

RAPPORTS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES

SCIENCES DE LA MER

BIOLOGIE MARINE

65

1994

Les holothuries,
ressource halieutique des lagons

Chantal CONAND

**RAPPORTS SCIENTIFIQUES
ET TECHNIQUES**

SCIENCES DE LA MER

BIOLOGIE MARINE

n° 65

1994

**Les holothuries,
ressource halieutique des lagons**

Chantal CONAND

Laboratoire d'Ecologie marine, Université de La Réunion



**L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1994

/Canand, C.

Les holothuries, ressource halieutique des lagons

Nouméa : ORSTOM. Décembre 1994. 86 p.
Rapp. Sci. Tech. : Sci. Mer ; Biol. Mar. ; 65

Ø4PECHEØ2

DYNAMIQUE DE POPULATION ; ECONOMIE DES PECHEES ; AMENAGEMENT DES PECHEES ;
OCEANOGRAPHIE DES PECHEES ; RESSOURCES HALIEUTIQUES ; BIOLOGIE MARINE ;
LAGON ; INVERTEBRE AQUATIQUE ; HOLOTHURIE ; BECHE DE MER ; HOLOTHUROIDEA
/ NOUVELLE CALEDONIE

Imprimé par le Centre ORSTOM
Decembre 1994



SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION	3
2 - BIOLOGIE ET ECOLOGIE	4
2.1 Présentation des espèces et anatomie	4
2.2 Déplacements	10
2.3 Influence des facteurs du milieu sur la répartition	13
2.4 Reproduction, première maturité sexuelle, fécondité	25
2.5 Biométrie et croissance	34
2.6 Alimentation, comportement et interactions avec les autres espèces	42
3 - ANALYSE SUCCINTE DE LA PECHERIE MONDIALE	45
3.1 Introduction	45
3.2 Moyens de production	45
3.3 Statistiques de production	47
3.4 Effort de pêche et prise par unité d'effort	48
4 - ANALYSE DE LA PECHERIE DE NOUVELLE- CALEDONIE	53
4.1 Moyens de production	54
4.2 Production	59
4.3 Statistiques de pêche, effort et prise par unité d'effort	64
4.4 Containtes et retombées socio-économiques	66
5 - DYNAMIQUE DES POPULATIONS	67
5.1 Estimation des stocks	67
5.2 Structures d'âge et mortalités	68
5.3 Modélisation	71
6 - PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT DE LA PECHERIE	75
6.1 Législation actuelle	75
6.2 Mesures de limitation de la pêche	76
6.3 Reconstitution des stocks	78
7 - CONCLUSION	79
8 - BIBLIOGRAPHIE	80

RESUME

Ce document présente une synthèse des connaissances actuelles sur les holothuries (Echinodermes) de l'Indo-Pacifique tropical, exploitées pour la consommation humaine. Les résultats sur la biologie et l'écologie des espèces sont basés essentiellement sur les données obtenues en Nouvelle-Calédonie. Après une analyse des tendances des pêcheries mondiales, la pêche de Nouvelle-Calédonie est présentée de manière détaillée et des propositions sont faites en vue de son aménagement.

Mots clés : Indo-Pacifique tropical, Nouvelle-Calédonie, holothurie, bêche-de-mer, échinoderme, lagon, dynamique des populations, pêche, aménagement.

ABSTRACT

Title : Holothurians, fishery resource from the lagoons.

This document is a synthesis of the present knowledge on the tropical Indo-Pacific holothurians (Echinodermata), exploited for human consumption. The results on the biology and ecology of the species are essentially based on the data collected in New Caledonia. After an analysis of the recent trends of the world fisheries, the New Caledonian fishery is detailed and management proposals are given.

Key words : Tropical Indo-Pacific, New Caledonia, holothurian, beche-de-mer, Echinodermata, lagoon, population dynamics, fishery, management.

1 - INTRODUCTION

Les holothuries ou concombres de mer constituent avec les oursins, les étoiles de mer, les ophiures et les crinoïdes l'embranchement des échinodermes. Les oursins et les holothuries font l'objet, dans de nombreuses régions, de pêcheries artisanales. (Conand & Sloan, 1989). Les holothuries sont consommées depuis des temps très anciens par des peuples asiatiques. Le tégument cru des "namako", les muscles longitudinaux crus, ainsi que certains organes salés-fermentés, intestin, glandes génitales, sont appréciés par les japonais. Le tégument sec "hai-som", obtenu par cuisson et séchage, est consommé par les chinois.

Les holothuries qui comptent plus de 1200 espèces, se trouvent dans de nombreux biotopes marins à toutes les latitudes, des zones intertidales aux plus grandes profondeurs. Elles sont généralement benthiques à l'exception de certaines Elapipodes pélagiques. Bien que certaines espèces se trouvent sur les substrats durs (roches, anfractuosités, récifs coralliens) ou en épibioses sur des végétaux ou des invertébrés, elles sont surtout caractéristiques des fonds meubles, pouvant vivre soit à leur surface, soit, de manière temporaire ou permanente, dans le sédiment. La répartition des différents groupes dans les zones littorales est marquée par la prédominance des Aspidochirotés dans les zones intertropicales et celle des Dendrochirotés aux latitudes tempérées et élevées. La diversité est maximale dans les zones littorales tropicales. Il existe environ 300 espèces dans la région indo-pacifique. Les principales pêcheries pour le traitement des holothuries en produit sec, appelé également bêche-de-mer ou trévang sont concentrées dans cette région. Ces pêcheries sont généralement plurispécifiques. Les pêcheries tempérées sont situées sur les côtes occidentale et orientale du Pacifique et sont essentiellement monospécifiques.

Les recherches menées actuellement sur les holothuries portent plus particulièrement sur la taxonomie, l'anatomie fonctionnelle et l'écologie des espèces, comme en témoignent les ouvrages récents et les Actes des congrès internationaux sur les échinodermes : Echinoderm Research (De Ridder et al., 1990), Biology of Echinodermata (Yanagisawa et al., 1991), Echinoderm Research 1991 (Scalera-Liaci et Canicatti, 1992).

Les pêcheries d'holothuries étant des entreprises artisanales de petite taille, la recherche halieutique est souvent menée par des équipes assez réduites. La variabilité des exploitations, tant sur le plan temporel que spatial, entraîne aussi une fluctuation de l'intérêt porté à ces ressources. Toutefois des organismes internationaux, FAO et CPS, ont suscité des études sur certaines pêcheries, ou certains stocks, et favorisent la diffusion des connaissances sur les espèces et leur traitement en bêche-de-mer (Sachithanathan, 1972 ; CPS, 1979 ; Conand, 1986, 1990). Récemment un "Special Interest Group" sur les holothuries exploitées a été établi par la C.P.S. ; il diffuse le bulletin "Bêche-de mer information" entre les membres de ce réseau (SPC, 1990).

En Nouvelle-Calédonie, les holothuries ont été pêchées dès le dix-neuvième siècle. Récemment, vers la fin des années soixante-dix, le Territoire, en vue de diversifier l'économie trop concentrée sur les exploitations minières, du nickel en particulier, s'est intéressé au développement de la pêche et a essayé de réintroduire cette activité de type artisanal. Il a été demandé à l'ORSTOM (Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération) de réaliser une étude visant à une gestion rationnelle de la ressource en holothuries. Pour en définir les termes, il était nécessaire de pouvoir répondre à un ensemble de questions sur :

- les espèces exploitables en Nouvelle-Calédonie,
- les milieux où elles sont abondantes, à l'échelle de l'ensemble des biotopes du lagon,
- la dynamique de leurs populations et les quantités qui pourraient être pêchées annuellement pour assurer une exploitation optimale et régulière.

Un programme de recherches a donc été mené au Centre ORSTOM de Nouméa de 1979 à 1984 et l'exploitation des données poursuivie au Laboratoire d'Océanographie Biologique à l'Université de Bretagne Occidentale. Les résultats obtenus sont présentés de manière détaillée dans la publication "les holothuries Aspidochirotes de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation" (Conand, 1989a). Les principaux éléments en sont utilisés pour cette synthèse. Les sujets analysés dans le présent document sont : la biologie et l'écologie des espèces, l'analyse des pêcheries, mondiale et locale, la dynamique des populations. Enfin quelques propositions d'aménagement de la pêche de Nouvelle-Calédonie sont présentées.

2 - BIOLOGIE ET ECOLOGIE

2.1 Présentation des espèces et anatomie

Espèces commerciales

Les espèces exploitées en Nouvelle-Calédonie (et dans l'Indo-Pacifique en général) appartiennent à l'ordre des Aspidochirotes qui se caractérise par des tentacules buccaux de type pelté, un tégument épais et la présence de pieds ambulacraires. Les spicules, pièces squelettiques microscopiques contenues dans le tégument, sont de types variés : tourelles, boutons, batonnets, rosettes et corpuscules ; ils sont très utiles pour déterminer les différentes espèces. Les deux familles représentées en Nouvelle-Calédonie sont les Holothuridae et les Stichopodidae. Elles se distinguent par la présence chez les Holothuridae de gonades en une seule touffe (figure 1), alors que les Stichopodidae possèdent deux touffes disposées de part et d'autre du mésentère dorsal ; ces dernières ont aussi des corpuscules en forme de C ou de S qui n'existent pas dans le tégument des Holothuridae.

Parmi la cinquantaine d'espèces qui ont été trouvées dans les lagons de Nouvelle-Calédonie, une quarantaine appartient aux Holothuridae et une dizaine aux Stichopodidae. Elles sont décrites et illustrées dans plusieurs publications et ouvrages récents (Cherbonnier et Féral, 1984a, 1984b ; Guille *et al.*, 1986 ; Conand, 1989a). Seules les espèces d'intérêt commercial sont présentées ici. Elles possèdent certaines caractéristiques communes :

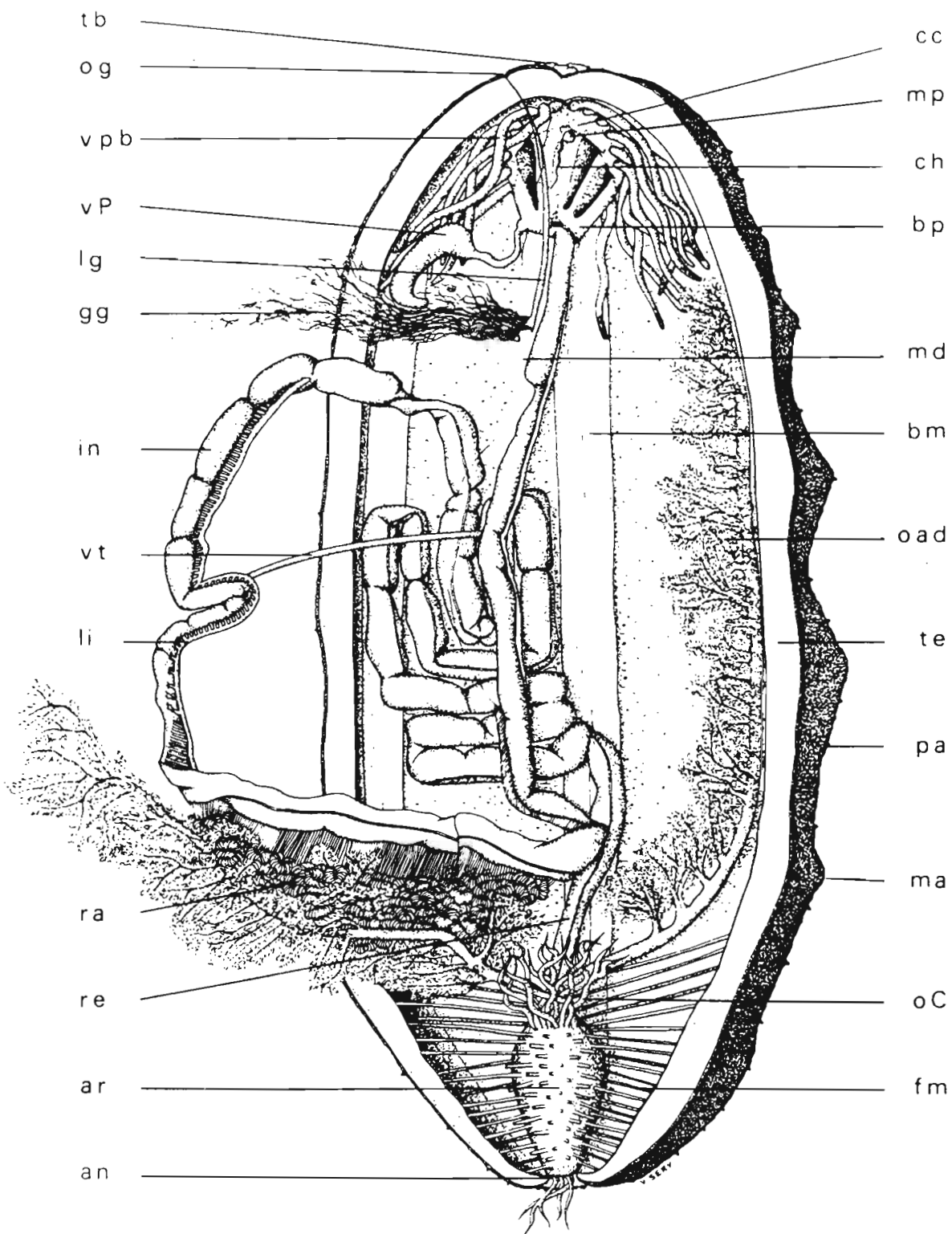
- abondance dans des eaux peu profondes ;
- grande taille des individus ;
- absence ou faible rejet des canaux de Cuvier (figure 1) ;
- propriétés particulières du tégument : épaisseur, faible abondance des spicules, consistance maintenue entre le moment de la capture et celui du traitement.

L'absence d'études détaillées récentes et surtout de classement par valeurs commerciales a souvent entraîné une certaine confusion. Il a donc semblé nécessaire d'établir un classement en catégories qui prenne en compte les différents caractères et puisse être utilisé lors des prises de décisions concernant l'exploitation. Le présent classement en quatre catégories est basé sur les informations bibliographiques et celles qui ont été obtenues grâce à l'enquête menée par l'ORSTOM en 1978 par dépouillement de formulaires envoyés aux Conseillers Culturels des Ambassades de France des pays qui pratiquent cette pêche. Ce classement peut cependant être modulé selon les modifications du marché.

- Espèces à fort intérêt commercial : première catégorie

Holothuries à mamelles, *Holothuria nobilis* et *H. fuscogilva* : elles atteignent les meilleurs prix, mais sont en général assez peu abondantes, ce qui fait que leur capture entraîne un effort de pêche élevé.

Holothuria (Microthele) nobilis (figure 2)

Figure 1 : Anatomie de *Holothuria nobilis*.

tb : tentacules buccaux - og : orifice génital - vpb : vésicules des podia buccaux - mp : madréporite - ch : canal hydrophore - vP : vésicule de Poli - cc : couronne calcaire péripharyngienne - bm : bande musculaire radiaire - lg : lacune génitale - gg : glande génitale - oC : organes de Cuvier - ar : ampoule rectale - an : anus - re : rectum - oad : organe arborescent droit - bp : bulbe pharyngien - ra : réseaux admirables - vt : vaisseau transverse - li : lacune intestinale - md : mésentère dorsal - fm : fibres musculaires - te : tégument - in : intestin - pa : papilles - ma : mamelles.

C'est une grande espèce à corps ovale, tégument épais (15 mm) et rigide. La présence d'expansions latérales lui a valu son nom vernaculaire d'holothurie noire à mamelles, en anglais black teatfish. Sa face dorsale est bombée, noire et souvent recouverte de sable corallien, la face ventrale est grisâtre. Les tubes de Cuvier assez courts semblent rarement expulsés puisque leur rejet n'a été observé que dans des bacs où les conditions de température et d'agitation étaient anormales. L'anus est entouré de cinq dents et de papilles anales calcifiées.

Longueur moyenne 37 cm et maximum 55 cm ; poids moyen 1800 g.

Holothuria (Microthele) fuscogilva (figure 2)

Cette espèce a été confondue avec la précédente jusqu'à sa description par Cherbonnier (1980). Il s'agit aussi d'une holothurie à mamelles, de grande taille, mais au tégument dorsal de couleur plus variable, allant du blanc jaunâtre au gris souvent tacheté de gris-brun. Les autres différences portent sur la morphologie des spicules, l'absence de canaux de Cuvier, les fortes dents anales rectangulaires. Les deux espèces étaient depuis longtemps différenciées par les pêcheurs fidjiens, gilbertiens et motus de Papouasie-Nouvelle-Guinée qui leur donnent des noms différents (CPS, 1979).

Longueur moyenne 42 cm et maximum 57 cm ; poids moyen 2400 g.

Holothuries de sable, *Holothuria scabra* et *H. scabra* variété *versicolor* : leur cours est plus variable, mais leur abondance dans des zones littorales permet de les classer en première catégorie. C'est l'espèce qui fournit actuellement la grande majorité des captures mondiales. Dans plusieurs pays de l'Océan Indien c'est la seule espèce exploitée. D'après les observations faites en Nouvelle-Calédonie, il a été possible de distinguer *H. scabra*, d'une variété *H. scabra versicolor*. Malgré l'absence de différences notables des spicules, de la couronne calcaire et de l'anatomie, certaines particularités se retrouvent régulièrement : la couleur du tégument varie chez *H. scabra*, du gris foncé plus ou moins verdâtre au gris très clair sur la surface dorsale. Celle-ci présente des plis transversaux bien évidents (figure 2), de petits points noirs, des papilles très peu développées. Chez *H. scabra* variété *versicolor*, la coloration du tégument dorsal est très variable ; elle peut présenter tous les intermédiaires entre le beige clair et le noir uni. Certains individus ont des taches noires plus ou moins grandes et nombreuses. Les plages sombres et les bourrelets transversaux n'existent pas. Les papilles et les podia sont plus développés.

H. scabra : longueur moyenne 22 cm et maximum 35 cm ; poids moyen 350 g.

H. scabra var. *versicolor* : longueur moyenne 30 cm et maximum 48 cm ; poids moyen 1100 g.

- Espèces à intérêt commercial moyen : deuxième catégorie

Plusieurs espèces du genre *Actinopyga* appartiennent à cette catégorie et sont confondues sur le marché.

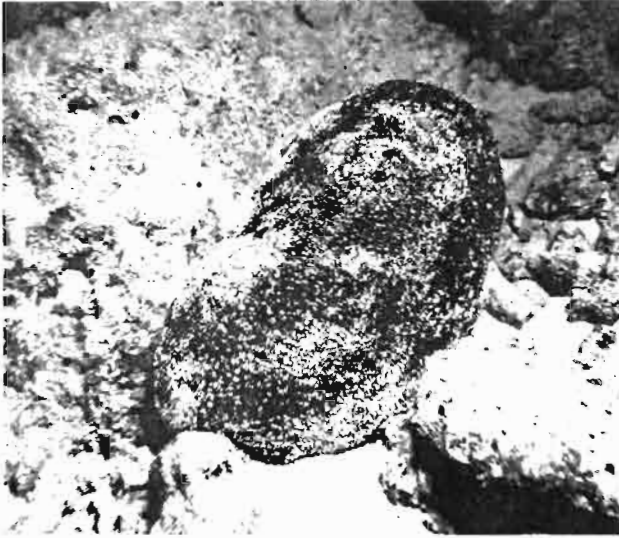
Actinopyga miliaris (figure 2)

Cette espèce est de couleur noire, mais son tégument est souvent recouvert de mucus qui agglomère des grains de sable. L'anus est entouré de 5 dents calcaires épaisses.

Longueur moyenne 22 cm, et maximum 35 cm ; poids moyen 400 g.

Actinopyga echinites (figure 3)

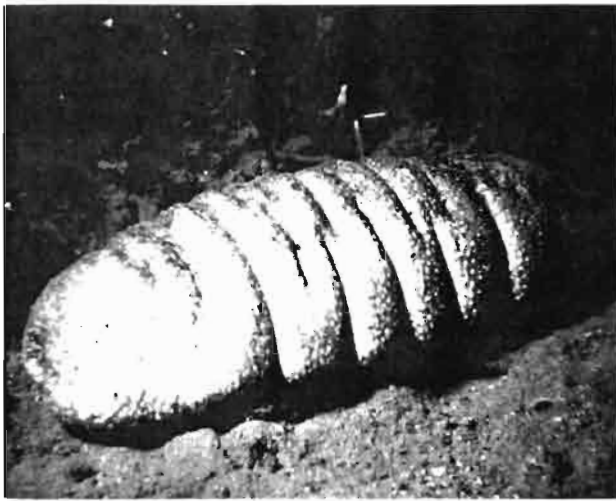
Cette espèce est de couleur marron à tégument lisse, épais (7 mm), souvent couvert de sable ; le corps renflé au milieu, s'affine en pointe aux extrémités. Sa face ventrale, plus claire, est couverte de podia. Elle possède quelques canaux de Cuvier rosés qui ne sont pas rejetés.



Holothuria nobilis



Holothuria fuscogilva



Holothuria scabra



Holothuria scabra var. *versicolor*



Actinopyga miliaris



Thelenota ananas

Longueur moyenne 20 cm et maximum 35 cm ; poids moyen 280 g.

Actinopyga mauritiana (figure 3)

Cette espèce marron ressemble à *A. echinites*, dont elle se distingue par des taches blanches particulièrement étendues autour de l'anus. Son tégument est épais (6 mm). Les podias ventraux sont très abondants sur les radius et permettent la forte résistance à l'arrachement par les vagues et les houles.

Longueur moyenne 20 cm et maximum 30 cm ; poids moyen 300 g.

Thelenota ananas (figure 2)

C'est une grande holothurie qui tire son nom d'espèce des grandes papilles ramifiées de son tégument dorsal lisse et rigide d'une épaisseur de 1,5 à 2 cm et d'une couleur orange-rougeâtre à marron. Sa face ventrale rouge plus vif, porte de nombreux podias. Elle héberge souvent des poissons Carapidae.

Longueur moyenne 45 cm et maximum 80 cm ; poids moyen 2500 g.

- Espèce à intérêt commercial faible : troisième catégorie

Plusieurs espèces sont parfois observées sur les marchés, mais leur exploitation n'est généralement pas rentable : *Holothuria atra*, *Holothuria fuscopunctata*, *Thelenota anax* (figure 3). D'autres espèces des genres *Bohadschia* et *Stichopus* sont mentionnées dans la littérature mais ne sont pas pêchées actuellement.

Anatomie

L'anatomie est présentée sommairement par une dissection de *Holothuria nobilis* (figure 1). La paroi du corps, partie comestible, comprend un épiderme qui n'est pas nettement délimité du derme lâche sous-jacent. Au dessous, le derme plus dense est constitué de tissu conjonctif fibreux dans lequel sont disséminés les spicules, des pigments, des coelomocytes et un plexus nerveux. Les descriptions d'espèces sont basées sur la forme, la distribution et l'abondance des spicules dans le tégument dorsal et ventral, les papilles, les podias et les tentacules.

Le squelette interne comprend aussi la couronne calcaire péripharyngienne, organe en partie homologue de la lanterne d'Aristote des oursins. Sur cet anneau, formé de pièces calcaires de taille et de formes variables suivant les espèces, sont insérées cinq bandes musculaires longitudinales. Leur contraction permet de rétracter les tentacules buccaux dans la bouche sous la membrane buccale. Les Aspidochirotés sont généralement des détritivores qui utilisent leurs tentacules pour collecter leur nourriture sur le substrat meuble ou dur. Celle-ci passe ensuite dans un long tube digestif tubulaire qui débute par un pharynx musculaire ; la couronne calcaire est traversée par un oesophage, un estomac court fait suite, puis l'intestin formé de trois anses, la première descendante, la seconde ascendante, la troisième descendante jusqu'à un large cloaque qui s'ouvre extérieurement par l'anus parfois entouré de papilles anales calcifiées (dents anales). Le système digestif et la nutrition sont présentés dans l'ouvrage "Echinoderm nutrition" (Jangoux et Lawrence, 1982).

Les deux tubes ramifiés des arbres respiratoires débouchent, séparément ou non, dans le cloaque. Ils remontent dans la cavité coelomique; l'arbre respiratoire gauche est parfois, comme chez *Holothuria nobilis* (figure 1), entremêlé au système hémal (*rete mirabile*), attaché à la branche ascendante de l'intestin.

Les tubes de Cuvier sont présents chez certaines espèces des genres *Holothuria* et *Actinopyga* et particulièrement abondants chez *Bohadschia*. Ces tubules collants, fixés à la



Actinopyga echinites



Actinopyga mauritiana



Holothuria atra



Holothuria edulis



Holothuria fuscopunctata



Thelenota anax

base des arbres respiratoires, sont expulsés, par l'anus, vers l'agent d'une irritation et sont généralement considérés comme un organe de défense.

Les sexes sont généralement séparés. La gonade est formée d'une ou deux touffes de tubules attachées au mésentère dorsal dans lequel passe le gonoducte. Il aboutit au gonopore ou à une papille génitale. Les gamètes sont émis librement dans l'eau de mer. L'incubation existe chez des espèces de Dendrochirotes ou d'Apodes, mais les Aspidochirotes sont ovipares.

2.2 Déplacements

Les déplacements des holothuries tropicales ont été très peu étudiés jusqu'à présent. Bien qu'elles soient considérées comme sédentaires, il est possible d'observer un gradient de mobilité entre des espèces presque immobiles, comme *Holothuria cinerascens* ou *H. arenicola*, et celles capables de se déplacer assez rapidement grâce à des contractions musculaires, comme les Stichopodidae (Conand, 1991). Plusieurs espèces présentent des rythmes nycthémeraux marqués, en relation avec la nutrition (Yamanouchi, 1939 ; Hammond, 1982a). Certaines espèces de *Bohadschia* présentent un comportement d'enfouissement associé à l'alimentation. Les espèces tropicales ne paraissent pas effectuer de migrations bathymétriques en relation avec la reproduction, comme cela a été observé pour certaines espèces tempérées (Levin, 1982 ; Muscat 1983).

Pendant des cycles de 24 heures, le suivi de quelques individus permet de déterminer la distance parcourue et la vitesse moyenne par heure, ou par jour. Les valeurs suivantes ont ainsi été obtenues :

Stichopus japonicus : 5-20 cm/heure, soit 1,4 à 4,7 m/jour (Levin, 1982) ;

Holothuria mexicana : 4,5 à 5.8 m/jour (Hammond, 1982b) ;

Istiostichopus badionotus : 4,0 à 4,4 m/jour (Hammond, 1982b) ;

Stichopus parvimensis sur sable : 50 cm/heure (Muscat, 1983) ;

Stichopus parvimensis sur rocher : 10 cm/heure (Muscat, 1983).

Les vitesses maximales sont observées, soit en réaction de fuite (Kropp, 1982), soit pour des individus déplacés de leur milieu naturel (observations personnelles sur *T. ananas* et *H. nobilis*). Pour une période de plusieurs jours, le trajet réel des individus ne peut pas facilement être appréhendé directement. La distance linéaire entre deux observations et l'angle par rapport à un repère sont seuls mesurés. Da Silva et al. (1986) calculent ainsi une distance moyenne de 4 m par jour pour *S. californicus*, la direction du déplacement étant aléatoire.

Des marquages réalisés en Nouvelle-Calédonie, pour étudier la croissance ont aussi permis de suivre les déplacements individuels. Des marques du type de celles utilisées dans l'industrie du vêtement, ont été insérées en région latéro-dorsale du tégument, pour qu'elles pénètrent dans un muscle longitudinal. Suivant la disponibilité des espèces sur le terrain, deux stratégies différentes ont été mises en oeuvre.

- Pour les espèces de platier, *A. mauritiana* et *A. echinites*, dont les populations présentent de fortes densités et sont accessibles à basse-mer, des quadrats permanents ont été délimités par des piquets fixés dans les platiers et repérés par des amers. Ainsi, six quadrats, correspondant à six opérations de marquage, ont été matérialisés à Unia pour *A. mauritiana* et cinq quadrats sur le récif Ricaudy pour *A. echinites*. Les recaptures ont eu lieu tous les trois mois environ, les spécimens étaient pesés et remis sur place.

- Pour les espèces plus profondes, qui nécessitent un effort de recherche important, la station n'a pas été délimitée précisément. Tous les individus d'une espèce ont été récoltés lors d'une première plongée. Ramenés au bateau, ils ont été pesés, marqués, puis remis ensuite à la station dont la position était relevée. Lors des recaptures, tous les individus rencontrés ont été récoltés : ceux qui avaient déjà une marque ont seulement été pesés, les autres ont alors été marqués, puis tous ont été remis à la station. Il en a ainsi été procédé ainsi à chaque recapture. *T. ananas* a ainsi été marquée au Récif To, *H. nobilis*, dont les effectifs étaient faibles, l'a été en quatre stations, *H. scabra versicolor* et *S. variegatus* ont été marqués conjointement à la balise de l'Îlot Maître et sur l'herbier du platier de cet îlot.

Les taux de recaptures des individus marqués, en fonction du temps écoulé depuis le marquage, sont présentés dans le tableau 1 (Conand, 1991). Ils diminuent plus ou moins régulièrement au cours de la première année et après un an, seuls de rares spécimens ont été retrouvés marqués. Il apparaît de fortes différences interspécifiques liées à la perte des marques. Les recaptures d'individus marqués prouvent cependant la faible amplitude des déplacements.

Les résultats (figure 4) obtenus à partir des marquages dans les quadrats repérés (interne I, bordure B et extérieur E) et orientés, montrent que les mouvements de *A. echinites* sont effectués au hasard, alors que *A. mauritiana* se déplace préférentiellement vers la crête récifale d'où elle peut avoir été détachée par la houle et entraînée par les courants. Ces déplacements restent limités à quelques mètres, ou dizaines de mètres.

Figure 4 : Déplacements des individus marqués-recapturés. % : pourcentages calculés dans chaque type de quadrat par rapport à l'ensemble des recaptures, pour chaque espèce.

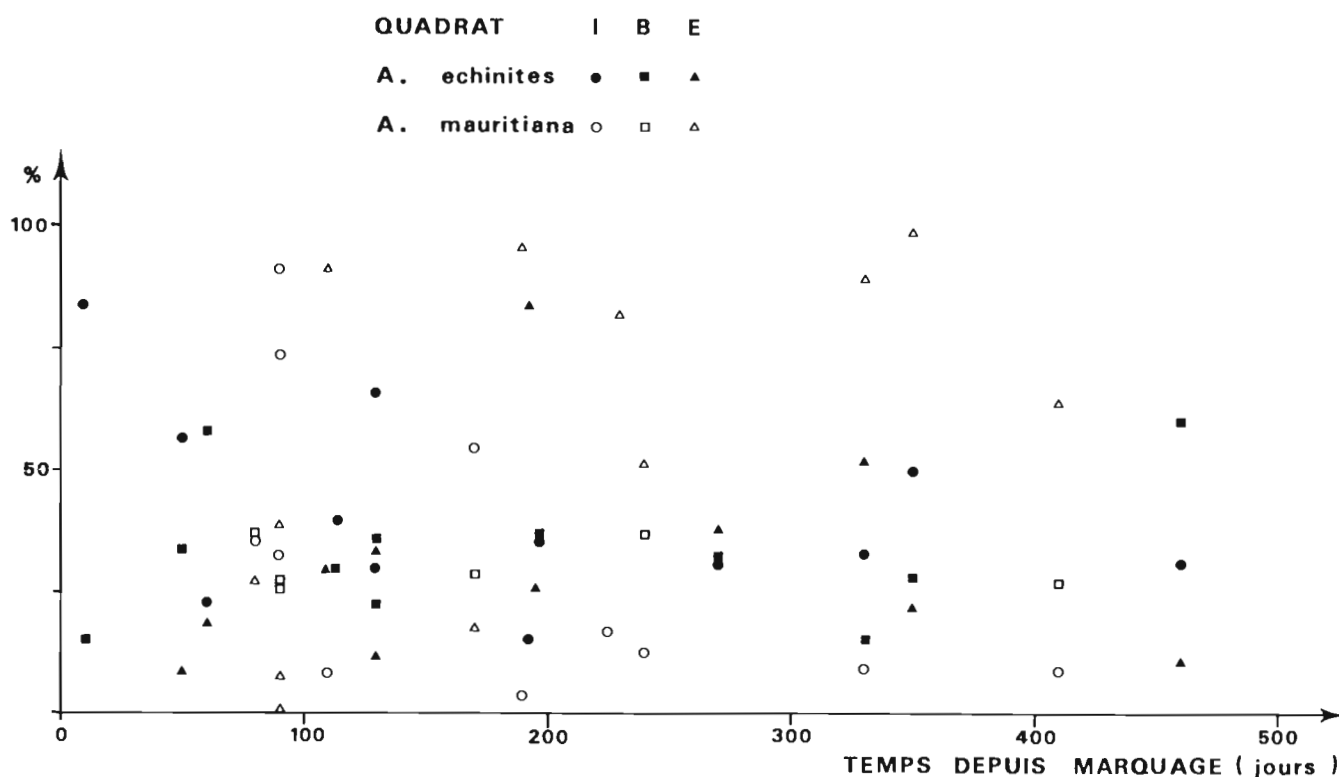


Figure 4 : Déplacements des individus marqués-recapturés. % : pourcentages calculés dans chaque type de quadrat par rapport à l'ensemble des recaptures, pour chaque espèce.

j	s	PLATIER INTERNE			PENTE RECIFALE						
		<i>H. scabra</i>	<i>H. scabra versicolor</i>	<i>S. variegatus</i>	<i>H. nobilis</i>				<i>T. ananas</i>	<i>H. scabra versicolor</i>	<i>S. variegatus</i>
		% r	% r	% r	(1)% r	(2)% r	(3)% r	(4)% r	% r	% r	% r
56	8								34		
77	11	10	13	5					9	16	7
98	14	37	17		15	30	36	5	19		
139	20				28				13		
168	24	16	29	3	9	4	15	2	4	1	0
190	27	7	5		4	8	15	0	7		
245	35			2	6	2		0	11	3	0
274	39	7	7						5	0	
329	47	5	5	0	0	1	7		5	1	0
399	57	2	0						4	4	
476	68	2	3		3	2	0	0	3	2	0
541	77	0					3		2		0
625	89								1		
664	95	2	0						3		

2.3 Influence des facteurs du milieu sur la répartition

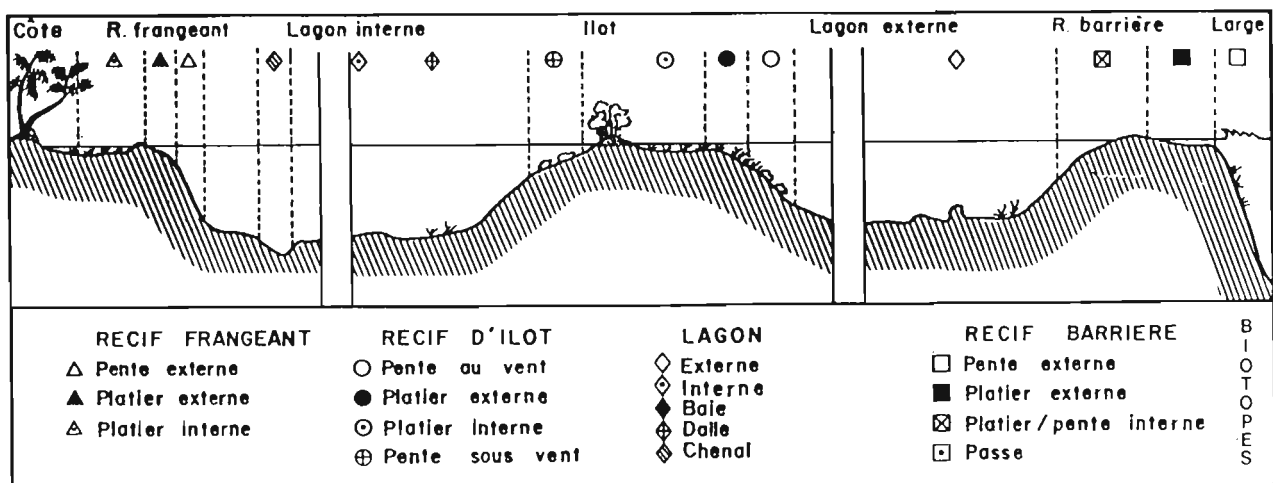
L'écologie des holothuries a été appréhendée à l'échelle de l'ensemble des biotopes des lagons de Nouvelle-Calédonie, alors que les autres recherches étaient surtout concentrées sur le lagon sud-ouest. La répartition et l'abondance des espèces ont été étudiées, grâce à des quadrats réalisés en plongée ou à pied, dans les différents biotopes récifaux et lagonaires. Cet ensemble est caractérisé par la grande diversité des habitats qui provient de la topographie générale des lagons et récifs-barrières, allongés parallèlement aux côtes, de l'hydrodynamisme, des apports terrigènes des nombreux cours d'eau et de l'organisation fonctionnelle des récifs qui sont le siège d'activités de construction et de destruction mécanique et biologique. Seize biotopes principaux y sont distingués et classés, d'une part suivant les types d'édifices et d'autre part suivant les ensembles fonctionnels (figure 5).

Sept régions principales ont été déterminées et étudiées au cours de campagnes réalisées à bord des N.O. Dawa et N.O. Vauban de l'ORSTOM. Les 216 stations sont réparties de la manière suivante : sud-ouest 48 stations, centre-ouest 32, nord-ouest 25, nord-est 28, centre-est 31, sud-est 26, sud 26.

A chaque station, les paramètres relevés furent la position, la distance à la côte, le biotope, la profondeur moyenne, l'hydrodynamisme, le type de substrat et les flores et faunes accompagnatrices des holothuries. Neuf types de substrats, (1 à 9), ont été distingués afin de correspondre avec les catégories des cartes sédimentologiques. Les substrats durs compacts comprennent les roches littorales (1), les dalles coralliennes et les beach-rocks (2). Les débris grossiers ou cailloutis sont constitués par les blocs rocheux et les débris coralliens supérieurs à 20 mm (3). Les débris ou graviers, éléments de 20 à 2 mm, proviennent des roches mais surtout des coraux et débris de mollusques, foraminifères et algues calcaires (4). Les sédiments plus fins sont classés en 5 catégories, déterminées empiriquement, allant des sables grossiers (5) et sables fins (6) où la fraction de pélites est très faible, aux sables vaseux (7), vases sableuses (8) et vase "molle" (9). Le taux de recouvrement de chaque type est estimé en pourcentage de la surface et codé de 1 à 4. Il permet de construire un diagramme triangulaire, adapté pour cette étude (cf. figure 6) où (D) = substrats durs + graviers, soit les fractions (1)+(2)+(3)+(4), (S) = sables, soit (5)+(6) et (P) = pélites, soit (7)+(8)+(9).

Les échantillons d'holothuries récoltés dans les quadrats ont permis de déterminer la densité et la biomasse de chaque espèce, à chaque station.

Figure 5 : Principaux biotopes des complexes récifaux et lagonaires, classés par type d'édifices (d'après Conand et Chardy, 1985).



L'écologie des principales espèces commerciales est présentée à l'aide de graphiques et tableaux synthétiques (figures 6 à 13). Le premier tableau (A) montre le nombre (et le pourcentage correspondant) de stations par région où l'espèce a été récoltée et le tableau (B) la répartition par biotope. La figure (C) présente les densités (en échelle logarithmique) en fonction de la profondeur et de la distance à la côte des stations. Enfin la figure (D) présente le diagramme triangulaire des substrats.

Des résultats généraux peuvent aussi être présentés à partir de l'ensemble des données concernant la fréquence d'apparition, la densité et la biomasse moyenne des espèces à l'échelle des lagons.

La figure 14 qui présente la fréquence des espèces sur l'ensemble des stations montre que les espèces de première catégorie commerciale sont peu fréquentes, à l'exception de *H. nobilis* ; parmi celles de la seconde catégorie, *A. miliaris* et *T. ananas* sont fréquentes. Mais les espèces très fréquentes, *H. atra* et *H. edulis* ne présentent pas, ou très peu, d'intérêt pour l'exploitation.

La figure 15 montre l'importance numérique (densité) et pondérale (biomasse) relative des principales espèces. Pour les espèces commerciales, ces données sont regroupées dans le tableau 2.

Une analyse factorielle a été menée à partir de l'ensemble des données sur les densités pour décrire et interpréter la répartition des holothuries dans les lagons. La figure 16 présente la configuration des biotopes (A), des espèces (B) dans le plan des deux premiers axes.

Les platiers internes, le lagon interne et les passes ont les plus fortes contributions (fig.16A) Cette analyse met clairement en évidence l'organisation des gradients, lagonaire d'abord (du lagon interne vers les passes), récifal ensuite (des platiers internes vers les passes). Elle rend donc simultanément compte d'une classification par type de récif et par ensemble fonctionnel.

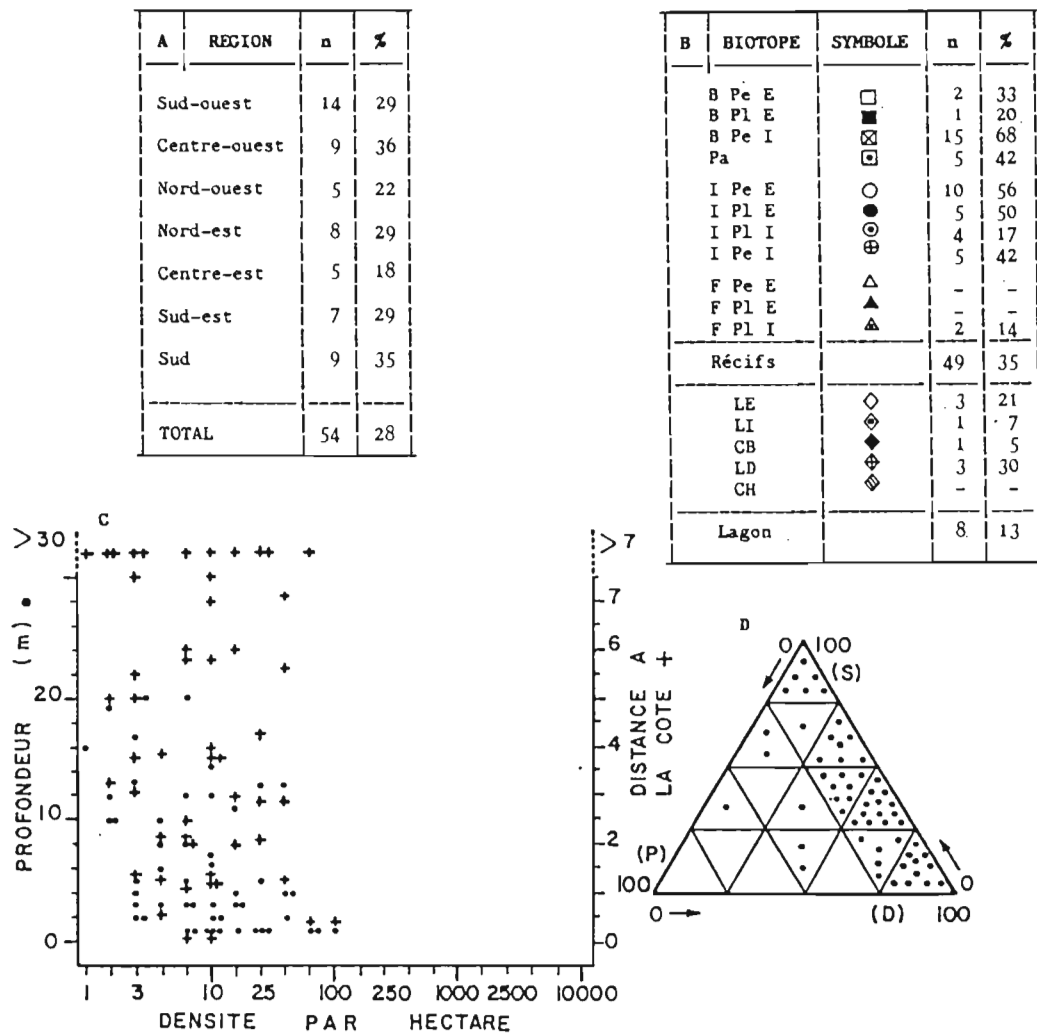
La projection des espèces (figure 16B) montre nettement quatre contingents bien définis et deux contingents à double affinité.

Selon l'axe 1, les espèces de lagon interne, assez groupées, s'opposent aux espèces de passé ; selon l'axe 2, les espèces de lagon interne sont opposées à celles des platiers internes et moins nettement à celles des platiers externes. L'axe 3 oppose des espèces de platier compact soumis à un fort hydrodynamisme, comme *H. cinerascens*, *A. echinites*, *H. hilla*, à des espèces de sables vaseux peu profonds, comme *H. pardalis* et *H. scabra*.

Les **pentés coralliennes** et les **passes** (1) correspondent à un ensemble infralittoral récifal. Elles sont caractérisées par les espèces *H. nobilis*, *T. ananas*, *A. palauensis*, *B. argus*, et *H. fuscogilva*.

Tableau 2 : Densité et biomasse (poids frais) des principales espèces. \bar{d} : densité moyenne de l'espèce ; d_t : densité de toutes les espèces ; \bar{b} : biomasse moyenne ; b_t : biomasse totale.

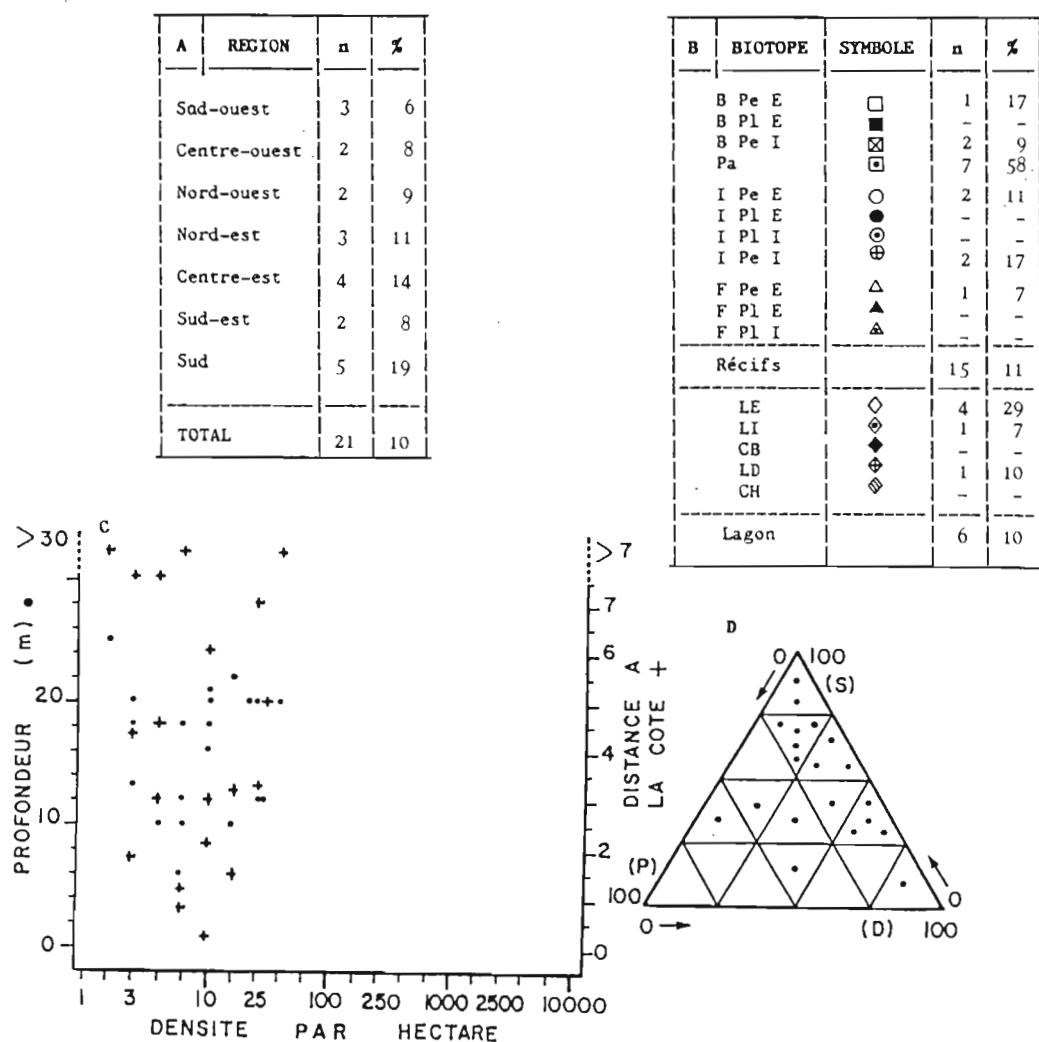
ESPECES	DENSITE				BIOMASSE			
	\bar{d} (n/100m ²)	Rang	% d_t	Rang	\bar{b} (g/100m ²)	Rang	% b_t	Rang
<i>H. nobilis</i>	0,13	26	0,4	21	237	25	2,1	17
<i>H. fuscogilva</i>	0,11	28	0,1	26	283	23	0,9	24
<i>H. scabra</i>	6,83	3	5,5	7	2416	2	6,0	4
<i>H. s. var. versicolor</i>	0,82	13	0,9	13	977	6	3,2	11
<i>A. miliaris</i>	5,12	5	10,1	2	2082	3	12,6	2
<i>A. echinites</i>	8,47	2	7,7	3	1814	4	5,1	7
<i>T. ananas</i>	0,18	24	0,4	21	489	17	3,0	13
<i>H. atra</i>	5,45	4	34,9	1	756	10	14,8	1
<i>A. mauritiana</i>	8,66	1	6,6	6	2505	1	5,8	5
<i>H. fuscopunctata</i>	0,31	21	0,8	14	475	18	3,6	9

Figure 6 : Répartition et abondance de *H. nobilis*.

Holothuria nobilis est une espèce fréquente tout autour de la Nouvelle-Calédonie. Elle est rare dans les zones littorales sous influence terrigène, particulièrement fréquente sur les pentes des récifs barrières et des îlots et assez fréquente aussi sur leurs platiers.

Sa distribution bathymétrique se situe généralement entre 0 et 20 m. La densité des populations n'excède jamais 100 individus par hectare.

Ses exigences vis-à-vis du substrat sont mises en évidence sur le diagramme triangulaire. La répartition des stations montre qu'elle est surtout pélophobe et semble préférer les substrats durs avec du sable assez abondant.

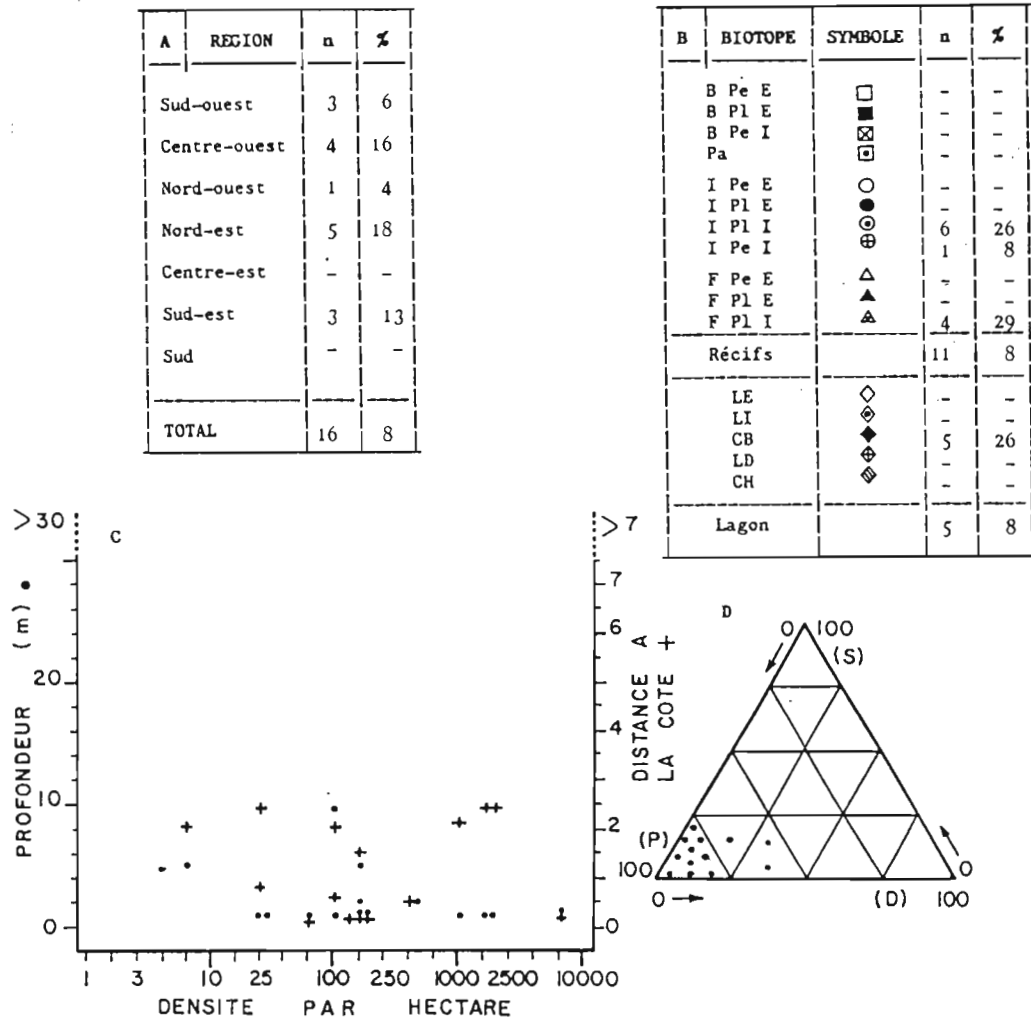
Figure 7 : Répartition et abondance de *H. fuscogilva*.

Holothuria fuscogilva est une espèce peu fréquente, mais répartie tout autour de la Nouvelle-Calédonie.

Elle est surtout fréquente dans les passes des récifs barrières et assez fréquente dans le lagon externe.

Sa distribution bathymétrique est plus profonde que celle de *H. nobilis*, en effet, elle est rarement observée au-dessus de 10 m, mais peut atteindre 40 m.

La densité des populations est assez faible, ne dépassant pas quarante individus par hectare. C'est une espèce sabulicole tolérante.

Figure 8 : Répartition et abondance de *H. scabra*.

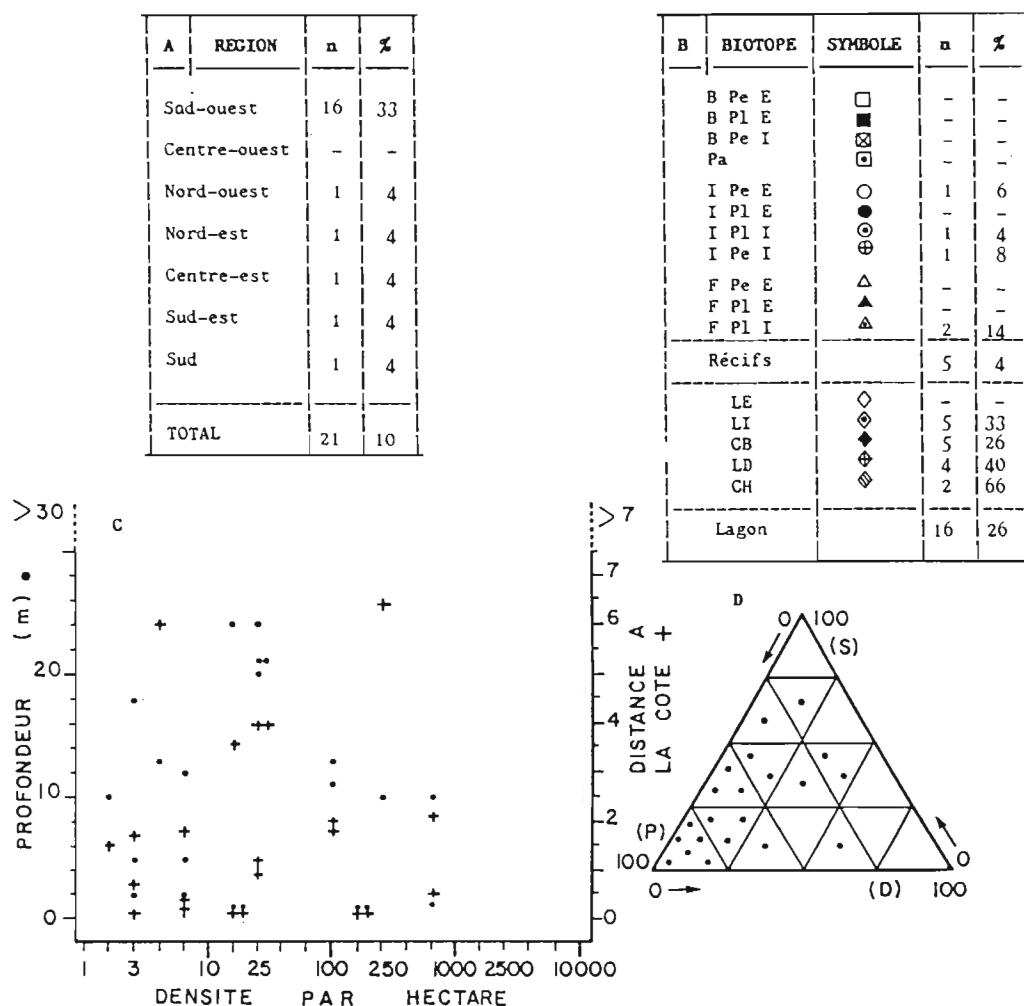
Holothuria scabra est une espèce peu fréquente, mais répartie autour de la Nouvelle-Calédonie.

Elle est absente des récifs barrières et des zones coralliennes, puisqu'elle ne se trouve que sur les platiers internes et dans les baies où l'influence terrigène est forte. Elle n'a pas été observée à plus de 2,5 milles du rivage.

Sa distribution bathymétrique est peu profonde, rarement au-dessous de 5 m.

Les populations peuvent atteindre de fortes densités, de plusieurs milliers d'individus par hectare.

C'est une espèce des sables vaseux et vases sableuses.

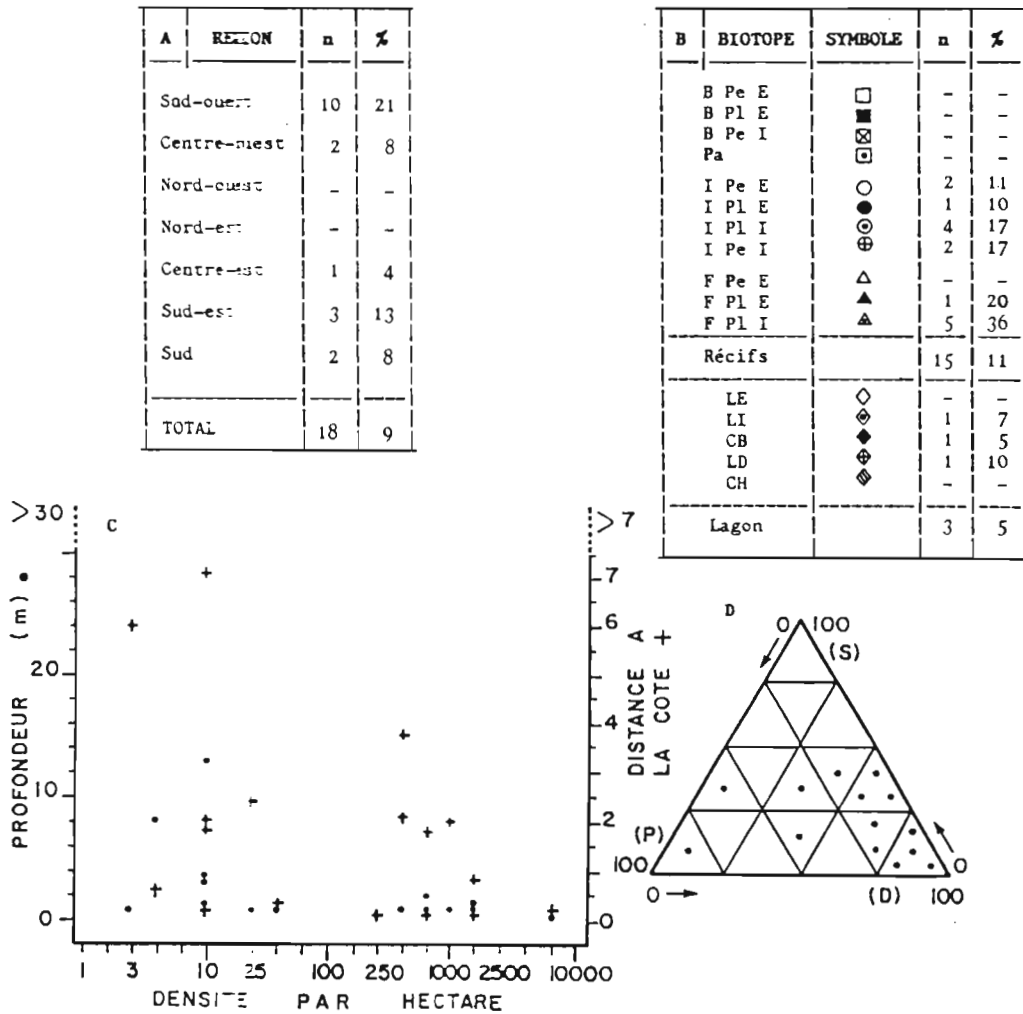
Figure 9 : Répartition et abondance de *H. scabra* var. *versicolor*.

Holothuria scabra var. *versicolor* est aussi assez peu fréquente ; elle est répartie tout autour de la Nouvelle-Calédonie, mais est plus fréquente dans le lagon sud-ouest.

Son affinité terrigène est aussi très marquée, mais elle se trouve généralement dans des stations plus profondes, jusqu'à 25 m ; elle est moins littorale que *H. scabra* étant rencontrée jusqu'à 6 milles de la côte. Elle est fréquente dans les zones de lagon à dalles.

Les populations ne dépassent pas quelques centaines d'individus par hectare.

Ses exigences vis-à-vis du substrat sont aussi moins strictes, bien qu'elle soit le plus souvent dans des sables vaseux et vases sableuses.

Figure 10 : Répartition et abondance de *A. echinites*.

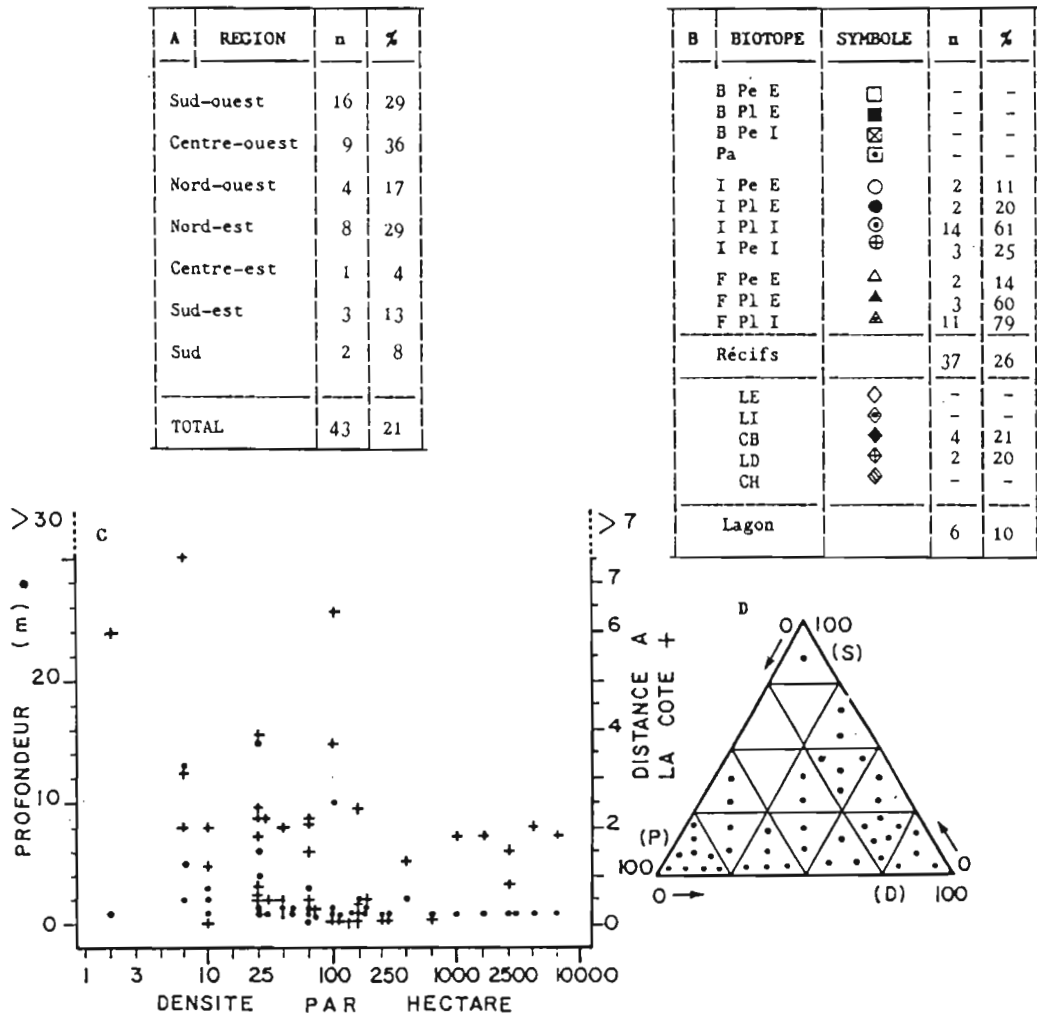
Actinopyga echinites est plus fréquente dans le sud de l'île, aussi bien sur la côte ouest que est.

C'est une espèce à préférence récifale, mais est absente des récifs barrières. Elle se trouve sur les récifs d'ilots et frangeants, donc sous l'influence terrigène.

Sa répartition selon la profondeur est comparable à celle de *A. mauritiana*, dépassant rarement 10 m.

Elle vit surtout sur les platiers externes, où les algues brunes sont abondantes et sur les platiers internes dans les herbiers et débris coralliens.

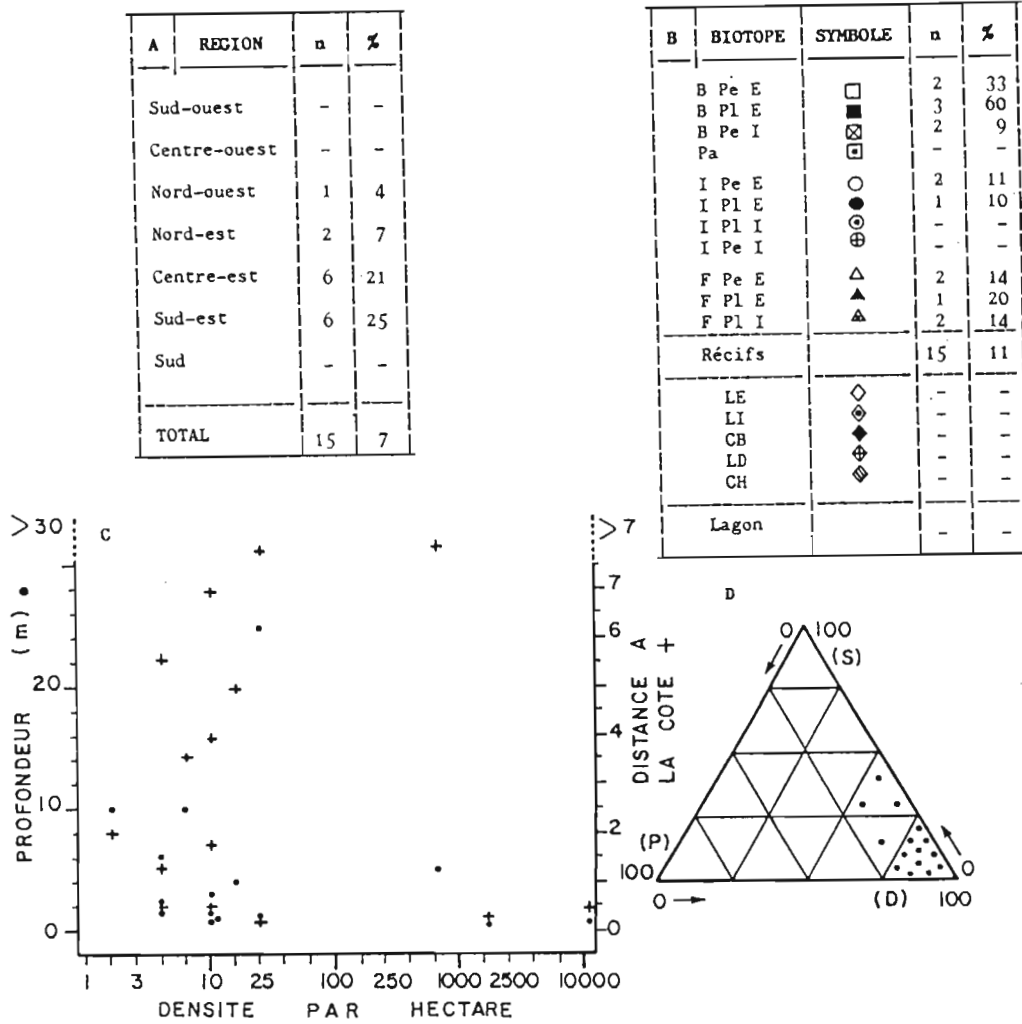
Elle peut présenter des populations à forte densité.

Figure 11 : Répartition et abondance de *A. miliaris*.

Actinopyga miliaris est une espèce commune en Nouvelle-Calédonie, en particulier sur la côte ouest et dans le nord. Elle est très fréquente sur les platiers internes des récifs d'ilots et frangeants.

Totalement absente des récifs barrières, elle préfère les influences terrigènes. Les plus fortes densités de population sont rencontrées sur les platiers couverts d'herbiers denses, à moins de 2 milles des côtes. Cette espèce est rarement rencontrée au-dessous de 10 m de profondeur. Ces populations peuvent atteindre des fortes densités, de plusieurs milliers d'individus, par hectare.

Le diagramme triangulaire montre l'hétérogénéité des substrats sur lesquels elle est présente. Son absence des sables fins propres est remarquable. Les substrats mixtes, comme par exemple les sables vaseux parsemés de blocs et débris coralliens, lui conviennent très bien. Elle a fréquemment été observée dans les herbiers denses, s'alimentant sur le feutre épiphytique des feuilles.

Figure 12 : Répartition et abondance de *A. mauritiana*.

Actinopyga mauritiana est plus fréquente sur la côte Est que la côte Ouest.

C'est une espèce exclusivement récifale qui est commune sur le récif barrière. Elle vit sur les pentes et les platiers externes soumis à un fort hydrodynamisme à des profondeurs généralement inférieures à 10 m.

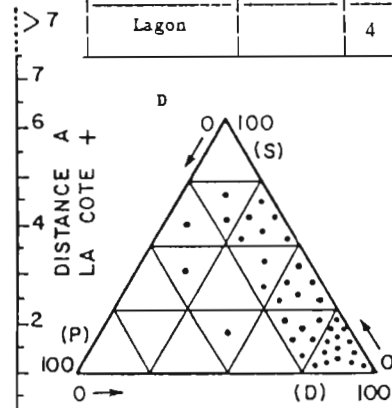
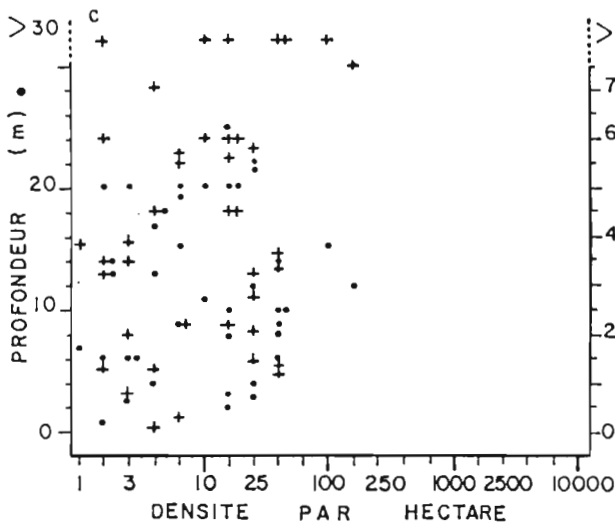
Elle peut présenter localement des populations de très forte densité.

Sa répartition est strictement limitée aux substrats durs, sur lesquels se trouve un peu de sable corallien.

Figure 13 : Répartition et abondance de *T. ananas*.

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	8	17
	Centre-ouest	4	16
	Nord-ouest	2	9
	Nord-est	5	18
	Centre-est	9	32
	Sud-est	8	33
	Sud	4	15
	TOTAL	40	20

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	5	83
	B Pl E	■	1	20
	B Pe I	⊠	2	0
	Pa	⊡	12	100
	I Pe E	○	9	50
	I Pl E	●	3	30
	I Pl I	⊙	-	-
	I Pe I	⊕	3	25
	F Pe E	△	1	7
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	-	-
	Récifs		36	26
	LE	◇	1	7
	LI	◆	-	-
	CB	◊	-	-
	LD	⊕	3	30
	CH	⊖	-	-
	Lagon		4	7



Thelenota ananas est une espèce fréquente, répartie tout autour de la Nouvelle-Calédonie.

C'est une espèce récifale, plus fréquente dans les zones coralliennes hors des influences terrigènes. Observée à toutes les stations de passe étudiées, elle aime les zones à hydrodynamisme fort.

Sa distribution bathymétrique va des plateaux faiblement immergés à basse-mer, à plus de 25 m de profondeur.

Les populations ne sont pas très denses, excédant rarement la centaine d'individus par hectare.

C'est une espèce des fonds durs couverts d'une couche plus ou moins importante de sable corallien.

Figure 14 : Rangement des espèces suivant leur fréquence et leur valeur commerciale.

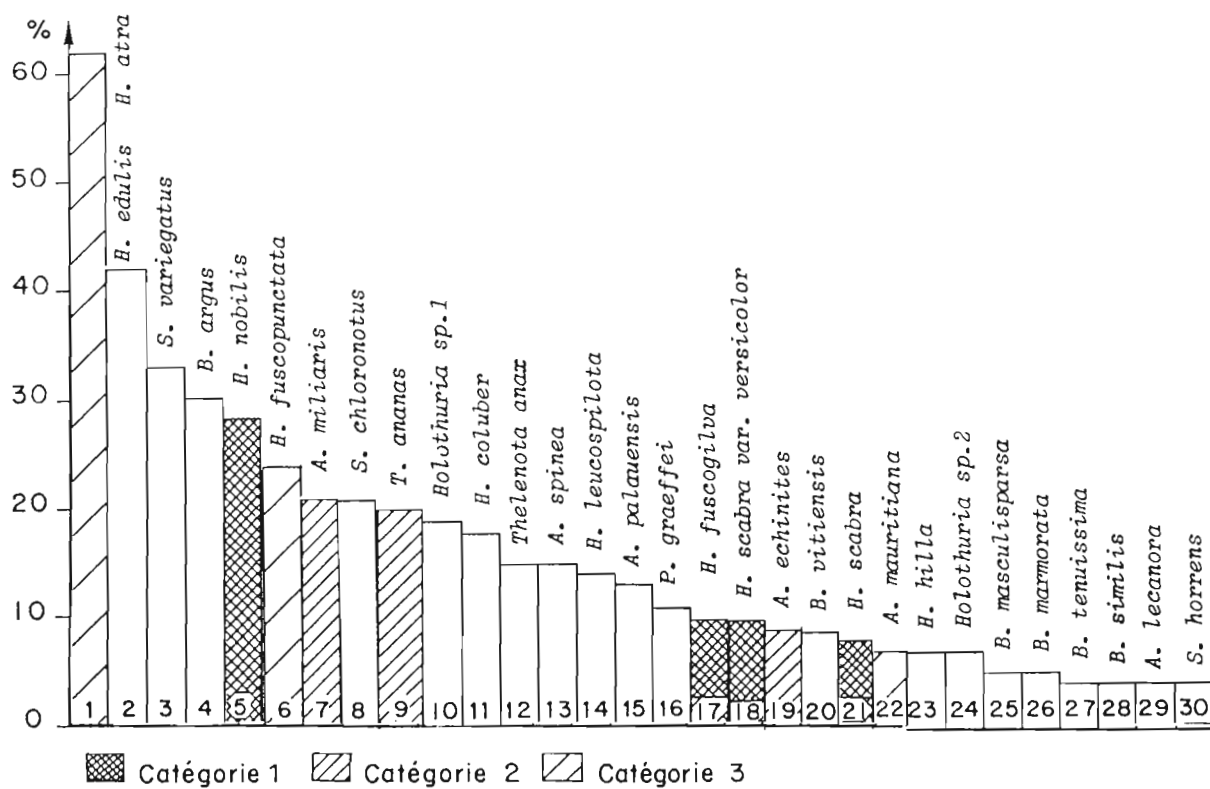


Figure 15 : Abondance relative des principales espèces.

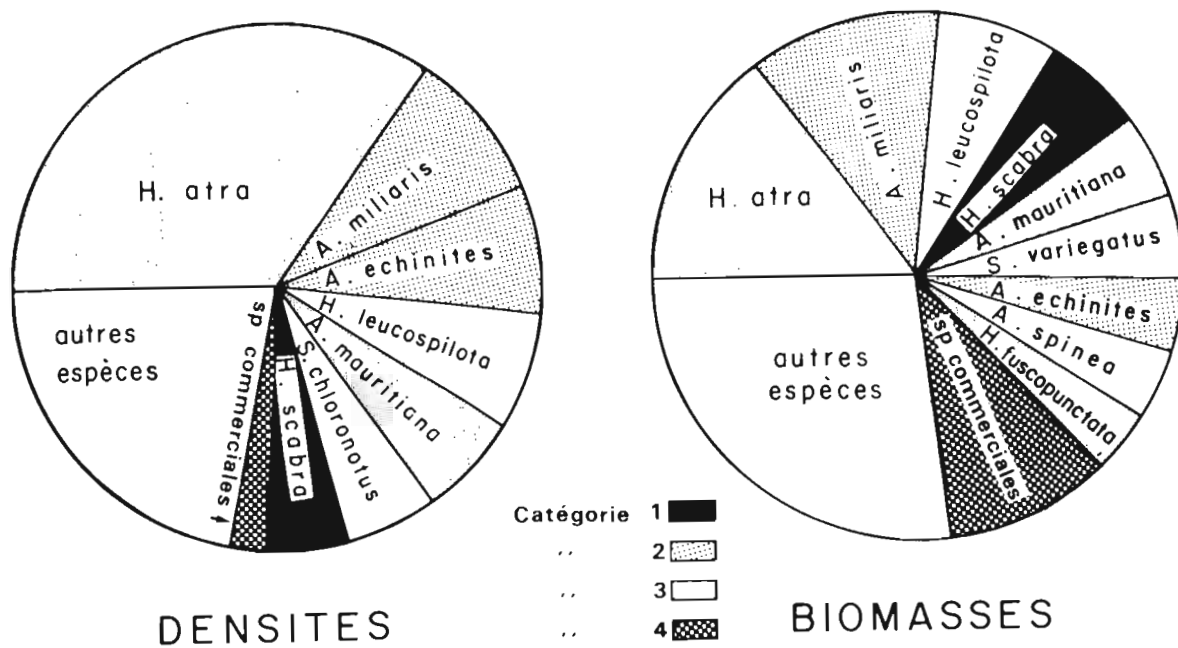
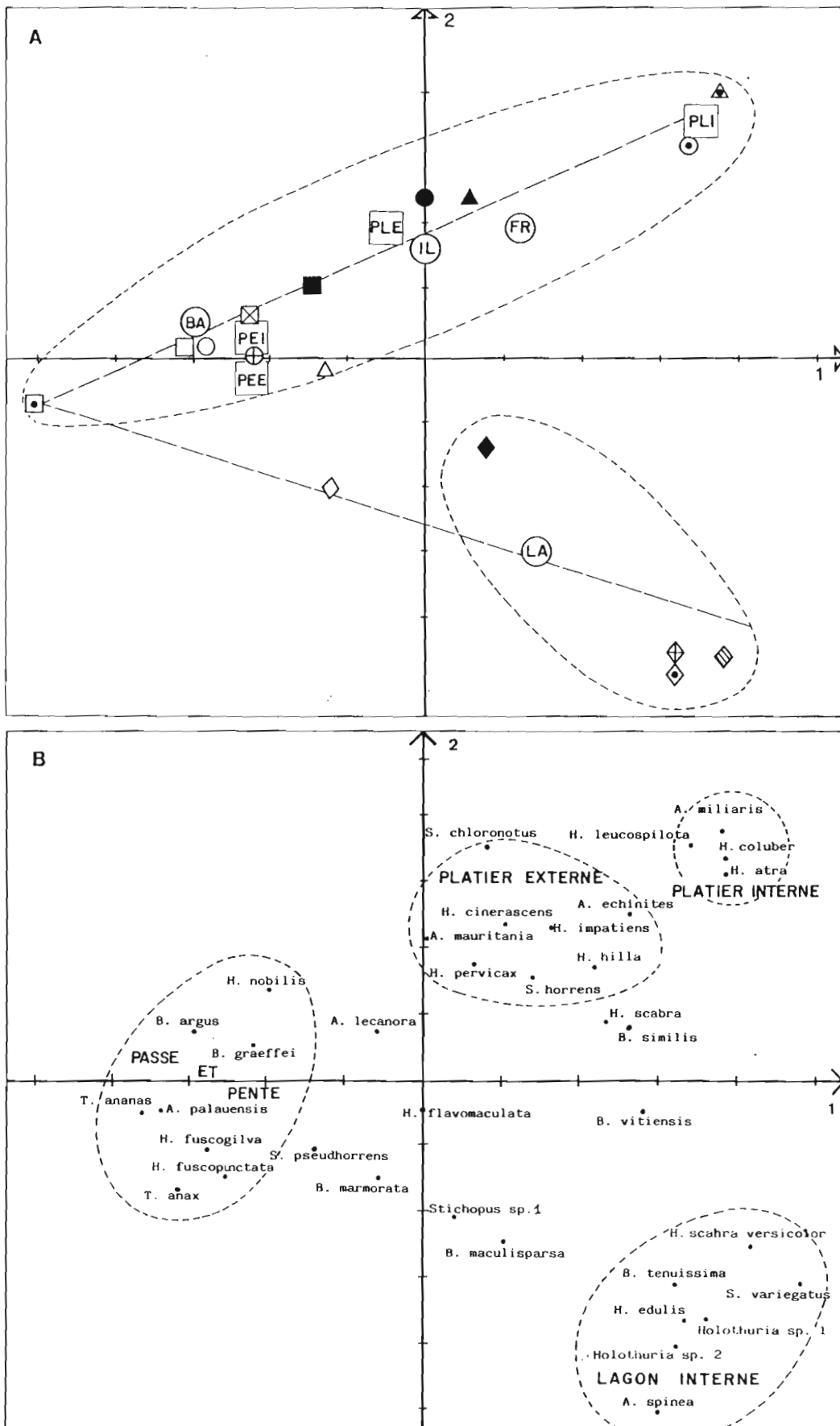


Figure 16 : Analyses d'inertie : analyse quantitative sur les densités. A : configuration des biotopes (symboles cf. figure 5) ; B : configuration des espèces, pointillés : taxocénoses.



Le **lagon interne** (2) est un ensemble infralittoral terrigène. Les espèces caractéristiques sont : *H. scabra* var *versicolor*, *A. spinea*, *B. tenuissima*, *H. edulis*, *S. variegatus*.

Les **platiers internes des récifs d'ilôts et de frangeants** (3) correspondent en fait à un ensemble médiolittoral terrigène. Ils sont caractérisés par *A. miliaris*, *H. atra*, *H. coluber*, *H. leucospilota*.

Les **platiers externes** (4) correspondent à un ensemble médiolittoral récifal dont l'affinité est intermédiaire entre les platiers internes et l'horizon superficiel des pentes. Les espèces caractéristiques sont *A. mauritiana*, *A. echinites*, *H. cinerascens*, *H. hilla*, *H. impatiens*, *H. pervicax*, *S. chloronotus* et *S. horrens*.

Le **lagon externe** (5) est intermédiaire entre les pentes coralliennes, puisqu'il s'étend à leur pied, et le lagon interne. Il peut être considéré comme un ensemble infralittoral récifal de substrat meuble. Les espèces les plus fréquentes y sont : *B. maculisparsa*, *B. aff. marmorata*, *H. fuscopunctata*, *S. pseudhorrens*, *Stichopus* sp. 1 et sp. 2.

Les **baies** enfin (6), regroupent en Nouvelle-Calédonie des milieux très variés, mangroves, rias parfois profondes et plages sableuses. Leurs conditions sont cependant intermédiaires entre le lagon interne et les platiers internes. Les espèces fréquentes y sont : *H. scabra*, *B. vitiensis*, *B. similis*, et *H. flavomaculata*.

2.4 Reproduction, première maturité sexuelle, fécondité

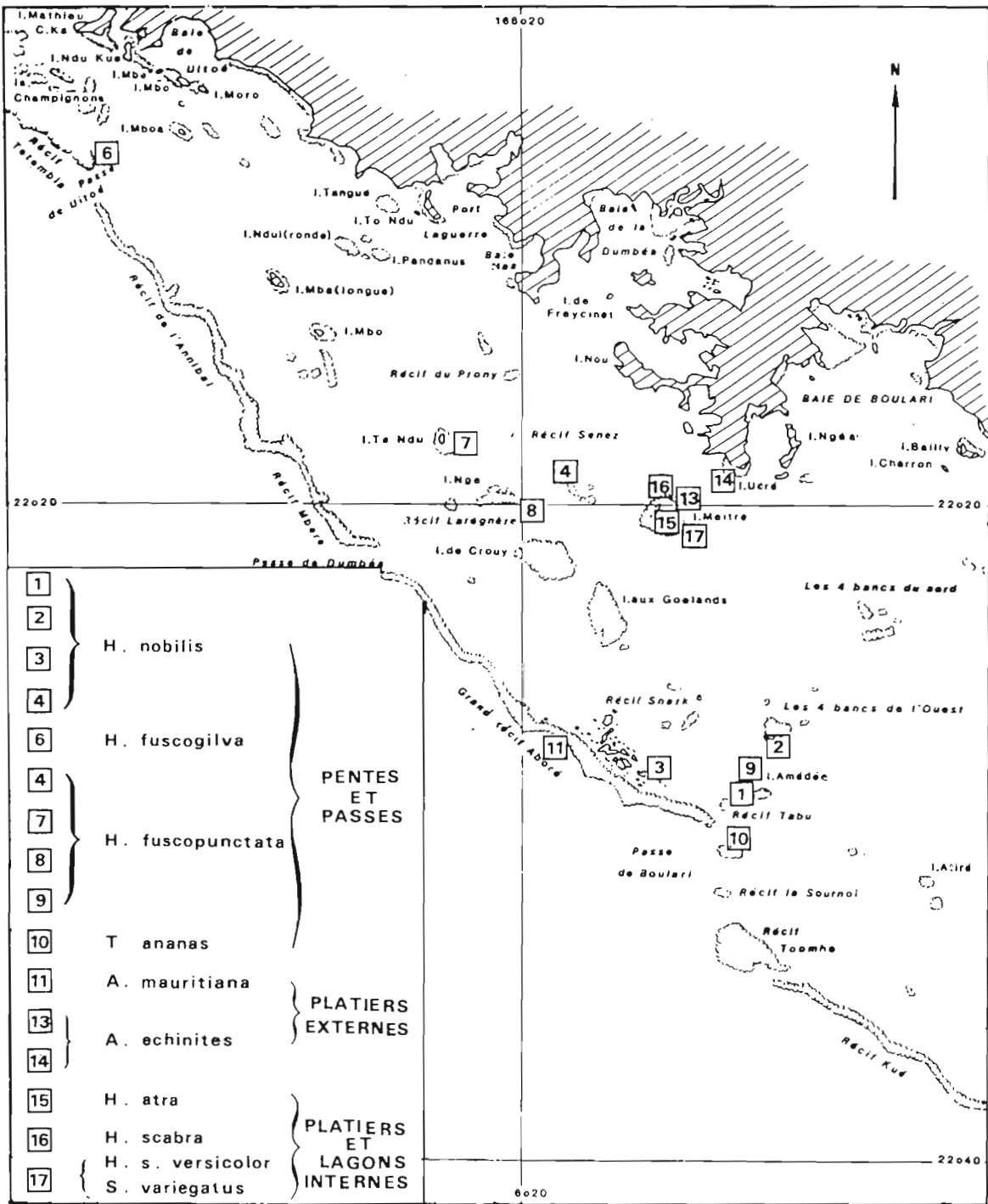
L'étude de la reproduction sexuée a été abordée sous l'aspect démographique, pour déterminer les paramètres utiles en gestion des stocks : sex-ratio, cycle de reproduction en rapport avec les facteurs du milieu, acquisition de la maturité sexuelle et fécondité. Elle précède les études de croissance et de mortalité, car elle est nécessaire pour l'interprétation des structures démographiques. Des populations des espèces commerciales, à l'exception de *A. miliaris*, ont été suivies par un échantillonnage mensuel, mené sur plusieurs années en des sites du lagon sud-ouest (figure 17).

Le sex-ratio est défini comme le pourcentage des mâles sur l'ensemble des individus de sexe connu. En l'absence de caractères sexuels secondaires, la détermination du sexe est faite par examen microscopique des gonades fraîches. Les espèces commerciales sont gonochoriques. Le sex-ratio est équilibré pour toutes les espèces, sauf pour *H. scabra versicolor* où la légère prédominance des mâles reste inexplicée.

Les cycles de reproduction ont été décrits par l'emploi simultané de trois séries d'observations.

- L'évolution mensuelle des stades de maturité a été suivie en établissant, pour chaque sexe, les pourcentages d'individus à chaque stade de maturité. Ces derniers ont été déterminés grâce à des observations macroscopiques et microscopiques. Ainsi, la forme, la couleur, la consistance des ovaires et des testicules d'une part, la longueur et le diamètre des tubules gonadiques de l'autre, ont été relevés. A partir d'un fragment de tubule examiné au microscope, les caractéristiques des cellules germinales ont été notées et le diamètre de 150 ovocytes environ, a été mesuré avec un micromètre, pour établir une distribution de fréquence.
- L'évolution mensuelle des indices gonadiques : le poids humide des gonades (Pg) est rapporté au poids ouvert égoutté (PO) de l'individu soit : $RGS = Pg \times 100 / PO$.

Figure 17 : Stations d'échantillonnage mensuel dans le lagon sud-ouest.



- L'évolution du pourcentage mensuel des individus de sexe indéterminé, permet de mettre en évidence la période de repos si elle est cyclique.
- Chez les Aspidochirotés, les cycles déjà étudiés chez certaines espèces (Franklin, 1980 ; Harriot, 1980, 1985 ; Conand, 1981, 1982, 1989a ; Shelley, 1981 ; Ong Che et Gomez, 1985) ont révélé qu'il existe plusieurs possibilités :
- une seule saison, qui dans un cycle annuel peut durer plus ou moins longtemps
 - deux saisons délimitées, séparées ou non par une période de repos sexuel, définissant un cycle semi-annuel ;
 - l'absence de saisonnalité marquée, qui peut provenir soit d'une reproduction plus ou moins continue, soit d'un asynchronisme des individus.

En fait les résultats sont basés sur des variations de différents indices de l'état des gonades et ne prouvent pas toujours que la ponte est effective. Les produits génitaux mûrs peuvent être stockés dans les gonades et même être résorbés, par atrésie, sans ponte ou après une ponte partielle. C'est pourquoi les observations de ponte *in situ* ou des stades larvaires, bien que rares, sont d'un grand intérêt.

Les caractéristiques et la durée des phases du cycle de reproduction (repos sexuel, maturation, pré-ponte, ponte, post ponte) sont synthétisées sur les figures 18 à 21 où elles sont mises en rapport avec la saison et la température de surface de l'eau de mer.

Une modalité domine pour les espèces étudiées, *H. fuscogilva* (figure 18), *H. scabra versicolor* (figure 19B), *A. echinites* (figure 20A), *A. mauritiana* (figure 20B), *T. ananas* (figure 21), c'est la ponte en saison chaude. Cependant la ponte en saison froide est observée chez *H. nobilis* (figure 18A). Enfin *H. scabra* a un cycle plus complexe (figure 19A) : des individus mûrs ont été trouvés pendant la plus grande partie de l'année et des variations inter-annuelles semblent exister. D'après les observations réalisées, il apparaît qu'après une saison de reproduction principale en décembre - janvier, il y a une seconde saison de reproduction. L'existence d'un pic secondaire a aussi été montrée dans les autres régions où l'espèce a été étudiée, en Inde (Krishnaswamy et Krishnan, 1967), en Australie (Harriot, 1980), en Papouasie - Nouvelle-Guinée (Shelley, 1981) et aux Philippines (Ong Che et Gomez, 1985).

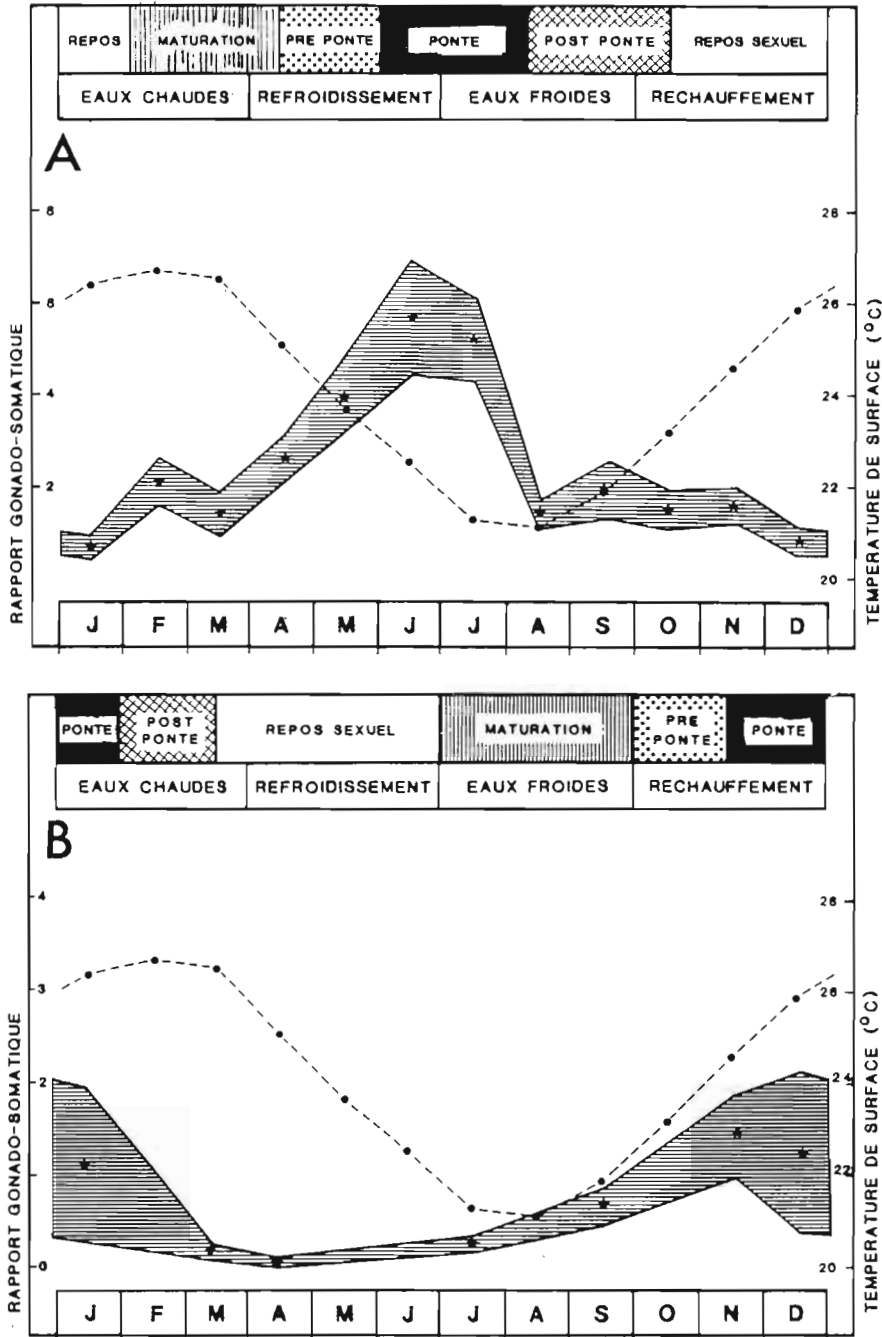
Des observations de ponte spontanée *in situ* sont venues confirmer ces résultats pour *H. scabra*, *A. echinites* et *H. scabra versicolor*. Des observations personnelles sur *A. miliaris*, observée en train de pondre simultanément avec *H. flavomaculata* sur le plateau Devarenne le 08.03.1983 et avec *B. similis* à l'îlot Bailly le 03.02.1979, permettent de situer la période de ponte de cette espèce en saison chaude (Conand, 1989a). En raison de son importance dans l'exploitation, une étude de cette espèce reste nécessaire.

Première maturité

La taille à la première maturité est celle pour laquelle un individu se reproduit la première fois. Dans une population, elle peut être définie par la taille à partir de laquelle 50 % des individus sont mûrs en saison de reproduction, soit LT50 si la longueur est utilisée, ou PT50 et PO50 si le paramètre est déterminé à partir des poids totaux (PT) et des poids ouverts (PO).

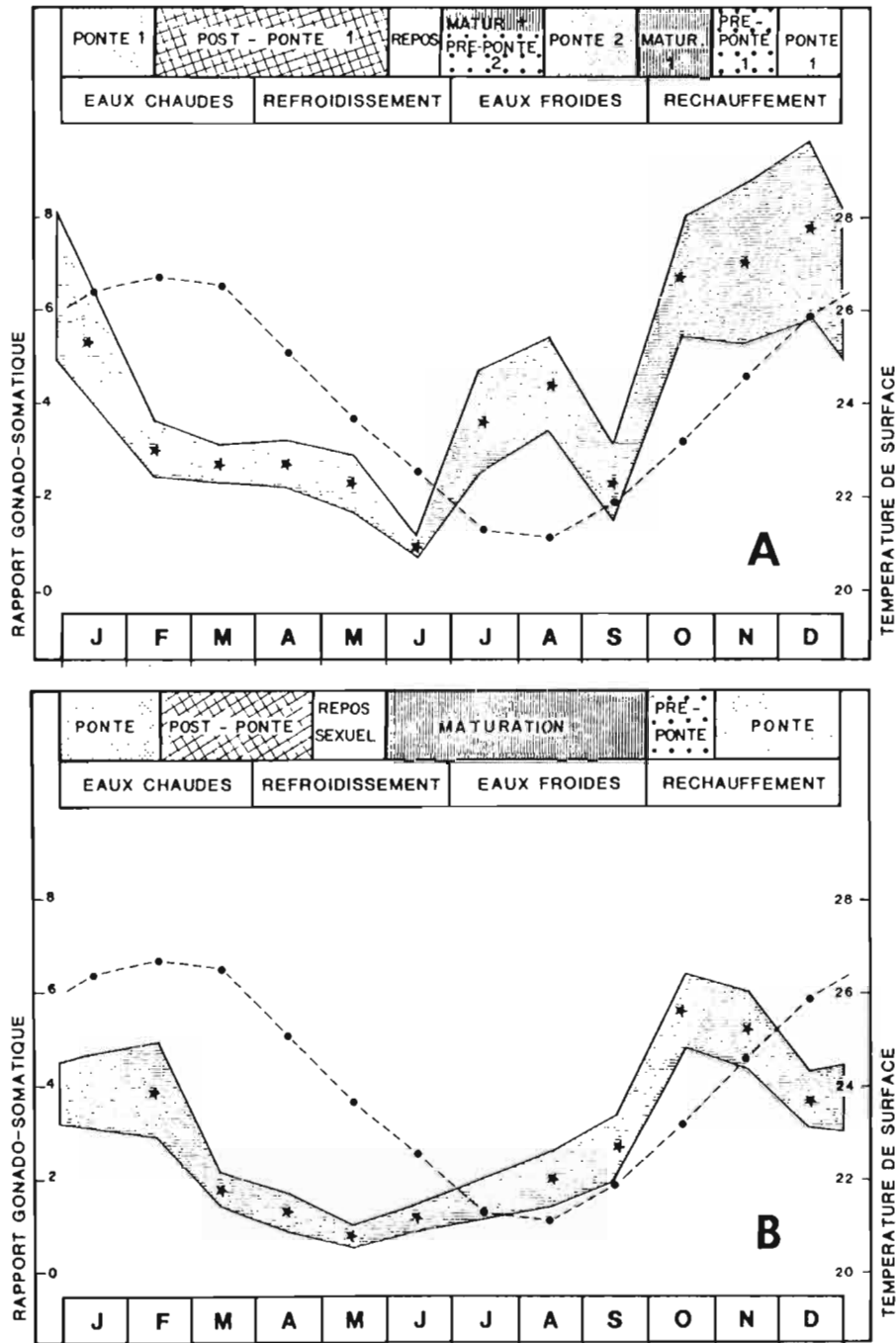
Ces paramètres présentés dans le tableau 3, ont des valeurs très différentes suivant les espèces. La position relative de la première maturité dans le cycle vital peut être estimée par la valeur du rapport LT50 ou PO50 à la longueur ou poids maximum dans la population.

Chez les espèces des pentes et des passes, les valeurs des tailles (ou poids) à la première maturité sont les plus élevées ce qui est prévisible en raison de leur grande taille. Ce résultat montre qu'il s'agit de stocks vulnérables à la pêche et qu'il convient de protéger les petits

Figure 18 : Cycle de reproduction de *H. nobilis* (A) et *H. fuscogilva* (B).

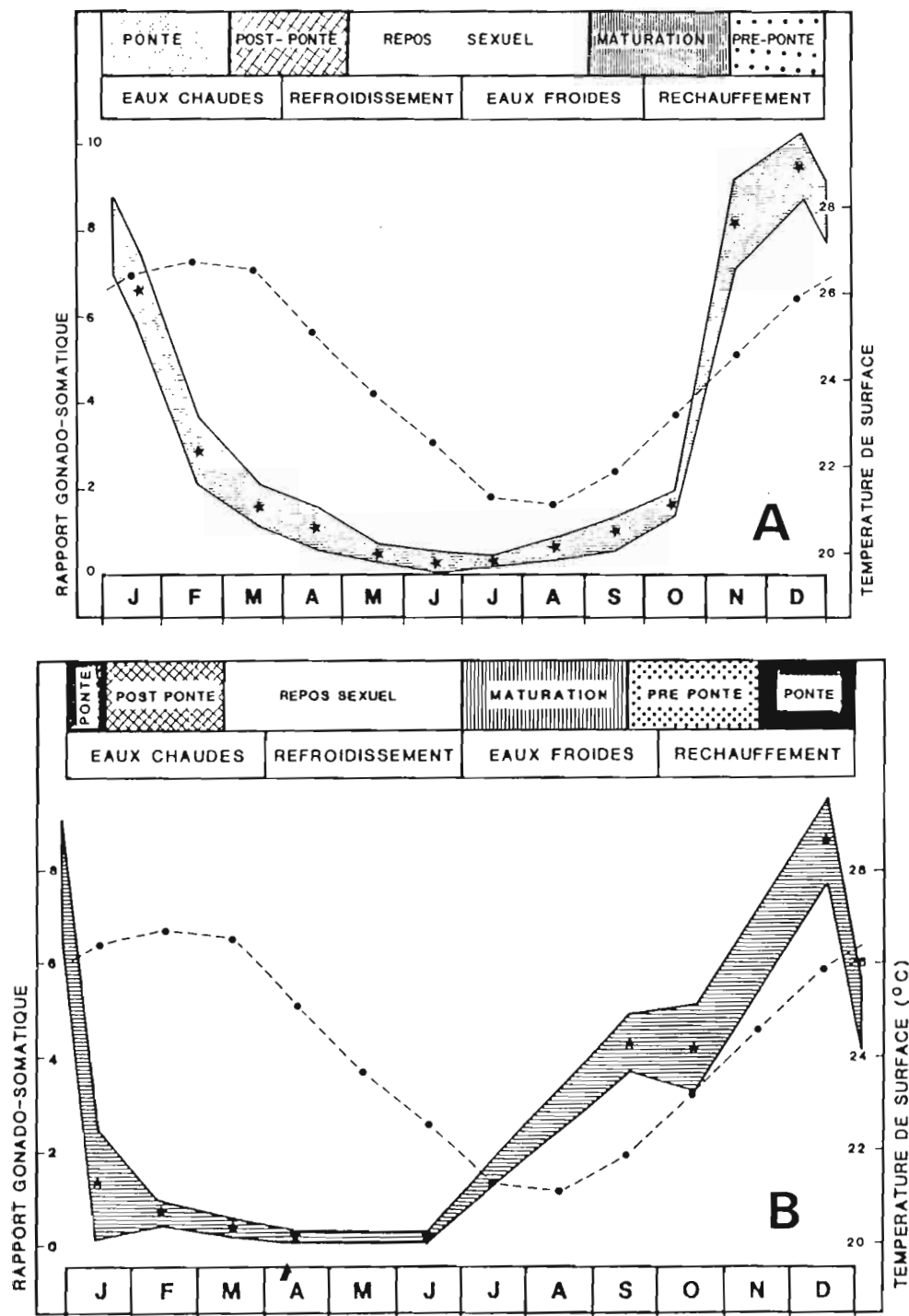
individus. Chez *H. nobilis*, la maturité est acquise de manière relativement précoce, entre 500 et 700 g de poids ouvert. C'est aussi à cette taille que la coloration juvénile disparaît, les adultes ayant généralement un tégument uniformément noir. Chez *H. fuscogilva*, PO50 pourrait avoir été surévalué à cause du faible effectif échantillonné.

Les espèces de platier et de lagon atteignent la maturité à des tailles bien inférieures, *A. echinites* étant, parmi les espèces de l'étude, celle qui présente le plus faible PO50.

Figure 19 : Cycle de reproduction de *H. scabra* (A) et *H. scabra* var. *versicolor* (B).

Fécondité

Comme il n'est généralement pas possible de connaître le nombre d'oeufs effectivement pondus, les estimations faites à partir d'ovaires en pré-ponte donnent la fécondité individuelle annuelle, ou fécondité absolue. Dans les ovaires en pré-ponte, les distributions de taille des ovocytes sont plurimodales. Le nombre d'ovocytes du dernier mode, considéré comme une ponte, est compté après fixation des ovaires, dissociation dans le liquide de Gilson et sous-échantillonnage volumétrique.

Figure 20 : Cycle de reproduction de *A. echinites* (A) et *A. mauritiana* (B).

Soit n ovocytes dans l'échantillon p et P_g le poids de l'ovaire ; la fécondité individuelle absolue F_a est donc :

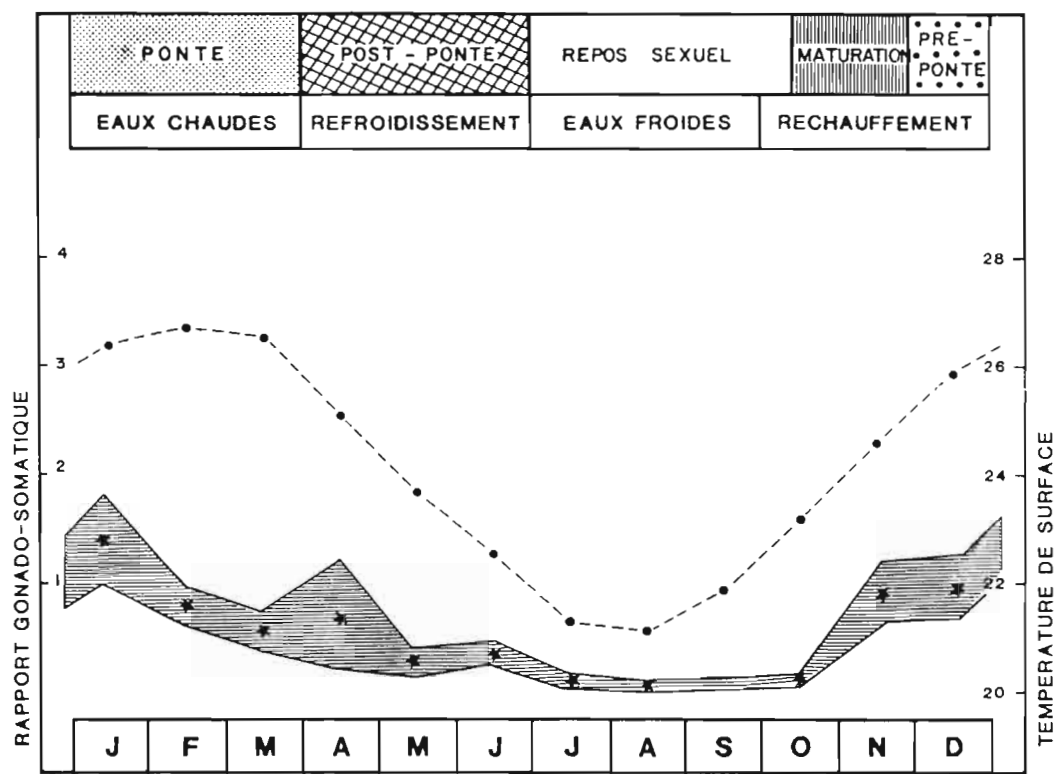
$$F_a = n \times P_g/p$$

La fécondité relative par gramme d'ovaire, F_{rg} est :

$$F_{rg} = F_a/P_g = n/p$$

La fécondité relative par gramme de poids éviscéré F_{re} est :

$$F_{re} = F_a/PE$$

Figure 21 : Cycle de reproduction de *T. ananas*.Tableau 3 : Paramètres à la première maturité sexuelle. LT_{50} , PT_{50} , PO_{50} : longueur et poids à la première maturité ; LT_M et PO_M : longueur et poids ouvert maximums.

ESPECES	LT_{50} (mm)	LT_{50}/LT_M (%)	PT_{50} (g)	PO_{50} (g)	PO_{50}/PO_M (%)
Pentes et passe					
<i>H. nobilis</i>	260	46	800	580	24
<i>H. fuscogilva</i>	320	56	1 175	900	35
<i>H. fuscopunctata</i>	350	46	1 220	870	27
<i>T. ananas</i>	300	45	1 230	1 150	20
Platier externe					
<i>A. mauritiana</i>	220	55	370	250	31
<i>A. echinites</i>	120	32	90	75	12
Lagon et platier internes					
<i>H. scabra</i>	160	41	185	140	13
<i>H. s. versicolor</i>	220	46	490	320	17
<i>S. variegatus</i>	270	47	560	450	22
<i>H. atra</i>	165	51	160	110	32

Le tableau 4 présente les résultats obtenus pour les espèces des pentes coralliennes, *H. nobilis*, *H. fuscopunctata*, *H. fuscogilva*, et *T. ananas*, les espèces des platiers externes *A. echinites* et *A. mauritiana*, enfin les espèces des platiers et lagons internes *H. scabra*, *H. scabra versicolor* et *S. variegatus*.

Les fécondités relatives par unité de poids d'ovaire dépendent de plusieurs paramètres : la taille des ovocytes, l'importance relative des ovocytes du mode le plus avancé et celle des cellules somatiques de l'ovaire (épithéliums, couches musculaires, tissus conjonctifs). Celles-ci occupent une plus grande surface dans les ovaires des Stichopodidés étudiées, en raison de la forme des saccules, de même que chez les espèces où les tubules sont étroits. Les valeurs les plus élevées sont observées chez les *Actinopyga*, dont les ovocytes mûrs sont les plus petits. A l'inverse, chez *H. fuscopunctata*, les ovocytes sont plus gros et la fécondité relative est faible. Une valeur de la fécondité relative moyenne a été calculée permettant un premier classement des espèces. Ce sont *A. mauritiana* et *A. echinites* qui ont les plus fortes valeurs qui excèdent 50 000 ovocytes par gramme de poids éviscéré. Les Stichopodidés et les grandes espèces *H. fuscogilva* et *H. fuscopunctata*, montrent les valeurs les plus faibles (figure 22).

Pour les quatre espèces dont l'échantillonnage a été satisfaisant, les régressions linéaires ont été calculées entre la fécondité et le poids des gonades d'une part, et le poids éviscéré (ou son logarithme) de l'autre (tableau 5). Les valeurs des coefficients de corrélation sont très élevées entre la fécondité et le poids des ovaires.

D'autres paramètres de la reproduction sont aussi regroupés dans le tableau 4. Ils permettent de prévoir la capacité de reproduction des différentes espèces. Ce sont les espèces de taille relativement petite qui présentent les fécondités les plus élevées. Certains problèmes restent incomplètement résolus et nécessiteront des études ultérieures, par exemple l'origine des fortes variations interindividuelles du développement des gonades au sein d'une même population, le nombre de pontes, l'importance de la résorption d'ovocytes, les développements larvaires...

Figure 22 : Relation entre le poids éviscéré et la fécondité relative par unité de poids éviscéré, des différentes espèces.

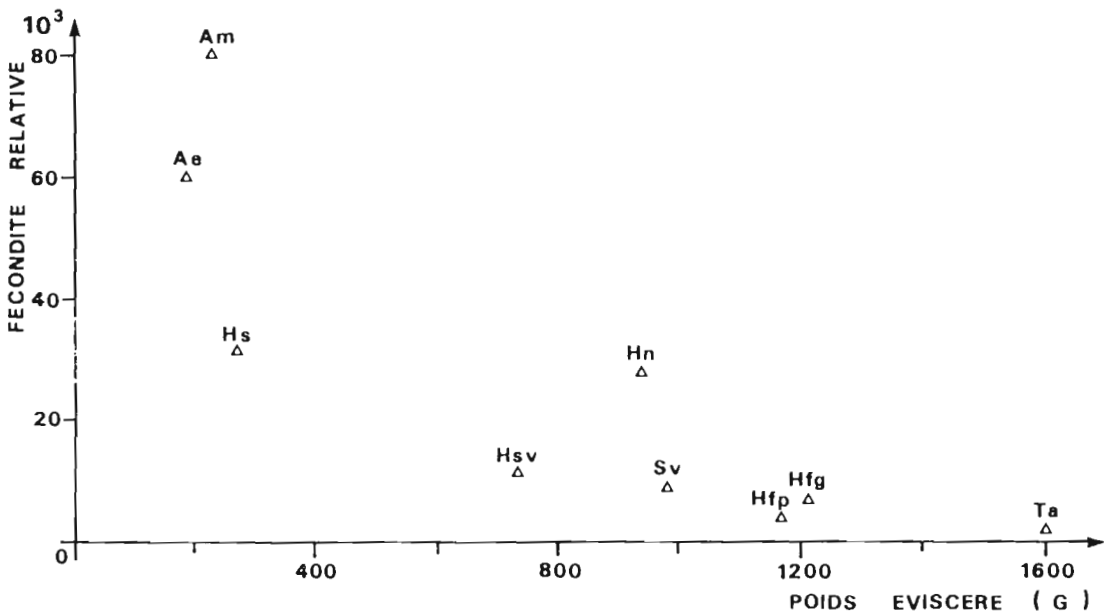


Tableau 4 : Paramètres de la reproduction et de la fécondité des holothuries étudiées en Nouvelle-Calédonie. Pg : poids des ovaires ; ϕ ovocytes : diamètre modal des ovocytes les plus avancés ; Fa : fécondité absolue ; Fr_g ou Fr_e : fécondité relative par rapport au poids des ovaires ou au poids éviscéré ; PO₅₀ : poids ouvert à la première maturité ; PO_M : poids ouvert maximum.

E S P E C E S	OVAIRES MURS			FECONDITE			PREMIERE MATUREITE	
	Pg (g)	RGS2 (%)	ϕ ovocytes (μ m)	Fa (10^{-6})	Fr _g (10^{-3})	Fr _e (10^{-3})	PO ₅₀ (g)	PO ₅₀ /PO _M (%)
Pentes et passes								
<i>H. nobilis</i>	78	5,3	150	17-78	208	28	580	24
<i>H. fuscogilva</i>	36	2,2	170	8-14	128	7	900	35
<i>H. fuscopunctata</i>	78	4,0	210	0,3-13	44	4	870	27
<i>T. ananus</i>	38	1,6	200	2-7	74	2	1150	20
Platiers externes								
<i>A. mauritiana</i>	33	7,2	170	23-34	389	80	250	31
<i>A. echinites</i>	28	9,0	165	4-25	333	59	75	12
Platiers et lagon internes								
<i>H. scabra</i>	31	7,2	190	9-12	133	31	140	13
<i>H. scabra versicolor</i>	70	5,8	210	2-18	93	11	320	17
<i>S. variegatus</i>	36	2,7	180	7-12	120	9	450	22
<i>H. atra</i>	7	3,3	150	-	-	-	110	32

Tableau 5 : Régressions entre : A : la fécondité, Fa en milliers d'ovocytes, et le poids des gonades, Pg en dg ; B : la fécondité et le poids éviscéré PE en g ; d.l. : degrés de liberté ; a : pente ; b : ordonnée à l'origine ; r : coefficient de corrélation.

ESPECE	d.l.	A $Fa = a Pg + b$			B $Fa = a Pe + b$ $Fa = a \log Pe + b$		
		a	b	r	a	b	r
<i>H. nobilis</i>	23	23,02	-2591	0,95	(1) 26,05	1599	0,36
					(2) 25958	- 150732	0,37
<i>H. fuscopunctata</i>	16	5,10	-372	0,90	(1) 7,56	- 4263	0,68
					(2) 9835	- 64434	0,72
<i>H. scabra</i> var. <i>versicolor</i>	11	11,89	-2118	0,94	(1) 19,62	- 6751	0,61
					(2) 14817	- 89782	0,60
<i>A. echinites</i>	24	36,30	-966	0,89	(1) 79,32	- 3710	0,47
					(2) 16375	- 74403	0,47

2.5 Biométrie et croissance

Biométrie

La biométrie des holothuries est particulièrement difficile à étudier en raison de la variabilité des mesures. En effet, la consistance du corps est molle, le squelette étant peu développé, et les paramètres morphométriques varient suivant l'état de contraction de l'animal, le volume d'eau contenu dans le cloaque et les arbres respiratoires, la quantité de liquide coeliaque et le sédiment contenu dans le tube digestif. Il est donc nécessaire de définir précisément les conditions de mesure, en vue de standardiser les paramètres de longueur et de poids.

L_t la longueur totale après relaxation, à 0,5 cm près, par défaut, est mesurée avec un mètre ruban, dorsalement de la bouche à l'anus ; elle a parfois été mesurée sous l'eau, sur des animaux non perturbés et n'apparaît pas plus variable que la longueur contractée ;

PT est le poids frais total ;

PO est le poids ouvert, obtenu après incision médio-dorsale pour éliminer l'eau coeliaque et celle contenue dans les arbres respiratoires ;

PE le poids éviscéré comprend, outre le tégument, les cinq bandes musculaires longitudinales et le bulbe buccal. Ces trois derniers paramètres sont des poids humides, mesurés à 5 g près par défaut.

Le suivi des populations des principales espèces dans le lagon sud-ouest a permis d'obtenir les données permettant de présenter leur biométrie. Les espèces ont été regroupées par biotopes. Les résultats sont présentés sous forme de deux séries de tableaux ; la première présente la distribution des paramètres mesurés et la seconde les relations biométriques calculées entre ces paramètres.

- Espèces des pentes et passes (tableaux 6 et 9)

Holothuria nobilis

Les distributions des paramètres des échantillons qui proviennent de quatre stations (cf figure 17) sont plurimodales ; les petits individus qui ont souvent des taches de couleur différente (Conand, 1981), sont rares. Il apparaît que les individus des platiers côtiers sont généralement plus petits que ceux des pentes de récif barrière.

Holothuria fuscogilva

La population est composée de grands individus. L'absence de petits individus est remarquable. A Fidji, Gentle (1979) a étudié une population dans un herbier dense, vers 5-10 m de profondeur, dont la distribution des poids était très proche de celle observée en Nouvelle-Calédonie, avec des individus de 1 à 3 kg, le mode étant vers 2 kg. Mais, sur le même récif, dans une zone moins profonde, les individus étaient plus petits, pesant en moyenne 500 g. Enfin, des juvéniles de moins d'un centimètre et pesant seulement quelques grammes, furent observés en février à la base des feuilles de la phanérogame *Syringodium*. Ainsi, dans cette localité, les différentes classes de tailles n'ont pas la même répartition bathymétrique. La proximité des stations pourrait permettre des migrations au cours de la croissance.

Thelenota ananas

La distribution plurimodale a permis de suivre la croissance de cette espèce.

Tableau 6 : Distributions des caractères mesurés des espèces des pentes et passes. n : effectif, I : intervalle des valeurs ; m : valeur moyenne ; s : écart-type.

	<i>Holothuria nobilis</i>				<i>Holothuria fuscogilva</i>			
	n	I	m	s	n	I	m	s
LT (mm)	518	180-560	370	57	125	230-570	401	46
PT (g)	509	300-4300	1829	644	108	1005-3600	2111	530
PO (g)	507	250-2450	1238	398	120	685-2590	1463	308
PE (g)	516	200-1900	938	283	124	320-2000	1209	253
	<i>Holothuria fuscopunctata</i>				<i>Thelenota ananas</i>			
	n	I	m	s	n	I	m	s
LT (mm)	252	200-760	447	76	298	180-670	430	75
PT (g)	238	500-5750	2489	914	265	220-6250	2180	854
PO (g)	248	350-3250	1658	556	290	205-5850	1979	723
PE (g)	249	250-2250	1169	403	298	175-4800	1600	565

Tableau 7 : Distributions des caractères mesurés des espèces des platiers externes.

<i>Actinopyga mauritiana</i>					<i>Actinopyga echinites</i>				
	n	I	m	s		n	I	m	s
LT (mm)					LT (mm)				
T	469	60-400	224	69	T	602	40-380	207	51
St 11	138	160-400	279	42	St 13	486	40-380	217	44
St 12	331	60-340	203	64	St 14	79	40-280	151	52
PT (g)					T	599	0-1410	396	208
T	468	5-1500	452	293	St 13	483	0-1410	437	189
St 11	139	300-1500	733	252	St 14	79	0- 630	168	143
St 12	329	5-1100	333	218					
PO (g)					T	595	0-600	260	99
T	466	5-800	297	165	St 13	480	0-600	283	75
St 11	138	200-800	433	98	St 14	78	0-450	120	94
St 12	328	5-650	240	153					
PE (g)					T	600	0-420	188	69
T	469	5-650	229	124	St 13	484	0-420	205	54
St 11	140	175-650	335	73	St 14	79	0-390	96	79
St 12	329	5-500	184	114					

- Espèces des platiers externes (tableaux 7 et 9)

Actinopyga echinites

A la station 13 de l'îlot Maitre, les distributions unimodales et les valeurs moyennes des paramètres sont tout à fait comparables à celles de la population étudiée par Shelley (1981,1985) en Papouasie-Nouvelle-Guinée, soit en moyenne 22 cm de longueur et 340 g de poids total. A la station 14 de platier, par contre, malgré les faibles effectifs, plusieurs modes s'observent du fait de la présence des petits individus.

Actinopyga mauritiana

En plus de la station 11 dans le lagon sud-ouest, une station 12 a été suivie sur un récif frangeant du lagon sud-est à Unia. La différence nette entre la station de récif barrière et le récif côtier porte, comme pour *H. nobilis*, sur la présence de petits individus (figure 23).

- Espèces des platiers et lagons internes (tableaux 8 et 9)

Holothuria scabra

Les distributions sont plurimodales mais les modes ne sont pas nettement individualisés.

Holothuria scabra versicolor

Elle beaucoup plus grande que *H. scabra* ; quelques petits individus ont été récoltés sur un platier avoisinant la station.

Tableau 8 : Distribution des caractères mesurés des espèces des platiers et lagons internes.

	<i>Holothuria scabra</i>				<i>H. scabra</i> var. <i>versicolor</i>			
	n	I	m	s	n	I	m	s
LT (mm)	325	120- 390	241	44	272	180- 480	350	46
PT (g)	325	50-1400	484	196	270	100-2800	1452	409
PO (g)	324	50-1100	381	157	272	100-1900	969	276
PE (g)	324	0- 850	270	111	272	100-1400	732	181
	<i>Stichopus variegatus</i>				<i>Holothuria atra</i>			
	n	I	m	s	n	I	m	s
LT (mm)	272	175- 575	392	58	240	40-320	133	48
PT (g)	237	160-2440	1427	393	240	0-500	138	96
PO (g)	240	160-2080	1144	307	235	0-340	94	61
PE (g)	241	40-1840	981	256	238	0-190	50	32

Tableau 9 : Relations biométriques. dl : degré de liberté ; r : coefficient de corrélation ; i : intervalle de confiance de la pente ; seuil de probabilité = 0,05.

X	Y	<i>Holothuria nobilis</i>				<i>Holothuria fuscogilva</i>			
		dl	r	Equation	i	dl	r	Equation	i
LT	PT	506	0,80	Log Y = -6,39 + 2,34 Log X	2,22-2,46	106	0,71	Log Y = -6,81 + 2,41 Log X	2,10-2,72
LT	PO	504	0,65	Log Y = -5,80 + 2,18 Log X	2,04-2,33	118	0,67	Log Y = -4,79 + 2,01 Log X	1,76-2,27
LT	PE	513	0,61	Log Y = -4,97 + 1,99 Log X	1,86-2,13	112	0,74	Log Y = -4,87 + 1,99 Log X	1,77-2,25
PT	PO	497	0,82	Y = 104,44 + 0,62 X	0,59-0,65	105	0,80	Y = 217,7 + 0,58 X	0,52-0,65
PT	PE	505	0,77	Y = 132,04 + 0,44 X	0,42-0,46	104	0,78	Y = 292,7 + 0,43 X	0,38-0,49
PO	PE	504	0,96	Y = 56,71 + 0,71 X	0,69-0,73	119	0,97	Y = 75,54 + 0,78 X	0,75-0,81
X	Y	<i>Holothuria fuscopunctata</i>				<i>Thelenota ananas</i>			
		dl	r	Equation	i	dl	r	Equation	i
LT	PT	236	0,90	Log Y = -7,55 + 2,50 Log X	2,37-2,63	263	0,89	Log Y = -6,67 + 2,36 Log X	2,23-2,49
LT	PO	246	0,78	Log Y = -7,04 + 2,36 Log X	2,18-2,54	288	0,87	Log Y = -6,51 + 2,32 Log X	2,19-2,45
LT	PE	247	0,76	Log Y = -7,95 + 2,45 Log X	2,26-2,64	296	0,86	Log Y = -6,28 + 2,25 Log X	2,12-2,38
PT	PO	233	0,84	Y = 116,18 + 0,62 X	0,58-0,66	259	0,97	Y = 92,78 + 0,86 X	0,83-0,89
PT	PE	233	0,81	Y = 56,85 + 0,44 X	0,41-0,47	263	0,94	Y = 117,76 + 0,68 X	0,65-0,71
PO	PE	243	0,98	Y = -21,49 + 0,72 X	0,70-0,74	288	0,98	Y = 58,12 + 0,78 X	0,76-0,80
X	Y	<i>Actinopyga echinites</i>				<i>Actinopyga mauritiana</i>			
		dl	r	Equation	i	dl	r	Equation	i
LT	PT	597	0,89	Log Y = -7,98 + 2,60 Log X	2,51-2,70	463	0,90	Log Y = -7,34 + 2,46 Log X	2,36-2,55
LT	PO	593	0,84	Log Y = -6,74 + 2,30 Log X	2,20-2,40	461	0,87	Log Y = -7,30 + 2,38 Log X	2,27-2,48
LT	PE	598	0,83	Log Y = -6,61 + 2,21 Log X	2,11-2,31	464	0,88	Log Y = -7,19 + 2,31 Log X	2,21-2,41
PT	PO	293	0,83	Y = 55,00 + 0,53 X	0,50-0,56	462	0,88	Y = 42,11 + 0,56 X	0,54-0,58
		590	0,94	Log Y = 0,32 + 0,88 Log X	0,86-0,90	462	0,96	Log Y = -0,19 + 0,96 Log X	0,93-0,99
PT	PE	294	0,80	Y = 43,18 + 0,37 X	0,35-0,39	463	0,87	Y = 37,97 + 0,42 X	0,40-0,44
		595	0,93	Log Y = 0,18 + 0,85 Log X	0,83-0,87	463	0,96	Log Y = -0,26 + 0,94 Log X	0,91-0,96
PO	PE	591	0,96	Y = 5,30 + 0,70 X	0,69-0,71	461	0,98	Y = 6,49 + 0,75 X	0,74-0,76
X	Y	<i>Holothuria scabra</i>				<i>H. scabra var. versicolor</i>			
		dl	r	Equation	i	dl	r	Equation	i
LT	PT	323	0,78	Log Y = 2,28 Log X - 6,35	2,13-2,44	268	0,76	Log Y = 2,26 Log X - 5,97	2,09-2,44
LT	PO	322	0,74	Log Y = 2,29 Log X - 6,65	2,12-2,46	270	0,63	Log Y = 2,44 Log X - 7,42	2,22-2,67
LT	PE	322	0,73	Log Y = 2,23 Log X - 6,67	2,07-2,40	270	0,64	Log Y = 2,29 Log X - 6,83	2,09-2,51
PT	PO	322	0,95	Y = 0,80 X - 7,10	0,78-0,83	268	0,84	Y = 0,68 X - 13,47	0,63-0,73
PT	PE	322	0,93	Y = 0,57 X - 4,69	0,55-0,59	268	0,75	Y = 0,44 X + 86,56	0,41-0,48
PO	PE	321	0,97	Y = 0,71 X - 0,36	0,69-0,72	270	0,93	Y = 0,66 X + 95,24	0,63-0,69

Il paraît possible de tirer quelques conclusions de cette étude biométrique sur la taille des espèces en rapport avec leur écologie, les variations spatiales des distributions et les relations biométriques. Les trois groupes d'espèces caractéristiques des trois habitats, pentes coralliennes, platiers externes, platiers et lagons internes se distinguent de manière globale, par leurs dimensions. Les espèces des pentes sont de grande taille, celles des platiers et lagon internes de taille intermédiaire et celles des platiers externes plus petite. Ces distinctions concernent les principales espèces qui constituent la plus grande part des densités et biomasses calculées à l'échelle du lagon.

Pour les espèces étudiées en plusieurs stations du lagon, les valeurs modales des distributions sont généralement différentes. Ces variations ne peuvent pas être expliquées par une hypothèse générale simple. En effet, dans certains cas, elles semblent liées à des facteurs abiotiques : ainsi le rapport avec la profondeur ou le type de récif pourrait exister pour *H. nobilis* ou *H. scabra versicolor* dont les individus des platiers internes sont plus petits que ceux des stations proches du lagon interne. Des migrations au cours du cycle vital pourraient aussi intervenir, mais elles n'ont pas été mises en évidence par les marquages. L'hydrodynamisme et la teneur en matière organique du sédiment sont certainement des facteurs abiotiques influents. Les facteurs biotiques, prédation et compétitions interspécifiques, n'ont pour leur part, pas encore été analysés.

Malgré la variabilité des mesures de longueur et de poids, les valeurs des coefficient de corrélation entre les paramètres (cf tableau 9) sont fortes et peuvent être utilisées pour convertir des mesures et comparer les résultats avec des études où d'autres paramètres ont été utilisés. Le coefficient allométrie pour la relation longueur-poids total a des valeurs comprises entre 2,2 et 2,6, toujours inférieures à 3. De manière générale, la diminution du poids ouvert par rapport au poids total est approximativement d'un tiers et peu différente de celle du poids ouvert par rapport au poids éviscéré. Ce dernier est donc légèrement inférieur à la moitié du poids total.

Croissance

Son étude, envisagée du point de vue de la population, fournit des paramètres utiles en dynamique des populations et pour l'établissement des bilans de production. L'équation de von Bertalanffy reliant la longueur (L) au temps (t) a été retenue :

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

L_∞ est la valeur asymptotique de la longueur pour laquelle le taux de croissance est nul ;

K est le coefficient de croissance ;

t_0 est le temps théorique pour lequel la dimension L est nulle ;

Chez les échinodermes, les caractéristiques générales de la croissance ont été formulées ainsi par Lawrence et Lane (1982) à partir d'études réalisées principalement sur des Echinides et des Astérides : après une phase de croissance lente des individus juste métamorphosés, la croissance des juvéniles est très rapide et s'oppose à celle des adultes qui est lente. La croissance est souvent un phénomène saisonnier, dépendant fortement de l'environnement. Chez les holothuries, les connaissances actuelles se limitent encore à quelques espèces et généralement à une portion seulement de leur cycle vital. Parmi les espèces tropicales, les paramètres de l'équation de von Bertalanffy ont été déterminés pour *H. atra* (Ebert, 1978) et *A. echinites* (Shelley, 1985). L'évolution des poids moyens de plusieurs cohortes de *S. chloronotus* a été suivie par Franklin (1980). Pour certaines espèces, par contre, comme *H. leucospilota* (Franklin, 1980), *H. atra* (Harriot, 1980) et *S. parvimensis* (Muscat, 1983), les

Figure 23 : Distribution des longueurs et des poids de *A. mauritiana* dans les deux stations d'étude.

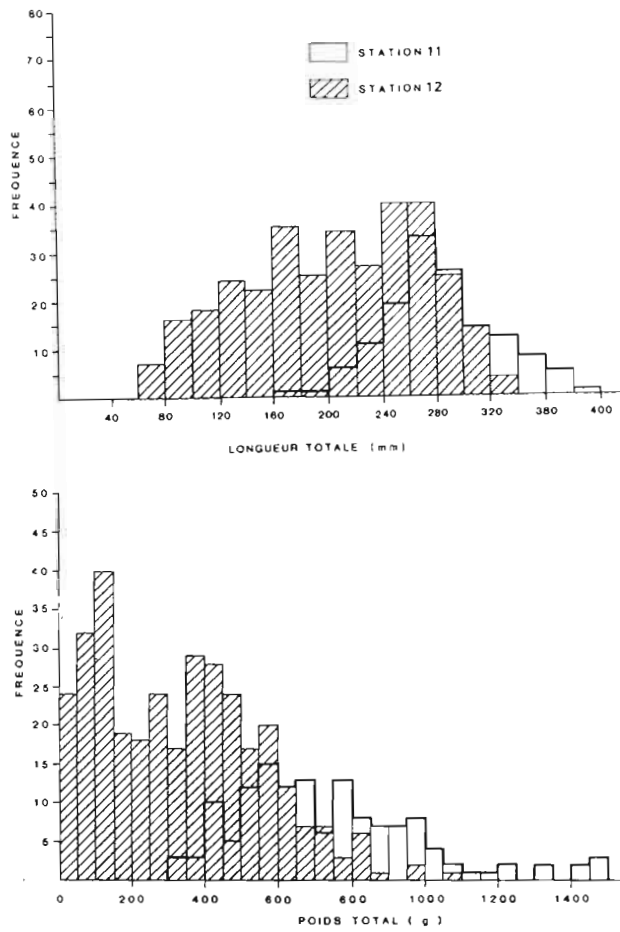
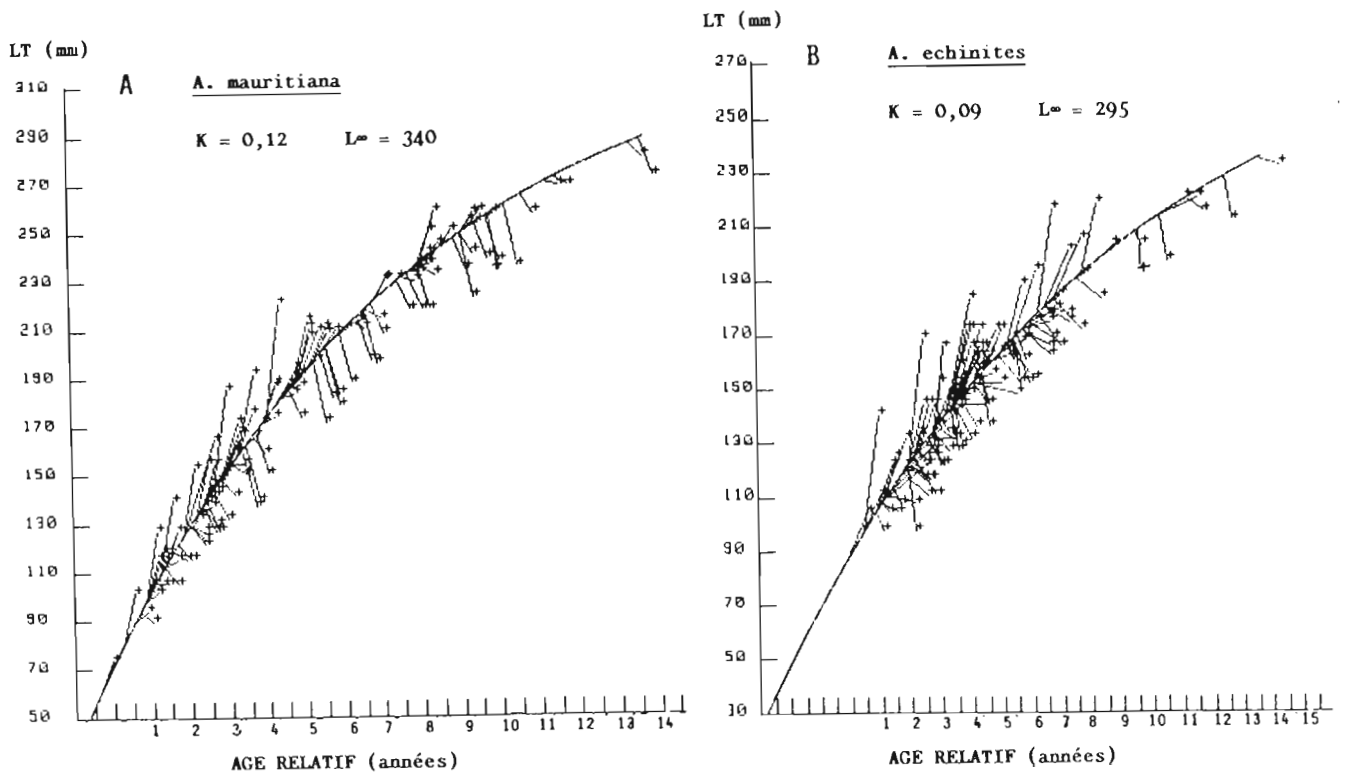


Figure 24 : Courbes de croissance en longueur.



chercheurs signalent leur difficulté, ou même leur incapacité, à déterminer la croissance avec les méthodes classiques.

Plusieurs méthodes ont été employées en Nouvelle-Calédonie car la variabilité des paramètres rend les interprétations délicates. L'analyse des données des marquages externes et du suivi de l'évolution des tailles est basée sur des hypothèses différentes.

- La méthode de marquage a été appliquée ici sur plusieurs espèces et pendant plusieurs années, mais elle ne s'est pas révélée aussi efficiente pour les holothuries que pour d'autres organismes. En effet, le marquage constitue un stress d'intensité variable suivant les espèces qui peut entraîner l'éviscération, l'amaigrissement ou la mort de l'individu marqué (Conand, 1989b). Les données de marquage de *A. echinites* et *A. mauritiana* sont les seules qui puissent être utilisées pour tenter d'évaluer la croissance, car les individus de petite taille sont présents aux stations de marquage, l'intervalle des tailles y est relativement large (cf. figure 23), les taux de recapture sont élevés et malgré la variabilité des mesures, les individus qui grossissent sont plus nombreux que ceux qui maigrissent. La méthode utilisée dérive de l'ajustement des moindres carrés d'Abramson et Tomlinson (1961). Les longueurs calculées à partir de poids pour trois recaptures successives permettent, après avoir fixé L_{∞} (en utilisant une valeur L maximum), de calculer K . La figure 24 présente les courbes et les valeurs de K annuel. Cette évaluation repose cependant sur plusieurs hypothèses :

- dans l'intervalle des tailles étudié, la croissance suit la loi de von Bertalanffy ;
 - L maximum est une valeur proche de L_{∞} ;
- le marquage ne produit pas un stress trop important. Le non-respect de cette dernière hypothèse entraîne une sous-évaluation probable de la croissance. Ces valeurs ne constituent qu'une première évaluation et il convient d'être prudent dans leur utilisation.

- La décomposition d'une distribution de fréquence de taille peut conduire à individualiser des groupes d'individus de même âge ou cohortes. Leur devenir peut ensuite être suivi, ce qui permet de déterminer alors les paramètres de la fonction de croissance. Lorsque l'âge réel n'est pas accessible, la décomposition ou "analyse modale" est effectuée en se basant sur l'hypothèse que chaque cohorte a une distribution gaussienne. Chez la plupart des espèces de cette étude, l'analyse modale n'a pas pu être effectuée, soit que la population présente une distribution unimodale qui n'évolue pas nettement avec le temps, soit que les modes de la distribution plurimodale ne soient pas interprétables, comme par exemple aux deux stations d'étude de *H. scabra versicolor* (figure 25). Chez *T. ananas*, les distributions présentent des modes suffisamment nets pour être suivis (figure 26). L'ajustement au modèle de von Bertalanffy est obtenu par la méthode d'Abramson et Tomlinson (1961). La filiation des modes s'est appuyée sur plusieurs hypothèses : le recrutement est annuel (ce qui est basé sur les observations des cycles reproducteurs), aucune cohorte n'étant absente la disponibilité est incomplète durant les premières années, les jeunes ne sont pas récoltés avant un an, la reproduction ayant lieu en saison chaude, la date de naissance est fixée en janvier. Les données de Franklin (1980) sur *S. chloronotus* ont été traitées de manière similaire (figure 26). *T. ananas* est une espèce de plus grande taille qui présente une plus grande longévité que *S. chloronotus*. Leur coefficient de croissance, K annuel, a respectivement pour valeur 0,20 et 0,45, pour l'intervalle des tailles utilisé dans les calculs.

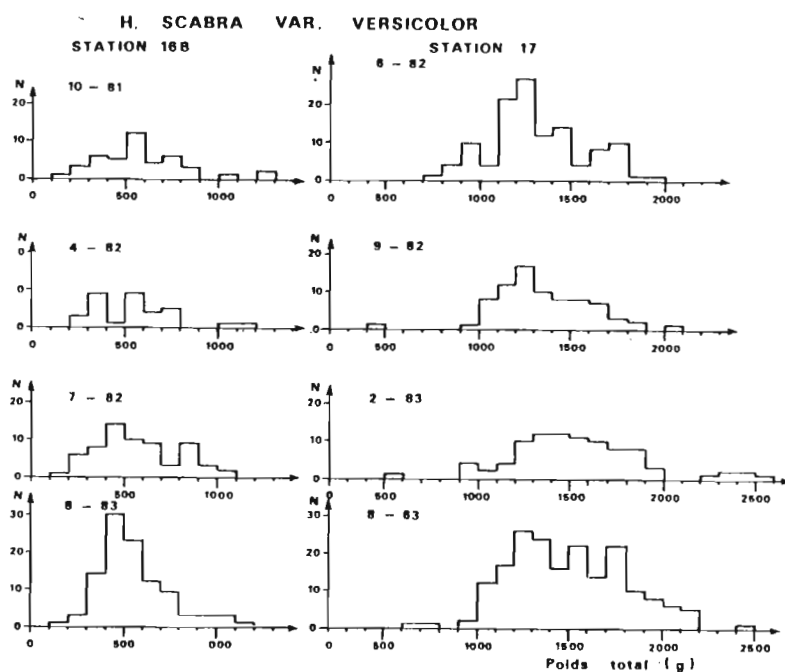
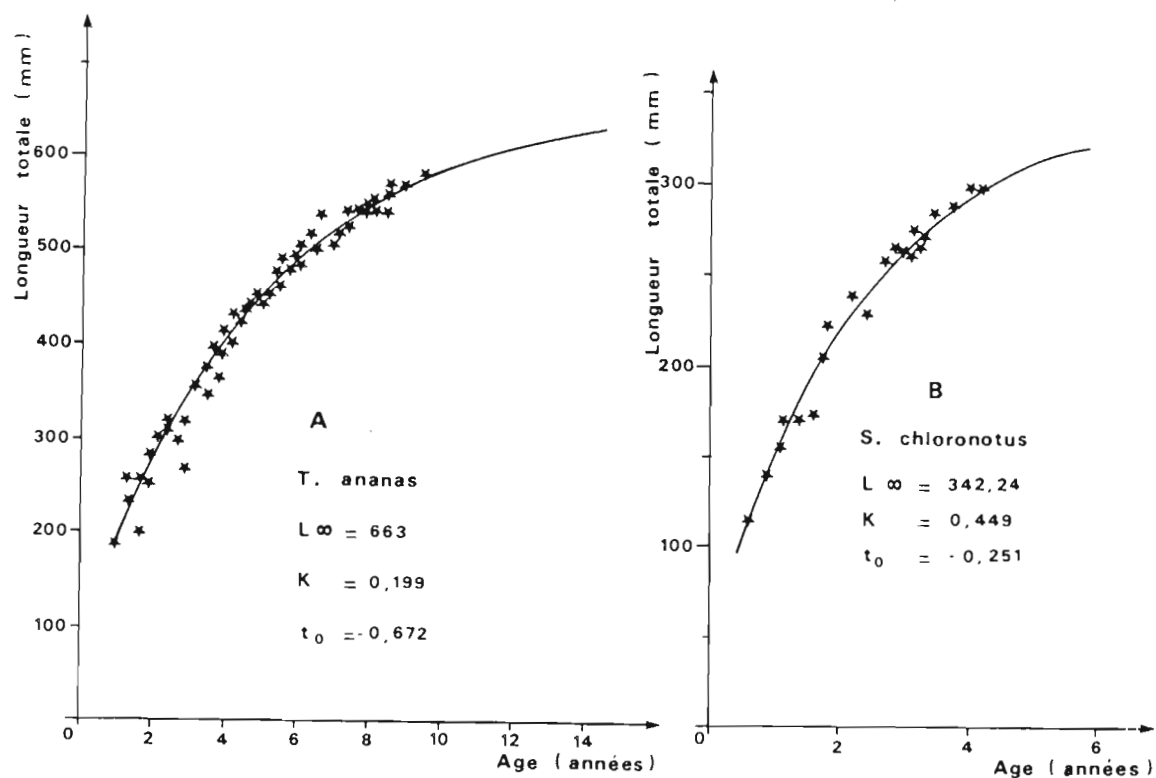
Figure 25 : Distributions de fréquence des poids de *H. scabra* var. *versicolor*.

Figure 26 : Courbes de croissance en longueur et paramètres de l'équation de von Bertalanffy.



2.6 Alimentation, comportement et interactions avec les autres espèces

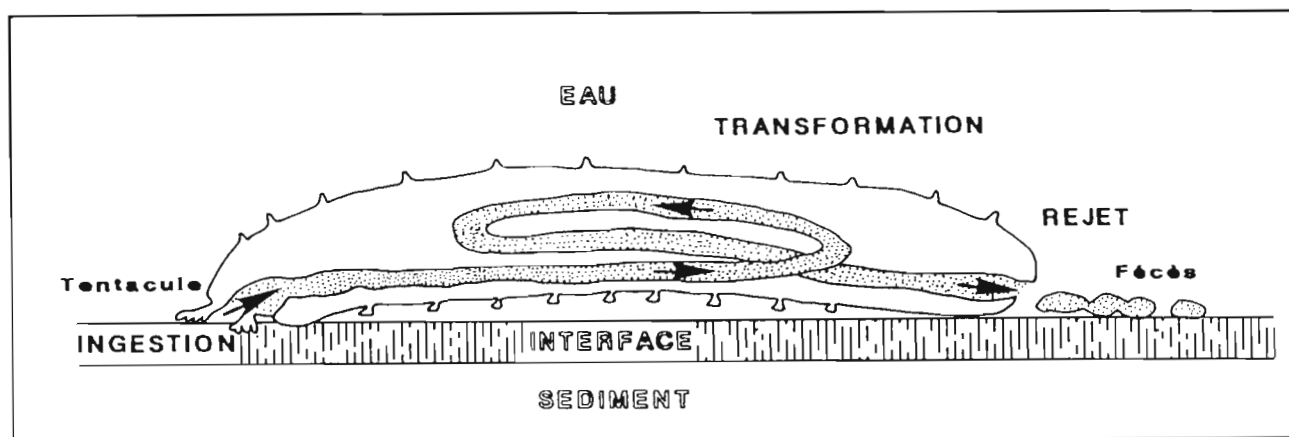
Alimentation

Toutes les espèces commerciales sont détritivores. Elles collectent le sédiment avec leurs tentacules buccaux de type pelté, en rampant sur le fond. Sur les fonds meubles, les tentacules peuvent pénétrer, alors qu'elles balayent seulement les substrats durs ou les algues. Le sédiment avalé transite dans le tube digestif tubulaire qui présente trois portions (descendante, puis ascendante, enfin descendante, cf. figure 1) avant de passer dans le cloaque et d'être rejeté par l'anus sous forme de fèces de forme caractéristique (figure 27). Elles se nourrissent des débris, des microalgues et des bactéries contenues dans le sédiment (Bakus, 1973 ; Moriarty, 1982, Moriarty et al., 1985). Les débris constituent la part la plus importante du carbone organique assimilé (60 à 70 %). Il est assez généralement admis que les espèces se répartissent plus en fonction des microhabitats disponibles que du type de nourriture (Sloan, 1979 ; Lawrence, 1980 ; Massin, 1982).

Le problème de la sélectivité de l'alimentation, soit physique suivant la taille des particules collectées, soit chimique suivant leur richesse en matière organique, a donné lieu à de nombreux travaux et à des controverses.

Des observations de sélectivité granulométrique ont été décrites par plusieurs auteurs, Bertram (1936), Yamanouchi (1939) pour certaines espèces mais pas pour *H. atra* et *S. variegatus*, Roberts (1979), Franklin (1980) pour *S. chloronotus*, contrairement à *H. leucospilota*. Plus récemment Roberts et Bryce (1982) ont montré l'existence de différentes stratégies comprenant une sélectivité pour des particules plus fines ou plus grandes que la moyenne du sédiment environnant, ou l'absence de sélectivité chez *H. atra*, déjà observée par Trefz (1958). Certains auteurs observent des résultats variables suivant les localités, qui pourraient résulter d'un comportement opportuniste en présence, ou non, de compétition. Au cours de notre échantillonnage, il est apparu que plusieurs *Actinopyga*, en particulier *A. mauritiana* et *A. miliaris*, avaient des contenus digestifs constitués de particules très fines, mais la possibilité d'une sélectivité chimique pour le feutre épiphytique des feuilles de phanérogames peut aussi être envisagée dans ce cas.

Figure 27 : Alimentation d'une holothurie Aspidochirote.



L'absence de sélectivité granulométrique, en dehors des exemples déjà cités, a été montrée par Gardiner (1904), Choe (1963), Glynn (1965), Yingst (1974, 1982), Powell (1977), Levin (1979), Sloan et von Bodlungen (1980), Bouland *et al.* (1982) et Hammond (1982a). Ce dernier auteur a réexaminé et critiqué certains résultats prouvant la sélectivité. Il conclut que les différences observées proviendraient plutôt d'une préférence pour un microhabitat.

Des études complémentaires, analysant les rôles respectifs de la disponibilité du sédiment, de la compétition interspécifique et même interindividuelle restent nécessaires pour résoudre ces contradictions. Au cours du cycle vital d'une espèce, un changement alimentaire peut se produire. Ainsi les juvéniles de *S. japonicus* ingèrent-ils relativement plus de microalgues et de détritiques que les adultes (Choe, 1963). C'est aussi probablement le cas chez *H. fuscogilva* dont les juvéniles vivent dans les pieds de phanérogames ou d'*Halimeda* (Gentle, 1979 et obs. personnelle). Chez les adultes par contre, l'absence de relation entre la taille individuelle et la granulométrie du sédiment ingéré a été montrée par Levin (1979), Hammond (1982a) et Massin et Doumen (1986).

La sélectivité chimique a fréquemment été démontrée, aussi bien pour les espèces tempérées que profondes. Parmi les espèces tropicales indo-pacifiques, elle a été mise en évidence pour *H. atra* (Webb *et al.*, 1977 ; Moriarty, 1982) et pour *S. chloronotus* (Moriarty, 1982). Chez ces espèces le contenu digestif en carbone et en azote est bien supérieur à celui du sédiment.

Le rythme de nutrition est lui aussi variable, depuis une alimentation continue de jour et de nuit chez *H. atra*, à un rythme nocturne ou en rapport avec le changement d'intensité lumineuse chez *H. scabra* (Yamanouchi, 1939, 1956). Des rythmes saisonniers d'arrêt d'alimentation, avec régression du tube digestif, n'ont été observés que chez des espèces tempérées (Choe, 1963 ; Yingst, 1974 ; Fankboner et Cameron, 1985).

Le temps de transit intestinal a été évalué pour connaître la quantité de sable remaniée par une population. Le temps de passage de sable coloré, entre la bouche et l'anus, a été calculé pour plusieurs espèces : il est de 12 à 14 heures pour *H. atra* (Trefz, 1958).

Comportement et interaction avec les autres espèces

En dehors des déplacements déjà analysés (cf 2.2) et de la nutrition, les holothuries présentent un comportement caractéristique de reproduction. Des observations de Mortensen (1937) pour *B. marmorata* et de McEuen (1988) ont été confirmées pour plusieurs espèces en Nouvelle-Calédonie. Les individus élèvent leur région antérieure au-dessus du substrat, la couronne tentaculaire est orientée vers le bas. Les animaux se balancent lentement avant et pendant l'émission des gamètes, la papille génitale étant alors dilatée (figure 28A, B, C).

La reproduction asexuée par scission et régénération, qui est un processus très important chez certaines espèces comme *H. atra* (figure 29A), semble pratiquement inexistante chez les espèces commerciales (Conand et De Ridder, 1990).

Les holothuries ont relativement peu de prédateurs ; ce fait est probablement relié à leur teneur en toxine ou holothurine (Halstead, 1965). Cette propriété est utilisée dans certaines îles comme Guam pour la pêche dans les mares des platiers. Par ailleurs d'autres mécanismes de défense sont utilisés : le rejet des canaux de Cuvier par l'anus ; ceux-ci collent fortement mais ne sont pas toujours efficaces contre les prédateurs ; ils sont plus fréquents chez les espèces tropicales (Bakus, 1973). L'épaisseur du tégument et sa capacité à durcir sous l'influence de stimulus sont aussi efficaces contre la prédation. Alors que les

Figure 28 : Ponte in situ. A : *B. argus* ; B : *H. scabra versicolor* ; C : *S. variegatus*. (Photos P. Laboute),

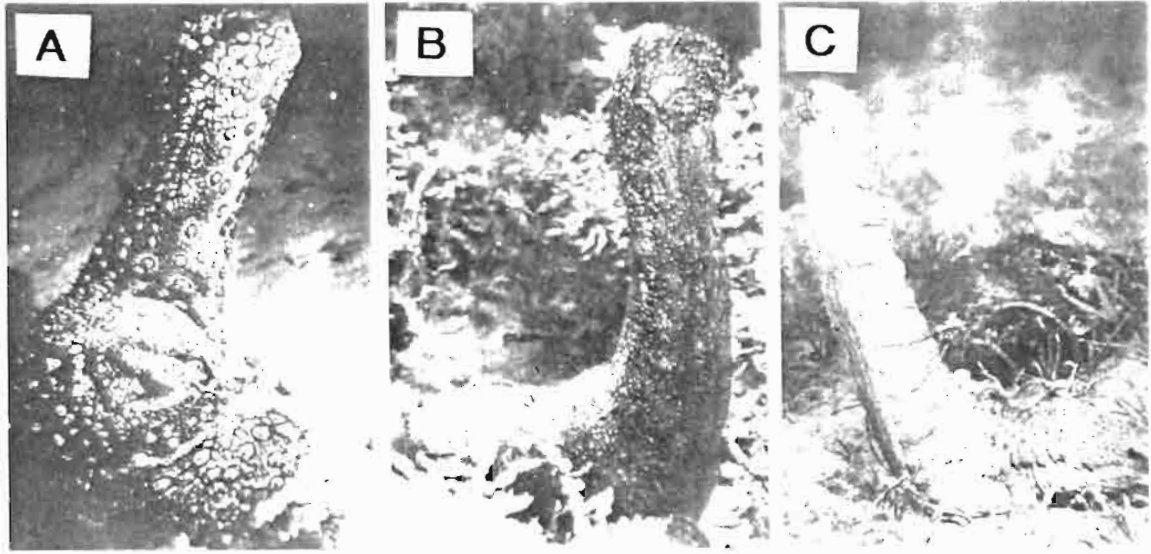
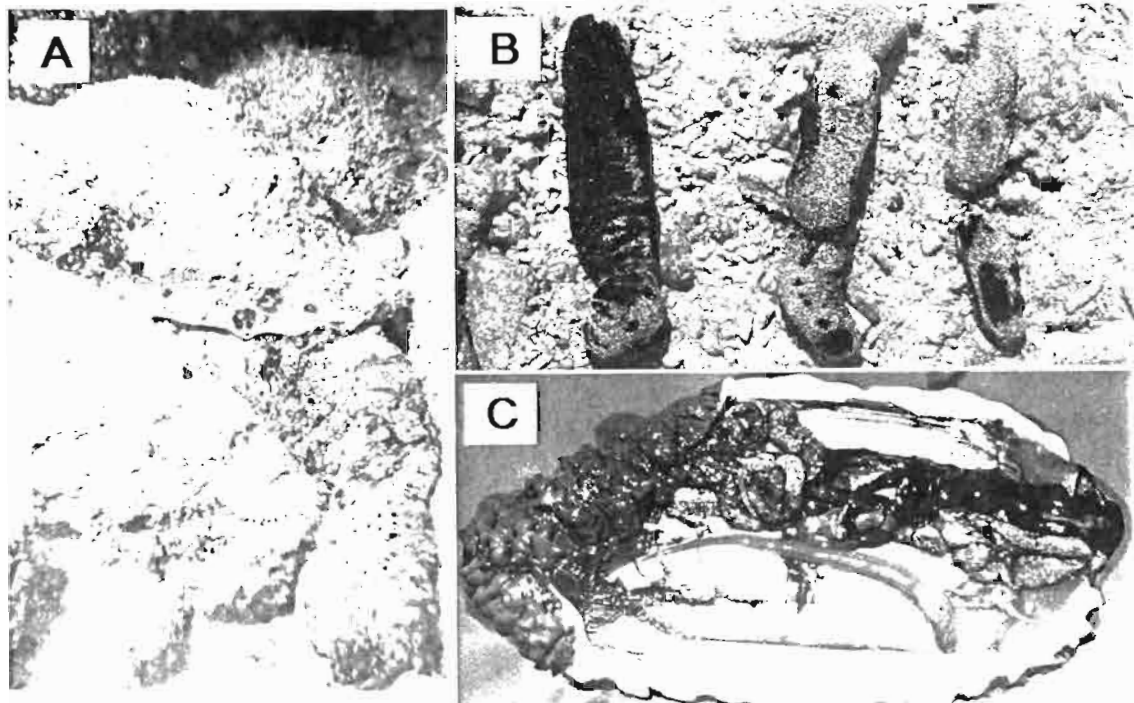


Figure 29 : Relations biotiques. A : prédation de *Charonia tritonis* sur *B. argus* ; B : reproduction asexuée par scission de *H. atra* ; C : inquilinisme, ou parasitisme, du carapide *Encheliophis* dans *T. ananas*.



principaux prédateurs des holothuries tempérées sont les astérides, les espèces tropicales sont consommées par les gastéropodes des genres *Tonna* et *Charonia* (figure 28, 29 B). Mais la prédation sur les adultes est considérée comme un facteur peu significatif de mortalité. Les juvéniles et les larves ont certainement des prédateurs, mais ils n'ont pas été étudiés jusqu'à présent puisque l'écologie de ces deux stades du cycle vital est encore à peu près inconnue pour les espèces tropicales.

Beaucoup d'espèces sont associées aux holothuries (Bakus, 1973). Certaines vivent à leur surface (bactéries, protozoaires, polychètes, gastéropodes, copépodes, par exemple). D'autres sont internes (grégarines, turbellariés, copépodes, crabes, gastéropodes, poissons,...). La nature exacte de ces associations n'est pas toujours connue et se situe souvent à la limite entre l'inquilinisme et le parasitisme. L'holothurie procure l'abri et parfois la nourriture et n'est pas, ou faiblement, agressée par l'hôte. La figure 29C montre un poisson Carapidae du genre *Encheliophis* fréquemment trouvé dans *T. ananas*.

En conclusion, les effets prépondérants des holothuries sur les communautés coralliennes sont liés à leur alimentation qui remanie le sédiment (Birkeland, 1989). Un individu de taille moyenne ingère quotidiennement entre 50 et 100g de sédiment (poids sec) (Yamanouchi, 1939 ; Webb et al, 1977). Cette bioturbation représente donc des volumes très importants et son impact sur la microfaune et le recrutement des invertébrés mériterait d'être plus étudiés.

3 - ANALYSE SUCCINTE DE LA PECHERIE MONDIALE

3.1 Introduction

L'évolution récente des pêcheries mondiales d'holothuries est présentée dans plusieurs revues récentes (Conand et Sloan, 1989 ; Conand, 1989a ; Conand et Byrne, 1994 ; Preston, 1994). Il convient de distinguer dès l'abord deux groupes de pêcheries : les pêcheries tempérées qui sont généralement monospécifiques et dont les captures sont plus faibles, et les pêcheries tropicales qui sont plurispécifiques. Elles partagent toutefois deux caractéristiques. Ce sont des petites pêcheries artisanales dont les moyens de production sont réduits et ce sont des pêcheries en vue de la transformation des produits pêchés qui sont ensuite exportés. La première caractéristique entraîne une insuffisance des données qui sont souvent incomplètes ou peu fiables. La seconde entraîne une dépendance du marché international et des fluctuations très marquées. Il n'est donc pas possible de se limiter aux statistiques de pêche pour suivre ces pêcheries et d'autres niveaux de collecte de données ont été déterminés entre la ressource, dont l'estimation sera envisagée ultérieurement (cf 5.1), et la consommation de la bêche-de-mer par des populations d'origine asiatique. Ces cinq niveaux, outre l'estimation des stocks, comprennent les statistiques de pêche, les statistiques de traitement du produit, les statistiques d'exportation, les statistiques des marchés internationaux de la bêche-de-mer et enfin les statistiques d'importation des pays consommateurs (figure 30).

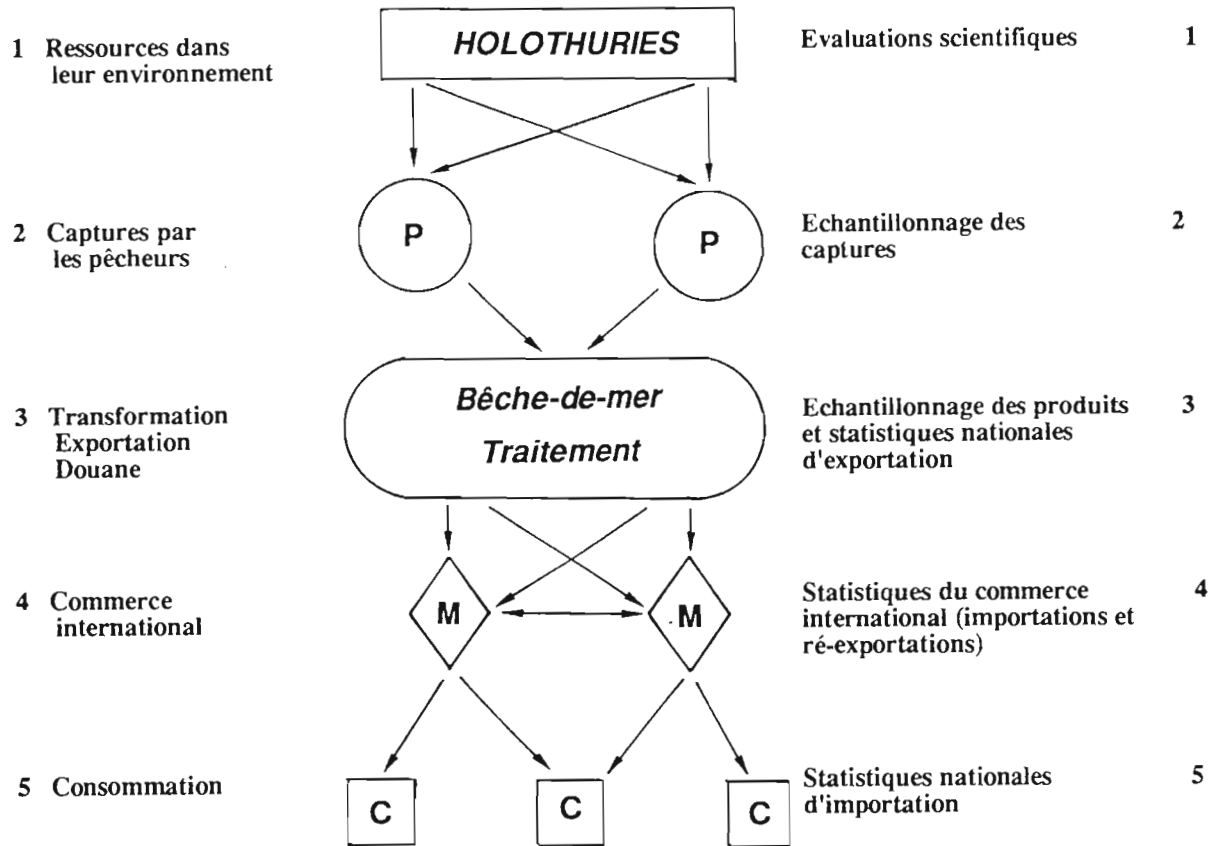
3.2 Moyens de production

- Dans les pêcheries tropicales, la récolte se fait généralement à la main, à basse mer sur les platiers, ou en plongée. En Indonésie par exemple (Tuwo et Conand, 1992), il est possible de distinguer deux catégories de pêcheurs suivant la taille des bateaux. Sur les petits bateaux, trois à quatre pêcheurs embarquent pour une sortie de la journée et effectuent le traitement au retour. Sur des bateaux plus grands, équipés pour la plongée, une dizaine d'hommes, souvent accompagnés par leur famille, partent pour un mois, ou même pour la saison complète. Les différentes espèces commerciales sont récoltées, traitées et vendues dans la ville la plus proche. Dans plusieurs pays, au retour de la pêche, les holothuries sont

Figure 30 : Schéma d'une pêcherie d'holothuries, du milieu naturel au consommateur et niveaux de collecte des statistiques.

DU BIOTOPE AU CONSOMMATEUR

ECHANTILLONNAGES ET STATISTIQUES



vendues à des commerçants qui se chargent du traitement. Elles sont dans ce cas conservées vivantes, dans de l'eau de mer, pour éviter l'éviscération.

Le traitement comprend différentes étapes qui varient selon les espèces et parfois selon le marché de destination. La technique générale (cf. 4.1) utilisée pour la majorité des espèces, comprend deux cuissons successives entre lesquelles une incision médiodorsale du tégument est pratiquée, l'éviscération, le fumage dans un séchoir suivi d'un séchage au soleil. Pour les holothuries de sable *H. scabra* et *H. scabra* var. *versicolor*, le traitement est un peu différent en raison de l'abondance des spicules calcaires contenus dans le tégument.

- Dans les pêcheries tempérées la récolte peut se faire par dragage, mais plus généralement ce sont des plongeurs, munis de scaphandre, qui récoltent les holothuries à la main et remplissent des filets.

L'utilisation des espèces tempérées est plus diversifiée. Le tégument peut être consommé cru, coupé en tranches fines, ou préparé comme pour les espèces tropicales en produit sec. Mais d'autres organes sont aussi appréciés : les ovaires et les intestins qui sont

salés-fermentés, et les bandes musculaires longitudinales qui, dans la pêcherie du Pacifique Nord-Est, sont retirées de *Parastichopus californicus*, congelées et expédiées vers les marchés asiatiques (Bradbury et Conand, 1991).

3.3 Statistiques de production

Le traitement des holothuries en bêche-de-mer entraînant de fortes réductions de la longueur (environ 50%) et du poids (environ 90%), (Conand, 1986), il faut nettement distinguer les statistiques qui se rapportent aux captures de celles qui correspondent à la production, ou à l'exportation de bêche-de-mer.

Plusieurs sources de données sont utilisées : les informations des Départements des Pêches, les annuaires statistiques annuels de la F.A.O. (captures et produits) et les statistiques des principaux marchés mondiaux (importations et ré-exportations).

Statistiques d'exploitations

Les pêcheries tropicales sont subdivisées en quatre groupes, suivant leur zone géographique et les espèces exploitées.

- Les Iles du Pacifique Tropical : la plupart des pays et territoires ont exploité, ou ont montré de l'intérêt, dans l'exploitation des holothuries. Actuellement, outre la Nouvelle-Calédonie dont l'exploitation sera détaillée au chapitre suivant, Fidji, la Papouasie-Nouvelle-Guinée et les îles Salomon sont les principales exportatrices. Le tableau 10 présente les principales statistiques, qui bien qu'elles soient différentes dans le détail des tonnages, sont du même ordre de grandeur et affichent les mêmes tendances.
- Le Pacifique centre-ouest comprend les plus importants producteurs qui sont les Philippines, l'Indonésie et la Malaisie.
- L'Océan Indien, peut-être subdivisé en deux régions, orientale et occidentale. Dans la région orientale, l'Inde et Sri-Lanka sont des producteurs traditionnels qui exportent moins de 100 tonnes par an. Dans cette zone, les Maldives, qui ont débuté une petite production vers 1986, connaissent une très forte croissance actuelle.
- L'Océan Indien occidental : plusieurs pays africains et arabes produisent de la bêche-de-mer. Certains ont des exploitations régulières, en croissance ces dernières années comme la Tanzanie, le Kenya et Madagascar. D'autres sont plus irrégulières ou occasionnelles.

Les pêcheries tempérées sont limitées à l'Océan Pacifique et peuvent être subdivisées en Pacifique est et Pacifique ouest.

- Les pêcheries du Pacifique ouest, au Japon et en Corée, exploitent l'espèce *Stichopus japonicus* en produit frais. Les données de la F.A.O. montrent un léger déclin des prises.
- Les pêcheries du Pacifique est, aux U.S.A. et au Canada, exploitent *Parastichopus californicus*. Les tonnages, en progression, restent cependant très inférieurs à ceux du Pacifique ouest. La pêcherie de l'Etat de Washington a été décrite récemment (Bradbury, 1990 ; Bradbury et Conand, 1991).

Statistiques des marchés

L'étude des marchés de Hong-Kong, Singapour et Taïwan permet une approche globale des exportations des différents pays. Cependant, le marché mondial est complexe. En effet, certains pays producteurs sont exclusivement exportateurs, alors que dans d'autres pays réside une minorité chinoise qui consomme une partie de la production. Enfin d'autres pays sont surtout importateurs, ayant ou non une production locale. Il faut noter que le produit peut aussi successivement passer sur plusieurs marchés, ce qui complique l'étude des statistiques.

- Hong-Kong est le marché principal. Les statistiques anciennes, de 1977 à 1986 ont été déjà étudiées (Conand, 1989a). Celles des dernières années sont présentées dans le tableau 11 pour les importations et les ré-exportations. Les importations se situent vers 5000 tonnes. La croissance, qui a été très forte depuis 1982, semble diminuer. Ces importations proviennent surtout de l'Indonésie et des Philippines, mais la part des îles du Pacifique a connu une expansion notable, les tonnages de Fidji en particulier ayant beaucoup augmenté. Les ré-exportations connaissent une augmentation parallèle à celle des importations (Figure 31). L'évolution récente montre qu'elles sont essentiellement destinées à la République populaire de Chine. Le tonnage des exportations vers Taïwan a peu varié, alors que celui destiné à la République de Corée a fortement chuté.

- Singapour est le second marché pour les importations et les ré-exportations. Le marché de détail y est aussi important. Les statistiques récentes sont présentées dans le tableau 12 et sur la figure 32. Comparée à Hong-Kong, la croissance a été beaucoup plus faible et Hong-Kong est actuellement six fois plus important que Singapour. Les principaux fournisseurs sont actuellement les Maldives, les îles du Pacifique et la Tanzanie. La destination des ré-exportations a aussi changé, avec plus de la moitié expédiée à Hong-Kong.

- Les importations de Taïwan, après avoir dépassé 800 tonnes en 1988, se situent vers 350 tonnes ces dernières années. En 1990, 40 % du tonnage venait d'Indonésie, ce qui ne représentait que 22 % de la valeur totale. Les autres principaux pays fournisseurs étaient Singapour, le Japon et le Mozambique.

Evolution des captures

Ces données sur les exploitations et les marchés, bien qu'elles soient parfois incomplètes ou inexactes, permettent de présenter une évaluation synthétique des captures d'holothuries dans les principales zones précédemment définies (tableau 13). Durant la période récente, les pêcheries tropicales ont beaucoup augmenté. Deux phrases peuvent être distinguées : en 1985-1986, la production précédente a triplé ; en 1987-1988 elle a encore doublé. En 1989, un léger déclin est apparu, résultat d'une diminution observée simultanément dans plusieurs pêcheries. Les pêcheries tempérées sont plus régulières, le léger déclin des captures des pêcheries du Pacifique ouest étant compensé par la croissance de celles du Pacifique est.

3.4 Effort de pêche et prise par unité d'effort (P.U.E.)

Alors qu'il est possible d'évaluer les captures, souvent indirectement par les données du traitement ou du commerce, les données sur l'effort de pêche ne sont pas collectées de manière régulière et les quelques évaluations publiées montrent qu'une standardisation reste nécessaire.

En connaissant le nombre de plongeurs travaillant sur une embarcation, leur temps de plongée respectif, le nombre d'individus de chaque espèce ou le tonnage récolté, il est théoriquement possible de définir la prise par unité d'effort, dont l'unité sera le nombre, ou le poids frais, d'holothuries, par heure de plongée. Des estimations de ce type peuvent aussi

Tableau 10 : Productions de bêche-de-mer à Fidji et en Papouasie-Nouvelle-Guinée, d'après différentes sources.

	1986	1987	1988	1989	1990
FIDJI					
Département des Pêches	230	670	665	360	-
Importations Hong Kong et Singapour	155	712	1 295	251	-
FAO captures	416	1 026	761	998	-
exportations	229	640	717	365	-
PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINEE					
Département des Pêches	106	192	203	195	-
Importations Hong Kong et Singapour	97	152	327	226	-
FAO captures	-	-	-	-	-
exportations	85	120	229	157	-

Tableau 11 : Marché de Hong-Kong : Importations et réexportations. Valeur et prix au kg en dollar Hong-Kong.

IMPORTATIONS				PRINCIPAUX PAYS D'ORIGINE											
ANNEE	TONNAGE	VALEUR	PRIX/kg	Philippines			Indonesie			Iles du Pac.			Singapour		
				%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P
1986	5 193	110 947	21.3	30	19	13.5	47	31	13.8	7	11	36.1	6	11	39.7
1987	5 896	131 820	22.3	33	16	10.9	37	28	17.1	13	14	24.4	6	13	44.4
1988	7 716	191 240	24.8	22	13	14.2	40	31	19.0	18	19	26.0	10	14	33.5
1989	4 526	134 306	29.7	14	8	16.3	39	29	21.7	9	9	27.6	23	20	25.4
1990	6 596	231 467	35.1	18	10	19.9	32	27	29.3	9	13	50.0	20	17	29.3
RE-EXPORTATIONS				PRINCIPAUX PAYS DE DESTINATION											
ANNEE	TONNAGE	VALEUR	PRIX/kg	Chine			U.S.A.			Taiwan			Singapour		
				%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P
1986	4 535	59 822	13.2	86	54	8.2	1	10	84.0	6	16	31.9	3	14	56.2
1987	4 975	55 479	11.2	87	52	6.7	1	8	96.9	8	20	26.6	2	13	71.5
1988	3 303	56 322	17.0	79	45	9.6	1	9	119.5				4	14	66.3
1989	1 847	46 723	25.3	74	46	15.7	3	15	60.6				3	7	60.6

Tableau 12 : Marché de Singapour : importations et réexportations. Valeur et prix au kg en dollar Singapour.

IMPORTATIONS				PRINCIPAUX PAYS D'ORIGINE											
ANNEE	TONNAGE	VALEUR	PRIX/kg	Malaysia			Tanzanie			Iles du Pac.			Maldives		
				%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P
1986	814	9 599	11.8	17	10	6.7	14	6	5.1	23	24	12.1	.4	.5	15.6
1987	840	9 251	11.0	17	12	7.8	24	12	5.5	16	17	11.3	2	3	15.5
1988	1 225	14 614	11.9	8	4	5.9	21	15	8.6	14	12	10.0	28	34	14.5
1989	1 023	11 863	11.4	7	3	5.1	16	11	7.8	23	17	14.4	25	22	10.8
1990	1 068	12 321	11.5	6	3	5.3	10	5	6.8	15	17	13.4	29	25	9.9

RE-EXPORTATIONS				PRINCIPAUX PAYS DE DESTINATION								
ANNEE	TONNAGE	VALEUR	PRIX/kg	Hong Kong			Malaysia			Taiwan		
				%T	%V	P	%T	%V	P	%T	%V	P
1986	1 217	6 683	5.5	54	47	4.8	35	33	5.1	9	16	9.4
1987	818	7 395	9.0	47	55	10.5	36	27	6.8	14	13	8.6
1988	1 156	11 232	9.7	54	62	11.1	34	20	5.8	7	13	16.0
1989	938	10 043	10.7	46	46	10.6	27	14	5.7	16	29	18.5
1990	1 026	11 022	10.7	63	56	9.6	15	9	6.7	12	21	18.9

Tableau 13 : Evolution des captures d'holothuries dans les principales zones (1983-1989). (1) : données multipliées par 10, pour tenir compte de la perte de poids pendant le traitement ; (2) : données peut-être surestimées pour les captures indonésiennes.

années	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
A : PECHERIES TROPICALES							
Poids sec(t)	1 445	1 414	5 400	4 000	8 000	8 200	7 800
Captures	14 450	14 140	54 000	40 000	80 000	82 000	78 000
Pourcentages							
1 Pacifique Tropical	4	22	6	20	29	22	9
2 Pacifique centre-ouest	76	66	84	67	62	66	77
3 Océan Indien, est		10	7	1	3	1	5
4 Océan Indien, ouest	8	5	9	10	8	7	6
B : PECHERIES TEMPEREES							
Captures	12 958	12 215	11 558	11 653	11 903	12 468	11 922
Pourcentages							
5 Pacifique ouest		95	91	95	92	84	78
6 Pacifique est	5	9	5	8	16	22	19
A+B : CAPTURES MONDIALES	27 408	26 355	65 559	51 653	91 903	94 468	89 922

Figure 31 : Statistiques du marché de Honk-Kong (1973 - 1990).

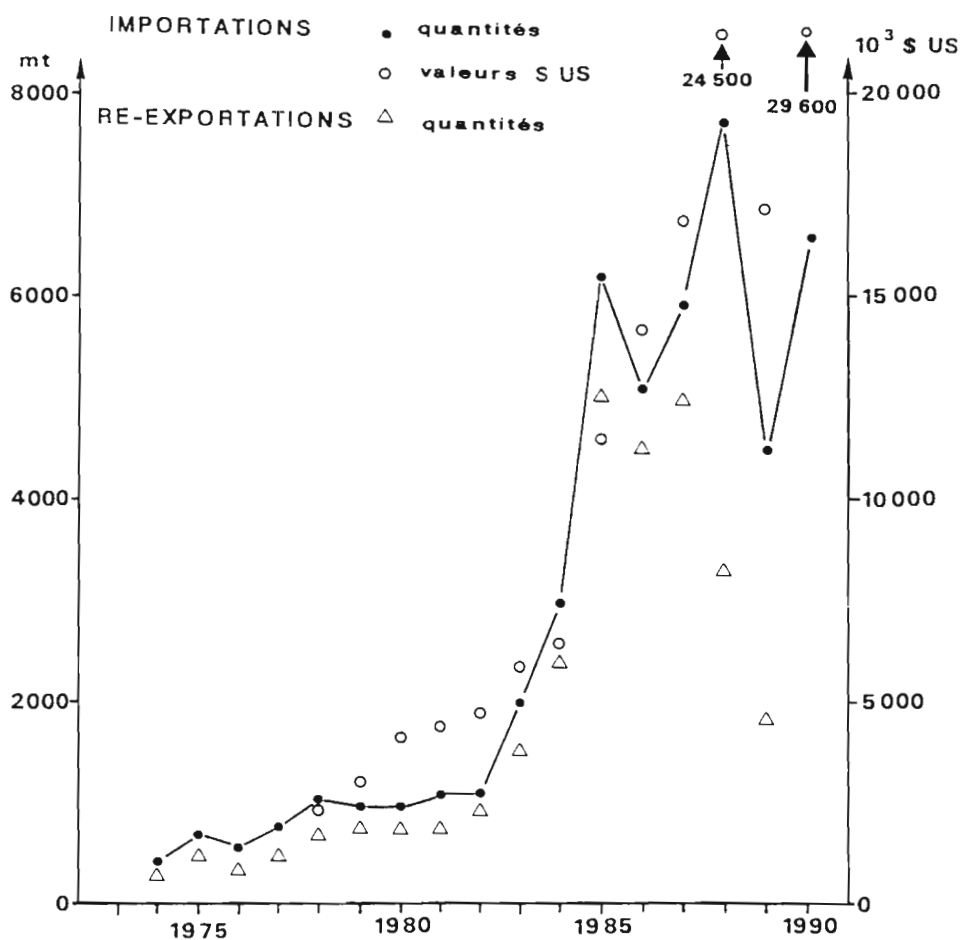
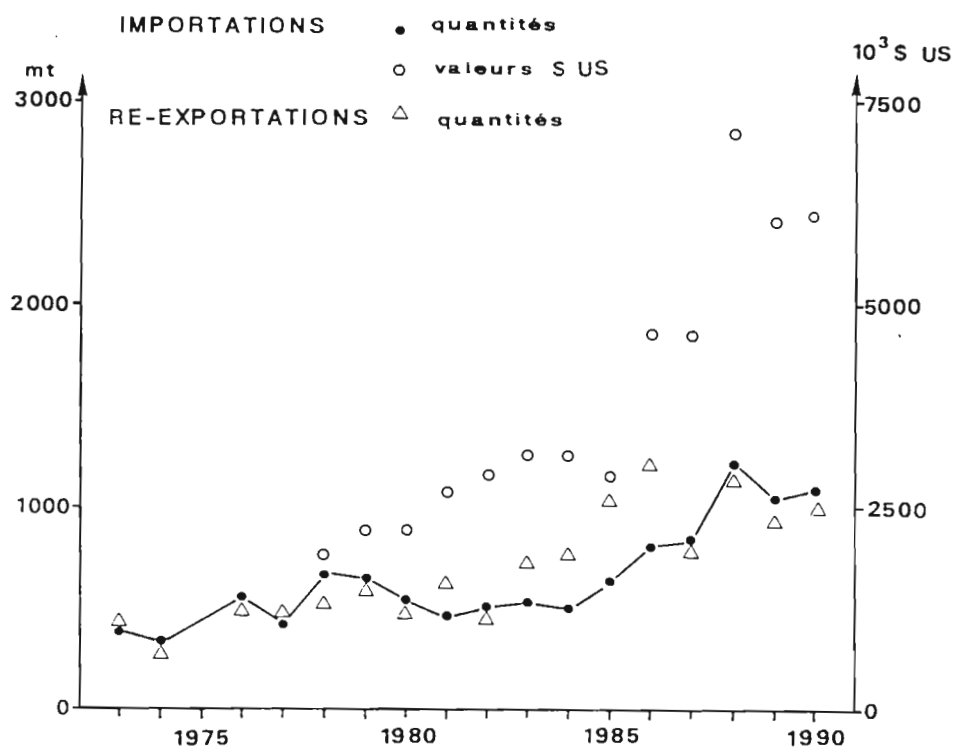


Figure 32 : Statistiques du marché de Singapour (1973 - 1990).



être réalisées par des observateurs scientifiques, lorsqu'ils n'ont pas la possibilité de mesurer la surface des quadrats. Mais la P.U.E. ne fournit qu'une appréciation grossière de la richesse du milieu. En effet, les paramètres n'en étant pas standardisés, l'imprécision des valeurs provient de caractéristiques variables du milieu, des espèces et de l'observateur.

- Les **méthodes de récolte** entraînent une efficacité différente de l'effort, s'il s'agit de marche à basse-mer sur un platier, de plongée libre par des pêcheurs ou de plongée en scaphandre autonome par des scientifiques.

- Le **type d'observation** réalisé peut consister en un comptage ou une récolte d'une ou de plusieurs espèces, ou encore un comptage avec récolte, ou enfin une mesure de longueur in situ des individus, précédant ou non leur récolte.

- L'**entraînement de l'observateur** et son aptitude à voir les holothuries sont aussi des facteurs non négligeables. Il est ainsi nécessaire de standardiser la "puissance de pêche" qui peut être variable, par exemple suivant l'ethnie du pêcheur.

- Les **conditions du milieu** font varier l'accessibilité ; ainsi, la visibilité excellente dans les stations de récif barrière diminue si l'on se rapproche de la côte à cause des influences terrigènes. Les facteurs hydrodynamiques (vagues et courants) peuvent influencer la récolte. Enfin, la nature du substrat intervient ; sur les sédiments nus, les individus sont bien visibles, alors que si les épibiontes sont abondants, les holothuries sont camouflées.

- Les **caractéristiques de la distribution** des populations peuvent influencer les comptages. Le risque d'erreur est en effet plus élevé quand la densité est forte.

- La **morphologie des espèces** intervient elle aussi ; les holothuries de grande taille ou de couleur vive seront plus facilement repérées.

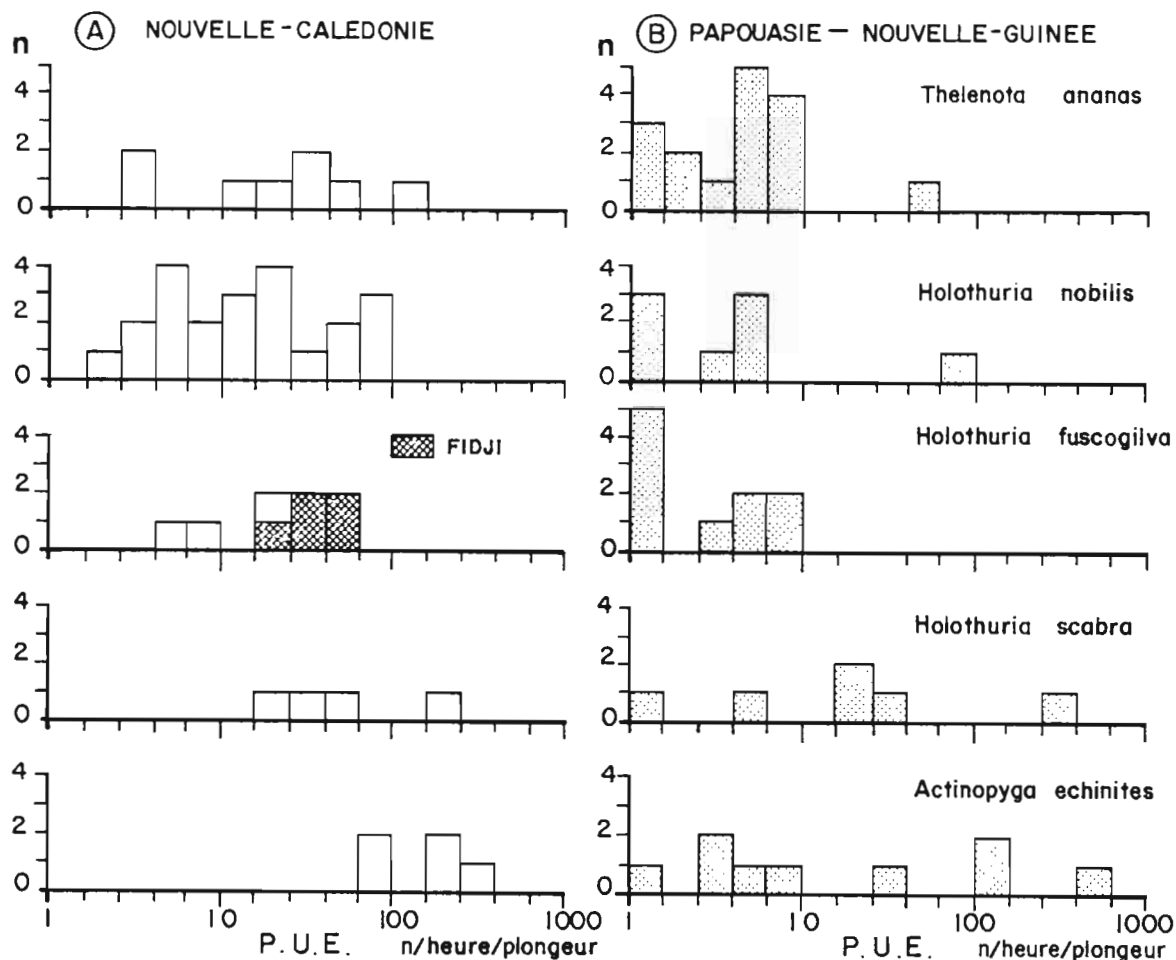
Pour établir des comparaisons, il faudra, dans la mesure du possible, faire apparaître les conditions exactes des récoltes, ou des comptages, qui ont donné lieu à des estimations de P.U.E.. Cette méthode demeure la plus simple à mettre en oeuvre et la moins coûteuse ; elle peut être utilisée dans la plupart des biotopes, aussi bien sur les substrats durs que meubles.

Des évaluations de la P.U.E., à partir de la pêcherie ou de plongées par des scientifiques sont présentées.

Dans le Pacifique tropical, Crean (1977) fournit des informations basées sur une expertise d'une semaine dans l'atoll de Ontong-Java, îles Salomon. La P.U.E. moyenne, calculée pour *H. nobilis*, d'après les prises d'une vingtaine de pêcheurs, est de 11 individus par heure. Des évaluations plus récentes (Bayliss-Smith, 1986), dans le même atoll, montrent une baisse notable de la P.U.E. avec 25 à 30 holothuries par plongeur, par jour, soit 4 par heure.

A Fidji, Gentle (1979) a évalué la P.U.E. pour l'holothurie à mamelles, *H. fuscogilva*, en plongée libre, sur les récifs de Suva et Levuka ; dans les herbiers à *Syringodium isoetifolium* où l'espèce est abondante, la P.U.E. moyenne est de 12 à 20 individus par heure. En Papouasie-Nouvelle-Guinée, Shelley (1981) a étudié l'abondance des principales espèces, en 28 stations, dans une baie d'un lagon côtier, limité par un récif-barrière au large et une mangrove à la côte. Ses résultats (figure 33A) sont présentés, par espèce, et peuvent être comparés avec ceux qui ont été obtenus en Nouvelle-Calédonie (figure 33B), avant qu'y soit mis au point un échantillonnage par quadrat. Pour les trois espèces, *T. ananas*, *H. nobilis* et *H. fuscogilva*, la P.U.E., généralement faible, atteint exceptionnellement 100 individus par plongeur, par heure. Les espèces *A. echinites* et *H. scabra* ont des valeurs plus variables, mais la P.U.E. peut alors approcher 1000.

Figure 33 : Distribution des prises par unité d'effort des principales espèces. A : Nouvelle-Calédonie (Conand) ; B : Papouasie-Nouvelle-Guinée (d'après Shelley, 1981).



La P.U.E. a été suivie pendant plus d'un an, en Nouvelle-Calédonie, pour *H. fuscogilva*, au cours de l'échantillonnage mensuel. Les valeurs ont régulièrement diminué, passant de 25 à 1 durant cette période. Ceci montre la vulnérabilité probable de certains stocks, même dans le cas de pêche scientifique où l'effort est cependant très faible.

Parmi les pêcheries tempérées, celle de l'Etat de Washington est suivie par les biologistes des pêches (Bradbury, 1990 ; Bradbury et Conand, 1991). Le nombre de bateaux de plongée a été limité ; l'effort est calculé en nombre d'heures de plongée et la prise par unité d'effort en nombre et en poids d'holothuries. Une rotation des zones de pêche a été introduite en 1983 pour permettre une exploitation durable des ressources.

4 - ANALYSE DE LA PECHERIE LOCALE

L'exploitation des holothuries en Nouvelle-Calédonie date du XIX^{ème} siècle. Prospère au début du XX^{ème} siècle, elle avait pratiquement disparu jusque vers la fin des années soixante-dix, où le Territoire, en vue de diversifier l'économie trop concentrée sur les exploitations minières, du nickel en particulier, s'est intéressé au développement de la pêche

et a essayé de réintroduire cette activité de type artisanal. Cette exploitation est menée en vue de l'exportation de la bêche-de-mer. Il convient donc d'analyser les trois phases successives : la pêche proprement dite, le traitement en bêche-de-mer et la commercialisation. Un recueil de statistiques a donc été mis en place par l'ORSTOM (Conand, 1989a) pour suivre le redémarrage récent de la pêcherie.

4.1 Moyens de production

Organisation de la pêche

Actuellement une centaine de pêcheurs, en majorité mélanésiens, pratiquent la pêche des holothuries. La plupart sont regroupés, soit au sein de leur tribu, soit en coopératives ou en sociétés. La pêche est particulièrement active sur la côte nord-est, entre Pouebo et Poum. Ailleurs, des particuliers récoltent aussi des holothuries pour les vendre à ceux qui effectuent le traitement (Conand et Hoffschir, 1991).

La pêche est pratiquée par les hommes, de jour. La récolte se fait généralement à pied à marée basse pour les espèces de platier, ou en plongée libre. Un groupe de pêcheurs part sur les lieux de récolte avec une embarcation. Chaque pêcheur dispose de plusieurs sacs de 50 kg et d'un repère matérialisé en surface par une bouée, autour duquel il récolte les holothuries. Il remplit les sacs et les laisse sur le platier pour les reprendre à marée haute (figure 34,A,B).

Traitement et commercialisation

Les techniques de préparation du produit ont généralement été enseignées par des chinois, qui bien souvent s'occupent encore du traitement et du commerce. La technique classique a peu varié et de nombreuses descriptions en sont données par Saville-Kent (1893), Sella et Sella (1940), la C.P.S. (1979), Conand (1986). Une technique générale est utilisée pour la majorité des espèces, sauf les holothuries de sable *H. scabra* et *H. scabra versicolor*, chez lesquelles l'abondance des spicules entraîne des opérations supplémentaires (Adithiya, 1969). Elle comprend six étapes (figure 35 A à E) :

Première cuisson : Elle se fait dans de larges chaudrons de fonte ou plus simplement dans des fûts de 200 litres, coupés en long, dans de l'eau de mer portée à ébullition. Les holothuries, au préalable nettoyées, sont triées par espèce et par taille et plongées directement dans l'eau bouillante ou mises dans des paniers en treillis qui permettent de les retirer facilement. L'ébullition doit être maintenue quelques minutes, en remuant constamment avec une spatule. La durée de la cuisson dépend de l'espèce et de la taille des animaux qui prennent une forme bombée.

Incision : Après les avoir sorties et mises à refroidir dans de l'eau de mer, elles sont posées face ventrale sur une planchette et une incision médio-dorsale est pratiquée avec un couteau tranchant. Elle doit être nette et laisser intacts les trois derniers centimètres vers la bouche et vers l'anus.

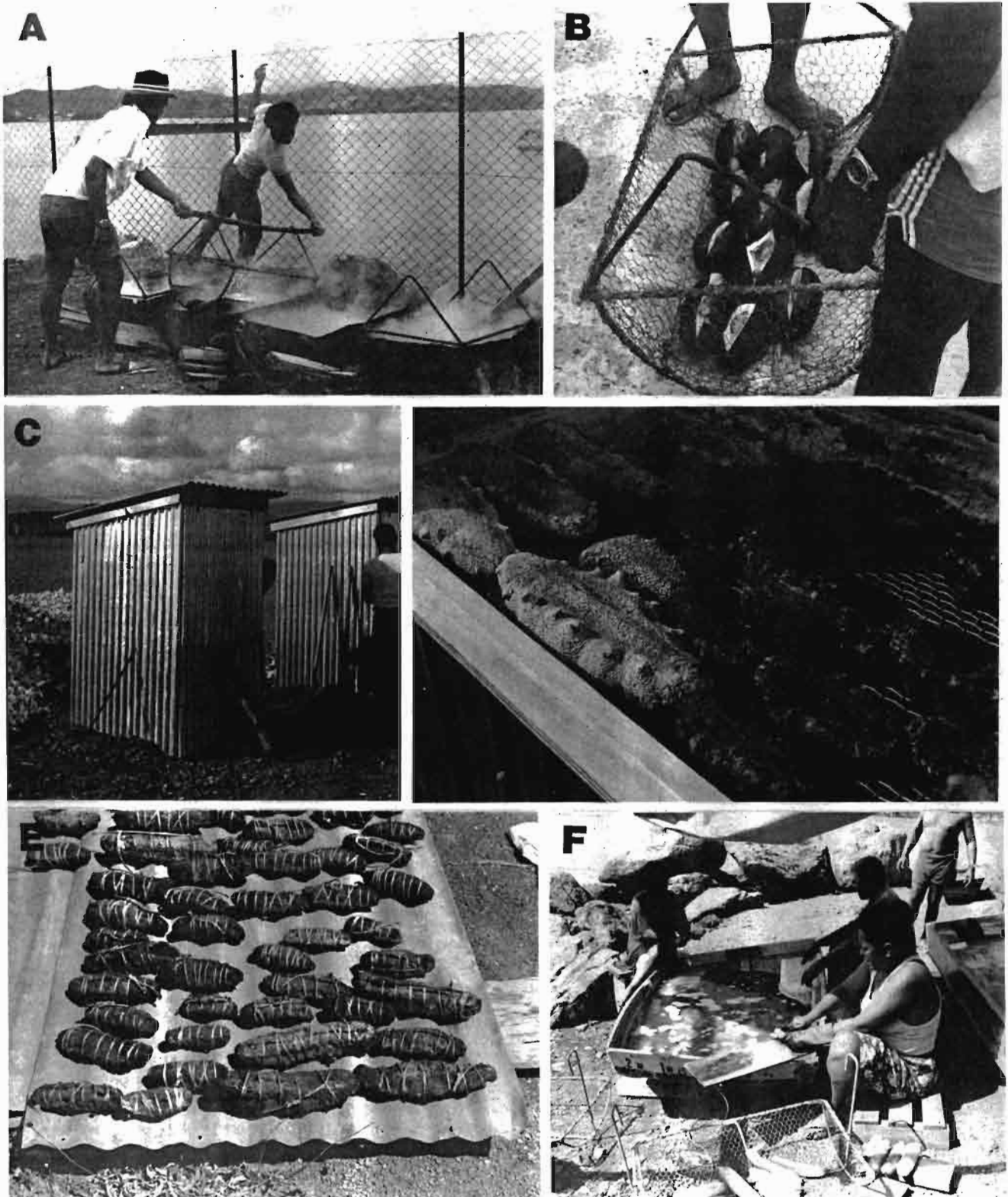
Seconde cuisson : Elle permet de durcir légèrement l'animal, lui donnant une consistance de caoutchouc. Elle dure quelques minutes puis les animaux sont mis à refroidir dans de l'eau de mer.

Eviscération : Suivant les techniques, elle peut avoir lieu avant ou après la seconde cuisson. Tous les organes internes sont enlevés, la cavité générale est soigneusement rincée pour enlever tous débris ou grains de sable. Les muscles longitudinaux seuls restent en place.

Figure 34 : Récolte et traitement de *A. miliaris* en Nouvelle-Calédonie. A, B : récolte sur les platiers ; C : tri ; D : cuisson ; E, F : séchage. (Photos C. Hoffschir).



Figure 35 : Traitement des holothuries. A : première cuisson ; B : incision médio-dorsale sur *H. nobilis* ; C : fumoir ; D : claie de fumage avec des holothuries à mamelles ; E : séchage au soleil ; F : traitement de *H. scabra* var. *versicolor*, nettoyage avant la deuxième cuisson.



Fumage : Un séchoir, du type séchoir à coprah, est utilisé. Un feu faible mais régulier est alimenté sous les claies grillagées ; des feuilles de paléturier peuvent y être ajoutées pour dégager de la fumée. L'incision dorsale est parfois, pour les holothuries à mamelles, maintenue ouverte à l'aide d'un bâtonnet qui sert à écarter les deux lèvres. Les holothuries sont placées sur la claie, l'incision tournée vers la source de chaleur. Les claies doivent être permutées régulièrement, au bout de quelques heures. Ce séchage-fumage peut durer plusieurs jours. Les bâtonnets sont enlevés, l'incision est refermée et parfois maintenue à l'aide d'une ficelle pour redonner une forme cylindrique et régulière au produit.

Séchage au soleil : Après avoir brossé les bêtes-de-mer pour enlever les cendres, elles sont placées au soleil et à l'air, pendant quelques jours pour parfaire le séchage. Le produit fini doit être dur comme du bois; s'il lui arrivait de prendre l'humidité, il conviendrait de recommencer fumage et séchage. Elles sont ensuite triées par espèces, suivant leur taille et stockées dans un endroit sec et aéré, en attendant l'expédition. Suivant le marché auquel elles sont destinées, de légères variantes dans la technique concernent la taille et la zone de l'incision, l'absence de seconde cuisson ou de fumage. Pour *Actinopyga miliaris* qui constitue maintenant la majorité des captures, le traitement est fait le lendemain de la récolte (figure 34 C à F); les individus se sont éviscérés spontanément ; les étapes d'incision, seconde cuisson, éviscération et fumage sont supprimées. Le traitement, plus simple, comprend cuisson et séchage au soleil.

La technique de traitement, pratiquée pour les holothuries de sable *H. scabra* et *H. scabra versicolor*, comprend les étapes suivantes (figure 35 F) :

Eviscération : Cette espèce s'éviscère spontanément et les individus sont généralement déjà éviscérés au retour de la pêche. Elle est aussi obtenue en appuyant fermement sur le tégument, ou en pratiquant des petites échancrures en région antérieure et postérieure, ou enfin une petite incision en zone médio-ventrale.

Première cuisson : Effectuée comme pour les autres espèces, sa durée varie suivant les pays de quelques minutes, ce qui semble suffisant, à plus d'une heure. Elles sont ensuite refroidies.

Mise en fosse : Les holothuries sont enterrées pour une période de 18 heures environ, dans une fosse de sable humide, ce qui facilite la décomposition de leur tégument superficiel riche en spicules.

Nettoyage : Après les avoir déterrées et rincées, les holothuries sont nettoyées par grattage à la brosse.

Seconde cuisson : Après rinçage, elles sont mises à cuire une seconde fois dans de l'eau de mer bouillante pendant trois quarts d'heure environ.

Séchage en fumoir : Il précède parfois le séchage au soleil, qui est souvent le seul effectué, le goût du fumé n'étant pas apprécié sur tous les marchés.

Séchage au soleil : Il est fait sur des claies grillagées pour permettre la circulation de l'air.

Le traitement, dans toutes ses étapes, doit faire l'objet de soins attentifs, pour pouvoir obtenir la meilleure qualité du produit et la maintenir. En effet, les principaux défauts qui entraînent un déclassement sont une incision mal faite, des écorchures du tégument, un nettoyage imparfait, une cuisson inadaptée à la taille des animaux. Si le séchage a été trop court, ou si une hydratation ultérieure est survenue, il est toujours possible de recommencer le fumage et le séchage.

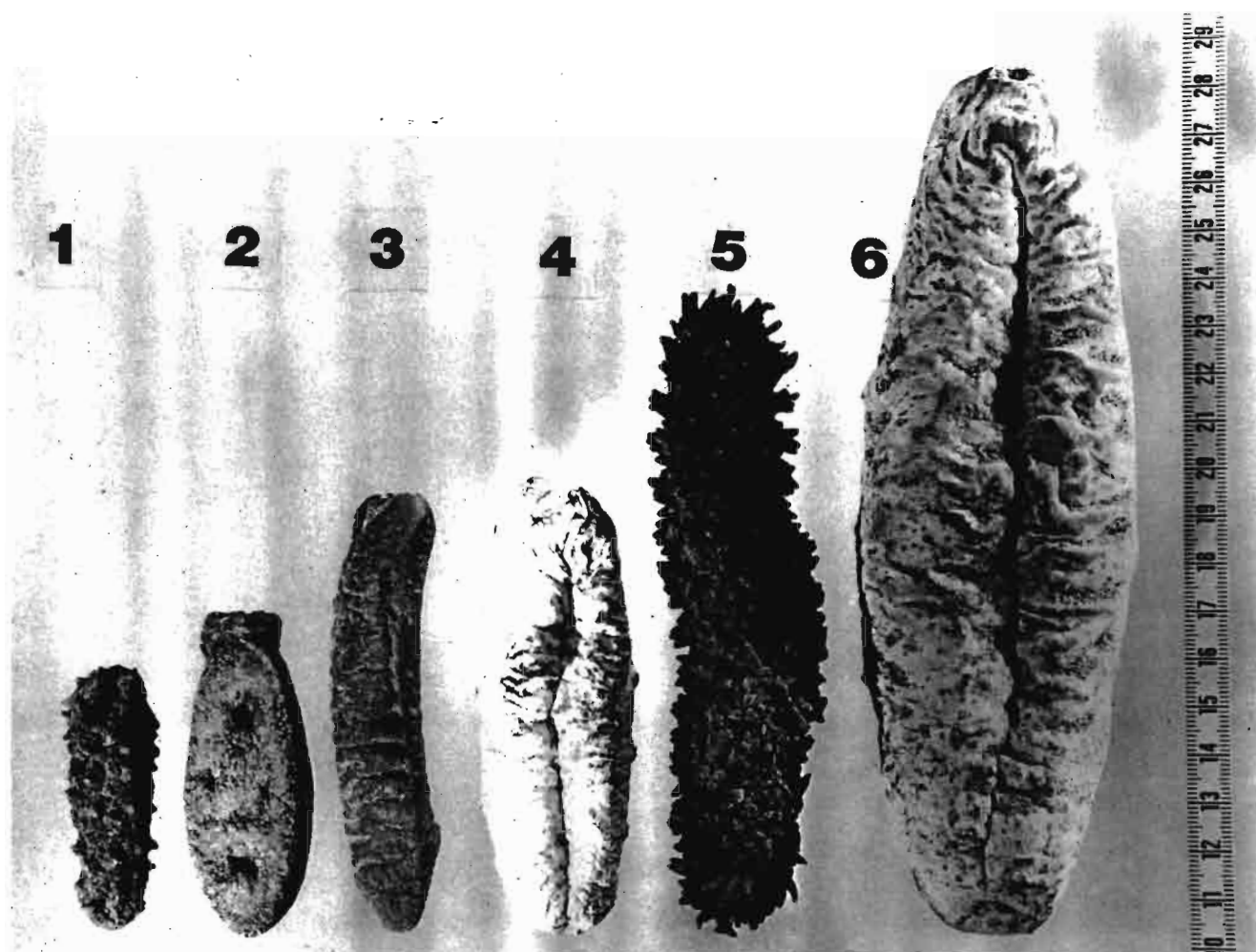
Tableau 14 : Réduction du poids et de la longueur due au traitement.

ESPECE	REFERENCE	PS/PF (%)	LS/LF (%)
1	Conand, 1979 & 1986	PS : poids sec	
2	Shelley, 1981	PF : poids frais	
3	Harriot, 1985	LS : longueur sec	
4	Vuki & Viala, 1989	LF : longueur frais	
Actinopyga echinites	1	11	47
	2	3	-
Actinopyga mauritiana	4	5	46
Holothuria atra	4	8	48
Holothuria fuscogilva	1	8	44
	4	10	52
Holothuria nobilis	1	9	51
	3	9	-
	4	8	55
Holothuria scabra	2	5	-
Holothuria scabra versicolor	1	6	38
Stichopus chloronotus	4	3	32
Stichopus variegatus	4	4	34
Thelenota ananas	1	5	38
	3	9	-
	4	6	36

Le produit sec, ou bêche-de-mer, est plus court et plus léger que le produit frais. Le traitement entraîne de fortes diminutions de la longueur et du poids des holothuries. La connaissance de ces paramètres est nécessaire, puisque l'échantillonnage du produit traité est l'une des techniques à employer pour effectuer une surveillance des exploitations. Le raccourcissement des animaux est essentiellement dû à la déshydratation au cours du fumage et du séchage. La perte de poids provient de l'éviscération et de la déshydratation. Ces deux paramètres sont en rapport avec la taille des individus, la forme de l'espèce et l'épaisseur de son tégument. Le tableau 14 résume les résultats obtenus, pour les principales espèces d'intérêt commercial, au cours de traitements expérimentaux. Le résultat dépend du pourcentage d'humidité du produit fini, ce qui explique les légères différences trouvées par les différents auteurs. La longueur de bêche-de-mer traitée est à peu près la moitié de celle de l'holothurie pêchée ; son poids varie, suivant l'espèce, entre 3 et 11 % du poids frais.

Différents critères de classement interviennent pour définir la catégorie commerciale des produits traités. Le premier critère est l'espèce qui a permis de définir les trois catégories commerciales, de valeur forte, moyenne ou faible. Si l'exploitation est plurispécifique, les produits sont donc d'abord triés par espèce (figure 36). Le second critère de classement est la dimension du produit. Selon les marchés, les catégories dépendent de la taille ou du poids. Elles sont en nombre variable, de deux à sept, suivant les espèces. Elles sont fréquemment définies en : très grand (XL), grand (L), moyen (M), petit (P) et très petit (XS). Chacune correspond à un intervalle de longueur ou de poids, celui-ci étant exprimé au moule (nombre de pièces par kilogramme). D'autres critères interviennent aussi sur le classement, comme l'aspect, l'odeur, la couleur, et la teneur en eau. En effet, l'apparence générale du produit détermine aussi la qualité et dépend du soin apporté aux différentes étapes du traitement. Il n'y a cependant pas de procédure standard de classement et celui-ci peut varier suivant le marché et parfois, sur un même marché, selon les importateurs. Il a donc été nécessaire d'établir les relations poids/longueur de la bêche-de-mer (tableau 15), pour définir les différentes catégories en usage. Le tableau 16 présente des exemples de catégories commerciales pour les deux espèces *H. nobilis* et *H. scabra*.

Figure 36 : Echantillons de bêche-de-mer des marchés de Hong-Kong et Singapour. 1 : *S. japonicus* ; 2 : redfish *A. echinites* ; 3 : sandfish *H. scabra* ; 4 : teatfish *H. nobilis*, cat. 4 ; 5 : prickly redfish *T. ananas* ; 6 : *H. nobilis*, cat. 2.



4.2 Production

Historique

Des recherches ont été menées pour suivre et analyser les tendances de l'évolution des exploitations depuis le XIX^{ème} siècle.

Les santaliers ont visité les îles Loyauté, l'île des Pins et la Grande Terre, à partir de 1841, avec l'espoir d'y installer aussi des pêcheries de bêche-de-mer. Les premières tentatives furent parfois difficiles, comme en témoignent l'attaque du brigantin "Bull" rapportée par Cheyne et celle de la "Mary" (Douglas, 1971). Dans les cargaisons des navires santaliers répertoriés par Shineberg (1973), et ayant fait escale en Nouvelle-Calédonie entre 1845 et 1855, la bêche-de-mer est mentionnée plusieurs fois. Jusqu'à 1865, le commerce est basé à Sydney, très influencé par l'homme d'affaires Towns. Lui et d'autres commerçants, Paddon et Henry, virent la nécessité d'installer des stations permanentes à l'île des Pins, puis l'île Nou devant Fort de France (aujourd'hui Nouméa), Païta et Ouvéa. Après la prise de possession

par la France en 1853, la bêche-de-mer, le bois de santal et l'huile de coco sont les principaux produits d'exportation. La production provient, pour la majeure partie, des concessions exploitées par les régisseurs de Paddon, Henry et Higginson. Certaines tribus de Mélanésiens, sous l'influence des missionnaires, exploitent aussi les holothuries, qu'ils vendent aux bateaux de passage. C'est aussi ce que font certains petits producteurs européens. Cette activité est souvent décrite dans les récits de cette époque, par exemple par Patouillet (1873). Pour évaluer la production de bêche-de-mer à cette époque, la chronique "Mouvement du Port" du journal "Le Moniteur Impérial", devenu ensuite "Le Moniteur", a été dépouillée. En effet, chaque semaine, les dates d'appareillage des bateaux sont mentionnées avec la destination et le détail de la cargaison. De même, le cabotage côtier peut renseigner sur les quantités et les zones de production, au moins pour la bêche-de-mer, ayant transité par Nouméa. La première mention en est faite dans le N° 96 de juillet 1861 sur le brick australien "Gazelle", chargé de treize sacs de bêche-de-mer. Entre 1862 et 1875, la chronique est régulière et permet de situer l'ordre de grandeur de la production. De 1865 à 1868, le commerce a été important, les tonnages arrivant par les caboteurs et partant sur Sydney, qui est la destination intermédiaire avant la Chine, concordent assez bien. Après un léger déclin, un nouveau "rush" se produit entre 1872 et 1874. Ensuite, le détail des cargaisons n'est plus donné régulièrement. En juin 1886, le journal devient "Journal officiel" et une rubrique trimestrielle des importations et exportations paraît. A partir de cette rubrique il est possible de suivre, l'évolution des exportations et la modification des activités du Territoire telles que la croissance de l'exploitation minière et celle de la production de coprah remplaçant l'huile de coco, le développement de l'agriculture et de l'élevage. Jusqu'en 1893, la production annuelle avoisine encore 40 tonnes, mais son importance relative a déjà fortement décliné.

Durant la première moitié du XXème siècle, les Bulletins de la Chambre de Commerce de Nouméa mentionnent les tonnages exportés. Le détail des exportations figure aussi dans un rapport non publié du Secrétariat Général du Gouvernement, intitulé "l'Economie de la Nouvelle-Calédonie en 1954". Les résultats sur les tonnages de bêche-de-mer et leur valeur par rapport aux exportations totales à l'exclusion des minerais, montrent de fortes fluctuations. Les tonnages sont rarement supérieurs à 50 tonnes. Un "boom" eut lieu entre 1922 et 1924 ; les cours ayant monté, les pêcheurs européens, mélanésiens et même quelques japonais, s'activent. Pendant ces années, la bêche-de-mer ne représente toutefois qu'un faible pourcentage des exportations. Ensuite, l'activité baisse, probablement en rapport avec les cours moins favorables, puis la pêche s'interrompt pendant la deuxième guerre mondiale.

Production actuelle

La période actuelle d'exploitation a démarré à la fin des années soixante dix. Des stages sur les techniques de préparation furent organisés par les Services Territoriaux en 1978 et 1979, mais les problèmes de commercialisation empêchèrent le développement de la pêche jusqu'en 1983, où des sociétés locales, appartenant à des néo-calédoniens d'origine chinoise, organisèrent la pêche, le traitement et l'exportation. Les statistiques des douanes permettent de suivre l'évolution de cette activité. Après des essais au début de l'année 1983, l'exportation régulière débute en juillet, en majorité à destination de Hong-Kong. Une croissance spectaculaire s'effectue en 1984, quatre sociétés se partageant le commerce dès juillet. Depuis cette période la production annuelle moyenne se situe vers 100 tonnes. Cette production n'est pas constante, elle fluctue entre des années fortes 1984, 1986, 1988, 1990 et des années de plus faible production 1985, 1987, 1989. La figure 37 montre la répartition des exportations entre les principales sociétés et les marchés mondiaux. Il y a eu quinze sociétés différentes, mais trois se partagent l'essentiel du marché. La première a récemment beaucoup décliné, la troisième beaucoup augmenté. La part des exportations destinée à Singapour a diminué jusqu'à disparaître et depuis 1989 la presque totalité est expédiée à Hong-Kong.

Figure 37 : Exportations de Nouvelle-Calédonie, en pourcentage du tonnage annuel, par société et par destination. 1, 2, 3 : principales sociétés ; 4 : autres.

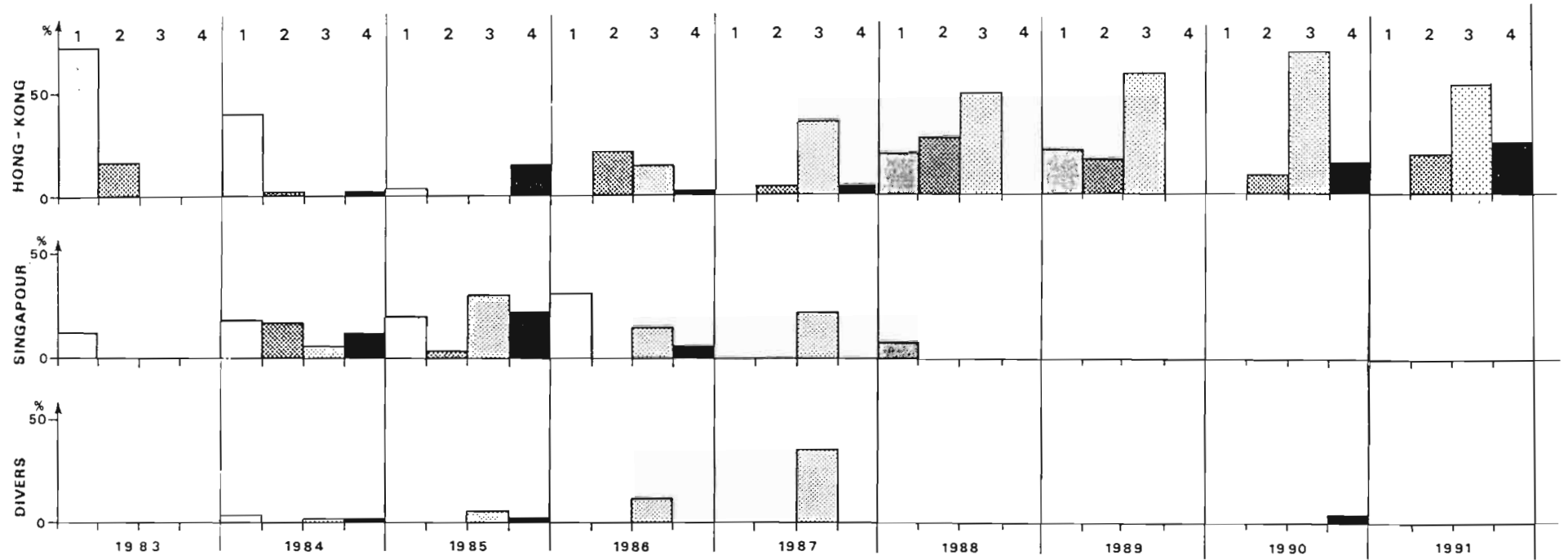
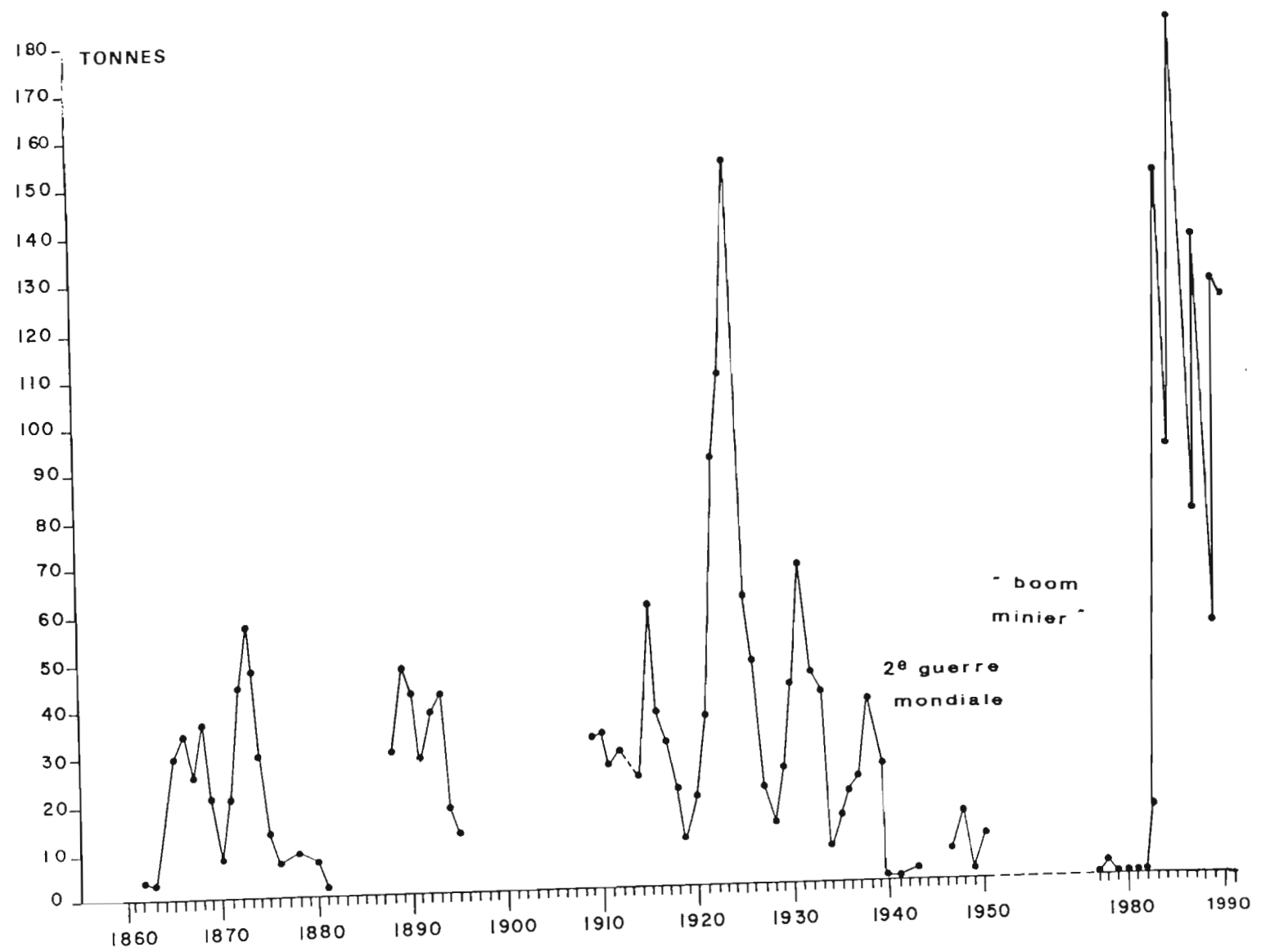


Figure 38 : Evolution des exportations de Nouvelle-Calédonie de 1862 à 1991.



La figure 38 résume l'évolution des exportations depuis 1860. Au cours de ces cent trente années, elles ont connu de très fortes fluctuations, certaines pouvant être mises en rapport avec des événements politiques, comme la deuxième guerre mondiale, ou économiques, comme le "boom" de 1922 à 1924 dû à un cours du marché mondial avantageux. Dans la période récente, l'exploitation est inexistante pendant le temps de prospérité minière et se développe pendant les crises, correspondant à un besoin de diversification des sources de revenus. Le niveau d'exploitation atteint ces dernières années sera-t-il maintenu et les stocks d'holothuries pourront-ils soutenir un tel effort de pêche ?

4.3 Statistiques de pêche, effort, prise par unité d'effort

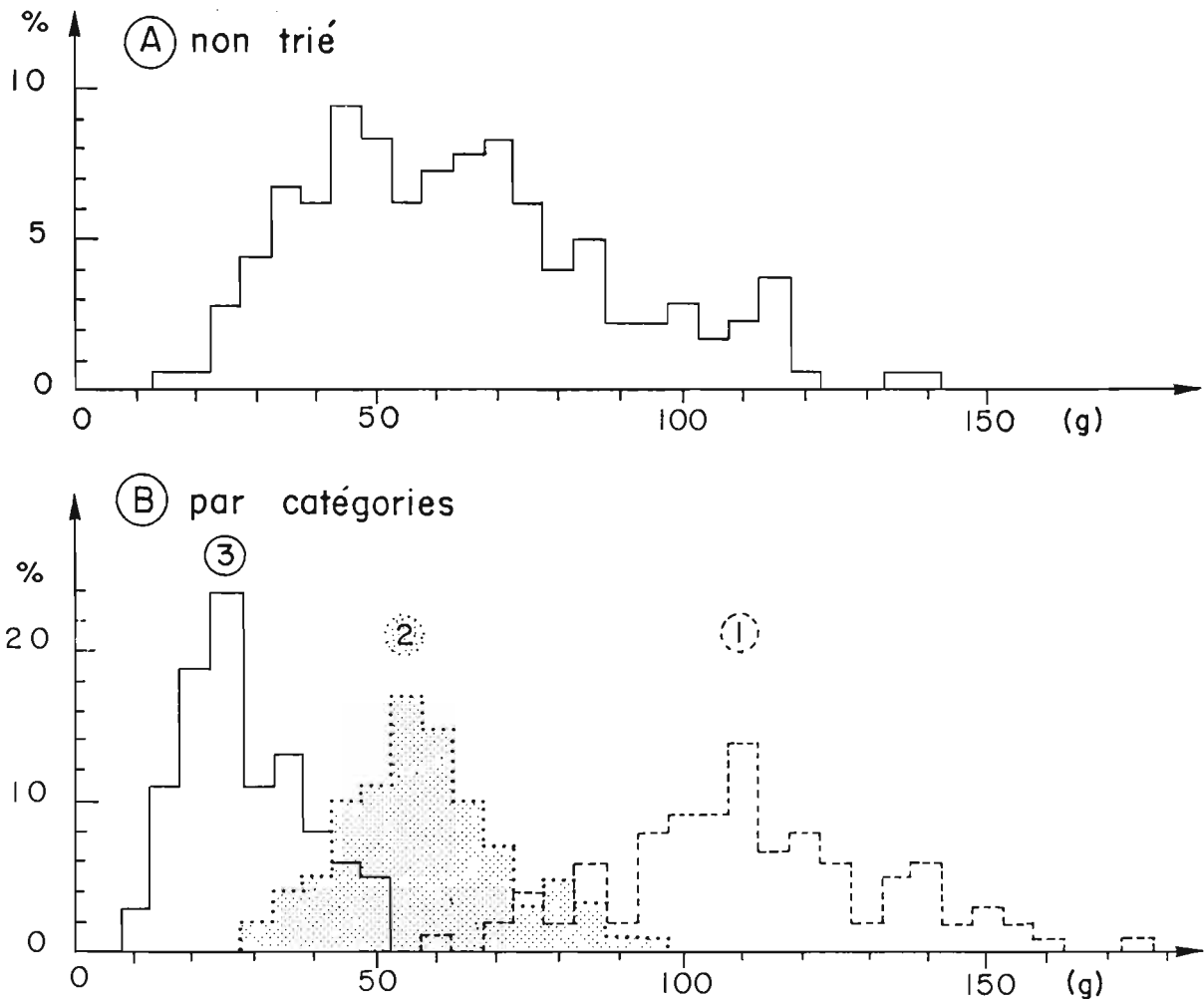
La pêche des holothuries ne fait pas l'objet de statistiques récoltées sur une base régulière. Un exemple d'évaluation scientifique de la prise par unité d'effort pour plusieurs espèces de Nouvelle-Calédonie a été présenté et les données comparées à celles d'autres chercheurs (cf 3.3). Un autre exemple est détaillé ici, à partir de l'évaluation des pêcheurs. Grâce à la collaboration d'un commerçant qui achetait les holothuries directement aux pêcheurs pour les traiter, une enquête a permis de suivre la première année de l'exploitation. Des fiches de pêche mensuelles récapitulent les captures par jour, par bateau, ainsi que l'effort, défini par le nombre de plongeurs et la durée des plongées. Les informations souhaitées sur le secteur géographique de la pêche et les conditions de la plongée n'ont pas pu être recueillies avec régularité. Les résultats sont présentés dans le tableau 17. La croissance de l'effort de pêche, par augmentation de la flotille d'une part et du nombre de jours passés à la pêche de l'autre, est évidente. L'enquête ayant montré qu'il y avait deux à trois plongeurs sur chaque bateau, qui passaient chacun de quatre à cinq heures en activité, l'effort de pêche d'un bateau se situe entre 8 et 15 heures par jour. Le calcul de la prise par unité d'effort a été réalisé en prenant une valeur moyenne de 12 heures. Un changement d'espèce exploitée s'est produit après quelques mois : *H. scabra* var. *versicolor* a été remplacée par *H. scabra* en raison des cours du marché et de la plus grande facilité des captures. Les valeurs des PUE, en poids frais, varient donc de 80 à 230 kg pour *H. scabra* et de 45 à 80 kg pour *H. scabra* var. *versicolor*. Le recueil des statistiques n'a pas pu être mené de la même façon chez les autres commerçants, peut-être en raison de la concurrence qui s'est rapidement instaurée dans cette activité. Il serait cependant souhaitable d'organiser la collecte de telles statistiques, au minimum par des opérations de sondage, pour suivre l'évolution des stocks, les changements d'espèces ou de zones d'exploitation.

Les statistiques concernant le produit traité ont aussi été recueillies au cours de la première année d'exploitation. L'échantillonnage doit porter sur les différentes espèces, qui sont parfois déjà classées en catégories. Des distributions de longueur, ou de poids, sont établies. A partir de celles-ci, en appliquant les relations calculées précédemment entre le poids frais et le poids traité, il est possible d'obtenir la distribution de fréquences des poids des individus pêchés. Il est difficile de définir la fréquence de l'échantillonnage, qui devrait tenir compte de la durée du séchage pendant lequel les produits s'accumulent et aussi de l'absence de périodicité des exportations. L'optimum serait de procéder aux mesures juste avant les expéditions, mais cette stratégie s'est avérée pratiquement impossible et l'échantillonnage mensuel a été retenu. Au cours des premiers mois de l'exploitation, les techniques d'entreposage ont aussi varié. Le tri en trois catégories, souvent effectué après le séchage, a entraîné la nécessité d'une stratification de l'échantillonnage. La figure 39 montre un exemple de distributions des poids secs de *H. scabra*, non triées (A), et triées par le producteur (B) en trois catégories de tailles. Il apparaît que les catégories se chevauchent légèrement ; de plus, les modes peuvent un peu varier d'une fois à l'autre. Il existe aussi des différences entre les exportateurs. Ces difficultés montrent qu'une bonne collaboration entre les entreprises, les administrations et les chercheurs est nécessaire pour acquérir une meilleure connaissance de la pêcherie et standardiser des procédures de recueil des statistiques.

Tableau 17 : Résultats de l'échantillonnage, pendant un an, de la pêche d'holothuries en Nouvelle-Calédonie. 1 : *H. scabra* ; 2 : *H. scabra* var. *versicolor* ; * : poids éviscéré.

MOIS	NOMBRE DE BATEAUX	NOMBRE DE JOURS DE PECHE		ESPECE	CAPTURES TOTALES (kg)	CAPTURES PAR JOUR (kg)	P.U.E. kg/plongeur/h
		Total	M par bateau				
1	2	12	6	2	5 440*	454*	38* = 63
2	2	12	6	2	4 070*	339*	28* = 47
3	2	14	7	2	7 020*	500*	42* = 70
4	3	11	4	2	4 490*	408*	34* = 57
5	4	15	4	2 + 1	8 345*	556*	46* = 77
6	3	26	9	2 + 1	12 900*	496*	41* = 68
7	2	18	9	2	6 715*	373*	31* = 52
8	3	12	4	1	15 333	1 277	106
9	2	8	4	1	15 900	1 988	165
10	2	5	3	1	13 883	2 776	230
11	4	26	6	1	38 842	1 494	124
12	6	52	9	1	52 145	1 002	83

Figure 39 : Echantillonnage de la production de *H. scabra*. Catégories cf. tableau 16. 1 : XL ; 2 : L ; 3 : S+ES.



4.4 Contraintes et retombées socio-économiques

L'étude de la production et celle des marchés (cf. 3.2) ont montré que les exploitations variaient beaucoup en intensité et dans leur répartition. Le marché mondial est complexe. Les étapes intermédiaires entre le pêcheur et le consommateur sont nombreuses : traitement, collecte éventuelle des bêche-de-mer, exportation, importation sur le marché mondial, conditionnement, marché de gros puis de détail. Il dépend en définitive de la demande de consommation par les populations chinoises. A une augmentation de la demande correspond une augmentation des captures, du traitement et du commerce. Le ralentissement souvent observé après une période de prospérité peut avoir des causes diverses : surexploitation entraînant une diminution des stocks et donc de la rentabilité de l'exploitation, diminution de la demande qui peut provenir d'une baisse de la qualité du traitement, diminution des cours sur les marchés de Hong-Kong ou de Singapour. Le contexte économique général joue un rôle de premier plan dans l'évolution de ces pêcheries. Ces dernières années, l'exemple en est donné par l'ouverture du marché chinois, ce qui a augmenté la demande de bêche-de-mer à Hong-Kong et facilité le démarrage de l'exploitation en Nouvelle-Calédonie. Mais cette nouvelle demande concernant des produits de faible qualité a entraîné des changements d'espèces cibles et une baisse de la valeur moyenne des importations et des réexportations à Hong-Kong.

La structure des coûts doit tenir compte des frais de pêche, de traitement et de transport. La pêche et le traitement ne nécessitent pas d'investissements importants et le produit traité se conserve bien, même en l'absence de réfrigération. Les frais de transport sont assez élevés pour la Nouvelle-Calédonie et les pays du Pacifique tropical en général, bien que les communications aient été facilitées ces dernières années.

Il semble que la structure actuelle des cours laisse un bénéfice raisonnable aux différents exploitants. Il est certain qu'il peut être augmenté, en suivant les suggestions des grossistes de Singapour qui recommandent :

- pêche des espèces en rapport avec les demandes spécifiques des marchés ;
- traitement conforme aux demandes des importateurs, en particulier en ce qui concerne le fumage ;
- tri des produits traités par catégories commerciales avant l'exportation ;
- approvisionnement régulier, tant en quantité qu'en qualité ;
- conditionnement approprié au long transport. Des bêches-de-mer expédiées dans des cageots de bois ou des cartons doublés de plastique sont plus à l'abri des risques d'avarie que dans des sacs de jute.

Les retombées sociales de l'exploitation des holothuries concernent l'emploi et l'amélioration du revenu des pêcheurs. S'y ajoute leur participation à la vie économique moderne. Pour les commerçants exportateurs, les gains sont intéressants. Le partage des ressources récifales est basé sur la tradition. Or elle peut s'effacer à proximité des centres urbains. Une concurrence peut alors exister entre différentes communautés pour l'accès à l'exploitation.

L'administration des pêches joue souvent un rôle important en organisant des stages de traitement, en aidant la création des coopératives et en facilitant la commercialisation.

Quelle que soit l'organisation, pêche et traitement des holothuries constituent rarement une activité exclusive; les pêcheurs diversifient leurs captures et les commerçants leurs exploitations, en fonction du contexte économique local et général.

5 - DYNAMIQUE DES POPULATIONS

La dynamique des populations s'appuie sur l'étude de variables qui s'appliquent à l'abondance des espèces et à des descripteurs individuels. La dynamique vise à modéliser leurs variations. Les populations d'holothuries ont été très peu étudiées jusqu'à présent, en particulier à cause des difficultés rencontrées pour l'étude de leur biométrie et de leurs structures d'âges. Les problèmes sont encore plus complexes dans le cas des pêcheries d'holothuries tropicales, car elles sont plurispécifiques et portent sur des espèces réparties dans une grande variété de biotopes.

5.1 Estimation des stocks

Biomasse potentielle par unité de surface des différents peuplements

Une présentation globale de l'abondance de l'ensemble des espèces et de la richesse des peuplements du lagon a déjà été faite (cf. 2.3). Les résultats qui se rapportent plus particulièrement aux espèces commerciales peuvent permettre une première évaluation de leurs stocks. Puisque, jusqu'à présent, la surface des différents biotopes du lagon n'a pas encore été mesurée, seule une biomasse potentielle par unité de surface peut être calculée. Celle-ci, en l'absence d'exploitation, correspond à une biomasse vierge, soit B_v . Cette biomasse est calculée pour les espèces commerciales des différents peuplements (tableau 18). Elle permet d'évaluer ensuite le potentiel en bêche-de-mer, en utilisant les relations obtenues précédemment (cf. tableau 14). Les pentes et les passes ont donc un potentiel en espèces commerciales assez faible par rapport aux platiers internes et externes. Le lagon interne et les baies ont des potentiels intermédiaires.

Cartographie des biotopes et biomasse potentielle

Lors des études sur les holothuries, la cartographie sédimentologique ou des communautés benthiques n'existait pas encore pour le lagon. Des images d'une simulation satellitaire SPOT ont pu être analysées et ont permis d'établir une cartographie thématique pour le

Tableau 18 : Biomasses en poids frais et potentiel en bêche-de-mer des espèces des différents peuplements.

PEUPELEMENTS	BIOMASSE (kg/ha)	BECHE DE MER (kg/ha)
Passe et pentes		
<i>H. nobilis</i>	8,7	0,8
<i>H. fuscogilva</i>	5,9	0,5
<i>T. ananas</i>	20,5	1,0
Lagon interne		
<i>H. scabra versicolor</i>	32,3	1,9
Platiers internes		
<i>A. militaris</i>	200,7	6,0
Platiers externes		
<i>A. mauritiana</i>	43,2	4,3
<i>A. echinites</i>	39,1	3,9
<i>S. chloronotus</i>	15,9	
Baies		
<i>H. scabra</i>	71,5	4,3

récif Ricaudy et l'îlot Maître. Parallèlement, un échantillonnage des holothuries sur le terrain a permis des évaluations de la richesse des différents thèmes. Les résultats ont été présentés et discutés (Conand, 1989a). Ils montrent un exemple d'utilisation possible de la télédétection dans des biotopes coralliens de profondeur inférieure à 3 m.

Des études plus récentes ont permis de cartographier les communautés des fonds meubles du lagon sud-ouest (Chardy et al. , 1988). Le groupe A, fonds de sable gris, correspond au biotope défini ici lagon interne ; il couvre environ 1000 km². Le groupe B, fonds de vase, correspond aux biotopes baie et chenal ; il couvre environ 700 km². Le groupe C, fonds de sable blanc correspond au biotope lagon externe ; il couvre environ 300 Km². Il est donc possible d'estimer la biomasse vierge en holothuries commerciales dans ces biotopes. Il convient de noter que le lagon externe n'héberge que des espèces sans intérêt commercial.

5.2 Structures d'âge et mortalités

Structures d'âge

La détermination de l'âge est un problème particulièrement difficile à résoudre pour les holothuries (cf. _ 2.5). Le squelette est un endosquelette qui comprend les spicules, la couronne calcaire péripharyngienne et, chez certaines espèces, les dents anales. La morphologie de ces éléments est très utilisée en taxonomie, mais leur utilisation pour déterminer la croissance se limite au marquage à la tétracycline de la couronne calcaire de *H. atra* (Ebert, 1978). L'expérience réalisée sur *A. echinites*, en Nouvelle-Calédonie, dans des conditions expérimentales similaires, n'a pas permis de mettre en évidence d'incorporation de la tétracycline. Les résultats obtenus sur quelques espèces, par les marquages et l'analyse des distributions de tailles (cf. _ 2.5), permettent cependant d'aborder l'étude des mortalités.

Mortalités

- A l'inverse de la croissance et de la reproduction, la mortalité fait diminuer la matière vivante du stock. La rapidité de cette diminution est exprimée par la relation :

$dN/dt = -ZN$, qui devient par intégration :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-Zt}$$

N_0 est le nombre initial d'individus,

N_t le nombre de survivants au temps t ,

Z est une constante, appelée coefficient instantané de mortalité apparente. Par ailleurs, ce coefficient, en absence d'exploitation, correspond à la valeur du rapport P/B , production sur biomasse exprimé par unité de temps, si l'on applique le modèle de croissance de von Bertalanffy (Allen, 1971) et permet donc des comparaisons entre populations ou entre espèces.

Plusieurs méthodes d'estimation de Z ont été présentées par Gulland (1969), Ricker (1975) et Pauly (1984). Les résultats du marquage concernant les taux de recapture peuvent être utilisés, malgré différents biais (Gulland, 1969) qui ne peuvent pas être négligés chez les holothuries. La méthode de la "courbe de capture" est pour sa part basée sur l'abondance des classes d'âge successives à un moment donné. Elle suppose que plusieurs hypothèses sont vérifiées.

La disparition apparente des individus, au cours d'opérations de marquage-recapture, ou mortalité apparente totale Z , a plusieurs causes. Elle peut être définie comme la somme de plusieurs coefficients instantanés :

$$Z = M + d + m + p$$

M est le coefficient de mortalité naturelle ;

d est le coefficient de disparition du secteur de recherche ; il comprend la migration et la dissimulation ;

m est le coefficient de mortalité dû au marquage ;

p est le coefficient de perte des marques.

Une évaluation des coefficients Z , d , m et p doit permettre d'en déduire la mortalité naturelle M .

La mortalité totale apparente a été mise en évidence par la diminution des effectifs recapturés au cours du temps (cf. Tableau 1). Elle peut être évaluée, en supposant que la valeur reste constante, par une méthode semi-graphique. Z correspond, en effet, à la pente de la régression linéaire entre le logarithme népérien des captures et le temps en années. Les valeurs de Z sont présentées par espèce dans le tableau 19. Elles sont assez élevées, mais laissent prévoir des valeurs plus faibles pour la mortalité naturelle, après soustraction des autres coefficients.

Le coefficient de migration ou de dissimulation, qui correspond à la disponibilité, n'a pas pu être déterminé, mais deux observations permettent de prévoir que sa valeur est faible. D'une part, l'analyse des déplacements (cf. _ 2.2) montre qu'ils sont probablement limités. D'autre part, la dissimulation ne semble pas très importante, car l'effectif des individus qui ne sont pas retrouvés à la première recapture, mais aux suivantes, est faible, de l'ordre de 5 % du total des recaptures pour les espèces de platier.

La mortalité due au marquage peut se décomposer en une mortalité immédiate et une mortalité consécutive. La première est certainement faible, d'après les observations réalisées sur *A. echinites* les tout premiers jours suivant le marquage. Il est difficile d'évaluer la mortalité consécutive, qui est probablement constante. Les observations d'éviscération et d'amaigrissement de certaines espèces sont des signes vraisemblables de son existence. Ce coefficient sera cependant négligé, ce qui entraînera une légère surestimation de la mortalité naturelle.

La perte des marques, enfin, a été considérée comme un facteur important à la suite d'observations réalisées en aquarium (Conand, 1983), de l'augmentation des cicatrices dans les populations marquées et d'expériences de double marquage. Des individus de plusieurs espèces ont été soumis à un double marquage. Lors des recaptures, la présence d'une seule marque est une preuve de la perte de l'autre. Comme pour la mortalité totale apparente, le calcul est effectué par la méthode semi-graphique de la régression linéaire du logarithme népérien des effectifs d'individus avec double marque, en fonction du temps. La pente, après changement de signe, correspond au coefficient p (tableau 20). La perte de marques est aussi directement mise en évidence par l'augmentation du pourcentage d'individus portant des cicatrices bien visibles sur le tégument. Ainsi, chez les quatre espèces récoltées en plongée, les mêmes individus peuvent être recapturés et marqués une seconde fois s'ils ont perdu leur marque depuis la capture précédente.

Tableau 19 : Coefficient de mortalité totale apparente, Z. n : nombre de couples ; r : coefficient de corrélation ; Z : valeur de la pente de la régression après changement de signe. (1), (2), (3) : stations d'étude de *H. nobilis*.

ESPECE	n	r	Z
<i>H. nobilis</i>	8	-0,81	2,70
	9	-0,86	3,34
	8	-0,81	2,44
<i>T. ananas</i>	20	-0,78	1,45
<i>A. echinites</i>	15	-0,74	1,34
<i>A. mauritiana</i>	16	-0,88	2,49
<i>H. scabra</i>	14	-0,84	2,11
<i>H. s. versicolor</i>	9	-0,77	2,08
	5	-0,72	2,67

Tableau 20 : Coefficient de perte des marques, p. t : jours depuis le marquage ; Rd : recapture double marque ; Rs : recapture simple ; r : coefficient de corrélation. C : pente de la régression après changement de signe.

ESPECE	t	Rd/Rd + Rs (%)	r	p
<i>A. echinites</i>	49	84	-0,92	0,70
	73	86		
	114	83		
	131	77		
	195	60		
	225	68		
<i>A. mauritiana</i>	86	87	-0,94	1,04
	106	79		
	170	73		
	225	50		
<i>T. ananas</i>	56	86	-0,97	0,95
	84	75		
	139	75		
	182	56		
	238	53		
	274	50		

La mortalité naturelle peut donc être estimée pour les trois espèces pour lesquelles p a été obtenu, avec :

$$M = Z - (d + m + p)$$

en négligeant $d + m$, la valeur de M , légèrement surestimée, est :

<i>A. echinites</i>	$M = 0,64$
<i>A. mauritania</i>	$M = 1,45$
<i>T. ananas</i>	$M = 0,50$

Ces valeurs constituent une première approximation puisque de nombreux biais existent avec cette méthode.

La détermination du coefficient instantané de mortalité Z a été faite pour *T. ananas* et *S. chloronotus*, par la méthode qui consiste à établir la courbe du logarithme de l'effectif de chaque groupe d'âge en fonction de l'âge. On suppose alors que Z est le même pour tous les âges, que les fluctuations du recrutement sont faibles et que l'échantillon est assez grand pour représenter la structure de la population.

Les courbes de capture sont établies à partir des distributions de fréquence des tailles. Ces distributions, à périodicité grossièrement trimestrielle, ont été cumulées, puis les longueurs transformées en âge à l'aide de la relation âge-longueur. A partir de cet histogramme, pour tenir compte du ralentissement de croissance des individus âgés, donc du temps passé à l'intérieur de chaque classe de taille, l'effectif est divisé par ce temps. Les captures ainsi modifiées, l'équation devient :

$$\text{Log} (N/(t_2 - t_1)) = a - Zt$$

N est l'effectif d'une classe de taille ;

t_1 et t_2 sont les âges à l'entrée et à la sortie de la classe ;

t est l'âge à la longueur médiane de la classe.

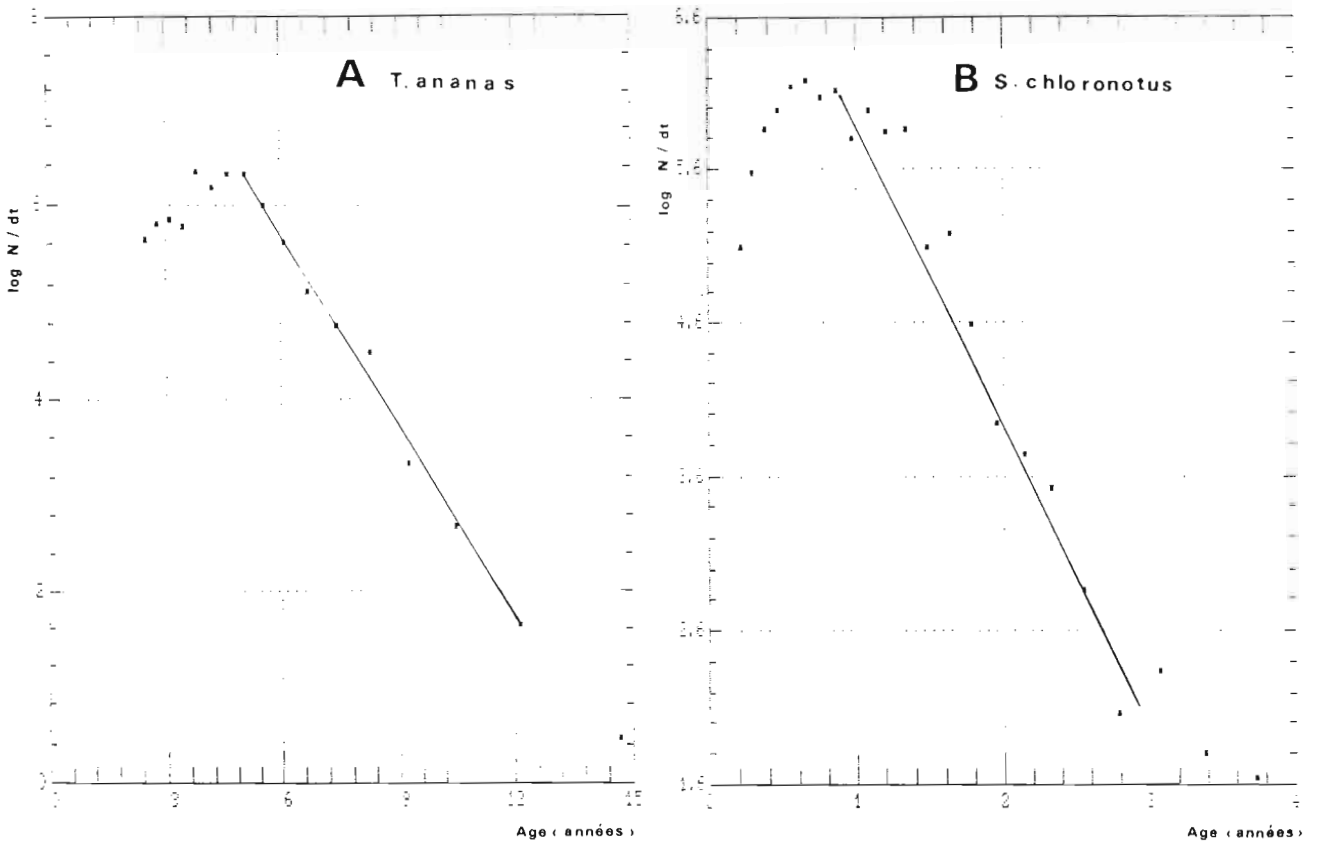
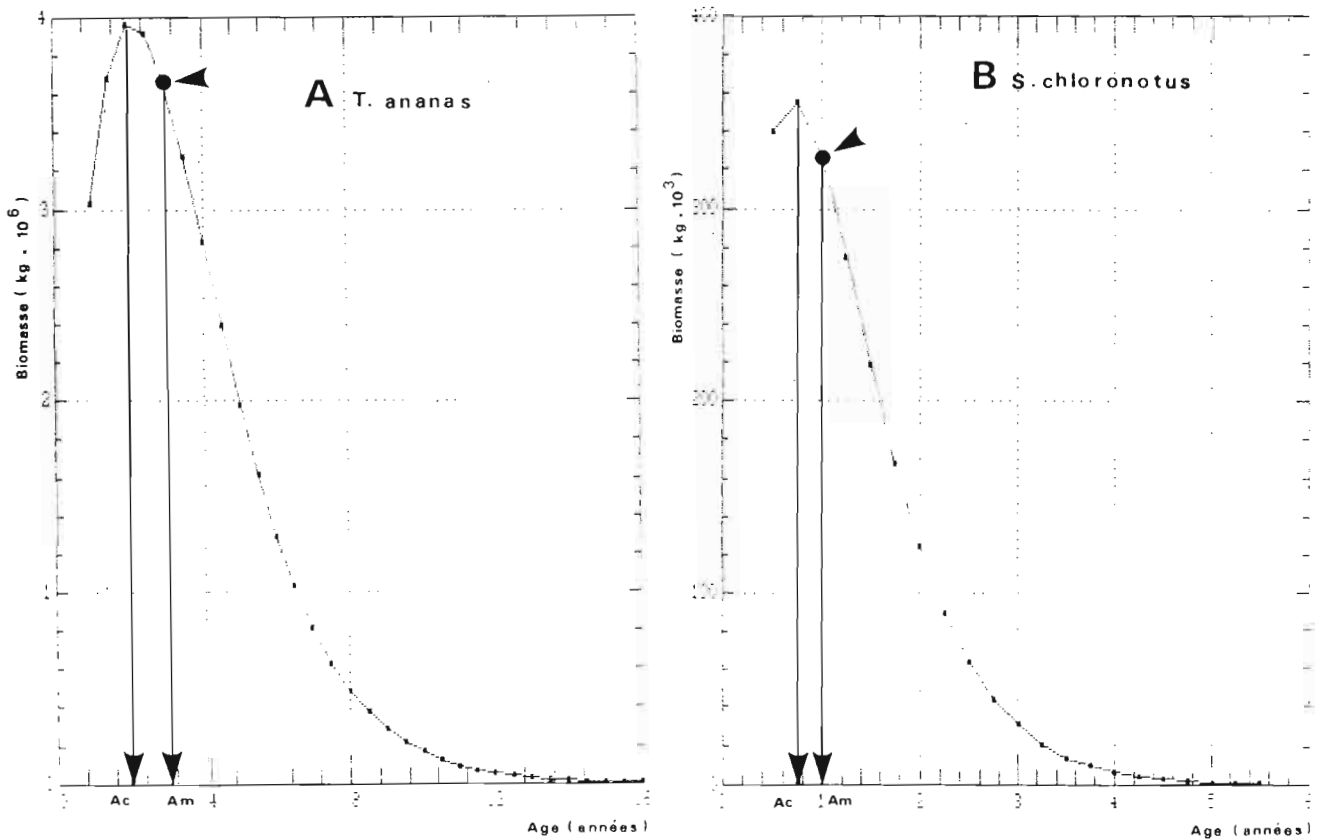
La représentation graphique, en coordonnées semi-logarithmiques, des effectifs en fonction de l'âge, est une courbe qui présente deux parties (figure 40); sa partie gauche, ascendante, correspond à la portion encore incomplètement disponible dont les points ne sont donc pas retenus; sa partie droite, descendante, est plus ou moins rectiligne et ses points, sauf les derniers qui correspondent aux vieux individus, sont utilisés pour le calcul de la pente, égale à $-Z$. Les valeurs obtenues sont :

<i>T. ananas</i>	$Z = 0,63$ avec $r = 0,99$ et $s = 0,02$
<i>S. chloronotus</i>	$Z = 1,79$ avec $r = 0,98$ et $s = 0,10$

Les valeurs de ces coefficients de mortalité étant obtenues en utilisant les paramètres de la croissance, ces évaluations sont très liées à celles de la croissance et soumises aux mêmes hypothèses, auxquelles s'ajoutent des hypothèses propres à la mortalité. Il convient donc d'être prudent dans l'utilisation de ces résultats.

5.3 Modélisation

Compte tenu du niveau actuel des connaissances sur les populations, les évaluations présentées ici restent préliminaires. Elles concernent d'une part l'évolution de la biomasse instantanée d'une cohorte non exploitée des deux espèces pour lesquelles les données de

Figure 40 : Courbes de captures établies pour *T. ananas* et *S. chloronotus*.Figure 41 : Evolution des biomasses instantanées des cohortes théoriques. A : 10 000 individus de *T. ananas* à l'âge de 1 an ; B : 10 000 individus de *S. chloronotus* à l'âge de 6 mois ; Ac : âge critique ; Am : âge de la première maturité.

croissance et mortalité permettent cette estimation, d'autre part des évaluations empiriques de la production maximale équilibrée.

Evolution des cohortes

A partir des paramètres de croissance (cf. 2.6) et de mortalité (cf 5.2) calculés pour *T.ananas* et *S. chloronotus*, il est possible de simuler l'évolution d'une cohorte théorique (figure 41). L'âge critique, A_c , pour lequel la biomasse est maximale, la longueur et le poids critique, L_c et P_c , sont comparés à l'âge, à la longueur et au poids à la première maturité sexuelle. Ainsi, pour *T. ananas* la première maturité est acquise vers 345 mm de longueur (cf. 2.7), l'âge correspondant est de 3 ans, alors que *S. chloronotus* est mature à la fin de sa première année d'après Franklin (1980). Chez ces deux espèces, si les hypothèses ayant servi aux calculs sont bien vérifiées, l'âge critique précéderait de quelques mois l'âge à la première maturité sexuelle. Il n'existe pas encore de donnée permettant des évaluations pour les autres espèces.

Estimation de captures potentielles

Deux évaluations approximatives pour des stocks vierges sont présentées. L'équation de Gulland (1969) peut être appliquée pour les espèces dont la mortalité naturelle a été évaluée (tableau 21).

$$PME = 0,5 M B_v (1)$$

PME est la prise maximale équilibrée.

M est la mortalité naturelle,

B_v est la biomasse du stock vierge (valeurs du tableau 8).

Cette formule est souvent critiquée, car le facteur 0,5 surestime la valeur des captures.

L'équation de Pauly (1984) ne nécessite pas la connaissance de la mortalité. Se basant sur les observations de Blueweiss et al. (1978) qui relie le taux d'accroissement intrinsèque et le poids moyen d'un organisme, il présente l'équation suivante :

$$r_m = 9,13 P^{-0,26}$$

r_m est le taux d'accroissement annuel,

P est le poids moyen, soit la demi-différence entre le poids maximum et le poids à la première maturité sexuelle. Il combine ensuite cette équation avec le modèle d'une croissance logistique, soit :

$$PME = (r_m B) / 4$$

En supposant que **B** est peu différent de **B_v**, il obtient :

$$PME = 2,3 P^{-0,26} B_v (2)$$

Malgré les bases empiriques et les approximations qui mènent à cette formule, elle a été appliquée aux différentes espèces d'holothuries (tableau 22). Il apparaît que les captures potentielles sont faibles, atteignant au maximum quelques dizaines de kg par hectare par an. Les valeurs obtenues pour *A. mauritania* et *S. chloronotus* sont un peu plus faibles que celles calculées avec l'équation (1); pour *A. echinites* elle est légèrement plus élevée et pour *T. ananas*, elle est intermédiaire entre les valeurs calculées précédemment.

S'agissant de stocks vierges, l'objectif de l'exploitation ne devrait pas dépasser deux tiers des PME calculées. L'ordre de grandeur se situe donc de quelques kilogrammes à quelques dizaines de kilogrammes par hectare, par an.

Tableau 21 : Estimation de la production maximale équilibrée (P.M.E.) par l'équation de Gulland (1971). M : coefficient de mortalité naturelle ; Bv : biomasse du stock vierge ; valeur de M obtenue (1) par les marquages, (2) par les distributions modales.

ESPECES	M	Bv (kg/ha)	PME (kg/ha/an)
<i>A. echinites</i>	0,64	39,1	12,51
<i>A. mauritiana</i>	1,45	43,2	31,32
<i>T. ananas</i>	0,63 (1)	20,5	6,46
	0,50 (2)	20,5	5,13
<i>S. chloronotus</i>	1,79	15,9	14,23

Tableau 22 : Estimations de la production maximale équilibrée (P.M.E.), par l'équation de Pauly (1984). Pmax : poids (frais maximum ; P₅₀ : poids à la première maturité ; P : (Pmax - P₅₀)/2 ; Bv : biomasse du stock vierge (cf. tableau 18).

ESPECES	P max (g)	P ₅₀ (g)	$2,3 \times P^{-0,26}$	Bv (kg/ha)	P.M.E. (kg/ha/an)
<i>A. echinites</i>	1 050	90	0,44	39,1	17,3
<i>A. mauritiana</i>	1 400	370	0,39	43,2	17,0
<i>T. ananas</i>	5 400	1 230	0,28	20,5	5,7
<i>H. scabra</i>	1 100	185	0,43	71,5	30,6
<i>H. s. versicolor</i>	2 500	490	0,34	32,3	11,1
<i>H. nobilis</i>	3 600	800	0,31	8,7	2,7
<i>H. fuscogilva</i>	3 600	1 175	0,30	5,9	1,8
<i>S. chloronotus</i>	400	80	0,55	15,9	8,8

6 - PROPOSITIONS D'AMENAGEMENT DE LA PECHERIE

6.1. Législation actuelle

En Nouvelle-Calédonie, il n'existe actuellement pas de mention particulière concernant les holothuries dans le Mémento sur la réglementation des Pêches Maritimes du Service Territorial de la Marine marchande et des Pêches maritimes (janvier 1992). La réglementation générale s'applique donc : "la commercialisation d'animaux marins pêchés à partir de navires ou embarcations non armés à la pêche professionnelle est interdite". La demande d'autorisation de pêche, ou son renouvellement, s'accompagne de l'obligation de la déclaration annuelle de production par les pêcheurs, ainsi que du prix à la première vente. L'étude du nombre de déclarations de production par le Service territorial montre que seulement 50 % des titulaires d'autorisation de pêche, ayant une activité régulière, déclarent actuellement leur production. Les estimations des captures et des productions de bêche-de-mer (cf. 4.2) sont donc basées sur les statistiques d'exportations. Il n'y a par ailleurs pas de législation particulière des exportations.

Dans d'autres pays du Pacifique tropical des législations existent, mais leur base est souvent empirique. L'exemple de Fidji, présenté par Adams (1992), montre l'évolution des législations récentes et des problèmes rencontrés. La très forte croissance des exportations de bêche-de-mer vers 1986-1987 ayant inquiété les autorités, une législation portant sur une taille minimale de 3 inches (7,6 cm) a été prise en 1988 pour les exportations, puis elle a été appliquée aux unités de transformation. Elle devait permettre le maintien du potentiel reproductif de l'espèce la plus exploitée : *A. miliaris* (driloli en fidjien). Mais la surveillance du respect de la législation est difficilement assurée. Par ailleurs, l'exportation de *H. scabra* (dairo), consommée localement (Conand, 1986), a été interdite en 1988, avec néanmoins une possibilité de dérogation accordée par le Ministère. Enfin, un autre problème a été soulevé à Fidji par la très forte augmentation du nombre de sociétés d'exportation étrangères (de 3 à 24, entre 1986 et 1988). Ainsi en 1989, une Association des exportateurs de bêche-de-mer a été créée dont seuls les membres recevaient un permis d'exporter, du Service des Pêches. Mais, à la suite de controverses, ces permis furent supprimés en décembre 1990. L'effet de ces permis semble cependant avoir été bénéfique pour maintenir une bonne qualité des produits et donc assurer des cours élevés.

En Australie, la pêcherie modeste du Queensland se répartit entre la côte Est et le détroit de Torrès, avec des réglementations différentes pour les deux zones ; elles concernent l'obtention des permis, les quotas et la zone autorisée pour la récolte (Beumer, 1992).

Dans certains pays de l'océan Indien, existe une réglementation des tailles des produits à l'exportation. Il en est ainsi pour l'espèce *H. scabra* à Madagascar, à Sri-Lanka et en Inde. Dans ce dernier pays par exemple, l'exportation de spécimens de longueur inférieure à 7,5 cm (soit 16 g environ) est interdite depuis 1982 (James, 1989).

Les pêcheries tempérées du Pacifique occidental sont anciennes. Au Japon par exemple, les mesures réglementaires pour protéger la ressource varient suivant les zones (Mottet, 1976; Arakawa, 1990). Elles comprennent des limitations de zones, de périodes, ou d'engins de pêche. Leur effet a rarement été évalué. Les pêcheries du Pacifique oriental sont récentes. Celle de l'état de Washington (U.S.A.) est surveillée par le Département des Pêches (Bradbury and Conand, 1991). Au cours de son développement, suivi grâce aux fiches de pêche des plongeurs licenciés, différentes réglementations sont intervenues : rotation de zones de pêche (avec fermeture pendant 3 1/2 années et ouverture 1/2 année), limitation des licences pour les bateaux. La ressource encore en place après une période de pêche est évaluée par les scientifiques, de même que le taux de récupération. Cette pêcherie est actuellement celle qui paraît le mieux documentée.

Après ce rapide exposé de la législation, nous allons présenter et discuter différentes mesures qui pourraient être adoptées en Nouvelle-Calédonie.

6.2. Mesures de limitation de la pêche

Des mesures restrictives permettent d'assurer le renouvellement des stocks. Elles se répartissent en deux catégories, limite de l'accès à la ressource ou à la pêche.

Limitation de l'accès à la ressource

La limite de taille tend à favoriser le recrutement, en laissant aux individus jeunes le temps de se reproduire. Pour la pêche d'holothuries, elle devrait être appliquée aux captures et aux produits traités en prenant en compte la réduction de taille due au traitement. Le contrôle sur les captures paraît difficile à exercer mais il serait souhaitable de sensibiliser les pêcheurs à cette notion. La taille réglementaire pourrait être contrôlée dans les unités de traitement et plus facilement encore à l'exportation. Le rejet des produits hors normes doit jouer un rôle dissuasif pour l'exportateur (qui est généralement aussi propriétaire de l'unité de traitement), qui répercutera les normes auprès des pêcheurs. Compte tenu des connaissances actuelles sur les espèces exploitées, une taille minimale peut être fixée pour chacune, d'après les données de première maturité sexuelle. Ces tailles, et poids sont présentés dans le tableau 23. Si l'on compare ces valeurs à celles des catégories commerciales de la pêche (cf. tableau 16), il apparaît que les petits individus ne devraient pas être pêchés.

Les captures potentielles ayant été évaluées pour les différentes espèces par unité de surface (cf. tableau 22), des quotas pourraient théoriquement être fixés. Leur répartition entre les propriétaires d'unités de traitement (ou les exportateurs) qui les répercuteraient ensuite entre les pêcheurs, paraît cependant assez difficile à réaliser.

La fermeture périodique de la pêche ne paraît pas adaptée pour des raisons d'ordre biologique, car toutes les espèces ne se reproduisent pas à la même saison (cf. 2.4), et économique, car les importateurs insistent sur la régularité des approvisionnements.

Des restrictions de zones de pêche, avec rotation, comme cela est appliqué dans l'état de Washington (Bradbury and Conand, 1991), paraissent efficaces pour la conservation des stocks, mais leur application pourrait se heurter à des coutumes locales. Elles ne devraient raisonnablement être envisagées qu'à l'échelle de l'ensemble des ressources du lagon, pour pouvoir être contrôlées.

Les différents moyens de limitation de l'accès à la ressource présentent donc des avantages et des inconvénients variés.

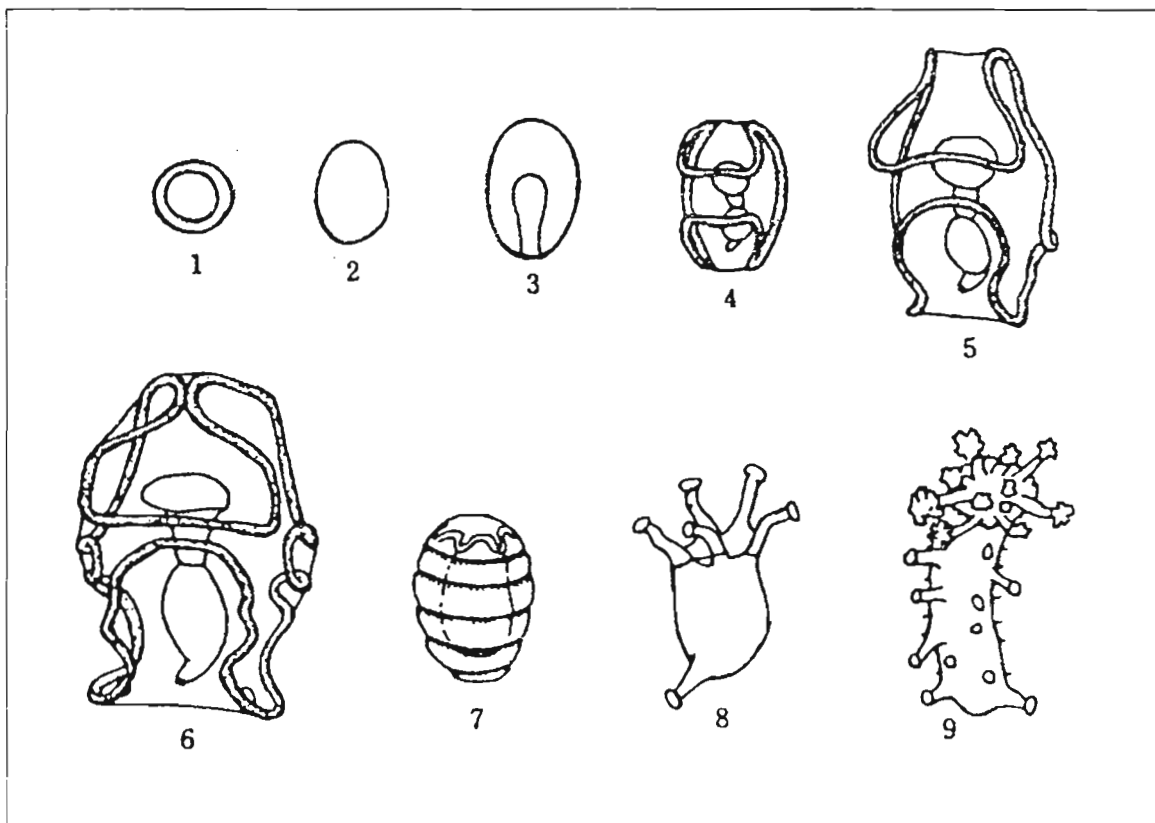
Limitation de l'accès à la pêche

La limitation de l'accès à la pêche, que ce soit par des licences ou par l'attribution de zones de pêches, paraît difficile à envisager dans le contexte social de la Nouvelle-Calédonie. Instaurer des licences de pêche spécifiques pour les holothuries, ne paraît pas réaliste dans l'état actuel du recueil des statistiques et de la diversité des activités de pêche pratiquées par les pêcheurs d'holothuries. Il serait probablement plus judicieux d'instaurer des licences de traitement des holothuries, ou d'exportation, si un système de quotas était institué. L'attribution de zones de pêche ne semble pas une mesure intéressante pour une ressource benthique sédentaire, généralement exploitée localement par les populations côtières.

Tableau 23 : Valeurs utilisables pour une réglementation des captures, ou du produit traité, basées sur la taille (L_{50}) ou le poids (PO_{50}) à première maturité sexuelle. % : pourcentage du paramètre sec par rapport au frais.

ESPECE	LONGUEUR (mm)			POIDS (g)		
	L_{50}	%	Traitée	P_{50}	%	Traitée
<i>H. scabra</i>	160	38	60	184	5	10
<i>H. scabra</i> var. <i>versicolor</i>	220	38	85	490	6	30
<i>H. nobilis</i>	260	51	130	800	9	70
<i>H. fuscogilva</i>	320	44	140	1175	8	95
<i>T. ananas</i>	300	38	115	1230	5	60
<i>A. echinites</i>	120	47	55	90	11	10

Figure 42 : Différents stades du développement de *Stichopus japonicus*. 1 : oeuf fécondé; 2 : segmentation; 3 : gastrula; 4,5,6 : auricularia jeune à âgée; 7 : doliolaria; 8 : pentactula; 9 : juvénile (d'après Arakawa,1990).



6.3 Reconstitution de stocks

Des expériences de repeuplement par diverses méthodes, allant de l'amélioration du milieu à l'aquaculture, ont été mises en oeuvre depuis longtemps pour l'espèce tempérée *Stichopus japonicus* par les japonais et les chinois.

Au Japon, la reproduction et l'élevage larvaire sont pratiqués pour réensemencer le milieu selon des techniques décrites par Arakawa (1990), (traduit par Izumi, 1992), Ikeda et Katayama (1984) (traduit en 1988) et différentes publications en japonais. La ponte est induite chez les géniteurs par un choc thermique. A 24°C, le développement dure environ 3 semaines jusqu'à l'obtention des juvéniles. La figure 42, d'après Arakawa (1990), illustre les différents stades dont la chronologie est la suivante : 1 : oeuf fécondé ; 2 : segmentation 1h40 mn ; 3 : gastrulation 22 h ; 4 : auricularia jeune 45 h ; 5 : auricularia 6 j ; 6 : auricularia âgée 10 j ; 7 : doliolaria 12 j ; 8 : pentactula 13 j ; 9 : juvénile 22 j. Les larves sont aussi captées dans le milieu naturel avec des collecteurs. La culture peut se faire en cages en mer, ou en élevage où les larves sont nourries d'un mélange d'algues (*Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Monochrysis lutheri*). Les juvéniles sont lâchés dans le milieu lorsqu'ils pèsent 1 g environ, après quelques mois.

En Chine, dans les zones surexploitées, l'habitat est amélioré pour les adultes et les jeunes en augmentant les substrats durs par l'apport de roches et en immergeant des branches ; les adultes sont transplantés et les juvéniles ensemencés (Anonyme, 1990). Le développement larvaire, après induction de la ponte par choc thermique (ou mise à sec puis immersion des géniteurs), est identique à celui qui a été décrit précédemment. Dans les élevages, avec une densité larvaire de 500 larves par litre, la nourriture est constituée de mélange d'algues (*Dunaliella salina*, *Phaeodactylum tricornerutum*) à concentration de 15 000 cellules par millilitre. L'ensemencement dans la région de Qingdao a permis de multiplier la prise par unité d'effort par 16. Dans la baie de Houdatao, Sui *et al.* (1991) décrivent un ensemencement de 350 000 juvéniles qui présentaient, après 18 mois, un taux de survie de 55 % et dont le poids moyen individuel était alors de 81 g.

En ce qui concerne les espèces tropicales, des expériences de transplantation de juvéniles en vue de leur grossissement sont réalisées pour l'espèce *H. scabra* en Indonésie (Tuwo et Conand, 1992). Des jeunes de 6 cm de longueur sont récoltés et mis dans des enclos protégés par des filets, à densité de 5 à 10 individus par m². Après six mois, ils mesurent environ 20 cm et sont alors récoltés. Il serait souhaitable de poursuivre ces expériences, en en faisant varier les conditions.

La fécondation artificielle et l'élevage larvaire font l'objet de plusieurs programmes de recherche sur des espèces différentes. Ainsi, en Inde, les travaux portent sur *H. scabra* (James *et al.*, 1988). L'émission des gamètes, provoquée par choc thermique a permis d'effectuer la fécondation. Le développement larvaire a été effectué jusqu'à la métamorphose et la fixation des pentactula. A Taïwan, le développement larvaire de *A. echinites* est étudié, ainsi que les méthodes d'induction de la ponte (Chen and Chian, 1990 ; Chen *et al.*, 1991).

Les recherches sur les espèces tropicales sont beaucoup moins avancées que celles sur les espèces tempérées, d'une part en raison des connaissances encore rudimentaires de leurs cycles biologiques, d'autre part à cause de la diversité des espèces. Aucune recherche n'a encore été menée sur ce thème en Nouvelle-Calédonie.

7 - CONCLUSION

Les études réalisées en Nouvelle-Calédonie sur les holothuries commerciales ont permis d'apporter des éléments de réponse à certaines des questions posées en introduisant ce

chapitre. Il s'agit dans la plupart des cas, des premières données et résultats sur la biologie et l'écologie de ces espèces benthiques de grande taille.

Les huit espèces principales ont été classées en quatre catégories commerciales. La répartition et l'abondance de chacune a été déterminée en rapport avec les caractéristiques des milieux récifaux et lagonaires où elle vit. Les espèces de taille moyenne sont généralement dominantes. Les milieux les plus hétérogènes présentent la plus forte diversité. Aussi bien à l'échelle saisonnière que pluriannuelle, les populations paraissent assez stables.

L'étude de la biologie des populations du lagon sud-ouest a permis de préciser les principaux paramètres de leur biométrie (malgré la variabilité des mesures) et de leur reproduction (sex-ratio, cycle de reproduction, première maturité, fécondité). Les résultats obtenus sur la croissance et la mortalité sont plus hypothétiques à cause des diverses difficultés rencontrées pour appliquer les méthodes de marquage et de suivi des tailles modales. Ces approches ont cependant permis d'obtenir l'ordre de grandeur des paramètres et de montrer que, chez ces espèces, la croissance est plutôt lente et la mortalité faible. Envisagés de manière synthétique, les paramètres biologiques montrent un gradient qui correspond au classement des espèces suivant une masse croissante. Ce gradient peut être relié à leurs exigences écologiques. Ainsi, les platiers externes hébergent des espèces petites, à croissance et mortalité relativement élevées, présentes en populations denses, alors que les pentes coralliennes sont l'habitat d'espèces plus grandes dont la mortalité et la croissance sont plus faibles, ainsi que leurs densités. Pour les espèces des platiers et lagons internes, les valeurs sont intermédiaires. Il convient de mentionner l'absence de données sur la biologie d'*A. miliaris*, espèce des platiers internes, actuellement exploitée intensément.

L'analyse des pêcheries mondiales d'holothuries comme de celle de Nouvelle-Calédonie a mis en évidence leur type artisanal, leurs faibles moyens de production, la présence d'unités de transformation et leur finalité d'exportation des produits traités vers des marchés mondiaux (principalement Hong-Kong), d'où ils sont réexportés vers les consommateurs (essentiellement chinois). Cinq niveaux successifs ont été décrits pour l'étude de la pêcherie et le recueil possible de statistiques. L'étude historique des productions tant mondiales que de Nouvelle-Calédonie, montre les très fortes variabilités temporelles et spatiales dont les causes, suivant la période considérée, sont politiques, économiques, sociales, ou biologiques par affaiblissement de la ressource. La période actuelle, depuis 1985, correspond à une phase de très forte croissance, parfois accompagnée de changement d'espèce exploitée. Pour la Nouvelle-Calédonie, la biomasse vierge et les prises maximales équilibrées ont été évaluées pour chaque espèce, en se basant sur les résultats de biologie et d'écologie. Si l'exploitation est plurispécifique, il est intéressant de calculer la prise maximale équilibrée d'un peuplement. Ainsi, les pentes et les passes seraient susceptibles de fournir une dizaine de kilogrammes (poids frais) par hectare, par an et les platiers externes, trois fois plus. Ces valeurs mettent bien en évidence la caractère limité et donc fragile de ces ressources. Les pêcheries sont d'accès libre et gratuit. Différentes options de limitation, principalement de l'accès à la ressource, ont été présentées et discutées. L'amélioration du recueil des statistiques auprès des pêcheurs et la poursuite de leur collecte (par espèce et par société) à l'exportation doit permettre d'analyser les tendances générales. La nécessité de recherches interdisciplinaires pour l'étude des pêcheries artisanales a clairement été montrée lors du colloque "La recherche face à la pêche artisanale" (Durand et al., 1991). Les pêcheries d'holothuries pourraient constituer un volet d'un programme interdisciplinaire, comprenant des recherches socio-économiques, mené globalement pour l'ensemble des ressources halieutiques du lagon de Nouvelle-Calédonie.

REMERCIEMENTS : Je tiens à remercier l'ORSTOM qui m'a permis de réaliser ces recherches , Messieurs R. GRANDPERRIN et J. CLAVIER pour leurs corrections du manuscrit et la possibilité de publier cette synthèse.

8 - BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMSON N.J. & TOMLINSON P.K., 1961 - Fitting a von Bertalanffy growth curve by least squares, including tables of polynomials. Calif. Dept. Fish and Game, Fish Bull., 116 : 1-69.
- ADAMS T., 1992 - Resource aspects of the Fiji bêche-de-mer industry. S.P.C. Bêche-de-mer Inform. Bull., 4 : 13-16.
- ADITHIYA L.A., 1969 - Bêche-de-mer in Ceylon. Spolia Zeylan. Bull. Natl. Mus., Ceylon, 31(2) : 405-412.
- ALLEN K.R., 1971 - Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Board Can., 28 : 1573-1581.
- ANONYME, 1990 - Brief introduction to mariculture of five selected species in China. FAO-UNDP, SF/WP/9071 : 36 p.
- ARAKAWA K.Y., 1990 - A handbook on the Japanese sea cucumber : its biology, propagation and utilisation. Midori Dhabo (ed.), Tokyo, Japan (en japonais). Traduit par M. Izumi in : S.P.C. Bêche-de-mer Inform. Bull., 3 : 8-15.
- BAKUS G.J., 1973 - The biology and ecology of tropical holothurians. In : Biology and Geology of Coral Reefs. Vol. II, Biol. I. O.A. Jones & R. Endean (eds), Academic Press, New York : 325-367.
- BAYLISS-SMITH T., 1986 - Ontong Java Atoll : population, economy and society, 1970-1986. South Pac. Smallholder Proj., Univ. New England, occ. pap. 9, New South Wales, Australia : 56 p.
- BERTRAN G.C., 1936 - Some aspects of the breakdown of coral at Ghardaqa, Red Sea. Proc. Zool. Soc. Lond. : 1011-1026.
- BEUMER J., 1992 - Queensland's beche-de-mer fishery. S.P.C. Beche-de-mer Inf. Bull., 4 : 12.
- BIRKELAND C., 1989 - The influence of echinoderms on coral-reef communities. In : Echinoderm Studies, 3. Jangoux and Lawrence (eds). Balkema, Rotterdam : 1-79.
- BLUEWEISS L., FOX H., KUDZMA V., NAKASHIMA D., PETERS R. & SAMS S., 1978 - Relationship between body size and some life history parameters. Oecologia, 37 : 257-272.
- BOULAND, C., MASSIN C. & JANGOUX M., 1982 - The fine structure of the buccal tentacles of *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). Zoomorphology, 101(2) : 133-149.
- BRADBURY A., 1990. Management of the commercial dive fisheries for sea urchins and sea cucumbers. In : Proceedings from the Forum on Puget Sound's Biological

Resources. Status and Management. Armstrong and Copping (eds), U.S. EPA Publication 910/9-90-001 : 56-65.

- BRADBURY A. & CONAND C., 1991. The dive fishery for sea-cucumbers in Washington state. S.P.C., Bêche-de-mer Inf. Bull., 3 : 2-3.
- CHARDY P., CHEVILLON C. & CLAVIER J., 1988. Major benthic communities of the south-west lagoon of New Caledonia. Coral Reefs, 7 : 69-75.
- CHEN C.P. & CHIAN C.S., 1990 - Larval development of the sea-cucumber *Actinopyga echinites* (Echinodermata : Holothuroidea). Bull. Inst. Zool. Academia Sinica, 29 (2) : 127-133.
- CHEN C.P., HSU H.W. & DENG D.C., 1991 - Comparison of larval development and growth of the sea cucumber *Actinopyga echinites* : Ovary-induced ova and DTT-induced ova. Mar. Biol., 109 (3) : 453-457.
- CHERBONNIER G., 1980 - Holothuries de Nouvelle-Calédonie. Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris, 4e ser., 2(3) : 615-667.
- CHERBONNIER G. & FERAL J.P., 1984a - Les holothuries de Nouvelle-Calédonie, deuxième contribution (Première partie : Synallactidae et Holothuriidae). Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris, 4e ser., 6(3) : 659-700.
- CHERBONNIER G. & FERAL J.P., 1984b - Les holothuries de Nouvelle-Calédonie, deuxième contribution (Deuxième partie : Stichopodidae, Cucumariidae, Phyllophoridae, Synaptidae). Bull. Mus. natl. Hist. nat., Paris, 4e ser., 6(4) : 827-851.
- CHOE S., 1963 - Biology of the Japanese Common Sea Cucumber *Stichopus japonicus*, Selenka. Pusan National University, Pusan : 226 p. (en japonais).
- CONAND C., 1981 - Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinodermata) from the lagoon of New Caledonia. Bull. Mar. Sci., 31(3) : 523-544.
- CONAND C., 1982 - Reproductive cycle and biometric relations in a population of *Actinopyga echinites* (Echinodermata : Holothuroidea) from the lagoon of New Caledonia, Western Tropical Pacific. In: Echinoderms : Proceeding of the International Conference Tampa Bay. J.M. Lawrence (ed), Balkema, Rotterdam 437-442.
- CONAND C., 1983 - Méthodes d'étude de la croissance des holothuries et premiers résultats d'une expérience de marquage en Nouvelle-Calédonie. C.P.S. Lettres d'information sur les pêches, 26 : 33-40.
- CONAND C., 1986 - Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Deuxième partie. Les Holothuries. F.A.O. Doc. Tech. Pêches, 272.2 : 108 p.
- CONAND C., 1989a - Les holothuries *Aspidochirotes* du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Etudes et thèses ORSTOM, Paris : 393 p.
- CONAND C., 1989b - Comparison between estimations of growth and mortality of two Stichopodid Holothurians: *Thelenota ananas* and *Stichopus chloronotus* (Echinodermata: Holothuroidea). Proc. 6th Int. Coral Reef Symposium, Australia, vol. 2: 661-665.

- CONAND C., 1990 - The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. F.A.O. Fisheries Technical Paper, Rome, n° 272.2: 143 p.
- CONAND C., 1991. Long-term movements and mortality of some tropical sea-cucumbers monitored by tagging and recapture. In : *Biology of Echinodermata*, Yanagisawa Y. et al. (eds), Balkema, Rotterdam : 169-175.
- CONAND C. & BYRNE M., 1994 - A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Mar. Fish. Rev.*, 55(4).
- CONAND C. & CHARDY P., 1985 - Les holothuries *Aspidochirotes* du lagon de Nouvelle-Calédonie sont-elles de bons indicateurs des structures récifales ? In : *Proc. 5th Int. Coral Reef Congress*, Tahiti, vol. 5 : 291-296.
- CONAND C. & HOFFSCHIR C., 1991. Recent trends in sea-cucumbers exploitation in New Caledonia. S.P.C. Bêche-de-mer Inf. Bull., 3 : 5-7.
- CONAND C. & DE RIDDER C., 1990. Reproduction asexuée par scission chez *Holothuria atra* (Holothuroidea) dans des populations de platiers récifaux : 71-76. In : *Echinoderm Research*. De Ridder et al. (eds). Balkema, Rotterdam : 343 p.
- CONAND C. & SLOAN N., 1989 - World fisheries for Echinoderms: 647-663. In: *Marine Invertebrate Fisheries*, Caddy (ed.) Wiley & Sons: 752 p.
- CREAN K., 1977 - L'exploitation de la bêche-de-mer à Ongtong Java, dans les îles Salomon. C.P.S., Lettre d'information sur les pêches, 15 : 37-49.
- DA SILVA J., CAMERON J.L. & FANKBONER P.V., 1986 - Movement and orientation patterns in the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* Stimpson (Holothuroidea : Aspidochirotida). *Mar. Behav. Physiol.*, 12 : 133-147.
- DE RIDDER C., DUBOIS P., LAHAYE M.C. & JANGOUX M., 1990. *Echinoderm Research*. Balkema, Rotterdam : 343 p.
- DOUGLAS B., 1971 - The export trade in tropical products in New Caledonia, 1841-1872. *J. Soc. Océan.*, 31(27) : 157-169.
- DURAND J.R., LEMOALLE J. & WEBER J., 1991 - La Recherche face à la Pêche Artisanale. *Symp. Int.*, Montpellier 1989. Paris, ORSTOM : 1070 p.
- EBERT T.A., 1978 - Growth and size of the Tropical Sea Cucumber *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* Jäger at Enewetak Atoll, Marshall Islands. *Pacific Sci.*, 32(2) : 183-191.
- FANKBONER P.V. & CAMERON J.L., 1985. Seasonal atrophy of the visceral organs in a sea cucumber. *Can. J. Zool.*, 63 : 2888-2892.
- FRANKLIN S.E., 1980 - The reproductive biology and some aspects of the population ecology of the holothurians *Holothuria leucospilota* (Brandt) and *Stichopus chloronotus* (Brandt). Ph. D. Thesis, Univ. of Sydney : 253 p.
- GARDINER J.S., 1904 - The Maldive and Laccadive groups, with notes on other coral formations in the Indian Ocean. *Fauna u. Geogr. Mald. Laccad. Archip.*, 1(3) : 313-346.

- GENTLE M.T., 1979 - The fisheries biology of bêche-de-mer. South Pac. Bull., 29 : 25-27.
- GLYNN P.W., 1965 - Active movements and other aspects of the biology of *Astichopus* and *Leptosynapta* (Holothuroidea). Biol. Bull., 129 : 106-127.
- GUILLE A., LABOUTE P. & MENOUE J.L., 1986. Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie. ORSTOM (ed), Coll. Faune tropicale, Paris, 25 : 238 p.
- GULLAND J.A., 1969 - Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie : Analyse des populations. Man. F.A.O., 4 : 160 p.
- HALSTEAD B.W., 1965 - The Holothurioidea or sea cucumbers. In : Poisonous and venomous marine animals of the world. 1 : Invertebrates. Washington : 567-588.
- HAMMOND L.S., 1982a - Analysis of grain-size selection by deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. Mar. Ecol. Prog. Ser., 8 : 25-36.
- HAMMOND L.S., 1982b - Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. Bull. Mar. Sci., 32(2) : 549-571.
- HARRIOT V.J., 1980 - The ecology of Holothurian fauna of Heron Reef and Moreton Bay. M.S. Thesis, Univ. of Queensland : 153 p.
- HARRIOT V.J., 1985. Reproductive biology of three congeneric sea cucumber species *Holothuria atra*, *H. impatiens*, and *H. edulis*, at Heron Reef, Great Barrier Reef. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 36 : 51-57.
- IKEDA Z & KATAYAMA K., 1984 - On the artificial seedling and rearing experiments of settled juvenile of the sea cucumber *Stichopus japonicus*. Bull. Okayama Fish. Exp. Stn. 58 : 37-42 (en japonais).
- JAMES D.B., RAJANPANDIAN B., BASKAR B.K. & GOPINATHAN C.P., 1988 - Successful induced spawning and rearing of the holothurian *Holothuria (Metriatyla) scabra* Jaeger at Tuticorin. Mar. Fish. Infor. Serv. : 30-33.
- JAMES D.B., 1989 - Bêche-de-mer. Its resources, fishery and industry. Mar. Fish Inform. Serv., 92 : 30 p.
- JANGOUX M. & LAWRENCE J.M., 1980 - Echinoderm's nutrition. Balkema, Rotterdam : 400 p.
- KRISHNASWAMY S. & KRISHNAN S., 1967 - A report on the reproductive cycle of the holothurian *Holothuria scabra* Jäeger. Curr. Sci., 36 :155-156.
- KROPP R.K., 1982 - Response of five holothurian species to attacks by a predatory gastropod, *Tonna pernix*. Pacific Sci., 36(4) : 445-452.
- LAWRENCE J.M., 1980 - Numbers and biomass of the common holothuroids on the windward reef flat at Enewetak atoll, Marshall Islands. In : Echinoderms : present and past. M. Jangoux (ed.), Balkema, Rotterdam : 201-204.

- LAWRENCE J.M. & LANE J.M., 1982 - The utilization of nutrients by post-metamorphic echinoderms. In : Echinoderm Nutrition. M. Jangoux & Lawrence J. (eds), Balkema, Rotterdam : 331-371.
- LEVIN V.S., 1979 - A composition of feeding particles of some aspidochirote holothurians from the upper sublittoral zone in the Indo West Pacific. Biol. Morya Vladivostok, 6 : 20-28 (en russe).
- LEVIN V.S., 1982. Japanese sea-cucumber. U.S.S.R. Academy of Sciences Vladivostok : 191 p. (en russe).
- MASSIN C., 1982. Food and feeding mechanisms : Holothuroidea. IN : Echinoderm nutrition, Jangoux M. and Lawrence J.M. (eds), Balkema, Rotterdam : 654 p.
- MASSIN C. & DOUMEN C., 1986 - Distribution and feeding of epibenthic holothuroids on the reef flat of Laing Island (Papua New Guinea). Mar. Ecol. Prog. Ser., 31 : 185-195.
- McEUEEN F.S., 1988. Spawning behaviors of northeast Pacific sea cucumbers (Holothuroidea : Echinodermata). Mar. Biol., 98 : 565-585.
- MORIARTY D.J.W., 1982 - Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 33 : 255-263.
- MORIARTY D.J.W., POLLARD P.C., HUNT W.G., MORIARTY C.M. & WASSENBERG T.J., 1985. Productivity of bacteria and microalgae and the effect of grazing by holothurians in sediments on a coral reef flat. Mar. Biol., 85, 3 : 293-300.
- MORTENSEN T., 1937 - Contributions to the study of the development and larval forms of Echinoderms. III, Kgl. Dan. Vid. Selsk. Skr., 9, 7(1) : 1-65.
- MOTTET M.G., 1976 - The fishery biology and market preparation of sea cucumbers. Tech. Rep. Wash. Dep. Fish., 22 : 48 p.
- MUSCAT A., 1983 - Population dynamics and the effects on the infauna of the deposit feeding holothurian *Parastichopus parvimensis* (Clark). Ph. D. Thesis, Univ. of Southern California : 328 p.
- ONG CHE R.G. & GOMEZ E.D., 1985 - Reproductive periodicity of *Holothuria scabra* Jaeger at Calatagan, Batangas, Philippines. Asian Mar. Biol., 2 : 21-29.
- PATOUILLET J., 1873 - Voyage autour du monde : trois ans en Nouvelle-Calédonie. Dentu (ed), Paris.
- PAULY D., 1984 - Fish population dynamics in tropical waters : a manual for use with programmable calculators. I.C.L.A.R.M. Stud. Rev., 8 : 325 p.
- POWELL N.E., 1977 - Particle size selection and sediment reworking in a funnel feeder, *Leptosynapta tenuis* (Holothuroidea : Synaptidae). Int. Rev. ges. Hydrobiol., 61 : 385-408.
- PRESTON G., 1993 - Bêche-de-mer. In : Nearshore marine resources of the South Pacific, Wright A. and Hill L. (eds), Singapore National Printers : 371-407.

- RICKER W.E., 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.*, 191 : 382 p.
- ROBERTS D., 1979 - Deposit-feeding mechanisms and resource partitioning in tropical holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 37 : 43-56.
- ROBERTS D. & BRYCE C., 1982 - Further observations on tentacular feeding mechanisms in holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 59 : 151-163.
- SACHITHANANTHAN K., 1972 - South Pacific Islands Bêche-de-mer fishery. F.A.O., Fi : DP. RAS, Rome, 69, 102.11 : 32 p.
- SAVILLE-KENT W., 1893 - The great Barrier Reef of Australia ; its products and potentialities. W.H. Allen (ed), London : 387 p.
- SCALERA-LIACI L. & CANICATTI C., 1992. *Echinoderm Research 1991*. Balkema, Rotterdam : 254 p.
- SELLA A. & SELLA M., 1940 - L'industria del trepang. *Thalassia*, 4, 1 : 116 p.
- SHELLEY C., 1981 - Aspects of the distribution, reproduction, growth and fishery potential of holothurians (Bêche-de-mer) in the Papuan coastal lagoon. M.S. Thesis, Univ. of Papua New Guinea : 165 p.
- SHELLEY C., 1985 - Growth of *Actinopyga echinites* and *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata) and their fisheries potential (as beche-de-mer) in Papua New Guinea. In: *Proc. 5th Int. Coral Reef Congress, Tahiti*, vol. 5: 297-302.
- SHINEBERG D., 1973 - Ils étaient venus chercher du santal. *Pub. Soc. Etudes Hist. N.-C., Nouméa*.
- SLOAN N.A., 1979 - Microhabitat and resource utilization in cryptic rocky intertidal Echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Mar. Biol.*, 54 : 269-279.
- SLOAN N.A. & Von BODLUNGEN B., 1980 - Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Platform. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 2(3) : 257-264.
- S.P.C., 1979 - Bêche-de-mer of the tropical Pacific. A handbook for fishermen. Handbook 18, Nouméa, Nouvelle-Calédonie : 29 p.
- S.P.C., 1990. Bêche-de-mer, Information Bulletin, 1. Nouméa, Nouvelle-Calédonie : 14 p.
- S.P.C., 1992. Bêche-de-mer, Information Bulletin, 4. Nouméa, Nouvelle-Calédonie : 23 p.
- SUI X., LIN X., LIU X., WANG Q., CHEN C. & SUN J., 1991 - Releasing and enhancement of the artificially reared young sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. *Oceanol. Limnol. Sin.*, 22 (2) : 175-180.
- TREFZ S., 1958 - The physiology of digestion of *Holothuria atra* Jaeger with special reference to its role in the ecology of coral reefs. Ph.D. Thesis, Univ. of Hawaii, Honolulu : 149 p.

- TUWO A. & CONAND C., 1992. Developpments in bêche-de-mer production in Indonesia during the last decade. S.P.C. Beche-de-mer Inf. Bull.4 : 2-3.
- VUKI V. & VIALA F., 1990. Shrinkage and weight loss of nine commercial species of holothurians from fijian waters. SPC Fish. News., 51: 27-29.
- WEBB K.L., DUPAUL W.D. & D'ELIA C.F., 1977 - Biomass and nutrients flux measurements on *Holothuria atra* populations on windward reefs flats at Enewetak, Marshall Islands. In : 3rd Int. Coral Reef Symp. : 409-415.
- YAMANOUCHI T., 1939 - Ecological and physiological studies on the holothurians in the coral reefs of Palao Islands. Stud. Palao Trop. Biol. Stu.. 4 : 603-636.
- YAMANOUCHI T., 1956 - The daily activity rhythms of the holothurians in the coral reefs of the Palao Islands. Publ. Seto Marine Biol. Lab., 5 : 347-362.
- YANAGISAWA T. & YASUMASU I., OGURO C., SUZUKI N. & MOTOKAWA T., 1991. Biology of Echinodermata. Balkema, Rotterdam : 590 p.
- YINGST J., 1974 - The utilization of organic detritus and associated microorganisms by *Parastichopus parvimensis*, a benthic deposit-feeding holothurian. Ph. D. Thesis, Univ. South California : 154 p.
- YINGST J., 1982 - Factors influencing rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding Holothurian. Estuar. Coast. Shelf Sci., 14 : 119-134.

