au passage des liquides.

J'ai pu en grande partie lever cet obstacle en faisant des passages plus nombreux, en utilisant l'alcool butylique comme solvant de la paraffine et en pratiquant l'imprégnation dans une paraffine maintenue à une température de 70° C. plus élevée que celle qui est normalement utilisée. Un seul passage pendant 3 jours dans un tel bain suffit pour provoquer l'élimination de l'alcool et son évaporation.

PRECOLORATION DES PIÈCES

J'ai utilisé une méthode nouvelle de "Précoloration des pièces" qui, se superposant aux différentes techniques que j'ai été amené à utiliser, m'a rendu les plus

grands services, à la fois dans mes recherches de techniques nouvelles, et pour mes observations de topographie.

Le bain d'imprégnation est constitué par une paraffine fortement colorée au moyen de rouge organol. Dans ce bain la pièce prend une coloration rouge foncé. Pour confectionner les blocs on se sert de paraffine blanche. Ainsi on obtient en confectionnant les coupes un ruban de couleur blanche sur lequel les sections de l'animal tranchent nettement par leur coloration rouge. On peut dès lors observer à la loupe un grand nombre de détails d'anatomie générale.

Ce procédé permet de juger très rapidement de la valeur d'une série de coupes et d'avoir immédiatement des renseignements sur les zones et organes atteints par la coupe. Il permet donc d'éviter le montage et la coloration d'un grand nombre de coupes dont l'étude n'offrirait aucun intérêt. Il représente donc un gain de temps et une économie de matériel.

Cette méthode de précoloration permet d'utiliser les techniques normales de coloration histologique car le rouge organol est soluble dans le xylol.

Elle permet également d'effectuer un montage rapide pour les recherches purement topographiques: on fait séjourner les lames un instant dans du xylol qui assure le déparaffinage ainsi que l'enlèvement de l'excès de colorant. Les lames sont alors lavées à l'alcool absolu, puis à l'eau et montées au Viscol du Dr. J. AMANN.

Grâce à ce médium de montage la coloration se conserve très bien, ce qui ne se produirait pas avec la technique habituelle au Baume de Canada ordinaire.

Cette technique très rapide est suffisante pour des études avec l'objectif 3. Elle ne peut (à moins de perfectionnements) être comparée aux colorations habituelles (CAJAL, MASSON) dont elle n'atteint évidemment pas la finesse pour les études histologiques.

RESULTATS OBTENUS AVEC LES TECHNIQUES COURANTES

L'utilisation des techniques courantes de fixation (Zenker, Bouin, Bouin-Hollande, Formol) et de préparation des pièces m'a permis d'obtenir d'excellentes coupes sous réserve d'utiliser l'alcool butylique comme solvant et des bains de paraffine à 70° C. J'ai pu ainsi retrouver dans la plupart de mes préparations l'aspect classique des différents organes:

systèmes nerveux, aquifère, sinusaire, lacunaire tels qu'ils sont décrits dans les mises au point des traités.

Mais j'ai eu la surprise d'observer dans les coupes en série d'un échantillon de Coscinasterias tenuispina une anatomie tout à fait différente caractérisée en particulier par une forme différente du système nerveux, l'absence du système sinusaire et un aspect non lacunaire du système hémal.

Par la suite, l'examen attentif d'un grand nombre de défauts et déchirures de mes préparations m'a donné à penser que les techniques de confection des préparations microscopiques utilisées par les Auteurs et moi-même provoquaient de graves perturbations dans les tissus des Astéries, et que les images obtenues accidentellement se rapprochent beaucoup plus de l'anatomie exacte des Astéries que celles que l'on obtient couramment.

Il est certain que l'on observe très souvent au moment de la fixation des contractions très violentes des bras.

On peut également admettre que des lésions et déchirures plus ou moins profondes peuvent se produire dans les tissus fragiles et même être aggravées par les passages dans les différents bains.

ESSAIS DE TECHNIQUES DE PREPARATION SANS DEFORMATION

Ces observations m'ont amené à effectuer des recherches afin de trouver une méthode de fixation, préparation, inclusion et montage qui ne provoquerait dans les pièces aucune lésion si minime soit-elle.

Au cours de ces essais, au nombre de plus d'un millier, la technique de précoloration exposée plus haut m'a été très utile en me permettant des conclusions très rapides sur le simple examen à la loupe du ruban de paraffine.

Les remarques faites au cours de ces essais peuvent être ainsi résumées:

A.- Le durcissement des pièces dans la paraffine a pour causes

- 1°.- Une décalcification insuffisante des pièces.
- 2°.- L'action de l'alcool et de la paraffine sur le fixateur mal éliminé.
- 3°.- L'action de la paraffine sur l'eau mal éliminée.

B.- Les pièces subissent au cours des préparations un certain nombre de déformations, déchirures et décollements.

1 - Le fixateur provoque la contraction d'un certain nombre de tissus. Les tissus gastriques par exemple ainsi que les coecums radiaires diminuent de moitié de volume. Ces contractions s'accompagnent de déchirures.

2 - Les tissus des Astéries contiennent une grande quantité de substances albuminoïdes. Or certaines d'entre elles sont très rapidement coagulées par les fixateurs, et la coagulation s'accompagne de contractions et décollements. D'autres sont d'une fixation très difficile (exigeant souvent plusieurs mois de séjour dans le fixateur) et quelquefois même ne peuvent être fixées.

C'est en particulier ce que l'on observe avec le liquide hémal. Le fixateur le coagule en partie et sa contraction lui donne un aspect particulier. Si, au lieu de faire coaguler le liquide hémal on le fait flocculer, on peut observer l'aspect normal, mais la fixation doit, de toutes façons, durer plusieurs mois.

Il semble d'ailleurs que la constitution des albumines hémales varie selon le mode d'alimentation de l'animal, ce qui évidemment ne simplifie pas la mise au point d'une technique de préparation qui doit naturellement pouvoir donner de bons résultats dans tous les cas.

3 - Les fixateurs étant acides attaquent presque immédiatement le calcaire des plaques et piquants. Il se produit un très abondant dégagement gazeux. Une partie de ces gaz peut s'échapper au dehors, tandis qu'une autre s'accumule dans les cavités coelomiques.

Par suite de la grande quantité des gaz accumulés dans le coelome celui-ci se déforme, les téguments subissant une poussée vers l'extérieur. Au cours de la fixation l'animal semble se gonfler, les bras s'arrondissent et se recourbent en direction de la région aborale. On observe en même temps que les podia, primitivement accolés, s'écartent progressivement en deux groupes de part et d'autre du ruban nerveux en faisant penser à l'ouverture d'un livre. On peut ainsi constater que le ruban nerveux, primitivement invisible, se gonfle énormément en formant une sorte de cylindre rempli de bulles d'air. Très souvent ce dernier éclate en libérant les gaz.

4 - L'élimination du fixateur par les méthodes classiques de lavage simple est fort longue et souvent incomplète. Elle doit être rendue totale en faisant appel à des procédés mettant en jeu des réactions chimiques.

5 - Si certains éléments des pièces ne sont pas totalement fixés, c'est l'alcool servant à la déshydratation qui opérera cette fixation. Là encore certaines précautions sont nécessaires pour éviter des déformations.

6 - Le mélange d'alcool à 95° et d'eau ne devient homogène qu'au bout d'un certain temps et se produit avec une certaine diminution de volume. On peut facilement admettre que lorsqu'une pièce encore remplie d'eau est plongée dans l'alcool il se produira, en particulier dans la zone de contact immédiat entre les deux liquides des déchirures et décollements importants. Il est donc nécessaire de pratiquer une déshydratation très progressive

7 - De son côté l'alcool butylique n'est que difficilement miscible à l'eau et à l'alcool éthylique non absolu. Par suite l'alcool butylique et, après lui la paraffine ne pénètrent pas dans les régions d'où l'eau n'aurait pas été complètement éliminée. Ce sera une cause de cassure lors de la confection des coupes.

8 - L'inclusion en paraffine est, dans le cas des Astérides, une opération très délicate qui occasionne souvent des lésions graves dans les tissus.

D'une part, lorsque les pièces sortent d'un bain d'alcool butylique (ou de xylol) et sont plongées dans de la paraffine chaude le médium d'imprégnation, très soluble et très volatile, tend à sortir plus ou moins brusquement des pièces en formant des boursouflures dans les tissus.

D'autre part, la contraction de la paraffine lors de la formation des blocs provoque des boursouflures dans les tissus et le décollement des tissus fragiles (épithélium externe et péritonéal)

L'utilisation des barres de LEUCKART en particulier accentue ces inconvénients. En effet le bloc de paraffine liquide a une forme cubique ou parallélépipédique. Les contractions de la paraffine lors de son refroidissement sont fortes, représentant une diminution de volume de 1/6 à 1/4 selon la température de refroidissement. La paraffine se trouvant dans les barres de LEUCKART restant adhérente à 5 des 6 faces du cube, toutes les forces de contraction porteront sur la 6° face qui se creusera progressivement.

De plus la solidification des blocs se fait de l'extérieur vers l'intérieur. Les pièces se trouvent donc à un certain moment dans un milieu en cours de solidification qui se contracte tandis que les bords du bloc plus refroidis sont déjà solidifiés. Les parties extérieures de l'animal tendent à se détacher. Ce décollement peut atteindre un millimètre.

9 - En dehors des phénomènes de pression osmotique que l'on observe au cours des passages, de contraction de la paraffine lors de son refroidissement, il convient de signaler le rôle de la tension superficielle.

Les phénomènes qui ressortent à la tension superficielle sont particulièrement visibles lorsque l'on pratique l'égouttage des pièces au sortir de la paraffine. La tension superficielle de la mince couche de paraffine liquide entourant la pièce suffit à décoller des membranes fragiles se trouvant au voisinage de pièces plus solides. Le ruban nerveux par exemple est comme aspiré vers l'extérieur le long du canal formé par les podia, et tend à venir s'appliquer contre ces derniers.

Il convient donc d'opérer un refroidissement particulièrement rapide dans une quantité de paraffine faible, mais suffisante.

10 - Il faut aussi signaler que de nombreuses lésions sont produites lors de l'étalement et du déroulement du ruban de paraffine. Lorsque l'on chauffe légèrement la paraffine pour la dérouler et la défroisser, on provoque également sa dilatation qui tend à lui redonner la position qu'elle occupait primitivement lorsque le bloc était encore liquide. Ces phénomènes se traduisent par une grande extension de la paraffine. Les pièces incluses, relativement plus fermes ne suivront pas cette dilatation.

Certaines parties moins résistantes suivront le mouvement de la paraffine et se décolleront de leur support.

Il est intéressant de signaler que si l'on observe au microscope de tels rubans étalés, on n'observe pas de fente dans la paraffine. On peut seulement constater que, dans les parties ainsi décollées qui, après coloration, laisseront un vide, la paraffine a une teinte beaucoup plus claire car moins épaisse.

11 - Après l'étalement il se produit très fréquemment, en particulier lors du déparaffinage des décollements de tissus qui vont quelquefois disparaître de la préparation.

En effet une coupe collée sur lame adhère par toute sa tranche. Lors du déparaffinage, seules les parties collées au verre se maintiennent en place. Les petites particules comprises dans l'épaisseur de la tranche de section ne sont alors plus retenues et disparaissent de la préparation.

Par exemple le coelome apparait généralement comme vide ne contenant que quelques amœbocytes, tandis qu'il est complètement rempli à la fois par des éléments cellulaires, des produits de déchet et des albumines dissoutes.

Il importe donc de pouvoir observer tous les éléments se trouvant effectivement dans l'épaisseur de la coupe. J'ai pu obtenir ce résultat par un collodionnage préalable des rubans.

Ce procédé rend évidemment les coupes moins lisibles car on ne peut plus observer de grandes surfaces claires comme le coelome qui apparait plus ou moins fortement coloré mais il permet à la fois d'observer l'ensemble des éléments présents et d'estimer la quantité d'albumines présentes dans les différentes cavités.

TECHNIQUE NOUVELLE DE FIXATION ET PREPARATION DES ASTERIES

Les observations faites au cours de mes essais, observations que je viens de résumer, m'ont conduit à une technique donnant des préparations microscopiques ne présentant aucune lésion.

Cette technique est évidemment très longue puisqu'il faut compter plusieurs mois entre la récolte des échantillons et leur examen microscopique. Elle est également très délicate car elle demande des soins très attentifs au cours des passages. Elle demande enfin beaucoup de patience car une trop grande hâte au cours des différentes opérations peut être cause de mauvais résultats.

Les images ainsi obtenues et sur lesquelles je reviendrai plus loin peuvent être considérées comme des images non déformées et authentiques de l'anatomie des Astéries.

Ainsi le concept de l'anatomie auquel je suis arrivé est beaucoup plus simple que celui admis jusqu'ici et, par voie de conséquence, la physiologie est plus aisément compréhensible.

La taille des animaux soumis à cette technique a peu d'importance.

L'anesthésie doit se limiter au VOLKONSKY qui, seul, donne de bons résultats, mais au lieu de plonger les animaux dans cet anesthésique, je préfère placer ceux-ci dans une

certaine quantité d'eau de mer, puis au bout d'un petit moment ajouter le VOLKONSKY à celle-ci.

Lorsque les animaux ne présentent plus aucune mobilité ils sont tués par addition au liquide précédent de DESOGÈNE GEIGY à raison de 2 cc pour 100 du liquide.

Au bout de 10 minutes environ les Astéries sont placées, et pour 30 minutes, dans une solution A.:

Sulfate de soude 10 g.
Désogène GEIGY 2 cc
Eau de mer q.s/ 100

Les animaux sont alors laissés 48 heures dans une solution B.:

Sulfate de soude 40 g.
Désogène GEIGY 1 cc
Eau de mer q.s /100

Au bout de ce temps, les Astéries sont fractionnées en petits morceaux ayant au plus un centimètre de long, au moyen d'un coup de rasoir. On peut dans ce but utiliser avec succès des lames de rasoir mécanique ordinaire. Il ne faut pas utiliser de ciseaux ou même de scalpels qui peuvent provoquer un écrasement des tissus.

Les fragments obtenus sont replacés pendant 48 heures dans la solution B.

Quelle que soit la taille des Astéries il est absolument nécessaire de sectionner tous les bras, afin de permettre l'évacuation rapide des gaz émis lors de la décalcification.

Je donne aux opérations précédentes le nom de " préfixation " car elle précède la fixation véritable qui s'apparente à la fixation classique.

Les fragments sont lavés quelques instants dans de l'eau de mer, puis on effectue les passages suivants:

- 24 heures dans du BOUIN-HOLLANDE sans acide acétique, dilué au 1/4 dans de l'eau de mer.
- 24 heures dans du BOUIN-HOLLANDE sans acide acétique, dilué au 1/2 dans de l'eau de mer.
- 24 heures dans du BOUIN-HOLLANDE sans acide acétique, non dilué.

Les échantillons sont alors placés dans du BOUIN-HOLLANDE

classique, c'est à dire additionné de 1,5 /100 d'acide acétique.

Les pièces doivent séjourner dans ce fixateur pendant trois mois . La fixation est en effet très longue et s'accomplit en même temps que la décalcification . Ces deux opérations doivent être parfaites.

Non seulement il faut utiliser un volume de fixateur égal à 50 fois celui des échantillons à fixer, ce qui est classique, mais il faut aussi changer le liquide au bout de 15 jours, à la fin du premier mois et à la fin du 2^o mois.

On dispose alors d'un choix d'échantillons qui pourront se conserver longtemps dans le fixateur. On prélève parmi ceux-ci ceux que l'on veut couper.

Jusqu'à ce moment les pièces sont contenues dans des bocaux ou autres récipients de taille variable. A partir de ce stade il est intéressant de les placer dans un récipient permettant l'enrichissement progressif des solutions à volume constant (Fig. 17). On peut ainsi verser les liquides soit goutte à goutte , soit par petites quantités ce qui permet un enrichissement tandis que l'excédent de liquide s'écoule par le tube trop-plein.

Les pièces sont donc placées dans le " tube à passages " dans lequel on verse de l'eau distillée jusqu'à ce que le liquide reste incolore .

On verse alors une solution à 10 /100 de bicarbonate de soude qui provoque l'élimination plus complète du fixateur . Ce passage est prolongé jusqu'à décoloration totale de la pièce .

On effectue alors un lavage soigné à l'eau distillée.

On verse alors de l'alcool à 5 % goutte à goutte , le plus lentement possible, à raison d'un volume triple de celui qui est normalement contenu dans le récipient .

Le lendemain on effectue de la même façon un passage d'alcool à 10 % .

Les jours suivants on procède aux passages d'alcools à 25 %, puis 50 %, 70 %, 80 %, 90 %, et enfin 95 %. toujours à raison d'un passage par jour .

On effectue enfin des passages d'alcool absolu . Il serait intéressant de pratiquer cette fin de deshydratation dans le " tube à passages ", mais il serait nécessaire d'utiliser de grandes quantités d'alcool absolu.

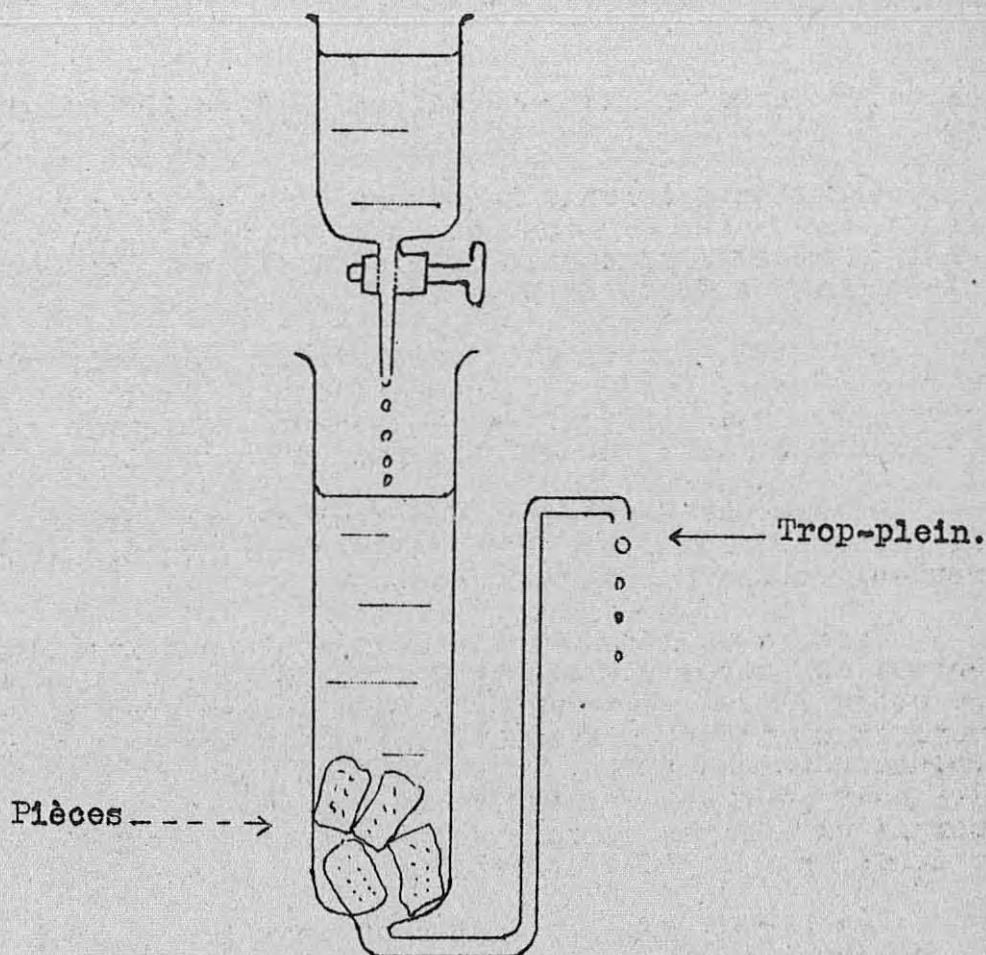


Fig.17 - Dispositif permettant l'enrichissement progressif des solutions sous volume constant.

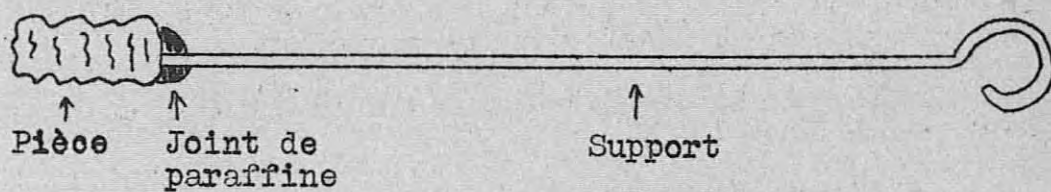


Fig.18 - Dispositif permettant l'enrobage des pièces.

J'ai tourné cette difficulté en plaçant alors les pièces dans un flacon bien bouché contenant de l'alcool absolu et une certaine quantité de sulfate de cuivre deshydraté par chauffage. Ce dernier absorbe les dernières traces d'eau.

Avant d'effectuer les passages en alcool butylique, il convient de contrôler le caractère parfaitement anhydre de l'alcool se trouvant dans le flacon, alors que les pièces y ont séjourné deux ou trois jours .

On place les pièces et une petite quantité d'alcool absolu dans un tube bien sec. On ajoute progressivement et goutte à goutte de l'alcool butylique que l'on voit descendre au fond du tube, son mélange avec l'alcool absolu étant très lent. Lorsque l'on a obtenu par ce procédé un mélange d'alcools à parties égales, on attend 24 heures puis on place les pièces directement dans de l'alcool butylique pur.

Au bout de 24 heures de séjour dans l'alcool butylique, le récipient est placé dans l'étuve à 70° C. Quand l'alcool a atteint cette température on ajoute progressivement de petites quantités de paraffine fondue jusqu'à ce que le volume obtenu soit égal à 4 fois celui de l'alcool primitif.

Quelques heures après les pièces sont placées dans de la paraffine fondue . L'imprégnation doit durer de 5 à 8 jours.

Si l'on veut utiliser la technique de précoloration, on utilise pour cette imprégnation de la paraffine colorée par du rouge organol .

Il est absolument indispensable au cours de ce séjour de ne pas avoir de baisse de température amenant une solidification de la paraffine .

Pour la confection des blocs j'abandonne les techniques habituelles utilisant soit les cuvettes de papier ou d'étain soit les barres de LEUCKART, mais j'utilise une technique nouvelle d'enrobage graduel des pièces .

Les pièces sont retirées une à une du bain de paraffine au moyen de pinces chaudes. Il me semble préférable de saisir les pièces les parties les plus fragiles (région orale) étant tournées vers le haut. Ces pièces sont plongées le plus rapidement possible dans de l'eau se trouvant à la température du laboratoire. Il importe dans cette opération que la solidification de la paraffine soit pratiquement immédiate .

Après solidification les pièces sont mises à sécher à l'air .

On fixe alors chaque pièce sur un support au moyen d'une goutte de paraffine (Fig. 18).

La pièce est placée un bref instant dans de la paraffine fondue. Il se forme ainsi une mince pellicule de paraffine qui se refroidit assez rapidement à l'air sans opérer sur la paraffine sous-jacente de traction sensible.

Cette opération est répétée une heure plus tard lorsque le bloc est de nouveau refroidi à la température du laboratoire. Cette technique se renouvelle au même rythme, pendant plusieurs jours si nécessaire, jusqu'au moment où le bloc atteint la taille d'un oeuf de pigeon.

Le fil est ensuite retiré par simple traction.

Le bloc est fixé au porte-bloc du microtome, puis taillé suivant la technique classique afin de donner un ruban. Il convient dans cette opération de laisser le moins possible de paraffine autour des pièces, celle-ci se plissant très facilement lors de la confection des coupes.

J'ai utilisé un microtome type MINOT, mais avec des rasoirs à lame plus mince que celles qui sont employées habituellement.

Le montage des rubans a lieu également selon une technique particulière, sans emploi d'albumine glycinée.

Le ruban est posé sur la lame, et on introduit entre ceux-ci quelques gouttes d'eau distillée. On chauffe la lame très rapidement et très légèrement, par petits à-coups, de façon à obtenir le début du déplissement de la paraffine, mais non sa dilatation.

Cette dernière opération est excessivement délicate et demande une certaine pratique. Si en effet on laisse la préparation quelques secondes de trop sur la source de chaleur, ou même si on retire la lame au moment précis où on observe le déplissement, la chaleur emmagasinée dans la lame de verre suffit à provoquer une notable dilatation de la paraffine, ainsi que de nombreux décollements au sein des pièces.

Une fois le ruban étalé, on laisse les lames se sécher, de préférence dans une étuve à 37°C., puis on les plonge quelques secondes dans une solution de collodion :

Alcool à 95°	:	45.00
Ether	:	50.00
Collodion	:	5.00

Il convient de surveiller particulièrement cette solution très volatile. Par suite de son évaporation, sa concentration en collodion augmente ce qui provoque le dépôt sur les lames d'une couche de collodion qui, si elle est trop épaisse peut avoir tendance à se décoller.

On laisse le collodion se dessécher, puis on plonge les lames une heure dans un bain de Xylol. Ce Xylol est ensuite éliminé par deux ou trois bains d'alcool absolu.

On effectue ensuite la coloration des lames suivant les techniques habituelles. J'ai ainsi utilisé le plus fréquemment le Glychémalun, le trichromique de CAJAL, et le trichromique de MASSON (méthode de FOOT).

Pour le montage des préparations microscopiques, j'ai préféré à la technique classique au Baume de Canada, la technique au VISCOL du Docteur J. AMANN, bien plus rapide, en même temps que plus simple.

En effet lorsque la coloration est terminée, au lieu de procéder à la deshydratation, puis au montage, les lames sont directement montées au VISCOL qui est miscible à l'eau.

Ce produit séchant très rapidement, l'examen des préparations et leur transport peuvent avoir lieu dans les plus brefs délais.

=====

OBSERVATIONS
SUR L'ANATOMIE

+++++

J'ai pu, grâce aux préparations faites selon la technique particulière que je viens d'exposer, faire diverses observations sur l'anatomie de Coscinasterias tenuispina et en apprécier la portée, sans doute générale, en les vérifiant chez Marthasterias glacialis, Echinaster sepositus, et Asterina gibbosa.

L'anatomie ainsi observée étant nettement différente de celle qui figure dans les traités classiques, je donne à cet exposé un ordre particulier en commençant par un résumé des observations principales, et en terminant par les descriptions de détail.

SYSTEME SINUSAIRE

L'ensemble des cavités décrites sous ce nom : sinus axial, sinus périhémal ou interne, sinus pseudo-hémal ou externe, sinus radial, sinus génital ne sont que des artefacts produits à différents stades de la confection des préparations microscopiques, à la fois par la contraction du système hémal et par l'écartement ou le boursofflement des organes entourant ce système hémal.

Quoique les déchirures se produisent toujours au même endroit, on peut observer sur les coupes faites selon les méthodes classiques que certains organes sont traversés par le sinus au lieu d'être bordé par lui. On peut également observer sur ces préparations que ces sinus contiennent des lambeaux des organes voisins.

Ma technique permet d'obtenir des préparations microscopiques absolument dépourvues de système sinusaire, et par conséquent de conclure que : ce système sinusaire n'existe pas.

SYSTEME HEMAL.

Le système hémal est souvent appelé système lacunaire à cause de l'aspect qu'il présente dans les préparations microscopiques faites au moyen des techniques usuelles.

Grâce aux préparations faites avec ma méthode, j'ai pu constater que ce système est en réalité composé de canaux qui se contractent lors de certaines phases des techniques courantes.

Une conséquence très curieuse de ces contractions est la formation de la glande ovoïde, ou glande brune. Celle-ci n'est également qu'un artefact dû à une sorte de contraction d'un gros canal rempli de liquide hémal.

=0=0=0=0=

Ce résumé des résultats de mes observations étant posé, je vais reprendre par le détail, d'une part ce que je pense être l'anatomie véritable des Astéries, et d'autre part les raisons pour lesquelles les Auteurs ont pu être amenés à proposer des descriptions si différentes de la réalité.

Plutôt que de faire une description des différents organes les uns à la suite des autres, je préfère décrire des " coupes " en différents points, ce qui permet de mieux voir les rapports des différents organes et les lésions subies.

Nous étudierons donc :

- a) La coupe transversale d'un bras.
- b) Une coupe de la région du disque .
- c) Une coupe passant par le complexe axial.

COUPE TRANSVERSALIE D'UN BRAS

Les dessins et schémas des différents Auteurs représentent les sections transversales de bras sous forme d'un demi-cercle. Les coecums gastriques occupent une très faible partie du coelome.

En réalité la section des bras affecte la forme d'un

croissant. Le coelome est ainsi très réduit et pratiquement rempli par les coecums. (Fig. 19)

Le gonflement du coelome est produit par la grande quantité de gaz qui se dégagent lors de la décalcification et qui, faute de pouvoir s'échapper au dehors, s'accumulent dans le coelome. En même temps les coecums se trouvent comprimés et seront fixés dans cet état. Sur les préparations ils occuperont un volume inférieur à celui qu'ils ont réellement. De leur côté les téguments qui ont primitivement une forme en croissant prennent une forme en demi-cercle par suite de l'accroissement de volume du coelome dû à la pression des gaz.

Par ailleurs les Auteurs ont pu observer que les coecums sont " suspendus " au tégument par deux mésentères.

En réalité les coecums sont maintenus par l'ensemble du tégument puisqu'ils occupent la totalité de ce coelome.

De plus sur mes coupes ces " mésentères " ne sont pas des tissus de support, mais représentent la limite latérale du canal hémal du coecum. Ce canal hémal véhicule le liquide hémal qui s'enrichit à ce niveau des substances formées dans les coecums lors de la digestion.

Chaque coecum est donc surmonté d'un canal hémal limité par les " mésentères ". C'est l'aspect contracté de ce canal hémal qui est désigné par le terme de " lacune hémale des coecums ". Les Auteurs ont appelé " sinus perilacunaire l'espace préalablement occupé par le canal hémal et resté vide après la contraction de celui-ci.

J'ajouterai qu'au voisinage de l'extrémité des bras, partie non occupée par le coecum, les faces internes orale et aborale du tégument sont si rapprochées que le coelome se réduit à une ligne.

Dans la zone orale du bras (région des podia) se trouvent rassemblés un certain nombre d'organes :

- Le système nerveux.
- Le système hémal.
- Le canal aquifère.

(voir les figures 19, 20, 21 et les microphotographies 1, 2)

Le système nerveux : Celui-ci affecte la forme d'un ruban continu.

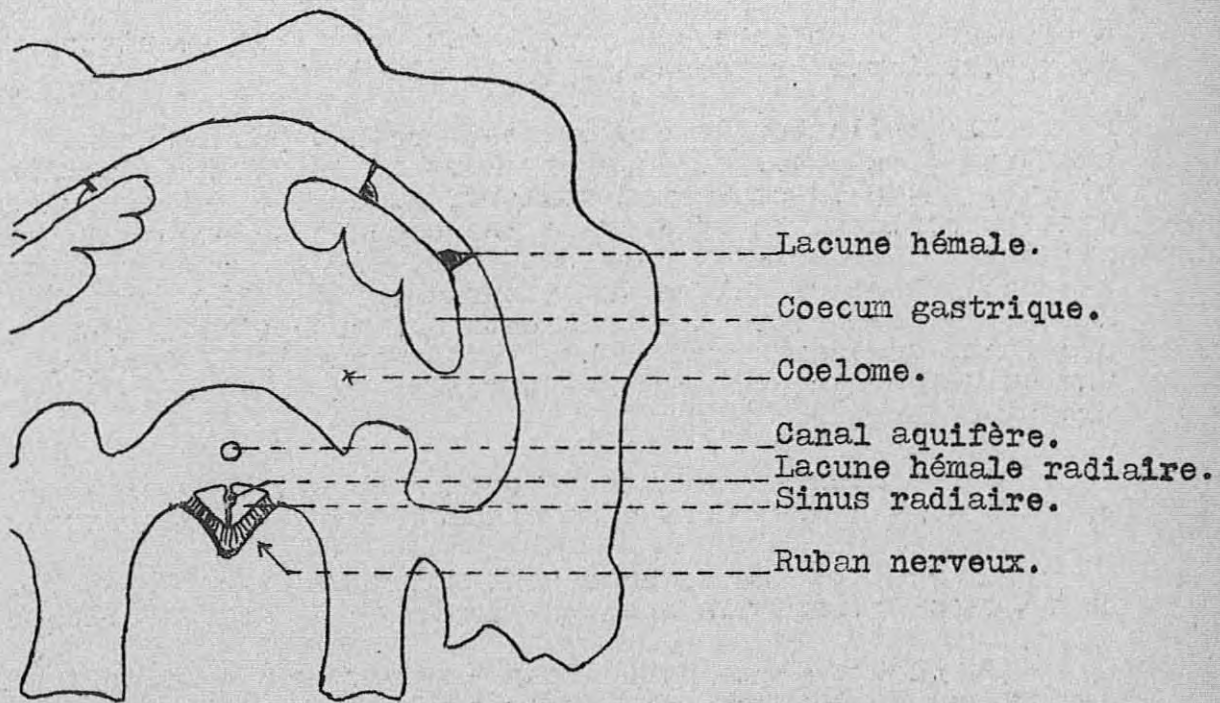


Fig.19.a.

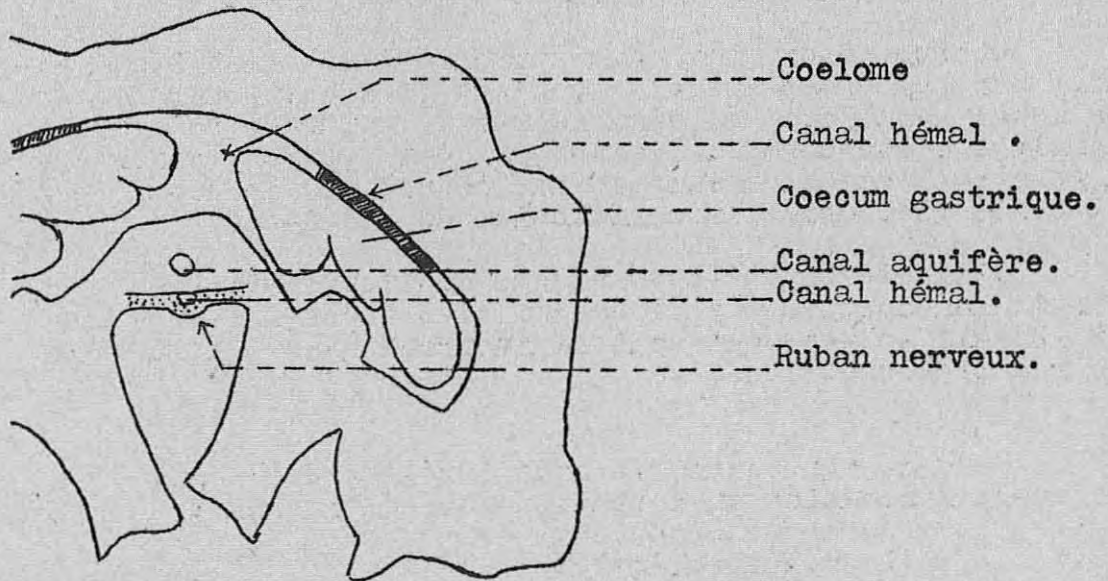


Fig.19.b.

Coupe transversale d'un bras de Coscinasterias tenuispina.
 Fig.19.a.- suivant les techniques courantes.
 Fig.19.b.- suivant la technique particulière.

Sa constitution histologique ne correspond pas aux dessins classiques : si le ruban nerveux est bien limité à sa partie externe par plusieurs rangées de grosses cellules, on n'observe plus dans sa partie profonde les fibres longitudinales et transversales si souvent décrites et dessinées .

Cette partie centrale du ruban nerveux est en réalité composée d'une masse de petites cellules (microphoto 2).

Le ruban nerveux est enfin limité dans sa partie interne par une mince rangée de cellules, appelée souvent système nerveux profond, mais ne paraît avoir seulement le rôle d'une assise limitatrice.

Au point de vue morphologique ce ruban n'affecte pas la forme d'un " V ", mais il est plat avec un léger renflement en son centre (Fig. 20 & 21). C'est lors de la confection des préparations, et en particulier lors du refroidissement du bloc de paraffine que ce ruban, aspiré vers l'extérieur, prend la forme de " V ". En même temps les petites cellules qui le constituent subissent un fort étirement.

Il se produit ainsi au sein de ce tissu de très fins décollements des cellules le long des lignes de force, c'est à dire perpendiculairement à la surface des tissus.

Ainsi le tissu nerveux contient des lignes claires correspondant aux décollements cellulaires, alternant avec des lignes plus sombres formées par la contraction des tissus qui, étirés puis déchirés se contractent pour reprendre leur forme primitive. Ce sont ces lignes qui ont été considérées comme étant des filaments nerveux.

Cette constitution du système nerveux non en fibres nerveuses entrecroisées, mais en petites cellules nous permet déjà de mieux comprendre la régénération de ce tissu.

Il est en effet facilement admissible que, dans un processus de régénération, il puisse se former au sein du tissu du bourgeon un tissu nerveux formé de petites cellules produites par différenciation des cellules du bourgeon.

Par contre on comprendrait mal comment des fibres nerveuses pourraient s'allonger ou se reformer sans qu'une cicatrice restât perceptible à la limite des parties anciennes et celles qui ont été formées ultérieurement.

Le système hémal : Celui-ci affecte la forme d'un canal à peu

circulaire. L'assise de cellules qui la borde est, pour sa plus grande partie au contact de l'assise interne du ruban nerveux, dans l'autre elle est au contact soit des fibres musculaires, soit du tissu conjonctif qui, l'un et l'autre relie les pièces ambulacraires médianes.

Ce canal hémal est rempli d'un liquide très riche en albumines et contenant de nombreux amœbocytes .

Lors de la confection des préparations selon les techniques courantes, une partie de ces albumines se contracte par coagulation, et forme avec les amœbocytes une sorte de tissu - pseudo-lacunaire - bien limité par la paroi du canal qui, elle aussi a suivi la contraction.

Les différents sinus prennent naissance de ce fait.

Il est curieux de constater qu'à ce moment les albumines non facilement coagulables sont comme exprimées par la masse qui se contracte et vont occuper le sinus en formation. On pourra donc ultérieurement voir dans les sinus des taches colorées qui furent considérées par certains Auteurs comme étant du liquide sinusaire, mais il faut bien reconnaître que, selon les préparations, on verra ces taches en d'autres endroits, dans le coelome par exemple.

Dans les préparations effectuées avec les méthodes classiques les sinus sont la plupart du temps/par des gaz produits par la décalcification, qui contribuent ainsi à repousser le ruban nerveux vers l'extérieur. / gonflés/

Le canal aquifère : ce dernier présente dans les préparations faites selon la technique que j'ai proposée un aspect semblable à celui que l'on obtient avec les méthodes classiques.

COUPE DANS LA REGION DU DISQUE

Région aborale : Comme dans le cas des bras, les Auteurs avaient observé que l'estomac des Astéries était suspendu aux téguments par deux mésentères situés l'un et l'autre de part et d'autre du disque. Il semblait donc s'agir d'une sorte de mésentère circulaire circulaire. Contre celui-ci et à l'intérieur du petit cylindre ainsi formé s'observait le pentagone lacunaire hémal.

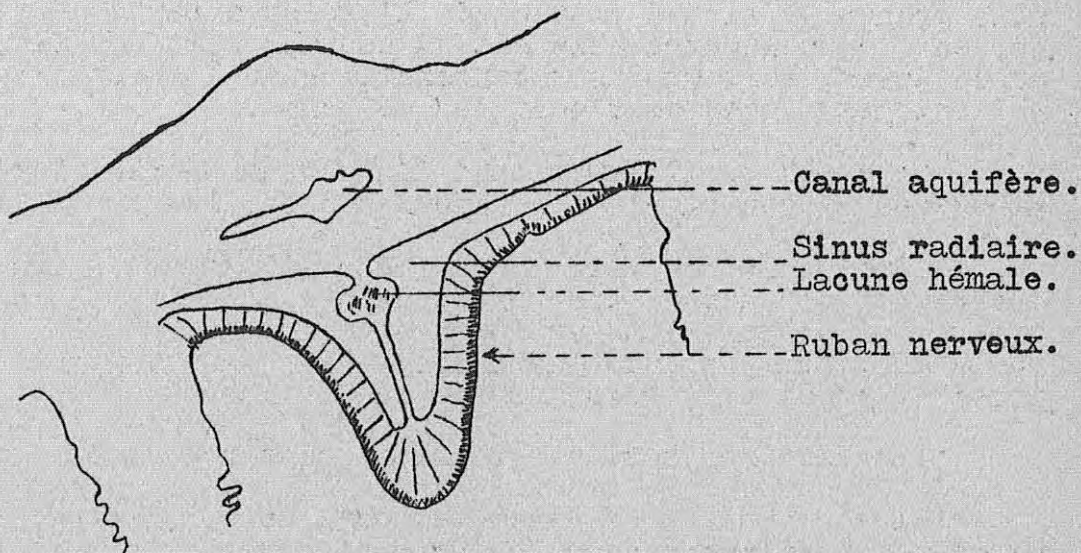


Fig.20 - Coupe d'un bras de Coscinasterias tenuispina
 (face orale)
 Techniques classiques de fixation et inclusion.

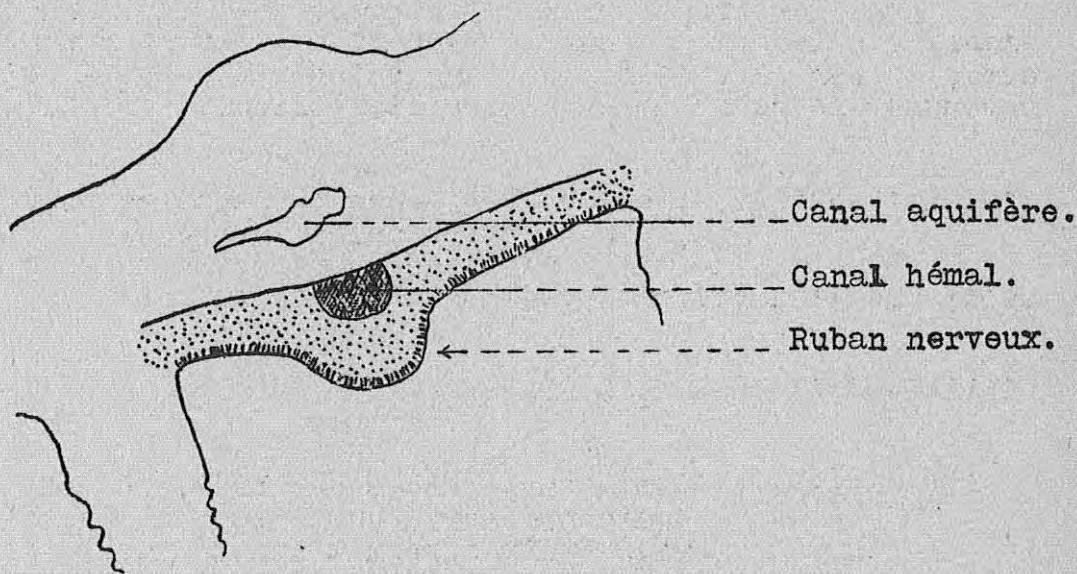


Fig.21 - Coupe d'un bras de Coscinasterias tenuispina
 (face orale)
 Technique particulière de fixation et inclusion.

L'utilisation de ma technique me permet de constater que ces mésentères sont plus robustes que ceux des coecums et peuvent donc avoir un rôle de soutien plus puissant.

Mais l'espace compris entre ces deux mésentères n'appartient pas au coelome, c'est une sorte de disque rempli de liquide hémal. Ce " disque hémal " (Fig.22) reçoit le liquide hémal provenant des canaux hémaux des coecums, et va le transmettre au " sac hémal " dont je parlerai plus loin.

Ainsi le " pentagone lacunaire hémal " est produit par la contraction du liquide hémal contenu dans le " disque hémal " sorte de carrefour de tous les canaux hémaux des coecums.

Il peut paraître étonnant que le liquide hémal de ce disque se coagule en se disposant à sa périphérie, tandis qu'il semblerait plus normal de le voir se rassembler en son centre (ce qui serait comparable à ce qui se produit pour le canal hémal radiaire). Cependant il faut considérer que ce disque hémal occupe toute la partie interne du disque de l'Astérie. De ce fait le liquide du " disque hémal " pénètre dans les papules du disque, et c'est la partie centrale du disque hémal qui se trouvera la première sous l'influence des fixateurs. Le liquide hémal sera comme chassé par le fixateur et se concentrera à la périphérie du disque hémal, zone atteinte en dernier lieu par ce fixateur .

Cette conception nouvelle de l'anatomie des Astéries nous permet d'imaginer que lors de la schizogonie les lésions sont plus graves encore qu'on ne pouvait l'imaginer : en effet la section en deux points du " polygone hémal aboral " est une lésion bien moins grave que celle de l'ouverture du " disque hémal " créant un orifice de grande taille par lequel de grandes quantités de liquide hémal peuvent rapidement s'écouler.

Cette observation vient à l'appui de mon hypothèse sur les possibilités de néoformation après schizogonie. J'émetts en effet un peu plus loin l'idée que toutes les espèces d'Astéries sont capables de néoformation après schizogonie discale, mais que dans un grand nombre d'espèces la mort des animaux survient très rapidement par hémorragie. Seules les espèces capables d'arrêter rapidement celle-ci survivraient et pourraient par conséquent néoformer des organes.

On comprend que la grande ouverture créée par la section du disque hémal laisse écouler rapidement une grande quantité de liquide hémal. L'obturation rapide de cet orifice devient ainsi le facteur primordial des possibilités de néoformation chez les Astéries.

La présence du disque hémal et sa distinction d'avec le coelome seront confirmés par les expériences d'injection colorées dont je parlerai un peu plus loin .

Région orale : La région orale présentait une grande difficulté de compréhension par suite de la présence admise de deux sinus : sinus périhémal ou interne et sinus pseudo-hémal ou externe, que j'ai revus sur les lames obtenues par les techniques usuelles.

Mais en réalité là aussi je n'observe, dans les préparations faites par la méthode nouvelle que j'ai proposée plus haut, la présence d'aucun sinus. (Fig. 23 & 24)

Le sinus hémal est formé par suite de la contraction du canal hémal. Celui-ci est au contact sur la moitié de son pourtour avec les tissus conjonctifs. L'autre moitié est au contact du ruban nerveux.

De son côté le ruban nerveux, sur toute sa longueur adhère aux organes voisins le canal hémal et le tissu conjonctif du tégument.

En confectionnant les préparations selon les techniques normales on occasionne des lésions assez comparables à celles des bras, mais plus compliquées.

Dans la région radiale, en effet, le canal hémal prend en se contractant la forme d'une ligne plus ou moins épaissie en son milieu.

Dans la région orale le canal hémal se contracte en deux temps : dans un premier temps le liquide hémal se rassemble et se contracte dans la portion du canal voisine du ruban nerveux (n'occupant donc plus de ce canal que la moitié tournée vers l'extérieur) et détermine ainsi la formation du sinus périhémal. Dans les organes jeunes cette contraction est assez faible, mais elle aboutit dans les tissus âgés à la formation d'une masse à quatre lobes : deux de ces lobes forment une proéminence dans le sinus périhémal, tandis que les autres restent au contact du ruban nerveux.

Dans le second temps, produit en particulier lors de l'étalement des rubans, l'ensemble du ruban nerveux s'écarte vers l'extérieur. Lors de ce dernier décollement, les deux lobes (hémaux) qui se trouvaient à la fin du premier temps le long du ruban nerveux vont s'en

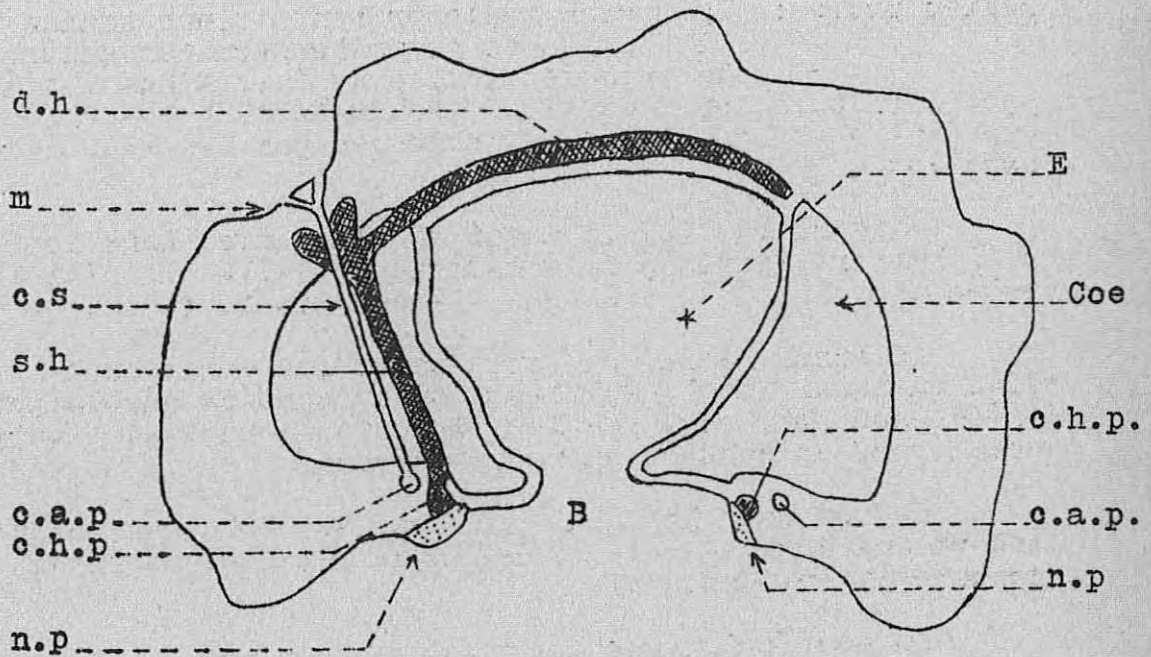


Fig.22 - Coupe schématique du disque de Coscinasterias tenuispina, préparations effectuées au moyen de la technique particulière.

- B. Bouche.
 c.a.p. Canal aquifère périoral.
 c.h.p. Canal hémal périoral.
 c.s. Canal du sable.
 Coe Coelome.
 d.h. Disque hémal aboral.
 E. Estomac.
 m. Plaque madréporique.
 n.p. Ruban nerveux périoral.
 s.h. Sac hémal axial.

séparer, mais l'un reste fixé par son extrémité au ruban nerveux tandis que l'autre reste adhérent au tissu conjonctif, également par son extrémité.

Ainsi la membrane intersinusaire n'est autre qu'une partie du canal hémal.

On peut se demander pourquoi le canal hémal, tant dans la zone radiaire que dans la région orale, reste après sa contraction adhérent en un point au ruban nerveux et en un autre au tissu conjonctif sous-jacent. Il faut en voir la cause en de fines anastomoses émises par le canal hémal et destinées à la nutrition des différents tissus. (Ces anastomoses sont particulièrement visibles à la coloration de MASSON) Lors de la coagulation du canal hémal, elles se comportent comme de fines racines qui maintiennent le coagulum hémal soudé aux tissus voisins.

Dans la région radiale, l'aspect en crois de la membrane intersinusaire correspond à un phénomène semblable : on retrouve les deux points d'anastomoses avec le ruban nerveux et le tégument qui déterminent la forme linéaire de cette paroi.

Mais le canal hémal radiaire émet par places des branches latérales destinées à l'alimentation des podia . La contraction de l'ensemble de ces canaux dessine d'abord une croix. Par suite de l'étirement ultérieur du ruban nerveux, la cloison intersinusaire s'allonge au maximum, tandis que les branches latérales de la croix se cassent, ce qui aboutit à la formation définitive soit d'une croix à petites branches latérales, soit d'un losange.

On comprend que, l'utilisation des techniques normales d'inclusion donnant des déformations toujours semblables à elles mêmes, il faille employer une technique très ménagée pour les éliminer.

COUPE DANS UN COMPLEXE AXIAL.

L'étude du complexe axial a toujours été une question délicate, et le rôle de la " glande ovoïde, ou glande brune " a été l'objet d'un grand nombre de publications.

Il était admis en effet que ce complexe comprenait:

Le canal aquifère ou canal du sable.

La glande ovoïde, ou glande brune.

Le sinus axial entourant en partie cette dernière.

Je ne m'étendrai pas sur le canal du sable qui, dans mes préparations présente l'aspect classique.

Mais, en revanche, ces préparations m'ont permis de constater que la glande ovoïde n'est qu'un artefact produit par la coagulation du liquide hémal du système hémal, cette contraction donnant naissance au sinus axial.

Le complexe axial comprend donc seulement en réalité le canal du sable ayant une forme curieuse en croissant et, entourant en partie celui-ci un organe qu'il devient difficile à mon sens de désigner par le vocable de canal et auquel je donnerai plutôt le nom de " sac axial " .

Ce sac axial, rempli de liquide hémal contenant lui-même de très nombreux amœbocytes, reçoit donc le liquide hémal collecté par le disque hémal et le transmet au canal hémal périoral.

On comprend que, sous l'action brutale du fixateur, les albumines contenues dans ce sac axial se coagulent et se contractent (comme le font celles qui sont contenues dans l'ensemble du système hémal.), et entraînent en même temps la contraction de la paroi du sac axial.

Il se forme ainsi une sorte de pseudo-tissu, compact bien délimité, auquel on a donné le nom de glande ovoïde. Cette dernière occupe en gros le centre du sinus ainsi créé.

Comme précédemment il n'était pas rare d'observer dans le sinus axial la présence d'albumines qui se colorent facilement et qui, comme dans le cas des sinus radiaires, sont des transudats appartenant au liquide hémal, et l'ont quitté lors de sa contraction.

Ces observations relatives à la signification de la prétendue glande brune simplifient un grand nombre de problèmes, mais ne peuvent les résoudre tous.

En effet, malgré une certaine incertitude, les Auteurs lui attribuaient un rôle plastidogène ou un rôle excrétoire qu'il paraît difficile de reporter au sac axial.

Par ailleurs on peut se demander quel rôle joue ce canal en forme de croissant entourant le canal aquifère et affectant une forme semblable .

On peut m'objecter que la glande brune est visible à l'oeil nu lors des dissections. J'ai pu pour ma part au cours de mon étude isoler des glandes brunes et les observer à la loupe tant à l'état frais qu'après fixation.

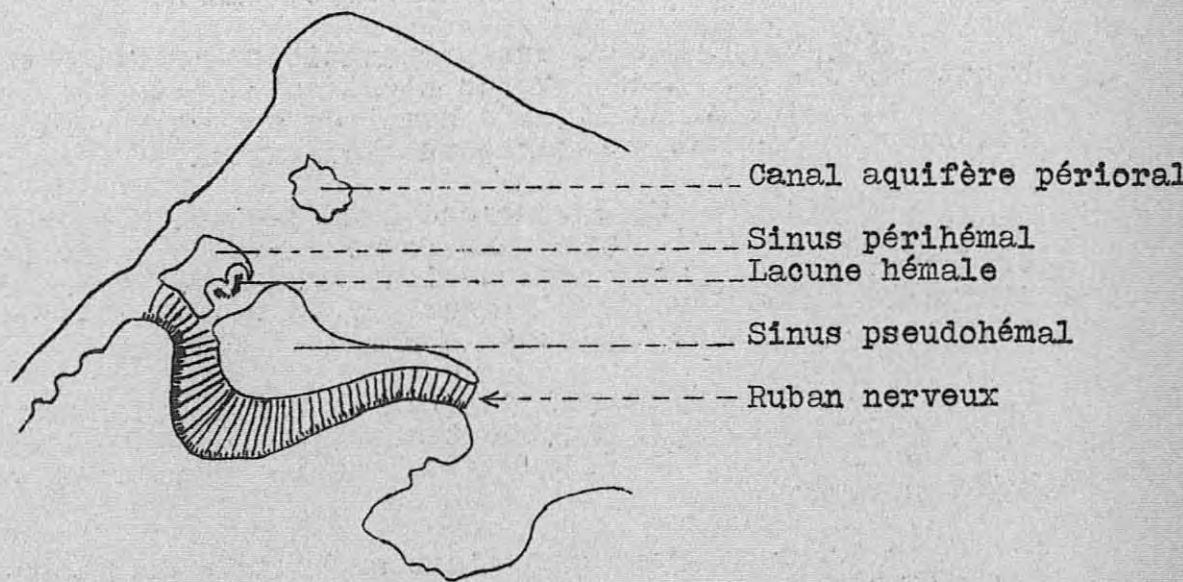


Fig.23 - Région orale de Coscinasterias tenuispina .
 Techniques classiques de fixation et inclusion.

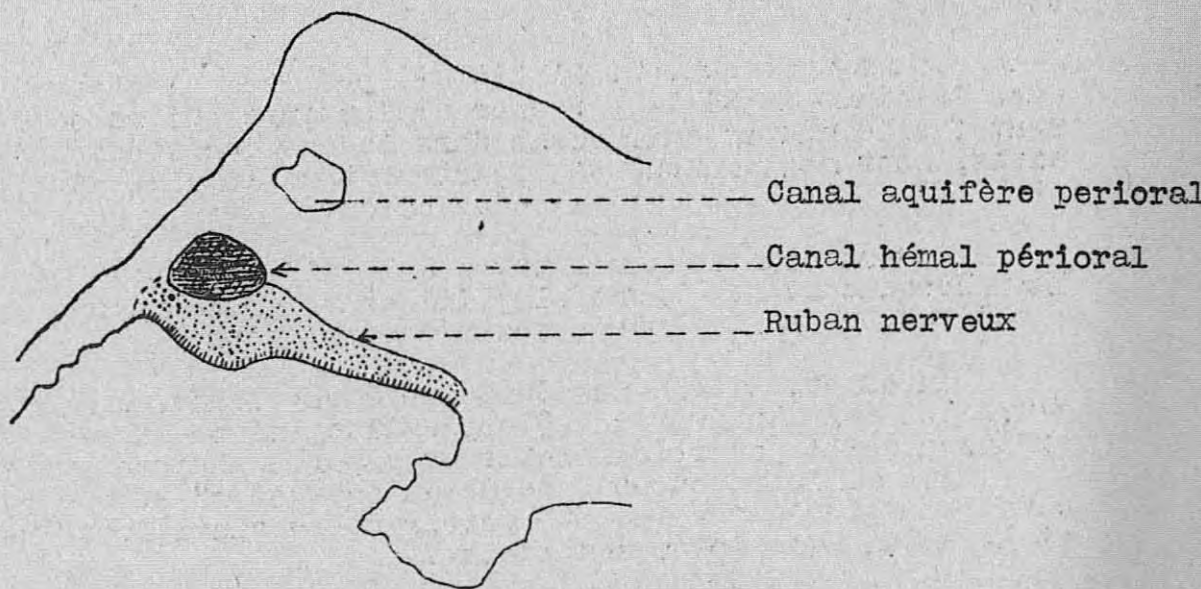


Fig.24 - Région orale de Coscinasterias tenuispina .
 Technique particulière de fixation et inclusion.

J'ai pu constater que si la glande brune est effectivement limitée par un tissu, celui-ci ne fait pas corps avec elle, la glande n'étant pas compacte et se divisant très facilement avec une aiguille. Ceci ne se produirait pas avec un tissu conjonctif ou glandulaire.

On peut attribuer l'aspect compact que présente la glande brune lors des dissections au fait qu'à ce moment elle n'est plus dans le coelome et que les amœbocytes ont pu s'agglomérer, tandis que certaines albumines provenant de la digestion ont pu se coaguler soit sous l'action des anesthésiques, soit même par simple contact de l'eau de mer.

Cette thèse peut être confirmée par deux observations:

- d'une part le liquide hémal se contracte beaucoup moins chez les individus à jeun depuis plusieurs jours,
- d'autre part si l'on pratique la dissection d'Astéries anesthésiées au VOLKONSKY, puis préfixées au sulfate de soude, on n'observe plus de " glande brune ", mais seulement l'aspect " en sac ".

Le sac axial doit donc, comme l'ensemble du système hémal, contenir une certaine quantité d'albumines provenant de la digestion qui ne sont pas sous une forme stable.

Sous certaines influences, même minimes, milieu non isotonique ou acide, elles se coagulent.

Je dois dire enfin que les préparations microscopiques faites suivant les procédés usuels, sur lesquelles j'ai pu accidentellement constater la présence d'une anatomie différente de celle que je m'attendais à trouver, étaient obtenues à partir d'animaux que j'avais fait jeuner, et qui, par ce fait, ne contenaient pas ces albumines.

Sur une dizaine d'échantillons que contenait ce lot un seul ne fut pas, accidentellement, soumis aux autres causes de lésions lors de la confection des préparations et me permit donc d'obtenir l'image exacte de l'anatomie des Astéries, image que ma technique ménagée permet d'avoir à coup sûr.

En dehors des observations ci-dessus concernant les grands groupes d'organes tels les systèmes hémal et sinusaire, le premier affectant un aspect très différent des descriptions classiques, le second n'étant qu'un artefact, j'ai pu faire quelques observations concernant d'autres groupes d'organes: l'oeil, les papules, les piquants.

REMARQUES SUR L'ANATOMIE DE DIVERS ORGANES

Oeil : L'oeil des Astéries m'a paru présenter de légères différences avec l'aspect habituellement décrit. Le canal aquifère qui se termine dans l'excroissance nerveuse portant la tache oculaire n'a pas la forme d'une ampoule, comme on le voit dans les dessins et les schémas classiques, mais conserve la forme normale d'un canal à diamètre constant. (Fig. 37)

C'est lors de l'étalement des coupes que, par suite d'un décollement d'une partie du tissu nerveux (décollement comparable à ceux qui affectent les autres parties du ruban nerveux) ce canal voit sa taille augmentée, et, par conséquent paraît présenter la forme d'une ampoule.

Papules : Les papules sont de petits sacs à paroi très mince faisant saillie à la surface du tégument. Ce sont des évaginations remplies du liquide intérieur, (liquide coelomique pour les papules des bras, et liquide hémal pour les papules du disque) au sein duquel on voit tourner des éléments cellulaires.

La paroi de ces papules est formée par l'union de deux tissus : épithélium externe du tégument et épithélium interne (péritonéal ou hémal selon le cas) collés l'un contre l'autre.

Ces deux tissus sont souvent séparés sur les préparations faites selon les méthodes histologiques habituelles, mais restent adhérents sur les coupes effectuées avec ma technique ménagée.

On attribue généralement à ces papules un rôle respiratoire, mais une observation faite sur Echinaster sepositus, et la comparaison de l'anatomie de cette espèce avec celle de Coscinasterias tenuispina me permet d'assigner plutôt à ces organes un rôle excrétoire.

Chez Echinaster sepositus, en effet, les papules sont peu nombreuses, beaucoup plus épaissies et petites que chez Coscinasterias tenuispina, ce qui leur fait présenter une surface totale minime. Mais j'ai pu observer chez les individus de cette espèce, au cours d'expériences d'injections colorées ayant pour but la recherche de la continuité des différents systèmes de cavités, la présence d'un orifice excrétoire non signalé à ma connaissance par les Auteurs.

Fig.25

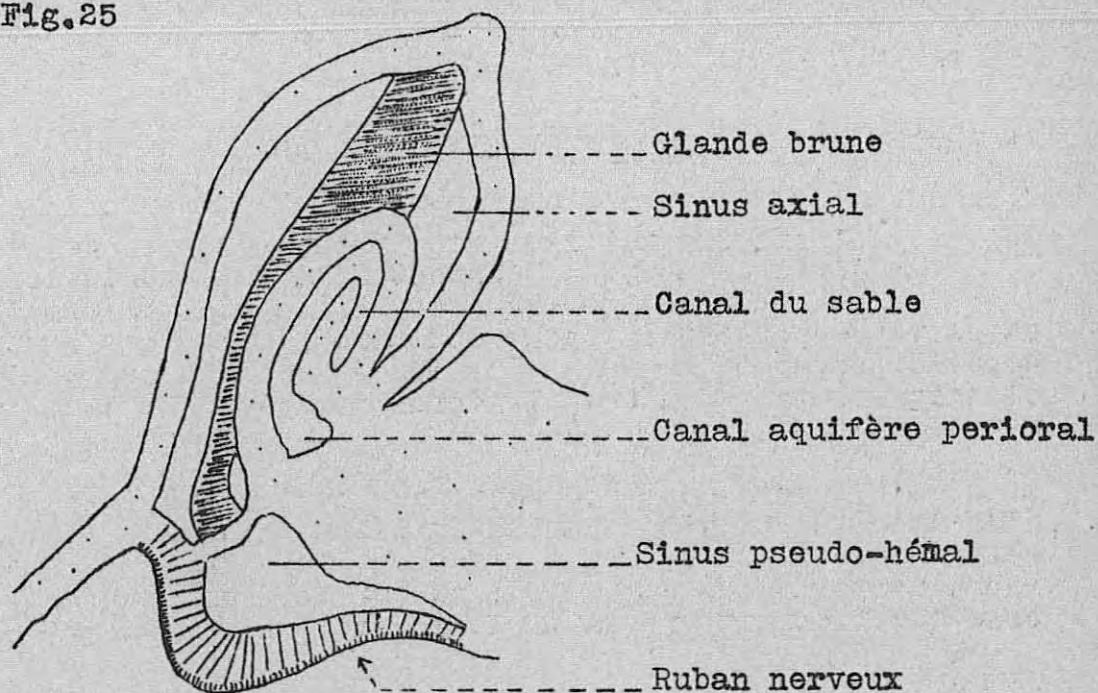
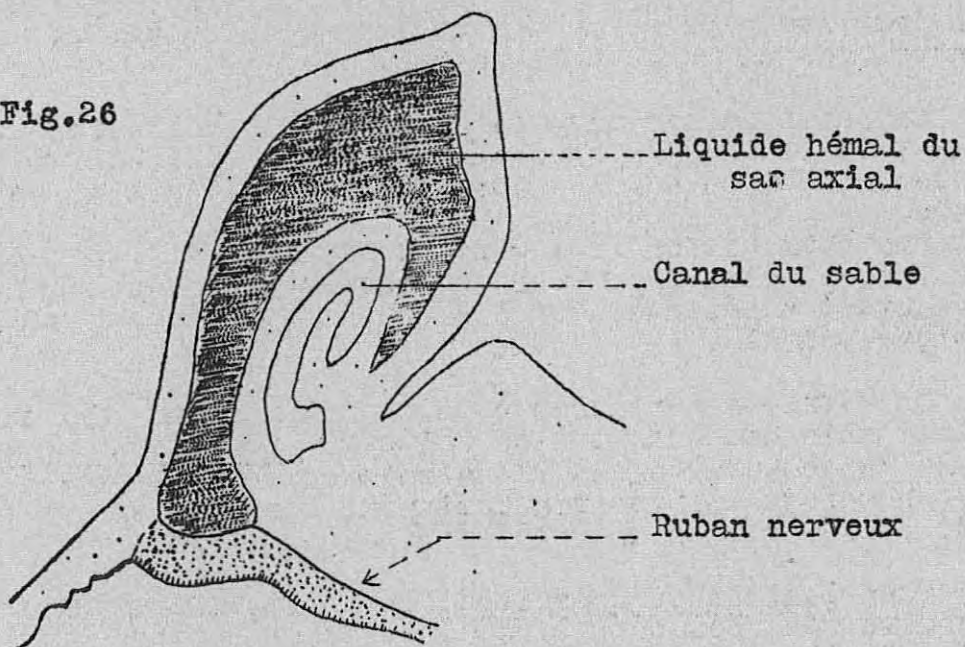


Fig.26



Coupes dans la région orale de *Coscinasterias tenuispina*
Point de départ du complexe axial

Fig.25 : techniques classiques de préparation.

Fig.26 : technique particulière.

Ces injections ont été effectuées au moyen d'une seringue de PRAVAZ et d'une aiguille très fine, du type de celles qui sont utilisées en Médecine pour les injections intra dermiques. Le liquide injecté était fortement coloré (en général du bleu de méthylène concentré.).

Je dois dire tout de suite qu'il m'a été impossible de refaire les expériences décrites par CUENOT (25) consistant en l'injection de liquides dans les différents canaux.

En effet, la finesse de ces canaux, la dureté des téguments protégeant le système aquifère, et au contraire la fragilité et la finesse des tissus entourant le système hémal, jointes à la contractilité que manifestent les Astéries dès qu'on les touche, ne me permettent pas de dire avec certitude si le liquide avait pénétré ou non dans le canal visé et dans lui seul. Par ailleurs, la facilité de coagulation et de contraction des albumines hémales me pousse aux plus grandes réserves au sujet des conclusions que pourraient donner de tels essais.

Mes expériences d'injections colorées se sont limitées à des injections intra-coelomiques afin de voir la continuité de ces cavités.

J'ai pu constater chez Coscinasterias tenuispina que quelques secondes après injection d'un liquide coloré dans le coelome d'un bras, les papules de ce bras se colorent vivement. La rapidité du phénomène écarte toute possibilité de coloration d'ordre vital par le Bleu de Méthylène.

Si la dose injectée est trop forte certaines papules se crèvent laissant échapper le liquide au dehors.

Au bout de quelques minutes les papules des autres bras se colorent à leur tour. Par contre les papules du disque ne se colorent pas.

Cette observation nous montre que les papules des bras sont bien en relation avec le coelome du bras, et que les coelomes des divers bras communiquent les uns avec les autres

Elles nous montrent aussi que les papules du disque (qui ne prennent pas la coloration) ne sont pas en relation avec ces coelomes, nous confirmant ainsi la présence du disque hémal avec lequel ces papules sont directement en relation.

Cette coloration des papules des bras disparaît au bout de quelques jours.

Chez Echinaster sepositus on observe un phénomène différent: on ne voit pas de trace de coloration des papules, lesquelles sont rares et à paroi épaisse, faisant à peine saillie au dehors. Mais on observe au bout de quelques minutes qu'un filet de liquide coloré sort par un orifice situé à l'extrémité supérieure du bras, immédiatement au dessus de l'oeil.

Cet orifice est facilement identifiable car il se trouve au centre d'une petite tache noirâtre qui tranche sur la couleur uniformément rouge de l'Astérie.

Il représente la sortie d'un petit canal faisant communiquer le coelome de l'animal avec l'extérieur. Ce canal peut soit rester fermé, soit s'ouvrir pour évacuer le liquide coelomique.

Ces observations me donnent à penser que ce canal excrétoire de Echinaster sepositus a un rôle comparable aux papules des bras des autres espèces d'Astéries, et suggère que les papules ont, chez les Astéries qui en sont pourvues, un rôle excrétoire.

S'il en est ainsi, les papules des bras de Coscinastenuispina provoquent l'élimination des substances toxiques du coelome, tandis que celles du disque permettront une certaine purification du liquide hémal.

Le rôle respiratoire revient donc :

- d'une part aux papules du disque,
- d'autre part au système aquifère qui, prenant l'eau de mer par la plaque madréporique, et la poussant grâce à la ciliation du canal du sable, assure l'irrigation de la plus grande partie des tissus. Ce liquide, chargé d'impuretés retournerait au coelome par l'intermédiaire des ampoules des podia, et enfin serait rejeté au dehors par les papules, qui, il importe de le souligner, sont toujours sur l'animal vivant gonflées vers le dehors.

Chez Echinaster sepositus, la respiration se ferait seulement par l'intermédiaire du système aquifère, mais l'élimination aurait lieu par un processus différent grâce aux canaux excrétoires terminaux des bras.

Piquants : J'ai été amené à plusieurs reprises à constater que les Coscinasterias tenuispina avaient en liberté un aspect différent de ceux qui se trouvaient dans les bacs à expériences.

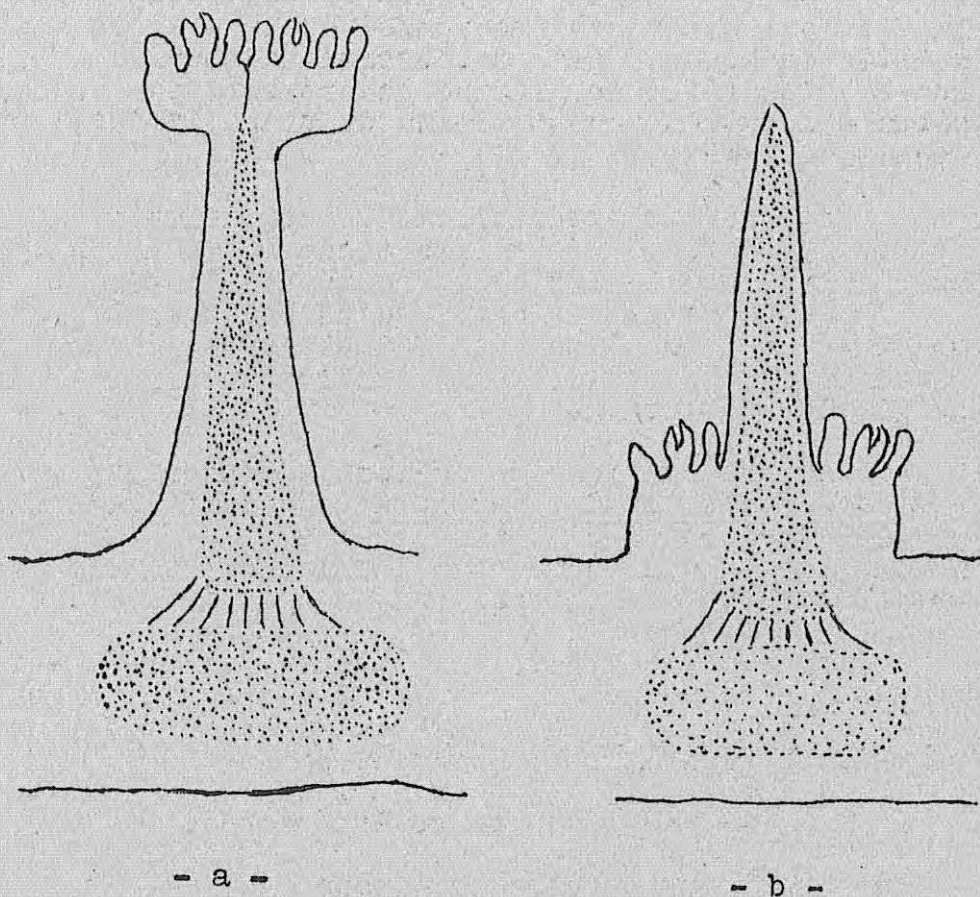


Fig 27. Piquants latéraux et aboraux de Coscinasterias tenuispina.

- a - Piquants enveloppés dans leur gaine et surmontés de leur couronne de pédicellaires, correspondant à une attitude de repos .
- b - Piquants en attitude de défense : la gaine est abaissée par contraction du tissu épithélial.

L'observation, durant plusieurs heures consécutives, d'animaux se trouvant dans des bacs de verre m'a permis de voir que ceux-ci peuvent présenter deux aspects en rapport avec l'état de leurs piquants.

Je rappellerai que Coscinasterias tenuispina présente deux sortes de piquants.

Une première catégorie de piquants placés " en peigne " se trouve sur la face orale des bras, de part et d'autre de la rangée de podia. Ces piquants ont la constitution classique comprenant une partie calcaire entourée d'un mince tissu épithélial. Ces piquants ont une mobilité transversale qui leur permet de se replier par un mouvement d'ensemble, de façon à protéger les podia.

Une seconde catégorie est constituée par des piquants que je qualifierai de "piquants isolés". Ils se trouvent sur les parties latérales et aborale des bras, ainsi que sur le disque. Le qualificatif d'isolé que je leur donne doit être expliqué : en effet l'ensemble de ces piquants peut former des lignes correspondant aux pièces calcaires sur lesquelles ils sont posés, mais en les qualifiant d'isolés je veux spécifier que ces piquants ne sont pas côte à côte comme les précédents, souvent ne sont même pas en ligne, et ne présentent pas de mouvement d'ensemble comme ceux du premier groupe.

Ces piquants sont décrits (HAMANN, 40. CUBENOT, 25.) comme se trouvant au centre d'un petit mamelon très abondamment pourvu en pédicellaires. En réalité cette description n'est que partiellement exacte, J'ai observé en effet que ce mamelon, formé de tissu conjonctif, est mobile et peut, selon les circonstances soit se trouver à la base du piquant comme il est dit classiquement, soit se soulever le long du piquant en s'étirant de façon à envelopper complètement ce dernier.

Lorsque l'animal est tranquille, tous les piquants sont recouverts de leur gaine, invisibles et surmontés de la petite couronne de pédicellaires (Fig.27,a).

Au contraire, lorsque l'animal est inquiété (si l'on essaie de le saisir ou si l'on agite l'eau, par exemple) le tégument et le tissu conjonctif formant mamelon se contractent, laissant le piquant à nu, émergeant de la couronne de pédicellaires qui se trouve alors à sa base.

C'est ce dernier aspect que présentent les piquants après fixation, et par conséquent à l'examen microscopique. (Fig.27,b)

Comme ce phénomène atteint en même temps tous les piquants de cette catégorie, on comprend que la surface du corps de l'animal présente deux aspects différents selon que celui-ci se trouve au repos ou en état de défense.

Ainsi à l'état de repos le piquant, inutile, est enrobé dans sa gaine, tandis que les pédicellaires placés loin du corps de l'animal agissent soit comme organes tactiles en le renseignant sur l'arrivée de proies ou de gros prédateurs, tout en assurant la défense contre les petits prédateurs (larves d'invertébrés sessiles en quête d'un support, particules en suspension, etc).

Si, au contraire un gros prédateur est à redouter l'animal assure sa défense " passive " de façon plus efficace en se contractant ce qui provoque la mise à nu de ces piquants.

J'ajouterais enfin que ce processus de défense se complète par l'émission d'une sécrétion qui contribue à la défense de l'animal et aide sa fuite. (liquide blancâtre bien visible chez certaines espèces comme Marthasterias glacialis.)

=====

HYPOTHESE SUR L'ANALOGIE DU BRAS ET DU COMPLEXE AXIAL

Au cours de ce travail, un certain nombre d'observations m'a poussé à homologuer le système axial des Astéries à un bras.

Evidemment ces deux groupes d'organes sont à première vue très différents, mais mes observations sur l'anatomie des Astéries m'ont permis de dégager un certain nombre de lignes architecturales communes.

L'absence de la glande brune (glande ovoïde) telle qu'elle est décrite par les Auteurs, et la forme des différents organes telle qu'elle ressort des préparations obtenues par les techniques ménagées que j'ai décrites, me permettent de voir une grande ressemblance entre les différents systèmes de canaux.

Nous verrons dans le paragraphe concernant la néoformation du système axial après schizogonie combien ces néoformations sont comparables à celles du bras.

Pourtant je signale dès maintenant un fait troublant : un échantillon de Coscinasterias tenuispina qui ne possède qu'un seul bras, même pourvu d'un fragment de disque n'est pas capable d'effectuer de néoformations. Pour que la néoformation survienne il faut que l'Astérie possède soit deux bras, soit un bras et un système axial. Ce fait marque une certaine équivalence entre un bras et un système axial.

Les figures 28, 29 et 30 de ce travail permettent de voir d'une part la similitude de constitution des deux groupes d'organes, et d'autre part leur mode de progression lors des processus de néoformation.

Ces ressemblances m'ont fait émettre l'hypothèse que le complexe axial était une sorte de " bras interne ".

En admettant cette opinion, les Astéries qui ont normalement au sortir du stade larvaire cinq bras et un système axial (et c'est sûrement le cas de Coscinasterias tenuispina, quoique les difficultés de l'expérimentation ne m'aient pas permis de le vérifier) pourraient être considérées comme des individus à six éléments-bras, et bâtis sur le type six.

Cette interprétation de l'ensemble des systèmes axiaux comme représentant l'équivalent d'un bras qui serait le 6° n'est pas aussi surprenante qu'elle peut le paraître à première vue.

On sait que des spécialistes des Echinodermes aussi compétents que BATHER et HEIDER ont apporté des arguments en faveur de l'existence au cours de l'évolution de cet Embranchement d'une symétrie triradiaire ayant précédé et préparé la symétrie pentaradiaire.

Ces Auteurs admettent que certains Cystidés primitifs ne présentent que trois radii, l'un considéré comme médian, et opposé à l'anus, les deux autres étant latéraux. Le passage de la symétrie triradiaire à la symétrie pentaradiaire se serait fait par dédoublement des deux radii latéraux donnant respectivement les radii B, C, d'une part et D, E, d'autre part, le radius médian A restant indivis.

Les analogies observées entre les systèmes axiaux et radiaires permettent de penser qu'il n'est pas exclus que ce radius median A se soit également dédoublé en deux radii A et A' dont le premier seul a conservé l'image des radii B, C, D, et E, et la même orientation par rapport à l'axe zénitho-nadiral (coïncidant à peu près avec l'axe oro-aboral) .

On peut admettre que le radius A' s'est infléchi de manière à se disposer plus ou moins parallèlement aux axes précités. La position respective des systèmes aquifère et hémaux dans un radius demeuré dans sa position normale d'une part, et dans le système axial d'autre part me paraissent permettre de préciser le sens de cette inflexion. En effet dans les radii demeurés tels le système aquifère est en position aborale par rapport au système hémal. Dans le complexe axial, l'axe du système aquifère se trouve en position externe par rapport à l'axe du système hémal.

On arrive à cette conclusion que le radius A' pour former le complexe axial s'est infléchi vers la face orale avant de prendre la direction aborale, et que cette inflexion a été accompagnée d'un retournement en doigt de gant de l'ensemble des systèmes radiaires.

Pour permettre de saisir plus facilement cette interprétation, on peut également l'envisager de la façon suivante :

Lors du dédoublement des deux radii latéraux de l'ancêtre à symétrie triradiaire, la croissance des radii dédoublés s'est faite pour chacun d'eux en direction centrifuge. Au contraire pour le radius médian, l'un des radii issus du dédoublement (le radius A') a poussé en direction centrifuge tandis que l'autre (le radius A') a cru en direction centripète, c'est à dire vers l'intérieur du disque.

La partie orale de ce radius A' ainsi passé à l'intérieur du corps se trouve tout naturellement perdre sa différenciation neuro-épithéliale qui persiste dans les radii normaux.

=====

R E G E N E R A T I O N

et

N E O F O R M A T I O N

=====

GENERALITES

Ces phénomènes ont été très peu étudiés chez les Astéries. Ce fait peut être attribué:

D'une part à la difficulté qu'ont éprouvé les auteurs dans l'interprétation de l'anatomie qu'ils considéraient comme normale : La croyance en la présence de systèmes très compliqués, tels les systèmes sinusaire et lacunaire laissait penser que la régénération était un phénomène beaucoup plus compliqué qu'il ne l'est réellement.

D'autre part si les tissus âgés, solides, subissent lors des préparations des déformations notables, les parties jeunes, non protégées et encore molles présentent des gonflements et éclatements beaucoup plus importants. L'étude des organes jeunes s'en trouve complètement faussée.

Pourtant ISAMU YAMAZI (83) a fait récemment une description sommaire des phénomènes de néoformation chez Coscinasterias acutispina. Il a en particulier observé la progression du système aquifère et sa fermeture.

Mais il ne faut pas oublier que cet auteur estime qu'il y a chez ces Astéries un plan de symétrie qui serait en même temps un plan de schizogonie et de néoformation

D'après son étude la néoformation donne régulièrement 4 bras, 4 systèmes axiaux, et un anus.

Comme je l'ai déjà fait remarquer dans le paragraphe consacré aux statistiques, ISAMU YAMAZI reconnaît que ces

formes ne se retrouvent que dans 80 % environ des cas

D'autre part les figures de EDMONDSON (31) font douter des conclusions de ISAMU YAMAZI, puisque l'on n'y retrouve pas trace d'un plan de symétrie, ni d'une constance du nombre des organes néoformés.

J'ai essayé dans ce travail, à la fois de préciser le mode de formation des différents organes néoformés, mais aussi de rechercher les causes de l'apparition des différents types de néoformation observés dans la nature.

=====

R E G E N E R A T I O N

=====

Comme je l'ai déjà dit au début de ce travail, la régénération est la formation d'un bras à partir de la cicatrice de la section d'un bras, soit en un point quelconque de celui-ci par mutilation radiaire, soit par autotomie. Dans les deux cas la régénération se fait par un processus identique.

FERMETURE DE L'ORIFICE COELOMIQUE

La fermeture de l'orifice coelomique est un phénomène mécanique dû à la forte contraction des parties du tégument voisines de la section. Cette section du coelome n'a pas, comme je l'ai dit précédemment, l'aspect d'un demi-cercle, mais celui d'un croissant ; elle est donc relativement réduite. Une contraction, même réduite, de la partie supérieure du croissant (téguments aboraux) amène à son contact la partie inférieure.

Cette fermeture de l'orifice coelomique après autotomie ou mutilation radiaire est constante chez toutes les espèces d'Astéries. Sa vitesse est variable selon les espèces, mais nettement plus élevée dans le cas d'autotomie qu'après mutilation. Ceci est évidemment normal car au cours du processus d'autotomie la contraction précède déjà la formation de la lésion puisqu'elle en est la cause même.

L'obturation ainsi obtenue est excellente. Il est parfois difficile en observant à la loupe une région interradiale de se rendre compte s'il y a eu autotomie ou si l'on se trouve en présence d'un interradius normal.

CICATRISATION

Ce stade constitue à la fois la phase finale de la fermeture de l'orifice coelomique et la première phase de la régénération.

L'orifice est obturé par une sorte de bouchon formé d'une part par du mucus secrété par les parties voisines du tégument et, d'autre part, par des éléments cellulaires libres (amœbocytes). C'est une cicatrisation analogue à celle qui se produit lors des lésions simples des téguments.

BOURGEON DE REGENERATION

Lorsque le bouchon est ainsi constitué et assure une fermeture complète de la plaie, il se transforme progressivement en un bourgeon de régénération. Cette transformation se fait par un envahissement progressif du bouchon par des éléments cellulaires issus d'une prolifération des tissus voisins.

Ce sont en particulier les tissus conjonctif et épithélial externe qui vont ainsi essaimer et s'étendre dans ce bouchon.

Dès le début de cette organisation on voit à l'avant de la section du ruban nerveux une différenciation cellulaire former du tissu nerveux qui va en quelque sorte prolonger le ruban sectionné.

Le canal aquifère, de son côté, émet un petit prolongement qui se dirige vers ces tissus nerveux régénérés.

Ce prolongement traverse le tissu conjonctif, vient au contact du tissu nerveux, puis le repousse vers l'extérieur.

La petite masse nerveuse régénérée forme alors une petite proéminence dont le centre est occupé par l'extrémité du canal aquifère. Au niveau de ce complexe se constitue la tache photo-réceptrice. (Fig. 35, 36)

En même temps, et en position aborale, se forme dans ce bourgeon une pièce calcaire qui deviendra ultérieurement la pièce terminale du bras.

A ce stade la formation du bourgeon de régénération est terminée. Ce bourgeon est, certes, de très petite taille, mais il ne subira plus dans la suite de grande modification et sera toujours repoussé à l'extrémité distale du bras par les tissus nouvellement formés.

Il ne faut pas d'ailleurs, à mon sens, envisager ce bourgeon comme une formation exceptionnelle, rigoureusement

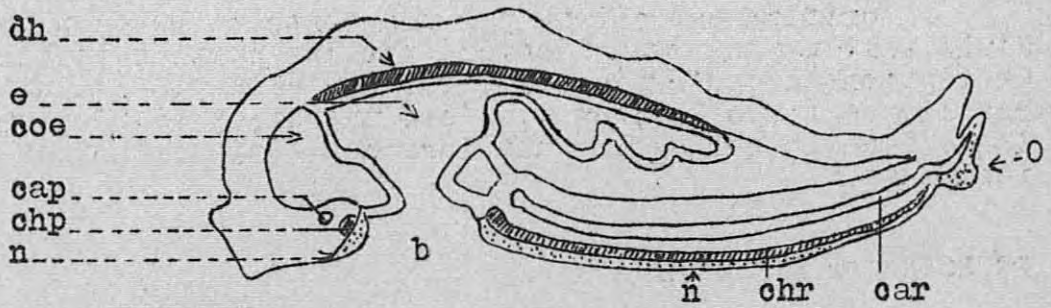


Fig.31 - Coscinasterias tenuispina - Coupe schématique passant par un interradius (à gauche) et par l'axe d'un radius (à droite).

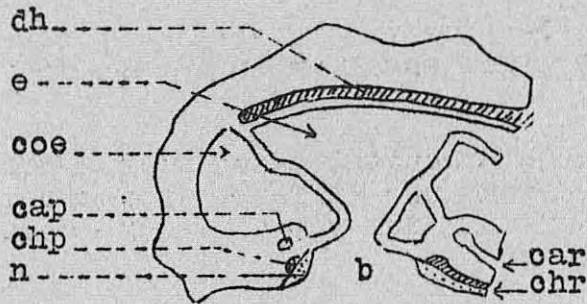


Fig.32 - Parties de l'Astéride conservées après autotomie radiaire.

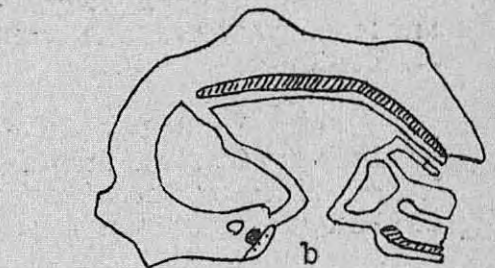


Fig.33 - Début de fermeture de l'orifice coelomique.

- | | |
|-----|--------------------------|
| b | Bouche. |
| cap | Canal aquifère périoral. |
| car | Canal aquifère radiaire. |
| chp | Canal hémal périoral. |
| chr | Canal hémal radiaire. |
| coe | Coelome. |
| dh | Disque hémal. |
| e | Estomac. |
| n | Ruban nerveux. |
| 0 | Tache oculaire. |

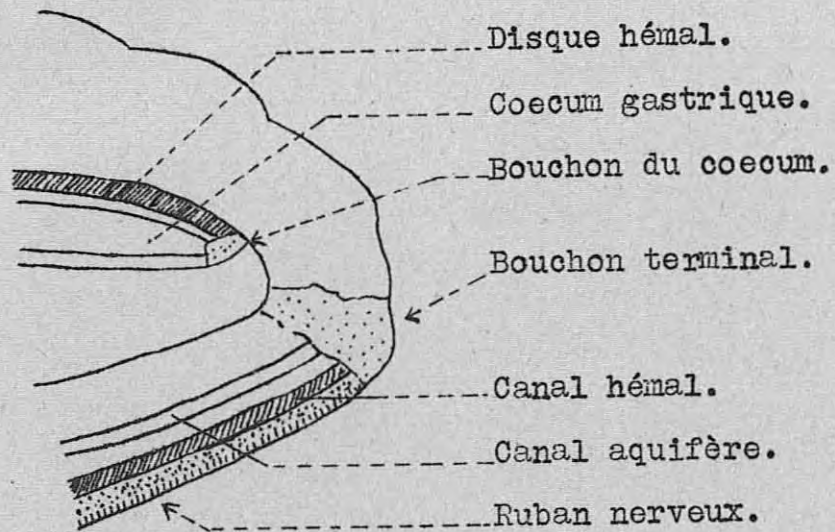


Fig.34 - Bouchon de cicatrisation.

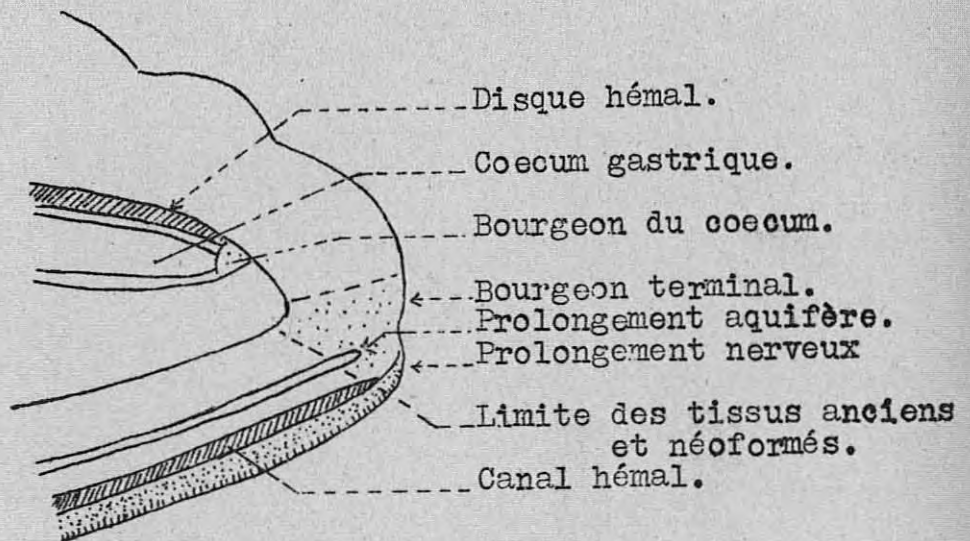


Fig.35 - Formation du bourgeon de régénération .

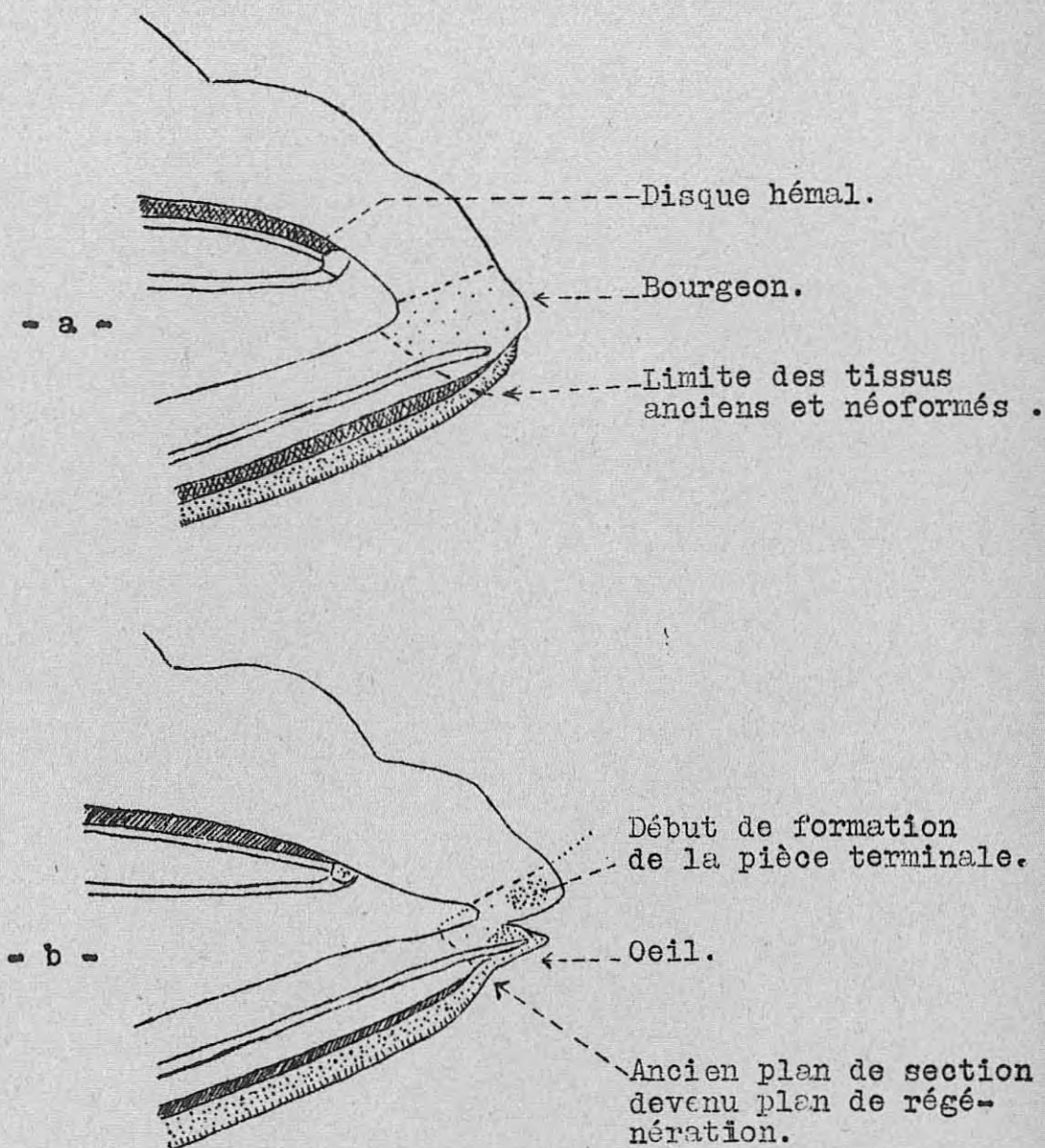


Fig. 36 - Evolution du bourgeon de régénération.
En b ébauche de l'oeil.

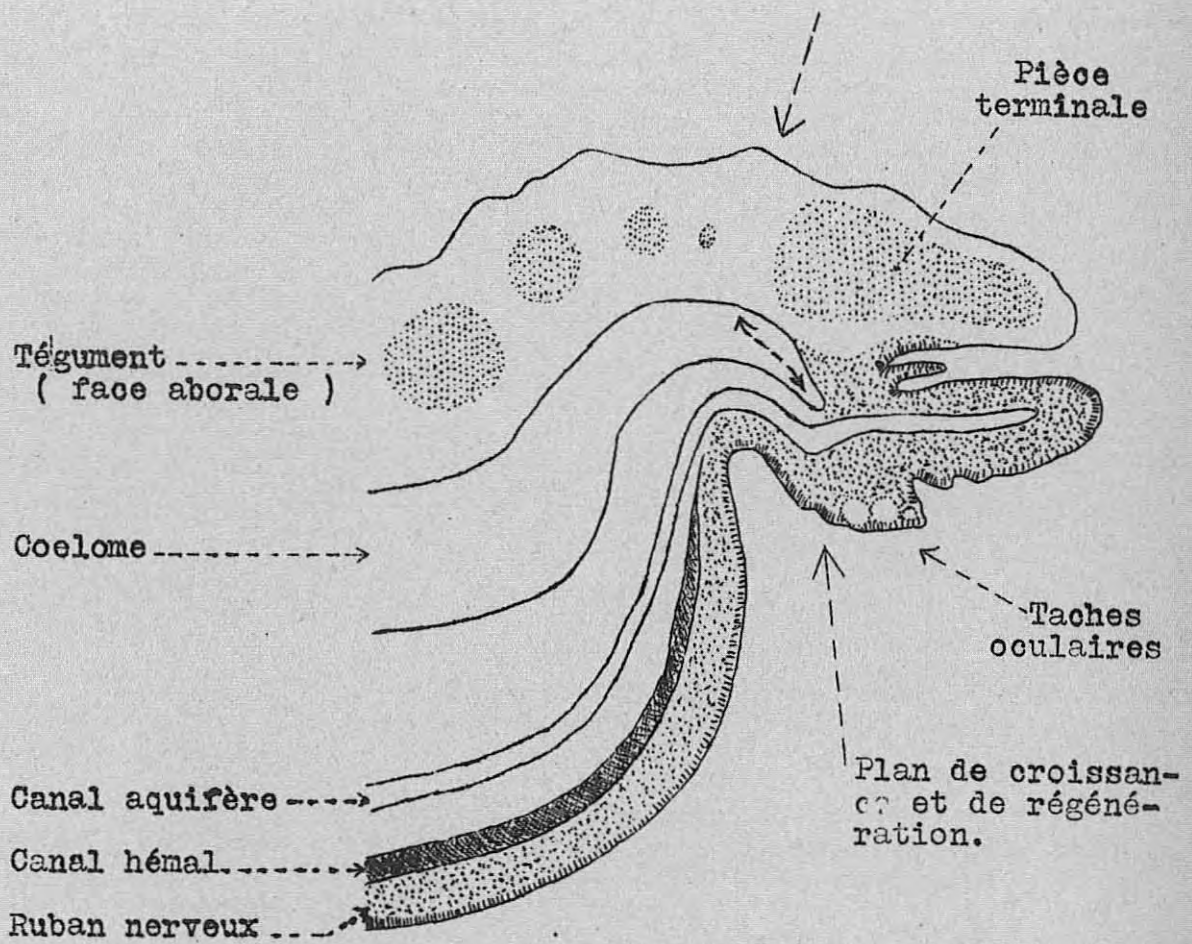


Fig.57 ~ Extrémité de bras de Coscinasterias tenuispina.
 (grossissement environ 40 fois)

connexe du processus de régénération après autotomie ou mutilation. En effet tout bras est pourvu d'un bourgeon semblable que l'on peut appeler " bourgeon terminal ". C'est lui qui assure la croissance normale du bras, qu'il s'agisse de l'accroissement normal ou de la restitution après mutilation.

Mais il n'en reste pas moins que la formation de ce bourgeon constitue sans doute la phase essentielle et originale de la régénération, car il va permettre au bras à la fois de restituer la longueur amputée puis ultérieurement de poursuivre une croissance semblable à celle des autres bras.

On peut même dire que, au moment où se trouve constitué le bourgeon, tout le processus proprement dit de la régénération est terminé. En effet on est à ce moment passé d'un bouchon cicatriciel non organisé à une formation en tous points comparable à celle qui se trouve normalement à l'extrémité d'un bras intact.

CROISSANCE DU BRAS

Le bourgeon de régénération est limité à sa face proximale par un plan de régénération qui n'est autre que le plan de croissance normale du bras.

Ce plan n'est pas visible sur les coupes sous forme d'une ligne de cellules à caractère embryonnaire, mais peut être néanmoins localisé car l'on voit d'un côté de ce plan les éléments du bourgeon déjà organisé, et de l'autre les éléments du bras en train de s'organiser. Ce plan est situé immédiatement en arrière de la tache photoréceptrice et de la pièce terminale (Fig. 37)

Les tissus se trouvant dans ce plan se multiplient abondamment formant ainsi de nouveaux éléments tissulaires.

Le bourgeon est ainsi constamment repoussé en position distale, tandis que le bras s'allonge. Les différents systèmes nerveux, hémal, aquifère se prolongent en même temps. (Fig. 38, 39)

Mais le canal aquifère émet des prolongements vers la droite et la gauche. Ceux-ci se redivisent en formant deux hernies au dessus et au dessous de leur plan. La hernie tournée vers la face aborale pénètre dans le coelome en formant une ampoule, tandis que la hernie qui est dirigée vers la zone orale repousse l'épithélium extérieur en donnant nais-

sance à un podion.

Ce processus étant progressif, on voit sur un même bras tous les stades de formation de ces podia .

On voit en même temps apparaître au sein du tissu conjonctif les concrétions calcaires qui formeront les différents systèmes de plaques des bras. La formation des piquants n'est pas immédiate, ce n'est que lorsque les plaques calcaires ont atteint une certaine taille que l'on voit apparaître à leur partie supérieure des masses calcaires d'abord arrondies, puis pointues, qui formeront en fin de compte les piquants.

Cette croissance du bras ne s'effectue pas avec une vitesse uniforme. Rapide au début de la formation du bras elle décroît progressivement et, lorsque les régénérats atteignent une taille égale à celle des autres bras, devient en définitive égale à la vitesse de croissance normale du bras.

COECUMS GASTRIQUES ET GLANDES GENITALES.

Les coecums gastriques et les glandes génitales effectuent une régénération parallèle à celle des autres parties du bras, mais qui n'est pas sous la dépendance du bourgeon de régénération du bras. Ces organes n'occupent que la moitié environ du bras et ont chacun un bourgeon de régénération propre.

Ce bourgeon qui se forme au point de mutilation est lié au tissu péritonéal, il donnera naissance selon le cas soit au coecum gastrique soit au tissu génital, ainsi qu'aux canaux hémaux qui les desservent.

Les différents bourgeons progressent vers l'extrémité du bras en opérant un remaniment du tissu péritonéal de sorte que les organes ainsi constitués lui seront intimement liés.

Là encore on retrouve une grande ressemblance entre les phénomènes de régénération et ceux de la croissance normale

=====

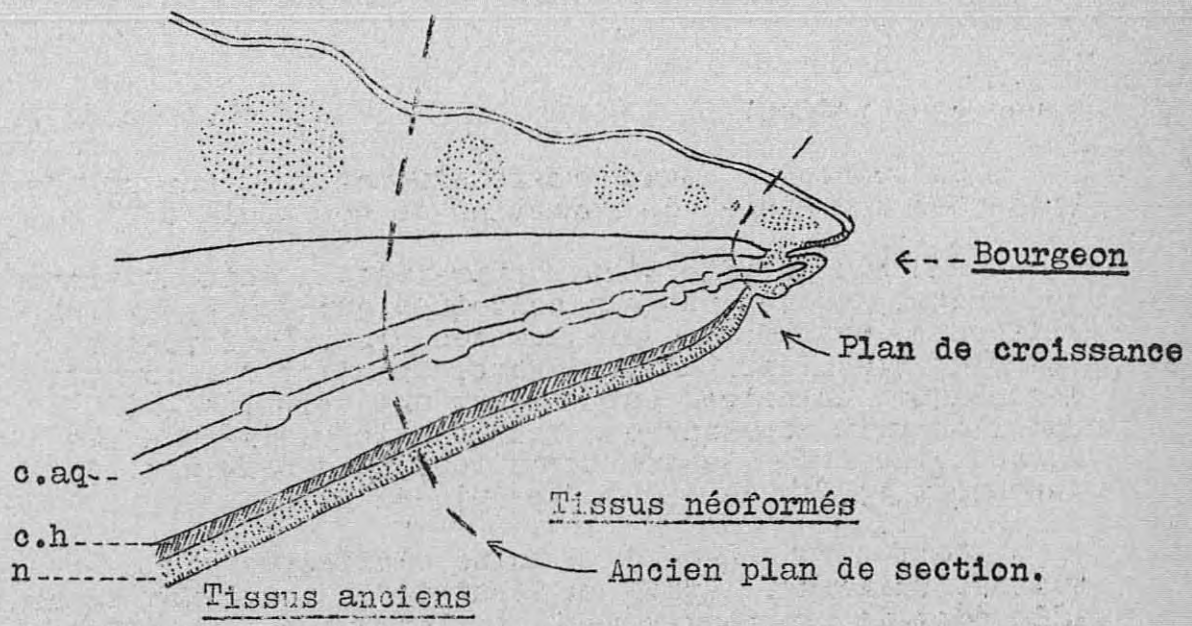


Fig.38 - Coupe longitudinale d'un bras le long de son axe.

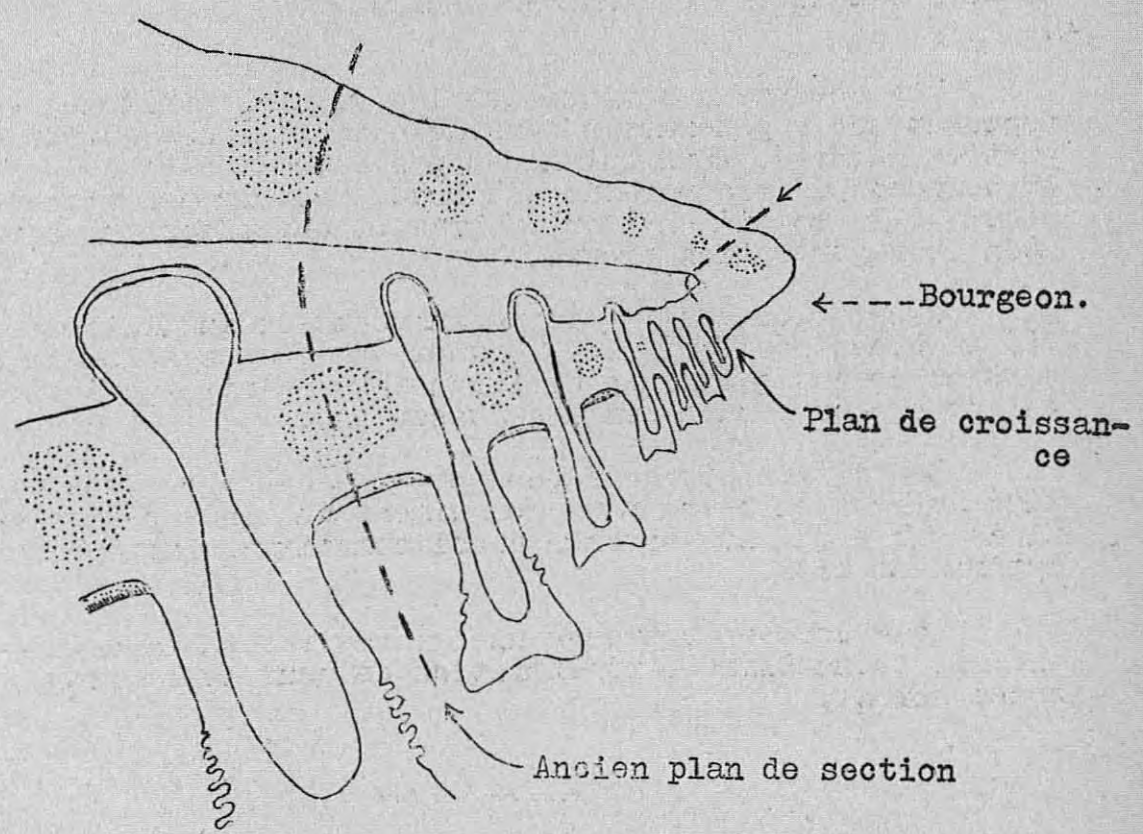


Fig.39 - Coupe Longitudinale d'un bras , non dans son axe

NEOFORMATION

=====

GENERALITES

La néoformation est l'ensemble des phénomènes qui succèdent à la schizogonie discale ou aux lésions interradiaires. Elle s'apparente à la régénération par une grande ressemblance du bourgeon de formation du bras, et une croissance identique de chaque bras une fois formé ce bourgeon.

Elle se distingue cependant de la régénération par le fait qu'il y a formation d'organes (systèmes axiaux, corps de THIEDEMANN, anus) qui ne correspondent pas obligatoirement à ceux qui avaient été amputés auparavant.

Comme je l'ai déjà signalé, la schizogonie se produit en des points quelconques privant ainsi l'animal d'un ensemble d'organes variable selon les cas. De leur côté les lésions interradiaires, si elles provoquent la coupure de tous les systèmes périoraux (nerveux, hémal, aquifère), ne privent l'animal d'aucun organe.

La néoformation ne présente aucun caractère de compensation, car le nombre des organes néoformés n'a aucun rapport avec celui des organes amputés. Par ailleurs si l'on examine tant à l'oeil nu que sur les coupes les organes néoformés on peut voir que leur nombre n'est pas constant: les néoformations comportent de 1 à 5 bras et un nombre de systèmes axiaux de 0 à 4.

Lorsque la néoformation est terminée on observe une très grande régularité dans l'ordre de succession des organes néoformés.

On voit en effet se succéder à partir des bords de la lésion :

- Corps de THIEDEMANN.
- Bras.
- Corps de THIEDEMANN.
- Complexe axial.
- Corps de THIEDEMANN.
- Bras.

- Corps de THIEDEMANN.
- Complexe axial.
- etc...

Cet ordre de succession dans les positions respectives des organes néoformés s'observe chez tous les individus, mais le nombre des termes de cette succession ainsi réalisée est variable.

Au centre de la lésion, point de jonction des deux zones de néoformation, cet ordre peut être troublé, ce qui permet d'observer côte à côte soit deux bras, soit deux complexes axiaux. Ce fait montre bien que le processus de néoformation s'arrête brusquement quand les deux zones de néoformation se rejoignent.

Mais il faut remarquer que la place qu'occupent ces organes néoformés ne correspond pas à leur date d'apparition. Ainsi les échantillons qui possèdent des bras néoformés de un centimètre de long n'ont pas de madréporite visible à la loupe, fait qui peut induire en erreur des auteurs qui ne pratiqueraient pas systématiquement des coupes en série.

Comme le processus de néoformation s'arrête automatiquement lorsque les néoformations édifiées à partir des deux lèvres de la blessure ont réussi à se rejoindre, le nombre des organes néoformés ne dépend en somme que de l'écart existant, au moment où commence le processus, entre les deux lèvres de la blessure.

Avant d'aborder dans le détail le problème de la néoformation, il me paraît utile de résumer les caractéristiques des différents organes :

Les bras et les systèmes axiaux ont, comme je l'ai dit plus haut, certaines analogies au point de vue de leur architecture fondamentale. Ces organes comportent en effet un système aquifère, un système hémal, un système comparable de plaques calcaires. Mais on n'observe pas dans les systèmes axiaux de système nerveux, bien visible dans les bras.

Les corps de THIEDEMANN sont uniquement une dépendance du système aquifère sans participation visible du système hémal ni du système nerveux.

Quant à l'anus, formation unique, interradiale, apparaissant avec le dernier interradius, il ne comporte ni participation nerveuse, ni participation hémale, ni parti-

oipation aquifère. Je serai conduit à lui attribuer une origine spéciale .

Etant donné la complexité de ces phénomènes de néoformation, et en vue de simplifier mon exposé, je traiterai les points suivants :

- Fermeture du coelome.
- Formation du bouchon de cicatrisation.
- Formation d'un bras.
- Formation d'un complexe axial.
- Formation d'un corps de THIEDEMANN.
- Formation de l'anus.

Nous verrons ensuite comment on peut interpréter ces phénomènes de néoformation, et enfin comment il est possible d'expliquer tous les types de néoformation observés dans la nature.

FERMETURE DU COELOME

La schizogonie discale provoque des détériorations beaucoup plus importantes que l'autotomie. Il se forme en effet une grande ouverture dans les téguments. Le coelome est largement ouvert à l'extérieur. L'estomac et le disque hémal aboral sont ouverts en deux. La bouche disparaît en partie. Les systèmes périoraux nerveux, hémal, aquifère sont sectionnés. En outre l'animal peut ne plus posséder de système axial. (Fig.40)

On comprend donc l'importance primordiale que revêt la cicatrisation rapide de ces lésions pour éviter une hémorragie qui pourrait être fatale.

J'ai pu observer le comportement de diverses espèces d'Astéries après une schizogonie soit expérimentale, soit naturelle.

Chez Coscinasterias tenuispina les téguments voisins de la lésion se contractent très rapidement, tendant à obturer l'ouverture créée. On peut facilement imaginer que, si les téguments se resserraient de façon à obturer une déchirure aussi vaste que celle du coelome ou de l'estomac, cette contraction des tissus permet a fortiori la fermeture des canaux hémaux et aquifère et la réduction, à défaut de fermeture, de l'orifice créé dans le disque hémal .

Par contre, chez Marthasterias glacialis, les tégu-

ments ne se contractent pratiquement pas, et l'on peut voir que l'eau de l'aquarium devient trouble au voisinage de la lésion par suite de l'écoulement des liquides intérieurs de l'animal. Il s'ensuit un dépérissement progressif et rapide qui amène la mort au bout d'un jour ou deux.

On peut faire la même observation chez Echinaster spositus et Asterina gibbosa.

Comme j'ai déjà eu l'occasion de le dire dans le paragraphe consacré à la schizogonie, je suis amené à penser que toutes les Astéries possèdent en puissance un pouvoir de néoformation après schizogonie, mais que dans beaucoup d'espèces ce pouvoir n'apparaît pas, une différence de conformation ne permettant pas à la cicatrisation de se faire assez rapidement de sorte que la mort survient par hémorragie avant que cette cicatrisation ne soit suffisante.

Cette est appuyée par le fait que les espèces qui meurent après schizogonie peuvent effectuer des néoformations après avoir subi une lésion interradiale qui s'apparente à la schizogonie sans toutefois en avoir l'ampleur.

Il faudrait pouvoir faire une expérimentation complète, par exemple en facilitant la cicatrisation soit en obturant l'ouverture pratiquée dans le disque hémal au moyen d'une couture, soit en pratiquant la section au moyen du bistouri électrique. Malheureusement il m'a été impossible de pratiquer de telles expériences.

J'ai pu cependant vérifier dans une certaine mesure cette opinion en pratiquant chez Marthasterias glacialis une sorte de schizogonie expérimentale qui ne comporte pas de lésion du disque. Je donne à ce type d'expériences le nom de " Schizogonie péri-discale expérimentale ".

Cette schizogonie péri-discale peut être facilement obtenue en pratiquant d'abord l'autotomie de deux bras voisins par les procédés normaux (amputations successives) . On sectionne ensuite au moyen d'une forte paire de ciseaux l'interradius séparant les bras autotomisés, ainsi que les ponts de la région orale (pièce proximale de la série ambulacraire) au voisinage des bras restés intacts.

Grâce à ce procédé la région orale est mutilée de la même façon que dans le cas de la schizogonie, tandis que le disque est conservé intact.

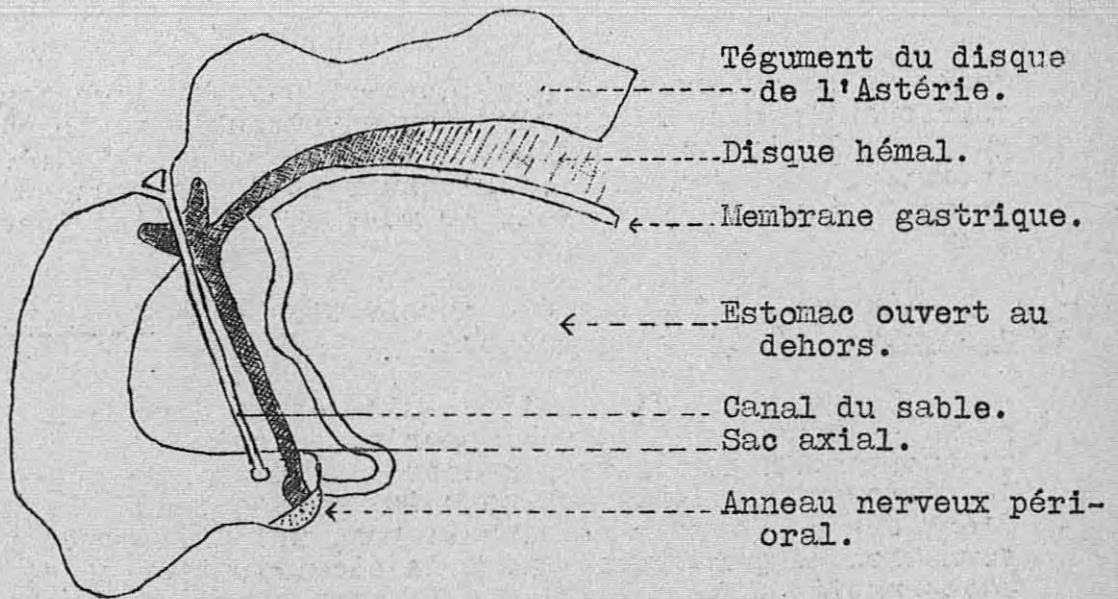


Fig.40 - Coupe schématique de *Coscinasterias tenuispina* après schizogonie discale .

Le disque hémal est largement ouvert au dehors.

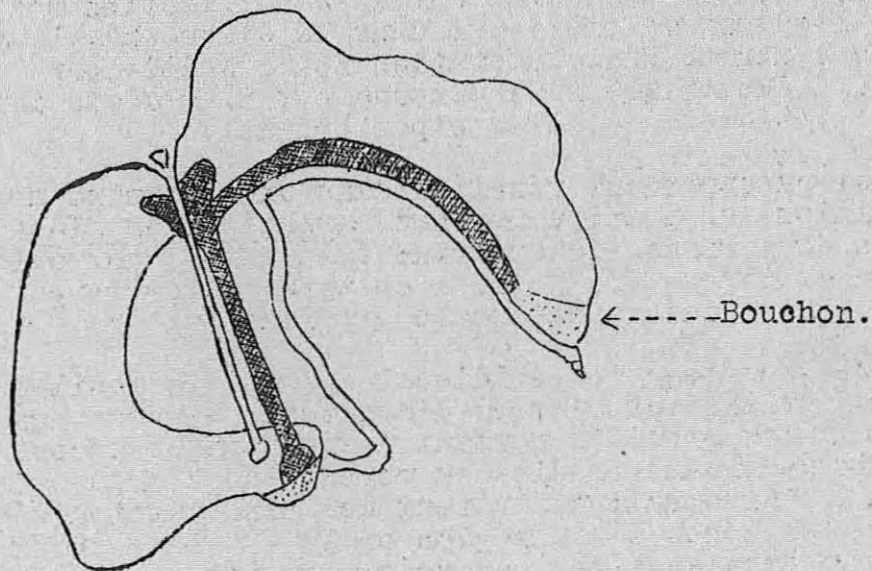


Fig.41 - Formation du bouchon de cicatrisation après schizogonie discale.

Tandis que dans les expériences ordinaires de schizogonie la mort des Marthasterias glacialis survient au bout de deux à trois jours, j'ai pu observer dans le cas de la schizogonie péridiscale qu'au bout de six mois les échantillons vivent toujours. Ce fait montre que dans cette espèce la mort prématurée qu'on observe habituellement est due à une hémorragie provoquée par l'ouverture du disque hémal, ouverture que ces individus ne peuvent colmater sans doute par suite d'un manque d'élasticité des tissus du disque.

Il faut dire que ces expériences sont très longues, étant donné la lenteur des phénomènes de régénération et néoformation dans cette espèce d'Astéries.

Néanmoins, au bout de quatre mois le bouchon de cicatrisation est nettement reconnaissable à sa coloration blanche.

Un mois plus tard apparaissent sur ce bouchon des taches colorées d'une teinte semblable à celle des taches oculaires.

Au bout du 6° mois, enfin, (date de l'impression de ce travail) ces taches se trouvent surélevées par suite de la formation à leur emplacement d'un petit mamelon qui n'est autre qu'un bourgeon de néoformation de bras.

Les phénomènes de néoformation a près schizogonie péri-discale n'étant pas encore achevés, je ne puis tirer de conclusion sur le type de néoformation que présente cette espèce mais il m'est possible d'affirmer que c'est la non cicatrisation rapide du disque hémal qui est cause de la mort après schizogonie, et que si l'on peut obtenir une survie on observe un phénomène de néoformation. (°)

Mais chez Coscinasterias tenuispina, la fermeture des orifices créés par schizogonie se produit rapidement par un étirement considérable du tégument du disque dont les plaques changent de position : elles s'écartent l'une de l'autre et se posent à plat.

=====
(°) Les résultats de ces expériences de schizogonie péridiscale chez diverses espèces d'Astéries feront l'objet d'une publication ultérieure.
=====

Par suite des tractions exercées, les bras situés de part et d'autre de la lésion tendent à se rapprocher. Ainsi lorsqu'il ne reste plus que deux bras ceux-ci tendent à se mettre en opposition; quand leur nombre est de trois leur position donne à l'Astérie une forme en T.

FORMATION DU BOUCHON DE CICATRISATION

Comme dans le cas de la régénération le bouchon de cicatrisation est formé essentiellement par des amœbocytes ainsi que par du mucus et des éléments cellulaires venus des organes voisins de la lésion.

Tandis que dans le cas de la régénération d'un fragment de bras le bouchon de cicatrisation occasionne la fermeture simple d'un orifice créé dans le test, il y a dans le cas de la schizogonie suivie de néoformation jonction de deux tissus différents: tégument et tissu gastrique.

Le long de la lésion ces deux tissus sont liés l'un à l'autre aux points suivants:

a) dans la région orale les tissus gastriques sont liés au tégument au niveau de la bouche, au voisinage du ruban nerveux, ceci de part et d'autre de la lésion.

b) dans la région aborale, le mésentère limitant le disque hémal unit l'estomac et le tégument en deux points de part et d'autre du disque hémal.

Ainsi les deux tissus qui vont s'unir lors de la cicatrisation sont déjà attachés en quatre points (visibles Fig. 22) et sont par conséquent relativement bien maintenus au contact l'un de l'autre.

Il convient de faire une remarque :Le disque de l'Astérie s'étire considérablement en direction de la face orale pour obturer le vide créé par la lésion. Par suite des tractions exercées la section du disque hémal occupe la presque totalité de la portion mutilée de la bouche. Autrement dit le bouchon de cicatrisation qui va d'une lèvre à l'autre de la blessure, sera sur toute sa longueur au contact du disque hémal aboral.

Ce facteur est important puisque le disque hémal aboral peut ainsi dès les premiers stades assurer l'alimenta-

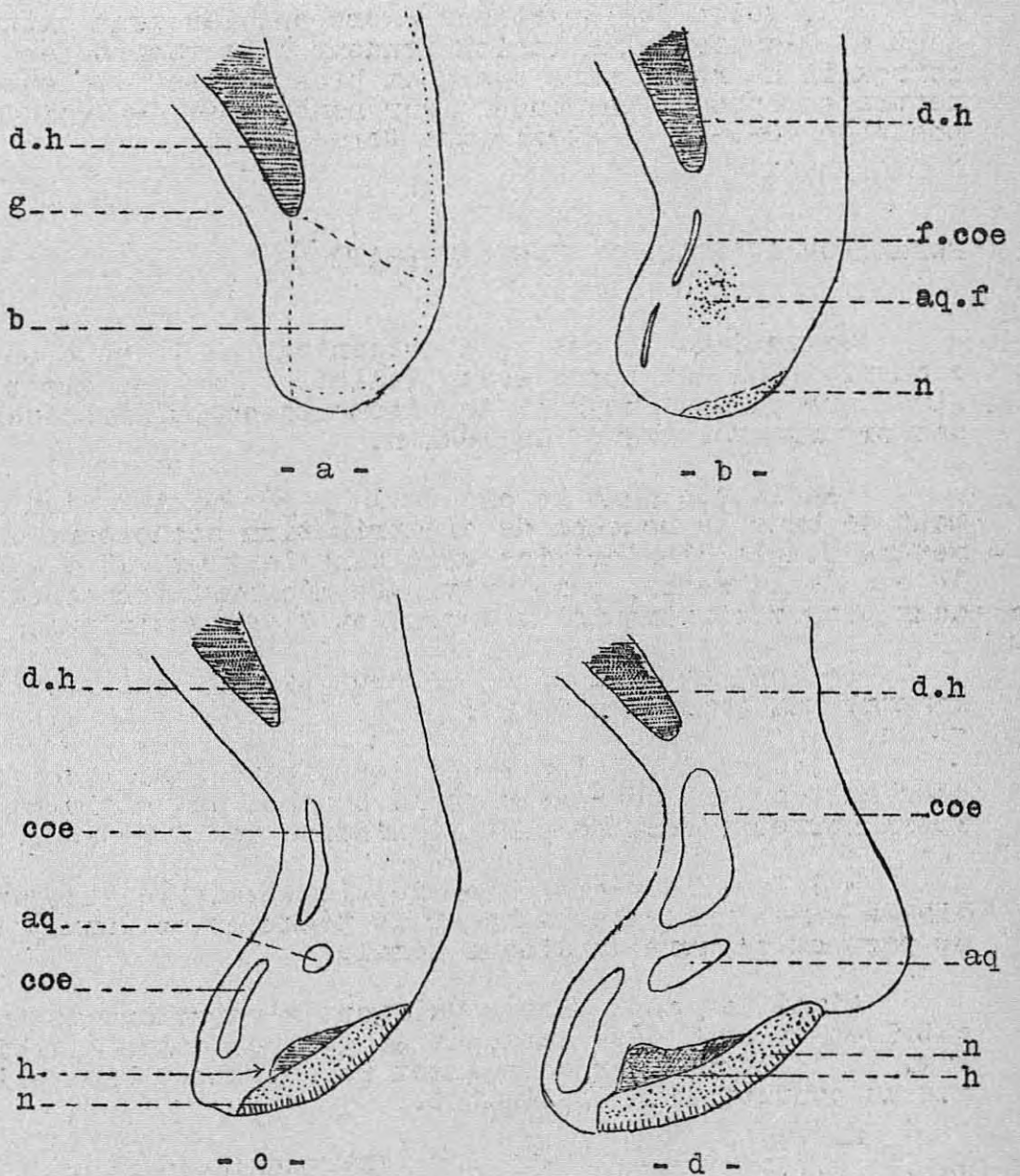


Fig.42 - Stades de néoformation d'un bourgeon radiaire.

aq canal aquifère
 aq.f en formation.
 b bourgeon radiaire.
 coe coelome
 f.coe .. en formation.
 g paroi de l'estomac.
 h canal hémal.
 n ruban nerveux
 d.h disque hémal

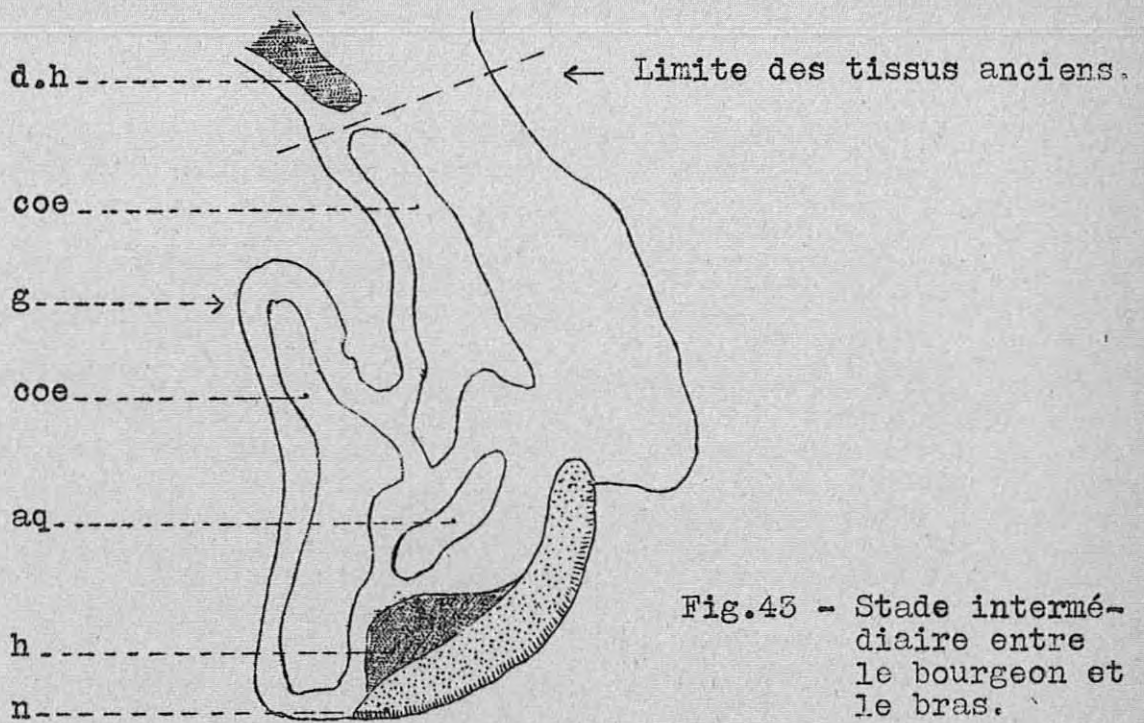


Fig.43 - Stade intermédiaire entre le bourgeon et le bras.

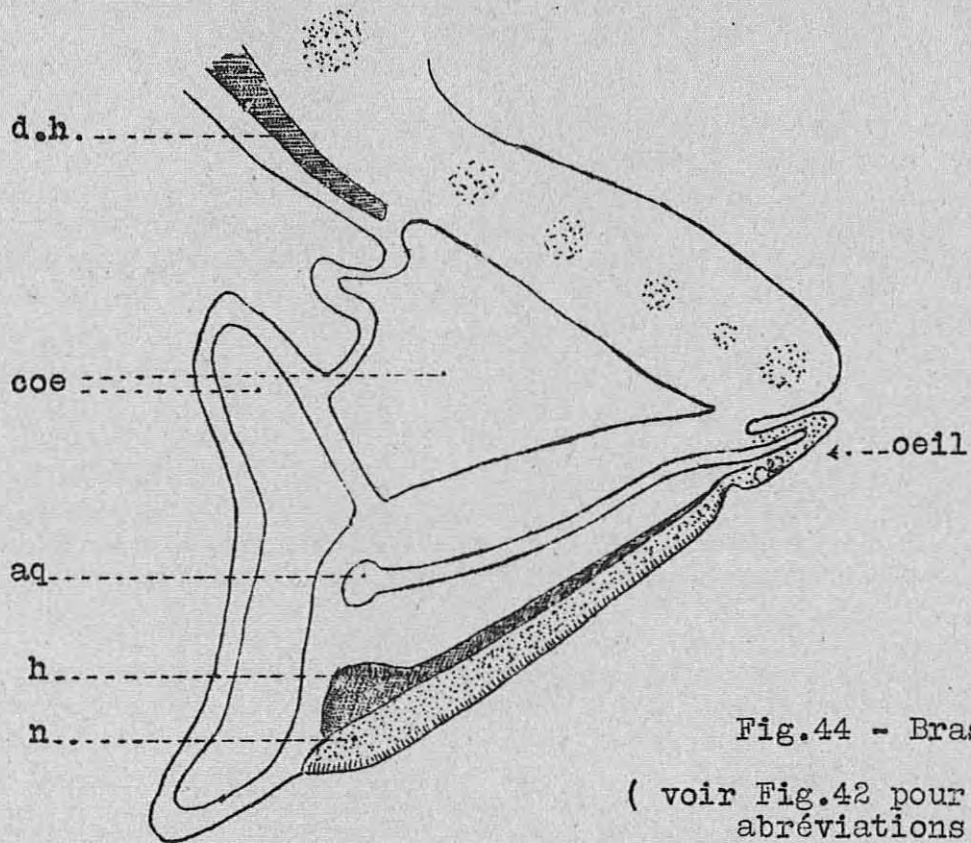


Fig.44 - Bras formé

(voir Fig.42 pour les abréviations)

tion des tissus néoformés alors que le système hémal périoral n'est pas encore apparu.

Cette disposition nous permettra ultérieurement de mieux comprendre un certain nombre de phénomènes de la néoformation.

Le bouchon de cicatrisation n'unit pas les tissus gastriques et ceux du tégument bord à bord. Ce bouchon a en gros une section triangulaire (Fig. 41 et 42, a.).

Un des cotés de ce triangle est orienté vers l'extérieur. Un autre est au contact de la section du tégument et ne tardera pas à faire corps avec lui. Le troisième est au contact du tissu gastrique, non par sa section, mais le long de la paroi qui, avant schizogonie, était en contact avec le disque hémal.

Mais la fixation du bouchon et du tissu gastrique ne paraît pas définitive: lors des processus de néoformation ces tissus pourront se décoller en certain points en donnant naissance à des coelomes, ou au contraire se fixer solidement l'un à l'autre pour former les points d'attache de l'estomac et des téguments.

Si, lors de la régénération d'un bras après autotomie, un bourgeon de régénération d'un bras apparaît sur le bouchon, il se forme lors de la néoformation et par un processus somme toute comparable plusieurs bourgeons qui prennent naissance les uns à la suite des autres sur le bouchon à partir de ses extrémités latérales.

NEOFORMATION D'UN BRAS

Comme dans le cas de la régénération après autotomie, la néoformation du bras est marquée par l'apparition sur le bouchon de cicatrisation d'un petit mamelon qui fait progressivement saillie vers l'extérieur.

Lors des processus de néoformation on voit en général se former, simultanément ou non, deux de ces mamelons, chacun se trouvant latéralement sur le bouchon, non loin de la cicatrice.

Au bout de quelque temps apparaît sur le mamelon le tissu nerveux formé par différenciation des tissus du bouchon, ceci progressivement à partir de la section du ruban

nerveux.

Comme dans le cas de la régénération simple, le canal aquifère émet dans le bouchon un petit prolongement non loin du ruban nerveux néoformé. Ce prolongement aquifère se rapproche progressivement du ruban nerveux, puis, après l'avoir rejoint, le repousse vers l'extérieur formant sur le mamelon une petite proéminence où se trouve l'oeil du nouveau bras.

Ainsi s'est formé, comme dans le cas de la régénération, un bourgeon qui assure la croissance du bras. Là encore tout se passe comme si, à ce moment, apparaissait un plan de croissance du bras qui assure la formation des différents organes (podia, pièces calcaires) en repoussant le bourgeon vers l'extérieur.

Les parties profondes du bouchon subiront dans l'axe du bourgeon des modifications importantes. (Fig. 42 à 44)

La ligne de jonction du tissu gastrique et du bouchon se perce de deux fentes allongées placées dans le prolongement l'une de l'autre, à la limite des deux tissus.

En même temps se soudent solidement en trois points situés l'un entre les fentes et les autres à chacune de leurs extrémités. (Fig. 42)

Le point d'attache situé à l'extrémité du bouchon unit définitivement le tissu buccal et le tissu nerveux.

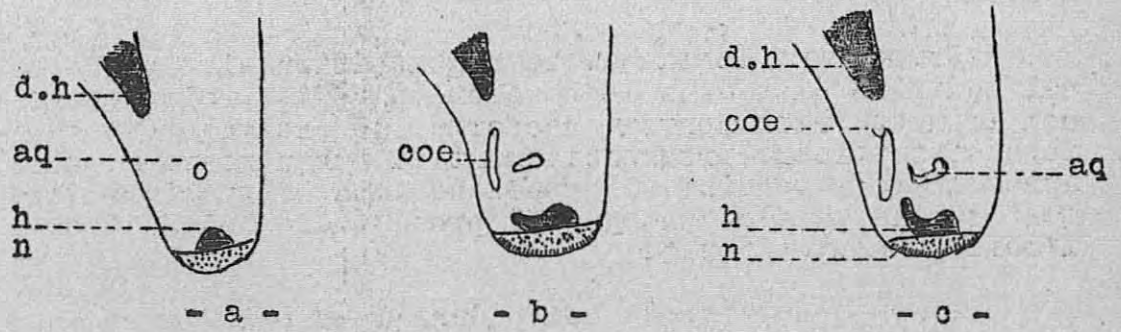
Le point situé entre les deux fentes, qui se trouve au voisinage du canal aquifère, formera le mésentère radial d'attache de l'estomac.

Le troisième point situé à la limite des téguments anciens et nouveaux deviendra le mésentère d'attache de l'estomac, marquant la limite du disque hémal.

Ce point a un rôle important: lorsque la fente voisine devient le coelome du nouveau bras, le mésentère nouvellement formé donne naissance (de part et d'autre de ce coelome) aux bourgeons de formation des coecums gastriques et des glandes génitales.

Ces organes progressent dans le coelome comme dans le cas de la régénération.

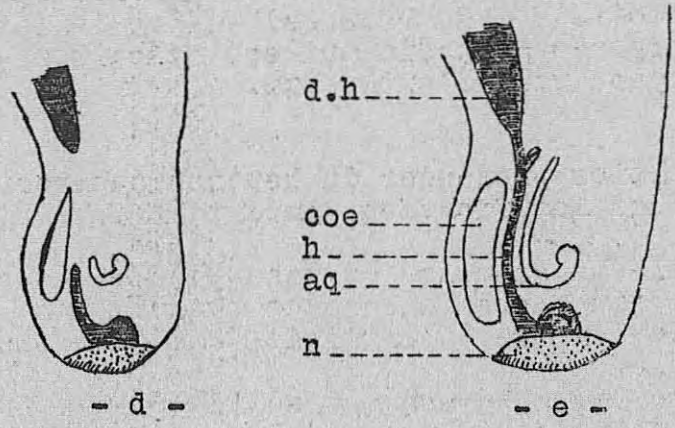
Je précise que le point destiné à former le mésentère radial ne se retrouve pas dans la formation des autres



- a -

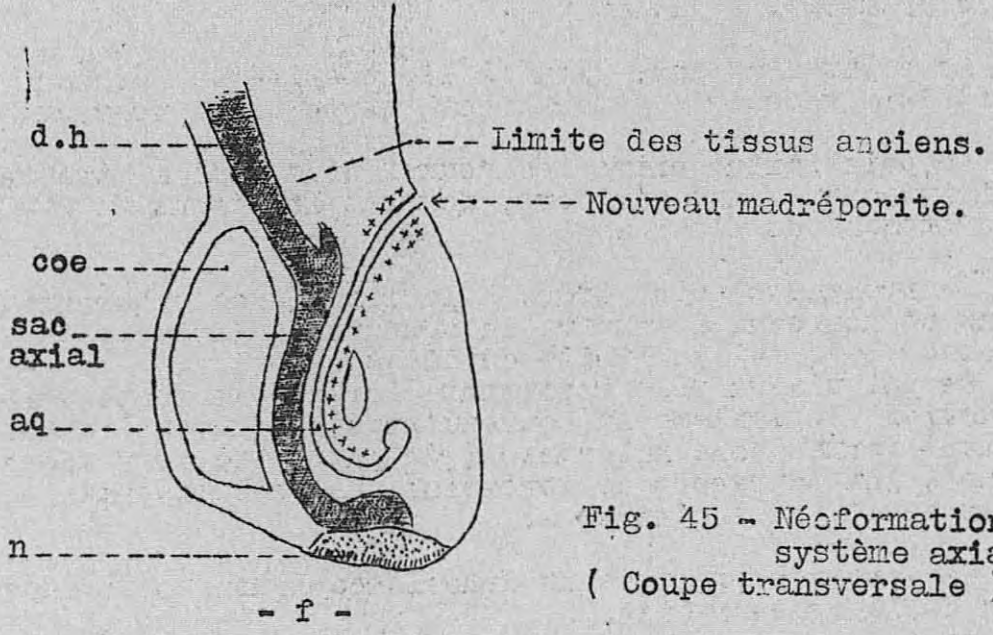
- b -

- c -



- d -

- e -



- f -

Fig. 45 - Nécfornation du système axial. (Coupe transversale)

organes (complexe axial), tandis que les autres forment une ligne continue.

Les deux fentes formeront le coelome.

Lorsque les deux bras néoformés de part et d'autre du bouchon ont atteint une certaine taille on voit se former entre eux un ou deux autres bourgeons qui donneront à leur tour autant de bras.

C'est ainsi que l'on observe très fréquemment sur les Coscinasterias tenuispina en cours de néoformation la présence de deux bras d'une taille appréciable entre lesquels se trouvent deux autres bras plus petits. (Fig. 9)

FORMATION D'UN COMPLEXE AXIAL

Le complexe axial n'est décelable extérieurement que par l'observation de la plaque madréporique et celle-ci n'est visible à la loupe que lorsqu'elle a déjà atteint une certaine taille.

Ainsi seule l'étude microscopique peut nous renseigner sur la date d'apparition d'un complexe axial, et l'examen à la loupe d'une néoformation où les bras, quoique formés parfaitement, sont encore de petite taille donne des indications erronées quant au nombre des systèmes axiaux néoformés.

La formation du système axial est comparable à celle du bras en ce sens que, dans les deux cas, il s'agit d'une poussée simultanée des différents systèmes à partir de leurs parties périorales. Mais, tandis que le bras est formé par une poussée de ces systèmes vers l'extérieur, cette poussée se fait, pour le complexe axial, vers l'intérieur, c'est à dire en direction du nouveau coelome (Fig. 28)

On ne voit pas dans ce cas de tissu ^{nerveux} néoformé le long du système axial, ce qui se produisait dans le bras.

Au point de formation du système axial apparaît à la limite du bouchon de cicatrisation et du tissu gastrique une fente qui se trouve dans le prolongement des deux fentes déjà observées lors de la formation du bras.

Cette fente est là aussi à l'origine du coelome.

La portion de tissu gastrique isolée par le coelome est comme dans cas du bras à l'origine de la partie néoformée de l'estomac de l'Astérie.

Le canal aquifère et le canal hémal dont la progression vers l'extérieur (avec le tissu nerveux) avait donné un bras, s'étaient bifurqués, le nouveau prolongement se dirigeant le long du bouchon. Au point de formation du système axial se produit une nouvelle bifurcation. Tandis qu'une de leurs branches (accompagnée du ruban nerveux) continue cette progression dans le bouchon, l'autre se dirige vers le nouveau coelome. (Fig. 45, a d'une part et 45, b d'autre part)

Ces branches du canal hémal et du canal aquifère s'incurvent en arrivant au voisinage du coelome, puis, le longeant, se dirigent vers la région aborale du bouchon. (Fig. 45, c, d.)

Les deux canaux ne tardent pas à arriver à la limite des tissus anciens et nouveaux du tégument. A ce moment le canal hémal se divise en deux branches: tandis que l'une d'elles s'unit au disque hémal aboral, l'autre pénètre légèrement dans l'épaisseur du bouchon. (Fig. 45, e.) - (cette dernière branche ne peut-elle pas être assimilée au canal hémal des coecums gastriques ?)

De son côté, le canal aquifère s'incurve légèrement et, le long du plan de section du tégument ancien, traverse toute l'épaisseur du bouchon de cicatrisation et débouche au dehors par un mince orifice qui est à l'origine de la plaque madréporique. (Fig. 45, f.)

Une coupe transversale du complexe axial (qui est en même temps une coupe sagittale de l'Astérie) permet de suivre la modification de forme de ces canaux au cours de leur évolution.

Leur section en effet change progressivement de forme: le canal hémal, situé très près du coelome, a d'abord une section circulaire, puis, petit à petit, prend une forme de croissant. Il en est de même du canal aquifère qui prend également la forme d'un croissant imbriqué dans le croissant hémal. (Fig. 46)

Ainsi l'ensemble de ces canaux forme une sorte de bourrelet faisant saillie dans le coelome.

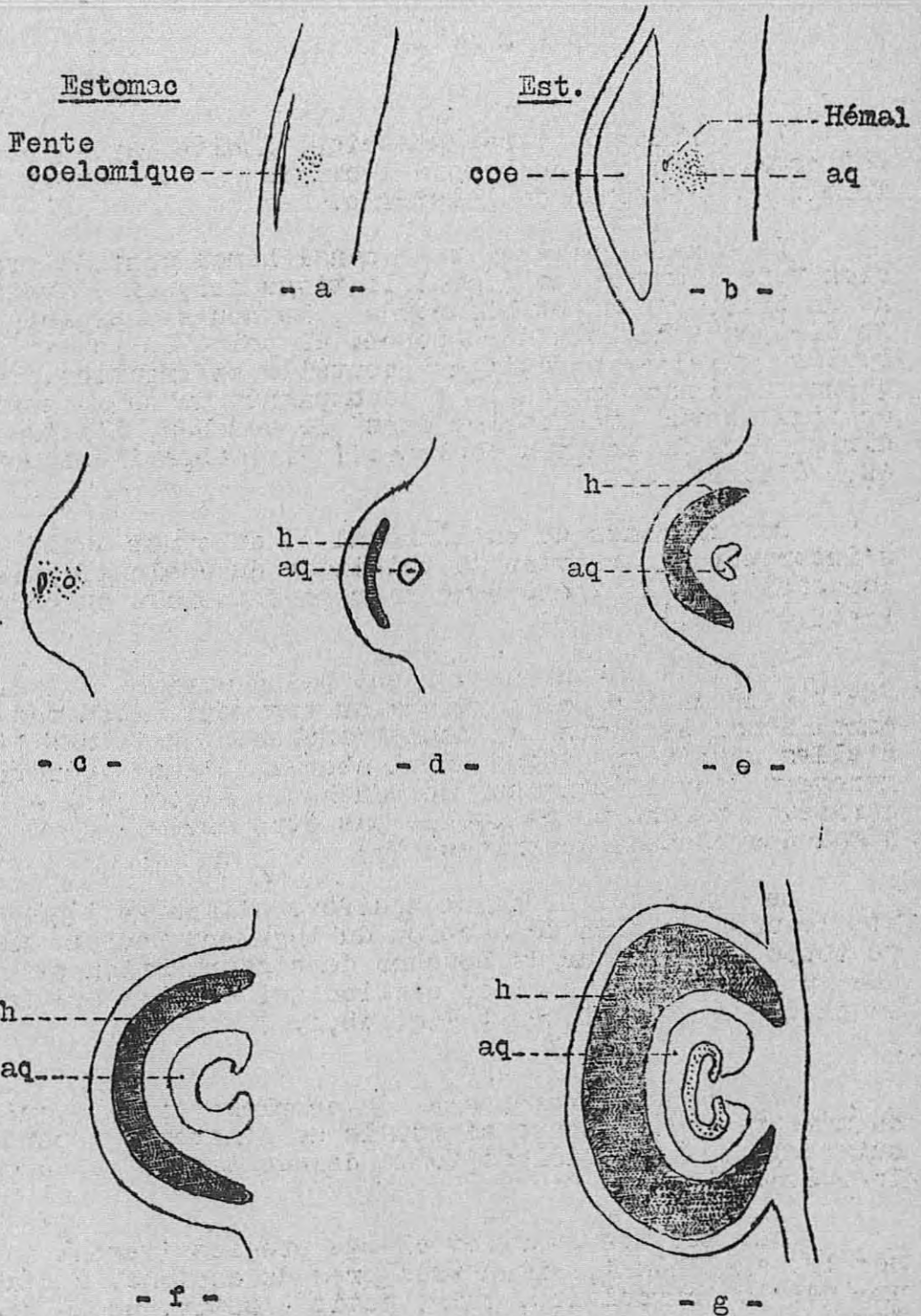


Fig. 46 - Formation du complexe axial (coupe sagittale)

En a et b, coupe dans l'ensemble du tégument.
 Les autres schémas intéressent seulement le
 complexe axial ;

Progressivement (et ce processus rappelle celui qui se déroule dans la formation du bras) apparaissent, derrière le canal aquifère, des formations calcaires comparables, quant à la position, aux vertèbres ambulacraires. Ces pièces calcaires se trouvent à l'origine à l'intérieur du croissant formé par le canal aquifère, puis, se multipliant elles mêmes, entourent ce croissant aquifère d'une sorte de gaine qui lui a fait donner le nom de " canal du sable ".

Le complexe axial, au cours de sa croissance, arrive à déborder tellement dans le coelome qu'il se sépare souvent du tégument où il a pris naissance. Mais en tous cas, aux points où le complexe axial et le tégument sont unis, la jonction se fait au centre des croissants ce qui rappelle bien l'origine et la position des canaux qui constituent le complexe.

A l'origine le canal aquifère ne communique avec l'extérieur qu'avec un seul orifice. Ultérieurement de nouveaux canaux se formeront à travers le tégument pour mettre en contact le canal aquifère avec l'extérieur. La calcification de cette région se fait également progressivement, de sorte qu'elle apparaît au bout d'un certain temps comme formée d'une masse calcaire percée de fins canaux, d'où son nom de plaque madréporique.

On peut préciser ces notions concernant le canal aquifère en disant qu'il ne se jette pas lui-même au dehors, mais au moyen de dérivation. En effet j'ai déjà dit plus haut que le canal aquifère, lors de sa progression, après avoir longé le coelome, arrive à la limite du bouchon et des tissus anciens. Tout se passe alors comme si, arrêtant sa progression, il émettait une fine dérivation perpendiculairement à sa propre direction, cette dérivation traversant le tégument pour aller se jeter au dehors. Ultérieurement une seconde dérivation, puis une troisième et d'autres enfin apparaissent non loin de la première et de façon semblable.

La calcification de la zone située entre ces fins canalicules forme la plaque madréporique.

Là encore il est curieux de constater la similitude de formation de ces canalicules issus de l'extrémité du canal aquifère, du complexe ainsi que d'autre part des podia formés à la partie proximale du canal aquifère radial.

Je précise enfin que mes préparations ne m'ont pas permis d'observer de communication entre le système hémal et la plaque madréporique.

FORMATION D'UN CORPS DE THIEDEMANN

L'étude de la formation des corps de THIEDEMANN est difficile car étant internes et de très petite taille ils ne peuvent être examinés qu'au microscope.

Le corps de THIEDEMANN est formé uniquement par le canal aquifère. Celui-ci (comme dans le cas du complexe axial) émet une ramification en direction de la fente coelomique qui se crée à la limite du tissu gastrique et du bouchon. Cette ramification aquifère forme ensuite une évagination dans le coelome, arrêtant ainsi sa progression.

Les parois de cette évagination, primitivement minces s'épaississent progressivement de façon à donner au corps de THIEDEMANN son aspect classique. (Fig. 47)

FORMATION DE L'ANUS

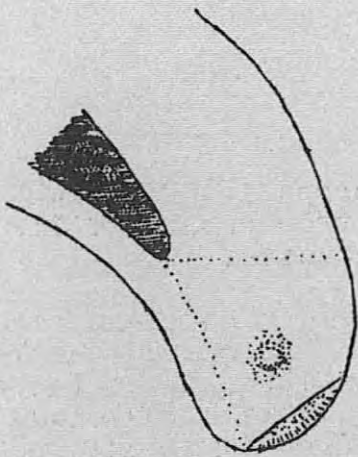
La néoformation d'un anus est un phénomène curieux. Il ne se forme jamais qu'un anus par processus de néoformation, et cet anus apparaît au point de rencontre des deux zones de néoformation issues des bords de la lésion.

Dans cette zone, à la limite des tissus anciens et du bouchon de cicatrisation, on voit, alors que les autres organes sont déjà constitués, le tissu gastrique former une invagination qui traverse le bouchon de cicatrisation et va se jeter au dehors.

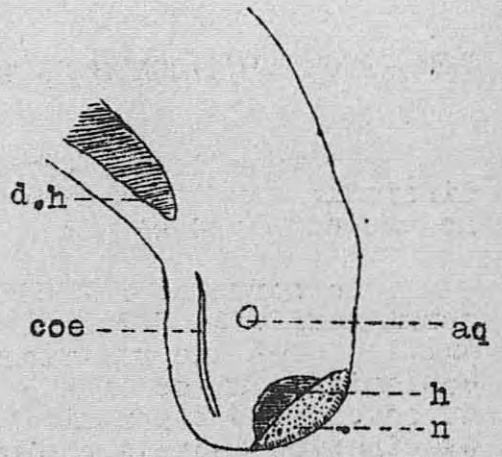
Ce processus rappelle à la fois la formation d'un coecum gastrique pénétrant dans le coelome radialement et le passage du canal du sable (ou ses dérivations) à travers le bouchon.

Aussi suis-je amené à penser que ces formations, constituées à la fin du processus de néoformation, représentent un avortement d'organes qui n'ont pu se constituer par suite de l'arrêt du processus.

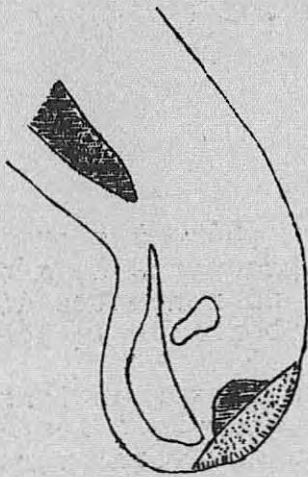
L'exposé de cette opinion figure dans le paragraphe suivant.



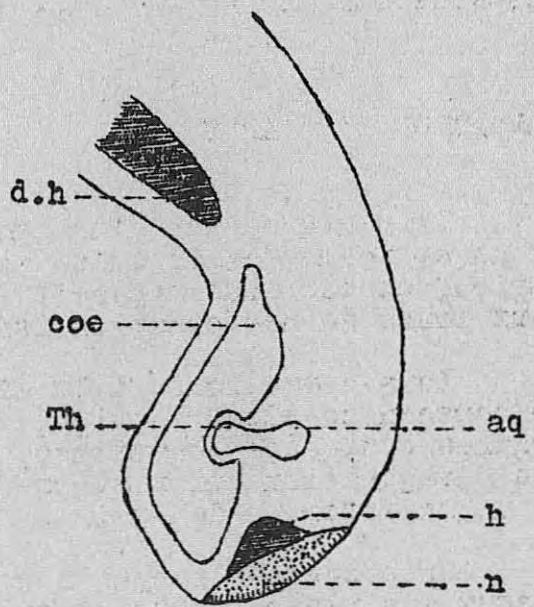
- a -



- b -



- c -



- d -

Fig.47 -

Formation du corps de Thiedemann (Th)
 (voir Fig.42 pour les abréviations)

INTERPRETATION DE LA NEOFORMATION

L'observation de coupes en série de Coscinasterias tenuispina en cours de néoformation après schizogonie permet de constater un certain nombre de faits:

Chaque bouchon de cicatrisation est le siège de deux processus de néoformation, chacun d'eux ayant son origine au bord de la lésion et se dirigeant vers son centre.

Pour chacun de ces processus les organes formés sont toujours placés dans le même ordre qui est le suivant:

Corps de THIEDEMANN.
Bras.
Corps de THIEDEMANN.
Complexe axial.
Corps de THIEDEMANN.
Bras.
..... etc.

- La vitesse de progression de ces deux processus n'est pas obligatoirement égale, de sorte que les organes homologues peuvent avoir une taille différente.

Lorsque les deux processus de néoformation se rejoignent cette néoformation s'arrête. Ainsi le nombre d'organes néoformés dépend de l'espace séparant les bords de la lésion.

Si la vitesse de progression de ces deux processus est différente, chacun d'eux pourra donc former un nombre d'organes différent.

Au point où les deux parties néoformées se rejoignent on observe une sorte de coupure dans l'ordre de position des organes de sorte que l'on peut voir cote à cote deux bras ou deux complexes axiaux, mais à ce point apparaît toujours un anus.

La néoformation des différents organes est le résultat d'une " progression " des systèmes périoraux.

Les systèmes aquifère, hémal, nerveux périoraux sectionnés semblent effectuer une progression vers le centre du bouchon de façon à refermer leur anneau, et ceci à partir

de chacune des lèvres de la lésion.

Mais ces systèmes peuvent effectuer une progression dans une direction différente. Suivant la direction de cette progression et le nombre de systèmes qui y participent trois types d'organes apparaîtront:

La progression conjointe des trois systèmes vers l'extérieur amène la formation d'un bras.

La progression vers le coelome, puis vers la partie aborale du bouchon, du canal hémal et du canal aquifère forme le système axial.

Enfin la progression du canal aquifère seul vers le coelome donne un corps de THIEDEMANN.

On pourrait admettre que l'origine de ces néoformations est en rapport avec la progression du canal aquifère qui, selon les circonstances, agirait seul ou induirait une formation nouvelle du canal hémal ou de l'ensemble formé par le canal hémal et le ruban nerveux.

On pourrait également supposer que ces formations seraient en rapport avec la progression du système nerveux et que celui-ci jouerait dans les phénomènes d'organisation un rôle prééminent.

L'étude de l'ontogénie des Astéries montre que la formation des systèmes aquifères des différents bras trouve son origine dans l'hydrocoele gauche de la larve.

Ce fait peut donner à penser que dans la néoformation le rôle primordial pourrait appartenir au système aquifère.

Par ailleurs l'étude du bourgeon de régénération montre que la formation du canal aquifère est toujours en retard sur celle du tissu nerveux, ce qui pourrait faire penser au rôle inducteur de ce dernier.

Enfin le système hémal périoral et radiaire trouve son origine dans le somatocoele gauche de la larve.

S'il est possible que l'un de ces coelomes, lors de son développement, influence le développement de l'autre, il n'est pas non plus exclus que le développement de ces systèmes soit régi par un inducteur que nous ne pouvons mettre en évidence.

La régénération d'un organe ou encore sa formation au cours de la blastogénèse ne sont pas forcément calqués sur la formation de cet organe au cours de l'embryogénèse, aussi toute extrapolation des phénomènes embryogénétiques est imprudente.

Il me paraît donc impossible de me prononcer sur cette question, d'autant plus que l'expérience s'avère pratiquement impossible, car on ne peut détruire le système aquifère sans léser gravement à la fois le ruban nerveux et le système hémal, et inversement.

Aussi je me bornerai à parler de l'"inducteur", sans le préciser davantage.

Cet organisateur paraît commencer à exercer son action immédiatement après la formation du bouchon de cicatrisation des mutilations créées soit par une schizogonie, soit par une lésion interradiaire.

Partant de chacun des bords de la lésion et se dirigeant vers le centre du bouchon, l'action inductrice tend à organiser progressivement les tissus de cicatrisation formés d'éléments jusqu'alors seulement assemblés, mais non disposés en tissus différenciés.

Tout se passe comme si l'action organisatrice favorisait sur son passage le développement de l'ensemble des systèmes périoraux, ou seulement de certains d'entre eux selon la place disponible dans les tissus du bouchon.

Le nombre et la disposition des systèmes ainsi appelés à se développer déterminera la création d'un type d'organe ou d'un autre.

Cependant il semble, d'une part, que la progression de cette action organisatrice soit moins rapide en direction du centre du bouchon qu'en direction de sa périphérie, et, d'autre part, que la formation des différents organes (bras, etc.) crée rapidement une zone organisée qui, de ce fait, limite le champ d'action de cet inducteur.

On peut ainsi expliquer la formation des différents organes et la régularité de leur apparition.

Au départ du bord de la lésion, l'action organisatrice progresse facilement en direction du centre du bouchon, c'est à dire parallèlement aux parois de celui-ci.

Par suite de la section en biseau du bord de la lésion (dont les téguments externes ont été étirés au maximum pour obturer l'orifice créé par la mutilation) l'action organisatrice n'aura en face d'elle en direction de l'extérieur que des tissus anciens sur lesquels elle n'aura aucune prise.

Par contre, en direction du coelome, et particulièrement en direction de la face orale du bouchon, cette action s'exercera sur une région de tissus néoformés, région limitée puisqu'en direction aborale se trouvent là aussi des tissus anciens.

L'action inductrice ne pouvant de ce fait réaliser qu'une progression limitée en direction du coelome, ne pourra faciliter l'extension que du seul système aquifère et ne déterminera donc que la formation d'un corps de THIEDEMAN.

En continuant sa progression dans l'intérieur du bouchon l'action organisatrice, ayant rapidement dépassé la zone des tissus anciens, rencontrera vers l'extérieur une certaine quantité de tissus néoformés, non encore organisés.

Elle déterminera donc l'extension vers l'extérieur des trois systèmes périoraux qui ne tarderont pas à former un bourgeon radial. Ainsi se forme le mamelon origine d'un bras, et avec lui une zone organisée à la partie externe du bouchon, zone qui se prolonge légèrement vers les parties profondes du bouchon (mésentère gastrique)

Tout se passe alors comme si par suite de l'organisation réalisée dans cette zone il devenait impossible à l'action inductrice de réaliser à proximité immédiate un second prolongement radiaire. Cela ne sera possible que lorsque la partie qui pénètre au centre du bouchon aura largement dépassé cette zone .

Mais avant d'avoir dépassé cette zone organisée de la face externe du bouchon, l'action inductrice médiane aura rencontré une nouvelle zone non organisée, située cette fois vers l'intérieur du bouchon, et s'étendant vers la face aborale.

Au cours de sa progression dans cette zone, l'action inductrice entraînera le canal aquifère et le canal hémal qui, occupant l'espace libre détermineront la formation d'un complexe axial.

La progression de l'action inductrice se trouve alors limitée vers la face intérieure du bouchon par suite

de l'organisation de ce complexe axial. Elle continue sa progression au centre du bouchon, et ne pourra pas se diriger tout de suite vers le coelome; mais, ayant dépassé la zone " neutralisée " par le précédent bourgeon radiaire, rencontrera encore, en direction de l'extérieur, des tissus non organisés où elle pourra se propager ce qui amènera la formation d'un nouveau bras.

C'est ainsi que, par une sorte de balancement de sa progression à droite et à gauche de sa direction générale, l'action inductrice agira sur les territoires inorganisés qui sont réceptifs.

Ces territoires sont eux-mêmes délimités par les processus précédemment réalisés. De ce fait, donc, la progression de l'action inductrice se trouve favorisée successivement en direction de l'extérieur du bouchon, puis du coelome.

La formation des corps de THIEDEMANN ne semble pas alterner avec les précédentes, mais succéder à la formation des systèmes axiaux. En effet la progression des systèmes axiaux se fait principalement en direction aborale. Il reste donc dans la région orale du bouchon, et de part et d'autre des complexes des zones non encore organisées, et où l'action inductrice pourra s'exercer de façon limitée, ce qui se manifesterà par la présence du seul canal aquifère, qui déterminera la formation du corps de THIEDEMANN.

Cette opinion est appuyée sur le fait que les corps de THIEDEMANN sont situés immédiatement de part et d'autre du complexe axial, non loin du centre de l'interradius, et relativement éloignés des bras.

Les deux actions inductrices progressant ainsi chacune pour leur propre compte vont au devant l'une de l'autre, et ne tardent pas à se rencontrer. A ce moment le processus de néoformation s'arrête puisque les aires latérales de progression de ces actions inductrices ont déjà couvert tous les territoires réceptifs.

C'est à ce moment que se forment le coecum anal et l'anus. Cette formation peut être considérée comme résultant d'un certain déséquilibre entre la région orale du bouchon complètement organisée, et la région aborale de ce bouchon qui possède encore à ce moment une zone non organisée.

Dans ces conditions l'action inductrice se trouve,

dans la région orale, dans l'impossibilité de provoquer la formation de nouveaux organes. En revanche, remontant dans la zone aborale et rencontrant des tissus non encore organisés, elle favorise la formation d'une sorte de bourgeon de néoformation du coecum gastrique qui, ne pouvant pénétrer dans le coelome, traverse le tégument qui est en face de lui créant ainsi le coecum anal, puis l'anus.

Ainsi l'anus, dernier organe apparaissant lors de la néoformation, trouve son origine dans le fait que le bouchon de cicatrisation est plus étroit dans sa région orale que dans sa partie aborale, et que, quel que soit le nombre d'organes formés dans le processus de néoformation, il persiste toujours, lors de l'arrêt des néoformations, un déséquilibre entre une zone complètement organisée incapable de créer de nouveaux organes et une autre qui sera envahie par un processus de néoformation incomplet et donnera de ce fait un organe avorté et méconnaissable.

Cette interprétation des phénomènes de néoformation permet de comprendre à la fois la régularité de succession des organes néoformés, ainsi que la variabilité du nombre de ces organes, qui ne dépend que de la taille de la lésion.

Le point de jonction des zones néoformées, point d'arrêt brutal de deux processus se trouve marqué par l'apparition d'un organe avorté. Ce point de rencontre de deux formations régulières sera ainsi caractérisé par une disjonction de la régularité de l'ordre des organes.

LES DIFFERENTS ASPECTS DE LA NEOFORMATION

Les différents aspects de la néoformation observés chez Coscinasterias tenuispina s'expliquent donc par un arrêt plus ou moins rapide des processus par suite de leur jonction.

On peut observer les différents aspects suivants:

1°.- Pas de bras ni de complexe axial .

C'est le cas le plus simple d'une cicatrisation sans néoformation d'organes. J'ai pu l'observer à la suite d'expériences sur les lésions interradianales tant chez Coscinasterias tenuispina que chez Marthasterias glacialis.

Dans ce cas les lèvres de la lésion sont tellement rapprochées que la jonction des systèmes périoraux est presque immédiate.

2°.- Un bras, pas de système axial

Il est difficile de dire avec certitude qu'on observe un tel cas dans les espèces qui, comme Coscinasterias tenuispina n'ont pas un nombre constant de bras. En effet la présence d'un petit bras entre deux grands peut être le fait aussi bien d'une néoformation que d'une régénération après autotomie.

Mais j'ai pu observer à plusieurs reprises ce fait chez Marthasterias glacialis lors des expériences que je viens de citer. Une blessure, vraisemblablement plus large et plus profonde que dans le cas précédent, est à l'origine de la formation d'un bras.

On a donc en définitive des individus à 6 bras.

On peut facilement imaginer que dans ce cas un seul des deux processus de néoformation a pu fonctionner. (Fig. 48)

3°.- Deux bras, pas de complexe axial

Les deux plages de néoformation progressent à vitesse égale et se rejoignent alors que chacune d'elles a formé un bras (Fig. 49). J'ai pu observer ce cas chez Coscinasterias tenuispina. De son côté HELEN DEAN KING (48) le signale chez Asterias vulgaris.

4°.- Deux bras, un complexe axial.

La vitesse de progression des deux processus est inégale. L'un fournit un bras et un complexe axial, tandis que l'autre n'en donne qu'un seul bras. (Fig. 50)

J'ai pu observer souvent ce cas, ainsi que, d'ailleurs, tous les suivants.

5°.- Deux bras, deux complexes axiaux.

La vitesse des deux processus est comparable, chacun fournit un bras et un complexe axial.

6°.- Trois bras, un système axial.

La vitesse de progression des deux processus étant très nettement différente, l'un fournit un bras, tandis que l'autre donne : un bras I, un complexe axial, un bras II. (Fig. 51)

7°.- Trois bras, deux systèmes axiaux.

Une zône forme un bras et un complexe axial, tandis que l'autre donne: un bras I, un complexe axial, un bras II

8°.- Quatre bras, deux complexes axiaux.

Les deux zônes progressent à la même vitesse, chacune fournissant: un bras I, un complexe axial, un bras II.
(Fig. 53)

9°.- Quatre bras, trois complexes axiaux.

Une zône fournit un complexe axial de plus que l'autre (Fig 54)

10°.- Cinq bras, trois complexes axiaux.

Une zône fournit : Un bras I, un complexe axial, un bras II . L'autre fournit en plus : un complexe axial et un bras III. (Fig 55.)

Les quatre derniers cas sont les plus fréquemment observés dans la nature.

CAS DES LESIONS SURAJOUTEES

Dans cette étude j'ai parlé en même temps de la néoformation succédant à une schizogonie, et de celle qui est consécutive à une lésion simple de l'interradius. Mais ces dernières lésions provoquent des désordres moins grands dans les tissus que la schizogonie, seront suivies de cicatrices moins grandes, et par suite donnent un nombre d'organes néoformés plus réduit.

Mais il est possible qu'une Astérie au cours d'une néoformation subisse une nouvelle lésion, atteignant les portions en cours de néoformation, et même faisant disparaître des bourgeons de néoformation.

Il peut ainsi se former au sein d'une zône de néoformation, une nouvelle zône de néoformation, chacune d'elles agissant pour son propre compte. Il peut par suite en résulter une modification de l'ordre d'apparition des organes.

Supposons par exemple qu'un bouchon de cicatrisation qui a déjà donné naissance à deux bourgeons radiaux subisse une lésion entre ceux-ci. Il se forme à cet endroit un bouchon de cicatrisation qui déterminera un second processus de néoformation au sein du premier.

Les tissus du premier processus voisins de la nouvelle lésion sont à leur tour étirés et remaniés. Par la suite le second processus de néoformation ne prend pas la " succession " du premier, ce qui provoque une disjonction dans l'ordre de formation des organes.

Ainsi ce second processus peut seulement donner naissance à deux bras. L'ensemble des deux processus comprend 4 bras sans complexe axial.

On peut également observer dans la nature des schizogonies successives suivies de processus de néoformation incomplets. La figure 12 de ce travail montre qu'il est relativement facile d'interpréter ces phénomènes.

=====

R E S U M E

E T

C O N C L U S I O N S

+++++

1°.- Coscinasterias tenuispina (ainsi que l'ensemble des Astéries) peut subir des amputations radiaires, ou section du bras, en un point quelconque de celui-ci sans que celles-ci entraînent la mort. Ces amputations sont le résultat d'un traumatisme dont l'animal est victime.

Il existe un réflexe de défense de l'organisme consistant en une fermeture rapide de l'orifice créé, grâce à une contraction des téguments.

Ultérieurement l'animal régénère la portion de bras amputée.

2°.- L'Autotomie, ou amputation du bras au ras du disque est un acte réflexe provoqué par des traumatismes du ruban nerveux radiaire.

Un traumatisme de ce ruban nerveux (pincement prolongé du bras, ou amputations radiaires successives) provoque une forte contraction du système musculaire placé autour du bras, à la limite du disque et du bras, ce qui provoque le sectionnement des téguments et la chute du bras.

Contrairement à une opinion généralement admise, l'autotomie n'est pas un réflexe de fuite, mais un mécanisme de défense. Ce mécanisme comporte à la fois l'abandon d'un bras fortement attaqué et la fermeture concomitante de l'orifice créé.

Il ne semble pas que l'Astérie ait un photo-

tropisme négatif.

L'autotomie est compensée par un processus de régénération d'un bras.

3°.- Les Astéries peuvent subir des lésions interradiaires amenant une solution de continuité des différents systèmes périoraux. Selon l'ampleur de ces lésions, il peut se produire soit une cicatrisation simple, soit la néoformation de un ou plusieurs bras supplémentaires.

4°.- La schizogonie, ou division de l'Astérie en plusieurs individus-fils est provoquée par la section en plusieurs points du ruban nerveux périoral. Ces sections détruisent le synchronisme du mouvement des bras: ceux-ci tendent alors à se déplacer dans des directions différentes. Il en résulte une division par déchirure du disque.

La schizogonie est le résultat d'un accident lié à la conquête des proies. Elle ne dépend pas de la saison, et n'a aucun rapport avec le nombre des bras ou des systèmes axiaux.

Il n'y a pas de plan préétabli de schizogonie.

Des Astéries, alimentées avec une nourriture " molle " composée de mollusques " décortiqués " et réduits à leurs parties molles, ne présentent jamais de schizogonies.

Des traumatismes, même légers en apparence, tels que ceux qui sont causés aux Astéries lors de leur récolte peuvent suffire à déterminer cette schizogonie.

5°.- Les individus-fils obtenus par schizogonie de Coscinasterias tenuispina ont la faculté de réparer la lésion produite en " néoformant " un certain nombre d'organes dont la nature et le nombre sont sans rapport avec ceux des organes amputés, ou restant encore à la disposition de l'animal.

6°.- Un bras isolé de Coscinasterias tenuispina, même pourvu d'une portion de disque meurt sans effectuer de néoformation.

Celle-ci s'observe si l'individu-fils possède soit deux bras, soit un bras et un système axial.

7°.- La faculté de néoformation après schizogonie que présen-

te cette espèce semble être en puissance dans la plupart des espèces d'Astéries, mais n'apparaît pas dans un grand nombre de celles-ci par suite de la mort prématurée des individus du fait de l'hémorragie consécutive à la schizogonie.

- 8°.- La néoformation fournit à l'individu un nombre de bras et de complexes axiaux variable, dépendant uniquement de la taille de la lésion.

Les organes ainsi créés sont toujours disposés dans le même ordre. A partir de chacun des bords de la lésion le processus fournit:

Un corps de THIEDEMANN.
Un bras.
Un corps de THIEDEMANN.
Un système axial.
Un corps de THIEDEMANN.
Un bras.
etc.....

La néoformation s'arrête lorsque les deux processus partis des bords de la lésion se rejoignent au centre de celle-ci.

Au point de jonction de ces deux zones il se forme un anus.

- 9°.- La formation alternée de ces organes différents peut être expliquée par la progression d'un inducteur au sein de tissus non encore organisés.

Selon la place disponible pour cette progression un nombre plus ou moins grand de systèmes péri-oraux seront intéressés. De plus l'orientation de cette progression soit vers l'extérieur de l'animal soit vers le coelome donnera aux systèmes aquifère et hémal un aspect différent,

Il en résulte ainsi soit un bras, soit un complexe axial, soit un corps de THIEDEMANN.

L'anus peut être considéré comme étant produit par l'avortement d'un organe par suite de la jonction des processus de néoformation.

- 10°.- La régénération d'un bras après mutilation ou autotomie est un phénomène relativement simple qui consiste en la formation d'un bourgeon équivalent à celui qui,

occupant normalement l'extrémité du bras, assure sa croissance continue.

- 11°.- Les techniques classiques de fixation, inclusion et confection des préparations microscopiques donnent une image faussée de l'anatomie des Astéries, en créant dans leurs tissus des gonflements et contractions.

Une technique ménagée de confection des préparations permet d'obtenir une image non déformée des Astéries et d'envisager leur anatomie sous un jour différent:

- 12°.- Le système " sinusaire " n'existe pas. C'est un artefact produit par le décollement des tissus lors de la fixation des pièces, de leur décalcification, et du montage des rubans.

- 13°.- Le système hémal n'est pas lacunaire, mais composé de canaux d'une taille appréciable (comparable à celle du canal aquifère). C'est également sous l'influence du fixateur que le liquide hémal et la paroi des canaux se déforment et prennent l'aspect lacunaire classique.

Le liquide hémal peut, soit se coaguler en se contractant en même temps que le canal qui le contient, soit se répandre dans le sinus créé par cette contraction. C'est ainsi que le liquide sinusaire souvent décrit n'est en réalité qu'une partie du liquide hémal.

- 14°.- La glande brune, ou glande ovoïde n'existe pas.
Elle n'est qu'un artefact produit par la contraction du liquide hémal du complexe axial

- 15°.- Le " pentagone hémal " n'est pas un canal occupant le pourtour du disque, mais forme en réalité un disque placé entre l'estomac et la région discale. Ce " disque hémal " constitue une sorte de réservoir du liquide hémal venant des coecums gastriques, avant son passage dans le " sac axial " sorte de gros canal qui tient lieu de ce qui est désigné par les Auteurs sous le nom de glande ovoïde.

- 16°.- Les papules des bras sont en liaison avec le coelome radiaire. Par contre les papules du disque sont en liai-

son avec le disque hémal et sont donc remplies de liquide hémal.

Les papules semblent avoir un rôle excrétoire. Ceci est confirmé par la présence d'un canal excrétoire que j'ai pu observer chez une espèce comme Echinaster sepositus, chez laquelle les papules sont extrêmement réduites. Ce canal excrétoire, situé à l'extrémité de chaque bras permet au liquide coelomique de s'écouler à l'extérieur.

17°.- Les différents rubans nerveux ne paraissent pas composés de longues fibres entrecroisées, mais d'un ensemble de petites cellules. Cette particularité histologique permet de mieux comprendre la prolifération du tissu nerveux lors des phénomènes de régénération et néoformation.

18°.- L'observation de l'anatomie et du mode de néoformation des bras et des systèmes axiaux me permet de considérer ces organes comme homologues, l'organe axial étant une sorte de " bras interne ", et par conséquent d'émettre l'hypothèse que les Astéries sont des individus à symétrie trimétamérique.

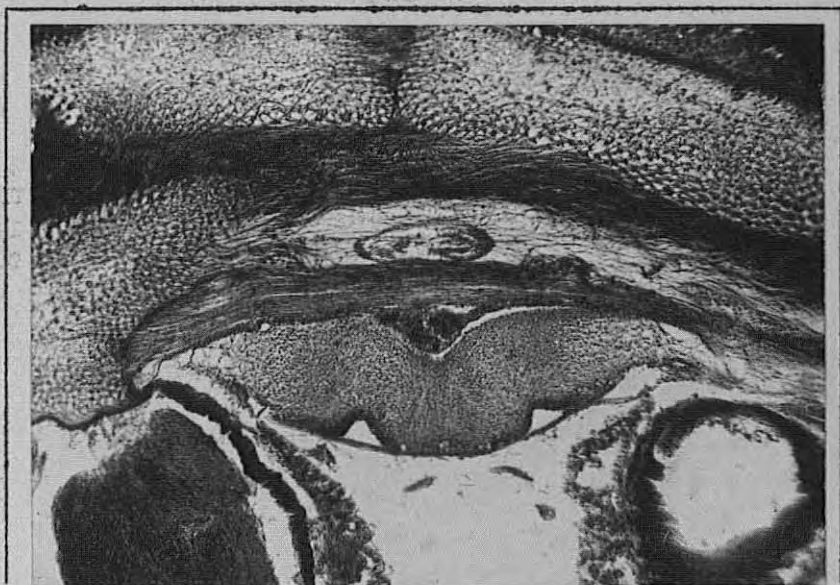
19°.- Il est permis de penser que l'application aux autres classes d'embranchement des Echinodermes des techniques ménagées que je propose, permettrait peut-être de reviser certaines des conceptions classiques relatives à l'anatomie de ces animaux.

=====



Microphotographie N° 1. Non retouchée . Grossissement 80 fois.
Coscinasterias tenuispina. Section de bras.

Techniques classiques de préparation et inclusion.
Voir Fig.20



Microphotographie N° 2. Non retouchée. Grossissement 80 fois
Coscinasterias tenuispina . Section de bras.

Techniques ménagées exposées dans ce travail.
Voir Fig. 21.

B I B L I O G R A P H I E

- =====
1. ABELOOS.M. Les potentialités régénératrices de la face dorsale des bras des Astéries.
Bul. biol. France Belgique, t. LXV. 1931.
 2. --- La régénération et les problèmes de la morphogénèse. Paris. (Gauthiers-Villars) 1932.
 3. --- Observations sur la régénération des bras des Astéries. Bul. Soc. Sc. Bretagne. t. XIII. 1936.
 4. ARISTOTE ARISTOTELES Thierkunde.
H.AUBERT à Fr.WIMMER. Leipzig. 1868.
 5. BARFURTH.D Beiträge zur funktionelles Anpassung.
(Die experimentelle Regeneration)
Arch. f. mikr. Anat. 37.Bd. 1891
 6. --- Regeneration à. Involution. Erg. Anat. à. Entw. Geschichte I - XXII 1891-1916.
 7. --- Methoden zur Erforschung der Regeneration bei Thieren. Handb. biol. Arb.Meth. III, 1921
 8. BAUDELLOT.E. Etudes générales sur le système nerveux, contribution à l'histologie du système nerveux des Echinodermes. Arch. Zoo. Exp. I. 1872.
 9. BELL.F.J. On the Characters and variations of Pontonaster tenuispinus. Proc.Z.Soc.London 1892.
 10. BENNETT.E.W. Notes on some New Zealand scastars and on autotomous reproduction. Canterbury Mus. Ricord Vol.5 N°2 1926-1932
 11. BONNET.C. Contemplations de la nature. 1764.
 12. BUDDENBROCK. Untersuchungen über den Mechanismus der phototropen Bewegungen. Wiss. Meeresuntersuch. n.F. Abt.Helgoland 15.Bd. 1922

13. BÜLOW, C. Ueber auscheinend freiwillige à künstliche Theilung mit nachfolgender Regeneration bei Coelenteraten, Echinodermen à Würmen. Biol. Centralb. 3. Bd. 1884.
14. CHADWICK, H. C. Notes on the Haemal and Watervascular Systems of the Asteroiden. Proc. Liverpool Biol. Soc. V. 7. 1893.
15. CLARK, H. L. Bermudan Echinoderms. A Report on Observations and Collections Made in 1899. Proc. Boston Soc. Nat. Hist V. 29 1901.
16. COLE, L. J. Experiments on Coordination and Righting in the Starfish. Biol. Bul. V. 24 1912.
17. --- Direction of Locomotion of the Starfish (Asterias forbesi) J. Exp. Zoo. 14. 1913.
18. CROZIER, W. J. On the Number of Rays in Asterias tenuispina L. at Bermuda. Amer. nat. V. 49. 1915
19. --- Notes on some problem of adaptation. II. On the temporal Relations of asexual Propagation and gametic Reproduction in Coscinasterias tenuispina. Biol. Bul. V. 39. 1920
20. CUENOT, L. Sur les fonctions de la glande ovoïde, des corps de THIEDEMANN et des vésicules de POLI chez les Astérides. C. R. Ac. Sc. t. 102 1886.
21. --- Formation des organes génitaux et dépendances de la glande ovoïde chez les Astérides. C. R. Ac. Sc. t. 104 1887
22. --- Contribution à l'étude anatomique des Astérides. Arch. Zoo. exp. II, v. 5b. 1888
23. --- Sur le système madréporique des Echinodermes. Réponse à M. HARTOG. Zool. Anz. 13. Bd. 1890
24. --- Etudes morphologiques sur les Echinodermes Arch. Biol. t. 11 1891.
25. --- Anatomie, Ethologie et systématique des Echinodermes. in: Traité de Zoologie de P. P. GRASSE. t. XI, Echinodermes. Paris 1948
26. CUVIER, G. Règne animal. t. 4 1817.

27. DELAGE, Y. Effets de l'excision du madréporite chez les Astéries. Arch.Zool.exp. v.9. 1902.
28. DELAGE, Y et HEROUARD, E. Traité de Zoologie concrète. III. Les Echinodermes. Paris 1903.
29. DEMOOR, J. et CHAPEAUX, M. Contribution à la physiologie nerveuse des Echinodermes. Tijdschr. Nederl. Dierk. Ver. Série 2. 1891.
30. DÜRKEN. Einführung in die experimental Zoologie. Berlin. 1919.
31. EDMONDSON. Autotomy and Regeneration in Hawaiian starfishes. Bernice P. Bishop Mus. Occ. Pap. v.2. 1935
32. FISHER, W. K. Asexual Reproduction in the Starfish Solasterias. Biol. Bull. v.48 N°3. 1925
33. FORBES Hist. of brit. starfishes 1841.
34. FREDERICQ, L. L'autotomie chez les Etoiles de mer. Rev. Scient. 1867.
35. GREEF, R. Ueber das Verhalten von Seesternen in der Gefangenschaft. Sitz. Ber. Nied. Ges. Bonn 1868
36. --- Ueber den Bau der Echinodermen. Sitz. Ber. Ges. Bef. Ges. Naturw. Carburg 1871-1872.
37. HÄCKEL, E. Ueber die Augen u. Nerven der Seesterne. Z. f. w. Zool. Bd. 10 1860
38. --- Die Kometenformen der Seesterne und der Generationswechsel der Echinodermen. Zeits. f. wiss. Zool. 30. Bd. 1878.
39. HAMANN, O. Beiträge zur Histologie der Echinodermen. II Jena 1885.
40. --- Echinodermen. BRONN'S Klassen u. Ordnungen des Thierreichs 1899.
41. HEROUARD, E. Sur l'anatomie comparée des Echinodermes. Bull. Soc. Zool. France v.27 1902
42. HILTON. Some remarks on the central nervous system of the Starfish J. of Ent. a Zool. Claremont 1916
43. HOFFMANN, C. K. Zur Anatomie der Asteriden. Niederl. Arch. f. Zoologie v.2 1872

44. HOPKINS On the physiology of the central nervous system in the Starfish Asterias tenuispina. J.of Exp. Zool. 1926
45. JICKELI.C.F. Vorläufige Mittheilung über das Nervensystem der Asteriden. ZOO. Anz. XI.Bd 1888
46. JOURDAIN.S. Recherches sur l'appareil circulatoire de l'Etoile de mer commune. C.R.Ac.Sc. 65.1867
47. KING.H.D. Regeneration in Asterias vulgaris. Arch. Entw.Mech. 7.Bd 1898.
48. --- Further Studies on Regeneration in Asterias vulgaris. Arch.Entw.Mech. 9.Bd. 1900
49. KOEHLER.R. Faune de France.I.Echinodermes.Paris. 1921
50. KORSCHULT Regeneration. Hd.Wb.der NaturW. 8.Bd. 1913
51. --- Regeneration u.Transplantation. Berlin 1927
52. KOWALEVSKY.A.F. Die Vermehrung der Seesterne durch Theilung u. Knospung. Z.W.Zool. 22.Bd. 1872
53. KRUKENBERG. Beiträge zu einer Nervenphysiologie der Echinodermen. Vergl.phys.Studien. II Heidelb.1881
54. LAMARCK.J.de. Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. v.3 Paris 1840.
55. LANG.A. Des sillons ambulacraires, des nerfs et des canaux épineuraux des Echinodermes. C.R. trav. 77° Sess.Soc.Helv.Sc.Nat. 1894.
56. LANGE.W. Beitrag z. Anat. u.Histolog.der Asterien u Ophiuren. Morph. Jahrb. 1876-1877.
57. LHWYD.E. LINCK , de stellis marinis 1703
58. LILLIE.R.S. Further experiments on artificial parthenogenesis in starfish aggs, with a review. Physiol. Zool. Chicago 1941.
59. LOCATELLI. Rôle du système nerveux dans les phénomènes de régénération. C.R.Soc.Biol. 95. 1926.
60. LUDWIG.H. Beiträge z.Anat.der Asteriden Z.W.Z. 29.1877
61. ---- Berichtigung zu den v.R.SEMON beschriebenen Falle von Neubildung der Scheibe in der Mitte abgeb.Seesternarnes. Z.Anz. 12.Bd 1889

62. LUDWIG.H. Ueber die Funktion der Madreporenplatte u. des Steinkanals der Echinodermen. Z.Anz. 13.B.1890
63. --- Die Seesterne des Mittelmeeres. Fauna, Flora, Golf Neapel. Berlin 1897.
64. LÜTKEN.C.F. On spontaneous Division in the Echinodermata and o. Radiata. Ann. Mag. N.H. v.12 1872
65. MARTENS.E.von Selbsttheilung bei Seesternen. Naturf. 1879
66. --- Ueber das Wiedererzeugungsvermögen der Seesterne. Sitz.B. Ges. Nat. Freunde Berlin 1884
67. MILLOT Cicatrisation et régénération. Paris 1931.
68. MILNE EDWARDS. Leçons sur la physiologie. 1840
69. OKEN.L. Allgemeine Naturgeschichte. 5.Bd. 1835
70. PERRIER.E. Recherches sur l'organisation des Etoiles de mer. C.R.Ac.Sc.Paris t.102. 1886.
71. --- Sur le corps plastidogène ou prétendu coeur des Echinodermes. C.R.Ac.Sc.Paris.t.104.1887
72. PERRIER.E. et POIRIER.J. Sur l'appareil circulatoire des Etoiles de mer. C.R.Ac.Sc.Paris.t.94. 1882.
73. PIERON.H. Le problème de l'Autotomie. Bull.Soc. France et Belgique. t.42 1909
74. REAUMUR. Histoire des Insectes. 1742.
75. SARASIN P et F. Knospfenbildung bei Linckia multiflora. Erg.Naturf.Ceylan 1884-85; Wiesbaden 1888
76. SARS.G.O. Researches on the structure and affinity of the genus Brisinga Christiana 1875.
77. SMITH.J.E. Some observations on the nervous mechanisms underlying the behaviour of starfishes. Symp. soc.f.exp.biol. n°4 Cambridge 1950
78. SCHWEIGGER Handbuch der Naturgeschichte der skeletlosen ungliederten Thiere. 1820
79. SIMROTH.H. Anatomie u. Schizogonie der Ophiactis virens. Zeit.f.Wiss.Zool. 28.Bd. 1877
80. STUDER.Th. Ueber die Vermehrung von Seesternen durch Theilung u. Knospung. Mit.nat.Ges.Bern. 1873-74

81. TARTARIN.A. Observations préliminaires sur l'Autotomie chez Coscinasterias tenuispina.L.
Bul.Inst.Océan.Monaco. N°948. 1949.
82. WALCH. Reproduktion der Seesterne. Naturf.4.1774
83. YAMASI Isamu Autotomy and Regeneration in Japanese Sea-Stars and Ophiurans.I.Observation on a Sea-Star Coscinasterias acutispina St.
Annotationes Zool.japonenses. v.23;N°4
1950.

=====

T A B L E D E S M A T I E R E S

=====

INTRODUCTION	1.
HISTORIQUE	5.
METHODES DE TRAVAIL	10.
MUTILATIONS	
Généralités	15.
Autotomie	16.
Schizogonie	24.
STATISTIQUES	36.
ANATOMIE	
Généralités	39.
Techniques de préparation	40.
Observations sur l' anatomie	52.
REGENERATION ET NEOFORMATION	
Généralités	69.
Régénération	71.
Néoformation	75.
RESUME ET CONCLUSIONS	96.
BIBLIOGRAPHIE	101.

=====

(Station Marine d'Endoume -- Faculté des Sciences
de Marseille. 1953.)