

Etudes et Thèses

The cover features a large abstract graphic on the left side, consisting of several overlapping, wavy, curved bands. The top band is a solid, vibrant red. Below it are several thinner bands in various shades of red, pink, and light orange, creating a sense of depth and movement. The bands curve upwards and then downwards, resembling a stylized landscape or perhaps the profile of a lagoon. The background on the right is plain white.

LES HOLOTHURIES ASPIDOCHIROTES DU LAGON DE NOUVELLE-CALÉDONIE

BIOLOGIE, ÉCOLOGIE ET EXPLOITATION

C. CONAND

Éditions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

C. CONAND

**LES HOLOTHURIES ASPIDOCHIROTES
DU LAGON DE NOUVELLE-CALEDONIE**

BIOLOGIE, ECOLOGIE ET EXPLOITATION

Editions de l'ORSTOM

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

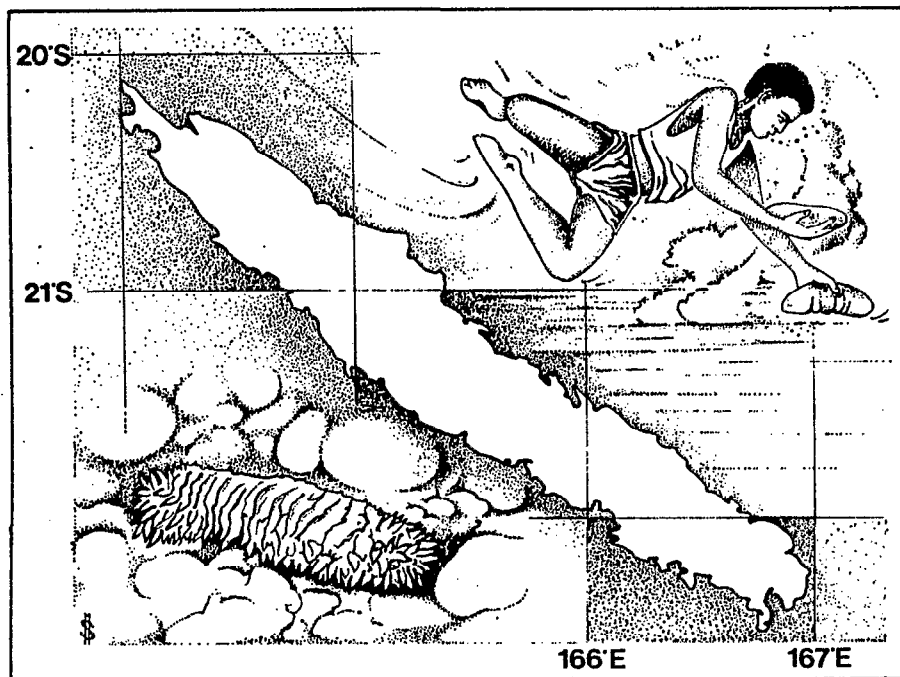
Collection **ETUDES et THESES**

PARIS 1989

Cette étude a fait l'objet d'une thèse
présentée à l'Université de Bretagne Occidentale le 2 Juillet 1988
pour l'obtention du grade de Docteur ès Sciences Naturelles.
Elle a été entreprise au Centre ORSTOM de Nouméa
et achevée au Laboratoire d'Océanographie Biologique
de l'Université de Bretagne Occidentale à Brest.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ayants cause, est illicite» (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.



*"Dans l'inaction
Elle a vécu l'holothurie
Dix-huit mille ans"*

Haïku de Shiki

RESUME

Certaines holothuries aspidochirotés (Echinodermes) sont pêchées et transformées en bêche-de-mer (ou trépang) pour la consommation humaine. Les 48 espèces récoltées en Nouvelle-Calédonie sont d'abord présentées et leur classement en catégories commerciales établi.

L'étude autoécologique a montré les caractéristiques de la répartition et de l'abondance de ces espèces, dans les divers biotopes récifaux et lagonaires. Elle a aussi permis de les classer suivant des gradients récifaux et bathymétriques, ainsi que d'après leurs affinités édaphiques. Plusieurs peuplements en holothuries (taxocénoses) ont été définis. Leur richesse numérique et pondérale décroît des platiers internes, au lagon interne, aux platiers externes, jusqu'au lagon externe et aux pentes coralliennes. Les peuplements paraissent stables.

L'étude de la biologie des populations des neuf principales espèces commerciales a permis de préciser les principaux paramètres de leur biométrie, reproduction, croissance et mortalité. La reproduction sexuée présente des traits assez homogènes chez ces espèces gonochoriques et itéropares dont le cycle sexuel est annuel, la première maturité tardive et la fécondité élevée. La croissance et la mortalité, particulièrement difficiles à étudier, sont assez faibles. Globalement, la masse moyenne des espèces semble reliée aux paramètres biologiques et écologiques. Il existe donc un gradient des stratégies adaptatives.

Les exploitations, en Nouvelle-Calédonie et dans d'autres pays du Pacifique Tropical Sud, sont décrites et les causes de leurs fortes variations sont analysées, en relation avec celles des marchés mondiaux de Hong-Kong et Singapour. Les prises maximales équilibrées sont évaluées à quelques dizaines de kilogrammes par hectare et par an, dans les biotopes

riches. Leur cartographie, dont un exemple utilisant des images haute résolution d'une simulation SPOT est présenté, reste nécessaire à l'échelle du lagon. Enfin, diverses options de gestion de la ressource sont discutées.

MOTS CLES : Echinodermes

Holothuries

Pacifique tropical

Récifs coralliens

Reproduction

Croissance

Biomasse

Halieutique

ASPIDOCHIROTE HOLOTHURIANS OF THE NEW-CALEDONIAN LAGOON :
BIOLOGY, ECOLOGY AND EXPLOITATION

SUMMARY

Some Aspidochirotid Holothurians (Echinodermata) are fished and processed into bêche-de-mer (or trepang) for human consumption. At first the 48 species collected from the New-Caledonian lagoon are presented and classified into commercial categories.

The main characteristics of the distribution and abundance of these species, in the different reefal and lagoonal biotops are defined by an autoecological study. Groups are also distinguished according to reefal and depth gradients, as well as by substrate preferences. Several holothurian assemblages (or taxocenoses) are described. Their richness (by number and by mass) decreases from the inner reef-flats to the inner lagoon, then the outer reef-flats up to the outer lagoon and the reef slopes. Populations appear to be stable.

The study of the population biology of the nine main commercial species enables the determination of the main parameters of their biometry, reproduction, growth and mortality. Sexual reproduction exhibits rather homogeneous characteristics : these species are gonochoric and iteroparous, have an annual sexual cycle, late sexual maturity and high fecundity. Growth and mortality, whose study is particularly difficult, are both quite low. On the whole, the mean mass of the species can be related to the biological and ecological parameters and a gradient in the adaptative strategies is shown.

Exploitations in New Caledonia and other countries of the South Tropical Pacific are described. The causes of their wide fluctuations are analysed and connected with Hong-Kong and Singapore markets. Maximum sustainable yields are estimated at about ten to thirty kilograms per

hectare per year in the rich assemblages. Their thematic mapping, an example of which is given using high resolution images from SPOT simulation, remains necessary for the lagoon as a whole. Lastly several options for fishery management are discussed.

A V A N T - P R O P O S

- - - - -

Avant de commencer l'exposé de cette thèse, je suis très heureuse de pouvoir exprimer ma plus vive gratitude à tous ceux qui m'ont permis de réaliser ce travail et m'ont apporté leur aide et leurs conseils.

Je tiens à remercier, en premier lieu, les personnes qui ont accepté de participer à ce jury :

- Monsieur M. GLEMAREC, Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale, m'a accueillie dans son laboratoire et a bien voulu diriger cette thèse. Je lui exprime toute ma gratitude pour la confiance qu'il m'a accordée, ainsi que pour ses conseils et ses critiques bienveillantes.

- Monsieur A. GUILLE, Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, a guidé mes premiers pas parmi les spécialistes d'Echinodermes et m'a encouragée tout au long de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de mes très vifs remerciements.

- Monsieur P. CHARDY, chercheur à l'IFREMER, a bien voulu me faire bénéficier de sa grande compétence en écologie benthique. Je lui suis très reconnaissante d'avoir accepté de juger ce travail.

- Monsieur A. GUILCHER, Professeur Emérite à l'Université de Bretagne Occidentale, a accepté de participer à ce jury. Je suis très honorée de sa présence et je le remercie très vivement.

- Monsieur J.C. LE GUEN, Directeur de Recherches à l'ORSTOM, a favorisé l'initiation de ce travail à Nouméa et lui a toujours porté un vif intérêt. Je lui adresse mes remerciements sincères.

- Monsieur B. SALVAT, Professeur à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, a accepté de participer à ce jury. Je lui en suis très reconnaissante.

- Monsieur J.M. LAWRENCE, Professeur à l'Université de Tampa, a toujours montré beaucoup d'intérêt pour ces recherches et m'a prodigué amicalement ses critiques pertinentes.

Je tiens à remercier tout spécialement la Direction de l'ORSTOM, Institut Français de Recherches pour le Développement en Coopération, qui m'a offert la possibilité de réaliser ces recherches dans le cadre de ses programmes du Centre de Nouméa. M. A. CROSNIER, alors Président du Comité Technique d'Océanographie, m'a confié la responsabilité de cette étude et je tiens à l'en remercier. Ma reconnaissance va aussi aux chercheurs et au personnel des Centres de Nouméa et de Brest.

Je voudrais particulièrement remercier M. C. HOFFSCHIR pour son aide au laboratoire, MM. P. LABOUTE, G. BARGIBANT, J. L. MENOU et P. TIRARD pour leur aide en plongée et les photos sous-marines, les équipages du N.O. "Vauban" et du "Dawa", commandés par MM. P. FURJC et R. PRONER, ainsi que mon époux François pour ses conseils.

Madame J. LAHAYE, Professeur Emérite, m'a accueillie chaleureusement à l'Université de Bretagne Occidentale et m'a toujours encouragée. Qu'elle soit assurée de ma profonde reconnaissance.

Je veux associer à ces remerciements mes collègues du Laboratoire d'Océanographie Biologique, tout particulièrement Mme M. GUILLOU, pour leurs encouragements.

La réalisation du manuscrit n'aurait pas été menée à bien sans la collaboration efficace de Mlle J. L'HOSTIS, M. R. MARC, Mme A. BERGOT, MM. L. CASTEL, A. COPPILET et J. MARC.

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

Les holothuries, connues dans le monde occidental sous le nom de concombres-de-mer, terme déjà employé par Pline "Cucumis marinus", sont consommées depuis des temps très anciens par les Chinois et les Japonais. Alors que ceux-ci apprécient le tégument cru "namako" et certains organes salés-fermentés, les populations chinoises consomment les holothuries sous forme de produit sec, "hai-som", obtenu par une préparation simple de cuisson et de séchage.

En Nouvelle-Calédonie, dès le dix-neuvième siècle, les holothuries avaient été pêchées et traitées pour être exportées en Chine. 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'O.R.S.T.O.M., maintenant 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 plusieurs questions.

- Quelles sont les espèces exploitables en Nouvelle-Calédonie ?
- Dans quels milieux, à l'échelle de l'ensemble du lagon, sont-elles abondantes, puisque le développement de cette exploitation doit être favorisé dans les villages et les tribus ?
- Leur croissance est-elle rapide, quelles sont les modalités de leur reproduction, quelle est leur longévité ? Toutes les espèces ont-elles des valeurs comparables pour ces paramètres biologiques ?
- Quelles sont les techniques de traitement pour obtenir le produit sec ou bêche-de-mer ? Quelles sont les caractéristiques du marché ?
- Enfin, quelles quantités peuvent être pêchées annuellement pour assurer une exploitation optimale et régulière ?

Les connaissances sur la biologie des holothuries, dont les 1 200 espèces environ sont réparties dans les mers, sous toutes les latitudes et à toutes les profondeurs, sont encore très réduites. Elles sont particulièrement faibles en ce qui concerne les espèces tropicales.

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. La présentation des résultats qui a été adoptée ici, tente d'apporter certains éléments de réponse aux différents points évoqués.

Le premier chapitre, à caractère introductif, présente d'abord l'ensemble des espèces d'holothuries aspidochirotés du lagon de Nouvelle-Calédonie, en détaillant pour chacune quelques points intéressants de systématique, de morphologie ou de répartition. En effet, parmi les six ordres que comporte la classe des holothurides, les aspidochirotés renferment la quasi-totalité des espèces exploitables, dont le classement en catégories commerciales a été établi.

L'écologie des espèces est traitée dans le deuxième chapitre qui débute par une présentation des milieux et des peuplements benthiques, très divers, des biotopes récifaux et lagonaires, en insistant sur le rôle des facteurs géomorphologiques et édaphiques. L'étude autoécologique des holothuries aspidochirotés a permis de préciser la répartition des espèces et leur abondance, tant numérique que pondérale. Celle des taxocénoses montre les liens entre les peuplements d'holothuries et l'organisation générale du lagon. Dans ce chapitre, la distinction entre espèces commerciales ou non, n'a été utilisée que pour faciliter la présentation, car elle n'a pas de fondement biologique ni écologique et c'est l'ensemble taxonomique qui est pris en considération. Le développement de la pêche correspond par contre à une prédation croissante, exercée par l'homme, sur un groupe d'espèces qui doit donc être bien identifié.

Le troisième chapitre concerne la biologie des dix principales espèces commerciales. Une discussion suit immédiatement l'exposé des résultats obtenus sur les principaux aspects de la biométrie de ces grandes espèces, des modalités de leur reproduction, de leur croissance et mortalité. Ce chapitre se termine par une conclusion synthétique sur les stratégies adaptatives de ce groupe d'espèces, en rapport avec leur environnement.

L'exploitation est étudiée dans le dernier chapitre. La pêche et le traitement n'ont démarré, en Nouvelle-Calédonie, qu'à la fin de la période où les recherches ont été menées. Leur développement, situé dans le contexte socio-économique actuel, est exposé. L'analyse de l'histoire des pêcheries de différents pays du Pacifique tropical et des marchés mondiaux permet par ailleurs, de mettre en évidence ses principales caractéristiques. Des éléments sont ensuite fournis pour une future gestion rationnelle de ces ressources. Après avoir montré les avantages des diverses stratégies possibles pour l'échantillonnage des pêcheries et ceux de la télédétection pour l'évaluation de stocks, les captures potentielles sont l'objet d'une première évaluation.

DIFFERENTES ESPECES D'HOLOTHURIES DE LA MACROFAUNE ET LEUR INTERET COMMERCIAL

1 - INTRODUCTION

Les holothuries de Nouvelle-Calédonie n'avaient pas été l'objet de récoltes et d'études détaillées avant le programme S.N.O.M. (Substances Naturelles des Organismes marins) mené par l'ORSTOM avec la collaboration d'autres laboratoires. Les nombreuses récoltes, effectuées principalement en plongée, ont permis d'inventorier les principales espèces (Cherbonnier, 1979 ; Intès et Menou, 1979 ; Cherbonnier, 1980 ; Cherbonnier et Féral, 1984). Récemment les principaux traits de la morphologie des espèces et de leur distribution, illustrés par des photographies sous-marines, ont été présentés par Féral et Cherbonnier dans le Guide des échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie (Guille et al., 1986). Leurs clefs de détermination, au niveau des genres, sont adaptées d'après Rowe (1969) et Clark et Rowe (1971). Dans cet ouvrage de Clark et Rowe sont aussi regroupées les références sur la distribution des espèces dans l'Indo-Ouest-Pacifique Tropical (I.O.P.T.).

La liste des espèces, récoltées au cours de l'étude présente et souvent déterminées par Mrs Cherbonnier ou Féral, est donnée dans le tableau 1. Ces 48 espèces appartiennent aux deux familles des Holothuriidae et des Stichopodidae. Elles correspondent pour leur majorité à celles qui sont inventoriées par Féral et Cherbonnier (1986). Pour chacune, une présentation succincte est faite, comprenant la description et la distribution. Celle-ci est basée sur les références de Clark et Rowe (1971) pour les seize zones de l'I.O.P.T., auxquelles sont ajoutés des travaux plus récents, en particulier ceux de Levin (1979) pour l'I.O.P.T., Tan-Tiu (1981) pour les Philippines et Liao (1984) pour la Chine. Les paramètres suivants mesurés en Nouvelle-Calédonie seront aussi précisés : longueur moyenne, longueur maximum et poids moyen frais. Les espèces commerciales dont la biologie sera détaillée, sont marquées par un astérisque dans le tableau 1 et dans le texte.

2 - ESPECES D'HOLOTHURIES ASPIDOCHIROTES, RENCONTREES AU COURS DE L'ETUDE

2.1 - FAMILLE DES HOLOTHURIIDAE

Les espèces sont caractérisées par un trivium habituellement aplati, un bivium couvert de papilles. Les gonades, en une touffe unique, sont situées à gauche du

Tableau 1 : Liste des holothuries aspidochirotés récoltées en Nouvelle-Calédonie au cours de l'étude.

* espèces dont la biologie sera détaillée au chap. 3

FAMILLE DES HOLOTHURIIDAE

- Actinopyga crassa* Panning, 1944
 **Actinopyga echinites* (Jaeger, 1833)
Actinopyga flammea Cherbonnier, 1979
Actinopyga lecanora (Jaeger, 1833)
 **Actinopyga mauritania* (Quoy et Gaimard, 1833)
Actinopyga miliaris (Quoy et Gaimard, 1833)
Actinopyga palauensis Panning, 1944
Actinopyga spinea Cherbonnier, 1980
- Bohadschia argus* Jaeger, 1833
Bohadschia maculisparva Cherbonnier et Féral, 1984
Bohadschia marmorata Jaeger, 1833
Bohadschia similis (Semper, 1868)
Bohadschia tenuissima (Semper, 1868)
Bohadschia vitiensis (Semper, 1867)
- Pearsonothuria graeffei* (Semper, 1868)
- Labiodemas semperianum* Selenka, 1867
- Holothuria (Acanthotrapeza) coluber* Semper, 1868
Holothuria (Cystipus) rigida (Selenka, 1867)
 **Holothuria (Halodeima) atra* Jaeger, 1833
Holothuria (Halodeima) edulis Lesson, 1830
Holothuria (Lessonothuria) verrucosa Selenka, 1867
Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea Jaeger, 1833
Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota (Brandt, 1835)
Holothuria (Mertensiothuria) pervicax Selenka, 1867
 **Holothuria (Metriatyla) scabra* Jaeger, 1833
 **Holothuria (Metriatyla) scabra* var. *versicolor*
 **Holothuria (Microthele) fuscogilva* Cherbonnier, 1980
 **Holothuria (Microthele) fuscopunctata* Jaeger, 1833
Holothuria (Microthele) nobilis (Selenka, 1867)
Holothuria (Platyperona) difficilis Semper, 1868
Holothuria (Semperothuria) flavomaculata Semper, 1868
Holothuria (Semperothuria) cinerascens Brandt, 1835
Holothuria (Stauropora) discrepans Fisher, 1907
Holothuria (Stichothuria) coronopertusa Cherbonnier, 1980
Holothuria (Theelothuria) maculosa Pearson, 1913
Holothuria (Thymiosycia) hilla Lesson, 1830
Holothuria (Thymiosycia) impatiens Forskäl, 1775
Holothuria (Thymiosycia) conusalba Cherbonnier et Féral, 1984
Holothuria sp. 1
Holothuria sp. 2
Holothuria sp. 3

FAMILLE DES STICHOPODIDAE

- Stichopus chloronotus* Brandt, 1835
Stichopus horrens Selenka, 1867
Stichopus pseudhorrens Cherbonnier, 1967
 **Stichopus variegatus* Semper, 1868
Stichopus sp. 1
Stichopus sp. 2
- **Thelenota ananas* (Jaeger, 1833)
Thelenota anax (H.L. Clark, 1921)

mésentère dorsal (cf. figure 48). Les spicules, de formes très diverses, ne présentent pas de corps en C ou en S.

2.1.1 - Genre *Actinopyga*

Dans ce genre les espèces possèdent 20 à 30 tentacules buccaux, l'anus est entouré de 5 dents calcaires ; les spicules sont en rosettes et en bâtonnets.

Actinopyga crassa

Cette espèce grise, à tâches blanches sur les flancs, a une forme cylindrique. Son tégument lisse et épais porte des papilles dorsales, blanches, coniques. Elle possède des canaux de Cuvier.

Longueur maximum 50 cm ; poids moyen 2300 g.

Elle est largement répartie dans l'I.O.P.T., de la Mer Rouge et Madagascar à la Papouasie-Nouvelle-Guinée et la Nouvelle-Calédonie où elle est rare.

**Actinopyga echinites* (figure 2)

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.

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

Elle est très largement répartie dans l'I.O.P.T. sauf à Hawaï.

Actinopyga flammea

Cette espèce a une face dorsale rouge à grandes papilles grises, la face ventrale est grise.

Longueur maximum 45 cm ; poids moyen 2700 g.

Elle a été récemment découverte en Nouvelle-Calédonie (Cherbonnier, 1980) où elle est rare.

Actinopyga lecanora

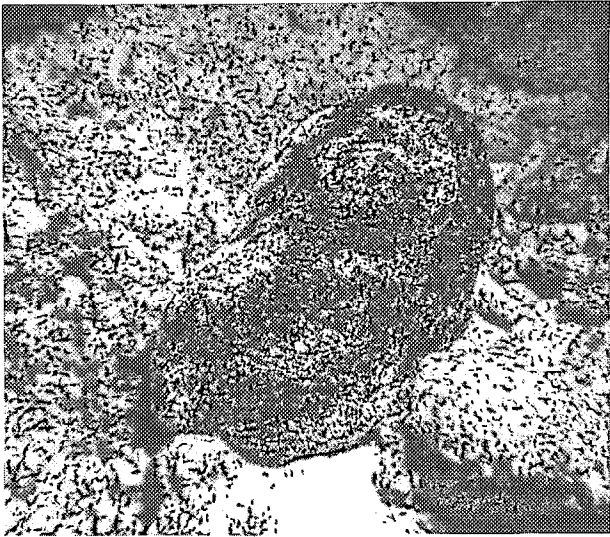
Cette espèce de couleur variable à tâches brunes est appelée couramment holothurie-caillou. Sa forme est cylindrique, effilée aux extrémités. D'activité nocturne, elle est cachée de jour dans des anfractuosités.

Longueur maximum 40 cm ; poids moyen 570 g.

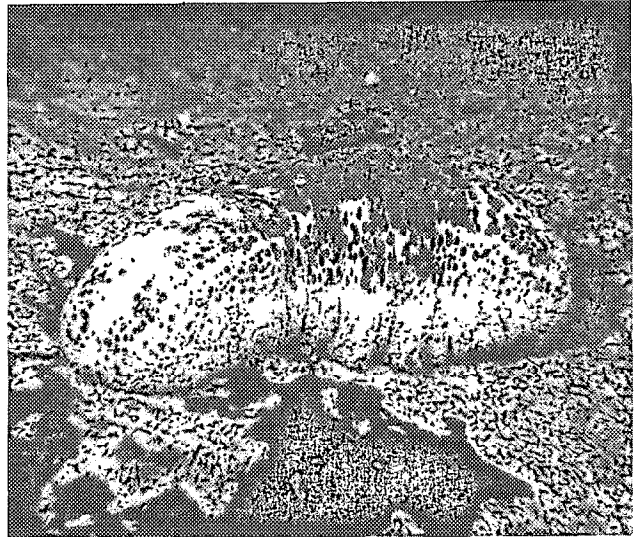
C'est une espèce commune de l'I.O.P.T.

**Actinopyga mauritiana* (figure 2)

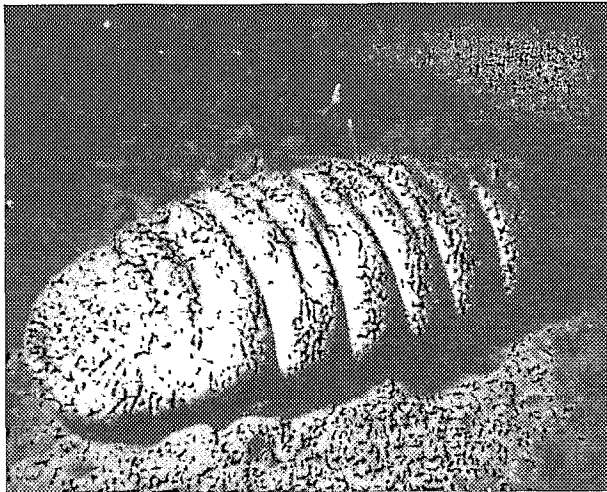
Cette espèce marron ressemble à *A. echinites*, dont elle se distingue par des tâches blanches particulièrement étendues autour de l'anus. Son tégument est épais (6 mm). Les podia, ventraux, sont très abondants sur les radius et permettent la forte résistance à l'arrachement par les vagues et les houles.



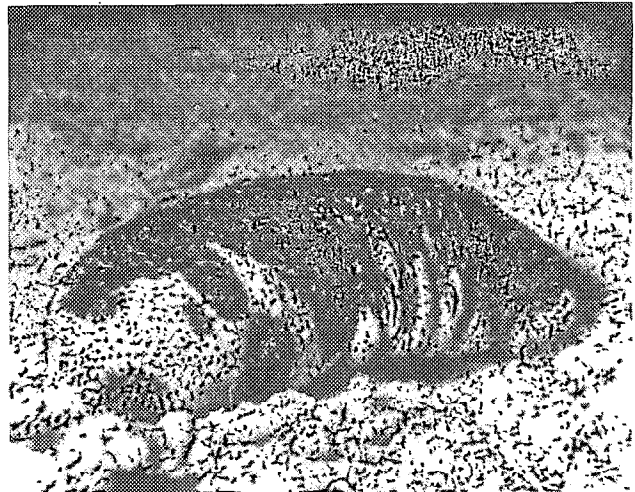
Holothuria nobilis



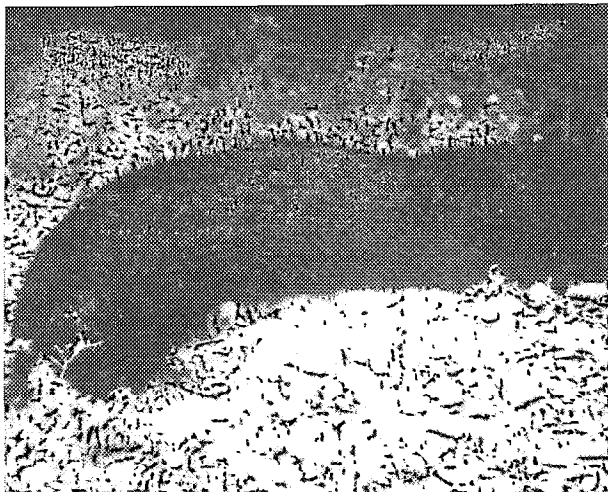
Holothuria fuscogilva



Holothuria scabra



Holothuria scabra var. versicolor



Actinopyga miliaris



Thelenota ananas

Figure 1 : Espèces d'holothuries d'intérêt commercial, catégories 1 et 2.

Longueur moyenne 20 cm, maximum 30 cm ; poids moyen 300 g.
Elle est commune en Nouvelle-Calédonie et largement répartie dans l'I.O.P.T.

Actinopyga miliaris (figure 1)

C'est l'une des trois espèces marron foncé à noir d'Actinopyga. Elle présente de nombreuses papilles sur le tégument dorsal qui secrète un mucus agglomérant des grains de sable souvent disposés selon un réticule.

Longueur moyenne 22 cm, maximum 35 cm ; poids moyen 400 g.
L'espèce Actinopyga fusca décrite par Cherbonnier (1980) ne différait que par la couleur plus claire du tégument et elle a été mise en synonymie avec A. miliaris par Cherbonnier et Féral (1984).

Actinopyga palauensis

Cette espèce entièrement noire, dont le tégument dorsal lisse et rigide se couvre souvent d'un réticule de sable corallien, est connue de Palau (Panning, 1944) et de Nouvelle-Calédonie (Cherbonnier et Féral, 1984). Lors de la récolte d'un échantillon en Nouvelle-Calédonie, en décembre 1978, plusieurs individus ont émis leurs gamètes dans le bac. Leur rapport gonado-somatique moyen (cf. chap. 3 -3.4) était 2,14 pour les mâles et 2,38 pour les femelles, vraisemblablement en période de reproduction, pour des individus de 34 cm de longueur moyenne, 1325 g de poids total et 890 g de poids ouvert.

Longueur moyenne 35 cm, maximum 40 cm ; poids moyen 1700 g.

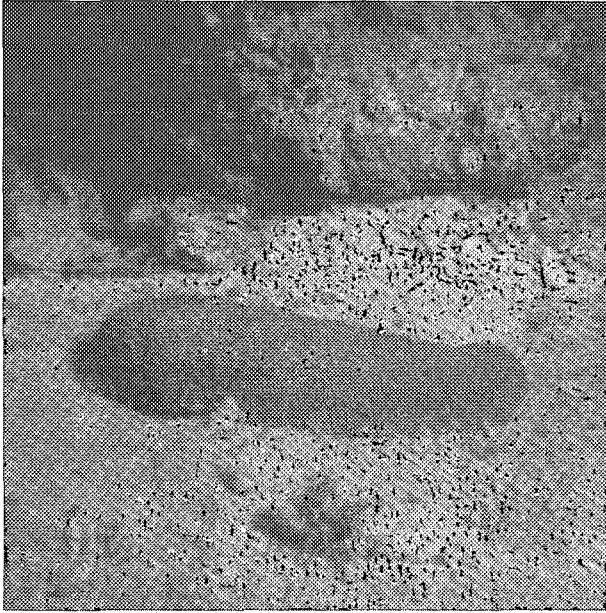
Actinopyga spinea

Cette espèce marron foncé à noir, récemment décrite en Nouvelle-Calédonie (Cherbonnier, 1980) vit plus au moins enfouie dans le sédiment.

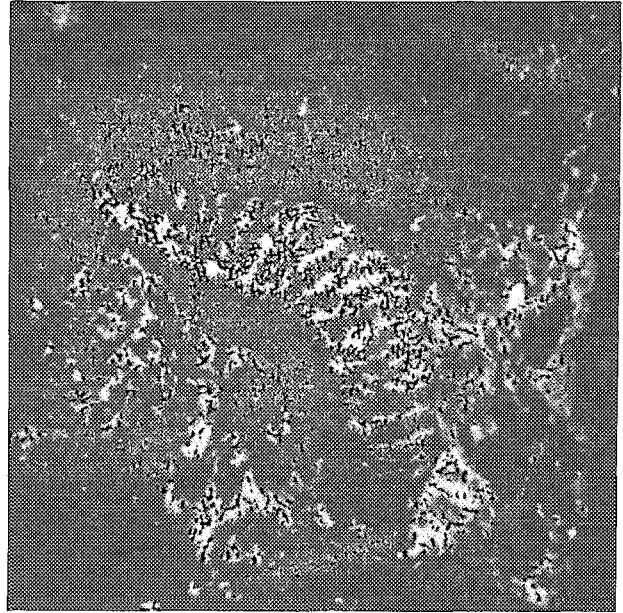
Longueur moyenne 27 cm, maximum 38 cm ; poids moyen 800 g.

2.1.2 - Genres Bohadschia et Pearsonothuria

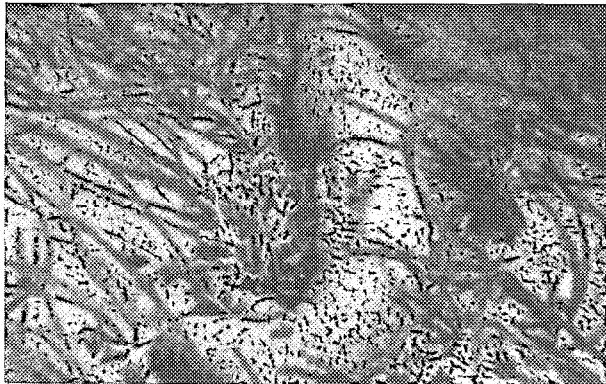
Les espèces de ces genres, très proches, possèdent 20 à 25 tentacules buccaux ; l'anus est souvent entouré de papilles radiaires ; les spicules comprennent des rosettes et des bâtonnets. La taxonomie de plusieurs espèces de grande taille de Bohadschia est complexe et leur validité est parfois remise en cause. Les discussions sur ces problèmes apparaissent dans les travaux de Clark et Rowe (1971) qui distinguent 13 espèces, Rowe et Doty (1977), Cherbonnier et Féral (1984) en particulier en ce qui concerne les cinq espèces B. marmorata, B. similis, B. koellikeri, B. tenuissima, B. vitiensis. Les auteurs optent soit pour le maintien des espèces différentes comme Clark et Rowe (1971) et Cherbonnier et Féral (1984), soit pour la création de sous-espèces de B. marmorata comme Théel, Pearson (1913) et Rowe et Doty (1977) qui se basent sur l'évolution de la



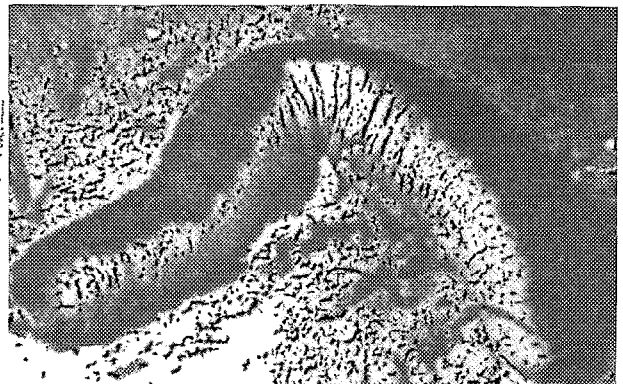
Actinopyga echinites



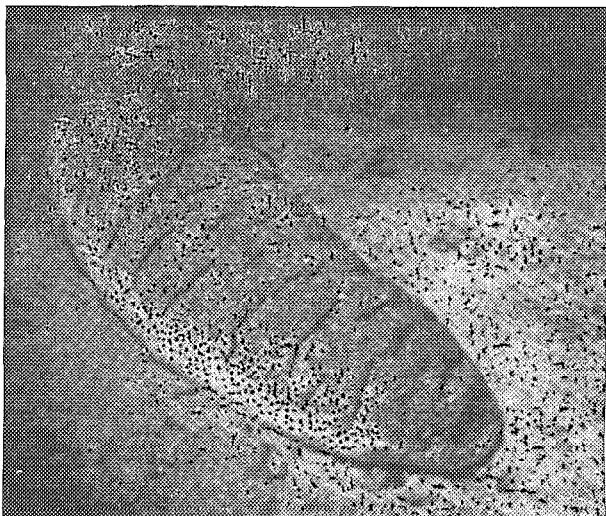
Actinopyga mauritiana



Holothuria atra



Holothuria edulis



Holothuria fuscopunctata



Thelenota anax

Figure 2 : Espèces d'holothuries d'intérêt commercial moyen et faible.

morphologie des spicules suivant la taille. les spécimens de la présente étude ont été déterminés, en suivant les descriptions de Féral et Cherbonnier (1986).

Bohadschia argus (figure 3)

Chez cette grande espèce, le tégument dorsal porte généralement des tâches circulaires marron avec un podia au centre. Dans certaines stations le tégument est marron avec des taches jaune vif. Ces individus pourraient correspondre à la description des Bohadschia sp. de Levin (1979). Elle rejette des gros canaux de Cuvier à la moindre excitation. Longueur moyenne 36 cm, maximum 50 cm ; poids moyen 1690 g. Elle est commune dans l'I.O.P.T.

Bohadschia maculisparsa

Cette grande espèce a été décrite en 1984, elle ressemble à B. marmorata mais le spécimen "est considéré comme une nouvelle espèce tant que les critères autres que les spicules et la couleur du tégument n'auront pas été mis en évidence" (Cherbonnier et Féral, 1984). Le tégument est lisse et épais (5 mm). Sa face dorsale claire porte des tâches marron de 0,5 à 1 cm de diamètre en rangées où s'intercalent parfois de plus grandes tâches. Les canaux de Cuvier sont longs. Longueur moyenne 45 cm, maximum 50 cm ; poids moyen 1840 g.

Bohadschia similis

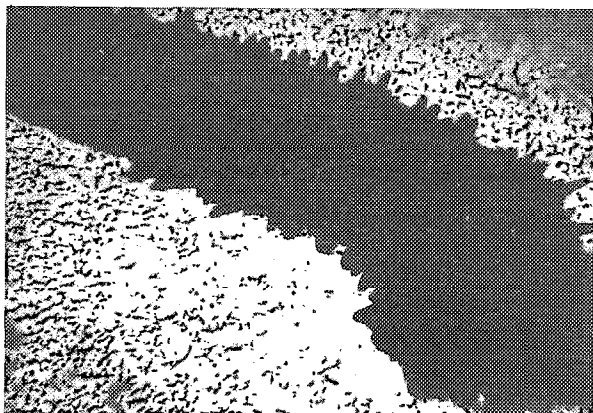
Cette espèce, plus petite, a aussi un tégument épais (5 mm). Sa face dorsale crème porte de grandes taches marron, souvent allongées et des ponctuations marron à la base des podias. Les canaux de Cuvier sont gros et abondants. Longueur moyenne 18 cm, maximum 26 cm ; poids moyen 260 g. Elle a été récoltée aux Iles Mascareignes, aux Philippines et dans les îles du Pacifique Sud, mais en raison des incertitudes taxonomiques sa répartition pourrait être plus large.

Bohadschia tenuissima

Cette espèce a un tégument plus mince que les précédentes (2 mm). Son corps est cylindrique, sa face dorsale grise ou brune porte de petites taches plus foncées. Les canaux de Cuvier sont abondants. Longueur maximum 30 cm ; poids moyen 700 g. Elle est répartie dans l'I.O.P.T.

Bohadschia vitiensis (figure 3)

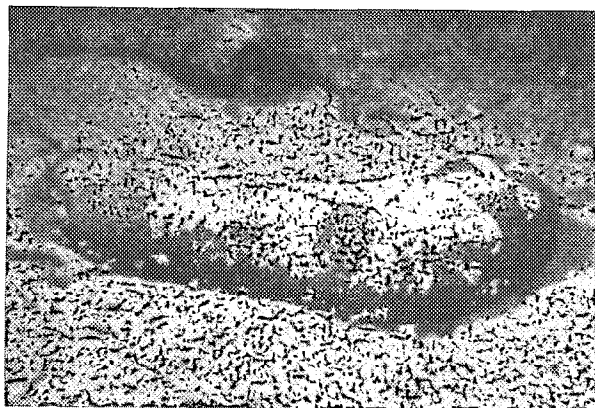
Cette espèce de forme cylindrique a un tégument épais (5 mm). Sa face dorsale de couleur jaune à marron porte des bandes transversales marron plus ou moins marquées. La base des podia est ponctuée de petites taches marron. Les canaux de Cuvier sont abondants et contiennent



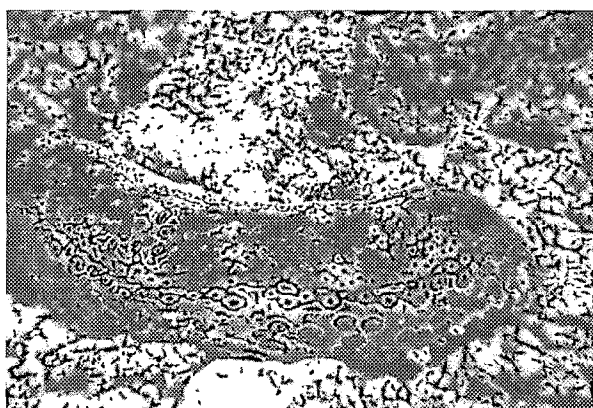
Stichopus chloronotus



Stichopus variegatus



Bohadschia vitiensis



Bohadschia argus

Figure 3 : Espèces d'holothuries sans intérêt commercial.

une sapogénine (Clastres et al. 1978).

Longueur moyenne 31 cm, maximum 35 cm ; poids moyen 1190 g.
Elle est largement distribuée dans l'I.O.P.T.

Bohadschia sp. aff. *marmorata*

Les spécimens d'une *Bohadschia* de grande taille ont un tégument épais (5-8 mm), entièrement marron, plus ou moins foncé. Les canaux de Cuvier sont abondants. Poids moyen 2800 g.

Pearsonothuria graeffei

Levin et al. (1984) ont récemment revu la taxonomie de l'espèce *Bohadschia graeffei* et ont créé pour elle le nouveau genre *Pearsonothuria*. Cette holothurie est beaucoup plus allongée que les autres *Bohadschia*, son tégument est mou, lisse et peu épais (2-3 mm). Sa face dorsale blanche présente de grandes taches marron, de petites taches noires et des papilles blanches.

Les 25 grands tentacules buccaux sont noirs. Les canaux de Cuvier ne sont généralement pas expulsés.
Longueur moyenne 35 cm, maximum 45 cm ; poids moyen 750 g.
Elle est largement répartie dans l'I.O.P.T.

2.1.3 - Genre Labidodemas

Labidodemas semperianum

Cette petite holothurie est caractérisée par sa couleur rosée et les bandes noires qui entourent respectivement la bouche et l'anus.
Longueur observée en Nouvelle-Calédonie 12 cm, poids 50 g.
Sa distribution semble limitée vers l'ouest au Golfe du Bengale.

2.1.4 - Genre Holothuria

Après les révisions de Pearson (1913), Panning (1929, 1935), Deichman (1958), Rowe (1969) a présenté une revue de la famille, où les 114 espèces du genre Holothuria se répartissent en 17 sous-genres dont la distinction est essentiellement basée sur la complexité des spicules.

Holothuria (Acanthotrapeza) coluber

C'est une espèce allongée, plus étroite dans la région antérieure. Son tégument noir et rigide contraste avec les podia ventraux et les papilles dorsales claires.
Longueur moyenne 40 cm et maximum 58 cm ; poids moyen 350 g.
Sa distribution semble limitée à l'Océan Ouest-Pacifique tropical, la Nouvelle-Calédonie étant la station la plus orientale.

Holothuria (Cystipus) rigida

Cette espèce assez rare en Nouvelle-Calédonie a un tégument grisâtre, rigide, sa face dorsale porte des papilles brunes.
Longueur moyenne 15 cm et maximum 20 cm ; poids moyen 100 g.
Elle est largement répartie dans l'I.O.P.T. de la Mer Rouge jusqu'à la Polynésie.

*Holothuria (Halodeima) atra (figure 2)

Cette holothurie cylindrique noire est très commune. Son tégument lisse est souvent couvert de sable, sauf en certaines zones circulaires qui ressortent en noir. Le tégument exsude un liquide rouge quand il est frotté.
Longueur moyenne 20 cm et maximum 45 cm ; poids moyen 140 g.
C'est l'espèce la plus commune et la plus largement répartie dans tout l'I.O.P.T.

Holothuria (Halodeima) edulis (figure 2)

Cette espèce est aussi cylindrique mais se distingue de la précédente par la coloration rose de ses côtés et de

sa face ventrale.

Longueur moyenne 20 cm et maximum 32 cm ; poids moyen 210 g.
A l'exception d'Hawaii et des îles occidentales de l'Océan Indien elle est répartie dans tout l'I.O.P.T.

Holothuria (Lessonothuria) verrucosa

Cette espèce subcylindrique de couleur brune porte des papilles dorsales à l'extrémité bleutée.
Longueur maximum 40 cm ; poids moyen 130 g.
Elle est répartie dans l'I.O.P.T.

Holothuria (Mertensiothuria) fuscocinerea

Cette espèce cylindrique de couleur crème à taches marron porte des verrucosités sur la face dorsale. Ses podia ventraux ont un anneau noir caractéristique. Ses canaux de Cuvier sont larges. Elle est souvent localisée sous les blocs avec d'autres espèces en particulier H. pervicax, H. verrucosa, H. impatiens et H. discrepans.
Longueur maximum 30 cm ; poids moyen 480 g.
Elle est répartie largement dans l'I.O.P.T.

Holothuria (Mertensiothuria) leucospilota

C'est une espèce noire très allongée, plus étroite dans sa partie antérieure. Son tégument lisse, doux au toucher, porte des nombreux podia et papilles. Ses tubes de Cuvier facilement expulsés sont particulièrement longs et étroits.
Longueur moyenne 35 cm et maximum 55 cm ; poids moyen 330 g.
Elle est largement répartie dans l'I.O.P.T.

Holothuria (Mertensiothuria) pervicax

Cette espèce au corps subcylindrique a un tégument lisse crème, orné de taches brunes. Les papilles dorsales sont de taille irrégulière, les podia ventraux sont marron. Ses canaux de Cuvier sont larges.
Longueur maximum 30 cm ; poids moyen 80 g.
Elle est largement répartie dans l'I.O.P.T.

*Holothuria (Metriatyla) scabra (figure 1) et
*H. (Metriatyla) scabra variété versicolor (figure 1)

Cette espèce de forme ovale a un tégument dorsal rugueux qui présente des plis transversaux bien marqués, de petites papilles, des podia et des petites taches noires. Sa coloration généralement unie en Nouvelle-Calédonie peut varier du gris clair au verdâtre ou noirâtre. Sa face ventrale plus claire est couverte de petits podia. Latéralement peuvent exister cinq bandes transversales plus sombres comme aux Philippines (Tan Tiu, 1981).
Il a paru possible de distinguer en Nouvelle-Calédonie une variété de cette espèce bien que l'absence de différence notable des spicules, de la couronne calcaire péripharyngienne et de l'anatomie ne permettent pas de décrire une

nouvelle espèce. 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. Si l'on regroupe les phénotypes en trois types (noir, tacheté, crème), la répartition, en Nouvelle-Calédonie, est présentée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Répartition des phénotypes de H. scabra var. versicolor en Nouvelle-Calédonie.
n : nombre d'animaux, % : pourcentage.

STATION	RECOLTE	PHENOTYPE					
		Noir		Tacheté		Crème	
		n	%	n	%	n	%
1. Herbier	Marquage	58	34	50	30	61	36
2. Tombant	Echantillonnage	67	26	85	33	105	40
2. Tombant	Marquage	265	36	147	20	313	43
TOTAL		390	34	282	24	479	42

La variété versicolor se distingue aussi de H. scabra par sa taille et son poids moyen. Ainsi (cf. chap. 3 - 2.2), elles sont généralement plus grandes et plus lourdes. Il n'y a en outre aucune ambiguïté pour différencier un petit spécimen de cette variété d'une H. scabra de même taille. Lors des prélèvements d'échantillons mensuels ou pour le marquage des individus, l'éviscération est plus fréquente chez H. scabra (tableau 3).

Tableau 3 : Eviscération de H. scabra et H. scabra var. versicolor.

n : effectif récolté ; e : effectif éviscéré ;
% e : taux d'éviscération ; * : éviscération se produisant parfois une heure après le marquage.

ESPECE	MARQUAGE			ECHANTILLONNAGE		
	n	e	% e	n	e	% e
<u>H. scabra</u>	254	37	14,6*	365	25	6,9
<u>H. scabra</u> var. <u>versicolor</u>	453	5	1,1	273	3	1,1

Du point de vue écologique, elles sont caractéristiques de milieux différents (cf. chap. 2 - 4.3). Lorsqu'elles sont trouvées ensemble, l'une est largement prépondérante. L'une et l'autre s'enfoncent dans le sédiment sablo-vaseux ; ce comportement a été décrit pour H. scabra par Yamanouchi (1956).

La différence de morphologie des animaux vivants est telle que H. scabra variété versicolor a souvent été déterminée comme une espèce ou même un genre différent. Ainsi dans la première édition du Manuel sur la Bêche de mer (Anonyme, 1975) la photographie d'un exemplaire à tégument crème portait le nom Bohadschia marmorata et dans l'ouvrage de Catala (1979) celle d'un exemplaire à tâches noires est déterminée comme H. (Metriatyla) aculeata. Les populations de H. scabra et de la variété versicolor ont fait l'objet d'un échantillonnage suivi dont les résultats (cf. chap. 3) sur la biométrie, la répartition et la reproduction valident la distinction utilisée dans ce travail.

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 1100g.

La distribution d'Holothuria scabra couvre tout l'I.O.P.T. sauf Hawaii.

*Holothuria (Microthele) nobilis (figure 1)

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, 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. Cette espèce, très recherchée pour la préparation en bêche de mer a donné lieu à une étude détaillée en Nouvelle-Calédonie (Conand, 1981). Longueur moyenne 37 cm et maximum 55 cm ; poids moyen 1800 g.

Elle est largement répartie dans l'I.O.P.T.

*Holothuria (Microthele) fuscogilva (figure 1)

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 son tégument dorsal est de couleur plus variable, allant du blanc jaunâtre au gris souvent tâcheté de gris-brun. Les autres différences portent sur la morphologie des spicules, l'absence des canaux de Cuvier, les fortes dents anales rectangulaires. Les deux espèces étaient depuis longtemps distinguées par les pêcheurs fidjiens, gilbertiens et motus de Papouasie-Nouvelle-Guinée qui leur donnent des noms différents (CPS, 1979). Le tégument des jeunes individus présente

un pigment brun-orange et des expansions dorsales en plus des latérales qui leur donnent une forme quadrangulaire. Longueur moyenne 42 cm, et maximum 57 cm ; poids moyen 2400 g.

Récemment décrite en Nouvelle-Calédonie, sa répartition dans l'I.O.P.T. doit être large comme l'attestent les observations des pêcheurs de différentes îles du Pacifique. Gentle l'a étudiée à Fidji (1979), Shelley la mentionne en Papouasie-Nouvelle-Guinée (1981), elle a été observée en Mer Rouge (observation personnelle). Il est également probable que certaines descriptions de H. nobilis sous le nom spécifique maculata, par Brandt (1835), Ludwig (1875), Bedford (1899), Pearson (1913), se rapportent à H. fuscogilva, l'holothurie blanche à mamelles, en anglais white teatfish.

*Holothuria (Microthele) fuscopunctata (figure 2)

Cette grande espèce a un corps allongé en forme de miche de pain. Son tégument épais (10 mm) et lisse est marqué de profonds plis transversaux. L'anus est entouré de groupes de papilles. La face dorsale bombée, couverte de petits podias bruns est de couleur jaune-orange à brun-rouille. Les flancs et la face ventrale sont gris pâle. Cherbonnier (1980) dans sa description de cette espèce en Nouvelle-Calédonie, montre qu'il s'agit vraisemblablement de la même espèce que celle décrite par H.L. Clark (1921) dans le Déroit de Torrès comme H. axiologa. Ce nom a souvent été utilisé depuis par Clark et Rowe (1971), Rowe et Doty à Guam (1977), Tan Tiu (1981) aux Philippines, Liao (1984) en Chine, prouvant une large distribution dans le Pacifique tropical.

Longueur moyenne 36 cm, maximum 70 cm ; poids moyen 1500 g.

Holothuria (Platyperona) difficilis

C'est une petite espèce à corps cylindrique, de couleur marron-verdâtre dont les pigments colorent l'alcool dans lequel ils sont solubles en un beau vert-jaune fluorescent. Des papilles calcifiées entourent l'anus. Elle vit généralement sous les blocs et décharge très rapidement de très abondants et très fins canaux de Cuvier.

Longueur moyenne 4 cm, maximum 9 cm ; poids moyen 5 g.

Sa distribution, très large, dépasse l'I.O.P.T. puisqu'elle est aussi présente à l'île de Pâques (Clark H.L., 1946).

Holothuria (Semperothuria) flavomaculata

Cette grande holothurie cylindrique a un tégument lisse (5 mm). Sa face dorsale de couleur brun à mauve porte des papilles coniques à extrémité claire, disposées en six rangs. Sa face ventrale est grisâtre. Elle est généralement plus active de nuit.

Longueur moyenne 44 cm et maximum 55 cm ; poids moyen 575 g. Largement répartie dans le Pacifique tropical, elle a été signalée dans l'Océan Indien à Sri Lanka et en Mer Rouge.

Holothuria (Semperothuria) cinerascens

Cette espèce de taille moyenne, de forme cylindrique ne laisse dépasser des anfractuosités des platiers que ses tentacules pelto-digités. Sa face dorsale marron à taches noires porte des papilles et des podias un peu plus clairs. Longueur moyenne 12 cm et maximum 18 cm ; poids moyen 80 g. Elle est commune dans l'I.O.P.T.

Holothuria (Stauropora) discrepans

Cette petite holothurie marron a été trouvée sous les blocs de platier avec H. impatiens, H. verrucosa et Stichopus horrens.

Longueur moyenne 6 cm ; poids moyen 60 g.
Sa distribution est limitée à quelques localités aux Maldives et dans les îles du Pacifique Sud.

Holothuria (Stichothuria) coronopertusa

Cette espèce récemment décrite en Nouvelle-Calédonie par Cherbonnier (1980) qui a alors créé un nouveau sous-genre, est longue et cylindrique. Son tégument mince est très plissé. Sa face dorsale brune porte quelques gros podias. La bouche et l'anus sont entourés de grosses papilles. Longueur maximum 80 cm ; poids moyen 3100 g.

Holothuria (Theelothuria) maculosa

Cette petite espèce cylindrique est rare. Son tégument noir-bleuté rugueux est couvert sur les faces dorsale et ventrale de nombreuses pustules crème. Ses tentacules buccaux sont clairs.

Longueur maximum 20 cm ; poids moyen 15 g.
Cette espèce n'était signalée que dans l'Océan Indien avant la description de Cherbonnier (1980).

Holothuria (Thymiosycia) hilla

Cette espèce cylindrique a un tégument mou et mince. Sa face dorsale brun-orangé porte de grandes papilles crème disposées en rangées. La face ventrale est claire.

Longueur moyenne 18 cm et maximum 30 cm ; poids moyen 65 g.
Cette espèce commune est très largement répartie dans tout l'I.O.P.T.

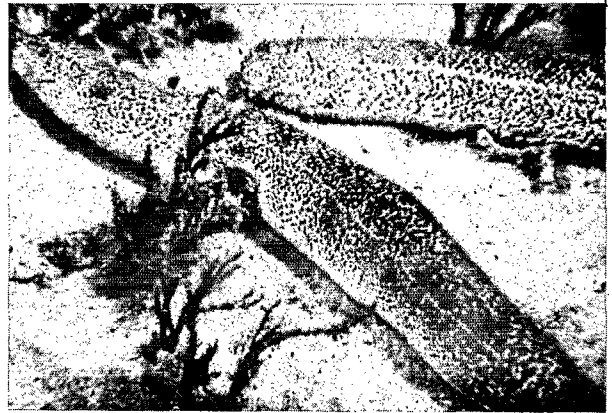
Holothuria (Thymiosycia) impatiens

Comme l'espèce précédente, celle-ci vit sous les blocs des platiers. De forme cylindrique, sa coloration est assez variable, avec des tâches foncées. Son tégument assez mince est rugueux, les papilles et podias sont clairs. Les canaux de Cuvier sont longs et larges.

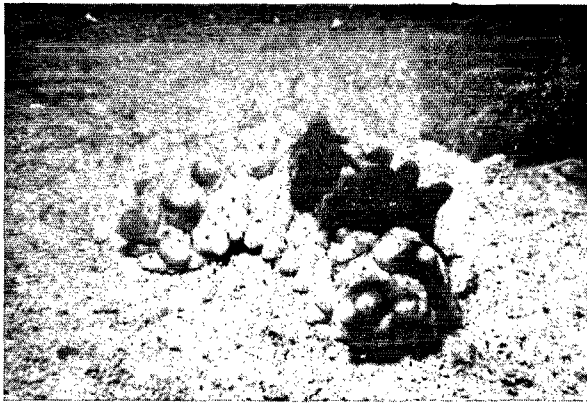
Longueur maximum 20 cm ; poids moyen 30 g.
C'est une espèce cosmopolite de la zone intertropicale qui est aussi trouvée en Méditerranée.



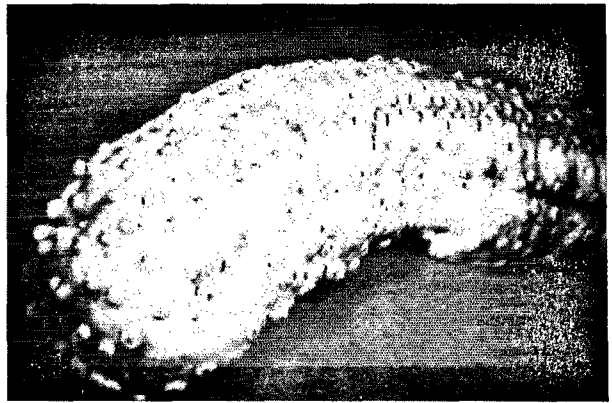
Holothuria sp.1



Holothuria sp.2



Stichopus sp.1



Stichopus sp.2

Figure 4 : Holothuries indéterminées des genres Holothuria et Stichopus.

Holothuria (Thymiosycia) conusalba

Récemment décrite par Cherbonnier et Féral (1984), cette espèce présente "d'étroites affinités avec Holothuria arenicola Semper". Elle est de forme cylindrique, son tégument mince est jaunâtre avec des tâches brunes. L'anus, orné de cinq valves portant des papilles, et la bouche sont entourés d'une bande blanche. Longueur maximum 25 cm ; poids moyen 150 g.

Trois espèces enfin sont en cours de détermination au Muséum National d'Histoire Naturelle par Mrs Cherbonnier et Féral.

Holothuria sp. 1 (figure 4)

Cette espèce cylindrique, légèrement amincie aux deux extrémités, est assez commune sur les platiers. Son tégument est lisse et mince, de couleur marron-roux foncé, il porte de longues papilles sur la face dorsale. Elle s'éviscère très rapidement quand elle est manipulée. Longueur moyenne 32 cm et maximum 40 cm ; poids moyen 750 g.

Holothuria sp. 2 (figure 4)

Cette espèce en cylindre étroit et allongé a un tégument lisse et mince. Sa face dorsale est ponctuée de nombreuses petites taches rougeâtres ou brunes sauf en deux lignes longitudinales qui restent claires. Les flancs sont plus clairs et la face ventrale blanchâtre. Longueur moyenne 31 cm et maximum 45 cm ; poids moyen 290 g.

Holothuria sp. 3 (figure 4)

Cette espèce n'a été récoltée que lors de chalutages effectués par F. Conand (comm. pers.). Il pourrait s'agir pour Féral (comm. pers.) de spécimens de H. verrucosa Selenka, 1867. La forte différence de forme des papilles du tégument et la présence dans des milieux très vaseux pourrait justifier une étude plus approfondie.

2.2 - FAMILLE DES STICHOPODIDAE

Les espèces sont caractérisées par la forme quadrangulaire de leur section, un bivium couvert de papilles souvent très développées. Il n'y a pas de tubes de Cuvier. Les glandes génitales en deux touffes sont disposées de part et d'autre du mésentère dorsal. Les spicules comprennent des tourelles, des baguettes branchues et des corpuscules en forme de C ou de S. Les deux genres Thelenota et Stichopus se distinguent par la forme des papilles du bivium, foliacées chez Thelenota et des spicules caractérisés par l'absence des tourelles chez Stichopus.

2.2.1 - Genre StichopusStichopus chloronotus (figure 3)

Cette holothurie de couleur verte a un tégument lisse qui a tendance à se désagréger après la récolte. Elle porte, à chaque angle de son corps à section quadrangulaire, un double rang de grandes papilles à extrémité orangée. Longueur moyenne 18 cm, maximum 35 cm ; poids moyen 110 g. Elle est largement distribuée dans l'I.O.P.T.

Stichopus horrens

Cette espèce a un tégument dorsal irrégulier grisâtre avec des zones plus sombres, il est parsemé de verrues souvent terminées par une papille blanche cernée de noir. Sur la face ventrale les podias sont répartis en quatre rangs sur les radius. C'est une espèce nocturne qui vit sous les blocs des platiers.

Longueur maximum 40 cm ; poids moyen 230 g.

A l'exception des Maldives, elle n'a pas été observée dans l'Océan Indien alors qu'elle est commune dans le Pacifique tropical.

Stichopus pseudhorrens

Cette espèce de très grande taille porte sur sa face dorsale de très longues papilles coniques marron qui

ressortent sur le tégument lisse plus clair.
 Longueur maximum 50 cm ; poids moyen 2540 g.
 Elle n'a été observée qu'en Nouvelle-Calédonie et en Mer-Rouge où elle a été décrite par Cherbonnier (1967).

*Stichopus variegatus (figure 3)

Cette espèce de couleur assez variable du jaune orangé au verdâtre, porte sur sa face dorsale des tubercules disposés en 8 rangs et des papilles. Les podia sur la face ventrale sont souvent rosés. Le tégument épais (6 - 10 mm) a tendance à se désagréger après la récolte.
 Longueur moyenne 35 cm, maximum 50 cm ; poids moyen 1045 g.
 Très commune, elle est largement répartie dans l'I.O.P.T.

Stichopus sp. 1 (figure 4)

Cette espèce ressemble à la précédente, mais elle est toujours de petite taille ; elle présente des tâches sombres sur le tégument dorsal et les tubercules sont beaucoup plus gros. Son habitat aussi étant différent, il a semblé préférable de la distinguer de S. variegatus.
 Longueur moyenne 23 cm et maximum 27 cm ; poids moyen 290 g.

Stichopus sp. 2 (figure 4)

C'est une espèce rare, de couleur gris clair, dont le tégument dorsal porte de grosses verrues terminées par une papille noire.
 Poids moyen 300 g.

2.2.2 - Genre Thelenota

*Thelenota ananas (figure 1)

C'est une grande holothurie qui tire son nom d'espèce des grandes papilles ramifiées de son tégument dorsal. Celui-ci est lisse et rigide d'une épaisseur de 1,5 à 2 cm, 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.

C'est une espèce commune largement répartie dans tout le Pacifique Tropical. Dans l'Océan Indien elle semble plus rare, puisqu'elle n'a été récoltée qu'aux Maldives, Seychelles et à Madagascar où elle héberge aussi des Carapidae (Hippeau-Jacquotte, 1967).

Thelenota anax (figure 2)

C'est également une très grande espèce. Sa face dorsale bombée est crème à grise, parsemée de taches brunes, elle porte de petits tubercules ornés d'une papille. A la limite du trivium existe une rangée de grosses verrucosités.
 Longueur moyenne 55 cm, maximum 80 cm ; poids moyen 4370 g.
 Moins commune que T. ananas, elle a été récoltée dans l'Océan Indien aux Iles Glorieuses et aux Maldives (Levin, 1979) et dans de nombreuses localités du Pacifique tropical.

Au terme de cette présentation des espèces récoltées au cours de ce travail, il apparaît que la plupart d'entre elles figurent dans le Guide des Echinodermes de Nouvelle-Calédonie (Guille et al., 1986). Dans cet ouvrage sont aussi décrites et illustrées les espèces suivantes : Actinopyga albonigra, Holothuria ocellata, Holothuria turricelsa, H. altaturricula, H. australis, H. erinaceus, H. pardalis, Stichopus noctivagus. Leur absence provient généralement soit de leur activité nocturne, soit de leur répartition profonde sur la pente externe du récif barrière ou dans des secteurs non explorés lors de l'étude présente. A leur liste par contre ont été ajoutées Labidodemas semperianum, H. difficilis, H. discrepans, Bohadschia sp aff. marmorata et quelques espèces encore indéterminées. Il est probable qu'il reste des espèces à découvrir en particulier parmi celles de petite taille.

Du point de vue de la zoogéographie des espèces, Clark (1976) mentionne 287 espèces d'holothuries littorales dans l'I.O.P.T., soit 28 % des échinodermes de cette zone. En considérant les 105 espèces d'Aspidochirotés présentées par Clark et Rowe (1971) auxquelles sont ajoutées la dizaine d'espèces décrites par Cherbonnier (1980) et Cherbonnier et Féral (1984), différentes catégories peuvent être reconnues, suivant la classification de Clark (1976) :

- trois espèces ont une très large distribution comprenant à la fois l'I.O.P.T., le Pacifique Tropical Est et l'Atlantique Tropical : Holothuria imitans Ludwig, H. arenicola Semper et H. impatiens (Forskäl) ;

- treize espèces sont réparties dans les seize zones de l'I.O.P.T., depuis le sud-ouest de l'Océan Indien à Hawaii : Actinopyga mauritiana, Holothuria pardalis, H. leucospilota, H. nobilis, H. cinerascens, H. hilla, H. atra, H. verrucosa, H. pervicax, H. difficilis, H. arenicola, H. impatiens, Stichopus choloronotus.

- les autres espèces ont une répartition plus restreinte soit vers l'Est excluant Hawaii et certains atolls polynésiens, soit vers l'Ouest se limitant au Pacifique Tropical ;

- enfin certaines espèces sont endémiques à une zone. Pour certaines d'entre elles, en particulier celles dont la description est récente, il est probable que la répartition sera élargie au cours d'études ultérieures.

Certaines incertitudes ou confusions persistent dans la systématique de ce groupe. Il est possible que la taxonomie ne reste pas à l'avenir essentiellement basée sur des caractères anatomiques. Des méthodes, comme l'électrophorèse enzymatique devraient permettre de clarifier la position de certaines espèces.

3 - CLASSEMENT DES ESPECES SUIVANT DES CATEGORIES COMMERCIALES

3.1 - ESPECES EXPLOITEES ACTUELLEMENT

Parmi les nombreuses espèces présentées, seules quelques-unes sont exploitées. Dans la littérature qui se rapporte aux exploitations de la première moitié du siècle (Sella et Sella, 1940 ; Panning, 1944), de nombreuses espèces sont citées dans les pays où existent des exploitations. Plus récemment Sachithanathan (1972), dans un rapport pour la F.A.O., présente une douzaine d'espèces qui sont illustrées dans le Manuel "La Bêche-de-mer dans les Iles du Pacifique Sud" (Anonyme, 1975). Après une révision, ce manuel (C.P.S., 1979) présente les espèces exploitées actuellement. Elles possèdent certaines caractéristiques communes :

- abondance dans des eaux peu profondes ;
- grande taille des individus ;
- absence ou faible rejet des canaux de Cuvier ;
- 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 des valeurs commerciales a souvent entraîné une certaine confusion. Il a donc semblé nécessaire d'établir un classement en différentes catégories qui prenne en compte les différents caractères et puisse être utilisé lors des prises de décisions concernant l'exploitation.

3.2 - PROPRIETES DU TEGUMENT

Le tégument, en anglais "body-wall", étant la partie consommée, il convient de résumer rapidement ses caractéristiques physiques et chimiques. S'y rajoutent des qualités gustatives et esthétiques qui interviennent dans le choix du consommateur chinois.

3.2.1 - Structure

Cette description est basée sur celles d'Hymann (1955), Serra-Von-Buddenbrock (1963) et Motokawa (1982) (figure 5). Au-dessous d'une fine cuticule s'étend une couche de cellules épidermiques. C'est le derme qui représente la plus importante partie de la paroi du corps. Il est composé de fibres collagènes, elles-mêmes formées de fibrilles, disposées en réseau tridimensionnel. Elles sont minces dans la couche supérieure où sont logés les spicules et dans la couche inférieure près de la zone des muscles circulaires. Leur orientation n'est pas nette dans la partie médiane où elles sont plus épaisses. Dans la substance fondamentale, parmi les fibres, se trouvent des cellules. Les plus abondantes appartiennent à ces deux types :

- cellules en mûres qui contiennent des inclusions sphériques ;
- cellules à granules et à longs prolongements.

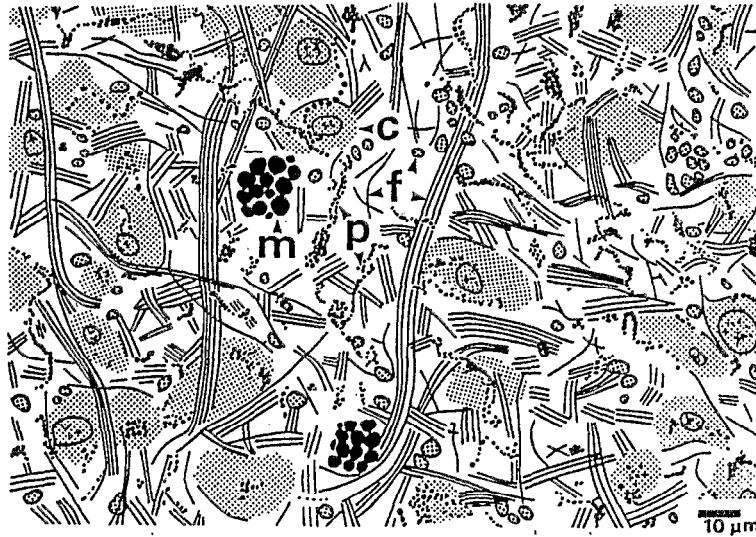


Figure 5 : Structure du derme de *S. chloronotus* (d'après Motokawa, 1982). m : cellules en mûres ; f : fibres collagènes; c : cellules à granules ; p :prolongement de ces cellules.

Il n'y a pas de cellules musculaires dans le derme interambulacraire alors que dans les zones ambulacraires, la paroi des canaux aquifères en contient. Les cellules à granules et leurs prolongement pourraient jouer un rôle dans les propriétés mécaniques de ce tissu conjonctif (Motokawa, 1982). La couche musculaire circulaire est interrompue au niveau des bandes musculaires longitudinales et des nerfs radiaires.

L'épaisseur du tégument est un critère important pour l'exploitation. Il a été mentionné lors de la description des principales espèces. Il apparaît que chez les espèces exploitées, il dépasse souvent 10 mm et qu'il est plus mince chez les espèces d'intérêt secondaire (tableau 6).

L'abondance des spicules peut aussi intervenir pour l'exploitation. En effet, ils sont si abondants chez *H. scabra* et *H. s.* var. *versicolor* que leur traitement nécessite une étape supplémentaire pour les éliminer (cf. annexe 10).

3.2.2 Propriétés mécaniques

Motokawa (1985) a clairement résumé les propriétés du tissu conjonctif des échinodermes qui permettent des adaptations particulières. Leur absence dans les eaux douces pourrait aussi en résulter (Eylers, 1982). Ce tissu conjonctif peut en effet changer ses propriétés mécaniques, spontanément ou en réponse à différents stimulus. Ces changements sont rapides et réversibles sauf dans les cas d'autotomie et de scission. Ils affectent principalement la viscosité, les variations d'élasticité étant plus faibles.

Le contrôle de la viscosité est très probablement nerveux et des cellules vraisemblablement neurosecrétrices existent dans ces tissus. Le contrôle pourrait se faire par l'intermédiaire de l'environnement ionique.

Des tests d'élongation pour mesurer la viscosité n'ont été réalisés que pour quelques espèces mais ils montrent une forte variabilité interspécifique. Ainsi Motokawa (1984) met en évidence que Actinopyga echinites avec 100 MPa.s a une viscosité de quatre ordres plus forte que Stichopus chloronotus qui a 0,047 MPa.s ; les valeurs présentées pour Holothuria leucospilota 11 MPa.s et Stichopus japonicus 1,1 MPa.s sont intermédiaires.

L'élasticité est moins variable, les valeurs mesurées par Motokawa (1984) pour l'élasticité et le temps de relaxation sont respectivement 1,7 MPa et 80 secondes pour Actinopyga echinites et 0,42 MPa et 15 secondes pour Holothuria leucospilota.

Lors de l'échantillonnage réalisé en Nouvelle-Calédonie, les caractéristiques du derme ont été observées qualitativement, permettant un classement par ordre de rigidité croissante. Elle est minimale chez Stichopus horrens et S. variegatus. En effet, cette espèce présente une autotomie du tégument : assez rapidement après la récolte des plaques de tégument se détachent, laissant en place une fine couche inférieure du derme et les couches musculaires. Ultérieurement ces morceaux se désagrègent pour donner une masse muqueuse blanchâtre. Ce phénomène a été observé depuis longtemps (Lindemann, 1900) en particulier chez plusieurs Stichopodidae comme Stichopus badionotus (Junqueira et al. 1980). Stichopus chloronotus a un tégument légèrement plus résistant. L'augmentation de rigidité est nette chez les espèces de Thelenota aussi bien T. ananas que T. anax. Parmi les espèces d'Actinopyga qui ont dans l'ensemble un tégument ferme, une gradation s'observe cependant entre A. spinea, A. flammea et A. palauensis, A. mauritiana qui sont plus rigides. Dans le genre Bohadschia le minimum est observé chez B. similis et Pearsonothuria graeffei, au contraire B. argus a un tégument ferme. Une grande variabilité s'observe dans le genre Holothuria auquel appartiennent les espèces qui présentent la rigidité maximale, H. nobilis et H. fuscogilva. Dans l'ensemble les espèces d'intérêt commercial ont un tégument à viscosité plus élevée que les autres espèces.

3.2.3 - Composition biochimique

La composition en eau, cendres et matière organique du tégument frais des holothuries Aspidochirotés a été étudiée pour quelques espèces tempérées et tropicales (tableau 4).

La teneur en eau est très forte, elle varie aussi suivant les espèces, avec des valeurs vraisemblablement plus élevées chez les Stichopodidae où elle dépasse 85 % du poids frais.

Tableau 4 : Composition biochimique du tégument des holothuries aspidochirotés. Valeurs exprimées en % du poids sec
 * en pourcentage du poids frais
 + valeurs saisonnières minimum et maximum.

ESPECES REFERENCES	PROTEINES		CARBO- HYDRATES	LIPIDES	CENDRES	EAU*
<i>Stichopus japonicus</i> (Tanikawa et al., 1955)	totales			9,3	14,3	89
	21 à 43 ⁺					
<i>Parastichopus californicus</i> (Giese, 1966)	totales		1,1	7,5		87
	18,1					
<i>Actinopyga agassizi</i> (Prim et al., 1976)	solubles		1,3	1,5		81
	18,6					
<i>Holothuria tubulosa</i> (Massin, 1978)	solubles		1,3 à 2,7 ⁺	0,8	45,0	84,5
	18 à 32 ⁺					
<i>Actinopyga mauritiana</i>	soluble	insol.	1,6	3,3	14	
	22	59				
<i>Chiridota rigida</i>	15	35	4,3	5,1	41	
<i>Holothuria atra</i>	21	48	2,9	4,3	24	
<i>Holothuria difficilis</i>	7	38	2,0	2,7	50	
<i>Holothuria hilla</i>	20	38	3,8	3,6	35	
<i>Holothuria leucospilota</i>	19	43	3,2	3,6	31	
<i>Holothuria glaberrina</i>	23	42	5,1	3,8	26	
<i>Holothuria grisea</i> (Lawrence et Guille, 1982)	22	48	3,1	2,5	24	

La teneur en cendres est également variable. Elle est forte chez les espèces du genre *Holothuria* où les spicules sont abondants. Les protéines solubles et insolubles sont les constituants prépondérants. Des variations saisonnières peuvent être importantes, en rapport avec l'activité de l'espèce (éviscération, quiescence) ou le cycle de reproduction.

Des analyses du tégument sec, bêche-de-mer, sont données dans plusieurs travaux anciens (Sack, 1900 ; Gruvel, 1925 ; Sella et Sella, 1940). La teneur en eau de ces échantillons du commerce est encore de 10 à 20 % du poids. Dans le tableau 5, les valeurs ont été ramenées en poids sec, pour permettre une comparaison avec le tableau 4, bien que les méthodes de dosage se soient perfectionnées.

3.2.4 - Autres propriétés

Le tégument des holothuries contient de nombreux pigments et des toxines ou "holothurines" (Halstead, 1965 ; Bakus, 1968). Celles-ci sont des sapogénines qui ne gênent pas la consommation humaine puisqu'elles sont particulièrement concentrées dans les espèces tropicales. Existence aussi d'autres substances pharmacodynamiques, antifongiques ou antitumorales.

Tableau 5 : Composition biochimique d'échantillons de bêche-de-mer
 (1) en pourcentage du poids de l'échantillon
 (2) en pourcentage du poids sec.

	SACK (1900)		GRUVEL (1925)				SELLA et SELLA (1940)					
	(1)	(2)	<i>Stichopus</i>		<i>Holothuria</i>		<i>H. tubulosa</i>		<i>H. polii</i>		<i>H. forskali</i>	
			(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Protéines	35 à 51	44 à 64	48	62	35	44	64	73	56	62	63	71
Graisses	1,0 à 1,7	1,0 à 2,2	1,7	2,2	1,4	1,8	0,7	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8
Cendres	15 à 30	19 à 38	22,9	29,7	36,7	46,4	12,9	14,5	22,1	24,5	24,2	27,2
Eau	20 à 22	-	22,9	-	20,9	-	11,4	-	9,9	-	11,2	-

Les propriétés gustatives et "médicales" des holothuries sont appréciées depuis l'époque ancienne par les japonais et les chinois. Choe (1963) énumère les vertus qui leur sont traditionnellement attribuées, dont un effet tonique. Voici en quels termes Cuvier (1806) faisant l'éloge de M. Péron à la suite de son expédition mentionne ces propriétés : "c'est ainsi qu'après avoir décrit un grand nombre d'espèces nouvelles d'holothuries, il nous présente les animaux de ce genre si méprisé sur les plages de l'Europe, devenues dans l'Inde l'objet intéressant d'un commerce avantageux... On les transporte à grands frais jusqu'à la Chine, où ils sont recherchés par la vieillesse, qui croit, par leur moyen, donner une vigueur nouvelle à des organes flétris".

Les propriétés esthétiques, enfin, de forme, de taille et de couleur, jouent un rôle important pour le consommateur. Ainsi Tanikawa (1955) rapporte la distinction sur le marché chinois des bêches-de mer préparées à partir d'espèces à papilles "tsusan" de celles d'espèces lisses "kosan" qui sont moins appréciées. A la première appartiennent en particulier *Stichopus japonicus* et *Thelenota ananas*. De manière générale les produits sombres "haisan" sont préférés aux produits clairs "paisan".

3.2.5 - Caractéristiques du tégument des holothuries de Nouvelle-Calédonie

Les données de l'échantillonnage ont permis de regrouper certaines caractéristiques du tégument dans le tableau 6. L'importance du tégument chez ces espèces est montrée par les fortes valeurs du rapport, en poids frais, tégument sur poids total. Il atteint souvent 50 % et dépasse 70 % chez *Thelenota ananas*.

3.3 - CLASSEMENT SUIVANT L'INTERET COMMERCIAL

Le marché de la bêche-de-mer est complexe en raison de l'éloignement des centres de production de ceux de vente

Tableau 6 : Caractéristiques du tégument des holothuries aspidochirotes.
 n : effectif ; m : moyenne ; i : intervalle ; t : écart-type ;
 + : effectif de l'échantillon pour la teneur en eau.

ESPECES	TEGUMENT		POIDS TOTAL (g)	TEG/PT TENEUR EN EAU	
	POIDS (g)	EPAISSEUR (mm)		(%)	(%) +
Actinopyga echinites n : 602	m 188 i 5-405 t 69	5 2-11	396 7-1380 208	47	83,56 (45+)
Actinopyga mauritiana n : 468	m 229 i 5-610 124	5 2-10	452 10-1500 293	51	83,95 (36+)
Holothuria atra n : 286	m 56 i 5-245 t 39	4 2-7	1572 70-705 117	35	86 (8+)
Holothuria scabra n : 325	m 270 i 49-820 t 111	6 3-13	484 70-1350 195	56	
H. scabra var-versicolor n : 270	m 732 i 55-1380 t 181	9 3-17	1452 180-2755 409	50	
Holothuria fuscogilva n : 125	m 1208 i 320-2000 t 253	14 8-20	2110 1000-3600 913	57	
Holothuria nobilis n : 518	m 938 i 230-1875 t 283	11 6-23	1830 380-4550 643	51	82,05 (10+)
Holothuria fuscopunctata n : 248	m 1170 i 250-2200 t 403	12 4-22	2490 500-5600 913	47	
Thelenota ananas n : 298	m 1600 i 175-4800 t 565	18 6-32	2180 220-6250 854	73	
Stichopus variegatus n : 270	m 930 i 44-2260 t 329	13 5-22	1344 62-2440 483	69	
Actinopyga miliaris n : 4	290		500	58	
Actinopyga palauensis n : 3	1425		3175	45	
Bohadschia similis n : 2	110		185	59	
Holothuria atra n : 3	380		1240	31	
Stichopus chloronotus n : 2	156		258	60	

et de l'existence de marchés intermédiaires. Ces problèmes ainsi que les cours des différentes qualités de bêtes-de-mer sont abordés ultérieurement (cf. chap. 4 - 2.1, 2.2). Un classement des espèces en quatre catégories est proposé pour les espèces de l'Indo-Pacifique tropical (tableau 7). Il a été établi en se basant sur les informations bibliographiques et celles obtenues grâce à l'enquête menée avec l'O.R.S.T.O.M. en 1978. Des formulaires ont été envoyés à Messieurs les Conseillers Culturels des Ambassades de France des pays qui pratiquent cette pêche. Des modifications du marché peuvent toutefois entraîner des changements dans ce classement.

Tableau 7 : Classification des holothuries exploitées par catégorie commerciale.

ESPECE ET ZONE DE PECHE	TYPE D'UTILISATION	CATEGORIE
TROPICAL : OCEANS INDIEN ET OUEST PACIFIQUE		
Holothuria scabra - H.s.var.versicolor	Bêche-de-mer	1
H.nobilis - H.fuscogilva	Bêche-de-mer	1
Thelenota ananas	Bêche-de-mer	2
Actinopyga echinites - A.miliaris	Bêche-de-mer	2
A.mauritiana - H.fuscopunctata - H.atra	Bêche-de-mer	3
TEMPERE : OCEAN PACIFIQUE NORD-OUEST		
Stichopus japonicus	Frais et Bêche-de-mer	1
OCEAN PACIFIQUE NORD-EST		
Parastichopus californicus - P.parvinensis	Bêche-de-mer	2

3.3.1 - Première catégorie : espèces à fort intérêt commercial

Holothuries à mamelles, Holothuria nobilis et H. fuscogilva: elles atteignent les meilleurs prix, mais elles sont en général assez peu abondantes, entraînant un effort de pêche élevé.

Holothuries de sable, H. scabra et H. scabra var. 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.

3.3.2 - Deuxième catégorie : espèces à intérêt commercial moyen

Cette catégorie comprend Actinopyga miliaris, A. echinites et Thelenota ananas. L'intérêt de cette dernière dépend des variations du marché de Chine Populaire, où la demande a récemment beaucoup augmenté, mais ses cours restent inférieurs à ceux des espèces de la première catégorie.

Les espèces d'Actinopyga sont exploitées en raison de leur abondance et grande accessibilité et malgré leur taille plus réduite.

3.3.3 - Troisième catégorie : espèces à intérêt commercial faible

Cette catégorie comprend Holothuria atra, Actinopyga mauritiana et Holothuria fuscopunctata. Ces espèces ne présentent que peu d'intérêt ; quelques spécimens ont été observés sur les marchés, mais leur exploitation n'est pas rentable. En effet, seuls les grands spécimens d'H. atra, généralement localisés dans des zones plus profondes, peuvent présenter un intérêt quelconque. L'espèce A. mauritiana qui vit dans la zone de déferlement est difficile à récolter. Holothuria fuscopunctata qui a été observée sur des marchés aux Philippines n'a pas de bonnes qualités gustatives.

3.3.4 - Quatrième catégorie : espèces sans intérêt commercial.

Plusieurs espèces, autres que celles précédemment citées, sont mentionnées dans les travaux de Saville-Kent (1893) sur l'exploitation dans la Grande Barrière australienne et dans ceux de Panning (1944). Il s'agit en particulier de Bohadschia argus, Bohadschia marmorata, Holothuria edulis, Thelenota anax, Stichopus chloronotus et Stichopus variegatus. Toutes ces espèces sont effectivement de grande taille, ont un tégument épais et sont assez fréquentes dans des eaux littorales. Cependant, pour de raisons probablement différentes, leur pêche a été abandonnée : ainsi les espèces de Bohadschia expulsent des canaux de Cuvier très abondants ce qui gêne leur manipulation ; le tégument des Stichopus se désagrège trop rapidement ; Thelenota anax vit en profondeur.

Les autres espèces, enfin, ne sont pas exploitées, soit pour les raisons précédemment évoquées, soit à cause de leur rareté.

ECOLOGIE DES HOLOTHURIES ASPIDOCHIROTES

1 - INTRODUCTION

L'état des connaissances sur la répartition et l'abondance des holothuries Aspidochirotés tropicales, Holothuriidae et Stichopodidae, est brièvement présenté.

1.1 - REPARTITION

Hymann (1955) dans sa synthèse sur la distribution géographique des holothuries à l'échelle mondiale, montre qu'elles se trouvent dans tous les océans et à toutes les profondeurs, depuis les zones côtières jusqu'aux plus grandes profondeurs. La zone Indo-Ouest Pacifique semble toutefois la plus riche, en particulier en ce qui concerne la faune littorale. Parmi les Aspidochirotés, les familles Holothuriidae et Stichopodidae sont prépondérantes dans les eaux côtières, alors que celle des Synallactidae comprend des espèces typiquement profondes. Les Holothuriidae littorales sont prépondérantes dans les eaux tropicales et diminuent avec les latitudes croissantes alors que les Stichopodidae sont plus largement réparties.

Les études plus récentes sur la distribution des espèces de ces deux familles se limitent généralement à un domaine plus restreint, que ce soit du point de vue géographique, zoologique ou écologique. En dehors de travaux de systématique et de biogéographie, les thèmes des recherches concernent plus spécialement les faunes d'un domaine particulier (zones profondes ou littorales d'une région déterminée d'un océan). Les préoccupations actuelles concernent souvent l'ensemble des Echinodermes, ou de la macrofaune. Elles ont parfois un but écologique, visant alors à étudier l'ensemble d'une communauté, ou un maillon de la chaîne alimentaire dans un écosystème. Dans ce cas, les Aspidochirotés constituent un élément important de la catégorie des détritivores. Les travaux peuvent aussi se restreindre à un aspect plus particulier, par exemple les microhabitats ou l'autoécologie de quelques espèces.

Les holothuries tropicales, malgré leur abondance dans les zones littorales où elles constituent un élément essentiel de la mégafaune benthique, n'ont pas donné lieu à beaucoup d'études. Les connaissances actuelles, malgré un développement récent de l'intérêt scientifique, restent très partielles. Les travaux réalisés sont disparates, tant par

l'objet ou l'échelle de l'investigation, que par les méthodes utilisées. Des informations, généralement limitées, sur la distribution, peuvent être trouvées dans les travaux taxonomiques.

L'étendue spatiale de la zone étudiée est extrêmement variable comme l'illustrent les exemples suivants.

- Le domaine peut être très vaste, à l'échelle de l'**Indo-Pacifique**, étudié par Levin (1979), à partir de récoltes faites en quinze localités allant de Mombaça aux îles Kiribati.

- Il peut être réduit aux **ensembles récifaux d'un pays** ou d'un territoire, comme à Guam (Rowe et Doty, 1977), en Nouvelle-Calédonie (Conand et Chardy, 1985, Féral et Cherbonnier, 1986, et Conand, 1986).

- La zone récifale peut être encore plus restreinte, comprenant **quelques récifs** de type différent : Grande Barrière Australienne (Harriot, 1985 et Hammond, 1985), un secteur du lagon de Nouvelle-Calédonie (Intès et Menou, 1979), une baie de Papouasie-Nouvelle-Guinée (Shelley, 1981).

- Un **habitat plus réduit** est souvent constitué par des platiers, qui sont plus facilement accessibles que les zones lagonaires, comme par exemple à Guau, Vanuatu (Baker, 1929), à Palau (Yamanouchi, 1939), au Mozambique (Mac Nae et Kalk, 1962), aux Seychelles (Taylor et Lewis, 1970), aux îles Fanning (Townesley et Townesley, 1973), Barbades (Lawrence et Kafri, 1979), Marshall (Lawrence, 1980), Yap (Grosenbaugh, 1981), en Papouasie-Nouvelle-Guinée (Massin et Doumen, 1986).

- A l'**intérieur même d'un biotope** enfin, la répartition a été étudiée sur le beach-rock à Aldabra (Sloan, 1979) et dans les massifs des différentes espèces coralliennes (Sloan, 1982).

L'autoécologie de quelques espèces prépondérantes a été étudiée aux îles Marshall (Bonham et Held, 1963 ; Bakus, 1968 ; Webb et al., 1977 ; Lamberson, 1978) et sur la Grande Barrière (Franklin, 1980).

La distribution d'une ou de plusieurs espèces est aussi abordée au cours d'études ayant un thème principal différent. Ainsi les travaux sur la nutrition apportent généralement des renseignements sur le lieu où vivent les espèces puisqu'elles en ingèrent le sédiment, se nourrissant des détritiques, microalgues et bactéries (Bakus, 1973 ; Moriarty, 1982). Le problème de la sélectivité de cette nutrition, physique suivant la taille des particules, ou chimique suivant leur teneur en matière organique, sera présenté dans la discussion.

1.2 - ABONDANCE

Si les études sur la répartition des holothuries tropicales ne sont ni très nombreuses, ni très homogènes quant à la technique utilisée, celles qui concernent l'abondance sont encore plus rares. L'abondance, par unité de surface, peut y être présentée en unités variables :

- densité numérique des individus d'une ou de plusieurs espèces ;
- densité pondérale ou biomasse, en poids frais ou en poids sec ;
- densité énergétique en calories.

L'étendue spatiale de la zone étudiée est aussi très diverse, rendant les comparaisons entre habitats difficiles. Les principales références concernent des platiers récifaux de l'Indo-Pacifique. A la liste de Bakus (1973) s'ajoutent les travaux plus récents de Rowe et Doty (1977), Lawrence (1980), Harriot (1985), Massin et Doumen (1986), Conand (1986) et des études sur l'espèce Holothuria atra. Dans l'Atlantique tropical un nombre plus réduit d'espèces a été étudié par Lawrence et Kafri (1979), Sloan et Von Bodungen (1980) Hammond (1981).

L'abondance des espèces et ses variations constituent cependant un élément essentiel pour la gestion des ressources exploitées. Mais les pêcheries d'holothuries n'ont pas donné lieu à des évaluations détaillées car les statistiques de pêche ne sont pas collectées. Dans les zones tempérées, l'abondance de Stichopus japonicus a été étudiée par Choe (1963) grâce à des dragages et quelques données existent sur Parastichopus parvimensis (Yingst 1974, 1982 et Muscat 1983).

Concernant les pêcheries tropicales, malgré la difficulté à évaluer simultanément la densité et la biomasse de nombreuses espèces, des statistiques des pêches pourraient cependant fournir des informations utiles (cf. chap.4 - 6.2).

Avant de détailler les recherches menées sur l'écologie des holothuries de Nouvelle-Calédonie, il convient de présenter ce territoire et les caractères climatiques et géomorphologiques de son lagon.

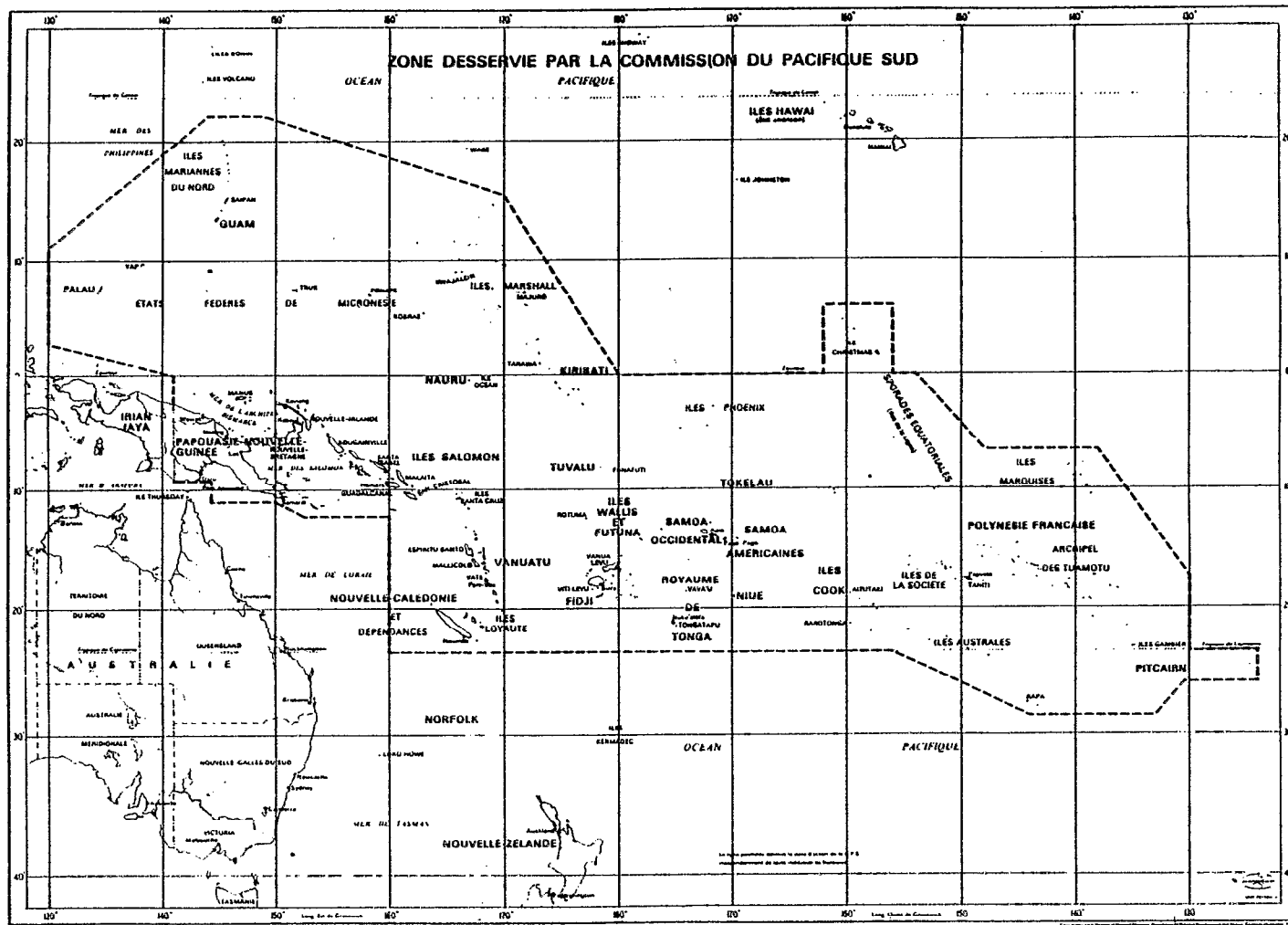


Figure 6 - La Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique Tropical Sud (d'après C.P.S., 1984).

2 - LE MILIEU

2.1 - PRESENTATION DE LA NOUVELLE-CALÉDONIE

2.1.1 - Situation

Dans le Pacifique tropical sud qui couvre environ 30 millions de kilomètres carrés, les terres émergées n'occupent qu'une très faible part (figure 6). La Nouvelle-Calédonie (figure 7) est située à l'extrémité sud de l'arc mélanésien, près du tropique du Capricorne, entre les longitudes de 164° et 167° Est et les latitudes de 20° et 22°30' Sud. Sa superficie est de 16 890 km². Elle comprend l'île principale ou Grande-Terre, à laquelle s'ajoutent les dépendances, principalement constituées par :

- les îles Loyauté, Maré, Lifou et Ouvéa, situées suivant le même axe à 150 km au nord-ouest de la Grande Terre, îles coralliennes développées sur un socle basaltique ;
- l'île des Pins, au sud ;
- les îles Belep, Huon et Surprise au nord.

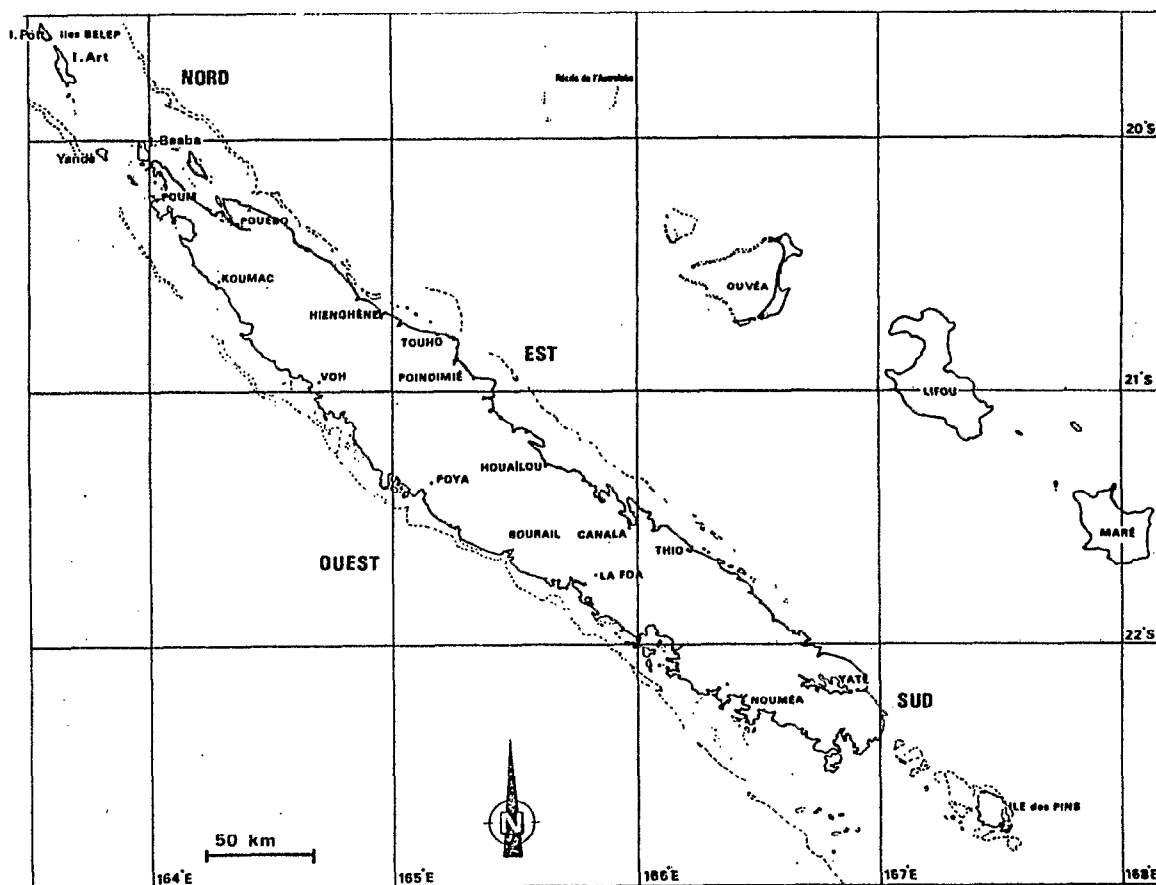


Figure 7 : La Nouvelle-Calédonie et les îles Loyauté.

La Grande Terre et les Iles Loyauté présentent des organisations entièrement différentes. Cette présentation générale sera limitée à la seule Grande Terre. Elle est allongée sur plus de 400 km, alors que sa largeur ne dépasse généralement pas 40 km. Elle présente sur toute sa longueur un relief montagneux, la "chaîne centrale" caractérisée par dissymétrie du profil des versants, le versant ouest étant moins abrupt.

2.2.1 - Climat

La Nouvelle-Calédonie a un climat tropical. Influencé par la présence de l'océan et l'orientation de la chaîne, il est assez tempéré. Ses caractéristiques sont présentées à partir des données de l'Atlas de la Nouvelle-Calédonie (ORSTOM, 1981) pour quatre stations représentant le nord-ouest, le nord-est, le sud-est et le sud-ouest (figure 8).

Les quatre **saisons**, de durée inégale, sont déterminées par les variations de la ceinture anticyclonique subtropicale et de la Zone Intertropicale de Convergence.

- En saison chaude, de novembre à mi-avril, les perturbations, dépressions et cyclones tropicaux peuvent apporter des pluies abondantes.
- Pendant une courte saison de transition, en avril-mai, la pluviosité et la température de l'air diminuent.
- En saison fraîche, de mi-mai à mi-septembre, des perturbations polaires peuvent provoquer des pluies ; la température est minimale.
- La seconde saison de transition, de mi-septembre à mi-novembre, est la plus sèche, la température augmente progressivement.

La répartition spatiale des **précipitations** est sous la double dépendance de l'orientation générale de l'île par rapport aux vents dominants, les alizés qui soufflent du secteur est, et du relief. Les grands massifs sont les plus arrosés. A l'extrémité sud, la Plaine des Lacs, très ouverte aux alizés, est aussi pluvieuse. Au contraire, les plaines littorales de l'Ouest sont abritées par les massifs montagneux et en conséquence sont les régions les plus sèches. La présence d'un relief général très accidenté entraîne l'existence de fortes particularités régionales. A Nouméa, la moyenne est de 1 020 mm en 99 jours alors qu'elle est près du triple à Poindimié. La répartition interannuelle des hauteurs de précipitations est très irrégulière, ce qui provient en partie des cyclones et dépressions tropicales.

Les variations spatiales de la moyenne annuelle de **température** sont faibles. En effet, les valeurs sont comprises entre 22 et 24°C. Les valeurs moyennes mensuelles

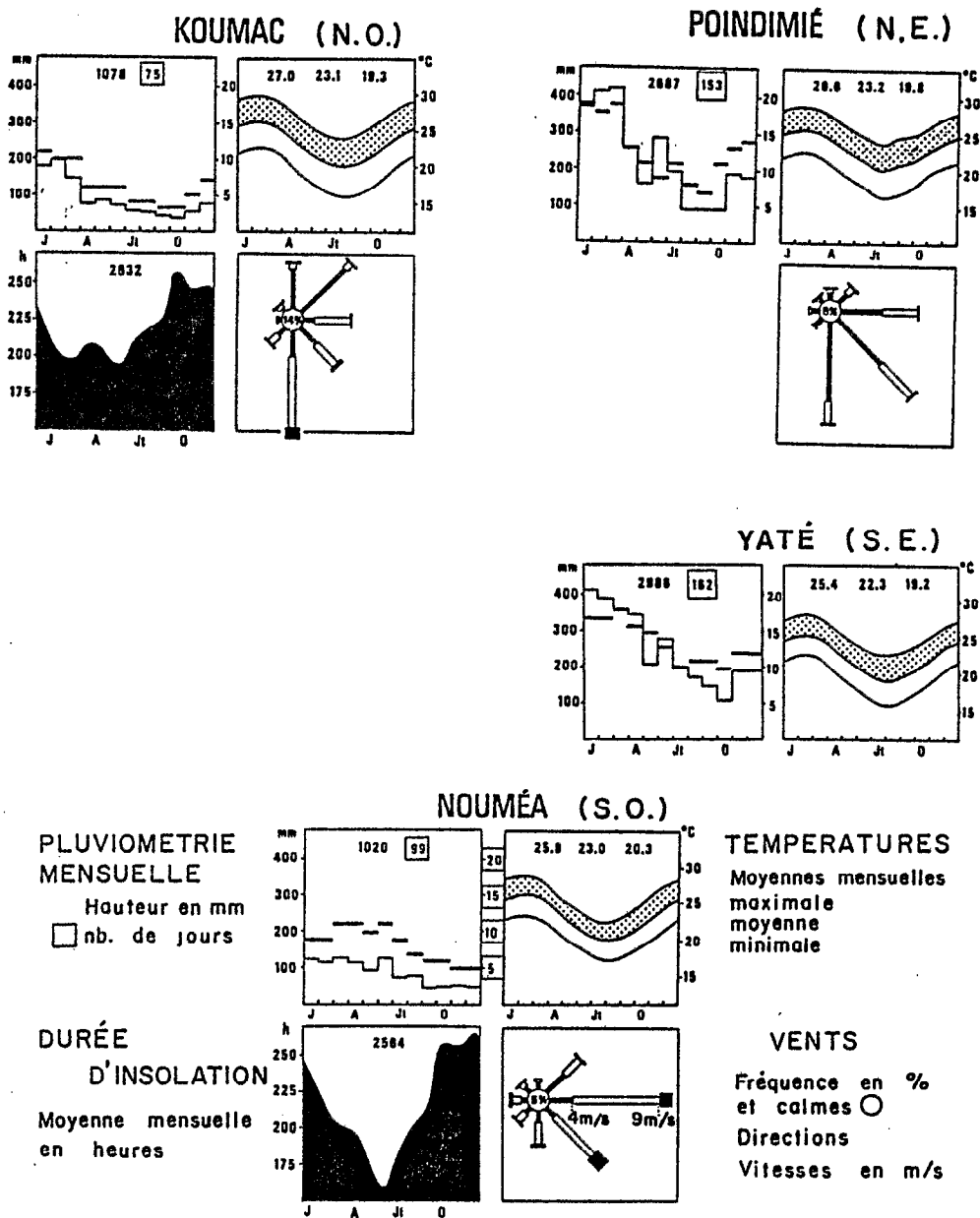


Figure 8 : Caractéristiques climatiques de 4 stations de Nouvelle-Calédonie (d'après O.R.S.T.O.M., 1981).

montrent un maximum en février entre 25 et 29°C et un minimum en juillet-août entre 18 et 21°C.

En dehors du passage des perturbations tropicales et polaires, le régime habituel des vents est de secteur nord-est à sud-est. Il est modifié localement par la disposition du relief; arrêté par les sommets ou canalisé par les vallées. Les vents d'est sont prédominants; ils peuvent être modérés à assez forts, soufflant par exemple 218 jours

par an à Nouméa. Leur fréquence est supérieure en saison chaude. En plus d'une légère variation saisonnière de la direction, il existe une déviation journalière sous l'effet des brises de terre ou de mer. La vitesse, elle aussi, subit des variations journalières, caractérisées par un renforcement en cours de journée puis un affaiblissement. Les vents d'ouest, dûs aux passages des perturbations sont forts à très forts, ils peuvent atteindre 50 noeuds. Les vents cycloniques sont dûs au passage de dépressions tropicales ou de cyclones entre novembre et avril. Leur direction dépend de la position des perturbations, leur vitesse peut excéder 150 km/heure.

La durée annuelle moyenne d'insolation est de 2 564 heures à Nouméa. La durée mensuelle est maximale entre octobre et décembre et minimale en juin. Les jours d'insolation nulle ou totale sont très rares. Le rayonnement solaire global a été estimé à Nouméa. Avec en moyenne 478 calories par cm², par jour, il passe par un maximum de 630 calories au maximum en décembre et 307 calories au minimum en juin.

L'évaporation (Piche) mesurée sous abri à Nouméa est de 1 332 mm. Elle est maximale en décembre et minimale entre mai et juillet. Elle peut dépasser 7 mm par jour si les actions de la température et du vent s'ajoutent.

2.1.3 - Hydrologie

La disposition du relief ne permet pas l'existence de grands fleuves, mais le réseau hydrographique est dense, sans grands bassins versants. La ligne de crête dans la chaîne centrale, vers 1 100 m d'altitude, se dédouble au nord. Dans cette vallée coule la plus grande rivière, le Diahot. Les autres rivières, plus courtes, ont un cours transversal, elles sont insérées entre les chaînons secondaires d'orientation est-ouest. La dissymétrie du relief entraîne des différences dans les caractéristiques des cours d'eau des deux versants : les rivières de la côte Est sont très nombreuses, à pentes fortes et irrégulières, leur cours inférieur s'élargit en embouchures parfois vastes. Les rivières de la côte Ouest ont des pentes plus faibles, un cours inférieur à méandres et parfois deltaïque. Les rivières du Sud et du Sud-Est, coulant sur des roches ultrabasiques, ont des pentes fortes.

Les régimes hydrauliques sont surtout influencés par les précipitations en raison de la petite étendue des bassins versants et de la fréquence des terrains imperméables. L'irrégularité, à la fois interannuelle et saisonnière des précipitations, est encore amplifiée au niveau des débits. Les débits moyens annuels ou modules et les modules spécifiques ramenés à la superficie du bassin versant montrent que les plus fortes valeurs se rencontrent au sud de la côte Est, allant jusqu'à 94 litres/seconde/km² sur la Quinée. Sur la côte Est les valeurs sont assez élevées. Sur la côte Ouest elles décroissent rapidement vers le Nord avec des valeurs de 30 litres/seconde/km².

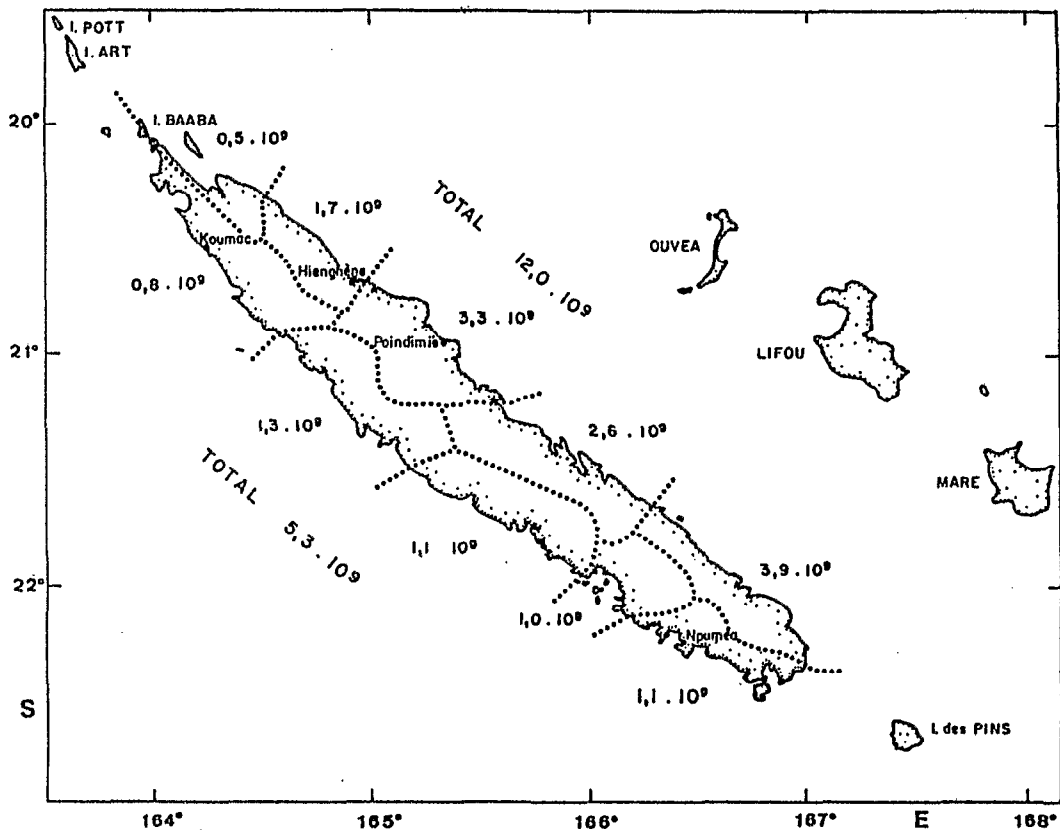


Figure 9 : Apports d'eau (m^3) dans les différents secteurs du lagon (d'après Conand F., 1987).

Les débits mensuels montrent que les basses eaux ont lieu généralement d'août à novembre alors que les plus fortes valeurs sont enregistrées entre janvier et avril, pendant le passage des dépressions où s'écoule 60 à 70 % du volume annuel, à l'exception des rivières du Sud. Les crues peuvent être très brutales pendant les cyclones. Le cyclone Alison, par exemple en mars 1975, a provoqué des débits atteignant $20 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ sur la côte Est et $15 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ sur la côte Ouest.

A partir de la carte des précipitations et des superficies des bassins versants, Conand F. (1987) a estimé les apports d'eau douce dans les différents secteurs du lagon (figure 9). Il apparaît qu'ils sont deux fois plus importants dans le lagon Est, avec environ $12 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{an}$.

2.1.4 - Géomorphologie littorale

L'aspect des côtes est déterminé pour une grande part par la nature géologique, ainsi le littoral présente trois types principaux, correspondant aux ensembles structuraux majeurs des trois grandes régions.

- **Le Sud et le sud de la côte Est** : du Mont Dore jusqu'à Ponérihouen, des massifs ultrabasiques à forte altération karstique arrivent à la côte par des falaises d'une hauteur de quelques mètres à une centaine de mètres à l'Est, à leur pied existe un récif frangeant ou une plage détritique de coraux morts. Les cours d'eau finissent généralement par des rias qui peuvent être assez vastes.

- **Le nord de la côte Est** : le littoral reflète la variété des matériaux qui composent la chaîne centrale. Formations gréseuses, volcaniques, accumulations terrigènes récentes, calcaires à formes d'érosion karstique, roches métamorphiques se succèdent vers le Nord. Là se développent des plaines alluviales à mangroves dont la principale est celle du Diahot. L'embouchure des rivières forme des larges estuaires parfois barrés par une flèche littorale.

- **La côte Ouest** : du Mont Dore jusqu'au Diahot s'étend une côte basse formée par une série de collines, de glacis d'accumulation et de plaines alluviales. Les cours d'eau se terminent en deltas colonisés par la mangrove. Dans la partie méridionale, la submersion post-würmienne est prouvée par l'enneigement du relief qui s'étend aussi à des marais côtiers.

2.2 - COMPLEXES RECIFAUX ET LAGONAIRES

2.2.1 - Généralités

La région du Pacifique Sud renferme les plus grands ensembles récifaux du monde. La Nouvelle-Calédonie y occupe la seconde place après la Grande Barrière australienne. En effet, ses complexes récifaux, à l'exclusion des îles Loyauté, se composent d'une double barrière récifale, parallèle à chacune des côtes, se prolongeant au-delà de celles-ci pour s'étendre sur 1 500 km environ. Elles enserrant deux grands lagons : le lagon Est et le lagon Ouest qui se prolongent vers le nord et le sud. Ces lagons sont parsemés de récifs et d'ilots, ils couvrent environ 6 800 milles carrés soit près de 24 000 km².

2.2.1.1 - Historique des recherches

Les travaux les plus anciens de Chambeyron (1875) se rapportent à la topographie du lagon Nord, ils sont suivis par ceux de Davis (1925) sur l'origine des récifs de Nouvelle-Calédonie, attribuée à une subsidence plus forte aux extrémités de l'île puis ceux de Avias (1959). L'Expédition Française sur les Récifs Coralliens, financée par la Fondation Singer-Polignac de 1960 à 1965, les travaux du CNRS et surtout ceux des équipes du Centre ORSTOM ont permis de décrire les récifs actuels et de préciser les différentes phases de leur édification. En particulier les publications de Guilcher (1965), Chevalier (1973), ORSTOM (1981), Coudray (1982), Thomassin (1984) et Debenay (1985) permettent d'en définir les principaux éléments.

Les recherches sur les peuplements, après les premières observations de Catala (1950) et les expéditions de la Fondation Singer-Polignac (1960-1963) qui ont permis d'étudier plusieurs groupes de la macrofaune et de la microfaune, concernent souvent le lagon Sud-Ouest. Les études récentes ont été principalement menées par des océanographes biologistes du Centre ORSTOM de Nouméa et des chercheurs du M.N.H.N. et du C.N.R.S. Les premiers, dans le cadre du programme "Connaissance et mise en valeur du lagon et des zones côtières de Nouvelle-Calédonie", auquel fait suite le programme "Lagon", étudient les macroalgues (Garrigue, 1985), les trocas (Bour et al. 1982), les Acanthaster (Conand C. 1985), les holothuries, les petits poissons pélagiques qui sont influencés par la nature des fonds aussi bien pour leur répartition que pour leur nutrition (Conand F., 1987) et les poissons de la pente externe du récif barrière. Plus récemment, ont été entrepris l'inventaire et la cartographie des biotopes des fonds durs et des fonds lagonaires (Richer de Forges et al., 1987), l'analyse des flux d'énergie entre compartiments benthiques et à l'interface eau-sédiment (Chardy et al., 1987, et à paraître). Les chercheurs du CNRS avec le programme "Ecosystèmes récifaux et lagonaires de Nouvelle-Calédonie", étudient la géomorphologie et les peuplements récifaux (Thomassin 1984, Faure et al. 1982, Vacelet 1981). Dans un inventaire faunistique établi d'après la bibliographie sur les divers végétaux et invertébrés du lagon, Thomassin (1981) évalue à plus de 5.000 le nombre d'espèces décrites. Il persiste cependant des lacunes dans la systématique des mollusques et des crustacés en particulier.

2.2.1.2 - Principales subdivisions régionales

Le lagon Ouest couvre une superficie d'environ 6 000 km². Il a été étudié beaucoup plus en détail que les autres lagons en raison de sa facilité d'accès depuis Nouméa. Sa profondeur moyenne est de 25 m environ et les zones inférieures à 10 m représentent 40 % de l'ensemble.

Parmi les complexes récifaux, la barrière, elle-même, est assez étroite, son tracé qui suit celui de la côte est assez sinueux. Elle s'éloigne de la côte aux deux extrémités où le lagon devient donc plus large atteignant 40 km ; elle s'en rapproche en son milieu, au niveau de Bourail, où, distante que de 2 km, elle se confond avec un récif frangeant, le lagon étant assimilé à un chenal d'embarcation. La pente externe est généralement abrupte, à partir de 20 m de profondeur, une succession de tombants subverticaux alternent avec des terrasses peu inclinées. Ces ruptures de pente correspondent à celles qui ont été observées sur la barrière orientale (Coudray, 1976). En raison des conditions hydrodynamiques, la barrière s'incurve à l'entrée des passes pouvant parfois donner naissance à des "faros" (Chevalier, 1973).

Les récifs de lagon sont nombreux et variés. Ils comprennent des pâtés coralliens non affleurants, d'autres

émergés, des récifs réticulés, des récifs à caye de sable et enfin des récifs particuliers croissant en milieu envasé (Joannot et al. , 1983).

Le littoral est varié, rocheux portant ou non des récifs frangeants, plages de sable ou de galets, mangroves d'estuaires ou de baies.

Le **Lagon Est** a une superficie de 4 400 km², plus faible que celle du lagon Ouest. Son aspect général est plus régulier. Sa largeur est de 10 à 20 km. Il est plus profond que le lagon ouest, de 40 m en moyenne il passe à 70 m dans certaines zones assez étendues.

La barrière est souvent plus large, irrégulière, entaillée de nombreuses passes larges et profondes. Elle est dédoublée sur plusieurs tronçons et parfois submergée sous plusieurs mètres d'eau. Les îlots et récifs de lagon sont moins nombreux que dans le lagon Ouest.

Le littoral de la partie sud-est est bordé par endroits de falaises, comme le long du Canal de la Havannah, où s'ouvrent des rias. Un récif frangeant légèrement surélevé existe dans la région de Yaté.

Le **lagon Nord** couvre une grande superficie de 10 100 km², mais il a été peu étudié en raison de l'éloignement de Nouméa et des difficultés qu'il offre à la navigation. Au delà du 20^e parallèle, après les îles continentales des Belep, les barrières Est et Ouest s'étendent encore sur 300 km et forment les récifs d'Entrecasteaux.

Le **lagon Sud** s'étend sur 2 900 km². Cet ensemble complexe comprend deux parties.

Une corne sud-ouest ou Grand Récif Sud prolonge la barrière Ouest sur 60 km environ ; éloignée de la côte, elle s'incurve et se termine en une multitude de récifs.

Une extension sud-est est formée d'une part d'un groupe de récifs compris entre les deux grandes passes de la Sarcelle et du Canal de la Havannah, de l'autre de l'île des Pins. Celle-ci est entourée de nombreux récifs dont une couronne de récifs surélevés. Contrairement aux autres récifs de Nouvelle-Calédonie, les algues calcaires lithothamniés jouent un rôle prépondérant dans leur édification (Chevalier, 1973).

2.2.2 - Facteurs climatiques

2.2.2.1 - Généralités

Les eaux du lagon peuvent présenter une spécificité par rapport aux eaux océaniques péricalédoniennes selon leur taux de renouvellement. L'eau entre par les passes et par dessus les récifs barrières ; le lagon reçoit aussi les

apports des cours d'eau (cf. figure 9) en eau et en particules. Celles-ci sont très variables, en fonction de la géologie très différente selon les régions. Les caractéristiques géomorphologiques de chaque région entraînent à considérer le lagon comme une succession d'unités de plus petite taille, entre lesquelles les échanges sont relativement réduits. L'eau du lagon subit aussi des variations dues à la turbulence et à l'évaporation en milieu peu profond. Sa composition, à partir de résultats obtenus par l'O.R.S.T.O.M. dans le lagon Sud-Ouest, peut être comparée à celle de la Mer du Corail. (Tableau 8).

Tableau 8 : Spécificité hydrologique du lagon de Nouvelle-Calédonie (d'après ORSTOM, 1981).

	MER DU CORAIL (eau de surface)	LAGON (partie sud-ouest)
Courants (surface) m/s	0 - 1	0 - 3
Température °C	21 -26	20 -27
Salinité ‰	34,5-36	33 -36
Oxygène ml/l dissous	4 - 6	2 - 6
pH	8,2- 8,4	8,0- 8,4
Phosphate : PO ₄ mmol/m ³	0,1- 0,3	0,1- 0,3
Nitrate : NO ₃ mmol/m ³	0,1- 0,6	0,1- 0,6
Nitrite : NO ₂ mmol/m ³	0,0- 0,1	0,0- 1,0
Silicate : SiO ₂ mmol/m ³	1,5- 2,5	1,5-15
Chlorophylle a mg/m ³	0,3- 0,7	0,3- 1,5

2.2.2.2 - Hydrodynamisme

La marée est de type semi-diurne. Le marnage n'excède pas 1,80 m. La genèse de l'onde de marée est mal connue, mais il est admis que l'onde arrive par le sud-est puis se propage suivant la morphologie des bassins et des îlots.

La houle est liée à la direction et à la force du vent. La grande houle du large est arrêtée en grande partie par les barrières. Dans le lagon les vents provoquent un clapot de courte période, d'amplitude 2 à 3 m, qui contribue au brassage des eaux. Son action est aussi ressentie dans les petits fonds.

Les principaux paramètres des courants peuvent être présentés à partir des études de Jarrige et al. (1975) et Rougerie (1981, 1985) (figure 10). La dynamique générale est assez active, les flux peuvent atteindre une vitesse de 1,50 m/seconde, les directions pouvant être inversées entre les flux de surface et de fond. Les conditions de vent influencent très fortement la couche de surface permettant de distinguer trois cas.

- Par vent alizé bien établi, ce qui est le régime dominant, un transport d'eau se fait du sud-est au nord-ouest, parallèlement au rivage, à marée montante et descendante.

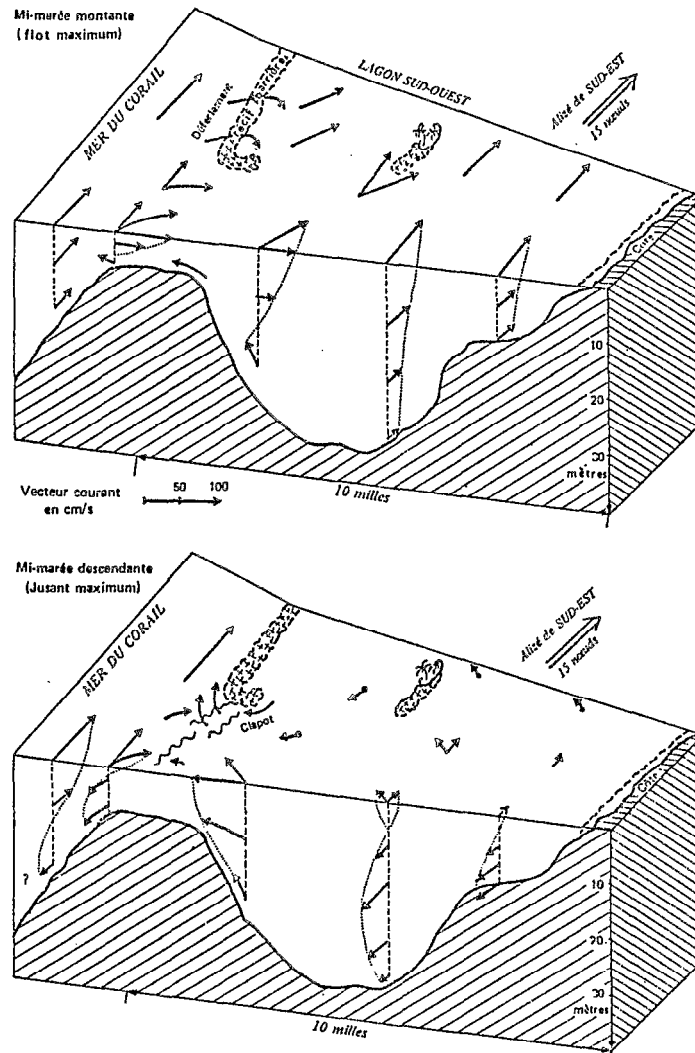


Figure 10 : Diagramme schématique de la circulation dans le lagon sud-ouest sur une tranverse côte-récif barrière (d'après Rougerie, in Dugas et Debenay, 1981).

La renverse du flux en surface à marée descendante ne se produit que si l'alizé est inférieur à 15 noeuds, sinon l'évacuation s'effectue par le fond. Il peut exister une opposition entre les flux, créant alors des clapots et parfois un mascaret.

- En absence de vent, la marée entraîne une alternance des déplacements vers le nord-ouest pendant le flot et le sud-est pendant le jusant.

- Par régime de vent d'ouest, l'opposition entre la direction du flot et la dérive de surface induit la formation d'une houle courte et déferlante pendant le flot ; pendant le jusant au contraire la conjonction de leur direction crée un flux de forte vitesse.

Les courants de fond sont généralement moins forts sauf au niveau des passes. Ils peuvent subir les mêmes changements de direction. Ils jouent un rôle important dans la répartition des sédiments et des peuplements. Les très forts courants qui balayent les seuils et les passes décapent le substrat ; la flore et la faune présentent des adaptations particulières. Ils sont plus faibles dans la zone centrale du lagon et dans les baies.

Le temps de résidence des eaux varie d'une dizaine à une vingtaine de jours, il peut être raccourci en période post-cyclonique.

2.2.2.3 - Conditions thermohalines et sels minéraux

Les variations thermiques saisonnières sont très nettes sur la figure 11, à partir de vingt ans d'observation à l'Anse Vata. Les températures maximales, vers 27°C, sont observées en février-mars. Elles peuvent être supérieures

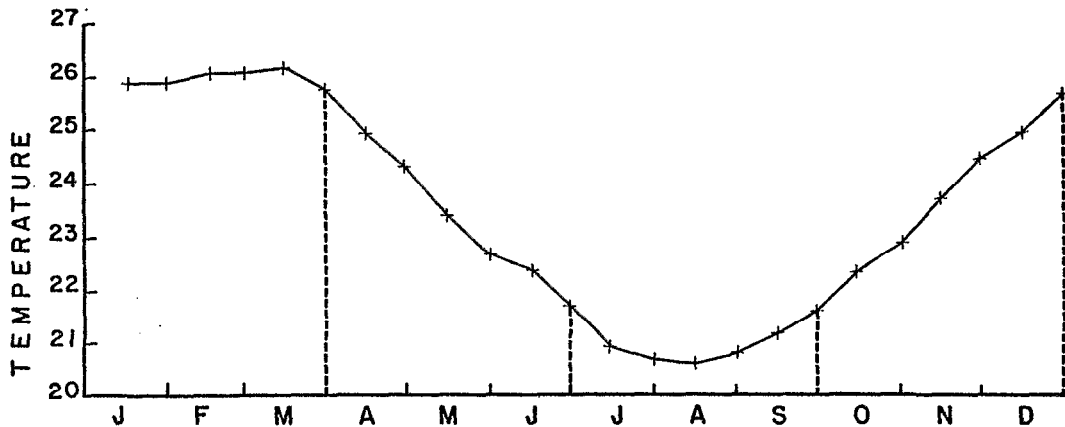


Figure 11 : Variations thermiques de l'eau de surface à l'Anse Vata, année type, moyenne 1958-1974 (d'après Privé et Corre, 1980).

dans les petits fonds, en période de calme. Elles sont minimales, vers 20°C, entre juillet et septembre. Des différences peuvent apparaître résultant de la position géographique et de la bathymétrie.

Les variations interannuelles sont assez faibles. Il est donc possible de définir quatre saisons, d'après la température de l'eau :

- saison froide, de juillet à septembre, au-dessous de 22° à 25°C ;
- saison de réchauffement, d'octobre à décembre, de 22° à 25°C ;
- saison chaude, de janvier à mars, au-dessus de 25°C ;
- saison de refroidissement, d'avril à juin.

Les variations halines sont moins nettes, entre 34,5 et 36‰. Elles suivent cependant un cycle saisonnier en relation avec les précipitations. Les salinités maximales sont observées en novembre quand les apports fluviaux sont réduits, les plus faibles en avril après le passage des dépressions. La valeur moyenne de 34,45‰ est légèrement moins élevée que celle de l'eau du large. Dans les baies et les estuaires la dessalure peut être forte, entraînant une stratification des eaux ; il est fréquent en plongée de traverser une couche superficielle dessalée, chargée de sédiments, où la visibilité est faible, pour atteindre une couche plus profonde où l'eau est plus claire. Au voisinage du Grand Récif par contre, les eaux sont plus salées à cause de l'évaporation.

La disponibilité en sels minéraux dissous, phosphates, éléments azotés et silicates (cf. tableau 8) détermine la richesse des eaux et permet le déroulement de la photosynthèse dans la couche euphotique. Ils proviennent de l'apport des eaux du large et de celui des rivières.

2.2.3 - Facteurs géomorphologiques, édaphiques et peuplements benthiques

2.2.3.1 - Différentes classifications

A l'intérieur de chaque lagon existe une grande variété d'édifices coralliens et de formations lagunaires pour lesquels la terminologie classique (Battistini et al., 1975 ; Guilcher, 1988) sera utilisée. Plusieurs classifications, basées sur la géomorphologie, la morphologie fonctionnelle ou le stade de développement, peuvent être utilisées pour les formations récifales, à l'exception des atolls.

Dans la classification géomorphologique, par type d'édifice est basée sur l'origine, la forme et la situation par rapport à la terre des récifs (Schumacher, 1977), on distingue :

- les récifs frangeants le long de la côte peuvent présenter un chenal d'embarcation s'ils sont très développés ;
- les récifs de lagon ou récifs internes ont des morphologies très variées en rapport avec leur âge et leur stade d'évolution ;
- les récifs barrières séparés du littoral par un lagon de profondeur et de largeur variables.

La classification, basée sur la **morphologie fonctionnelle**, tient compte de la zonation parallèle au littoral ou au grand axe du récif. Elle permet de distinguer des sections ou "ensembles" qui sont des éléments structurels. Ceux-ci se succèdent depuis le large vers la côte, caractérisés par leur régime hydrodynamique qui entraîne une distribution particulière des sédiments et donc une diversification des biotopes qui se retrouve au niveau des peuplements. Les principaux éléments en sont :

- la pente externe, partie antérieure et supérieure du récif dirigée vers le large, de pente variable et dont la zone supérieure est souvent constituée d'éperons et de sillons;
- le platier externe, plateforme presque horizontale, située en avant de la levée détritique qui correspond à l'accumulation d'éléments arrachés au récif ;
- le platier interne, en arrière de la levée détritique, peut porter des accumulations sédimentaires ;
- la pente interne qui raccorde les platiers au fond du lagon comportent des accumulations biodétritiques et des dunes hydrauliques.

Enfin la morphologie actuelle d'un récif dépend aussi de son histoire. Différents **stades de développement** peuvent être distingués (Pichon, 1974 ; Thomassin, 1984) :

- les récifs juvéniles généralement encore submergés ;
- les récifs à maturité, où la zonation en "ensembles" est bien distincte ;
- les récifs sénescents en régression, soit sous l'effet d'une sédimentation excessive, soit après le passage d'un cyclone, soit encore à la suite d'une exondation prolongée.

Les principaux biotopes des complexes récifaux, mais aussi lagonaires ont été classés dans la figure 12, par type d'édifice, sur un transect côte-large. Des sigles ont été

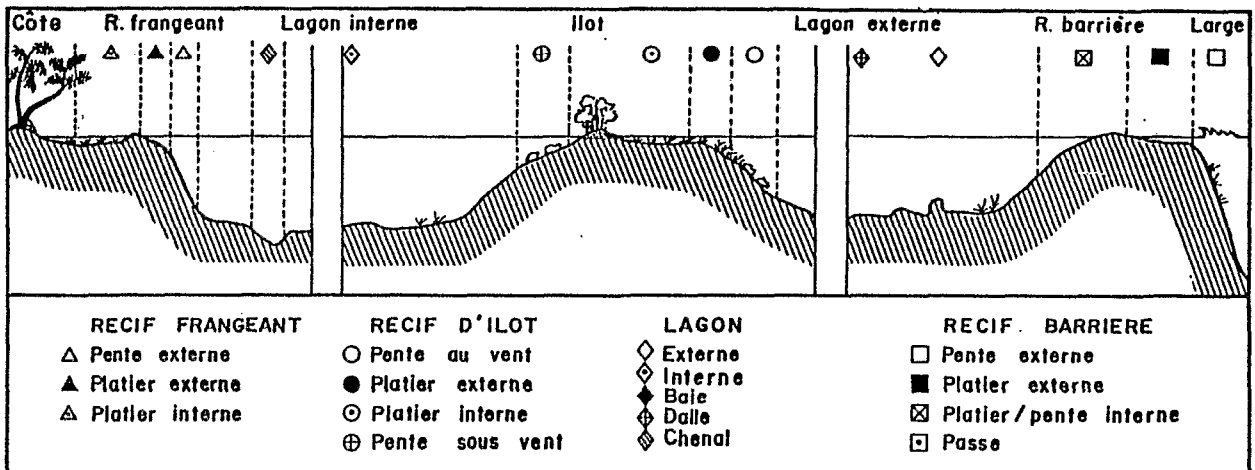


Figure 12 : Principaux biotopes des complexes récifaux et lagonaires, classés par type d'édifices (d'après Conand et Chardy, 1985).

choisis pour chacun, de manière à permettre leur regroupement suivant les principaux ensembles. Dans la présentation des peuplements, qui va suivre, les complexes récifaux et lagonaires seront détaillés séparément, bien que leur distinction ne soit pas toujours facile, en raison de leurs imbrications et multiples interactions.

2.2.3.2 - Complexes récifaux

Les substrats sont principalement des substrats durs, organogènes. Sur les pentes et les platiers externes, la variété des faciès est très grande, allant des dalles compactes aux platiers à débris ou nécrosés, qui comportent de multiples cavités. Les platiers internes, très variables suivant leur stade d'évolution, peuvent être assimilés à des substrats meubles.

- Le récif barrière comprend trois biotopes principaux.

La pente externe ou front récifal présente généralement une zonation bathymétrique des peuplements. Dans la partie supérieure des éperons-sillons, au niveau du déferlement, il y a prépondérance d'algues rouges calcifiées, du zoanthaire Palythoa et des scléactiniaires en bourrelet ou encroûtants. Au-dessous, les éperons-sillons et les contreforts-vallons sont des zones dominées par les algues et les madréporaires Acropora, Porites, Montipora et divers faviidés (Chevalier, in Dugas et Debenay, 1980). Les grottes et les surlombs abritent une riche faune sciaphile d'algues et de spongiaires. La diversité des invertébrés et des poissons y est très forte. Vers - 30 m environ, sous le talus, un changement d'espèces se produit dans une faune qui reste toujours très riche. Les grandes gorgones et les coraux des genres Pachyseris et Leptoseris deviennent abondants.

Sur les platiers, en raison de la direction oblique des alizés, la crête algale est absente ou peu développée et le passage de la zone externe à la zone interne est donc progressif. Le platier externe se présente souvent comme une dalle encroûtée de lithothamniées et de madréporaires trapus. Une faune caractéristique d'oursins crayons Heterocentrotus mammilatus, d'étoiles Linckia laevigata, de trocas Trochus niloticus et de gastéropodes divers, cônes et porcelaines, vivent logés dans les nombreuses anfractuosités du récif. Sur le platier interne, les scléactiniaires et Millepora deviennent plus abondants. Des colonies de Porites et Platygyra forment des microatolls. Dans sa partie la plus interne, le platier est souvent arasé.

La pente interne est formée de pâtés coralliens constituant une zone d'éperons-sillons en pente vers le lagon. Les colonies de Porites, Acropora, Stylophora, Montipora,... peuvent atteindre de grandes dimensions. Si le lagon externe est profond, la pente est forte et détritique.

Les passes constituent un biotope particulier,

soumis à un fort hydrodynamisme, peuplé de gorgones en fouet et de coraux en boule. Leur profondeur peut être grande.

- Les récifs de lagon et récifs frangeants présentent une zonation similaire, de la pente externe et des platiers ; ils ne seront donc pas traités séparément bien que l'influence terrigène puisse être plus marquée sur ceux-ci.

La pente au vent est caractérisée par l'abondance des scléractiniaires. Leur distribution en fonction de la bathymétrie, des formes dominantes, du taux de couverture a été étudiée par Faure et al. (1981). Ils ont reconnu les quatre peuplements principaux, schématisés sur la figure 13. Au-dessous du platier externe à Acropora humilis et A. digitifera (1), une zone de coraux massifs faviidés avec les premiers Acropora branchus ou en table (2), ensuite entre 2 et 8 m la zone à Acropora branchus A. intermedia, A. palifera, A. formosa et tabulaires A. hyacinthus et A. cytherea (3) ; après un petit décrochement la zone des colonies massives de Porites lutea (4) puis entre 9 et 12 m la couverture corallienne diminue, la dalle est recouverte de matériel détritifique (5).

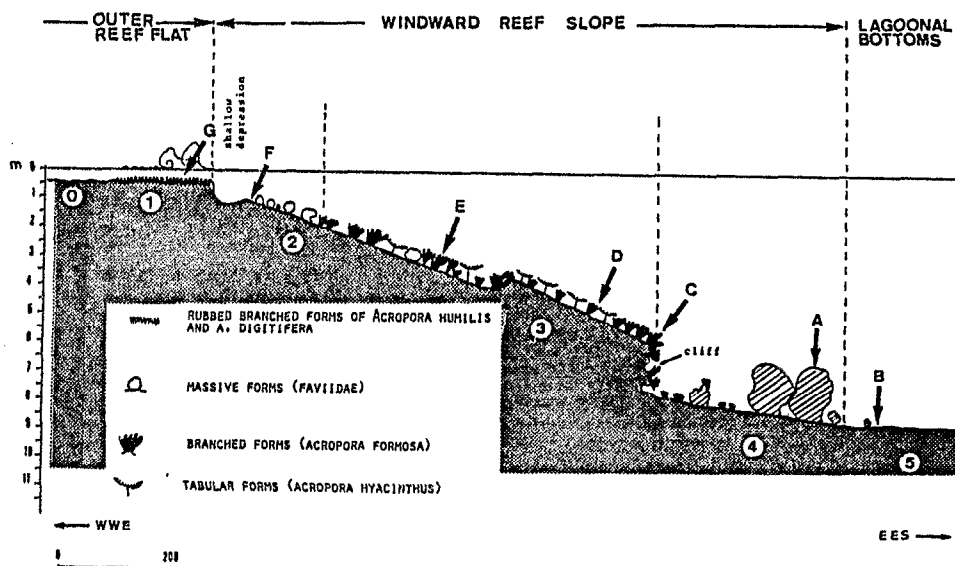


Figure 13 : Schéma de la pente au vent du récif Goélants. Les numéros correspondent aux associations de coraux (d'après Faure et al., 1981).

Les platiers externes présentent des aspects différents suivant l'hydrodynamisme et les influences terrigènes. Des espèces d'Acropora et des algues calcaires se développent si l'hydrodynamisme est assez fort. Sinon le taux de couverture corallienne est plus faible, de grandes algues brunes Sargassum, Turbinaria, Hormophysa ou des algues rouges encroûtantes Peysonnelia dominant. La levée

détritique est formée d'un ballast de blocs et de débris d'Acropora arrachés pendant les dépressions, formant un rempart en arrière du platier externe. Les platiers internes sont très variés, suivant leur stade d'évolution, allant de platiers construits de coraux, d'algues ou d'alcyonaires, à des accumulations sédimentaires, colonisées par des herbiers de phanérogames (Cymodocea rotundata, C. serrulata, Halodule uninervis, Halophila ovalis,...) et des chlorophycées calcifiées (Halimeda spp.).

La pente sous le vent présente des peuplements moins bien structurés ; les gros massifs de Porites alternent avec des dalles ou des zones sableuses puis passent aux herbiers de fond de lagon.

Les récifs de lagon, comme les récifs barrières, peuvent présenter différents stades d'évolution, du juvénile au sénéscent (Pichon, 1982, Thomassin, 1984). Les peuplements changent progressivement au cours de cette évolution.

2.2.3.3 - Complexes lagunaires

Facteurs édaphiques.

Les connaissances actuelles concernent essentiellement le lagon Sud-Ouest, après les travaux de Dugas et Debenay (1978, 1980, 1981, 1982) et Debenay (1985).

L'origine des sédiments est double, biotique et abiotique, certains dépôts proviennent de débris des constructions coralliennes et d'organismes, d'autres sont constitués par les apports fluviaux particulièrement importants en période de crue. Ceux-ci comportent une charge solide et une charge dissoute dont une partie, au contact de l'eau de mer, se dépose dans les mangroves et les embouchures. La charge dissoute est estimée à 10 000 tonnes par an, pour la rivière Dumbéa par exemple (Trecases 1969 in Launay, 1972). La charge solide apportée après un cyclone est évaluée à 15 000 tonnes. Les organismes jouent des rôles divers qui comprennent la construction essentiellement par les sclérectiniaires, la formation de débris à leur mort par les algues calcaires, les foraminifères, les mollusques ou les échinodermes, la bioturbation par les holothuries ou les callianasses, la cimentation par les algues encroûtantes et la dissolution par certaines éponges.

Les différents faciès sont déterminés par des analyses granulométriques et géochimiques auxquelles s'ajoute l'étude des thanatocoenoses de foraminifères et mollusques. Sur les cartes établies par l'ORSTOM pour le lagon Sud-Ouest (Dugas et Debenay 1978, 1980, 1981, 1982) pour les substrats durs sont distinguées les roches qui peuvent, ou non, présenter un encroûtement calcaire et les récifs coralliens. L'importance des fonds indurés fossiles a été montrée par Thomassin et Coudray (1982). Ces zones de "lagon à dalle" sont rarement dénudées, elles comportent plusieurs niveaux superposés de 10 à 50 centimètres d'épaisseur, témoins de

phases de sédimentation et cimentation successives sous-marines qui correspondraient à des phases critiques de montée du niveau marin durant l'Holocène.

D'après la granulométrie, les sédiments meubles sont classés, suivant les coupures préconisées par le BRGM (Anonyme, 1970) en débris au-dessous de 20 millimètres, graviers jusqu'à 2 millimètres, sables (gros, moyens et fins) jusqu'à 0,06 millimètres enfin en lutites (ou pélites) au-dessous de cette taille.

Les analyses géochimiques permettent de distinguer l'origine des sédiments. Elle est de nature organogène s'ils sont carbonatés. Dans ce cas, trois formes sont possibles avec soit une dominante d'aragonite pour les débris coralliens et les algues vertes, soit de calcite pour les mollusques, soit plus rarement de calcite magnésienne vers le récif-barrière pour les algues rouges et les foraminifères (Coudray 1982). Elle est terrigène s'ils sont siliceux, avec le plus souvent une forte teneur en oxydes métalliques ferriques ou de nickel.

Principaux types de fonds et peuplements.

D'après les caractères précédents et leur couleur les types principaux des fonds sont distingués et présentent une zonation plus ou moins parallèle à la côte.

Lagon externe : les fonds blancs sont constitués par les dépôts grossiers blancs à jaunâtre ou sableux beige ; ils résultent de l'érosion sur place des récifs et contiennent des débris de coraux, mollusques, algues foraminifères et des sables assez bien classés. Ils sont localisés dans la zone externe, sous la double influence océanique et récifale, dans un milieu à forte énergie. Les peuplements, pauvres en macrophytes, se composent surtout de gastéropodes, éponges et échinodermes.

Baies : les fonds vaseux, brun-vert, d'origine continentale ont une fraction calcaire variable, les lutites y sont plutôt siliceuses. Ils sont localisés dans la zone interne constituant le fond des dépressions et les baies. C'est un milieu à faible énergie, soumis à une forte influence terrigène. Ils sont peuplés de mollusques bivalves, d'éponges et d'oursins fousseurs. La flore y est réduite. Ailleurs des vases nues qui passent latéralement à des zones à herbier, présentent des entonnoirs et tumuli, témoins d'une endofaune riche. Enfin dans certaines baies se développent des bancs coralliens en milieu envasé (Joannot et al., 1983). Des rides parallèles sont formées de coraux solitaires et de colonies isolées de Cynarina, Euphyllia, Echinophyllia sur lesquels se fixe une épifaune de bivalves et d'éponges. Elles alternent avec des sillons vaseux.

Lagon interne : les fonds sablo-vaseux, gris, sont constitués de sables coralliens fins et coquillers et de lutites surtout calcaires ; des sulfures de fer y manifestent l'influence terrigène. Ils sont localisés dans la

zone intermédiaire dont le contour irrégulier, correspond à une succession de dépressions isolées par des seuils portant des récifs. Différents peuplements comprennent des prairies à algues, Halimeda, caulerpales, ou foraminifères qui peuvent passer aux peuplements à sclératiniaires libres (Heteropsammia, Heterocyathus, Cycloseris, Trachyphyllia,... et héberger une riche macrofaune de mollusques pectinidés, échinodermes et spongiaires. Les herbiers de phanérogames se développent quand la teneur en lutites est supérieure à 5 % ; ils peuvent être plus ou moins denses avec prédominance d'une espèce ; souvent s'y mêlent des chlorophycées.

Les zones s'interpénètrent. En effet, les vallées sous-marines qui lient les baies aux passes permettent l'extension de la zone interne vers la zone externe alors que celle-ci pénètre vers la côte au niveau des seuils.

La répartition des bioclastes et celle des foraminifères planctoniques montrent un second gradient, d'influence océanique, du sud-est vers le nord-ouest. Il permet d'établir une zonation perpendiculaire à la côte dans le lagon sud-ouest. Les trois zones définies sont distinguées par un confinement croissant (Debenay, 1985).

En plus de ces types principaux, il faut ajouter les fonds indurés et les chenaux. Les fonds indurés (Thomassin et Coudray, 1981) sont des dalles biodétritiques recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse de sédiments ; elles ont été reconnues à différentes profondeurs, dans le lagon externe et interne. Leur peuplement comprend des éléments des fonds meubles comme des chlorophycées (Halimeda cylindracea Caulerpa spp.) et des fonds durs comme des phéophycées, (Sargassum, Turbinaria), des coraux (Porites, faviidés), des spongiaires, (Spirastrella), des bryozoaires. Les chenaux sont des dépressions parfois profondes qui peuvent correspondre aux vallées sous-marines situées en arrière des passes ou à des canaux entre des terres ou des récifs soumis à des courants. Les taux de lutites y sont moins élevés que dans les baies.

Le littoral, lorsque des récifs frangeants ne sont pas développés, présente des rochers encroûtés d'algues et de coraux, ou des plages de sable, graviers ou galets auxquels font suite les facies du lagon interne. Près des embouchures, ce sont des marais salés ou des mangroves. Celles-ci s'étendent le long du rivage en se développant dans les deltas, particulièrement sur la côte Ouest. Sur la côte Est et dans le sud, elles sont rares ou réduites à quelques palétuviers épars. Elles jouent un rôle important comme nourricerie pour différentes espèces comme les crabes (Scylla serrata) et certains poissons.

Ainsi le lagon de Nouvelle-Calédonie est un ensemble bien délimité de l'océan et caractérisé par ses grandes dimensions. Ses fonds récifaux et lagonaires sont constitués d'une mosaïque de biotopes et hébergent une grande variété de peuplements, sous l'influence de différents facteurs s'exerçant selon des gradients.

3 - ECHANTILLONNAGE

3.1 - GENERALITES

Les peuplements des milieux naturels ne peuvent pas être appréhendés dans leur intégralité. Il faut donc en observer ou en prélever des éléments ou échantillons. Ceux-ci doivent fournir l'information la plus complète et l'image la moins distordue des populations réelles. L'échantillonnage nécessite donc des choix et présente des contraintes qui sont analysés en détail par Frontier (1983). Les populations des holothuries aspidochirotés, à l'échelle de l'ensemble du lagon de Nouvelle-Calédonie, seront considérées comme objectif de l'étude.

Les stratégies d'échantillonnage à mettre en oeuvre relèvent à la fois de celles du benthos, décrites par Plante et le Loeuff (1983) et de celles des stocks halieutiques présentées par Gulland (1969), Laurec et al. (1983). Les différents choix concernent les variables à étudier, les échelles spatiales et temporelles, les techniques de prélèvement et enfin le traitement des données.

Les variables comprennent des paramètres du milieu et des espèces, en particulier la richesse spécifique, les densités et les biomasses.

L'échelle spatiale est le lagon tout entier dont la grande diversité a été montrée. L'ensemble du lagon a été subdivisé d'abord de manière géographique en sept régions et ensuite par type de biotopes récifaux et lagunaires. Il s'agit donc d'un échantillonnage stratifié.

Des résultats préliminaires obtenus par les marquages et l'étude de la structure démographique des populations de quelques espèces (cf. chap. 3) ont conduit à considérer que la croissance des espèces est lente. Les variations temporelles n'ont donc pas été prises en compte, chaque station n'ayant été échantillonnée qu'une fois et l'ensemble de l'échantillonnage ayant été réalisé en un peu plus d'un an.

Les techniques d'échantillonnage sont décrites dans les manuels généraux, en particulier celui de Lamotte et Bourlière (1971) et Stoddart et Johannes (1978) en ce qui concerne plus précisément les récifs coralliens. L'objectif de cette étude étant la connaissance d'une ressource, il convenait de choisir une méthode quantitative. Parmi celles-ci, Reys et Salvat (1971) distinguent les méthodes aveugles de prélèvement, à l'aide de bennes par exemple et les méthodes visuelles. Dans ce cas, les investigations peuvent être directes, effectuées en plongée sous-marine, ou indirectes par photographie ou télévision sous-marine. La taille des holothuries aspidochirotés, élément du mégabenthos, et la diversité de leurs habitats qui comprend des substrats durs et des substrats meubles, excluaient l'usage d'une

benne. Les images sous-marines fournissent des résultats intéressants sur la macrofaune épigée. Des prospections récentes, menées près de Nouméa par Buestel *et al.* (1986) ont montré que les grandes espèces en particulier d'algues, de spongiaires et d'échinodermes pourraient être identifiées. Cependant la mise en oeuvre de ces techniques est coûteuse et la topographie des fonds coralliens semble limiter leur usage aux fonds de lagon. Les contraintes naturelles et techniques ont donc orienté le choix vers des méthodes visuelles directes. Trois méthodes principales sont distinguées et ont été revues par Stoddart et Johannes (1978), Kenchington (1978) et Loya (1978).

- Les **transects** ou radiales sont des lignes, souvent disposées suivant un gradient écologique, le long desquelles les numérotations sont faites de manière continue ou discontinue.

- Les **distances interindividuelles** ou "distance minimum" sont une méthode qui a été d'abord utilisée en écologie terrestre (Cottam, 1947). Il en existe plusieurs variantes suivant que les individus soient choisis au hasard dans la population et que la distance au voisin le plus proche soit mesurée, ou que des points de repères soient fixés au hasard et la distance aux plus proches spécimens soit mesurée.

- Les **quadrats** sont des surfaces carrées ou rectangulaires, dont le contour peut être matérialisé sur le terrain de manière permanente ou transporté par l'observateur. La taille des quadrats est très variable suivant les espèces étudiées et le milieu. C'est cette méthode, d'un usage très courant en écologie, qui a été choisie.

3.2 - REPARTITION DE L'ECHANTILLONNAGE DES HOLOTHURIES

Sept régions principales ont été déterminées, d'après les caractéristiques générales des complexes récifaux, des lagons et des zones côtières et par les contraintes des campagnes (tableau 9). La surface de chacune est présentée d'après les valeurs de Testau et Conand (1983). La région Sud-Ouest (2.066.km²) a été délimitée en raison des nombreuses études qui s'y rapportent. Elle appartient avec le Centre-Ouest (1.716.km²) et le Nord-Ouest (2.242.km²) au même ensemble du lagon Ouest. Le Nord-Est (818.km²) est caractérisé par son littoral (cf. -2.1.4). Le Centre-Est (1.859.km²) et le Sud-Est (1.740.km²) sont séparés par la latitude et distincts de l'ensemble du lagon Sud (2.881.km²).

Chacune a été étudiée lors d'une campagne, réalisée avec le N.O. Dawa ou le N.O. Vauban de l'O.R.S.T.O.M.. Ainsi six campagnes HOLOT, chacune d'une durée de deux semaines ont été effectuées, entre septembre 1982 et octobre 1983. La région sud-ouest, plus facilement accessible depuis Nouméa, a été étudiée en plusieurs phases constituant HOLOT 5. Au total 216 stations ont été effectuées de jour, en plongée

Tableau 9 : Distribution géographique des campagnes HOLOT.
S : stations avec des holothuries.

REGION	CAMPAGNE	LIMITES GEOGRAPHIQUES A LA COTE	STATIONS EFFECTUEES	S
Sud-Ouest	Holot 5	La Tontouta-Plum	48	48
Centre-Ouest	Holot 1	La Tontouta-Voh	32	25
Nord-Ouest	Holot 3	Voh-Poum	25	23
Nord-Est	Holot 4	Arama-Tao	28	28
Centre-Est	Holot 2	Hienghène-Canala	31	28
Sud-Est	Holot 6	Canala-Goro	26	24
Sud	Holot 7	Goro-Plum	26	26
TOTAL			216	202

Tableau 10 : Répartition par biotope des stations d'échantillonnage. n : stations avec des holothuries.

BIOTOPE		SYMBOLE	STATIONS EFFECTUEES	n
Barrière	pente externe	B Pe E □	7	6
	platier externe	B Pl E ■	6	5
	platier + pente interne	B Pe I ⊠	23	22
	passé	Pa ⊞	12	12
Ilot	pente externe	I Pe E ○	18	18
	platier externe	I Pl E ●	11	10
	platier interne	I Pl I ⊙	23	23
	pente interne	I Pe I ⊕	12	12
Frangeant	pente externe	F Pe E △	14	14
	platier externe	F Pl E ▲	5	5
	platier interne	F Pl I ▴	14	14
RECIFAL			145	141
Lagon externe		L E ◇	16	14
Lagon interne		L I ◊	16	15
Côtier		C B ◆	26	19
Lagon à dalles		L D ⬠	10	10
Chenal		C H ⬡	3	3
LAGONAIRE			71	61

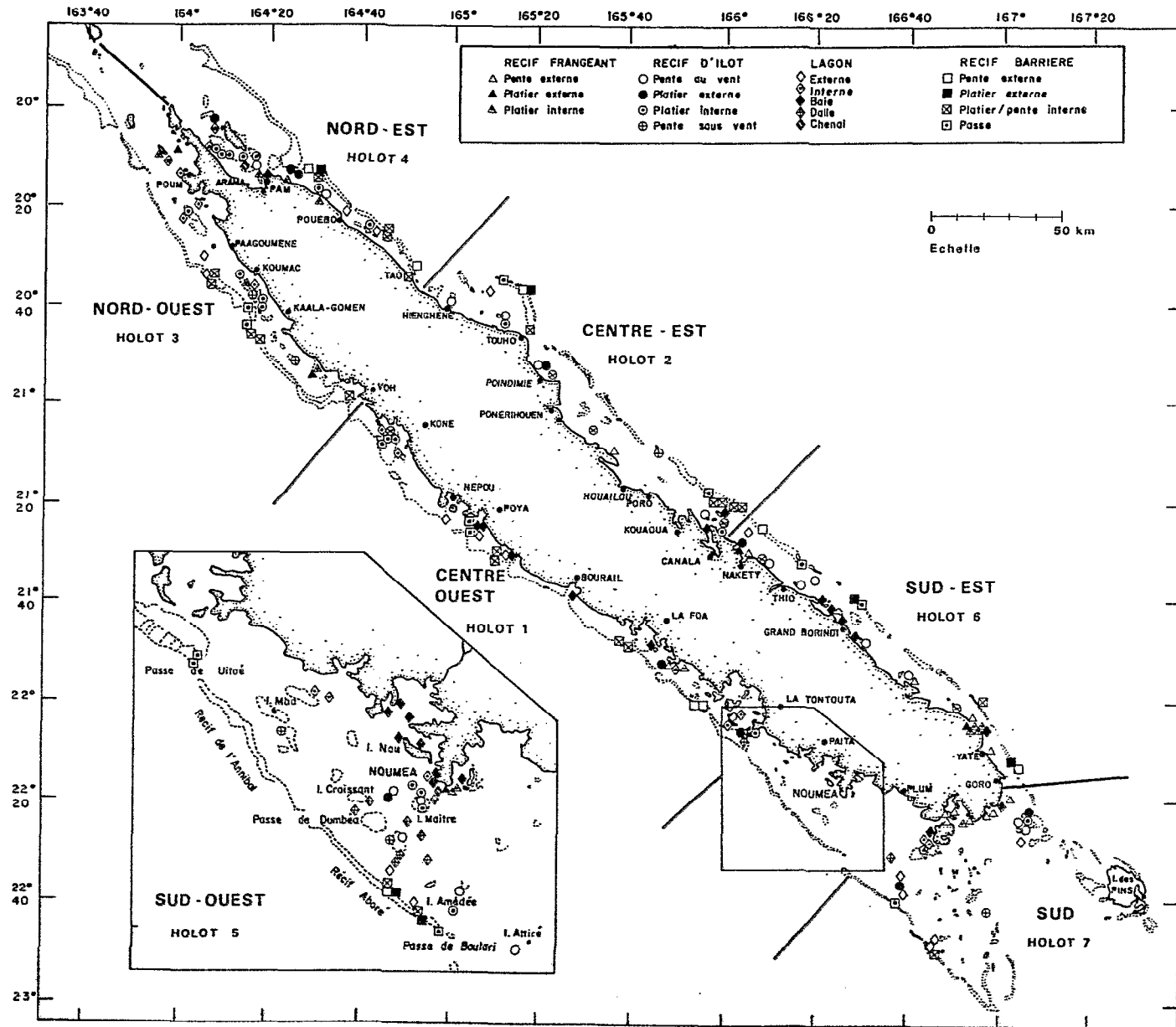


Figure 14 : Stations d'échantillonnage.

libre, en scaphandre autonome ou à basse-mer sur les platiers.

Au cours de chaque campagne, les stations ont été réparties entre les seize biotopes principaux définis précédemment (cf. figure 12). Cependant, les conditions météorologiques et l'accessibilité des lieux ont parfois empêché de réaliser des stations initialement prévues. La répartition des stations est présentée dans le tableau 10. Au total, 2/3 des stations ont été réalisées dans le système récifal et 1/3 seulement dans le lagonaire. En absence de données cartographiques sur la géomorphologie, à l'échelle du lagon entier, les données ont été utilisées sans pondération.

La figure 14 montre la situation géographique des stations réalisées ainsi que le biotope de chacune.

3.3 - METHODE DES QUADRATS

La méthode choisie est celle des quadrats, tant pour les observations réalisées à pied à basse-mer, que pour celles faites à la nage.

Sur les platiers à basse-mer, les quadrats sont matérialisés à l'aide d'une corde de 100 mètres, fixée à une extrémité et le long de laquelle coulisse, au cours du déplacement, une tringle métallique de 2 mètres. Des marques colorées, fixées tous les 10 mètres sur la corde, permettent de situer éventuellement des changements de biotope.

Lorsque les stations sont effectuées en plongée, les quadrats ont été réalisés en adaptant la méthode du "MANTA-TOW", utilisée pour la première fois par Barnes et al. (1971) à Aldabra puis par les australiens en particulier pour les comptages d'Acanthaster par Kenchington et Morton (1976). Elle est utile pour l'évaluation rapide, sur de grandes surfaces, des associations coralliennes et des grands invertébrés (Done et al. 1982). La technique classique consiste à traîner un plongeur, équipé pour la plongée libre, à une vitesse de 1,5 noeuds, avec une planche, "manta-board", qui lui permet de contrôler sa position dans l'eau. Au cours de 20 minutes environ, il mémorise ses observations, qu'il reporte à la fin du trait. Un débit-mètre calibré peut être fixé à la planche pour mesurer la distance parcourue. Pour des profondeurs inférieures à 10 mètres environ, l'estimation de la densité est ainsi possible, avec un minimum de fatigue pour le plongeur. La vitesse du trait entraîne cependant une sous-estimation de la densité par un facteur allant de 2 à 4 d'après Harriot (1985).

En Nouvelle-Calédonie, la méthode a été légèrement modifiée. La plongée est réalisée par deux plongeurs qui effectuent, sans être tractés, un parcours parallèle, à quelques mètres de distance l'un de l'autre. Un débit-mètre spécial, adapté aux faibles vitesses, a été fixé sous la planche (figure 15). Son étalonnage, réalisé en piscine sur des distances de 50 mètres, permet de calculer la constante de l'appareil et donc la distance parcourue.

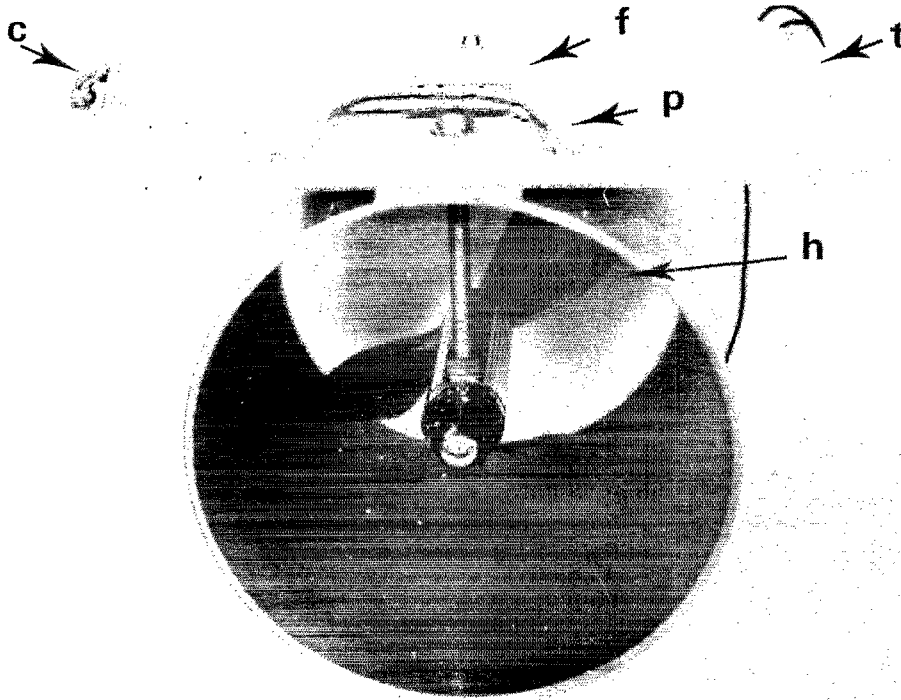


Figure 15 : "Manta-board" avec débitmètre adapté aux vitesses lentes. c : crayons ; f : fenêtre de lecture ; h : hélice ; p : poignée ; t : table en p.v.c..

Les plongées durent généralement trente minutes. Dans les stations où le courant est sensible, après quinze minutes le trajet est effectué en sens inverse, pour éliminer son effet sur le calcul de la distance parcourue.

La largeur du quadrat est estimée par les plongeurs. Suivant la visibilité, elle varie donc de 1 à 8 mètres, mais pour la majorité des stations (65 %) elle se situe entre 2 et 3 mètres. Il existe en effet un risque de surévaluation de l'abondance dans des eaux très claires, où la visibilité est bonne et il a paru préférable dans ce cas d'agrandir la largeur du quadrat. La surface de la station, Si, somme des quadrats des 2 plongeurs, est donc également variable, allant de 200 à 4 000 m², mais elle se situe pour 60 % des cas entre 1 000 et 2 500 m². Ce sont donc des quadrats très allongés, de grande surface. Ce choix est d'abord justifié par les conditions de la plongée en scaphandre. La durée de trente minutes permet des palliers très réduits aux profondeurs de l'étude. Ils semblent aussi plus adaptés que des petits quadrats à l'échantillonnage de cette mégafaune dispersée.

Leur grande taille est probablement mieux adaptée pour les espèces à large répartition, que pour les espèces inféodées à des microhabitats. Toutefois, des analyses d'inertie, effectuées en pondérant les densités ou les biomasses par la surface des quadrats, ont fourni des

représentations suivant les premiers axes, similaires à celles qui ont été effectuées sans cette pondération.

3.4 - ACQUISITION DES DONNEES

Les paramètres suivants sont relevés à chaque station.

La position : le point est fait grâce au radar dont sont équipés les bateaux ; il est reporté sur une carte et permet de mesurer la distance à la côte de la station.

La profondeur moyenne à la station est calculée à partir des profondeurs minimum et maximum, observées par les plongeurs sur leur profondimètre.

L'hydrodynamisme, dans les zones profondes des chenaux et des passes, provient des courants de marée alors que dans les zones peu profondes ou soumises à l'exondation s'y ajoute l'effet des houles et des vagues.

La liste des stations, avec leur position, les biotopes et les paramètres principaux, est donnée dans l'annexe 1.

Comme il n'était matériellement pas possible, dans le cadre de ce travail de faire ni des analyses sédimentologiques, ni des relevés faunistiques détaillés, des méthodes simples d'évaluation visuelle, préconisées par Dahl (1981) ont été utilisées.

Neuf types de **substrats**, (1) à (9), ont été distingués qui puissent correspondre avec les catégories des cartes sédimentologiques du lagon sud-ouest. 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 pelites 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.

Un codage légèrement différent, en six classes pour tenir compte des abondances faibles, a été utilisé pour la flore et la faune accompagnatrices. Les catégories suivantes ont été distinguées : algues vertes (1), brunes (2), rouges (3), herbier clairsemé (4), herbier dense (5), éponges (6), gorgones (7), alcyonaires (8), coraux branchus (9), massifs (10), encroûtants (11), en tables (12), en lames (13). Le codage employé est celui proposé par Dahl (1981) où 0 = 0 %, 1 = 1 à 5 %, 2 = 6 à 30 %, 3 = 31 à 50 %, 4 = 51 à 75 %, 5 = 76 à 100 % .

Les échantillons d'holothuries enfin sont obtenus différemment suivant qu'il s'agisse de la mesure des densités ou des biomasses. Soit i les stations et j les espèces, pour les densités les effectifs n_j des espèces rencontrées sont notés sur les planches au cours de la plongée. Les spécimens qui n'ont pas pu être déterminés directement sont récoltés. Un troisième plongeur, qui nage derrière les deux autres, récolte les différentes espèces, pour l'évaluation des biomasses. Les espèces de grande taille ne sont parfois représentées que par peu d'individus, car elles sont généralement plus rares et parfois trop lourdes pour être transportées tout au long de la plongée. Pour ces espèces et aussi les Bohadschia, qui expulsent leurs canaux de Cuvier, la relation poids frais total-longueur a été établie, ce qui a ultérieurement permis de se limiter à une mesure de longueur sous l'eau (cf. chap. 3 -2.4). Les autres spécimens sont pesés à bord et le poids frais moyen p_j de chaque espèce ainsi obtenu pour la station, permet de calculer la biomasse. Ainsi pour chaque espèce d'une station i sont définies :

- la densité, $d_j = n_j \times 100/S_i$
- la biomasse, $b_j = d_j \times p_j$

Ces données permettent de construire deux tableaux généraux bidimensionnels, comportant j lignes ($j = 48$) correspondant aux espèces et i colonnes ($i = 202$) correspondant aux stations non nulles, l'un pour les densités et l'autre pour les biomasses. Dans chaque tableau, la somme des colonnes permet de définir :

- la densité totale à la station, $d_i = \sum_{j=1}^{j \text{ max}} d_j$
- la biomasse totale à la station, $b_i = \sum_{j=1}^{j \text{ max}} b_j$

4 - AUTOECOLOGIE

4.1 - METHODE D'ANALYSE

Les contraintes techniques de l'échantillonnage n'ont permis de récolter des données que sur les facteurs physiques (substrat, profondeur, hydrodynamisme) et sur les facteurs biotiques de manière qualitative. S'agissant d'une première étude sur une grande échelle et dans les différents biotopes des complexes récifaux, des méthodes simples ont été utilisées. Elles permettent toutefois de définir la répartition et les exigences écologiques des principales espèces, en se basant sur leur présence et leur abondance numérique.

- Répartition géographique : dans un premier tableau (A) apparaît pour chacune des 7 régions, le nombre de stations où l'espèce est présente et le pourcentage calculé à partir du nombre total des stations effectuées dans cette région (cf. tableau 9).

- Répartition suivant les biotopes : dans un second tableau (B) apparaît pour chacun des biotopes récifaux d'une part, lagonaires de l'autre, le nombre de stations où l'espèce est présente et le pourcentage calculé à partir du nombre total de stations effectuées dans ce biotope (cf. tableau 10).

- Répartition quantitative, suivant la bathymétrie et la distance à la côte, en milles : un premier graphique (C) illustre les variations de l'abondance en fonction de ces facteurs ; les densités portées en abscisse sont des valeurs logarithmiques pour atténuer leur dispersion.

- Répartition en rapport avec le substrat : elle est présentée par un diagramme triangulaire (D). Ceux-ci (Shepard, 1954) sont construits à partir de la granulométrie des sédiments et expriment les pourcentages respectifs des graviers, sables et pélites (figure 16A). Ces diagrammes sont utilisés en écologie benthique (Glémarec et Monniot, 1966 ; Glémarec, 1969 ; Guille, 1971 ; Thomassin, 1978). Ils ont été adaptés pour représenter trois catégories, regroupant les neuf types de substrats précédemment définis (figure 16B). Ainsi, (D) = substrats durs + graviers, soit les fractions (1)+(2)+(3)+(4), (S) = sables, soit (5)+(6) et (P) = pélites, soit (7)+(8)+(9).

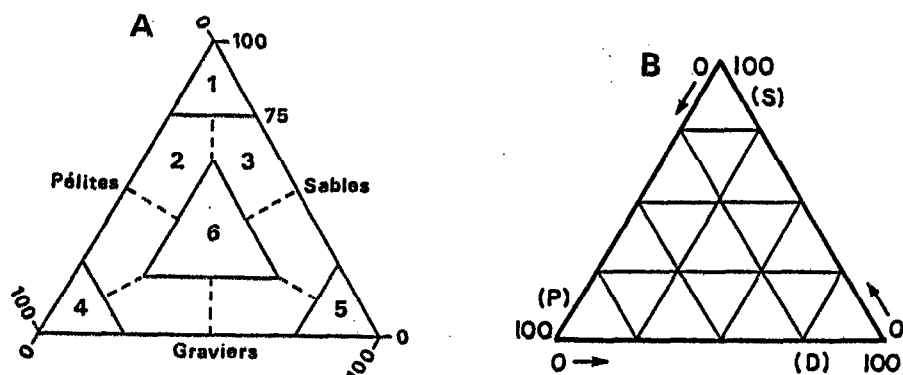


Figure 16 : Diagramme triangulaire. A : de Shepard (d'après Glémarec et Monniot, 1966) ; B : adapté pour l'étude présente, (D) : substrats durs + graviers, (S) : sables, (P) : sables vaseux + vases.

A partir des taux de recouvrement de chaque catégorie, les stations où une espèce est présente, sont reportées dans le diagramme (D).

Ces tableaux (A),(B) et ces graphiques (C),(D) sont présentés dans le texte par une figure de synthèse pour les espèces d'intérêt commercial ou fréquentes et en annexe 2 pour les autres espèces.

4.2 - RESULTATS GENERAUX SUR LES REPARTITIONS, LES DENSITES ET LES BIOMASSES

4.2.1 - Fréquence

Des résultats généraux peuvent être présentés à partir de l'ensemble des données. D'après leur fréquence d'apparition, il est possible de définir plusieurs groupes d'espèces (figure 17) :

- très fréquentes, 2 espèces, présentes dans plus de 80 stations, soit 40 % de l'ensemble des stations où il y a des holothuries ;
- fréquentes, 9 espèces, présentes dans plus de 35 stations, soit 17 % ;
- peu fréquentes, 13 espèces, présentes dans plus de 10 stations, soit 5 % ;
- rares, 24 espèces, présentes dans 1 à 10 stations, soit moins de 5 %.

La figure 18 présente les espèces rangées selon leur fréquence d'apparition et classées par catégorie commerciale.

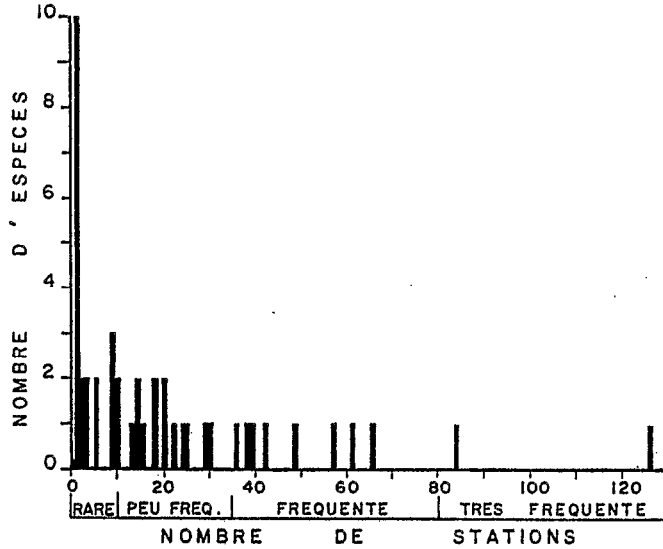


Figure 17 : Fréquence d'apparition des espèces.

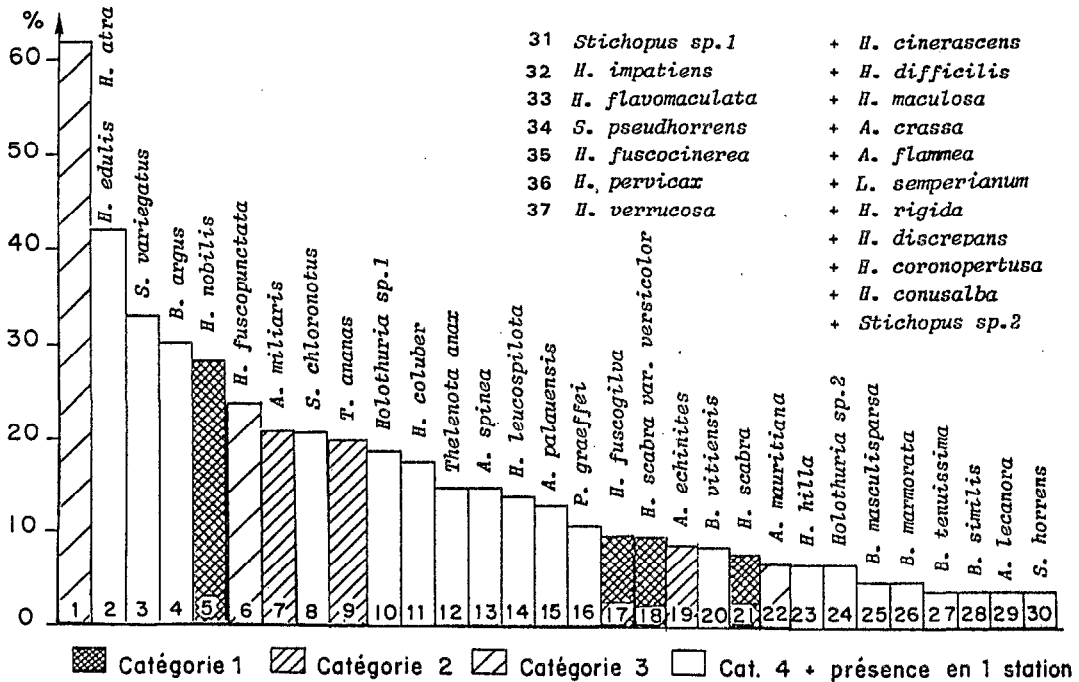


Figure 18 : Rangement des espèces suivant leur fréquence et leur valeur commerciale.

Il apparait que les espèces de première catégorie commerciale sont peu fréquentes, à l'exception de H. nobilis qui est fréquente ; 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.

4.2.2 - Abondance

Pour donner une vue d'ensemble de l'abondance respective de chaque espèce, sa densité et sa biomasse moyennes ont été calculées, pour les stations où elle est présente, à partir de la ligne correspondante des tableaux bidimensionnels généraux.

Les valeurs des densités \bar{d} présentées à l'exclusion des espèces rares (tableau 11) permettent d'effectuer

Tableau 11 : Densité et biomasse (poids frais) des principales espèces. \bar{d} : densité moyenne de l'espèce ; d_t : densité de toutes les espèces, 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
<i>H. edulis</i>	1,13	11	4,8	8	243	24	3,2	11
<i>S. variegatus</i>	0,49	18	0,8	14	510	16	5,2	6
<i>B. argus</i>	0,21	22	0,7	17	360	20	3,4	10
<i>S. chloronotus</i>	2,86	8	6,1	5	323	21	2,1	17
<i>Holothuria sp. 1</i>	0,42	19	0,8	14	314	22	1,9	19
<i>H. coluber</i>	1,55	10	2,8	9	530	15	3,0	13
<i>T. anax</i>	0,14	25	0,2	24	609	12	2,9	15
<i>A. spinea</i>	1,08	12	1,6	10	841	7	3,9	8
<i>H. leucospilota</i>	5,05	6	7,4	4	1672	5	7,5	3
<i>A. palauensis</i>	0,10	29	0,1	26	175	27	0,7	26
<i>P. graeffei</i>	0,50	17	0,6	18	376	19	1,3	20
<i>B. vittensis</i>	0,70	15	0,6	18	828	8	2,3	16
<i>H. hilla</i>	0,60	16	0,5	20	40	29	0,1	28
<i>Holothuria sp. 2</i>	1,89	9	1,3	12	548	14	1,2	21
<i>B. maculisparsa</i>	0,20	23	0,2	24	569	13	1,1	22
<i>B. aff. marmorata</i>	0,37	20	0,1	26	680	11	0,9	24
<i>B. tenuissima</i>	0,12	27	-	-	80	28	0,1	28
<i>B. similis</i>	3,00	7	1,4	11	790	9	1,1	22
<i>A. lecanora</i>	0,05	30	-	-	31	30	-	-
<i>S. horrens</i>	0,81	14	0,4	21	190	26	0,3	27

ensuite un classement des espèces par densité numérique décroissante. Les espèces qui présentent les densités moyennes les plus fortes, comprises entre 5 et 10 individus par 100 m², sont A. mauritiana, A. echinites, H. scabra, H. atra, A. miliaris et H. leucospilota. Ce sont toutes des espèces de platier. Parmi les espèces rares, il convient de signaler que H. cinerascens et H. difficilis, bien que présentes à une seule station, y ont une forte densité de 8,5 et 3,8 individus par 100 m².

A partir de l'ensemble du tableau général, la **dominance moyenne** a été calculée pour chaque espèce ; elle est exprimée par le pourcentage que représente sa densité totale par rapport à celle de l'ensemble des espèces (tableau 11). Un classement de ces valeurs montre l'importance de chaque espèce à l'échelle de l'échantillonnage total du lagon. Les espèces qui apparaissent numériquement dominantes sont H. atra (35 %), A. miliaris, A. echinites, H. leucospilota, S. chloronotus et A. mauritiana.

Les valeurs de la **densité pondérale** moyenne des espèces, b, ont été calculées comme pour les densités numériques, à l'exclusion des espèces rares (tableau 11). Le classement montre qu'elles ne dépassent 1 kg par 100 m² que chez A. mauritiana, H. scabra, A. miliaris, A. echinites et H. leucospilota. Malgré ses fortes densités, H. atra n'occupe que le 10^e rang.

La **dominance pondérale** moyenne est également présentée par le pourcentage de sa biomasse totale par rapport à celle de l'ensemble des espèces. Le classement qui en résulte est important du point de vue de l'exploitation. H. atra représente près de 15 % de l'ensemble, viennent ensuite A. miliaris, H. leucospilota, H. scabra, A. mauritiana et S. variegatus. Il semble donc que A. miliaris et H. scabra soient les espèces les plus intéressantes.

La figure 19 enfin, fait la synthèse des observations sur les **densités et biomasses moyennes**, pour les espèces dont les valeurs respectives dépassent 10 individus et 10 kg par hectare. Plusieurs lots d'espèces apparaissent, en fonction de leur poids moyen. Un lot se détache nettement avec des valeurs élevées des 2 paramètres, constitué par A. mauritiana, H. scabra, A. echinites et A. miliaris, H. leucospilota. Des espèces à valeurs moyennes sont grossièrement alignées depuis Holothuria sp.1 à H. atra. Au-dessus, les espèces à poids moyen élevé sont plus dispersées de A. palauensis à A. spinea, alors qu'au-dessous, les espèces plus légères comprennent S. horrens, H. edulis et S. chloronotus.

De manière plus détaillée, les **distributions de fréquence** des densités des espèces d'une part (fig. 20A et 21A), des biomasses de l'autre (fig. 20B et 21B) sont présentées. Pour plus de clarté, les espèces commerciales ont été séparées des autres espèces fréquentes. La densité

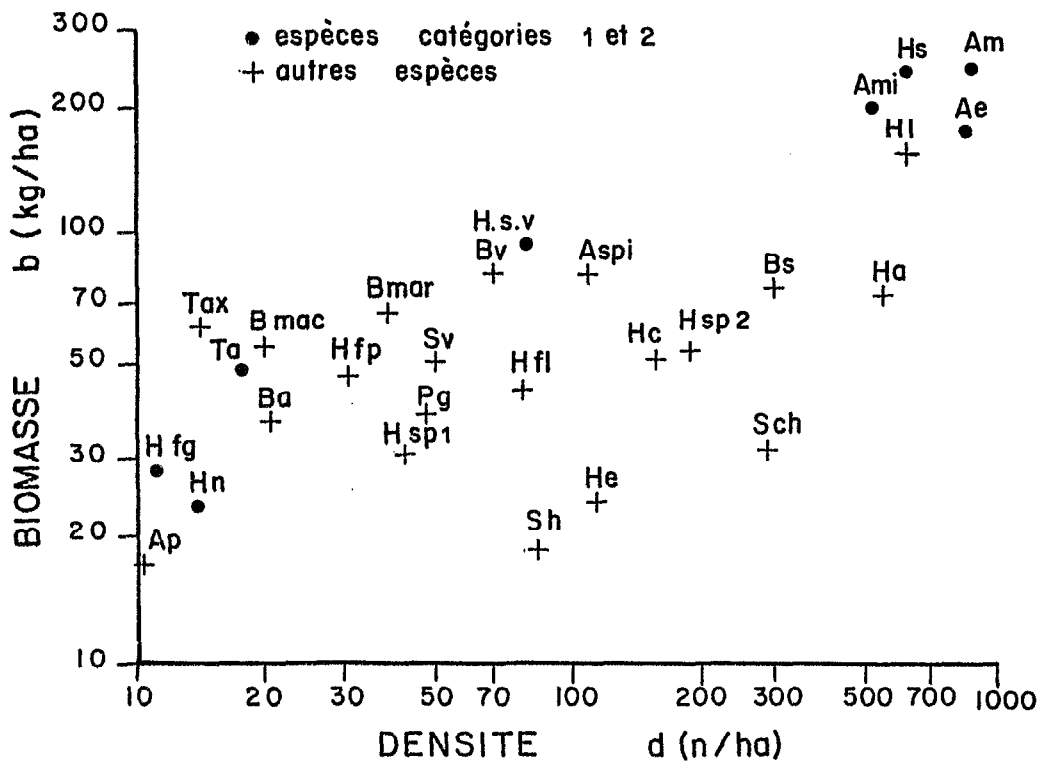


Figure 19 : Relation entre la densité et la biomasse moyenne à l'hectare, des espèces principales.

moyenne pour chaque espèce est figurée à l'aide d'un symbole. Les symboles des biotopes, définis dans la figure 12, sont utilisés pour les densités moyennes, calculées dans les biotopes où l'espèce est fréquente.

Il apparaît nettement que les densités aussi bien que les biomasses sont très variables, pouvant aller de quelques individus à plusieurs milliers par hectare. Dans tous les cas la variance est supérieure à la moyenne arithmétique de la densité, la distribution est donc contagieuse, ce qui est le cas le plus répandu (Elliot, 1971). Deux types de distribution peuvent cependant être distingués visuellement sur ces figures.

- Les densités sont relativement homogènes, après transformation logarithmique des valeurs, dans les populations des espèces H. nobilis, H. fuscogilva, T. ananas, T. anax et B. argus ; dans ce cas les valeurs maximums dépassent rarement 100 individus par hectare.

- Les valeurs sont plus dispersées chez les autres espèces, avec, chez certaines, des maximums de plusieurs milliers d'individus par hectare.

Les distributions des biomasses sont également très variables, de moins d'un kilogramme à plusieurs tonnes par hectare dans les agrégations.

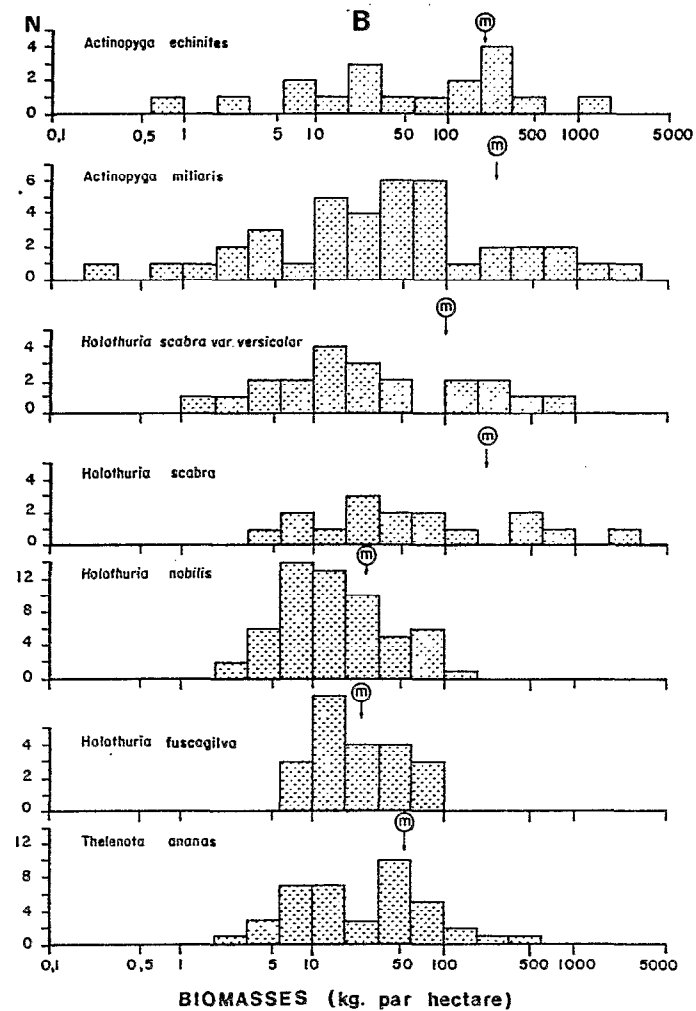
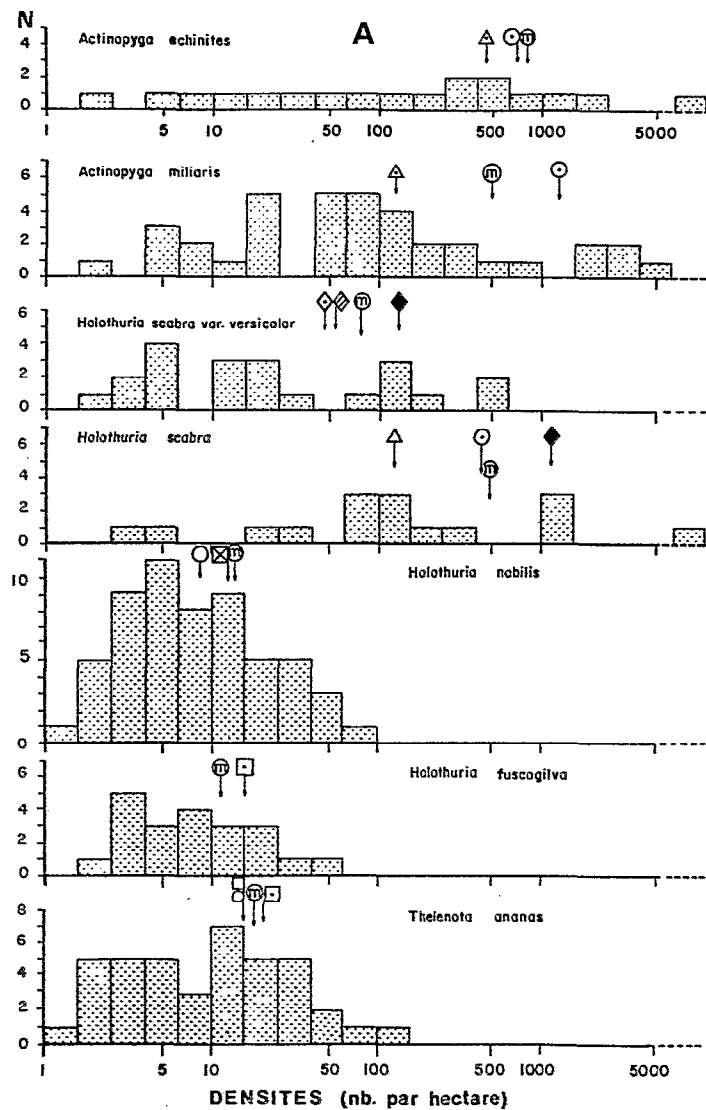


Figure 20 : Distributions de fréquence des densités (A) et des biomasses (B) des espèces d'intérêt commercial. N : nombre d'observations ; m : moyenne arithmétique ; symboles (cf. fig. 12) : moyenne dans les biotopes principaux.

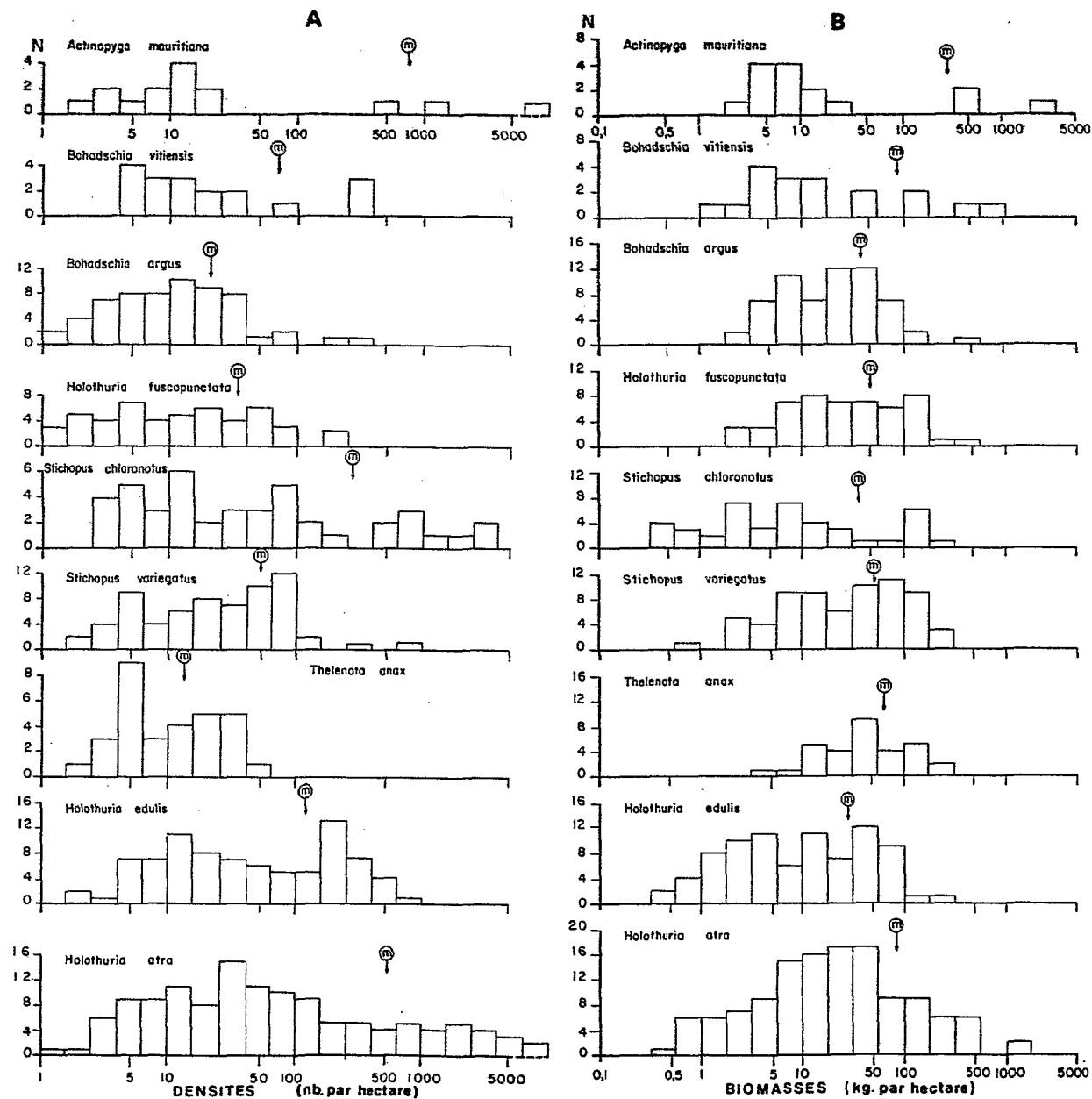
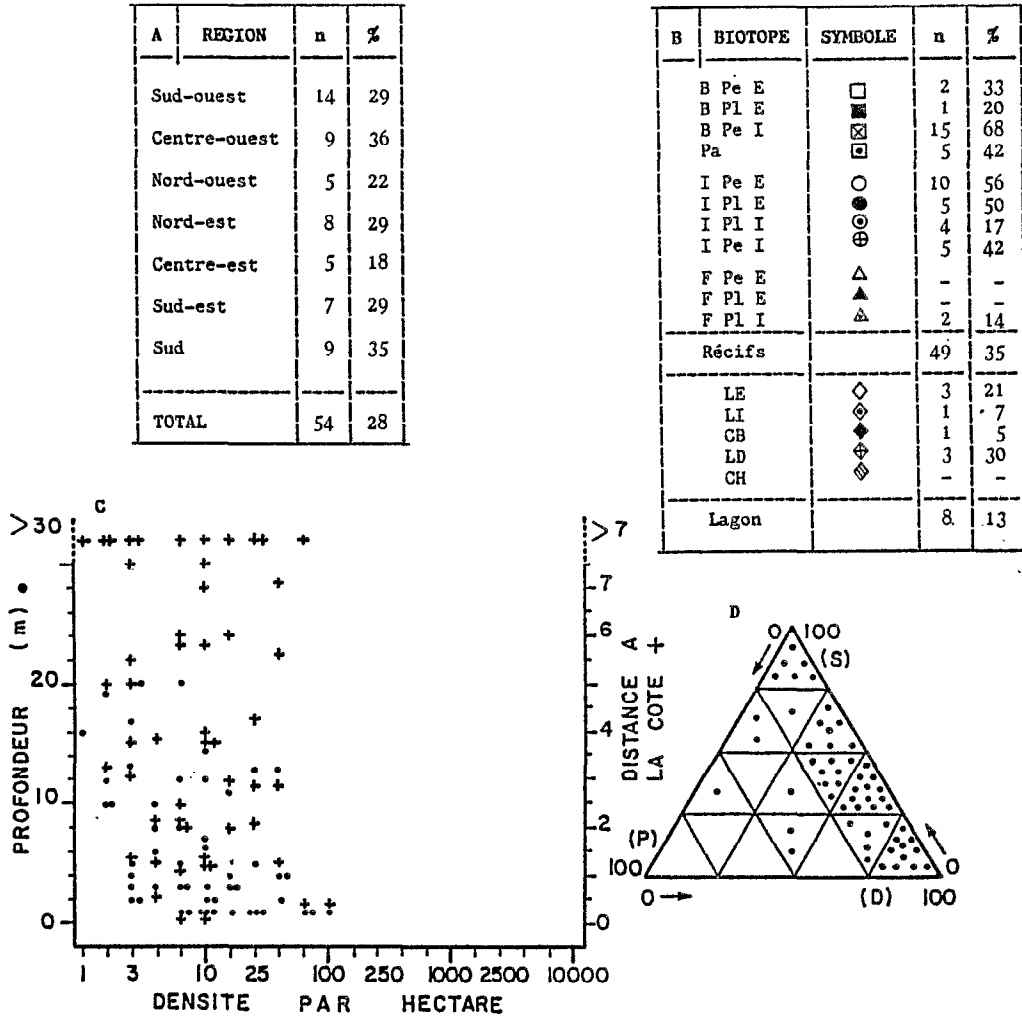


Figure 21 : Distributions de fréquence des densités (A) et des biomasses (B) des autres espèces.
 N : nombre d'observations ; m : moyenne arithmétique.

4.3 - ECOLOGIE DES PRINCIPALES ESPECES

4.3.1 - Espèces d'intérêt commercial, catégories 1 et 2

Holothuria (Microthele) nobilisFigure 22 : 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.

Holothuria (Microthele) fuscogilva

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	3	6
	Centre-ouest	2	8
	Nord-ouest	2	9
	Nord-est	3	11
	Centre-est	4	14
	Sud-est	2	8
	Sud	5	19
TOTAL		21	10

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
B Pe E		□	1	17
B Pl E		■	-	-
B Pe I		⊠	2	9
Pa		⊞	7	58
I Pe E		○	2	11
I Pl E		●	-	-
I Pl I		⊙	-	-
I Pe I		⊕	2	17
F Pe E		△	1	7
F Pl E		▲	-	-
F Pl I		△	-	-
Récifs			15	11
Lagon			6	10
	LE	◇	4	29
	LI	◊	1	7
	CB	◆	-	-
	LD	◇	1	10
	CH	◊	-	-

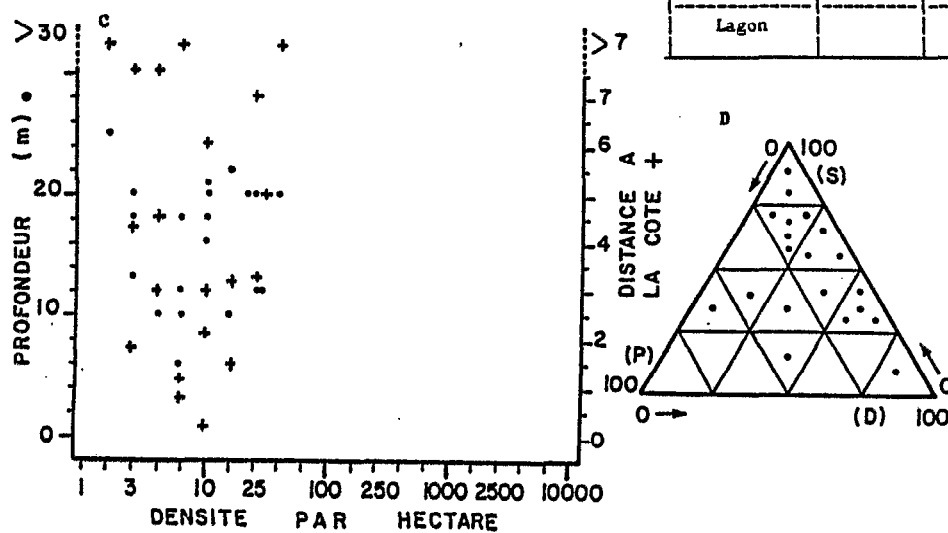


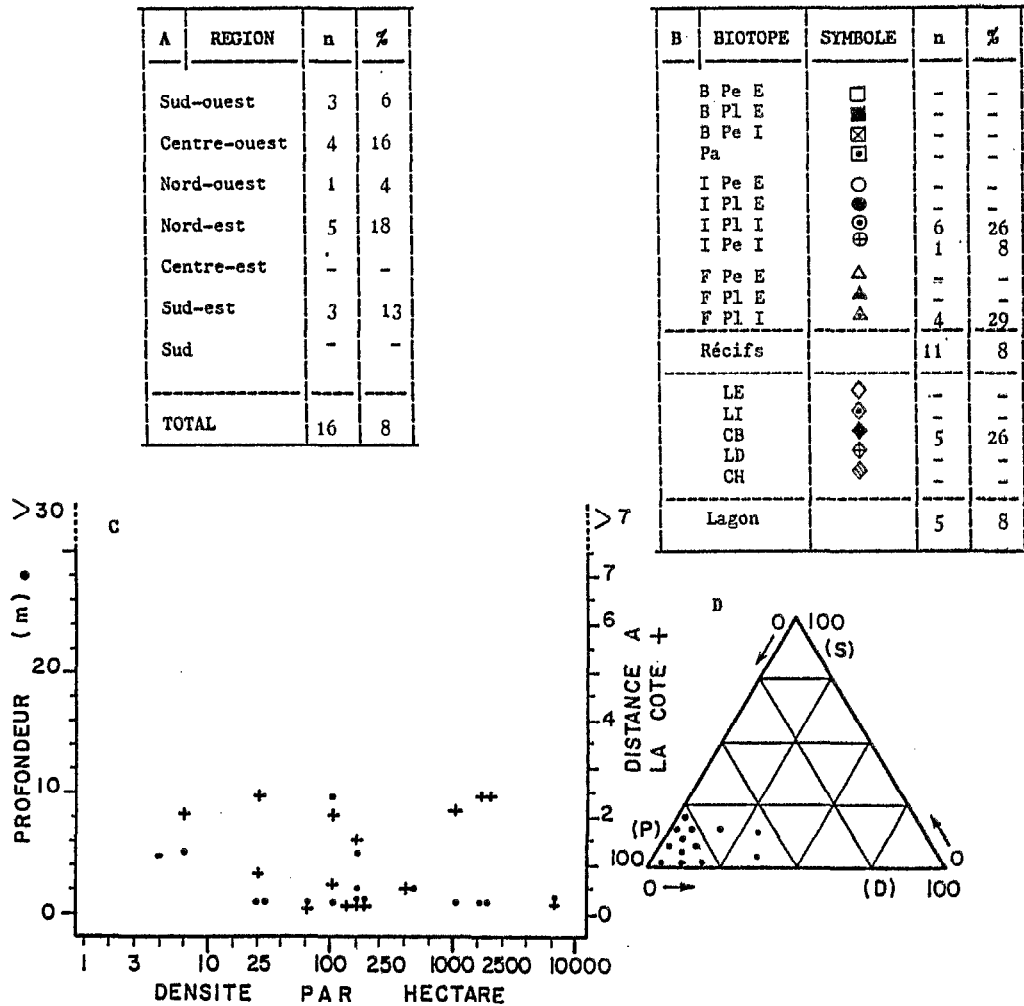
Figure 23 : Répartition et abondance de H. fuscogilva.

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.

Holothuria (Metriatyla) scabraFigure 24 : 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.

Holothuria (Metriatyla) scabra var. *versicolor*

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	16	33
	Centre-ouest	-	-
	Nord-ouest	1	4
	Nord-est	1	4
	Centre-est	1	4
	Sud-est	1	4
	Sud	1	4
TOTAL		21	10

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊠	-	-
	Pa	□	-	-
	I Pe E	○	1	6
	I Pl E	●	-	-
	I Pl I	⊙	1	4
	I Pe I	⊕	1	8
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	△	2	14
Récifs			5	4
	LE	◇	-	-
	LI	◊	5	33
	CB	◆	5	26
	LD	⊕	4	40
	CH	⊞	2	66
Lagon			16	26

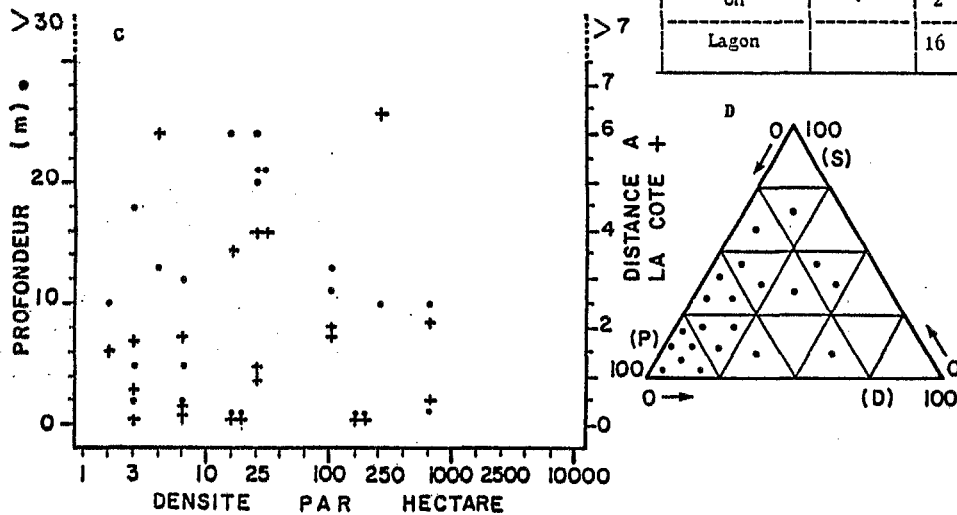


Figure 25 : Répartition et abondance de *H. scabra* var. *versicolor*.

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.

Actinopyga miliaris

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	16	29
	Centre-ouest	9	36
	Nord-ouest	4	17
	Nord-est	8	29
	Centre-est	1	4
	Sud-est	3	13
	Sud	2	8
TOTAL		43	21

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊠	-	-
	Pa	⊞	-	-
	I Pe E	○	2	11
	I Pl E	●	2	20
	I Pl I	⊙	14	61
	I Pe I	⊕	3	25
	F Pe E	△	2	14
	F Pl E	▲	3	60
	F Pl I	△	11	79
Récifs			37	26
	LE	◇	-	-
	LI	◊	-	-
	CB	◆	4	21
	LD	⊖	2	20
	CH	⊗	-	-
Lagon			6	10

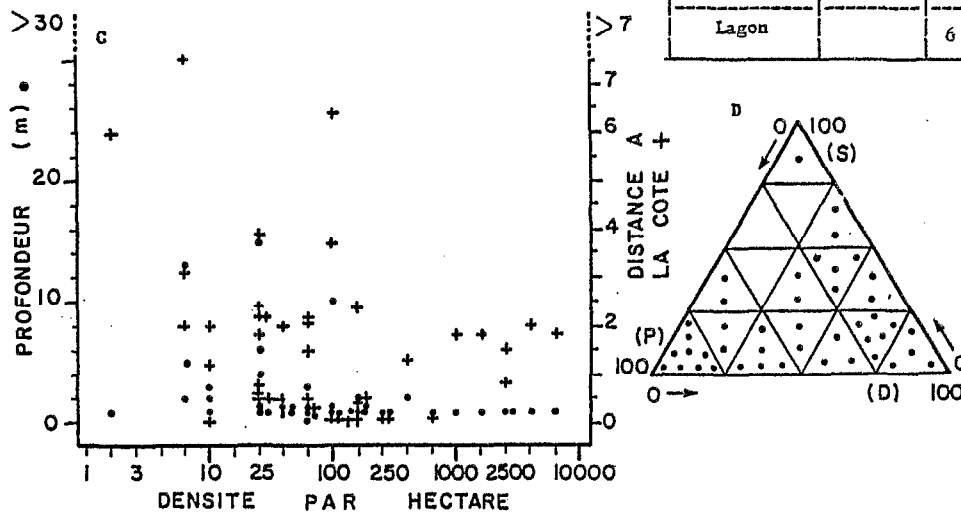


Figure 26 : Répartition et abondance de *A. miliaris*.

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.

Actinopyga echinites

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	10	21
	Centre-ouest	2	8
	Nord-ouest	-	-
	Nord-est	-	-
	Centre-est	1	4
	Sud-est	3	13
	Sud	2	8
	TOTAL	18	9

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊗	-	-
	Pa	⊠	-	-
	I Pe E	○	2	11
	I Pl E	●	1	10
	I Pl I	⊙	4	17
	I Pe I	⊕	2	17
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	1	20
	F Pl I	▴	5	36
	Récifs		15	11
	LE	◇	-	-
	LI	◆	1	7
	CB	◊	1	5
	LD	◈	1	10
	CH	◉	-	-
	Lagon		3	5

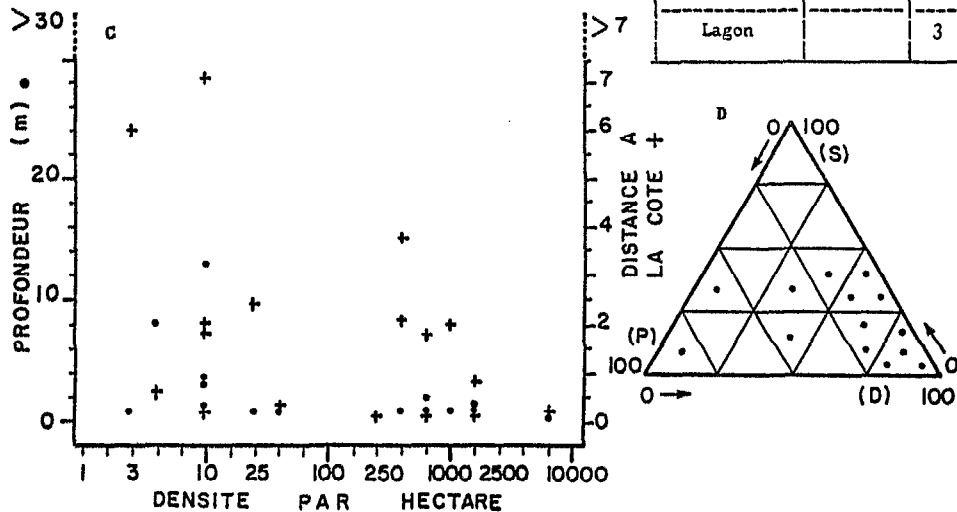


Figure 27 : Répartition et abondance de *A. echinites*.

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.

Thelenota 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	9
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

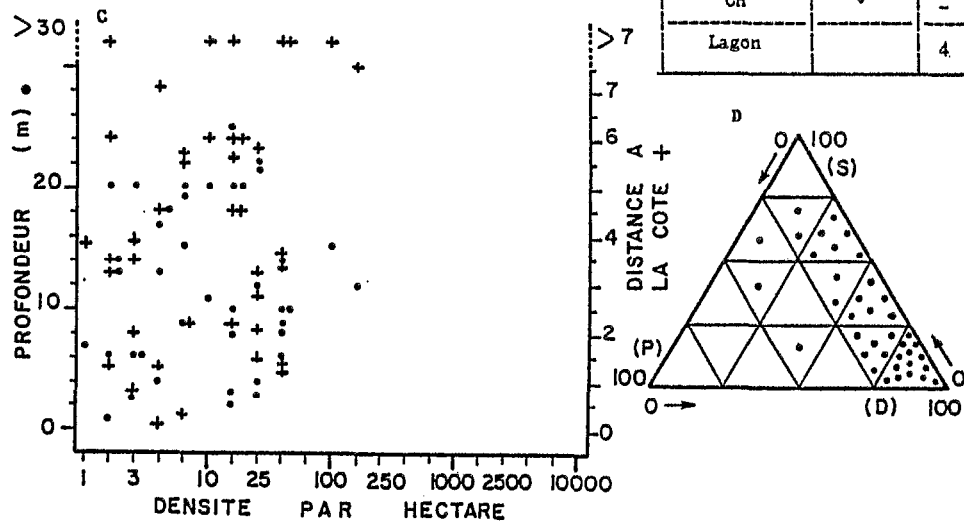


Figure 28 : Répartition et abondance de T. ananas.

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.

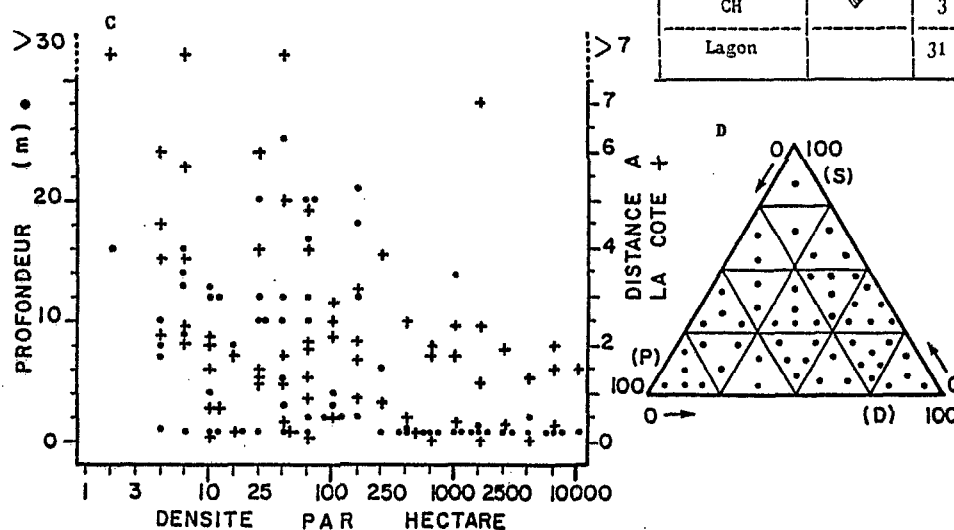
C'est une espèce des fonds durs couverts d'une couche plus ou moins importante de sable corallien.

4.3.2 - Espèces d'intérêt commercial faible, catégorie 3

Holothuria (Halodeima) atra

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	35	73
	Centre-ouest	12	48
	Nord-ouest	15	65
	Nord-est	20	71
	Centre-est	16	57
	Sud-est	17	71
	Sud	11	42
	TOTAL	126	62

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	3	50
	B Pl E	■	3	60
	B Pe I	▣	8	36
	Pa	▤	5	42
	I Pe E	○	16	89
	I Pl E	●	9	90
	I Pl I	⊙	22	96
	I Pe I	⊕	8	67
	F Pe E	△	7	50
	F Pl E	▲	3	60
	F Pl I	▴	11	79
	Récifs		95	67
	LE	◇	5	36
	LI	◆	7	47
	CB	♠	6	32
	LD	♣	10	100
	CH	♠	3	100
	Lagon		31	51

Figure 29 : Répartition et abondance de *H. atra*.

Holothuria atra est l'espèce la plus fréquente dans toutes les zones géographiques du lagon de Nouvelle-Calédonie.

Elle est fréquente aussi bien dans les biotopes récifaux que ceux sous-influence terrigène.

Elle ne dépasse généralement pas 25 m de profondeur. Ses populations peuvent être très denses, mais dans ce cas elles vivent sur des platiers peu profonds, généralement peu éloignés du rivage.

Certaines populations de platiers présentent de très fortes densités.

C'est une espèce pratiquement ubiquiste dans les zones peu profondes.

Actinopyga mauritiana

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	-	-
	Centre-ouest	-	-
	Nord-ouest	1	4
	Nord-est	2	7
	Centre-est	6	21
	Sud-est	6	25
	Sud	-	-
TOTAL		15	7

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	2	33
	B Pl E	■	3	60
	B Pe I	⊠	2	9
	Pa	□	-	-
	I Pe E	○	2	11
	I Pl E	●	1	10
	I Pl I	⊕	-	-
	I Pe I	⊗	-	-
	F Pe E	△	2	14
	F Pl E	▲	1	20
	F Pl I	△	2	14
Récifs			15	11
	LE	◇	-	-
	LI	◆	-	-
	CB	◇	-	-
	LD	◆	-	-
	CH	◇	-	-
Lagon			-	-

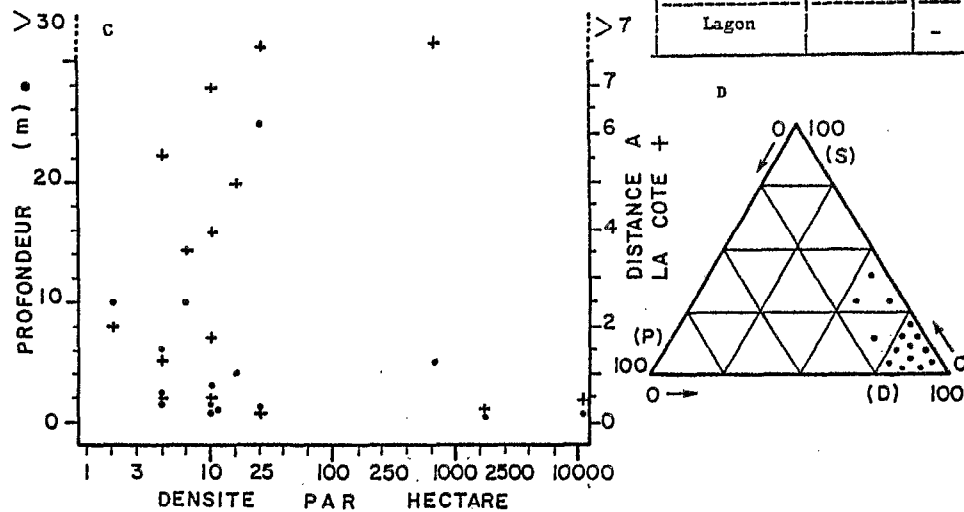


Figure 30 : Répartition et abondance de *A. mauritiana*

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.

Holothuria (Microthele) fuscopunctata

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	14	29
	Centre-ouest	6	24
	Nord-ouest	6	26
	Nord-est	2	7
	Centre-est	8	29
	Sud-est	7	29
	Sud	6	23
TOTAL		49	24

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	2	33
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	▣	7	32
	Pa	▤	8	67
	I Pe E	○	8	44
	I Pl E	●	1	10
	I Pl I	⊕	2	9
	I Pe I	⊗	6	50
	F Pe E	△	2	14
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	-	-
Récifs			36	26
	LE	◇	3	21
	LI	◆	3	20
	CB	◇	1	5
	LD	⊕	6	60
	CH	◆	-	-
Lagon			13	21

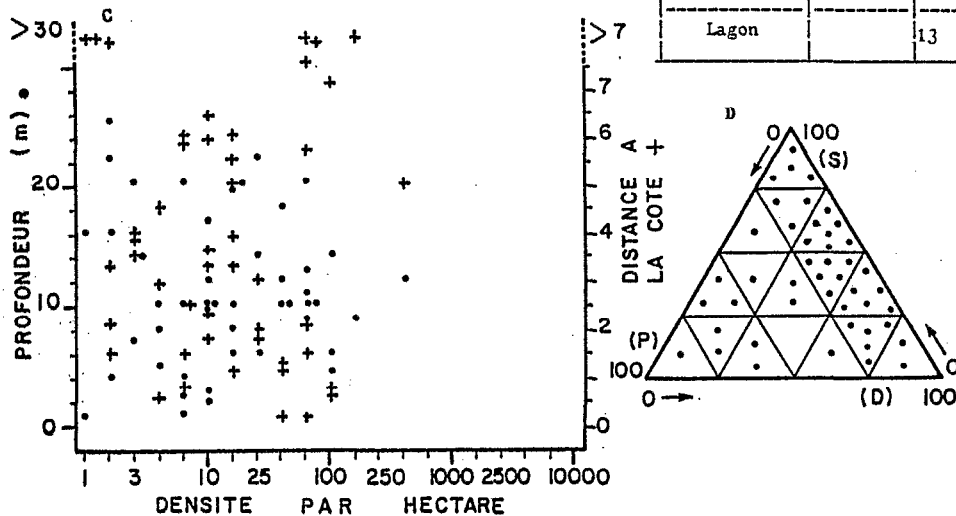


Figure 31 : Répartition et abondance de *H. fuscopunctata*.

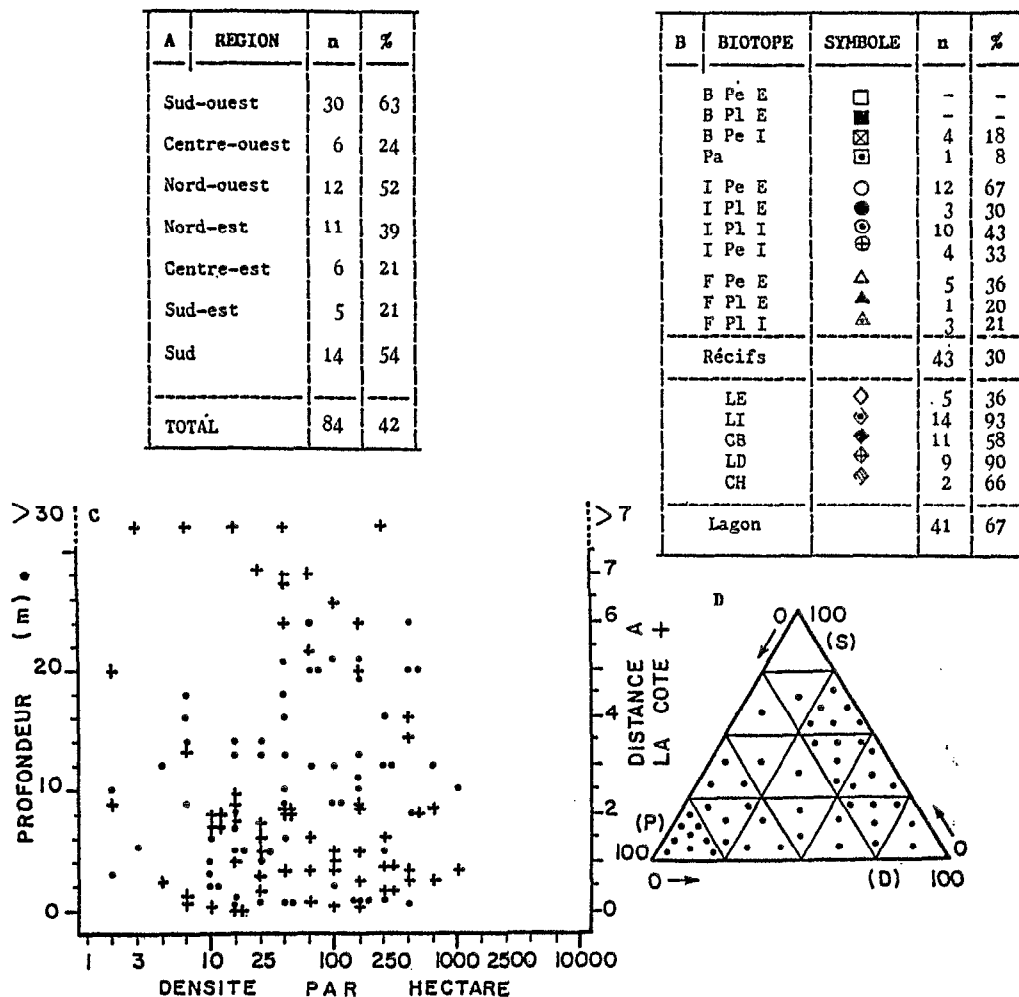
Holothuria fuscopunctata est une espèce fréquente, répartie dans tout le lagon de Nouvelle-Calédonie.

Elle est rare sur les platiers externes et internes ou dans les baies ; elle est plus fréquente sur les pentes externes et internes ou au pied des tombants.

Sa distribution bathymétrique s'étend jusqu'à 25 m mais ses populations les plus denses, excédant 60 individus par hectare, sont situées entre 5 et 12 m.

Assez tolérante vis-à-vis du substrat, elle est cependant plus fréquente dans les zones où les sables sont peu chargés en pélites.

4.3.3 - Autres espèces très fréquentes et fréquentes

Holothuria (Halodeima) edulisFigure 32 : Répartition et abondance de *H. edulis*.

Holothuria edulis est une espèce très fréquente, tout autour de la Nouvelle-Calédonie, mais particulièrement dans les régions sud-ouest et sud.

Elle est rare sur le récif barrière, où elle est totalement absente des pentes et platiers externes dans nos récoltes. Une forme de couleur d'écologie et d'éthologie différentes a été observée sur les pentes externes (Féral et Cherbonnier, 1986).

Son appartenance au groupe des espèces sous influence terrigène est prouvée par sa fréquence dans les zones lagunaires côtières.

Sa distribution bathymétrique est un peu plus profonde que celle de *H. atra*.

Ses populations les plus denses ne dépassent pas mille individus par hectare et sont localisées vers 10 m de profondeur.

A l'exception des sables purs, elle est tolérante pour le substrat, avec une affinité pour les sédiments riches en pélites.

Stichopus variegatus

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	31	65
	Centre-ouest	4	16
	Nord-ouest	4	17
	Nord-est	9	32
	Centre-est	1	4
	Sud-est	5	21
	Sud	12	46
TOTAL		66	33

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊗	1	5
	Pa	□	-	-
	I Pe E	○	2	11
	I Pl E	●	1	10
	I Pl I	⊙	8	35
	I Pe I	⊕	3	25
	F Pe E	△	4	29
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	△	4	29
Récifs			23	16
	LE	◇	4	29
	LI	◆	13	87
	CB	⬢	14	74
	LD	⬤	9	90
	CH	⬥	3	100
Lagon			43	70

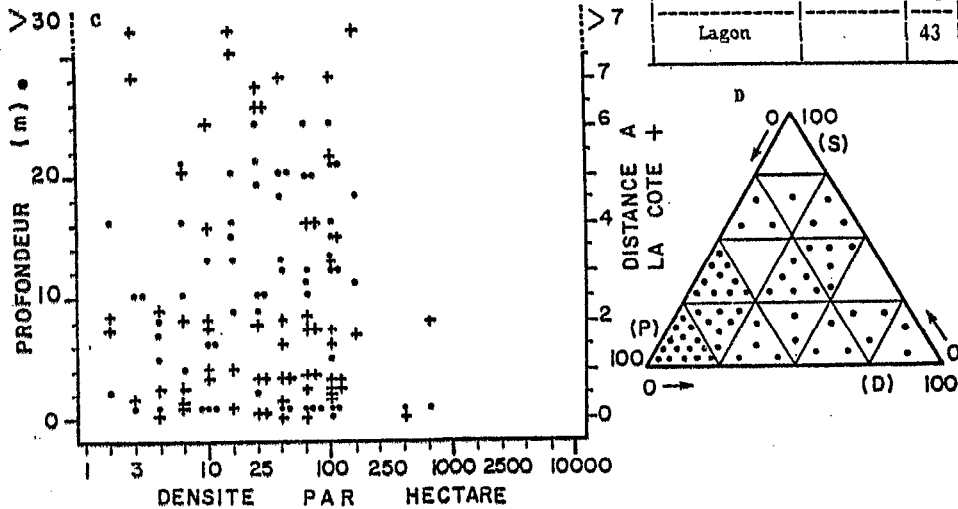


Figure 33 : Répartition et abondance de *S. variegatus*.

Stichopus variegatus est une espèce fréquente tout autour de la Nouvelle-Calédonie, spécialement dans le sud et le sud-ouest.

C'est une espèce littorale, d'affinité très marquée pour les influences terrigènes, puisqu'elle se trouve dans les herbiers et débris des platiers internes d'ilots et de frangeants, les lagons internes et les baies.

Sa distribution bathymétrique est assez étendue, de 0 à 25 m.

Ses populations atteignent des densités maximales de quelques centaines d'individus par hectare.

Elle est surtout localisée sur les substrats meubles, des sables vaseux aux vases.

Bohadschia argus

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	13	27
	Centre-ouest	6	24
	Nord-ouest	6	26
	Nord-est	5	18
	Centre-est	11	39
	Sud-est	11	46
	Sud	9	35
TOTAL		61	30

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	2	33
	B Pl E	■	1	20
	B Pe I	⊠	12	55
	Pa	▣	6	50
	I Pe E	○	13	72
	I Pl E	●	2	20
	I Pl I	⊙	1	4
	I Pe I	⊕	9	75
	F Pe E	△	3	21
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	△	2	14
Récifs			51	36
	LE	◇	6	43
	LI	◆	-	-
	CB	♦	3	16
	LD	⊠	1	10
	CH	⊞	-	-
Lagon			10	16

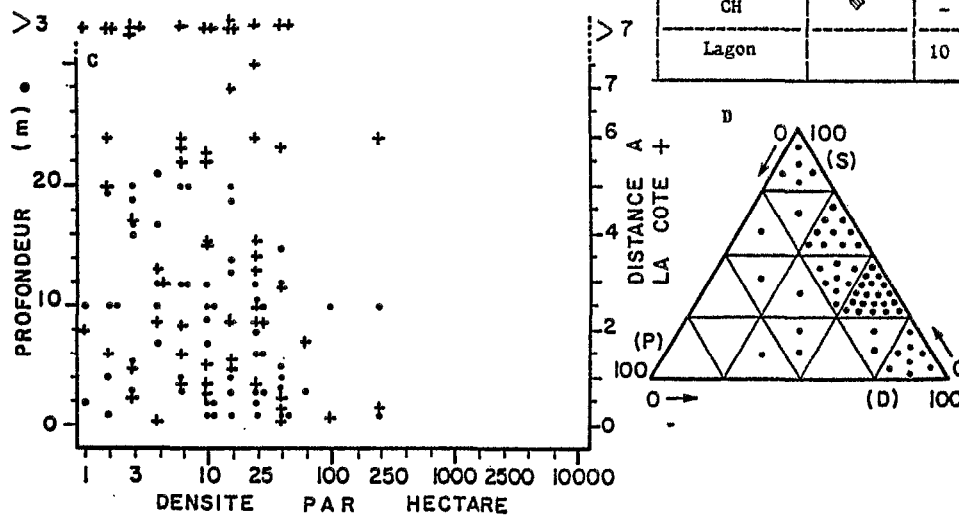


Figure 34 : Répartition et abondance de B. argus.

Bohadschia argus est une espèce fréquente dans toutes les régions de Nouvelle-Calédonie.

C'est une espèce typiquement récifale, qui se trouve également dans le lagon externe. Elle est très fréquente sur les récifs barrières et les pentes au vent des îlots.

Sa distribution bathymétrique va des platiers, immergés à 22 m de profondeur.

La densité des populations excède rarement la centaine d'individus par hectare.

Elle est localisée sur les substrats durs, recouverts de sable grossier, des zones soumises à un fort hydrodynamisme.

Stichopus chloronotus

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	1	2
	Centre-ouest	5	20
	Nord-ouest	4	17
	Nord-est	10	36
	Centre-est	10	36
	Sud-est	8	33
	Sud	4	15
	TOTAL	42	21

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	2	33
	B Pl E	■	2	40
	B Pe I	⊠	9	41
	Pa	□	1	8
	I Pe E	○	5	28
	I Pl E	●	4	40
	I Pl I	⊙	10	43
	I Pe I	⊗	-	-
	F Pe E	△	3	21
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	△	3	21
	Récifs		39	28
	LE	◇	2	14
	LI	◆	-	-
	CB	◇	1	5
	LD	◆	-	-
	CH	◇	-	-
	Lagon		3	5

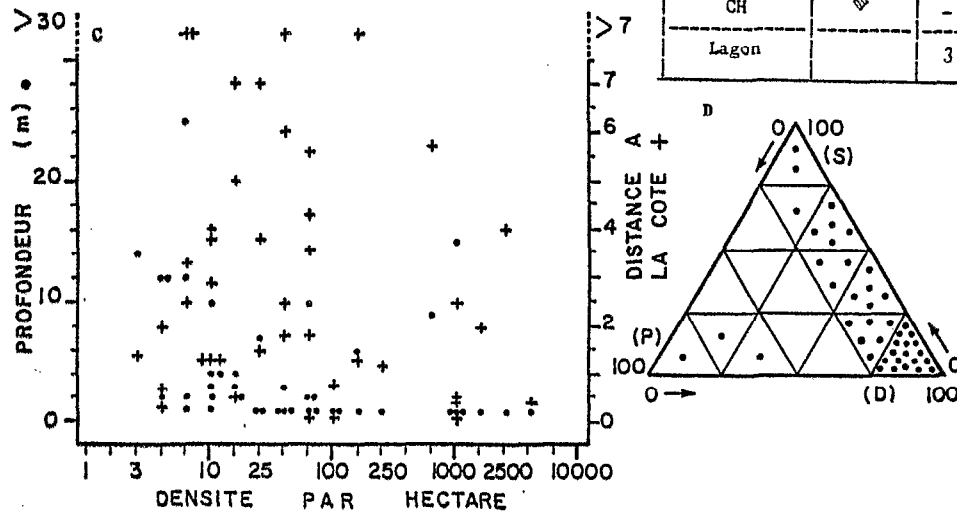


Figure 35 : Répartition et abondance de *S. chloronotus*.

Stichopus chloronotus est une espèce fréquente tout autour de la Nouvelle-Calédonie.

C'est une espèce récifale, qui se trouve aussi bien sur la partie supérieure des tombants que sur les platiers.

Elle est le plus souvent localisée dans les horizons superficiels, dépassant rarement des profondeurs de 12 m.

La densité des populations peut atteindre plusieurs milliers d'individus par hectare.

C'est une espèce des substrats durs, recouverts de sables grossiers ou fins.

La densité des populations peut atteindre plusieurs milliers d'individus par hectare.

Holothuria sp.1

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	19	40
	Centre-ouest	6	24
	Nord-ouest	4	17
	Nord-est	3	11
	Centre-est	1	4
	Sud-est	2	8
	Sud	3	12
	TOTAL	38	19

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊠	-	-
	Pa	⊞	-	-
	I Pe E	○	-	-
	I Pl E	●	-	-
	I Pl I	⊙	4	17
	I Pe I	⊕	3	25
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	△	2	14
	Récifs		9	6
	LE	◇	1	7
	LI	◆	13	87
	CB	◇	3	16
	LD	◇	9	90
	CH	◇	3	100
	Lagon		29	48

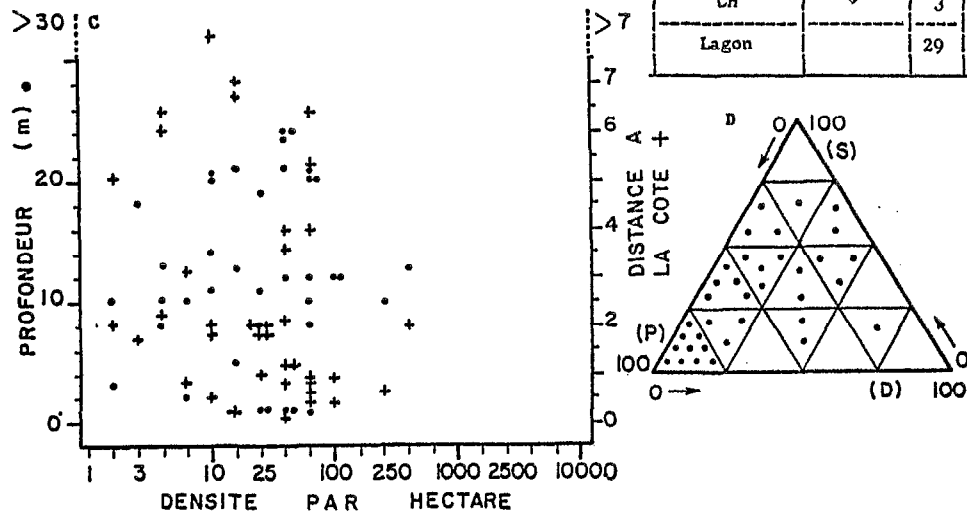


Figure 36 : Répartition et abondance de *Holothuria sp. 1*.

Holothuria sp. 1 est présente tout autour de la Nouvelle-Calédonie, et particulièrement fréquente sur la côte ouest.

C'est une espèce des lagons soumis à l'influence terrigène.

Sa distribution bathymétrique montre qu'elle est plus fréquente dans les fonds de 10 à 20 m, mais elle se trouve aussi sur des platiers internes. Ses populations dépassent rarement la centaine d'individus par hectare. Elle est absente des substrats durs et préfère les sables vaseux et les vases. Elle vit légèrement enfouie dans la couche de surface où sa présence est révélée par un bombement, mais il est possible que les densités aient cependant été sous-évaluées.

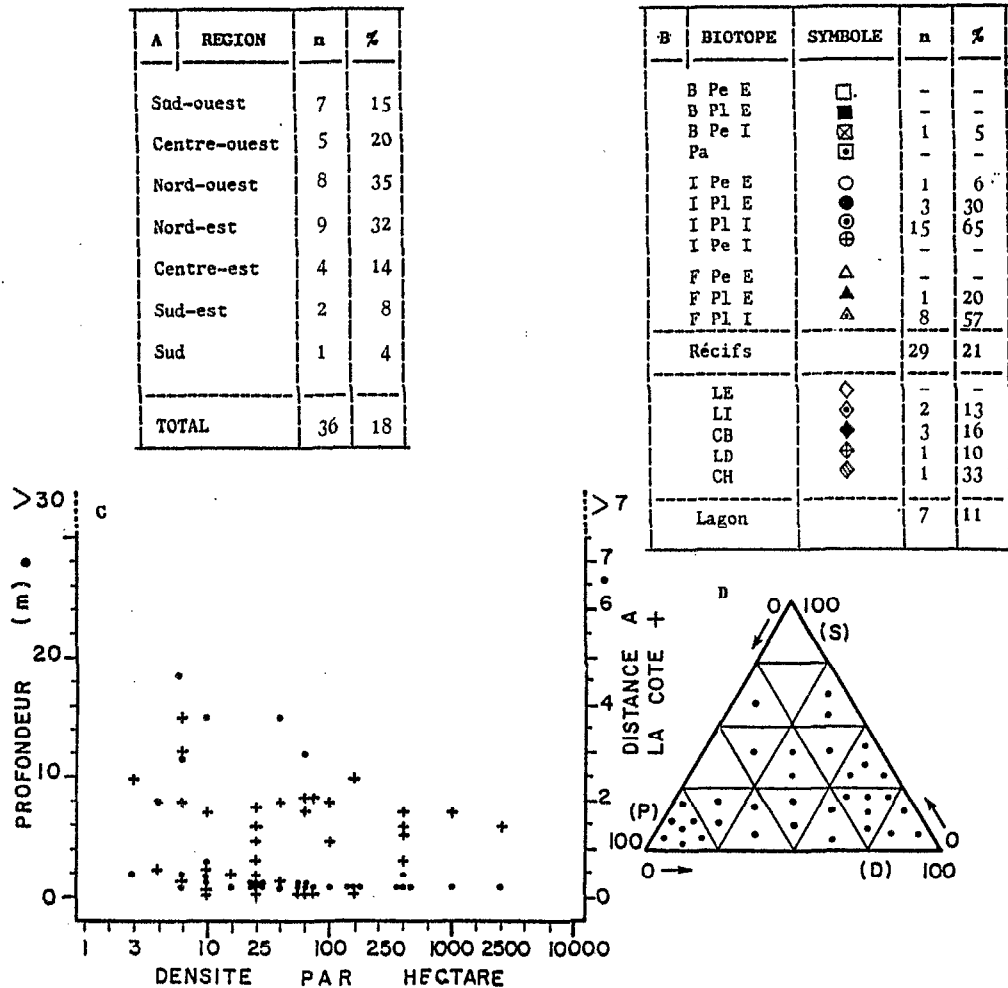
Holothuria (Acanthotrapeza) coluber

Figure 37 : Répartition et abondance de *H. coluber*.

Holothuria coluber est la dernière espèce fréquente. Elle est présente tout autour de la Nouvelle-Calédonie, mais plus fréquente dans le nord, sur les deux côtes.

C'est une espèce des zones sous influence terrigène et plus particulièrement des platiers à blocs et débris.

Du point de vue bathymétrique, elle est généralement localisée dans les zones soumises à l'émergence lors des marées de vives eaux, mais elle a parfois été rencontrée au-delà de 15 m.

La densité des populations, en moyenne 155 individus par hectare, dépasse rarement le millier d'individus.

Absente des sables purs, elle se trouve sur les substrats mixtes où la fraction de pérites est importante.

4.3.4 - Espèces peu fréquentes (cf. annexe 2)

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

Son affinité récifale est un peu masquée dans le tableau par sa fréquence dans le lagon externe. C'est une espèce des pentes des récifs qui ne sont pas soumis aux influences terrigènes, et des passes. Elle est donc localisée dans des zones soumises à un fort hydrodynamisme. Jamais observée au-dessus de 8 m, elle peut se rencontrer jusqu'à 28 m de profondeur.

La densité des populations est de 14 individus par hectare en moyenne et 45 au maximum. Ses exigences vis-à-vis du substrat ne sont pas très strictes. La fraction fine est cependant souvent constituée de pélites organogènes.

Actinopyga spinea est une espèce peu fréquente, sauf dans la région sud-ouest. C'est une espèce typiquement lagonaire qui montre une fréquence très élevée dans les lagons internes.

Sa distribution bathymétrique va de 5 à 30 m. La densité des populations, en moyenne 108 individus par hectare, peut atteindre un millier d'individus.

C'est une espèce de substrat meuble, surtout lorsque la teneur en pélites est élevée ; elle peut y être enfouie dans la couche superficielle.

Holothuria leucospilota est une espèce peu fréquente, en particulier sur la côte est.

Elle est tout à fait absente des récifs barrières et des pentes coralliennes, alors qu'elle est fréquente sur les platiers et dans les lagons cotiers des zones proches du rivage.

Sa distribution bathymétrique, généralement dans la zone intertidale, peut aller jusqu'à 12 m.

Les populations peuvent être localement denses, dépassant plusieurs milliers d'individus par hectare, avec une moyenne de 505 individus.

Elle est absente des fonds de sables purs et se trouve sur les substrats mixtes, avec blocs, débris et sables vaseux.

Actinopyga palauensis est une espèce peu fréquente, mais répartie dans tout le lagon de Nouvelle-Calédonie.

Son affinité récifale est assez marquée, puisqu'elle est fréquente dans les passes et sur les pentes externes des récifs barrières et d'ilots.

Elle est observée dans les zones à fort hydrodynamisme, de 0 à 22 m.

La densité de ses populations, 10 individus par hectare en moyenne, n'atteint pas la centaine d'individus.

C'est une espèce des substrats durs, dalles coralliennes surtout, plus ou moins couverts de sables grossiers ou fins.

Pearsonothuria graeffei est une espèce peu fréquente. Elle est localisée exclusivement sur la côte est, principalement dans les régions sud-est et centre-est.

C'est une espèce récifale, vivant sur les pentes, qui dans ces régions sont généralement abruptes. C'est la zone du lagon où les apports d'eau douce sont maximums. Les peuplements d'algues vertes, en particulier Halimeda incrassata et H. opuntia y sont bien développés.

Elle est répartie depuis les platiers immergés jusqu'à 20 m de profondeur environ, dans des zones situées à moins de 5 milles du littoral.

La densité des populations, 50 individus par hectare en moyenne, dépasse rarement la centaine.

C'est une espèce des substrats durs recouverts de sables, mais aussi d'une fraction de pélites terrigènes.

Bohadschia vitiensis est une espèce peu fréquente, plus couramment rencontrée sur la côte ouest.

C'est une espèce plutôt lagonaire et des platiers internes des récifs soumis à une influence terrigène.

Elle se trouve entre 0 et 25 m de profondeur, en deça de 7 milles du rivage.

La densité moyenne est de 70 individus par hectare, pouvant atteindre quelques centaines d'individus.

Elle vit plus ou moins enfouie dans les substrats meubles sablo-vaseux à vaseux.

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

Elle est généralement absente des récifs barrières et se trouve dans les blocs et débris des platiers d'ilots et de frangeants et dans les zones côtières.

Sa distribution bathymétrique va de 0 à 20 m mais les populations denses se trouvent sur les platiers. La densité moyenne, 60 individus par ha pourrait être sous-estimée, à cause d'un habitat parfois cryptique.

Absente des sables propres, elle semble plus fréquente dans les habitats mixtes.

Holothuria sp. 2 est une espèce peu fréquente, plus souvent rencontrée dans les régions sud de la Nouvelle-Calédonie. Elle est exclusivement lagonaire.

Elle a été observée jusqu'à 24 m de profondeur, en populations parfois denses, jusqu'à près d'un millier d'individus par hectare, la densité moyenne étant de 190 et pouvant être sous-estimée en raison de son comportement fouisseur. Elle vit dans les vases sableuses.

Bohadschia maculisparva est une espèce peu fréquente, trouvée dans le sud et le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie.

Elle a été récoltée entre 5 et 20 m de profondeur. Sa densité moyenne est de 37 individus par hectare, pouvant approcher la centaine au maximum.

C'est une espèce lagonaire qui vit plus ou moins enfouie dans du sable à débris, parfois dans des zones à courant.

Bohadschia aff. marmorata est une espèce peu fréquente, trouvée autour de la Nouvelle-Calédonie à l'exception du nord.

C'est une espèce lagonaire, rencontrée exceptionnellement sur des pentes récifales.

Elle a été récoltée entre 10 et 30 m de profondeur.

La densité moyenne est assez faible, avec 20 individus par hectare.

C'est une espèce des substrats meubles.

Bohadschia tenuissima est une espèce qui semble plus fréquente dans le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie.

C'est une espèce lagonaire, rencontrée entre 5 et 20 m de profondeur, dans des sables vaseux et à débris coquilliers. Sa densité moyenne est de 11 individus par hectare.

Bohadschia similis est une espèce peu fréquente, rencontrée plus souvent dans les régions nord du lagon de Nouvelle-Calédonie.

C'est une espèce des platiers internes soumis à l'influence terrigène.

Ses populations peuvent être denses, la moyenne observée est de 300 individus par hectare.

Elle vit plus ou moins enfouie dans les sables vaseux et vases sableuses.

Actinopyga lecanora est une espèce peu fréquente dans ces observations, peut-être en raison de son comportement nocturne.

C'est une espèce récifale, souvent cachée dans les anfractuosités des coraux ou des débris.

Sa distribution bathymétrique va jusqu'à 20 m. Sa densité moyenne est faible, de 5 individus par hectare.

Elle vit sur les substrats durs et les débris, avec du sable grossier.

4.3.5 - Espèces rares

Les quelques observations réalisées permettent d'apporter des indications sur l'écologie de ces espèces. Leurs répartitions géographique et par biotope sont présentées en annexe 2. Les espèces suivantes sont présentes à plus d'une station.

Stichopus horrens est une espèce rare dans cette étude mais en raison de son habitat cryptique dans les blocs et anfractuosités et de son comportement nocturne, elle a probablement été sous-évaluée.

Sa densité moyenne est de 80 individus par hectare.

C'est une espèce des substrats durs et gros débris.

Stichopus sp.1 est une espèce typiquement lagonaire. Elle a été récoltée en sept stations dont la profondeur varie de 10 à 30 m et la distance à la côte de 1 à 7 milles. Les substrats comportent toujours une fraction de pélites supérieure à 50 %, le plus souvent même à 75 % et jamais de substrat dur. La densité moyenne est de 29 individus par hectare, le maximum est 120.

Holothuria impatiens a été récoltée en 6 stations de platiers internes d'ilots et de frangeants. C'est donc une espèce peu profonde, localisée dans les zones sous influence terrigène. Les substrats de dalle ou de blocs et débris sont souvent recouverts d'une couche de sable vaseux. La densité est faible; 17 individus par hectare en moyenne, le maximum est de 42.

Holothuria flavomaculata a été récoltée en 6 stations de la côte est et du sud. Elle vit entre 2 et 20 m de profondeur, sur des platiers internes ou des fonds de baie. Dans ces habitats, une fraction de vase est toujours présente et la couleur brun-rouge du sédiment est due à la forte teneur en oxydes métalliques. La densité de sa population est de 76 individus par hectare en moyenne, 190 au maximum. Les fortes densités sont observées dans les baies envasées à bancs coralliens.

Stichopus pseudhorrens n'a été récoltée qu'en 4 stations des régions sud-ouest et sud. C'est une espèce d'affinité récifale, puisqu'elle se trouve sur les pentes de récif, les passes et dans le lagon externe, dans des zones sans influence terrigène et où l'hydrodynamisme (courants) est fort. C'est une espèce assez profonde, observée de 10 à 30 m, sur des dalles ou parmi des débris coralliens avec du sable corallien propre, mais qui peut contenir des petites organogènes. La densité est toujours très faible, en moyenne 3 individus par hectare.

Holothuria fuscocinerea n'a été récoltée qu'en 3 stations récifales de pentes ou de platiers, entre 1 et 20 m de profondeur. Elle a été observée parmi les blocs et débris coralliens.

Holothuria pervicax n'a été récoltée qu'en 3 stations de platiers externes et internes, dans le même type de substrat que H. fuscocinerea.

Holothuria verrucosa n'a été récoltée qu'en 2 stations de platiers internes. Ces trois dernières espèces ont un habitat cryptique, dans les blocs et débris. Leur fréquence et leur abondance pourraient donc avoir été sous-estimées.

Dix espèces enfin, n'ont été rencontrées qu'en une station du lagon au cours de cette étude.

Holothuria cinerascens a été récoltée sur le platier externe d'un récif frangeant très large, de la côte sud-est, à Unia, près de Yaté. Dans cette région, le récif barrière immergé ne brise pas la houle et ce récif présente des conditions hydrodynamiques comparables à celles d'une barrière. Le substrat est constitué par une dalle corallienne, qui présente des anfractuosités remplies de sable grossier. Les individus sont enfouis dans ce sable, à l'exception de leur région antérieure. La densité de cette population, répartie le long d'une bande étroite de quelques mètres, parallèle au tombant, est élevée, atteignant environ 1000 individus par hectare.

Holothuria difficilis a été récoltée sur le platier externe de l'îlot Kundy, dans la région centre-ouest. Elle a aussi été observée sur le platier interne du récif frangeant Ricaudy, près de Nouméa et dans un herbier du lagon d'Ouvéa, Iles Loyauté. Elle est donc certainement plus fréquente que ne le montre ce travail. A la station d'étude, les individus étaient sous les blocs de corail mort, alors qu'à Ouvéa ils étaient sur les feuilles de Cymodocea en train de se nourrir sur le feutre épiphytique. La densité est forte, 400 individus par hectare.

Holothuria maculosa a été récoltée en une station du lagon sud-ouest, dans la Baie de Bourail, à 25 m de profondeur, sur du sable corallien. Les cinq individus correspondent à une densité de 25 par hectare. Cette localisation est assez surprenante, car l'espèce avait été trouvée sur un platier de l'îlot Amédée, lagon sud-ouest (Féral et Cherbonnier, 1986).

Actinopyga crassa. Un seul exemplaire a été récolté, dans la Passe de Uitoé, région sud-ouest, à 8 m de profondeur. Le substrat est une dalle, couverte de sable grossier corallien, soumise à de forts courants de marée.

Actinopyga flammea. Un seul individu a été récolté, sur la pente externe de l'îlot Améré, à 20 m de profondeur. Le substrat est un éboulis de blocs coralliens. Les courants de marée sont très forts à cette station.

Labidodemas semperianum. Un seul individu a été récolté sur le récif Laurent, région centre-est, à 4 m de profondeur mais l'espèce a été observée près de Yaté, sur le récif frangeant. A la station de récolte, pente d'îlot sous le vent, de petites cuvettes de sable corallien sont entourées de coraux.

Holothuria rigida. Un seul individu a été récolté, sur le récif frangeant d'Unia, région sud-est, sur la dalle de platier.

Holothuria discrepans. Un seul individu a été récolté, sur le platier interne d'un récif frangeant, île Yaba, dans la région nord-ouest. Il était parmi les gros débris d'Acropora.

Holothuria coronopertusa. Un seul individu a été récolté, dans la Passe de Uitoé, région sud-ouest, à 20 m de profondeur. Le substrat est une dalle couverte de sable corallien, soumise à de forts courants de marée.

Holothuria conusalba. L'holotype avait été trouvé pendant un échantillonnage sur le récif Ricaudy, région sud-ouest et un individu a été récolté au cours des campagnes HOLOT, sur le platier de l'île Ouane, région nord-ouest. Le substrat est une dalle portant des coraux vivants, en microatolls et des cuvettes sableuses à peuplements algaux variés.

Stichopus sp.2. Un seul individu a été récolté dans le lagon sud-ouest, vers 20 m de profondeur. Une couche assez épaisse de sable corallien portant un peuplement d'algues vertes, recouvrait la dalle.

Quelques observations enfin concernent Holothuria sp. 3, qui n'a été récoltée qu'au cours de chalutages sur des fonds de vase molle (F. Conand, comm. pers.). Sur ce substrat, la technique des quadrats en plongée est mal adaptée, en raison de la visibilité réduite et du mode de vie fouisseur des espèces. Elle a été récoltée dans la Baie Saint Vincent, région centre-ouest, sur des fonds de 5 à 11 m. Les prises de trois coups de chalut, d'une durée d'une heure, ont été respectivement de 10, 2 et 36 individus. Dans la Baie de la Foa, centre-ouest, sur des fonds de 10 à 19 mètres, 37 individus ont été récoltés et 3 individus dans la Baie de Canala, centre-est, sur des fonds de 13 à 20 m. Dans ces chalutages, à l'exception d'un unique exemplaire d'H. scabra en Baie Saint-Vincent, Holothuria sp. 3 était la seule espèce. Par contre, d'autres chalutages ont ramené S. variegatus, 1 spécimen, et A. miliaris 3 spécimens, en Baie de Chasseloup, nord-ouest et H. scabra, 120 spécimens, en Baie d'Harcourt, nord-est, plus 67 spécimens en Baie de la Foa, centre-ouest.

4.4 - DISCUSSION DES RESULTATS

Ces résultats, obtenus par une analyse traditionnelle de l'autoécologie, se rapportent à une aire géographique assez vaste et à un ensemble de biotopes variés, ils devraient donc pouvoir être utiles pour une comparaison avec d'autres travaux publiés dans le Pacifique Tropical.

4.4.1 - Synthèse des résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie

L'approche autoécologique est nécessaire, spécialement dans le cas de petites exploitations artisanales. En effet, ces pêcheries ne sont pas typiquement plurispécifiques, dans le sens où, suivant les pays ou les périodes, des espèces différentes sont exploitées. Les observations présentes apportent donc des informations utiles sur les répartitions et les abondances.

4.4.1.1 - Répartition des espèces

Concernant les répartitions, les analyses ont mis en évidence les affinités de chacune, vis-à-vis des facteurs de l'environnement.

Facteurs géomorphologiques

Le premier gradient dans les complexes récifaux de Nouvelle-Calédonie, est perpendiculaire au rivage. Il correspond aux influences terrigènes et récifales, qui sont la

plupart du temps antagonistes et grossièrement en rapport avec la distance à la côte. En fait, les vallées sous-marines des rivières et les chenaux permettent l'extension des influences terrigènes jusqu'à des secteurs éloignés de la côte.

- Les espèces d'affinité récifale, généralement localisées sur les pentes, passes, platiers externes des récifs barrière et de lagon, et dans le lagon externe, sont donc dans des eaux claires, oxygénées par l'hydrodynamisme fort de ce secteur et sur un substrat sous influence organogène marine. Ce sont en particulier : A. mauritiana, A. palauensis, B. argus, H. fuscogilva, H. nobilis, H. cinerascens, H. coronopertusa, S. chloronotus, T. ananas, T. anax, S. pseudhorrens.

- A l'inverse, les espèces d'affinité terrigène, plus souvent localisées sur les platiers internes, dans le lagon interne et les baies, vivent dans des zones abritées, où les eaux peuvent être plus turbides et où les substrats sont soumis à une apport continental. Ce sont : A. miliaris, A. spinea, B. tenuissima, B. vitiensis, H. coluber, H. edulis, H. leucospilota, H. scabra et H. scabra var. versicolor, Holothuria sp. 1, sp. 2, sp. 3, S. variegatus.

- Les autres espèces sont plus tolérantes à des conditions intermédiaires de ce gradient, ou ubiquistes comme H. atra.

Facteurs édaphiques

Les exigences vis-à-vis du substrat peuvent être déduites des diagrammes triangulaires. Suivant la position des stations où les espèces ont été récoltées, plusieurs zones peuvent être délimitées. En adaptant la terminologie proposée par Glémarec (1969) pour les peuplements benthiques tempérés et Thomassin (1978) pour les peuplements tropicaux, il est possible de définir les affinités granulométriques suivantes représentées sur la figure 38.

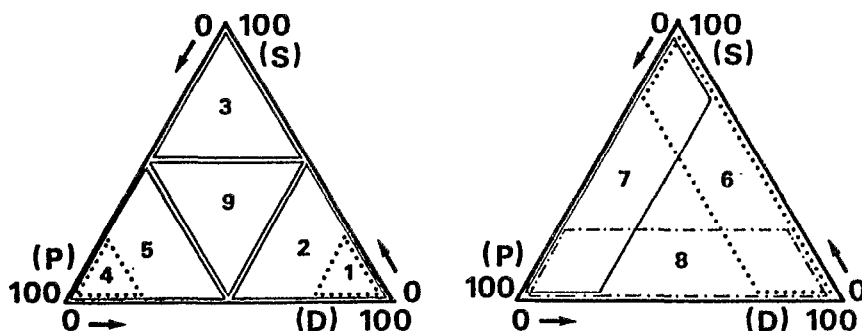


Figure 38 : Affinités granulométriques des holothuries aspidochirotés du lagon.

1. Epifaune ou cryptofaune des dalles : A. mauritiana,
H. cinerascens.
2. Espèces gravellicoles : P. graeffei, A. flammea,
L. semperianum, H. impatiens, H. pervicax, H. discrepans,
H. verrucosa, H. fuscocinerea.
3. Espèces sabulicoles tolérantes : H. fuscogilva,
S. pseudhorrens, B. marmorata. Il faut mentionner l'absence d'espèce sabulicole stricte, dans les dunes hydrauliques par exemple, il n'y a pas d'holothurie.
4. Espèces vasicoles : H. scabra, B. similis,
Holothuria sp.3.
5. Espèces vasicoles tolérantes : H. scabra versicolor,
A. spinea, Holothuria sp.2, S. variegatus, B. tenuissima.
6. Espèces gravellicoles et sabulicoles : H. nobilis,
T. ananas, T. anax, B. argus, H. fuscopunctata,
S. chloronotus, A. palauensis, A. lecanora.
7. Espèces sabulicoles et vasicoles : Holothuria sp.1,
B. vitiensis, A. miliaris, Stichopus sp.1
8. Espèces gravellicoles et vasicoles : A. echinites,
H. coluber, H. leucospilota, H. hilla, S. horrens,
H. flavomaculata.
9. Espèces mixticoles : H. edulis, B. aff. marmorata.
10. Espèces ubiquistes : H. atra.

Profondeur

Enfin, la profondeur, qui dans le lagon n'est jamais très élevée, permet de distinguer les zones côtières et les platiers soumis à l'exondation des zones toujours immergées. En effet, l'émersion entraîne des conditions particulièrement difficiles pour les organismes dans les zones tropicales, en raison des températures élevées qui peuvent être atteintes quand les basses-mers de grandes vives-eaux se produisent au milieu du jour en saison chaude. En fait, en Nouvelle-Calédonie durant cette saison, les plus fortes marées ont lieu pendant la nuit et les plus grandes basses-mers diurnes se produisent de mai à septembre. Ceci atténue les effets de l'élévation de température et de l'évaporation. Comme pour le gradient géomorphologique, il est possible de distinguer trois catégories d'espèces.

- Les espèces généralement localisées dans les zones soumises à l'exondation sont : A. echinites, A. mauritiana, A. miliaris, B. similis, H. cinerascens, H. coluber, H. leucospilota et S. chloronotus.

- Les espèces des lagons et pentes sont généralement immergées. Parmi elles, une tendance générale en fonction

d'une profondeur croissante permet le classement suivant : P. graeffei, T. ananas, A. palauensis, H. flavomaculata puis H. fuscogilva, H. fuscopunctata, S. pseudhorrens, B. marmorata, B. maculisparsa, Stichopus sp.1, Holothuria sp.2, sp.3, T. anax, A. spinea.

- Les autres espèces sont plus tolérantes, mais peuvent aussi par leur comportement fouisseur ou par leur habitat, cryptique dans les anfractuosités des platiers, ou dans les herbiers qui maintiennent l'humidité, échapper aux stress de l'émerision.

Ces catégories, bien que moins précises que celles qui seraient établies à partir des études granulométriques, permettent cependant une classification des affinités des espèces de l'ensemble des fonds du lagon.

4.4.1.2 - Abondance des espèces

Les principaux résultats obtenus sur l'abondance des espèces sont résumés dans la figure 39. L'abondance relative des principales espèces y est représentée à partir des données du tableau 11 pour les densités et les biomasses de l'ensemble des récoltes.

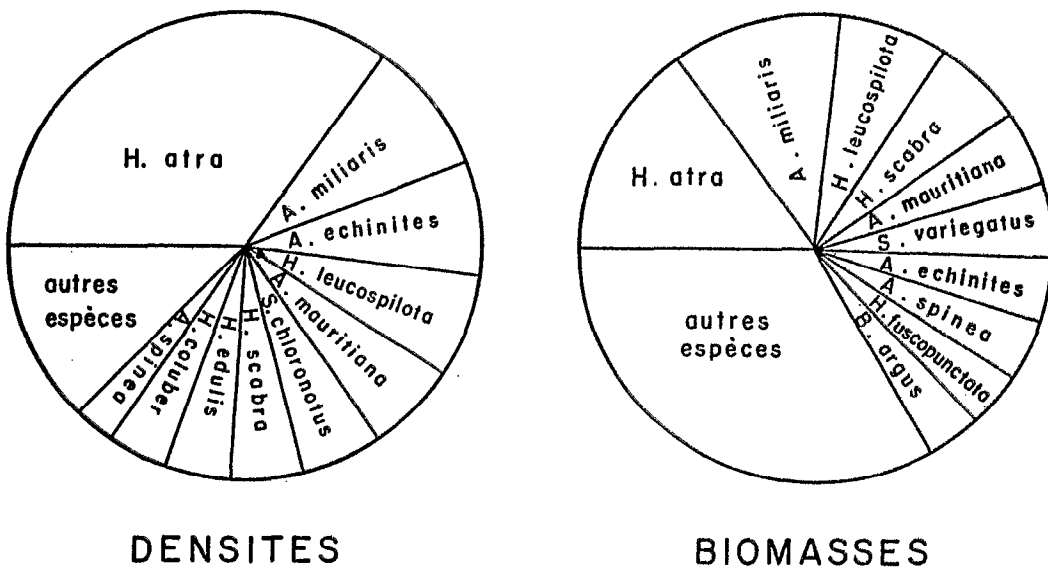


Figure 39 : Abondance relative des principales espèces.

En vue de pouvoir intégrer les holothuries dans les bilans énergétiques du lagon, un essai d'évaluation de leurs densités pondérales, moyennes et maximums, a été réalisé pour les principales espèces. Les mesures directes du contenu calorifique du tégument n'ayant pas encore pu être

effectuées, ni les mesures indirectes à partir des constituants biochimiques, il a semblé possible d'utiliser certains résultats de Lawrence (1980), pour une première approximation. En effet, les données qu'il présente, montrent que l'équivalent énergétique du tégument frais diffère peu entre les espèces, se situant vers 0,50 kcal par gramme, ce qui correspond à 2092 J. Les résultats obtenus sur le tégument sec d'espèces profondes par Sibuet et Lawrence (1981) et Walker et al. (1987) confirment cette homogénéité, aussi bien entre individus de tailles différentes, qu'entre espèces. Ainsi, la valeur moyenne de 0,50 kcal par gramme de tégument frais a-t-elle été utilisée pour le calcul des contenus calorifiques des espèces pour lesquelles le rapport du tégument au poids total avait déjà été calculé (cf. tableau 6). Les résultats présentés dans le tableau 12 montrent que les valeurs maximums sont généralement supérieures aux moyennes d'un ordre de grandeur. Elles sont parfois considérées comme reflétant les capacités maximales d'un système, mais étant très soumises à

Tableau 12 : Densités pondérales moyennes et maximums, en poids frais et calories, des principales espèces de Nouvelle-Calédonie.
 b : biomasse moyenne en g. ; B max : biomasse maximum en g
 c : biomasse moyenne en kcal ; C max : biomasse maximum en kcal ; T/P : rapport du poids du tégument au poids total.
 (1), (2), (3) : valeurs calorifiques du tégument, calculées d'après Lawrence (1980), soit (1) = 0,54 (2) = 0,52, (3) = 0,40 kcal/g.

ESPECES	BIOMASSE en g/100 m ²		T/P	BIOMASSE en kcal/100 m ²	
	b	B max		c	C max
<i>A. echinites</i>	1 814	12 670	0,47	426	2 977
<i>A. mauritiana'</i>	2 505	25 556	0,51	639 (1)	7 038 (1)
<i>A. miliaris</i>	2 082	23 983	0,58	604	6 955
<i>A. palauensis</i>	175	705	0,45	39	139
<i>B. similis</i>	790	5 106	0,59	233	1 506
<i>H. atra</i>	756	11 994	0,35	137 (2)	2 183 (2)
<i>H. scabra</i>	2 416	18 720	0,56	676	5 242
<i>H. s. versicolor</i>	977	6 864	0,50	244	1 716
<i>H. fuscogilva</i>	283	625	0,57	81	178
<i>H. fuscopunctata</i>	475	1 657	0,47	112	389
<i>H. nobilis</i>	237	1 298	0,51	60	331
<i>S. chloronotus</i>	323	1 734	0,60	77 (3)	428 (3)
<i>S. variegatus</i>	510	1 983	0,69	176	684
<i>T. ananas</i>	489	4 963	0,73	178	1 811

l'influence de l'échantillonnage, nous leur préférons les valeurs moyennes. Il apparaît que les espèces de taille moyenne, comme A. echinites, A. mauritiana, A. miliaris et H. scabra ont une densité, en termes énergétiques, bien supérieure à celle de certaines grandes espèces.

Cette première approche globale ne tient toutefois pas compte, de la surface relative des différents biotopes. Une meilleure connaissance de la géomorphologie du lagon permettra de pondérer ces valeurs et de fournir alors une image plus proche de la réalité.

4.4.2 - Comparaison avec d'autres résultats obtenus dans le Pacifique tropical

Une comparaison avec les autres résultats obtenus dans la région sera tentée malgré les difficultés qu'elle présente, pour effectuer une synthèse des connaissances (cf. 1.1).

Concernant la répartition des espèces, les résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie sont dans l'ensemble concordants avec les descriptions antérieures. Parmi celles qui portent sur plusieurs espèces et qui sont souvent présentées suivant l'ordre de la systématique, en particulier par Yamanouchi (1939), Rowe et Doty (1977), Levin (1979), Sloan et al. (1979), Harriot (1980), Féral et Charbonnier, (1986), Massin et Doumen (1986), les affinités des espèces sont comparables, ce qui tend à prouver qu'elles ont effectivement une répartition liée à celle des biotopes récifaux et lagonaires. Une exception concerne H. fuscogilva dont la répartition à Fidji est différente de celle observée en Nouvelle-Calédonie, car elle est, dans les récifs de Suva et Levuka, abondante dans des herbiers peu profonds à Syringodium isoetifolium (Gentle, 1979).

Concernant l'abondance numérique des espèces, une présentation en est faite, à partir des données bibliographiques récentes, en ne reprenant pas celles qui sont déjà données par Bakus (1973). Dans le tableau 13, seules les espèces étudiées par plusieurs auteurs sont retenues, les valeurs de la densité y sont ramenées à une unité de surface de 100 m². Ces dernières années, les connaissances se sont élargies à plusieurs régions et les résultats présentés sont très variables. La disparité des méthodes et des objectifs entraîne des différences pour la même espèce, de plusieurs ordres de grandeur. La taille des quadrats influence certainement ces valeurs, tout spécialement celles des densités maximums.

Il est remarquable que des espèces abondantes et exploitées comme A. miliaris et H. scabra, soient encore peu connues, à l'exception de travaux de Shelley (1981) et de rapports des Services des Pêches. L'espèce H. atra au contraire, a donné lieu à de nombreuses études. Ses fortes densités sont fréquemment signalées, en particulier dans les atolls où elles atteignent plusieurs dizaines d'individus au mètre-carré (Salvat, 1975, Webb et al., 1977).

Tableau 13 : Densités moyennes et maximums des holothuries
aspidochirotes de l'Indo-Pacifique, en nombre d'individus par 100 m².

REFERENCE ESPECES	LEVIN (1)		HARRIOT (2)				GROSENBAUGH (3)	ROBERT-BRYCE (4)	HARRIOT (5)			HAMMOND et al. (6)			MASSIN-DOUMEN (7)		CONAND (8)		ROWE-DOTY (9)	LAWRENCE (10)				
	1979 Indo-Pacifique	(1) 2	1980 Grande Barrière	(2) 1	2	3	4	1981 Yap, Iagon	1982 O.Australie	1985 Grande Barrière	(5)	1986 Grande Barrière	(6) 1	2	3	1986 P.N.G.	(7) 1	2	Nouv. Calédonie	(8) 1	2	1977 Guam	(9)	1980 J. Marshall
<i>A. echinites</i>	>1						1 023	15							2,7	21	8,5	90,5			75			
<i>A. mauritiana</i>	>1											0,05	-	0,02	0,1		8,7	108,8			150			1200
<i>B. argus</i>	>1											0,3	0,4	0,2	0,3	5	0,2	2,7						
<i>H. atra</i>	>1		84	43	17	18	10	< 5				0,9	12,6	1,3	54,0	600	5,5	72,7			130			5200
<i>H. edulis</i>	<1		1	10	9	10	23	30				-	-	1,0			1,1	8,1						
<i>H. leucospilota</i>	>1		8	16	15	3	10					0,1	0,05	0,05	46,8	1400	5,1	44,5			160			2400
<i>H. nobilis</i>	<1							< 5	0,1	0,1	0,1	-	0,2	0,1			0,1	0,8						
<i>H. difficilis</i>	>1							< 5				-	-	0,02			3,8	-						32400
<i>H. cinerascens</i>	>1							175									10,3	-			360			
<i>H. hilla</i>	>1						3					1,2	2,2	0,8			0,6	5,3			50			
<i>H. impatiens</i>	<1		2	32	19	5		15				-	0,1	-			0,2	0,4						5200
<i>S. chloronotus</i>	>1		-	1	1	15						6,8	9,3	2,0			2,9	28,1						1500
<i>T. ananas</i>	<1								0,5	1,0		-	-	-			0,2	1,4						

(1) 1 : répartition "large", eurytope dans plusieurs biotopes ; 2 : répartition "étroite", sténotope.

(2) Heron Island. 1 : platier interne ; 2 : platier médian ; 3 : platier externe ; 4 : lagon.

(3) Valeurs moyennes calculées à partir de deux transects de 30 m² dans un herbier.

(4) Beacon Island, Australie de l'Ouest.

(5) Recensements sur 9 récifs. Les valeurs ont été multipliées par 3 pour corriger la sous-estimation. 1 : pente externe ; 2 : pente interne.

(6) Récifs Brewer et Rib, dans la zone médiane de la région centrale, 30 transects de 400 m². 1 : platier externe ; 2 : platier interne ; 3 : pente sous le vent.

(7) Ile Laing, platier est, moyenne de 9 quadrats de 1600 m².

(8) 1 : densité moyenne pour l'ensemble des stations où l'espèce est présente ; 2 : densité maximum.

(9) Platier de Hoover Beach, densité maximum, quadrats de 20 m².

(10) Densité maximum, quadrats de 0,33 m².

5 - TAXOCENOSES

5.1 - METHODES D'ANALYSE

5.1.1 - Richesse en holothuries des différents types d'édifices et structures récifales

L'analyse est menée à partir des valeurs brutes des tableaux bidimensionnels, données quantitatives, en regroupant les stations (somme des colonnes), et non plus les espèces, pour les 16 biotopes principaux. Les résultats sont examinés sous l'angle des deux classifications, suivant les quatre types d'édifices c'est-à-dire selon le gradient "côte-large" et suivant la morphologie fonctionnelle en cinq ensembles.

Les résultats, densités et biomasses dans chaque classification, sont comparés par deux tests successifs. Une analyse de variance, à un critère de classification, test "F", permet de tester l'égalité des moyennes calculées pour chaque ensemble et chaque type d'édifice (Sokal et Rohlf, 1981). Si l'hypothèse nulle d'égalité est rejetée, les moyennes peuvent être comparées deux à deux par un test "t".

5.1.2 - Détermination de la composition faunistique par des analyses d'inertie et classification automatique

Les analyses d'inertie ou analyses factorielles consistent à analyser la structure d'une matrice de données et à en résumer les ressemblances ou les dissemblances entre variables ou observations. Elles sont fréquemment utilisées en écologie notamment en écologie benthique pour décrire et interpréter la structure des écosystèmes (Chardy et Glémarec, 1974 ; Guille et Ponge, 1975 ; Chardy *et al.*, 1976) ou de certains compartiments de ceux-ci, par exemple des taxocénoses (Domain, 1972 ; Intès, 1980).

Alors que leurs bases théoriques sont anciennes, leur usage ne s'est élargi qu'avec le développement de l'informatique, qui permet de traiter rapidement de grandes séries de données. Elles sont particulièrement utiles dans les domaines peu connus où elles ne recoupent pas alors les connaissances antérieures, mais permettent "la traduction mathématique d'intuitions écologiques" (Laurec, 1979). Elles paraissent donc bien adaptées pour l'étude des holothuries du lagon de Nouvelle-Calédonie (Conand et Chardy, 1985). Les différentes méthodes sont décrites dans les ouvrages généraux de Lebart et Fenelon (1971), Lebart *et al.* (1977), et Legendre et Legendre (1979). Les options possibles, les apports et les limites de chacune sont aussi discutées dans les travaux de Frontier (1974), Blanc *et al.* (1976), Chardy *et al.* (1976), Dessier et Laurec (1979) et tout particulièrement de Laurec (1979).

L'objectif de l'étude présente est de rendre compte de la structure, définie par un groupe taxonomique donc d'estimer les affinités faunistiques entre stations ou biotopes.

La base des données est toujours constituée par les tableaux bidimensionnels (Imax, Jmax). Les traitements possibles sont très nombreux et résultent de choix à différents niveaux.

- Codage des données : suivant la nature du caractère utilisé, il est possible de distinguer les analyses qualitatives et quantitatives. Les analyses qualitatives utilisent des variables binaires ou logiques où les présences sont codées 1 et les absences 0. Elles cherchent à montrer les espèces révélatrices du milieu, alors que les analyses quantitatives tentent une approche plus fonctionnelle du système. L'utilisation conjointe de ces approches devrait permettre d'appréhender ces différents aspects.

- Mesure de la ressemblance ou de la dissemblance : les distances euclidiennes sont retenues en raison de la possibilité qu'elles offrent d'aborder le problème de la dualité "variables-observation". De manière générale, la distance entre les stations i_1 et i_2 est :

$$d^2_{i_1, i_2} = \sum_{j=1}^{j \max} (x_{i_1, j} - x_{i_2, j})^2$$

et la distance entre espèces j_1 et j_2 est :

$$d^2_{j_1, j_2} = \sum_{i=1}^{i \max} (x_{j_1, i} - x_{j_2, i})^2$$

Les techniques utilisées ici sont des variantes de l'Analyse Générale définie par Lebart et Fénelon (1971). Les coefficients suivants ont été choisis, à partir des conclusions et recommandations formulées par Chardy et al. (1976) et Laurec (1979).

- Pour l'analyse qualitative, un coefficient qui ne tient pas compte des doubles absences, le coefficient de similarité d'Ochiai, est retenu. En effet, l'étude couvrant une aire géographique vaste, les doubles absences sont nombreuses et n'ont que peu de signification écologique (Blanc et al., 1976) :

$$s_{i_1, i_2} = \sum_{j=1}^{j \max} \frac{x_{i_1, j}}{\sqrt{TI_{i_1}}} \cdot \frac{x_{i_2, j}}{\sqrt{TI_{i_2}}}$$

$$\text{où } TI_{i_1} = \sum_{j=1}^{j \max} x_{i_1, j} \quad \text{et } s = 1 - d$$

- Pour l'analyse quantitative, le coefficient de corrélation entre variables a été choisi pour une analyse en composantes principales. Les valeurs des densités ou des biomasses ont été transformées en $\log(x + 1)$. Elles sont également réduites pour modérer leur hétérogénéité :

$$d^2_{i_1, i_2} = \sum_{j=1}^{j \max} \left(\frac{x_{(i_1, j)}}{S_j} - \frac{x_{(i_2, j)}}{S_j} \right)^2$$

où S_j est l'écart-type de la ligne j .

Les autres options concernent la masse attribuée aux points, qui est égale pour tous, et la position de l'origine qui est située au barycentre du nuage des points observations (stations).

Les calculs ont été effectués sur l'ordinateur DPS 7 du Centre IFREMER de Brest avec le programme COM 4C, qui offre les différentes options.

Chaque analyse permet de dégager des axes factoriels qui expliquent un pourcentage de variance. Chaque couple d'axes correspond en effet à un sous-espace et son importance est exprimée en pourcentage d'inertie. L'importance des différents éléments (observations ou variables) est évaluée par leur contribution relative à ces axes.

Dans l'analyse en composantes principales (A.C.P.), il convient de distinguer l'analyse en mode R, où les variables sont centrées, de celle en mode Q, où le centrage est effectué sur les observations. Dans le premier cas, les lignes étant centrées, l'origine se trouve au barycentre du nuage des points observations et l'analyse conduit à une représentation optimale des observations et non pas des variables. De la même manière, dans l'analyse en mode Q les configurations variables sont optimales.

Les couples d'axes factoriels définissent des plans factoriels, sur lesquels les points observations et variables sont projetés et où l'analyse visuelle est effectuée. Ces configurations (duales) permettent l'interprétation simultanée des liens existant entre observations et variables, non pas en termes de proximité mais de position relative par rapport aux axes.

D'autre part, il est possible d'introduire dans l'analyse des éléments de masse nulle. Ces variables supplémentaires, qui n'interviennent pas dans la détermination des axes, permettent d'éclairer les structures. Ainsi, trois catégories d'éléments ont été introduites :

- des paramètres abiotiques, qui comprennent les facteurs physiques et édaphiques,
- des paramètres biotiques, concernant la flore et la faune accompagnatrices,
- des paramètres synthétiques, calculés à partir des données brutes, nombre d'espèces, densité et biomasse en holothuries.

Enfin, l'interprétation visuelle sur les graphiques d'un nombre trop important de points, comme par exemple les 216 observations, est difficile. Il est alors possible de reporter les barycentres de classes d'éléments, ce qui a été réalisé par le regroupement des stations par biotopes. En plus de leur rôle de simplification, la contribution respective de ces barycentres est aussi intéressante pour interpréter les relations observations-variables.

5.1.2.2 - Classification automatique

Alors que les analyses factorielles mettent en évidence des représentations optimales des variables et des observations, les méthodes de classification automatique permettent des partitions de ces éléments en classes, telles que chacune soit la plus homogène possible et différente des autres. La combinaison des techniques donne des renseignements utiles (Laurec, 1979).

La classification hiérarchique ascendante (Benzecri, 1973) a été pratiquée en utilisant les distances euclidiennes. Les dendrogrammes ont été établis par la méthode de Jambu (1981) avec les coordonnées des projections des espèces et des biotopes dans le sous-espace défini par les trois premiers axes de l'analyse quantitative sur les biomasses.

















5.2 - RICHESSE DES DIFFERENTS BIOTOPES

5.2.1 - Résultats généraux

L'examen des tableaux bidimensionnels (espèces x stations) permet de formuler quelques observations préliminaires, afin de donner une vue d'ensemble sur la richesse des différents milieux.

Concernant la **richesse spécifique**, dans les 216 stations étudiées, elle a varié de 0 à 13 espèces, avec 5 espèces en moyenne par station (tableau 14).

Tableau 14 : Richesse spécifique des différents biotopes.

BIOTOPE	ND ESPECES PAR STATION													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
B Pe E 	1		1	1	2		2							
B Pl E 	1	3		1		1								
B Pe I 	1	1	7	6	4	2	1		1					
Pa 		1	2	1	1	2	2	5	1					
I Pe E 			2	1	1	4	2	3		5				
I Pl E 				1	5	1	2		1					
I Pl I 			2	2	1	4	8	3	1	1		1		
I Pe I 			1	2	1	4	3	5						
F Pe E 		3	3	4	2	1	1							
F Pl E 		1	2		2									
F Pl I 			2		3	1	3		3	1			1	
LE 	2	1	2	4	1	2	1	2				1		1
LI 	4			1	3	4	1	1	3	1		1		
CB 	4	3	4	1	2	2	1	4					1	1
LD 							2		2	4	2	1		
CH 						1	1							
Divers	1													
TOTAL	14	13	28	24	28	23	30	23	12	12	2	4	2	1

Les stations sans holothuries ne représentent que 6 % de l'ensemble. Elles sont réparties en deux groupes. Le premier comprend le récif-barrière et le lagon externe profond ; ce sont des milieux où le nombre d'espèces est généralement faible. Le second correspond aux zones côtières, lagon interne et baie, dont la distinction n'est pas toujours facile ; dans ces milieux, le nombre d'espèces peut être élevé et l'absence d'holothurie paraît surprenante au premier abord. Deux hypothèses peuvent être formulées :

- leur absence est réelle dans certains milieux côtiers, en raison d'arrivées d'eau douce, ce qui est un facteur limitant pour ce groupe sténohalin ;
- leur absence est apparente et provient d'un biais de l'échantillonnage qui est mal adapté aux stations côtières à substrat vaseux ; ceci semble confirmé par la récolte de Holothuria sp. 3 uniquement par chalutage.

Les biotopes où le nombre d'espèces est le plus faible sont les platiers du récif barrière, la pente et le platier externe du récif frangeant.

Les biotopes où la richesse spécifique est la plus élevée sont :

- le lagon à dalle, probablement en raison des microhabitats qu'il offre ;
- les platiers internes des récifs frangeant et d'ilot, qui sont également des milieux hétérogènes, même à une échelle spatiale réduite ;
- le lagon interne et la pente au vent des récifs de lagon.

La densité et la biomasse sont très variables. Les valeurs moyennes, qui n'ont qu'une signification relative compte-tenu de l'échantillonnage, sont de 9,75 individus par 100 m² et 3,19 kg par 100 m², les maximums étant respectivement de 154 individus et 27,47 kg par 100 m². L'abondance globale des holothuries, par biotope, est estimée par les valeurs moyennes brutes des densités et des biomasses, rangées par ordre croissant ; leur rang a été calculé à partir de la somme des rangs pour chacun de ces deux paramètres (tableau 15).

Il apparaît que la gradation est sensiblement la même pour les densités et les biomasses. Les valeurs croissent en effet depuis la barrière jusqu'au récif frangeant d'une part, et de la pente externe au platier interne, de l'autre. Ces deux gradients, "côte-large" très net à l'échelle d'ensemble du lagon, et "pente-platier interne" qui correspond à la structure fonctionnelle de chaque récif, compliquent les analyses. Leur importance respective sera étudiée.

Les valeurs présentées demeurent des estimations et ne peuvent être considérées comme des mesures absolues à l'échelle du lagon. Leur variation moyenne, aussi bien pour les densités que les biomasses, s'étend sur trois ordres de grandeur.

Tableau 15 : Densités et biomasses moyennes en holothuries des différents biotopes.

BIOTOPES	DENSITES n/100 m ²	BIOMASSES g poids frais/100 m ²
Barrière, pente ext.	0,62	810
Frangeant, pente	0,88	852
Lagon externe	0,93	2 078
Îlot, pente sous le vent	1,21	1 547
Îlot, pente au vent	1,55	1 496
Barrière, plat, pente int.	2,21	1 172
Passe	1,01	2 121
Barrière platier ext.	1,78	1 624
Lagon, chenal	3,38	2 161
Îlot, platier ext.	8,06	2 562
Baie	8,80	3 097
Lagon à dalle	8,14	4 591
Lagon interne	8,85	3 657
Frangeant, platier int.	25,91	5 701
Îlot, platier int.	35,30	8 155
Frangeant, platier ext.	54,80	11 266

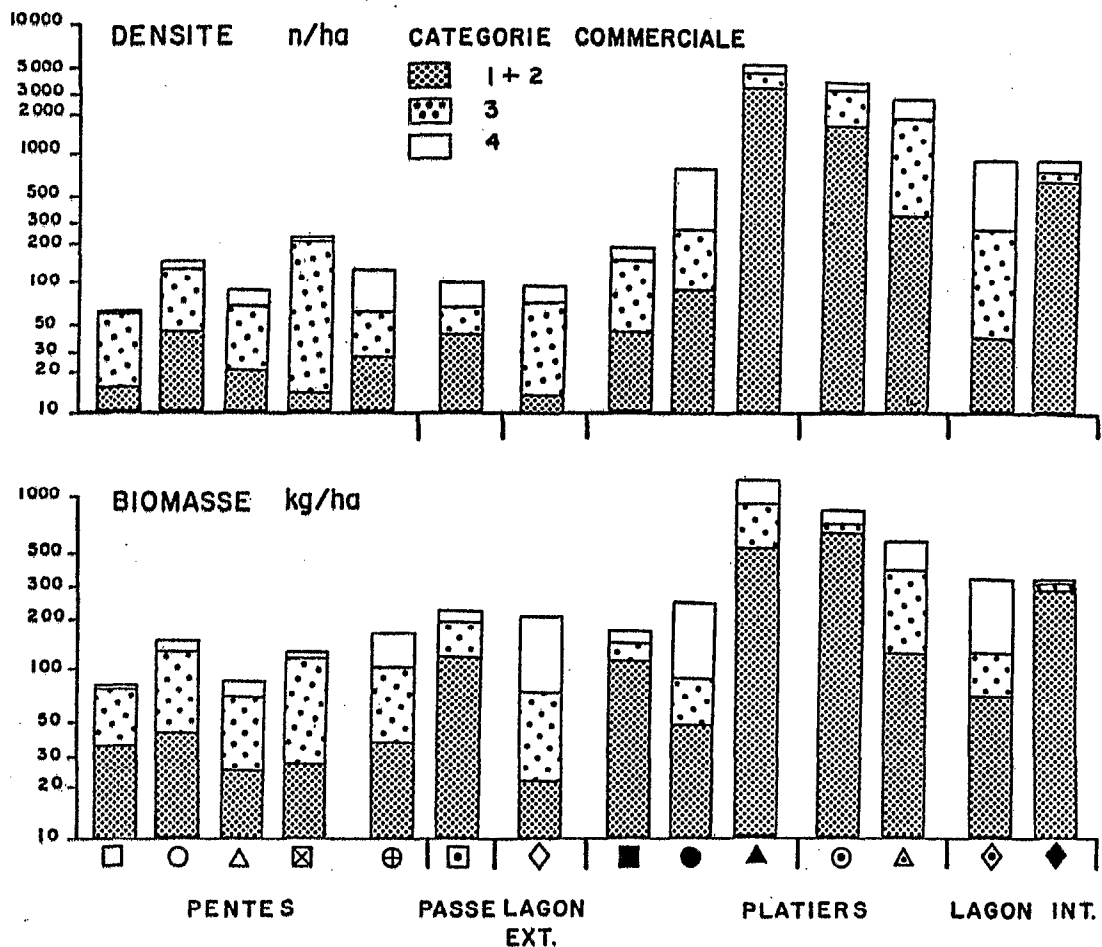


Figure 40 : Densités et biomasses des holothuries, par catégorie commerciale, dans les principaux biotopes groupés par ensembles. Symboles des biotopes cf. fig. 12.

La distribution générale de l'abondance des holothuries est illustrée par la figure 40, où les valeurs sont présentées après transformation logarithmique pour en atténuer la dispersion. Cette représentation montre aussi la richesse des biotopes suivant les catégories commerciales des espèces. Pour celles des catégories 1 et 2 de valeur bonne et moyenne, les platiers des récifs frangeants, les platiers internes d'îlots et les baies sont dix fois plus riches que les autres milieux. Les pentes sont des milieux pauvres qui n'atteignent pas 50 kg par ha.

5.2.2 - Résultats suivant les classifications récifales

Pour rendre compte de l'influence des gradients "côte-large" et "pente-platier interne", les distributions des biomasses sont présentées, pour ces deux classifications, après transformation logarithmique (figures 41A et B).

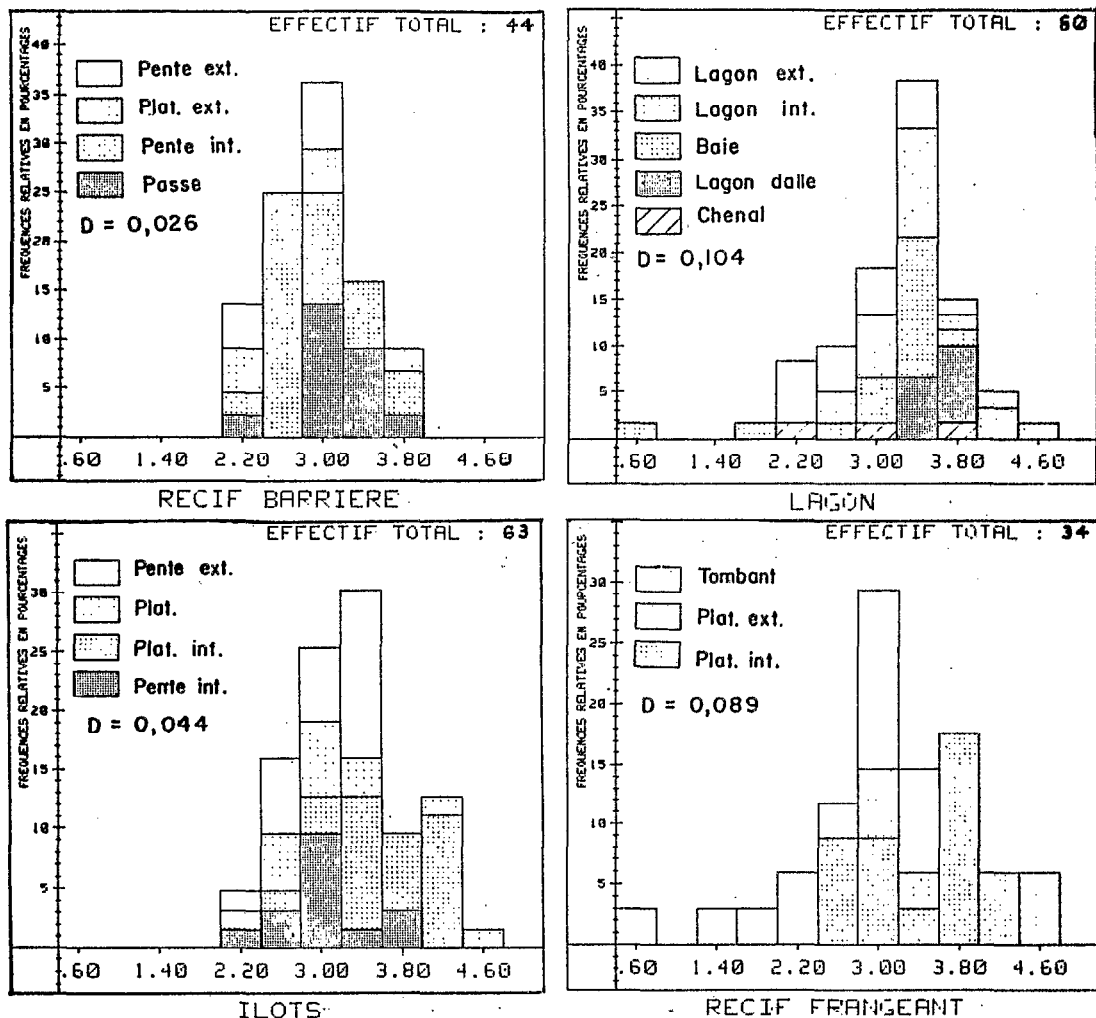


Figure 41A : Distributions de fréquence des biomasses suivant les types récifaux. Données transformées en log, D : valeur calculée du test de Kolmogorov-Smirnov.

En premier lieu, leur conformité à la loi normale a été vérifiée par le test de Kolmogorov-Smirnov (Sokal et Rohlf, 1981). Les valeurs de D étant inférieures aux valeurs des tables, l'hypothèse de normalité n'est pas rejetée au seuil de probabilité $\alpha = 0,05$.

Les résultats des tests "F", appliqués entre les densités moyennes (et aussi les biomasses) des différents types d'édifices d'une part et des différents ensembles de l'autre (tableau 16), permettent de rejeter l'hypothèse nulle de l'égalité des moyennes au seuil $\alpha = 0,05$.

Enfin, les tests "t", entre les moyennes prises deux à deux, permettent les comparaisons (tableau 17). Elles font apparaître les inégalités suivantes.

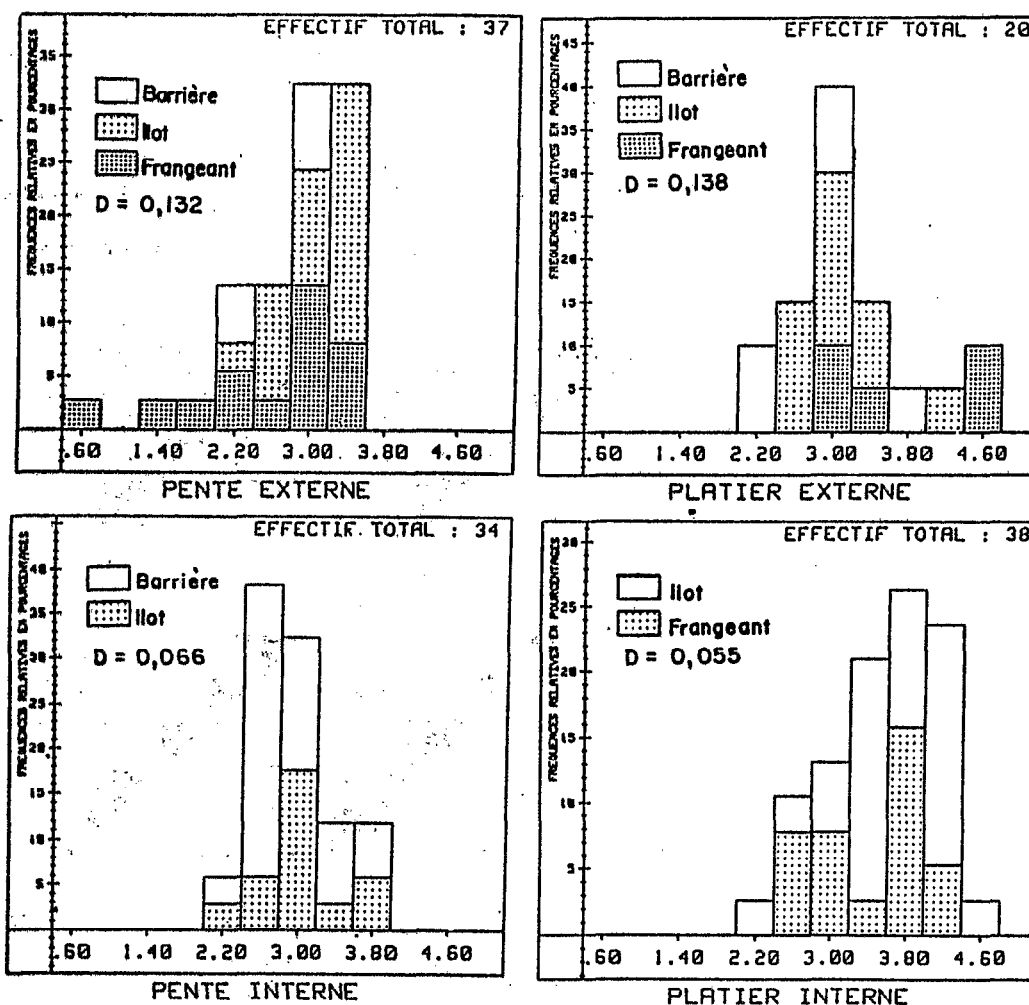


Figure 41B: Distributions de fréquence des biomasses suivant les ensembles récifaux. Données transformées en log, D : valeur calculée du test de Kolmogorov-Smirnov.

Tableau 16 : Analyse de variance à deux facteurs contrôlés : types d'édifices et ensembles récifaux.
* : significatif, $\alpha = 0,05$, ** : hautement significatif, $\alpha = 0,01$.

CLASSIFICATION	VARIABLE	F observée	V1	V2	F théorique
Type d'édifice (géomorphologie)	Densité	8,88**	3	197	2,68
	Biomasse	2,86*	3	197	2,68
Ensemble (structure fonctionnelle)	Densité	27,58**	4	184	2,37
	Biomasse	9,53**	4	184	2,37

Tableau 17 : Différences entre les densités et biomasses moyennes des types d'édifices et des ensembles récifaux par des tests "t".
NS : non significatif, S : significatif $\alpha = 0,05$.

	Densités				Biomasses					
	1	2	3	4	1	2	3	4		
Lagon		S	NS	NS	1		S	NS	NS	1
Barrière			S	S	2			S	NS	2
Ilôt				NS	3				NS	3
Frangeant					4					4

- TYPES D'EDIFICES -

	Densités					Biomasses						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Lagon		S	NS	S	S	1		S	NS	S	S	1
Platier interne			S	S	S	2			S	S	S	2
Platier externe				S	S	3				NS	NS	3
Pente interne					NS	4					NS	4
Pente externe						5						5

- ENSEMBLES -

La comparaison des densités entre édifices permet de définir : lagon, îlot, frangeant > barrière (1)
alors que la comparaison entre ensembles détermine :
platier interne > lagon, platier externe > pentes (2)

La comparaison des biomasses entre édifices donne :
lagon, îlot > barrière (3)
et la comparaison entre ensembles montre :
platier interne > lagon, platier externe, pentes (4)
et lagon > pentes (5)

Ces analyses montrent clairement que le regroupement par ensembles est plus discriminant que par types d'édifices. Elles font aussi apparaître la richesse des platiers internes, dont les valeurs moyennes en densité et biomasse sont respectivement de 31 individus et de 6,93 kg de poids frais pour 100 m². Les différences observées entre les récifs frangeants et les îlots sont faibles et non significatives. Vient ensuite l'ensemble lagon, avec une densité moyenne de 12 individus et une biomasse de 3,30 kg. Ces paramètres varient très largement à l'intérieur de cet ensemble entre le lagon "à dalle" dont la biomasse moyenne est de 4,59 kg et le lagon externe où elle n'est que de 2,08 kg. Les platiers externes occupent une situation intermédiaire. Les pentes internes et externes sont des ensembles pauvres, avec respectivement des biomasses de 1,36 et 1,48 kg.

5.3 - PRINCIPALES TAXOCENOSSES

5.3.1 - Analyse qualitative

Elle est effectuée sur les observations, avec l'indice d'Ochiai et les autres choix ont été définis précédemment (cf. 5.1.2). Les résultats sont présentés dans l'annexe 3 illustrés par la figure 42 A et B. Pour les trois premiers axes ici retenus, les pourcentages de variance extraits sont respectivement 15,3 %, 11,1 % et 6,7 %. Ces valeurs sont assez faibles, ce qui provient du nombre élevé de variables (48), car toutes les espèces ont été conservées et de l'échelle de l'étude qui concerne le lagon tout entier.

5.3.1.1 - Configuration des biotopes

Les contributions absolues des barycentres des observations regroupées par biotopes montrent que les passes, les platiers internes et le lagon interne présentent les plus fortes valeurs. Les contributions relatives les plus importantes pour l'axe 1 reviennent au lagon interne, à la pente interne du récif barrière et aux passes. Cet axe correspond donc à un gradient côte-large, ou terrigène-coralien puisque lagon interne et passes y sont opposés par leurs coordonnées.

Sur le deuxième axe, les platiers internes des récifs d'îlots et frangeants sont opposés au lagon interne. Cet axe exprime donc un gradient exondation-profondeur.

La figure 42 de la projection des barycentres des observations dans le plan (1,2) a été réalisée en utilisant les symboles déjà définis pour les biotopes et en projetant aussi des "super-barycentres" qui correspondent aux deux classifications. Cette représentation met en évidence l'opposition entre un ensemble récifal (platiers, pentes, passe) et un ensemble lagonaire. La position du lagon externe, à proximité des pentes récifales est assez remarquable. Au sein du système récifal les deux classifications sont

apparentes. Les passes se trouvent à l'extrémité des gradients "frangeants, flots, barrières" d'une part et "platiers internes, platiers externes, pentes externes, pentes internes" de l'autre. Dans cette analyse, le platier externe des récifs frangeants se trouve à proximité des platiers internes, leur pente externe n'est pas très éloignée de l'origine. Dans l'ensemble lagonaire, les baies sont très proches du lagon à dalles.

5.3.1.2 - Configuration des espèces

Dans ce type d'analyse des distances entre prélèvements, il est assez classique que les espèces les plus fréquentes soient mises en évidence (Blanc et al., 1976). Ainsi il n'est pas étonnant que les contributions absolues correspondent aux fréquences d'apparition des espèces.

Les contributions relatives opposent sur l'axe 1 les espèces S. variegatus, H. edulis à H. nobilis et B. argus. Sur l'axe 2, H. atra se trouve isolée à l'extrémité des valeurs positives. Elle fournit également la plus forte contribution à l'axe 3.

La projection des espèces dans le plan (1,2) ne correspond pas à la configuration optimale. Certaines espèces apparaissent cependant discriminantes alors que les espèces rares se retrouvent à l'origine. Les quatre lots d'espèces caractéristiques sont d'après cette analyse :

- les espèces des passes, pentes coralliennes et lagon externe, un peu dispersées le long des valeurs négatives de l'axe 1, comprenant B. argus, H. nobilis, T. ananas, H. fuscopunctata, A. palauensis, P. graeffei, H. fuscogilva et T. anax ;
- les espèces de lagon interne et baies, bien mises en évidence par leurs valeurs positives de l'axe 1 et moins nettement par les valeurs négatives sur l'axe 2, comprenant H. edulis, S. variegatus, A. spinea et Holothuria sp. 1 ;
- les espèces des platiers internes d'ilots et de frangeants le long de l'axe 2, avec H. atra d'une part et A. miliaris, H. coluber et H. leucospilota plus regroupées de l'autre ;
- les espèces des platiers externes de barrière et d'ilots, S. chloronotus et A. mauritiana.

Dans cette représentation, les demi-plans délimités par l'axe 2 correspondent à deux contingents d'espèces. Dans la partie positive de l'axe 1 se trouvent en effet celles qui présentent des affinités terrigènes alors que les espèces coralliennes sont dans la partie négative de l'axe 1. Chaque contingent peut être ensuite subdivisé suivant la profondeur, le long de l'axe 2.

5.3.2 - Analyses quantitatives

Elles ont été effectuées sur la matrice des corrélations entre variables, en utilisant soit la densité, soit la biomasse.

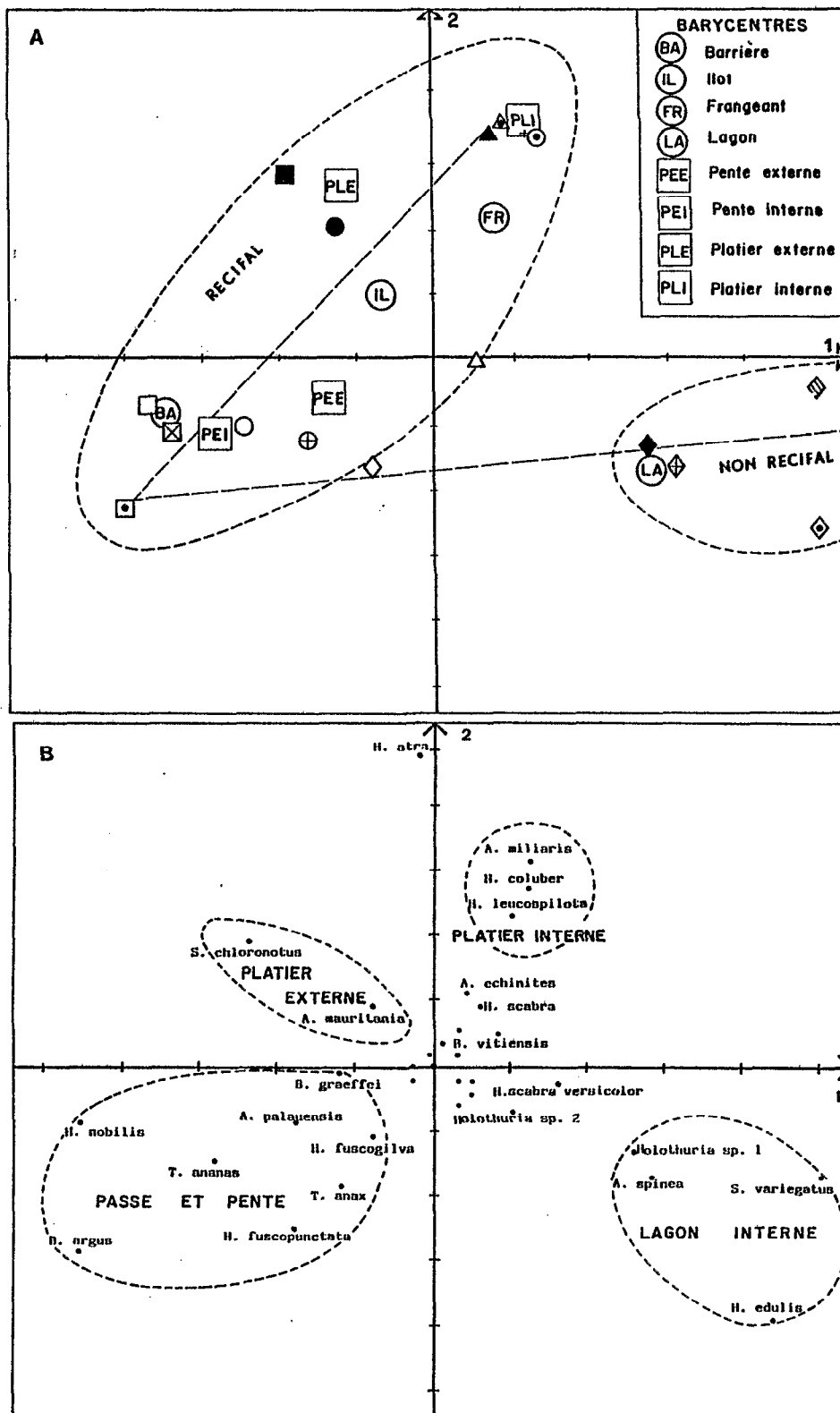


Figure 42 : Analyses d'inertie : analyse qualitative.
 A : configuration des biotopes, symboles cf. fig. 12 ;
 B : configuration des espèces, pointillés : taxocénoses.

5.3.2.1 - Densités

Les résultats sont présentés dans l'annexe 3 et la figure 43. Les pourcentages de variance extraits par chacun des trois premiers axes est 9,6 %, 7,8 % et 5,5 %.

Configuration des biotopes

Les contributions absolues et relatives mettent en évidence les mêmes gradients que l'analyse qualitative et la projection dans le plan (1,2) en est assez peu différente.

Comme dans l'analyse qualitative, les barycentres des observations ayant les plus fortes contributions absolues sont les platiers internes, le lagon interne et les passes. Ces derniers montrent les plus fortes contributions relatives à l'axe 1, alors que les platiers internes sont prépondérants pour l'axe 2.

La projection des barycentres dans le plan (1,2) met en évidence comme pour l'analyse précédente une structure en V, à la pointe duquel se trouvent les passes. Cependant, le gradient des platiers internes vers les passes est plus accusé, les platiers internes étant mieux individualisés. En outre, les pentes sont plus homogènes quel que soit le type de récif. Les platiers externes, eux, suivent le gradient des frangeants vers la barrière. Le gradient récifal est plus allongé à proximité de l'axe 1. Le lagon externe, quant à lui, est mieux individualisé alors qu'il était proche des pentes d'îlots. Enfin dans l'ensemble lagonaire, les baies sont maintenant éloignées de l'ensemble lagon interne, lagon à dalles et chenal. Ces trois barycentres se trouvent regroupés aux valeurs positives de l'axe 1 et négatives de l'axe 2, le gradient profondeur est donc plus accusé.

Configuration des espèces

Cette analyse est moins influencée par la fréquence des espèces. Les contributions relatives des espèces diffèrent légèrement en comparaison avec l'analyse précédente, en rapport semble-t-il avec la légère rotation des gradients par rapport aux axes 1 et 2.

La projection des espèces dans le plan (1,2) présente pourtant les mêmes caractéristiques générales. Selon l'axe 1, les espèces de lagon interne, assez groupées, s'opposent aux espèces de passe ; 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 quatre contingents d'espèces se retrouvent, mais mieux répartis que dans l'analyse qualitative. Ainsi, H. atra n'est plus isolée, mais se trouve avec les espèces de

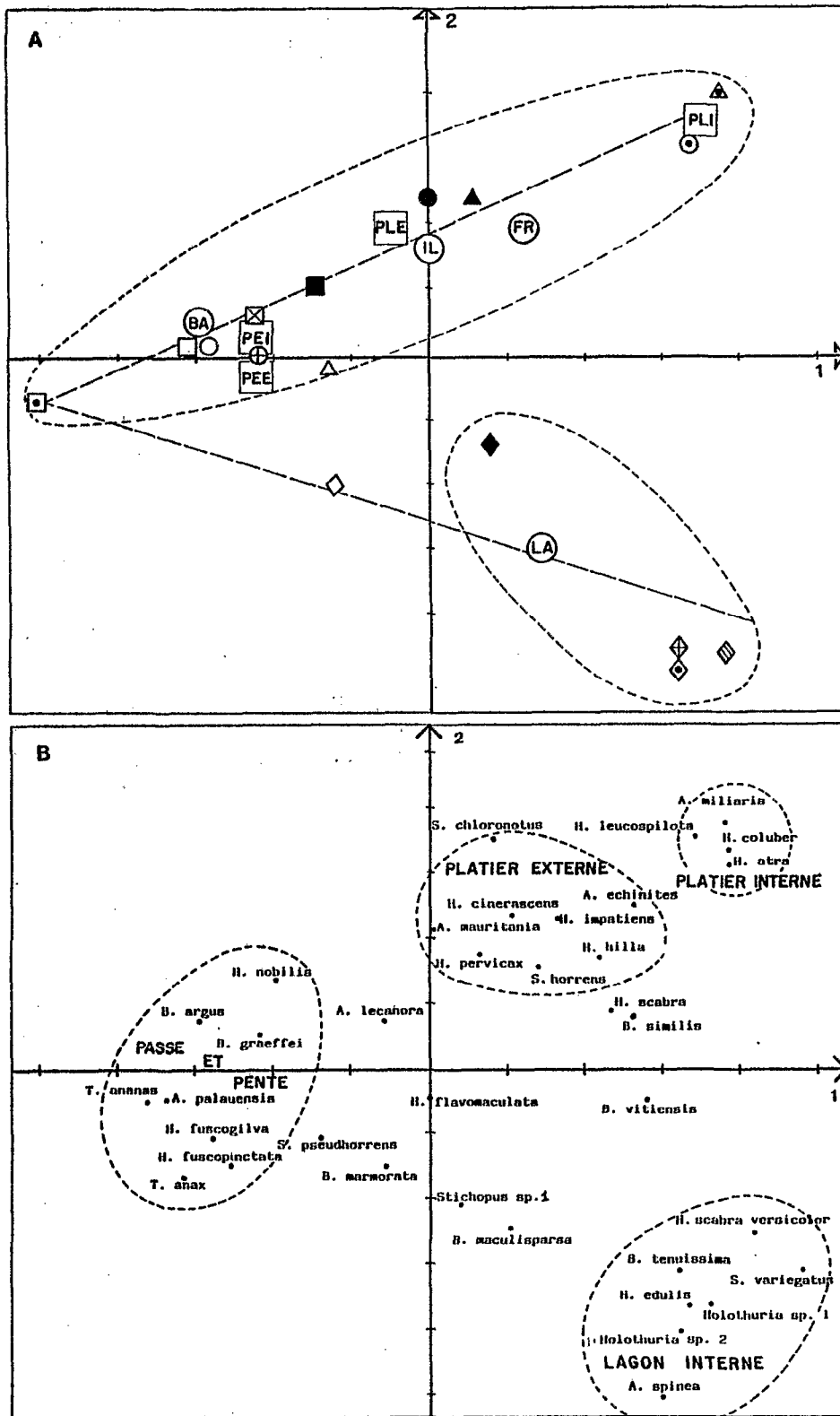


Figure 43 : Analyses d'inertie : analyse quantitative sur les densités.
 A : configuration des biotopes ; B : configuration des espèces, pointillés : taxocénoses.

platiers internes. Les platiers externes pour leur part sont légèrement mieux discriminés par cette analyse. Dans l'ensemble des espèces des passes et pentes, comme dans celui du lagon interne, un gradient de profondeur est apparent, opposant par exemple H. nobilis à T. anax et A. spinea à H. scabra var. versicolor. Le lagon côtier est toujours mal discriminé par l'étude des holothuries, mais il faut noter qu'il regroupe des milieux hétérogènes comme des baies, des estuaires et des rias plus profondes.

5.3.2.2 - Biomasses

Enfin dans l'analyse d'inertie pratiquée avec les biomasses, la variance extraite par les 3 premiers axes représente 9,6 %, 8,6 % et 5,2 %. Les contributions sont portées dans l'annexe 3.

Les configurations des biotopes et des espèces sont très proches de celles des analyses précédentes. Les différences de détail portent sur les espèces de petite taille ; en effet malgré la transformation logarithmique, dans cette analyse le rôle prépondérant est donné aux grandes espèces abondantes.

La classification hiérarchique d'autre part, permet une partition des éléments en classes homogènes. La classification des biotopes (figure 44) confirme l'existence de 4 groupes, passe et pentes de barrière et d'ilots (1), lagon interne (2), platiers internes d'ilot et de frangeant (3), platiers externes (4). La partition du lagon externe (5), des baies (6) et des pentes de frangeant est moins claire.

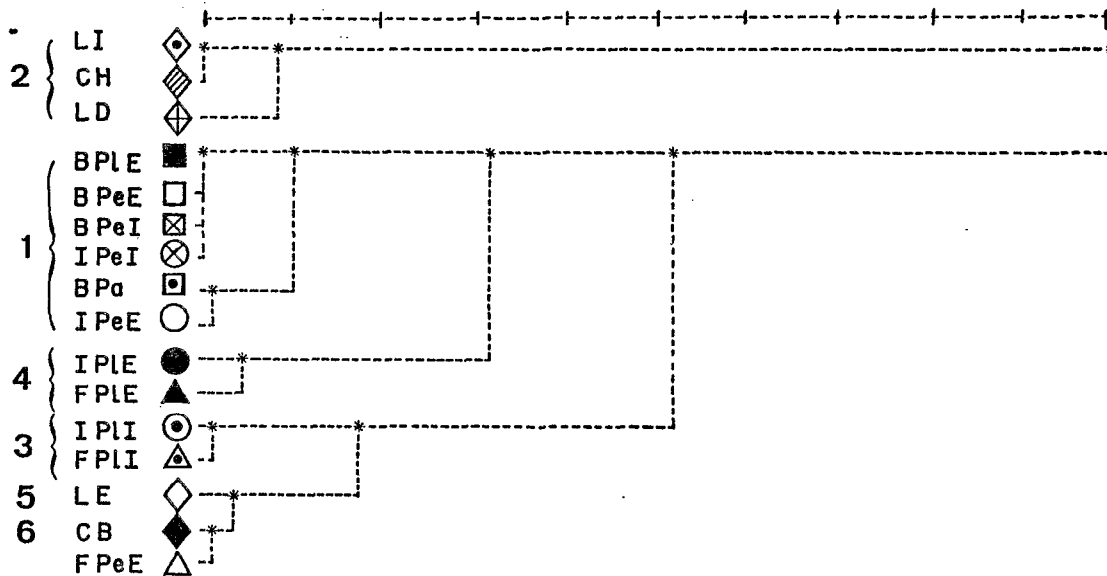


Figure 44: Analyse hiérarchique ascendante : classification des biotopes. symboles cf. fig. 12.

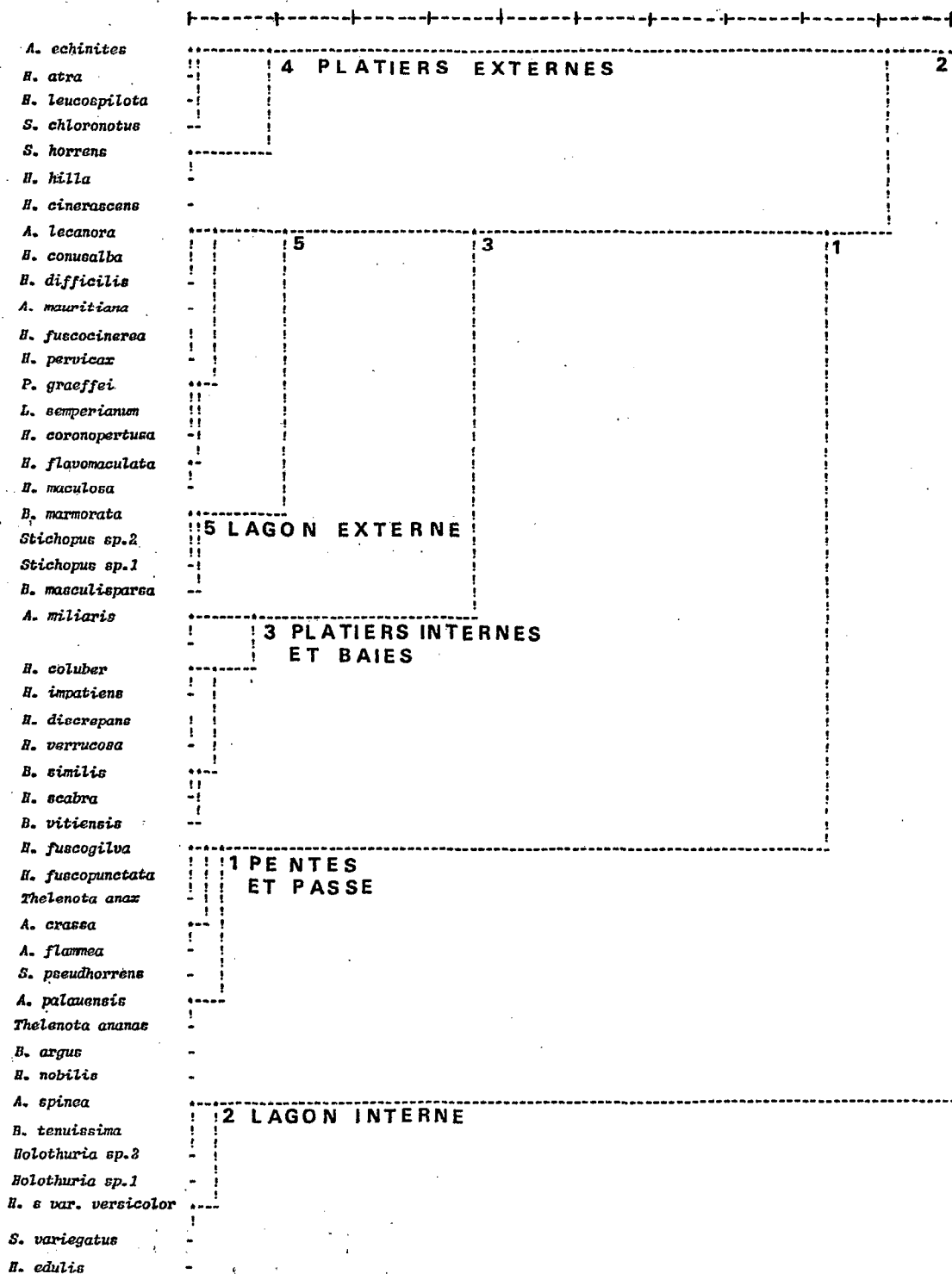


Figure 45 : Analyse hiérarchique ascendante : classification des espèces.

La classification des espèces (figure 45) montre des regroupements qui correspondent aux mêmes catégories. Les espèces des zones côtières se retrouvent en partie avec celles des platiers internes et en partie avec celles des platiers externes, montrant l'importance de leur affinité terrigène.

5.3.3 - Variables témoins

Les contributions relatives des axes aux éléments de chacune des trois catégories de variables témoins sont présentées pour chaque analyse factorielle (annexe 3).

Seule la projection de ces variables dans le plan (1,2) de l'analyse quantitative est détaillée et illustrée par la figure 46, car la position de ces variables par rapport aux barycentres des observations et aux espèces est très proche dans les différentes analyses.

Les facteurs physiques du milieu confirment la signification des axes. Ainsi aux valeurs négatives de l'axe 1 correspondent la grande distance à la côte, la pente forte du biotope et la présence de courants, qui caractérisent les

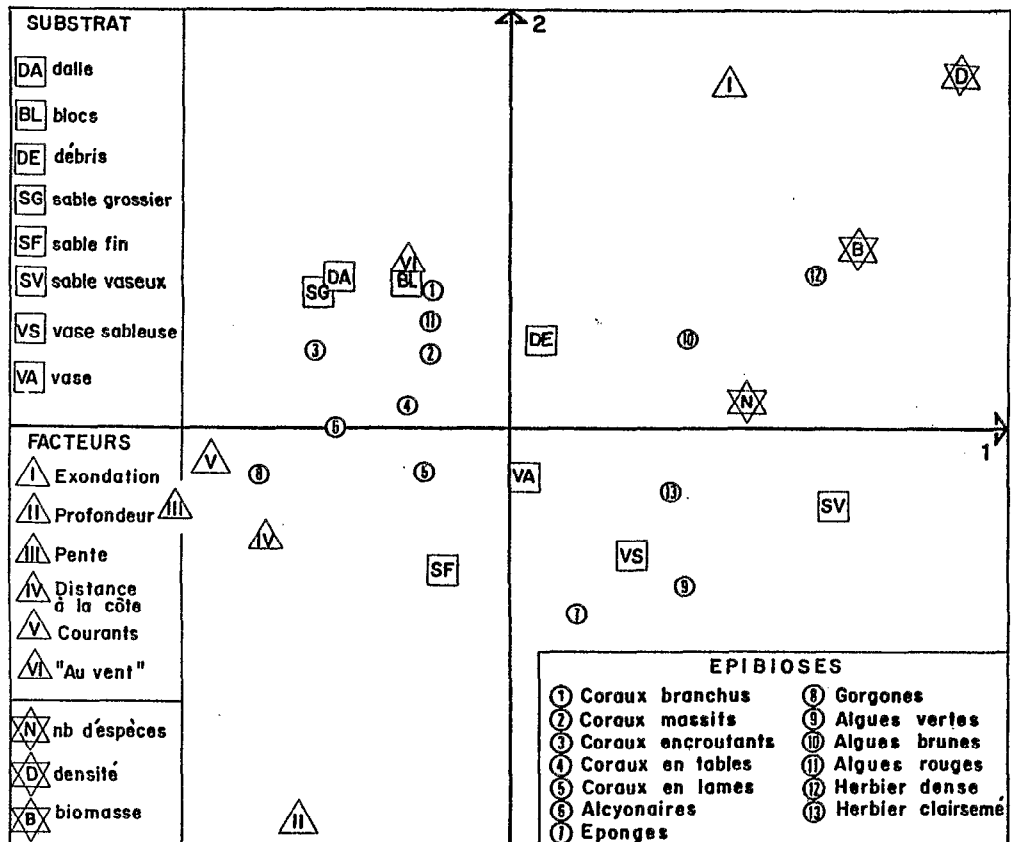


Figure 46 : Analyses d'inertie : variables-témoins dans l'analyse quantitative sur les densités.

pentés, les passes et le récif barrière. Aux extrémités de l'axe 2 se trouvent la profondeur moyenne et l'exondation qui opposent le lagon interne et les platiers. L'exposition au vent est significative des platiers externes.

Les facteurs édaphiques, pour leur part, montrent que le lagon interne est caractérisé par les sables vaseux et les vases sableuses, les vases n'étant pas un facteur déterminant dans ces analyses. Les sables fins coralliens sont associés au lagon externe. Les dalles, blocs et sables grossiers sont groupés et caractérisent les platiers externes et les pentes alors que les débris ne sont pas très déterminants.

La flore et la faune accompagnatrices enfin, permettent de mieux décrire les biotopes. Les algues vertes, les éponges et des herbiers clairsemés se développent sur les vases sableuses et les sables vaseux du lagon interne. Les platiers internes, dont les substrats sont souvent très variés, portent des herbiers denses et des algues brunes. Les platiers externes sont caractérisés par les algues rouges des coraux branchus et massifs. Les différents types de coraux et alcyonaires se développent sur les pentes, mais ne sont pas distingués nettement. Enfin les gorgones sont bien développées dans les passes.

Les variables synthétiques enfin, nombre d'espèces, densité et biomasse, sont alignées suivant l'axe récifal et montrent la richesse des platiers internes.

5.4 - DISCUSSION

5.4.1 - Synthèse des résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie

L'analyse de la richesse en holothuries des principaux biotopes a permis de dégager un classement de ceux-ci, qui fait intervenir conjointement les deux gradients, côte-large et organisation fonctionnelle des récifs. Les platiers internes et les baies sont les milieux les plus riches, suivis par les lagons internes. Les platiers et les lagons externes occupent des positions intermédiaires. Les passes et les pentes coralliennes sont les milieux les plus pauvres, aussi bien du point de vue qualitatif que quantitatif.

Les analyses d'inertie qualitative et quantitative et la classification hiérarchique ascendante, effectuées sur les peuplements, ont fourni des résultats tout à fait convergents. Les pourcentages d'inertie des premiers axes sont toujours relativement faibles, ce qui est probablement dû au grand nombre de variables et à l'échelle de l'étude. Elles résument, dans ses grandes lignes, les caractéristiques générales du lagon, mettant clairement en évidence l'organisation des gradients, lagonaire d'abord (du lagon interne vers les passes) récifal ensuite (des platiers internes vers les passes). Celui-ci rend compte à la fois de la classification par type de récif et par ensemble fonctionnel.

A partir de la présence ou de l'abondance des espèces, trois milieux principaux avec leurs taxocénoses et trois milieux moins nettement définis par des espèces à double affinité peuvent être distingués.

Les **pent**es coralliennes et les **pass**es (1) correspondent à un ensemble infra-littoral récifal. Elles sont caractérisées par les espèces A. palauensis, B. argus, H. fuscogilva, H. nobilis, T. ananas et T. anax et les espèces rares A. flammea et A. crassa.

Le **lagon interne** (2) est un ensemble infra-littoral terrigène. Les espèces caractéristiques sont : A. spinea, B. tenuissima, H. edulis, H. scabra var versicolor, S. variegatus, Holothuria sp.1 et sp.2.

Les **platiers internes des récifs d'îlots et de frangeants** (3) correspondent en fait à un ensemble médiolittoral terrigène. Ils sont caractérisés par : A. miliaris, H. atra, H. coluber, H. leucospilota. Leur séparation d'avec les platiers externes d'une part et les baies de l'autre, est susceptible de légères variations suivant la méthode d'analyse. Les résultats des analyses quantitatives ont été choisis pour définir les trois autres peuplements.

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 infra littoral 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 moins côtier et les platiers internes comme cela apparaît dans l'analyse hiérarchique (cf. figure 45). Les espèces fréquentes y sont B. vitiensis, B. similis, H. scabra et H. flavomaculata plus particulièrement dans les secteurs envasés à bancs coralliens.

Il a paru utile d'évaluer, même très approximativement, l'équivalent énergétique de ces taxocénoses (tableau 18). Le calcul aurait dû être effectué sur des dosages de matière organique sèche totale ou de matière organique du tégument, celui-ci étant généralement considéré comme le compartiment essentiel (Giese, 1966). En l'absence de données précises sur le rapport du poids tégumentaire au

poids total et sur la teneur en eau et en spicules, principal constituant des cendres, l'évaluation a été faite à partir du poids frais, en utilisant les valeurs moyennes de 0,50 kcal par gramme de poids tégumentaire et 0,55 pour le rapport de son poids au poids total (cf. tableau 6).

Tableau 18 : Equivalent énergétique moyen, en holothuries, des principaux biotopes.

BIOTOPE	BIOMASSE	
	kg/100 m ²	kcal/100 m ²
Platier interne	6,93	1905
Lagon interne	3,66	1007
Lagon externe	2,08	572
Passe et pentes	1,33	366

5.4.2 - Comparaison avec d'autres peuplements de l'Indo-Pacifique tropical

Concernant la zonation de l'ensemble des peuplements d'holothuries d'un système récifal, peu d'études ont été réalisées jusqu'à présent. Levin (1979) utilisant un codage des biotopes d'après une classification par ensembles structuraux et un coefficient de similitude entre des stations réparties dans tout l'Indo-Pacifique, conclue à la particularité de quelques milieux, tels les lagons d'atolls et les platiers externes, mais à la ressemblance de zones bien différentes par leurs conditions topographiques et hydrodynamiques, la zonation des espèces étant toutefois bien définie. Il est possible qu'une analyse d'inertie eût plus clairement mis en évidence l'organisation générale des peuplements.

C'est à partir d'une analyse hiérarchique, en utilisant le coefficient de similitude de Bray Curtis sur les densités des espèces, que Hammond et al. (1985) tentent la classification de trois catégories de récifs, internes, médians et externes, de la Grande Barrière. Dans cette étude, seuls les platiers externes et internes et l'horizon superficiel de la pente interne ont été échantillonnés de nuit. Leurs résultats montrent des densités générales très faibles (cf. tableau 13) provenant peut-être des méthodes utilisées, et la faible diversité, surprenante, des récifs internes. Les auteurs concluent à l'absence de zonation générale, due à la différence de taille des récifs, la distribution extrêmement variable des microhabitats et/ou la flexibilité des espèces vis-à-vis de l'habitat. Cette analyse porte en fait essentiellement sur des platiers de récifs peu soumis aux influences terrigènes, dont il vient d'être montré en Nouvelle-Calédonie que ce sont des milieux pauvres, dans lesquels les répartitions suivent des gradients progressifs où des classes sont moins nettement discriminées qu'ailleurs.

Les travaux plus anciens de Yamanouchi (1939) à Palau comportent une description qualitative des peuplements d'une radiale du récif barrière au récif frangeant qui correspond avec les espèces caractéristiques de Nouvelle-Calédonie ; il remarque l'absence d'espèce dans les mangroves.

La plupart des autres études, Baker (1929), Sloan (1979 , 1982), Lawrence (1980), Harriot (1980), Massin et Doumen (1986) se rapportent à des platiers, ou même à une subdivision de ceux-ci, platier externe, platier interne, microatolls. Le même lot d'espèces s'y retrouve généralement correspondant aux peuplements (3) et (4) définis pour les platiers de Nouvelle-Calédonie.

Ainsi la définition de l'échelle à laquelle est entreprise l'étude est-elle primordiale pour la reconnaissance des peuplements. A l'échelle d'un ensemble aussi vaste et varié que le lagon de Nouvelle-Calédonie, des peuplements ont été définis, pour les principaux biotopes. La majorité des espèces d'holothuries sont caractéristiques de biotopes mais rarement exclusives, elles occupent plutôt une zone déterminée, avec une flexibilité variable pour chacune, sur les gradients principaux côte-large et pente-platier.

5.5 - FACTEURS DE LA REPARTITION

La répartition des espèces et des peuplements selon les gradients déjà cités n'est pas l'apanage, en Nouvelle-Calédonie, des seules holothuries. En effet, certains peuplements pélagiques de petits poissons (Conand F., 1987), zooplanctoniques (Binet, 1984) ou benthiques de foraminifères (Debenay, 1985) sont distribués suivant le gradient côte-large. D'autres études de la faune dans la région sud-ouest (Intès et Menou, 1979, Dugas et Debenay, 1980) montrent aussi une répartition selon ce gradient, particulièrement marqué en Nouvelle-Calédonie en raison de la topographie des lagons étroits et allongés le long des côtes, par comparaison avec la Grande Barrière par exemple, dont les secteurs sont moins bien délimités et plus hétérogènes.

Selon le gradient fonctionnel récifal où l'hydrodynamisme joue un rôle important, les études en Nouvelle-Calédonie se rapportent à la zonation des scléroractiniaux (Faure et al. 1982, Thomassin, 1984) tandis que de nombreux travaux dans la région Indo-Pacifique décrivent la zonation d'autres groupes benthiques.

Si dans l'ensemble les auteurs ayant étudié la répartition des holothuries s'accordent à admettre l'influence des gradients côte-large et récifal, la nature des facteurs déterminants de la macro-et microrépartition est par contre plus discutée.

5.5.1 - Facteurs de la macrorépartition

La plupart des peuplements qui ont été étudiés étaient localisés sur des platiers, il n'est donc pas étonnant que l'hydrodynamisme soit généralement considéré comme un facteur déterminant de la zonation.

Certains auteurs opposent même des associations d'espèces des zones abritées à celles des zones exposées (Sloan et Von Bodungen, 1980 ; Massin et Doumen 1986). Mais l'hydrodynamisme est un facteur complexe, qui, outre l'agitation mécanique, détermine la qualité de l'eau et la granulométrie du substrat et d'autre part influence la fixation des organismes, en particulier des larves et des juvéniles.

L'influence de la nature du substrat, aussi bien physique par sa granulométrie, que chimique par sa teneur en matière organique, est parfois moins explicitement reconnue par ceux qui ont étudié la macrorépartition holothuries en zones littorales. En effet, la même espèce peut se rencontrer dans/ou sur plusieurs substrats qui peuvent même différer suivant les localités (Levin, 1979 ; Hammond et al., 1985). Certaines contradictions actuelles sur ce point sont liées à la controverse sur l'existence ou non de la sélectivité dans l'alimentation. Dans les zones profondes par contre, la densité est nettement corrélée à la teneur en matière organique (Sibuet, 1985).

Le gradient côte-large, nettement mis en évidence dans l'étude présente correspond essentiellement aux influences terrigènes qui agissent sur les propriétés du substrat.

La profondeur est rarement évoquée pour expliquer la répartition des espèces littorales, alors que son influence sur la richesse des peuplements abyssaux est importante (Sibuet, 1985). Même pour les espèces littorales ce facteur composite est déterminant puisque d'une part certaines espèces seulement sont soumises à l'émersion aux basses-mers et d'autre part il semble exister une zonation bathymétrique chez des espèces congénériques d'un biotope, comme par exemple H. nobilis et H. fuscogilva, T. ananas et T. anax.

La salinité a une influence nette d'élimination des espèces dans les zones, comme les mangroves, soumises à la dessalure.

L'influence des facteurs biotiques sur la répartition ou le recrutement est encore mal connue. La prédation s'effectue probablement au dépens des jeunes. La compétition pourrait avoir un rôle sur la microrépartition.

5.5.2 - Microrépartition et sélectivité de l'alimentation

Pour expliquer la coexistence de plusieurs espèces dans le même biotope, ce qui est particulièrement vrai dans l'Indo-Pacifique où la diversité est très grande sur les platiers où les plus fortes densités ont été observées, la

répartition par microhabitats a été envisagée. Pour résoudre le problème du partage des ressources dans les milieux récifaux, Kohn (1971) a émis l'hypothèse que les carnivores se spécialisent sur un type de proie alors que les détritivores se répartiraient plutôt des microhabitats. Plusieurs études ont cherché à tester cette hypothèse chez les holothuries. Ainsi Sloan (1979) montre que la disponibilité des microhabitats d'un beach-rock semble plus déterminante que les ressources alimentaires.

La sélectivité de l'alimentation, qu'elle soit physique suivant la taille des particules du substrat, ou chimique suivant leur richesse en matière organique, peut aussi permettre la coexistence des espèces.

Sélectivité granulométrique

Ce type de sélectivité a été trouvé dans plusieurs groupes de détritivores, polychètes, amphipodes, sipunculien et mollusques. Il est par contre l'objet de controverses au sujet des holothuries (Hammond, 1982 ; Massin et Doumen, 1986).

Des observations de sélectivité ont été décrites par plusieurs auteurs, Bertram (1936), Yamanouchi (1939) pour certaines espèces mais pas pour H. atra et S. variegatus, Emery et al. (1954), Rhoads et Joung (1971), Hauksson (1979) pour S. tremulus en opposition avec Jespersen et Lützen (1971), 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 les caractéristiques du sédiment environnant ou l'absence de sélectivité chez H. atra déjà observée par Trefz (1958), Lawrence (1980) et confirmée par Massin et Doumen (1986). 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, bien qu'aucune étude granulométrique n'ait été effectuée, il est apparu que plusieurs Actinopyga, en particulier A. mauritiana et A. miliaris, avaient des contenus digestifs constitués de particules fines, mais la possibilité d'une sélectivité chimique pour le feutre épiphytique des feuilles de phanérogame peut aussi être envisagée dans ce cas.

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 Bodungen (1980), Bouland et al. (1982) et Hammond (1982). Cet auteur réexamine et critique certains résultats prouvant la sélectivité. Il conclut que les différences observées proviendraient plutôt d'une préférence, relativement stable, pour un microhabitat.

Des études complémentaires, analysant les rôles respectifs de la disponibilité du sédiment, de la compétition interspécifique et même interindividuelle, ce qui n'a pas encore été envisagé, restent nécessaires pour résoudre ces contradictions. Au cours du cycle vital d'une espèce, un changement de régime alimentaire peut se produire. Ainsi les juvéniles de *S. japonicus* ingèrent-ils relativement plus de microalgues et détritiques que les adultes (Choe, 1963). C'est aussi probablement le cas chez *H. fusco-gilva* 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 (1982) et Massin et Doumen (1986).

Sélectivité chimique

Ce type de sélectivité a été fréquemment démontré chez les holothuries aspidochirotés, comme le montrent les références du tableau 19, classées par espèce et par zone géographique. Pour certaines espèces, en particulier *S. tremulus* (Jespersen et Lützen, 1971) et *P. parvimensis* (Yingst, 1982), elle n'a pas été mise en évidence, mais il apparaît que seule la couche superficielle du sédiment, la plus riche en bactéries, microfaune et meiofaune est prélevée pour la nutrition. La sélectivité chimique est particulièrement nette chez les espèces qui vivent dans des environnements relativement pauvres en matière organique.

Tableau 19 : Sélectivité chimique chez les holothuries aspidochirotés.

ESPECE	ZONE	AUTEUR	OBSERVATIONS : sédiments environnants - contenu digestif et sédiments - Fèces
<i>H. atra</i>	Indo Pacifique tropical, littoral	Webb et al., 1977 Moriarty, 1982	Fèces environ 3 fois plus riches en C. organique que le sédiment. Contenu digestif 16 à 34 % supérieur au sédiment en C. organique, 35 à 111% en N, 33 à 300 % en acide muramique (biomasse bactérienne)
<i>S. chloronotus</i>	" "	Moriarty, 1982	" "
<i>H. arenicola</i> <i>H. mexicana</i> <i>I. badionotus</i>	Atlantique tropical, littoral	Hammond, 1983	Rapports entre contenu digestif et sédiment en C. organique 2,0 ; 1,4 ; 1,4 ; en N 2,0 ; 1,9 ; 3,0 ; en pigments 2,0 ; 2,2 ; 1,3 et en ATP 1,2 ; 1,7 ; 1,9. Fèces pas plus riches en M.O. que les sédiments.
<i>H. tubulosa</i>	Tempéré littoral	Massin et Jangoux, 1976 Massin, 1980	Contenus digestifs plus de deux fois plus riches en M.O. que les sédiments. Fèces riches en matière organique.
<i>S. tremulus</i>	"	Hauksson, 1979	Contenus digestifs plus riches en M.O. que les sédiments par sélection des fèces d'autres organismes benthiques et d'agrégats de sédiments.
<i>S. japonicus</i>	"	Tanaka, 1958	Contenus digestifs avec 4 fois plus de N que le milieu.
<i>P. pallens</i> <i>P. villosus</i>	Atlantique abyssal	Kripounoff et Sibuet, 1980 Sibuet, 1984	Contenus digestifs 4 fois plus riches en C. organique, 6 fois plus riches en N, 7 fois plus riches en protéines que le milieu.
<i>P. atlanticus</i>	"	Briggs, 1985	Sélection des fèces d'autres organismes.

6 - CONCLUSION

La répartition et l'abondance des holothuries Aspidochirotes ont été étudiées, grâce à des quadrats réalisés en plongée ou à pied, dans les différents biotopes récifaux et lagonaires de Nouvelle-Calédonie. 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 ont été distingués et classés d'une part suivant les types d'édifices et d'autre part suivant les ensembles fonctionnels.

Les habitats, les affinités et l'abondance, tant numérique que pondérale, ont été déterminés pour les 41 espèces d'Holothuriidae et les 8 espèces de Stichopodidae. Elles ont été classées suivant leur fréquence d'apparition, leur densité et leur biomasse, en prenant aussi en compte leur qualité commerciale. Leurs affinités vis-à-vis des principaux facteurs de l'environnement a permis d'opposer des espèces d'affinité récifale à d'autres d'affinité terrigène, des espèces intertidales aux espèces infralittorales et de définir les préférences granulométriques de chacune. Malgré les imprécisions dues à la méthode d'étude et au type de distribution surdispersé de la plupart des espèces, ces résultats devraient être utiles pour l'évaluation des ressources et l'exploitation des espèces commerciales.

Les peuplements en holothuries aspidochirotes du complexe récifal ont été mis en évidence à l'aide d'analyses factorielles et hiérarchique ascendante dont les résultats sont assez concordants. Trois groupes de biotopes avec leurs espèces caractéristiques sont nettement définis. Un groupe récifal, peu soumis aux influences terrigènes, comprend les pentes coralliennes des récifs barrières et d'ilôts et les passes (1). Le lagon interne ainsi que les chenaux et le lagon à dalles (2) est sous influence terrigène et infralittoral. Le troisième groupe, également sous influence terrigène, mais intertidal, est constitué par les platiers internes d'ilôts et de frangeants (3). Trois autres groupes de biotopes présentent des termes de transitions entre les précédents et leurs espèces ont des affinités doubles. Ainsi les platiers externes (4) soumis à un fort hydrodynamisme sont intermédiaires entre les pentes externes et les platiers internes. Le lagon externe (5) au sable organogène est intermédiaire entre les pentes récifales et le lagon interne. Les baies (6) qui regroupent des milieux variés sont moins bien caractérisées par les holothuries.

L'abondance des espèces dans chacun de ces groupes, exprimée en densité, biomasse ou équivalent énergétique, montre la richesse des platiers internes d'ilôts et de frangeants et du lagon interne. Ce sont des milieux d'accumulation par opposition avec les ensembles récifaux.

L'estimation des ressources en holothuries commerciales pourra être effectuée à partir de la cartographie de ces différents biotopes (cf. chap.4 - 3.3). La production quant à elle, nécessite des connaissances sur la biologie des espèces qui sera développée dans le chapitre suivant. Du point de vue du fonctionnement des écosystèmes coralliens, le rôle des holothuries peut être envisagé d'une part en fonction de leur place dans les chaînes trophiques, d'autre part en étudiant leur rôle bioturbateur. Celui-ci intervient sur la stratification des sédiments et la meiofaune associée. Dans les nombreuses chaînes trophiques des systèmes coralliens schématisées par Lewis (1981), les holothuries sont un élément important du groupe des détritivores, consommateur de bactéries et de détritus.

BIOLOGIE DES PRINCIPALES ESPECES D'INTERET COMMERCIAL

1 - INTRODUCTION

1.1 - BUT DE L'ETUDE

La connaissance de la biologie des populations est nécessaire pour envisager une gestion rationnelle des stocks exploités. Un échantillonnage régulier dans le temps permet d'étudier les structures démographiques, la croissance, la reproduction, les migrations et la mortalité.

Comme il n'est pas possible de déterminer l'âge des holothuries, les structures démographiques ne pourront pas être présentées et l'on se bornera à une description des caractères métriques, tailles et poids, des populations échantillonnées, ainsi que les relations entre ces caractères. Elles seront utilisées au cours de l'étude de la croissance et pour faciliter les comparaisons avec les résultats obtenus par d'autres auteurs.

La reproduction sexuée pour chacune de ces espèces et asexuée par scission chez H. atra, sera ensuite présentée en détaillant les sex-ratio, l'anatomie des gonades, les cycles sexuels, la première maturité et la fécondité.

La croissance et la mortalité sont particulièrement difficiles à étudier chez ces organismes à corps mou. Différentes méthodes ont été utilisées dont les résultats ne peuvent être considérés que comme des premières approximations.

1.2 - MATERIEL

1.2.1 - Choix des espèces

Au début de ce travail, aucune exploitation n'existait en Nouvelle-Calédonie, pour guider le choix des espèces à étudier. Le manuel de la C.P.S. (Anonyme, 1975) mentionnait treize espèces d'intérêt commercial. Or, parmi celles-ci, les deux espèces Bohadschia argus et B. marmorata vitiensis rejettent si rapidement leurs canaux de Cuvier que leur intérêt commercial semblait douteux. L'étude ultérieure du marché a bien confirmé qu'elles n'étaient pas exploitées. Parmi les Actinopyga, l'espèce A. lecanora est apparue trop rare pour permettre un échantillonnage suivi et les espèces de couleur noire, d'identification trop délicate. Ainsi, les neuf espèces suivantes ont été retenues :

- les holothuries à mamelles, H. nobilis et H. fuscogilva (cf. figure 1) ;
- les holothuries de sable, H. scabra et H. scabra var. versicolor (cf. figure 1) ;
- H. fuscopunctata (cf. figure 2) ;
- A. echinites et A. mauritiana (cf. figure 2) ;
- H. atra (cf. figure 2) ;
- les Stichopodidés enfin, T. ananas (cf. figure 1) et S. variegatus (cf. figure 3).

1.2.2 - Récoltes

Pour étudier la biométrie et la reproduction sexuée un échantillonnage mensuel a été réalisé pour chaque espèce, de novembre 1978 à mai 1980 et poursuivi jusqu'en 1981 pour quelques espèces, de manière à confirmer et approfondir les premiers résultats obtenus. La croissance a été abordée surtout à l'aide de marquages qui seront présentés ultérieurement (cf. - 4.2).

Les premières observations sur la répartition de quelques espèces aux environs de Nouméa, par Intès et Menou (1979) ont permis de choisir des stations proches du Laboratoire de l'ORSTOM. Plusieurs récoltes sont ainsi effectuées en plongée au cours d'une même journée. D'autres stations, de platiers de récifs frangeants, accessibles par la route, sont visitées à basse-mer.

Pour chaque population, l'échantillon mensuel consiste généralement en 20 spécimens récoltés au hasard. En effet, les contraintes matérielles empêchent l'acquisition de plus grands échantillons : d'une part la durée de la plongée ne peut pas excéder une demi-heure à une heure et ces organismes sont dispersés, d'autre part certaines espèces de grande taille sont difficiles à ramener à cause de leur poids, d'autres enfin ont tendance à s'éviscérer si elles sont très serrées dans les sacs de récolte. Pour pallier cet inconvénient, chaque individu de T. ananas et S. variegatus a dû être mis sous l'eau individuellement dans un sac plastique, ce qui permet de récupérer les différents organes et éventuellement les poissons Carapidés hébergés par T. ananas. A bord, les spécimens sont mis dans de grands bacs d'eau de mer, additionnée de chlorure de magnésium pour faciliter leur relaxation. Ramenés au laboratoire, ils sont stockés dans une chambre froide à 4°C, pour être disséqués le lendemain.

1.2.3 - Stations d'étude (figure 47)

Les caractéristiques de chacune de 17 stations sont présentées en annexe 4, en utilisant les mêmes descripteurs que pour l'étude écologique. Quelques échantillons ont été occasionnellement récoltés ailleurs. Les connaissances acquises sur la répartition ont permis de regrouper les espèces suivant leur biotope : pentes coralliennes, platiers externes, platiers et lagon internes.

1.2.3.1 - Espèces des pentes coralliennes

.Holothuria nobilis

En raison de sa faible abondance, mais aussi pour permettre des comparaisons, cette espèce a été récoltée en cinq stations principales :

- Ilot Amédée (station 1) : platier interne d'îlot situé à proximité de la Passe de Boulari ;
- Bancs de l'Ouest (station 2) : pente de récif de lagon, au vent ;
- Grand Récif Aboré (station 3) : pente interne ;
- Ilot Croissant (station 4) : tombant sous le vent ;
- Récif frangeant d'Unia (station 5) : platier interne. Cette station est la seule à être située en dehors du lagon sud-ouest, mais elle a été choisie en raison de sa richesse en holothuries de différentes espèces. C'est en effet un récif frangeant large qui est peu protégé des influences de l'hydrodynamisme, la barrière étant immergée dans cette région.

.Holothuria fuscogilva

L'échantillonnage de cette espèce a été bimensuel, en raison de l'éloignement de la station :

- Passe de Uitoe (station 6) : bord de passe au vent.

.Holothuria fuscopunctata

Son échantillonnage mensuel a été réalisé au cours des sorties de récolte d'autres espèces, il est donc réparti entre quatre stations de fond de lagon externe, à proximité d'îlots. L'îlot croissant, station 4, a déjà été décrit :

- Ilot Signal (station 7) : pied de pente sous le vent ;
- Ilot Larégnère (station 8) : lagon à dalles ;
- Ilot Amédée (station 9) : pied de pente.

.Thenelota ananas

- Récif To (station 10) : récif immergé de passe.

1.2.3.2 - Espèces des platiers externes

.Actinopyga mauritiana

Cette espèce caractéristique des platiers externes a été échantillonnée de manière bimensuelle, de décembre 1979 à avril 1982, en deux stations, pour comparer leurs caractéristiques :

- Grand Récif Aboré (station 11) : platier externe ;
- Récif frangeant d'Unia (station 12) : platier externe.

.Actinopyga echinites

Cette espèce a une répartition plus large que la précédente, présentant de fortes densités depuis les tombants jusqu'aux platiers internes. Elle a été échantillonnée, surtout à l'îlot Maître, de novembre 1978 à mai 1980 puis de février 1981 à avril 1982 pour confirmer les premiers résultats, étudier la couronne calcaire péripharyngienne et la fécondité :

- Ilot Maître (station 13) : zone supérieure de la pente au vent ;

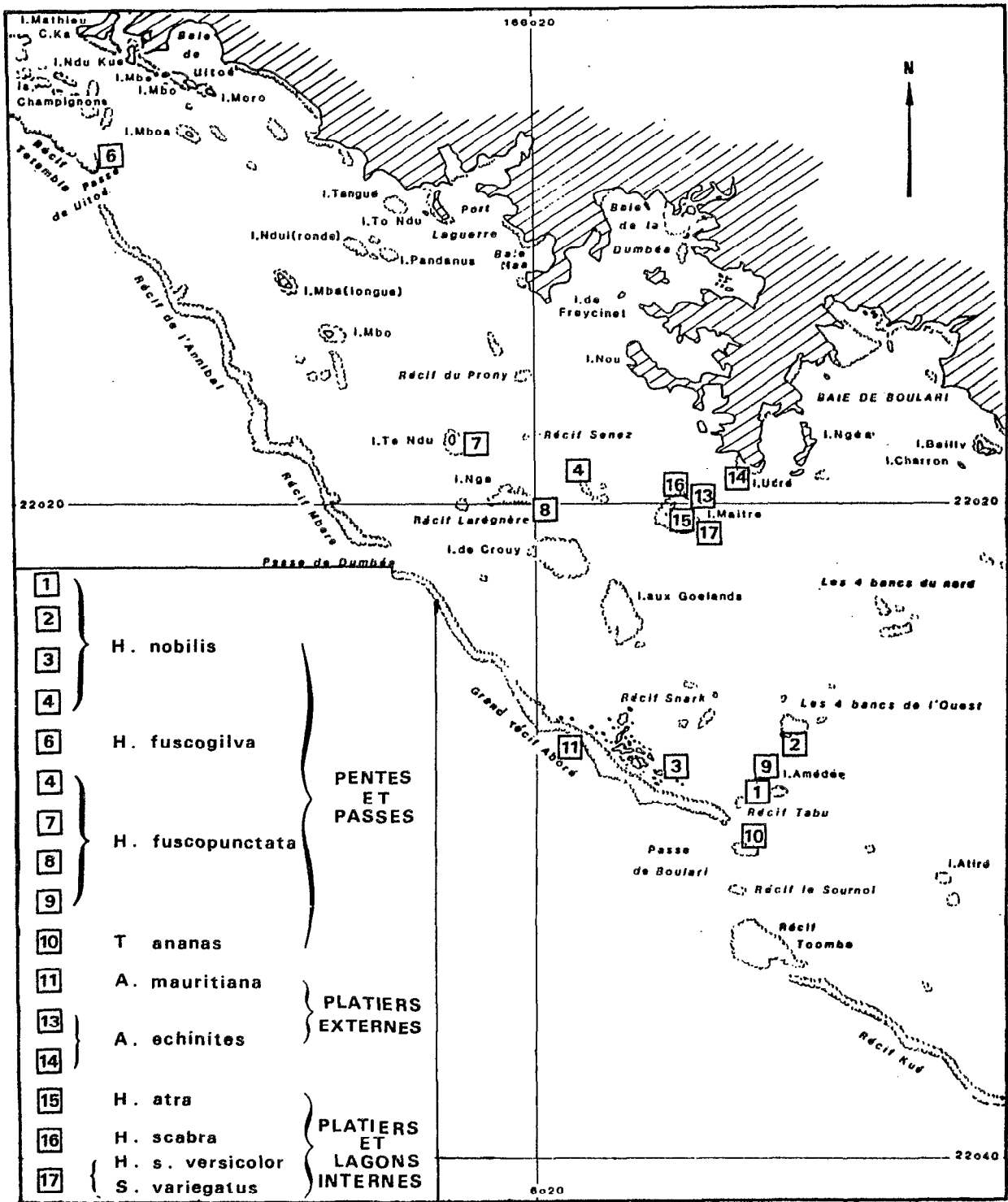


Figure 47 : Stations d'échantillonnage mensuel, dans le lagon sud-ouest.

- Récif frangeant Ricaudy (station 14) : platier externe. Cette station est l'objet d'une étude plus détaillée, par l'analyse de données de la télédétection (cf. chap. 4 - 5.3).

1.2.3.3 - Espèces des lagons et platiers internes

.Holothuria atra

- Ilot Maître (station 15) : platier interne.

.Holothuria scabra

- Ilot Maître (station 16) : platier interne à herbier.

.Holothuria scabra var. versicolor

- Chenal de l'Ilot Maître (station 17) : lagon interne au pied du tombant.

.Stichopus variegatus

Elle a été récoltée en même temps que *H. scabra* var *versicolor* à la station précédente, où elle se trouvait, de jour, à proximité des blocs, alors que *H. s. versicolor* était plus au moins enfouie dans le sédiment.

2 - BIOMETRIE

2.1 - INTRODUCTION ET METHODES

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, l'abondance de l'eau contenue dans le cloaque et les arbres respiratoires, du liquide coeliaque et du sédiment dans le tube digestif. Il est donc nécessaire de définir précisément les conditions de mesure car elles ne sont pas actuellement standardisées. Choe (1963) dans son étude de *S. japonicus* montre que la longueur est un paramètre très variable, avec un coefficient de variation moyen de 7,3 %, alors qu'il n'est que de 2,8 % pour le poids total. Mais, il recommande l'usage du poids éviscéré. Celui-ci présente l'inconvénient de ne pas être utilisable dans des expériences avec des holothuries vivantes. D'autres auteurs utilisent soit la longueur contractée (Lawrence, 1980), soit un indice de taille défini par le produit de la longueur par la largeur contractées (Yingst, 1974 ; Cameron et Fankboner, 1986). Enfin le poids total frais est également utilisé (Harriot, 1980 ; Franklin, 1980).

Dans la présente étude, les paramètres suivants ont été mesurés sur chaque individu :

- L_t longueur totale après relaxation, à 0,5 cm près par défaut, 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 ;

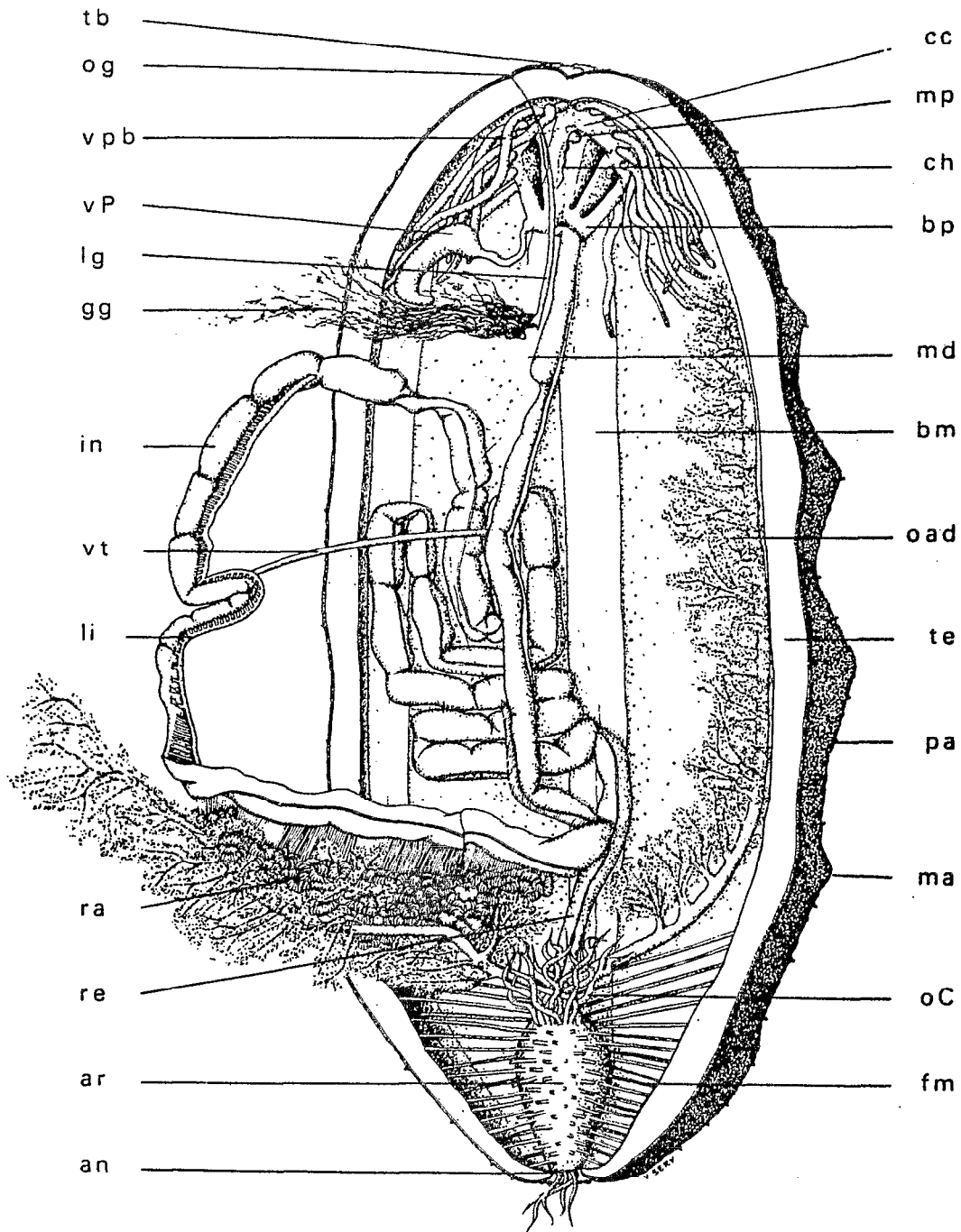


Figure 48 : Anatomie de *Holothuria nobilis*.

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.

- PT, poids total ;
- PO, poids ouvert, après incision médio-dorsale pour éliminer l'eau coeliaque et celle contenue dans les arbres respiratoires ;
- PE, poids éviscéré, qui 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.

Les glandes génitales (figure 48) sont prélevées, égouttées sur papier filtre, pesées au dg par défaut (Pg), puis fixées au formol à 5 % neutralisé pour la détermination du sexe et du stade de maturité. Il faut noter qu'en raison de leur distribution, les échantillons de plusieurs espèces sont difficiles à récolter et les effectifs sont assez réduits, environ 20 spécimens par mois d'échantillonnage.

Un programme de traitement des données "HOLOT", comprenant une partie histogrammes et une partie régressions, avec des possibilités de sélection de caractères a été utilisé pour créer des fichiers espèces. Les distributions de fréquence des paramètres mesurés sont ainsi obtenues. Les relations biométriques entre ces paramètres sont nécessaires pour convertir des données. Les différentes relations qui peuvent être établies et leurs applications sont présentées et discutées par Fréon (1979). Elles ont été calculées ici par la méthode de l'axe majeur réduit, à partir de tous les couples de valeurs disponibles.

2.2 - DISTRIBUTIONS DE FREQUENCE DES LONGUEURS ET DES POIDS

2.2.1 - Espèces des pentes

Afin de donner une vue d'ensemble des populations de chaque espèce, les résultats sont d'abord présentés globalement (tableau 20). En effet, les échantillonnages réalisés pendant les deux années de l'étude, ne permettent pas de mettre en évidence d'évolution temporelle. Cette stabilité peut être réelle, provenant d'une croissance très lente, ou apparente provenant de la variabilité des mesures ou du faible effectif. Elle sera discutée dans le chapitre concernant la croissance.

Il apparaît clairement que ces quatre espèces sont de grande taille, 40 cm de longueur environ et 2 kg de poids total en moyenne. Les résultats sont présentés de manière plus détaillée pour chaque espèce.

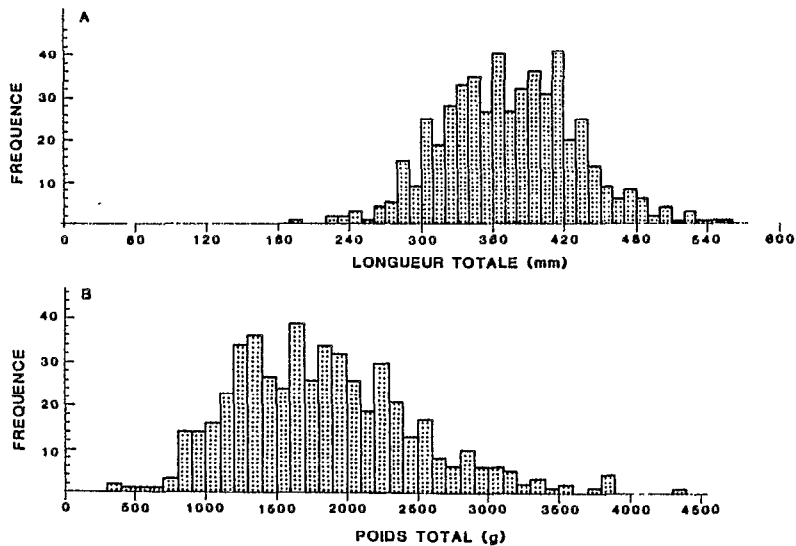
.Holothuria nobilis

Sur l'ensemble des stations (figure 49), 518 individus ont été étudiés. Les distributions des paramètres sont plurimodales ; les petits individus sont rares. Ils présentent souvent des tâches de couleur crème ou orangée. A la suite des premières observations (Conand, 1981) sur cette espèce, l'échantillonnage a été poursuivi encore un an, pour

Tableau 20 : 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

Figure 49 : Distribution des longueurs et des poids totaux de *H. nobilis*.

permettre la comparaison des différentes populations, en particulier des stations 1 et 4.

La distribution des poids totaux fait apparaître trois types de stations, correspondant à des biotopes différents (figure 50) :

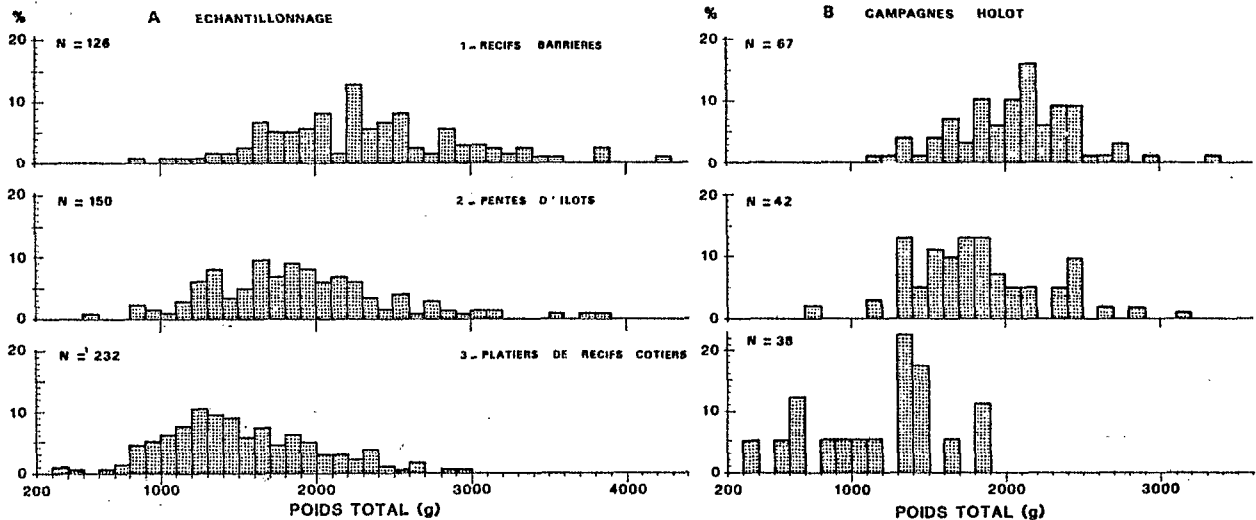


Figure 50 : Distribution des poids de *H. nobilis* suivant les biotopes.
n = effectif ; A = échantillonnage mensuel ; B = campagnes HOLOLOT.

- le premier (stations 2, 3, récifs de Poum et des Bélep) est constitué de stations de platier et pente interne des récifs barrières ; le poids des individus est compris entre 1 000 et 3 800 g ;

- le deuxième (station 4 et Anse Vata) comprend des pentes d'îlots de lagon ; les poids sont plus variables ;

- le troisième (stations 1 et 5) correspond à des stations peu profondes de platiers côtiers ; les individus plus petits, ont un poids allant de 400 à 2 600 g.

Ces trois types de distributions suivant le biotope semblent confirmés par les observations réalisées au cours des campagnes HOLOLOT, dont les résultats sont regroupés sur la figure 50. L'origine de ces différences est difficile à élucider. Plusieurs hypothèses peuvent être formulées, basées sur des taux de croissance ou de mortalité variables, des périodes de recrutement différentes ou des migrations.

.Holothuria fuscogilva

Les paramètres de la population de *H. fuscogilva* échantillonnée sont présentés sur la figure 51. 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

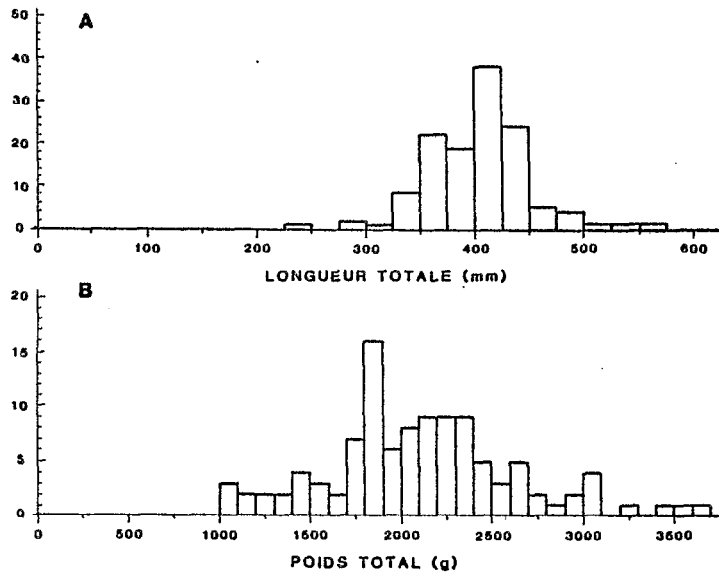


Figure 51 : Distribution des longueurs et des poids totaux de H. fuscogilva.

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 quelques grammes seulement, furent observés en février à la base des feuilles de Syringodium. Ainsi, dans cette localité, les différentes classes de taille n'ont pas la même répartition bathymétrique et la proximité des stations pourrait permettre des migrations au cours de la croissance.

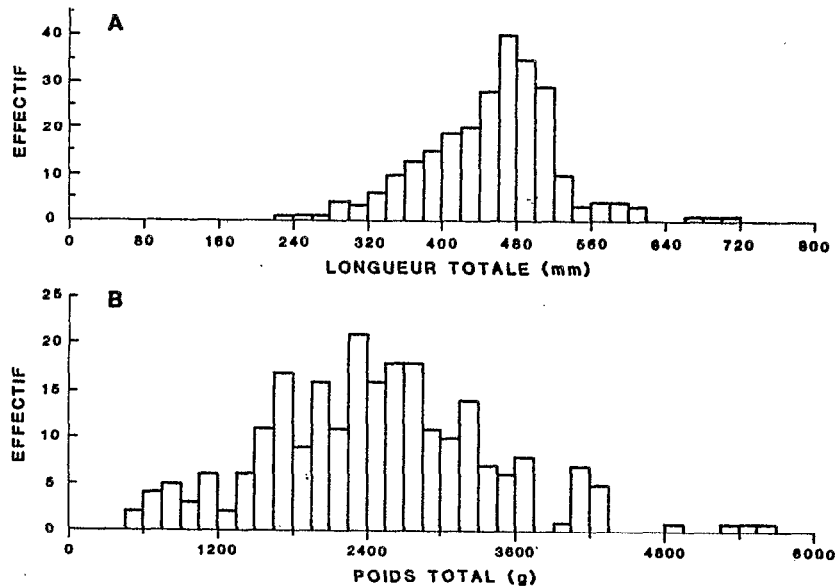


Figure 52 : Distribution des longueurs et des poids totaux de H. fuscopunctata pour l'ensemble des stations.

Holothuria fuscopunctata

Aucune étude ne semblait avoir été faite sur la biologie de cette espèce. Malgré l'hétérogénéité de l'échantillonnage, la distribution des caractères des 256 individus étudiés, montre qu'il s'agit d'une espèce de grande taille et que les individus inférieurs à 24 cm sont très rares dans ces stations (figure 52).

Présentées séparément pour chaque station (figure 53), les distributions paraissent plurimodales. Des individus de taille moyenne sont toujours présents, mais les proportions des plus petits et des plus grands varient d'une station à l'autre.

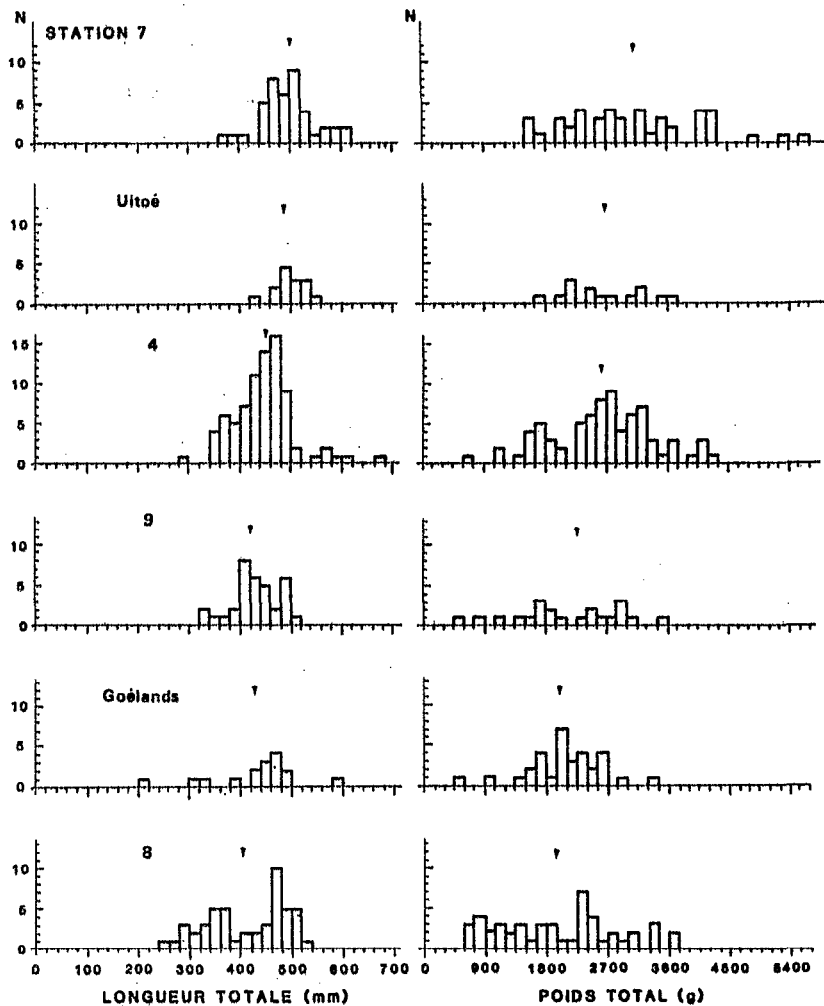


Figure 53 : Distribution par station, des longueurs et des poids totaux de H. fuscopunctata.

.Thelenota ananas

Les résultats de l'échantillonnage des 298 individus de cette grande espèce sont présentés sur le figure 54. La distribution des poids totaux apparait plurimodale, les individus les plus fréquents pèsent 2 kg environ.

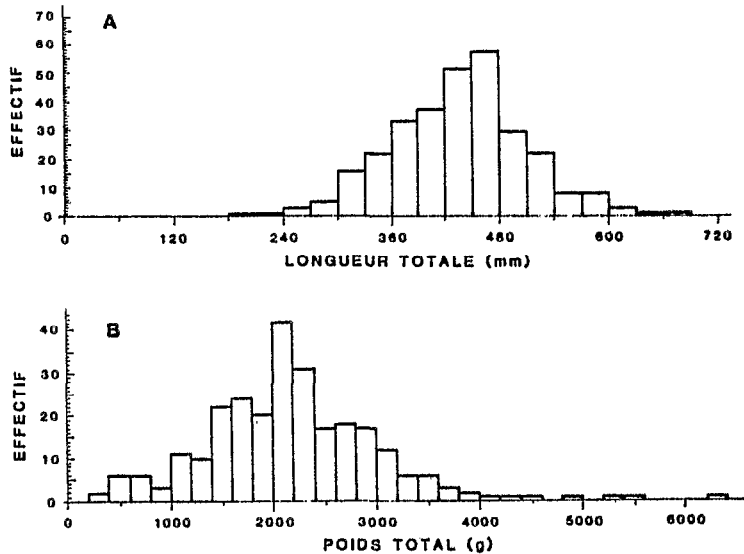


Figure 54 : Distribution des longueurs et des poids totaux de T. ananas.

2.2.2 - Espèces des platiers externes

Comme pour les espèces des pentes, les résultats sont présentés dans le tableau synthétique 21. Les deux espèces A. mauritiana et A. echinites sont plus petites que les espèces des pentes, avec environ 20 cm de long et 400 g de poids total.

.Actinopyga mauritiana

L'échantillonnage a été limité à la station 12 de décembre 1978 à avril 1980 puis étendu d'avril 1981 à 1982 à la station 11. La distribution des paramètres de 472 individus au total est présentée sur la figure 55 ; elle est présentée par station sur la figure 55. Alors qu'à la station 11, les distributions sont grossièrement unimodales et les petits individus rares, à la station 10 ceux-ci sont présents et constituent même un mode important.

La comparaison entre ces deux stations montre la différence très nette entre ces deux populations. Celle du récif barrière, à faible densité, est composée de grands individus, alors que celle du récif côtier, à forte densité, est constituée de plusieurs groupes de tailles. Il n'est pas encore possible de déterminer si ces différences proviennent de facteurs biotiques ou abiotiques.

Tableau 21 : 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)					PT (g)				
T	468	5-1500	452	293	T	599	0-1410	396	208
St 11	139	300-1500	733	252	St 13	483	0-1410	437	189
St 12	329	5-1100	333	218	St 14	79	0- 630	168	143
PO (g)					PO (g)				
T	466	5-800	297	165	T	595	0-600	260	99
St 11	138	200-800	433	98	St 13	480	0-600	283	75
St 12	328	5-650	240	153	St 14	78	0-450	120	94
PE (g)					PE (g)				
T	469	5-650	229	124	T	600	0-420	188	69
St 11	140	175-650	335	73	St 13	484	0-420	205	54
St 12	329	5-500	184	114	St 14	79	0-390	96	79

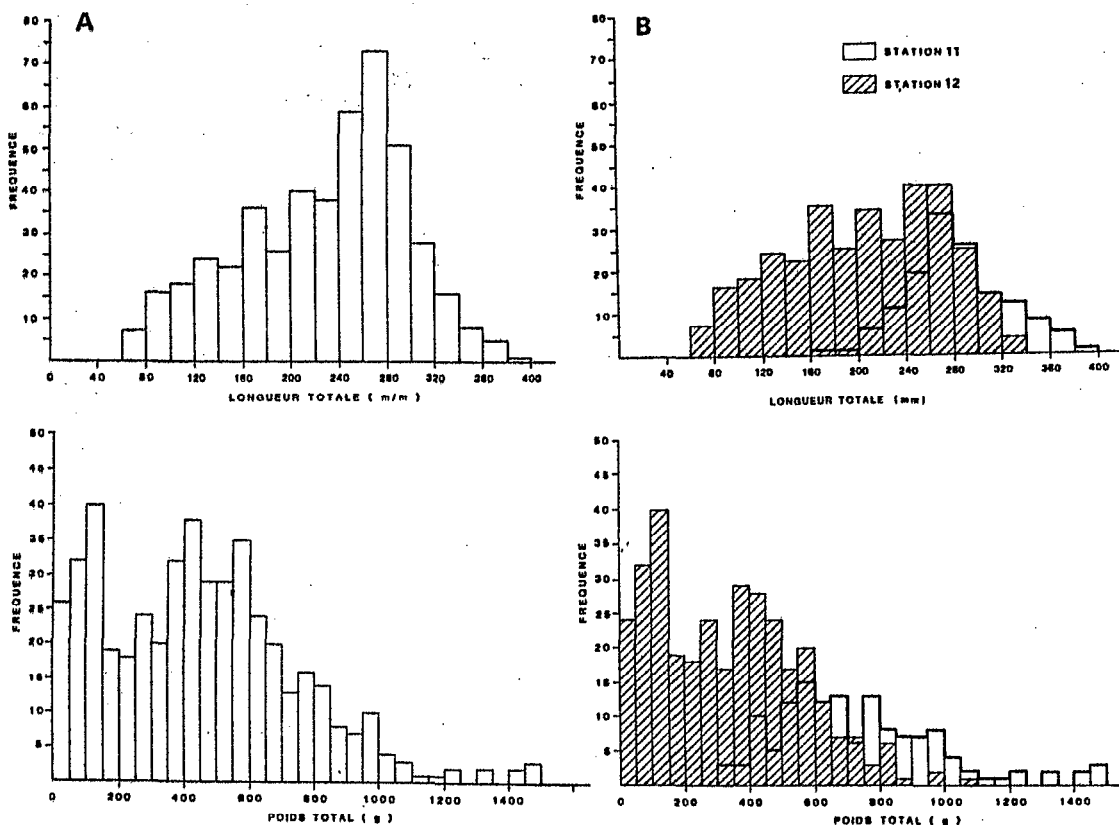


Figure 55 : Distribution des longueurs et des poids totaux de A. mauritiana.
 A = ensemble des stations ; B = par station.

.Actinopyga echinites

Les résultats préliminaires (Conand, 1982) ont été complétés par la poursuite de l'échantillonnage à la station 13 de l'Ilot Maître et quelques échantillons ont été récoltés aussi sur le platier du récif Ricaudy pour comparaison (figure 56). A la station 13, les distributions paraissent 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 22 cm de longueur et 340 g de poids total en moyenne. A la station 14 de platier par contre, malgré les faibles effectifs, plusieurs modes s'observent du fait de la présence des petits individus. Comme pour A. mauritiana, la population de platier côtier est composée d'individus de tailles différentes, incluant des petits spécimens.

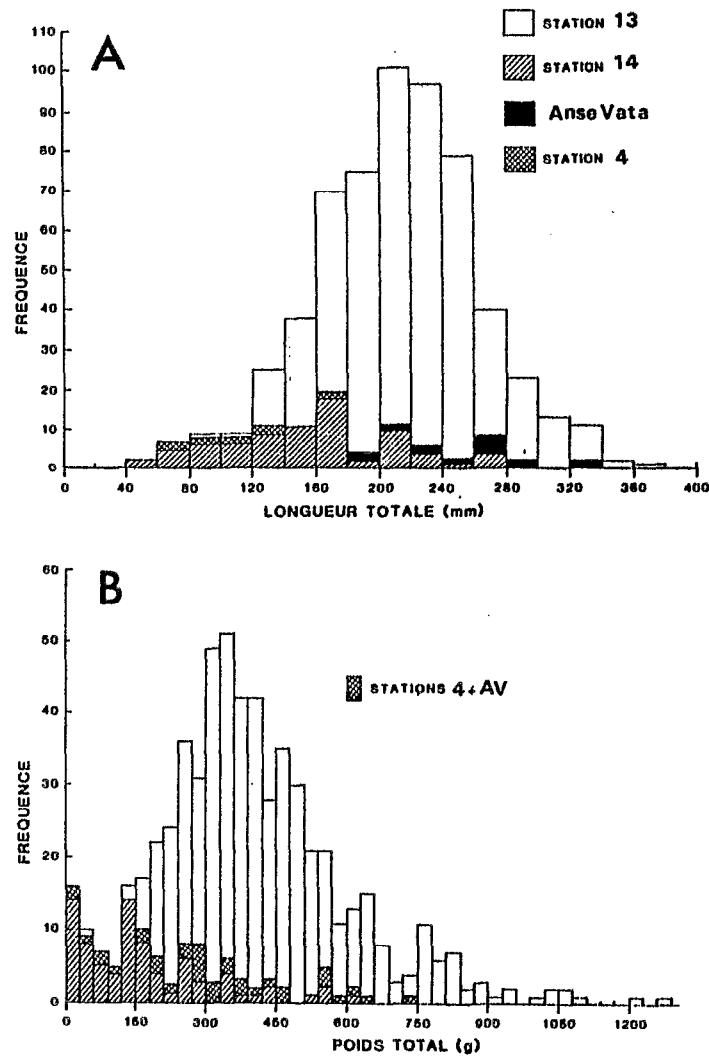


Figure 56 : Distribution des longueurs et des poids totaux de A. echinites.

2.2.3 - Espèces des platiers et lagons internes

Les paramètres de *H. atra*, *H. scabra*, *H. scabra* var. *versicolor* et *S. variegatus*, qui ont été récoltées sur le platier interne de l'Ilot Maître ou à son pied dans le chenal, sont présentés dans le tableau 22.

Tableau 22 : 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

Holothuria atra

L'échantillonnage a été mené pendant un an, sur le platier interne. Les individus, à cette station, sont généralement petits (figure 57) et la longueur moyenne est de 13 cm. Cette valeur est très voisine de celles qui ont été observées, par Ebert (1978) et Bonham et Held (1963). Certains auteurs, Harriot (1980, 1982) d'une part, Massin et Doumen (1986) de l'autre, observent dans des sites proches, des distributions unimodales et d'autres bimodales. Par ailleurs, Clark (1921) et Pearse (1968) observent une relation entre la taille des individus et la profondeur. Ces variations sont souvent mises en relation avec le phénomène de scission qui sera détaillé plus loin (cf. - 3.7).

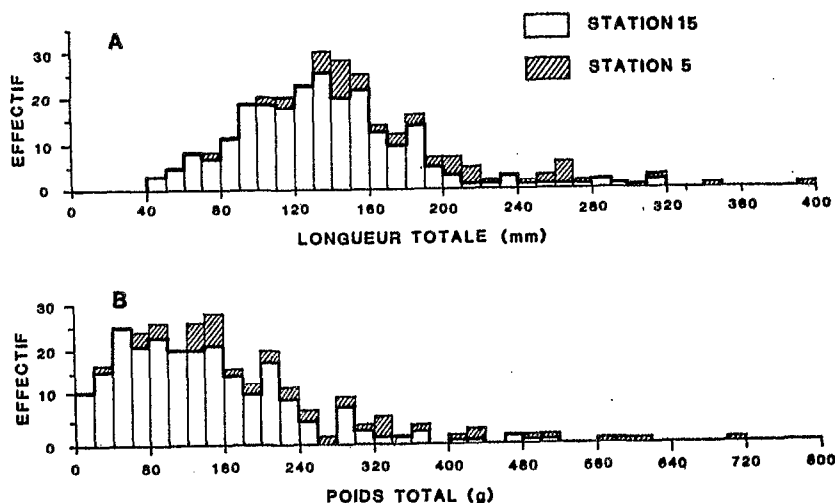


Figure 57 : Distribution des longueurs et des poids totaux de H. atra.

En dehors de ces populations de platiers ou de lagons, où les individus sont généralement petits et recouverts d'une couche de sable fin, sauf en certaines zones circulaires où le tégument reste nu, nous avons observé en plusieurs stations de Nouvelle-Calédonie des populations de très grands individus de taille modale entre 25 et 45 cm, dont le tégument était recouvert uniformément de sable et au lieu d'être lisse portait des verrucosités sur la face dorsale. Ces populations n'étaient pas dans des stations profondes, mais plutôt sur des platiers de récif barrière à fort hydrodynamisme. Il serait probablement utile de mieux définir les populations de cette variété, à l'aide par exemple de l'électrophorèse.

.Holothuria scabra et H. scabra versicolor

L'échantillonnage mené pour H. scabra en deux sites très proches d'un platier interne, sur 325 individus, montre des distributions des paramètres similaires (figure 58A), ce qui est confirmé par la distribution des poids lors des marquages à ces stations (cf. figure 100). Les valeurs moyennes sont également très comparables à celles observées respectivement par Harriot (1980) et Shelley (1981) lors de leurs échantillonnages mensuels de cette espèce. Des populations composées d'individus de plus petite taille ont été observées sur le platier d'Ouano et au voisinage de mangroves dans le nord de la Nouvelle-Calédonie.

La variété H. scabra versicolor a été échantillonnée essentiellement à la station 17 (figure 58B). Quelques individus récoltés sur le platier sont plus petits.

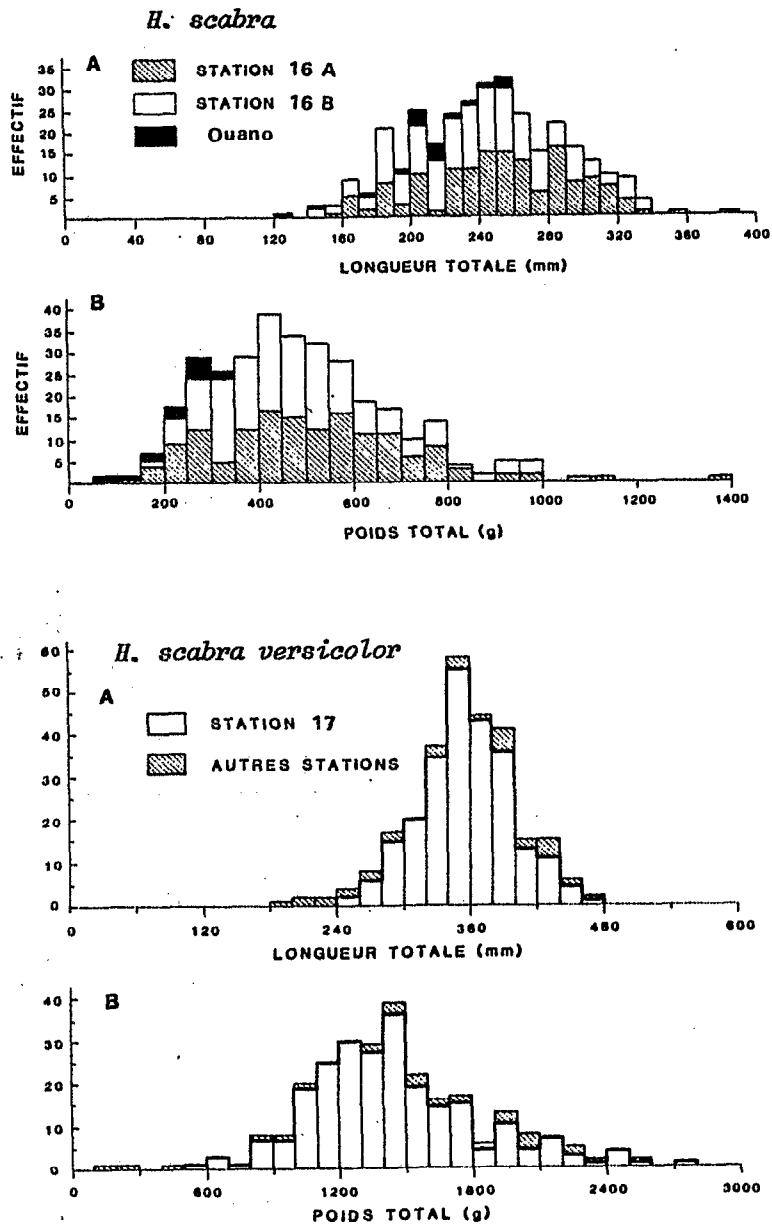


Figure 58 : Distribution des longueurs et des poids totaux de *H. scabra* et *H. scabra* var. *versicolor*.

.Stichopus variegatus

L'échantillonnage de 275 individus, à la même station 17, montre également la rareté des petits individus (figure 59) alors qu'ils sont présents sur le platier voisin, comme l'indiquent les données du marquage (cf. figure 100).

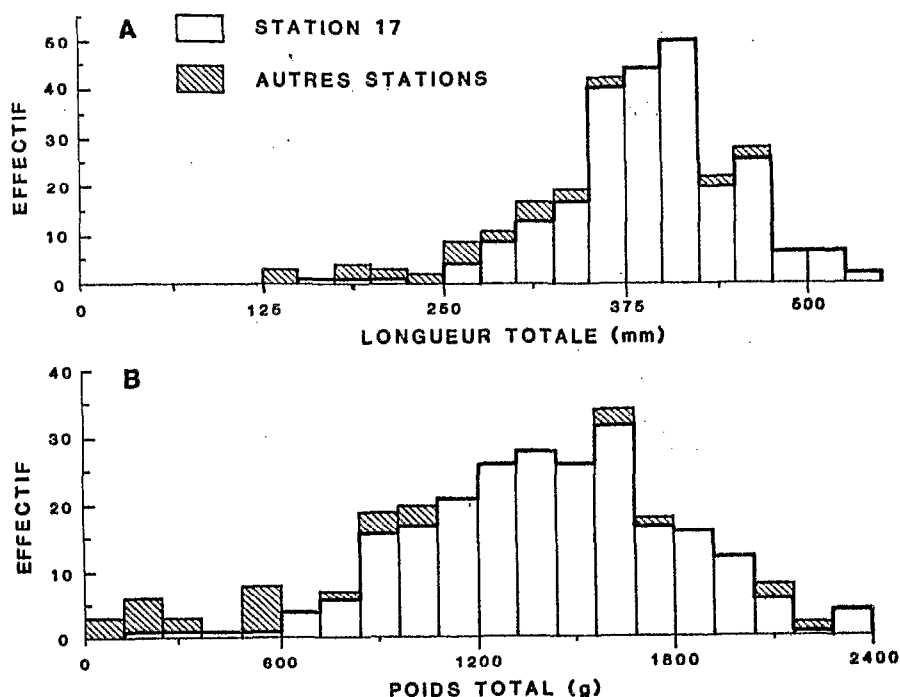


Figure 59 : Distribution des longueurs et des poids totaux de S. variegatus.

2.3 - RELATIONS BIOMETRIQUES

Elles sont présentées,, en suivant le même ordre, pour les espèces des pentes, celles des platiers externes et celles des platiers et lagons internes.

2.3.1 - Espèces des pentes

Le tableau 23 regroupe les relations entre les paramètres de longueur et de poids pour chaque espèce.

Ces relations sont exponentielles entre la longueur et le poids total, ouvert ou éviscéré. Les valeurs des coefficients de corrélation, malgré la variabilité des mesures, sont élevées entre longueur et poids total, mais diminuent avec les poids ouvert et éviscéré. Les relations entre les poids sont linéaires ; les valeurs des coefficients de corrélation sont fortes, en particulier entre les poids ouvert et éviscéré.

Pour chaque espèce, la dispersion des points expérimentaux est montrée par la figure 60 pour les relations poids total - longueur (A) et poids éviscéré - poids ouvert (B).

Lorsque l'échantillonnage a été mené en plusieurs stations, les relations calculées pour chacune ne sont pas différentes et leur regroupement est justifié. La dispersion des points est illustrée par l'exemple d'Holothuria nobilis (figure 60).

Tableau 23 : Relations biométriques des espèces des pentes et passes.
 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 fuscopilva</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>Theletoza 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

Tableau 24 : Relations biométriques des espèces des platiers externes.

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

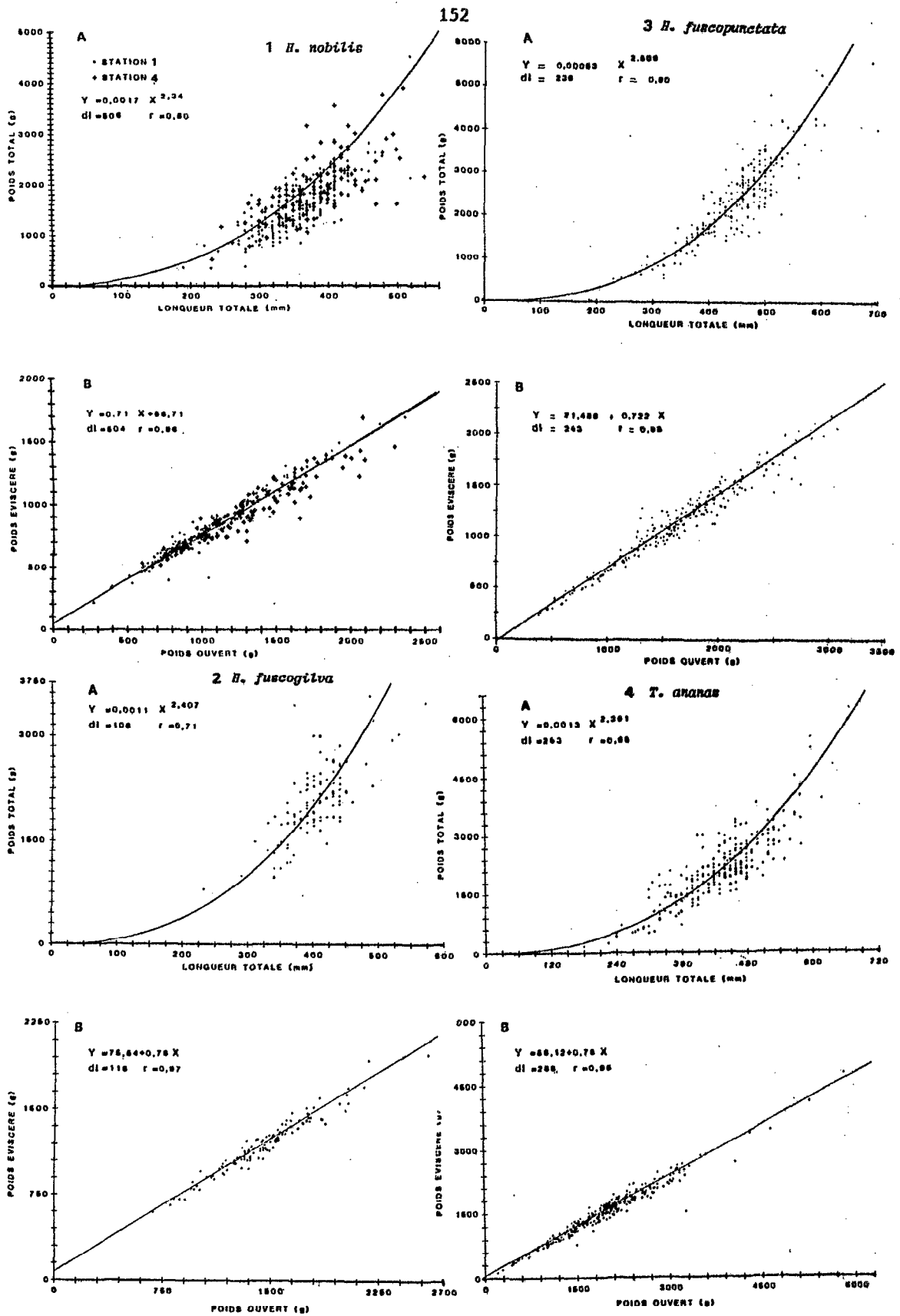


Figure 60 : Relations biométriques des espèces de pentes.
 A = poids total - longueur ; B = poids ouvert - poids éviscéré.
 La relation est calculée pour l'ensemble des points.

2.3.2 - Espèces des platiers externes

De la même manière, les relations biométriques sont présentées pour A. mauritiana et A. echinites, par le tableau 24 et la figure 61.

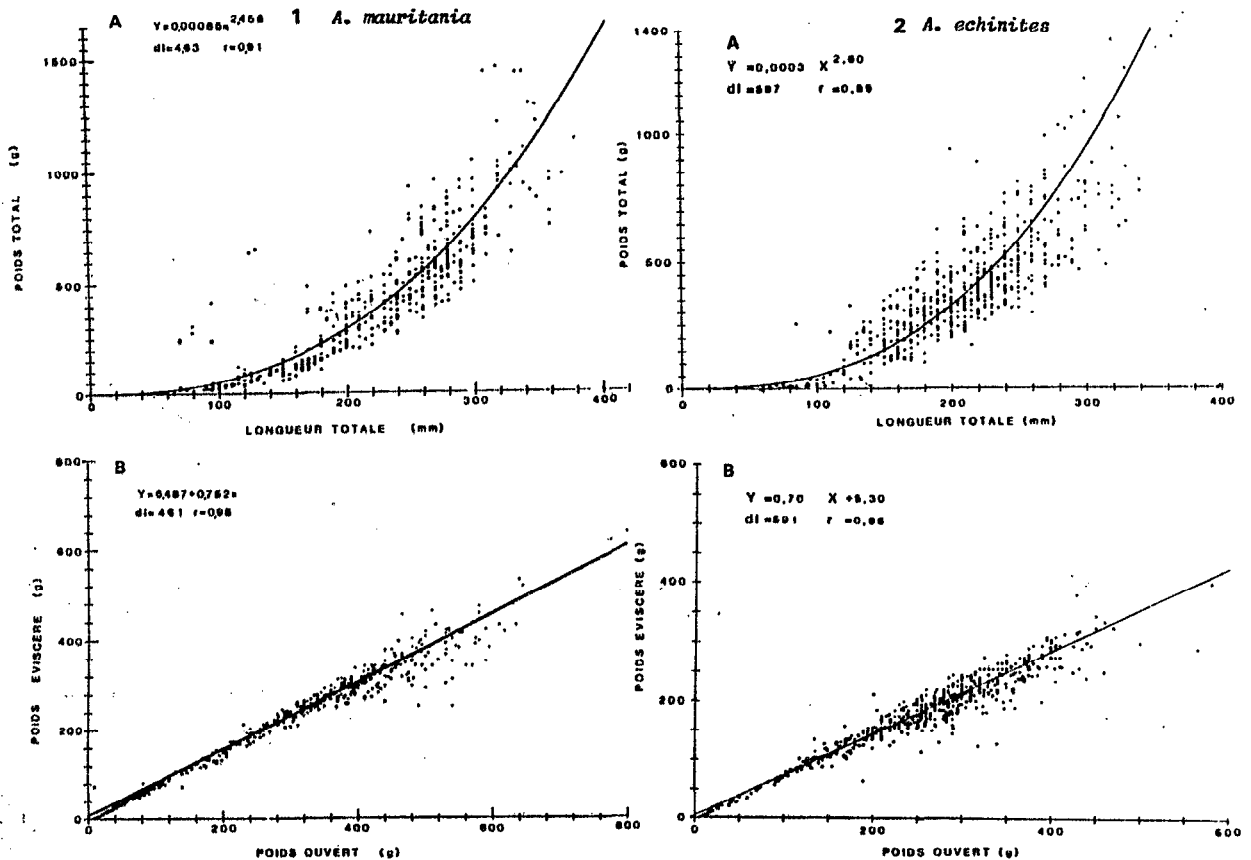


Figure 61 : Relations biométriques des espèces de platiers externes.

2.3.3 - Espèces des platiers et lagons internes

Pour ce groupe d'espèces H. atra, H. scabra, H. scabra versicolor et S. variegatus, les relations biométriques sont présentées dans le tableau 25 et la figure 62.

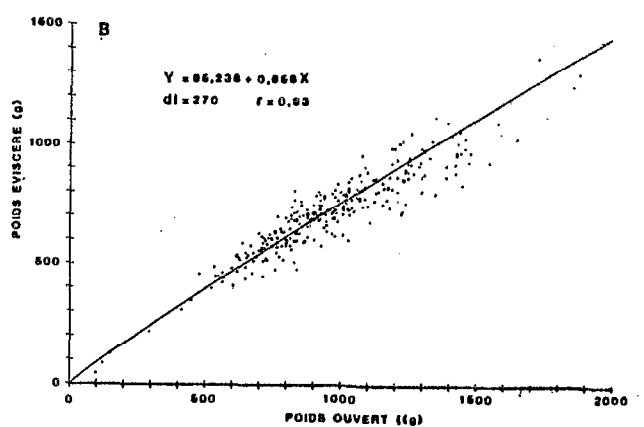
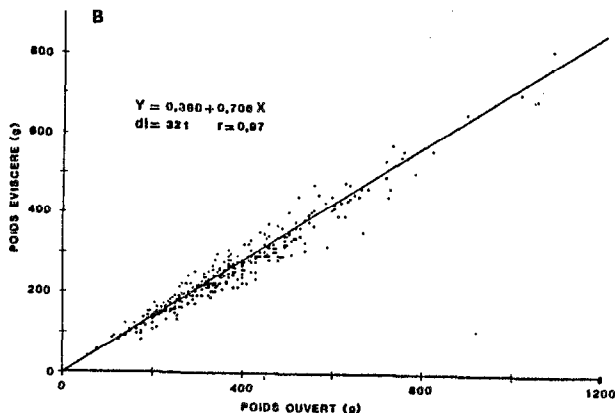
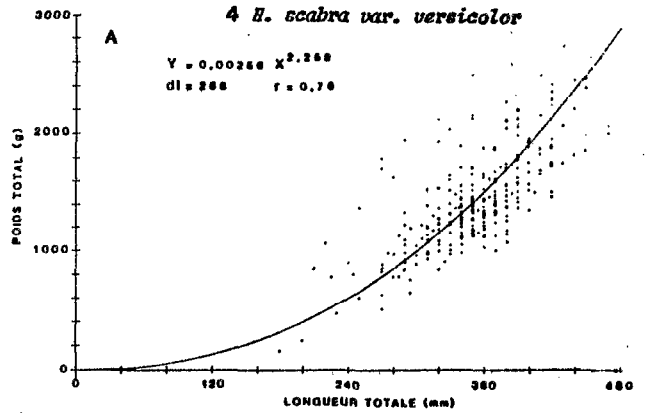
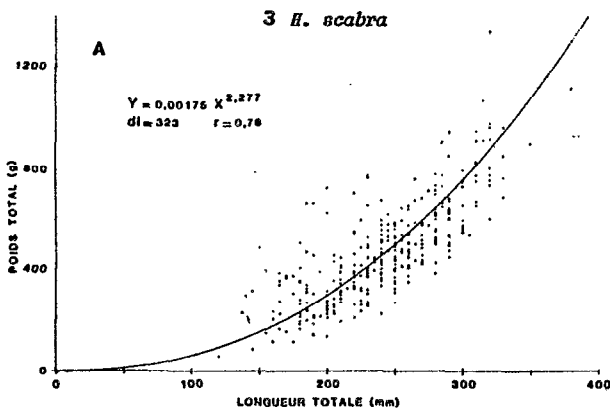
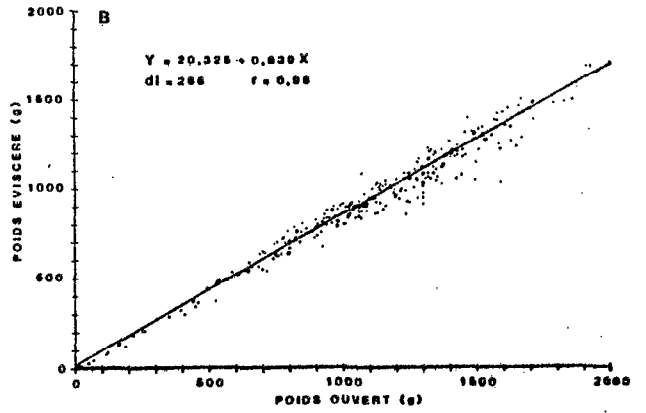
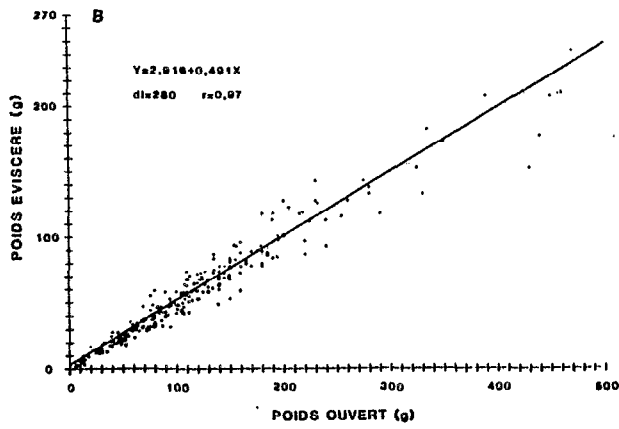
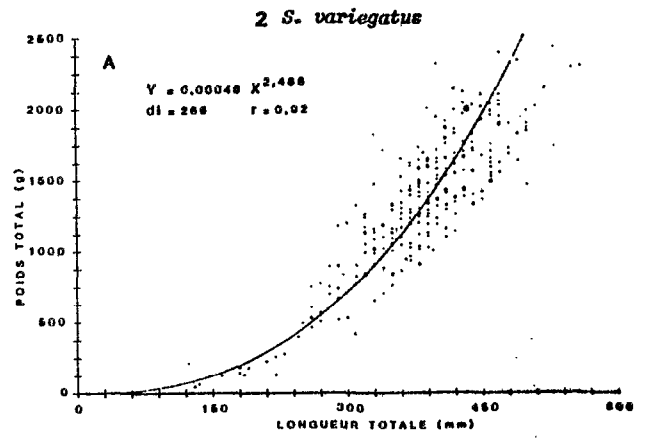
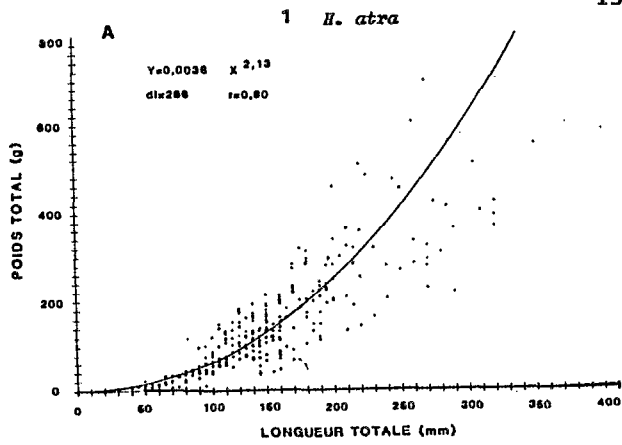


Figure 62 : Relations biométriques des espèces de platiers et lagons internes,

Tableau 25 : Relations biométriques des espèces des platiers et lagons internes.

X	Y	<i>Holothuria scabra</i>				<i>H. scabra</i> var. <i>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
X	Y	<i>Holothuria atra</i>				<i>Stichopus variegatus</i>			
		dl	r	Equation	i	dl	r	Equation	i
LT	PT	286	0,90	Log Y = -5,64 + 2,13 Log X	2,02-2,24	266	0,92	Log Y = -7,62 + 2,49 Log X	2,37-2,60
LT	PO	281	0,87	Log Y = -5,95 + 2,12 Log X	2,00-2,24	267	0,91	Log Y = -7,60 + 2,45 Log X	2,32-2,56
LT	PE	284	0,83	Log Y = -5,89 + 1,97 Log X	1,85-2,10	269	0,90	Log Y = -7,79 + 2,45 Log X	2,33-2,57
PT	PO	281	0,96	Y = 1,58 + 0,68 X	0,65-0,70	261	0,97	Y = 0,56 + 0,80 X	0,78-0,82
PT	PE	284	0,94	Y = 3,59 + 0,33 X	0,32-0,35	264	0,94	Y = 19,85 + 0,67 X	0,64-0,70
PO	PE	279	0,97	Y = 2,92 + 0,49 X	0,48-0,50	266	0,98	Y = 20,32 + 0,84 X	0,82-0,86

2.4 - DISCUSSION

2.4.1 - Caractères morphométriques

Malgré la variabilité des mesures des holothuries, les distributions de fréquence des caractères morphométriques, poids et longueurs, établies pour neuf espèces, permettent de dégager quelques traits généraux de leurs populations.

Taille des espèces

Les trois groupes d'espèces caractéristiques des trois habitats, pentes coralliennes, platiers externes, platiers et lagons internes, se distinguent aussi de manière globale, par leurs dimensions. Les espèces des pentes sont de grande taille, celles des platiers et lagons internes de taille intermédiaire et celles des platiers externes plus petite. Ces distinctions concernent les neuf principales espèces qui constituent la plus grande part des densités et biomasses calculées à l'échelle du lagon. Les autres espèces

abondantes semblent aussi se conformer à cette classification. Ainsi, en se reportant aux valeurs des paramètres données au premier chapitre, lors de la description des espèces, il apparaît que les espèces des platiers internes A. miliaris, H. leucospilota, des lagons internes A. spinea, sont de taille moyenne. Par contre, S. chloronotus des platiers externes est plus petite et les espèces de pentes B. argus et A. palauensis sont des grandes espèces.

Caractéristiques des distributions

Chez la majorité des espèces échantillonnées, les distributions des longueurs sont unimodales. Ce type de distribution sera étudié de manière plus approfondie au sujet de la croissance (cf. - 4.4). Par ailleurs, il est apparu que les individus de petite taille sont rares ou même absents, sauf en quelques stations de platiers côtiers. Ce phénomène a déjà été signalé chez les échinodermes et en particulier chez les holothuries par Crozier (1918), Bakus (1973), Muscat (1983). Il est surtout marqué ici chez les espèces de grande taille et sera discuté en conclusion, à propos du recrutement.

Variations spatiales

Pour les espèces étudiées en plusieurs stations du lagon sud-ouest, 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 pourrait exister pour S. variegatus ou H. scabra versicolor, dont les individus des platiers internes sont plus petits que ceux des stations proches de 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.

2.4.2 - Relations biométriques

Malgré la variabilité des mesures, les valeurs des coefficients de corrélation des relations entre la longueur et les poids sont fortes. Elles seront utilisées ultérieurement pour permettre la conversion de mesures et comparer les résultats avec ceux obtenus par d'autres auteurs.

Les relations entre la longueur et le poids total ont aussi été établies, au cours des campagnes HOLONOT pour les autres espèces fréquentes dans le lagon, à partir d'un effectif plus réduit (tableau 26). Il apparaît que les valeurs du coefficient d'allométrie sont comprises entre 1,8, valeur la plus faible calculée chez H. coluber, et 3,1 chez Holothuria sp. 2. Les intervalles des valeurs des paramètres et les effectifs différents ne permettent pas de

Tableau 26 : Relations poids total - longueur PT (g) = a L^b (mm), des principales holothuries du lagon.

*relations établies à partir de l'échantillonnage mensuel.

ESPECES	d.l.	r	a	b	L min	L max
<i>A. echinites</i> *	597	0,89	0,342.10 ⁻³	2,600	58	365
<i>A. mauritiana</i> *	463	0,91	0,647.10 ⁻³	2,456	60	420
<i>A. miliaris</i>	118	0,96	0,824.10 ⁻³	2,441	75	380
<i>A. spinea</i>	31	0,95	1,014.10 ⁻³	2,402	170	380
<i>B. argus</i>	84	0,98	0,925.10 ⁻⁴	2,802	100	510
<i>B. similis</i>	18	0,95	0,755.10 ⁻³	2,411	52	290
<i>B. vitiensis</i>	17	0,98	0,562.10 ⁻⁴	2,961	120	350
<i>P. graeffei</i>	56	0,94	1,521.10 ⁻³	2,217	150	490
<i>H. coluber</i>	34	0,91	5,797.10 ⁻³	1,835	76	600
<i>H. atra</i> *	286	0,90	3,555.10 ⁻³	2,128	40	340
<i>H. edulis</i>	90	0,81	0,208.10 ⁻³	2,554	100	320
<i>H. leucospilota</i>	25	0,98	0,164.10 ⁻³	2,513	80	480
<i>H. scabra</i> *	323	0,78	1,750.10 ⁻³	2,277	140	370
<i>H. s. versicolor</i> *	268	0,76	2,560.10 ⁻³	2,258	180	470
<i>H. nobilis</i> *	506	0,80	1,677.10 ⁻³	2,344	190	550
<i>H. fuscogilva</i> *	106	0,71	1,102.10 ⁻³	2,407	280	575
<i>H. fuscopunctata</i> *	236	0,90	0,530.10 ⁻³	2,506	220	700
<i>H. flavomaculata</i>	11	0,73	0,911.10 ⁻³	2,201	280	480
<i>H. hilla</i>	17	0,76	0,225.10 ⁻³	2,373	130	340
<i>Holothuria</i> sp.1	19	0,86	2,252.10 ⁻³	2,177	120	370
<i>Holothuria</i> sp.2	25	0,96	0,037.10 ⁻⁴	3,138	200	510
<i>S. chloronotus</i>	142	0,96	2,221.10 ⁻³	2,102	55	340
<i>S. variegatus</i> *	266	0,92	0,489.10 ⁻³	2,488	130	565
<i>Stichopus</i> sp. 1	22	0,94	2,701.10 ⁻³	2,112	110	270
<i>T. ananas</i> *	263	0,89	1,266.10 ⁻³	2,361	180	660
<i>T. anax</i>	29	0,96	2,034.10 ⁻⁴	2,654	300	740

comparaison, mais il semble toutefois, que chez les espèces en forme de cylindre étroit, le coefficient d'allométrie ait des valeurs plus faibles, vers 2,2, que chez les espèces en forme de cylindre large ou de parallélépipède.

Les valeurs du coefficient d'allométrie dans les relations entre la longueur et le poids ouvert ou éviscéré sont plus faibles, ainsi que celles du coefficient de corrélation. Les relations linéaires entre les poids montrent de fortes valeurs des coefficients de corrélation, en particulier entre les poids ouverts et les poids éviscérés. 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 au poids éviscéré. Ce dernier est donc légèrement inférieur à la moitié du poids total.

Pour les espèces échantillonnées en plusieurs stations, les relations biométriques ne paraissent pas différentes, compte tenu de la variabilité des mesures. De la même manière, aucun dimorphisme sexuel n'apparaît dans les relations biométriques, le sex ratio étant généralement équilibré (cf. - 3.2).

3 - REPRODUCTION

3.1 - INTRODUCTION ET METHODES

3.1.1 - Introduction

L'étude de la reproduction sexuée peut être abordée sous divers aspects : physiologique, biochimique ou démographique. Dans ce dernier cas, elle permet de déterminer les paramètres utiles à la gestion des stocks ou à l'étude des stratégies adaptatives : sex-ratio, cycle de reproduction, acquisition de la maturité sexuelle, fécondité ou production gonadique. Elle précède l'étude de la croissance ou de la mortalité, car elle est préalable à l'interprétation des structures démographiques.

Les principales connaissances sur la reproduction des holothuries ont été revues successivement par Hyman (1955), Boolootian (1966) et Bakus (1973) pour les espèces tropicales. Depuis cette synthèse qui soulignait nettement la rareté des travaux, les recherches se sont développées sur des espèces d'écologie voisine. Les principaux résultats sur les espèces tropicales ont été publiés par Engstrom (1980), Franklin (1980), Harriot (1980, 1985), Conand (1981, 1982, 1986), Shelley (1981), Ong Che et Gomez (1985), sur les espèces tempérées par Muscat (1983), Costelloe (1985), Cameron et Fankboner (1986), sur les espèces profondes par Tyler et Gage (1983), Tyler et al. (1985a, b, c).

Après la présentation des méthodes, les points suivants seront détaillés pour les neuf espèces, à partir de leur échantillonnage mensuel dans le lagon sud-ouest (cf. figure 47) : sex-ratio, anatomie des gonades, cycles sexuels, première maturité et fécondité. Enfin, la reproduction asexuée par scission transversale sera étudiée chez H. atra, seule espèce chez laquelle ce phénomène est fréquent.

3.1.2 - Méthodes d'étude

Sex-ratio

La détermination du sexe, en l'absence de caractères sexuels secondaires, est faite par examen microscopique des gonades fraîches ou après fixation au formol. Il permet de distinguer les mâles, les femelles et les individus de sexe indéterminé, la majorité des espèces étant gonochorique.

Le sex-ratio, ou répartition numérique des sexes, dans un échantillon, ou pour l'ensemble des échantillons d'une espèce est défini par le pourcentage de mâles (M) ou de femelles (F), soit :

$$M \times 100 / M + F \quad \text{ou} \quad F \times 100 / M + F$$

Anatomie des gonades et stades de maturité sexuelle

Pour suivre l'évolution des gonades, les échantillons prélevés ont été soumis à la fois 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, mesuré avec un micromètre, pour établir une distribution de fréquence. Cette approche moins fine, mais plus rapide que l'histologie, permet d'examiner tous les individus de l'échantillon. Elle a permis de définir une échelle (Conand, 1981) assez comparable à celles qui avaient été présentées par Tanaka (1958) pour S. japonicus, Harriot (1980) et Franklin (1980) pour plusieurs espèces tropicales, en se basant sur l'histologie. En fait, le passage d'un stade à un autre est progressif et certains auteurs décrivent les processus de la gamétogenèse sans définir de stades (Engstrom, 1980 ; Tyler et al., 1985 ; Cameron et Fankboner, 1986).

Cycles de reproduction

Ils ont été déterminés chez les neuf espèces, par l'emploi simultané de trois séries d'observations.

- L'évolution mensuelle des stades de maturité est suivie en établissant, pour chaque sexe, les pourcentages d'individus à chaque stade précédemment défini.

- L'évolution mensuelle des indices gonadiques est suivie. Ils peuvent être établis de manières différentes ; quinze indices sont ainsi répertoriés par Lawrence et Lane (1982) dans leur liste des valeurs maximum et minimum des indices chez les Echinodermes. Chez les holothuries, le poids frais des gonades est généralement employé, le poids sec n'ayant été utilisé que par Rutherford (1973). Ce poids, ou volume, des gonades est rapporté au poids humide de l'holothurie, celui-ci étant, suivant les cas, le poids total, ouvert ou éviscéré. Nos observations sur la variabilité des paramètres et sur les relations biométriques nous ont amenée à choisir les poids ouverts. Les autres indices ont aussi été calculés pour permettre des comparaisons. Ainsi :

$$\begin{aligned} \text{RGS}_1 &= \text{Pg} \times 100/\text{PT} & ; & \quad \text{RGS}_2 = \text{Pg} \times 100/\text{PO} \\ \text{RGS}_3 &= \text{Pg} \times 100/\text{PE}. \end{aligned}$$

- Enfin, l'évolution du pourcentage mensuel des individus de sexe indéterminé, avec la méthode employée, si elle est cyclique, permet de mettre en évidence la période de repos sexuel.

Des observations sur la ponte, in situ, sont aussi présentées. Elles constituent en effet une confirmation de la saison de reproduction déterminée précédemment. Les observations de ce type sont encore rares pour les holothuries tropicales dont la première description de ponte a été faite par Mortensen (1937) sur B. marmorata en aquarium. Le mâle élève sa région antérieure au-dessus du substrat en une position comparable "à celle du cobra en posture d'attaque", la papille génitale est dilatée, il en sort un filet de sperme. L'attitude est identique pour les deux sexes, mais les ovocytes transparents sont plus difficiles à observer in situ.

Le déroulement des différentes phases du cycle sexuel est ensuite comparé à l'évolution des facteurs du milieu, pour tenter de déterminer l'influence des facteurs exogènes.

Première maturité sexuelle

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. En choisissant le stade 3 (cf. tableau 28) comme critère de maturité et en appliquant la technique utilisée pour les poissons (Conand, 1975), la détermination en est graphique sur la courbe du pourcentage des individus en maturation, ponte et post-ponte, par classe de longueur ou de poids. Le poids ouvert a été utilisé dans cette étude, permettant de déterminer PO50, poids ouvert à la première maturité, à partir duquel sont calculés LT50 et PT50, longueur et poids total à la première maturité. En plus de ce paramètre, l'étendue de l'intervalle des poids ouverts nécessaire pour passer de 0 à 100 % d'individus mûrs montre

si la première maturité est acquise, ou non, de manière synchrone pour les individus d'une espèce. Bien qu'il s'agisse d'un paramètre essentiel pour la gestion des stocks, les données sur les holothuries sont rares et hétérogènes, concernant tantôt le plus petit individu mûr, tantôt le plus grand immature.

Fécondité

Alors que la taille et la composition biochimique des oeufs d'holothuries ont été étudiées chez plusieurs espèces, la fécondité et ses variations n'est connue que pour l'espèce incubatrice Cucumaria curata (Rutherford, 1977).

Comme il n'est généralement pas possible de connaître le nombre d'oeufs effectivement pondus, les estimations sont faites à partir d'ovaires en pré-ponte. Dans les régions tempérées, pour les espèces à cycle de reproduction limité à une courte période de l'année, il est généralement admis que le nombre d'ovocytes mûrs, juste avant la période de ponte, constitue la fécondité individuelle annuelle ou **fécondité absolue** (Bagenal, 1967, 1973). Aux latitudes plus basses, les cycles de reproduction sont souvent plus complexes, la saisonnalité est moins marquée et les pontes peuvent être fractionnées. Dans les ovaires, les distributions de taille des ovocytes sont plurimodales. On considère habituellement que le lot qui présente la plus grande valeur modale est pondu en une fois. Il représente la **fécondité par ponte**, qu'il faudrait multiplier par le nombre de pontes, plus difficile à évaluer, pour obtenir la fécondité absolue (Fontana et Le Guen, 1969). Enfin, la **fécondité relative individuelle** est le rapport de la fécondité absolue au poids de l'individu ou au poids de ses ovaires. Les valeurs de ces divers paramètres permettent d'effectuer des comparaisons entre les années, les sites ou les espèces. Leur mesure se base sur la connaissance préalable du cycle de reproduction pour définir une stratégie d'échantillonnage, durant la période de pré-ponte, quand les ovocytes sont à maturité et les valeurs RGS maximales.

Dans cette étude, la fécondité a été calculée pour H. nobilis, H. fuscopunctata, A. echinites et H. scabra versicolor qui présentent un cycle annuel et pour quelques individus seulement de H. fuscogilva, T. ananas, A. mauritiana, H. scabra et S. variegatus. La technique appliquée pour les poissons (Conand, 1977) a été utilisée. Les ovocytes du mode le plus avancé au stade de pré-ponte ont été comptés. Au stade 4 (cf. figure 68), ce lot d'ovocytes est assez bien individualisé. Il semble qu'il constitue l'ensemble de la (ou des) ponte d'une saison de reproduction, donc la fécondité absolue pour ces espèces, à l'exception de H. scabra. En effet, des gonades, observées après une ponte partielle, contiennent encore des ovocytes de ce lot. Par ailleurs, il ne sera pas tenu compte des ovocytes qui ne sont pas pondus et sont résorbés pendant la post-ponte.

Le mode opératoire suivant a été utilisé pour chaque échantillon. Un fragment d'ovaire mûr d'environ 1 g a été prélevé en zone médiane d'un tubule, égoutté, pesé (p) et mis dans du fixateur de Gilson qui favorise la dissociation du stroma ovarien et le durcissement des ovocytes. Avant de procéder à leur comptage, un sous-échantillonnage, volumétrique, est réalisé : après rinçage pour enlever les débris de paroi et dissociation des agrégats d'ovocytes à la pince, ils sont mis en suspension dans un tube gradué. Celle-ci est maintenue homogène avec un cyclo-vibreux ; un sous-échantillon est prélevé avec une pipette manostat. Une deuxième dilution est généralement nécessaire avant d'effectuer les comptages dans une cuve de Dollfus. Un premier sous-échantillon est utilisé pour établir la distribution de taille des ovocytes et déterminer la taille minimum des ovocytes à compter, car la fixation au Gilson entraîne une rétraction plus forte que le formol. Ainsi, chez *H. nobilis* le diamètre modal passe de 150 um au formol à 120 um au Gilson. Le nombre d'ovocytes du dernier mode est compté dans quatre sous-échantillons, puis la moyenne en est calculée. Elle est ensuite rapportée à l'échantillon de gonade prélevé, en tenant compte de la dilution, généralement au 1/100e. Soit n ovocytes dans l'échantillon p, Pg le poids de l'ovaire, la fécondité individuelle absolue Fa est donc :

$$Fa = n \times Pg/p$$

La fécondité relative par gramme d'ovaire, Frg est :

$$Frg = Fa/Pg = n/p$$

La fécondité relative par gramme de poids éviscéré Fre est :

$$Fre = Fa/PE$$

3.2 - SEX-RATIO

Le sex-ratio global, par espèce, est présenté dans le tableau 27. Malgré des valeurs apparemment en faveur des mâles, il est équilibré pour l'ensemble des espèces, sauf *H. scabra versicolor* ($\chi^2 = 4,94$; $p = 0,05$; $n = 262$).

Tableau 27 : Répartition des sexes, par espèce.

ESPECES	Mâles (M)	Femelles (F)	M.100/M + F
<i>H. nobilis</i>	239	242	50
<i>H. fuscogilva</i>	57	50	53
<i>H. fuscopunctata</i>	119	104	53
<i>T. ananas</i>	127	116	52
<i>A. mauritiana</i>	134	124	52
<i>A. echinites</i>	243	227	52
<i>H. atra</i>	67	56	54
<i>H. scabra</i>	160	132	55
<i>H. s. versicolor</i>	149	113	57
<i>S. variegatus</i>	100	114	47

La distribution des sex-ratio par classe de poids, le poids ouvert ayant été choisi comme référence, ne montre pas d'influence de ce facteur ni chez les espèces des pentes et des passes (figure 63), ni des platiers externes (figure 64), ni des lagons et platiers internes (figure 65).

Chez *H. scabra versicolor*, la prépondérance des mâles semble générale, mais il n'est pas possible de l'expliquer.

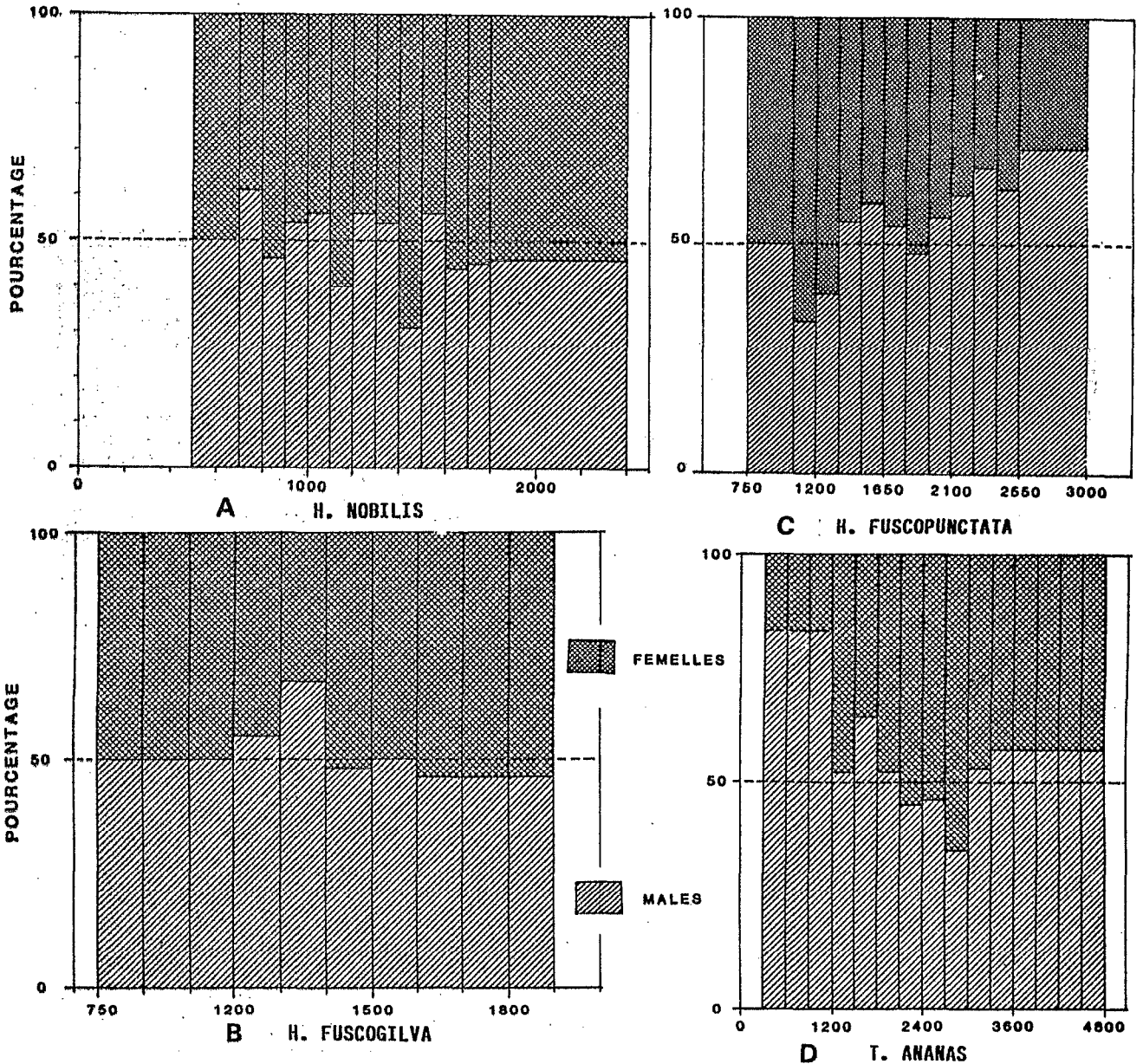


Figure 63 : Répartition des sexes, par classes de poids ouvert (g), des espèces de pentes.

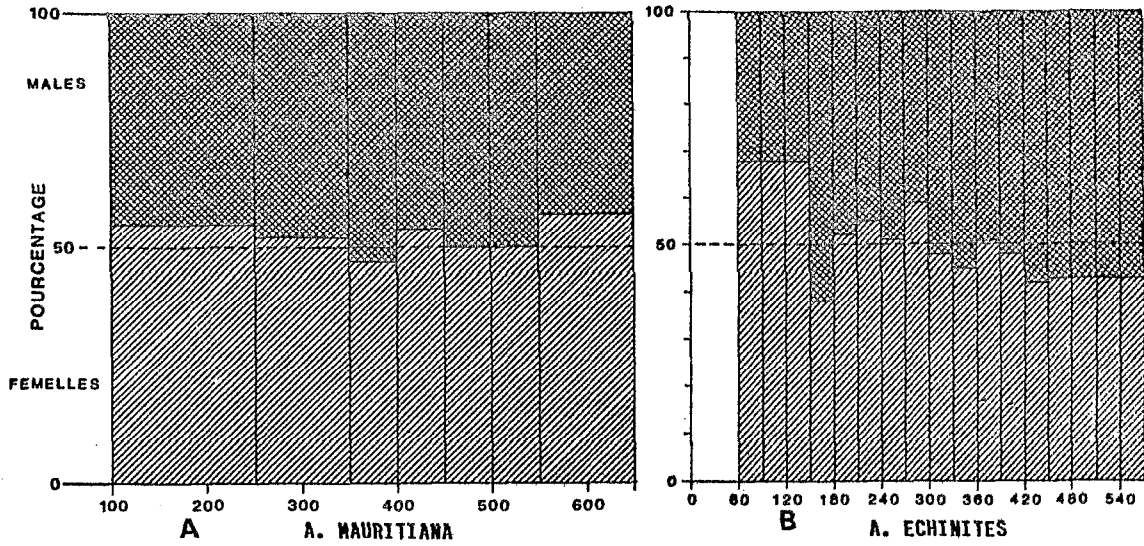


Figure 64 : Répartition des sexes, par classes de poids ouvert (g), des espèces de platiers internes.

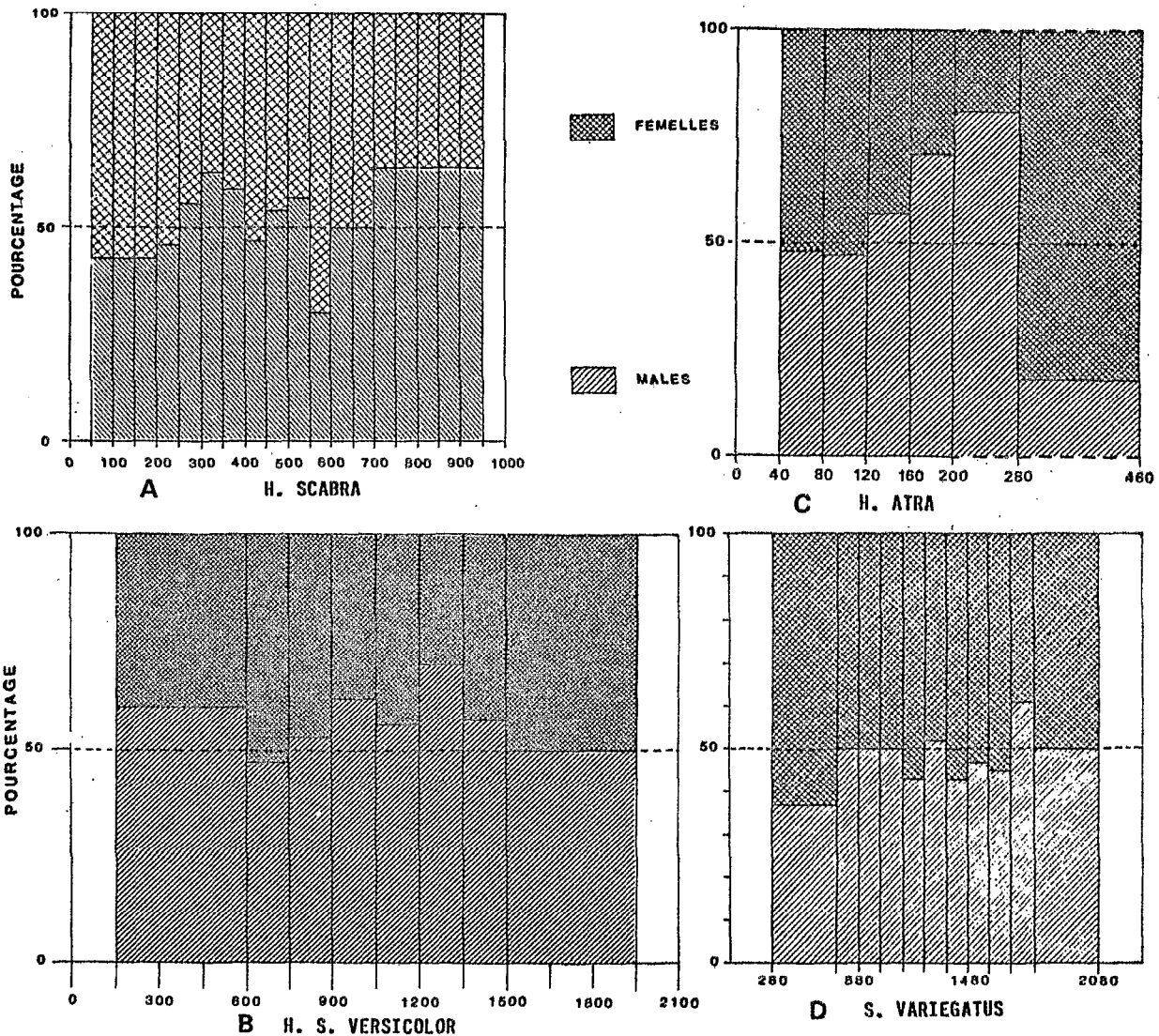


Figure 65 : Répartition des sexes, par classes de poids ouvert (g), des espèces de lagon et platiers internes.

Chez H. atra, Harriot (1982) avait observé une prépondérance des mâles dans les petites tailles et des femelles dans les grandes qui semble aussi observée ici. L'origine pourrait en être multiple, croissance, mortalité ou scission.

Aucune variation saisonnière nette n'apparaît sur les distributions des mâles et des femelles des échantillons mensuels (cf. figure 70 à 82).

Les autres études sur les holothuries gonochoriques font généralement état d'un sex-ratio équilibré (Jespersen et Lützen, 1971 ; Engstrom 1980, 1982 ; Mosher, 1982 ; Costelloe, 1985 ; Cameron et Fankboner, 1986).

3.3 - ANATOMIE DES GONADES ET STADES DE MATURITE SEXUELLE

Les gonades d'holothuries sont différentes de celles des autres échinodermes puisque l'ovaire ou le testicule est unique, ne présentant donc pas de symétrie pentamère. La gonade est formée de nombreux tubules et localisée antérieurement dans la cavité coelomique en région dorsale (cf. figure 48). Ces tubules qui peuvent se ramifier distalement, sont généralement réunis à leur base en un sac basal renflé, uni au mésentère dorsal. Il se poursuit par un gonoducte, s'ouvrant à l'extérieur par un gonopore, situé en arrière des tentacules buccaux chez les Aspidochirotés. Celui-ci n'est visible qu'en période de ponte, il est alors saillant.

Parmi les Aspidochirotés littoraux, les familles Holothuridae et Stichopodidae sont distinguées en partie, d'après l'anatomie des gonades. Ainsi, elles sont chez les Holothuridae constituées d'une touffe de tubules sur la gauche du mésentère dorsal, alors qu'il y a deux touffes situées de part et d'autre du mésentère chez les Stichopodidae.

3.3.1 - Anatomie des gonades d'Holothuridae

Les gonades des sept espèces étudiées présentent des caractéristiques assez similaires pour que leur évolution puisse être décrite sur l'exemple de H. nobilis (Conand, 1981).

Les observations macroscopiques et microscopiques de chaque gonade ont permis de définir une échelle de maturité en cinq stades. La figure 66 en illustre les aspects macroscopiques, la figure 67 les caractères microscopiques et la figure 68 l'évolution des distributions des diamètres des ovocytes chez H. nobilis, tandis que le tableau 28 résume les principaux caractères des stades d'évolution chez les Holothuridae.

Tableau 28 : Principales caractéristiques de l'échelle de maturité des gonades d'Holothuridae.

STADE - SEXE	MORPHOLOGIE	CARACTERES MICROSCOPIQUES
Indéterminés Stade 1 : Immature Stade 2 Repos sexuel	Tubules transparents, peu nombreux, peu ramifiés, courts et minces ; l'extrémité distale est souvent clavi-forme.	Cellules germinales, sphériques, de de diamètre inférieur à 20 µm.
Stade 3 Maturation Mâles Femelles	 Tubes blanchâtres, plus nombreux et ramifiés ; leur longueur et leur diamètre augmentent 	 Développement des spermatides et rares spermatozoïdes. Ovocytes sphériques opaques de 20 à 120 µm environ (diamètre variable suivant les espèces).
Stade 4 Mûr Mâles Femelles	 Volume maximum des tubules. Tubules blancs présentant des renflements. Sperme parfois présent dans le conduit génital Tubules translucides ou rosés, gonflés, ovocytes transparents, coulants.	 Spermatozoïdes très abondants, coulants à la section d'un tubule. Distribution plurimodale des diamètres des ovocytes ; mode principal vers 150-200 µm (variable suivant espèce). Ovocytes libres ou attachés par un "appendice micropylaire" à la membrane folliculaire.
Stade 5 Post-ponte Mâles Femelles	 Certains tubules encore identiques au stade 4, d'autres plus flasques, plus courts, présentent des sphérules jaunes ou brunes (atrésie).	 Quelques spermatozoïdes restants, amas ou sphérules atrésiques. Quelques ovocytes mûrs éparpillés dans la lumière du tubule, stades de résorption et d'atrésie ; enveloppes folliculaires vides.

Lorsque les gonades ne sont pas visibles à l'oeil nu le long du mésentère, il s'agit généralement d'animaux immatures (stade 1). L'apparition des gonades a pu être suivie chez *A. mauritiana* et *H. atra*, chez lesquelles les petits individus étaient présents. Une courbe équivalente à celle de première maturité sexuelle a été établie, permettant de déterminer le poids, G50, auquel 50 % des individus ont des gonades discernables. Pour ces espèces, ces courbes sont dessinées sur la figure de la première maturité (cf. figures 85 et 86).

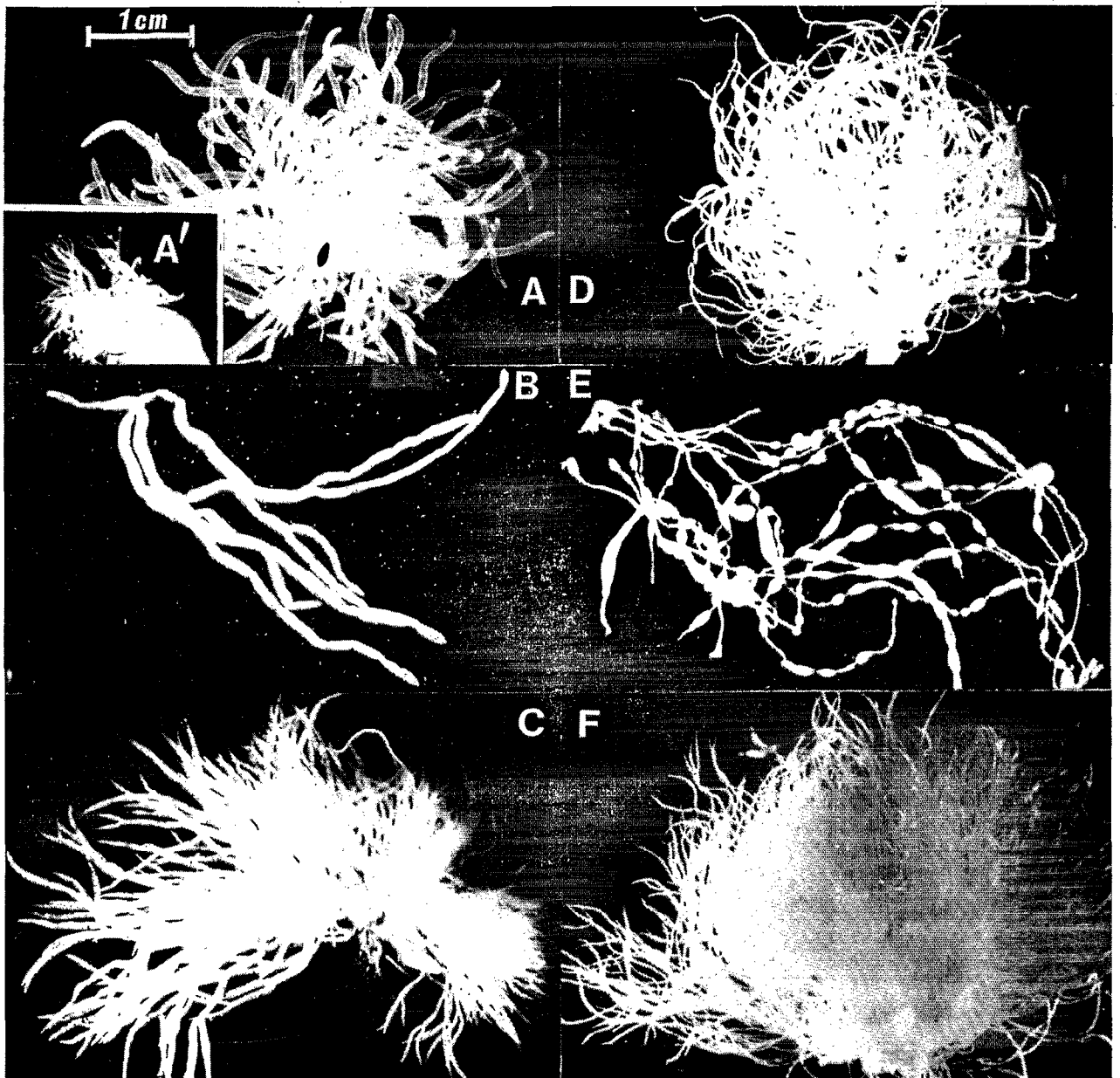


Figure 66 : Caractères macroscopiques des gonades d'Holothuridés (*H. nobilis*).
 A : femelle, stade 3 ; A' : indéterminé ; B : femelle, stade 4 ;
 C : femelle, stade 5 ; D : mâle, stade 3 ; E : mâle, stade 4 ;
 F : mâle, stade 5 (Conand, 1981, Bull. mar. Sci.).

Lorsque les gonades sont très petites et qu'il n'est pas possible de déterminer le sexe, même microscopiquement, les individus peuvent être soit des immatures (stade 1), soit des individus au repos sexuel (stade 2). En effet, la résorption des ovocytes résiduels et des tubules, après la ponte, redonne à la gonade un aspect immature. Ces individus au repos sexuel, qui se sont déjà reproduits, seront distingués a posteriori, après avoir déterminé la taille de première maturité.

Lorsqu'il est possible de distinguer les ovaires des testicules, la détermination des stades, maturation (stade 3), pré-ponte (stade 4) et post-ponte (stade 5) est assez aisée en combinant les observations macroscopiques et

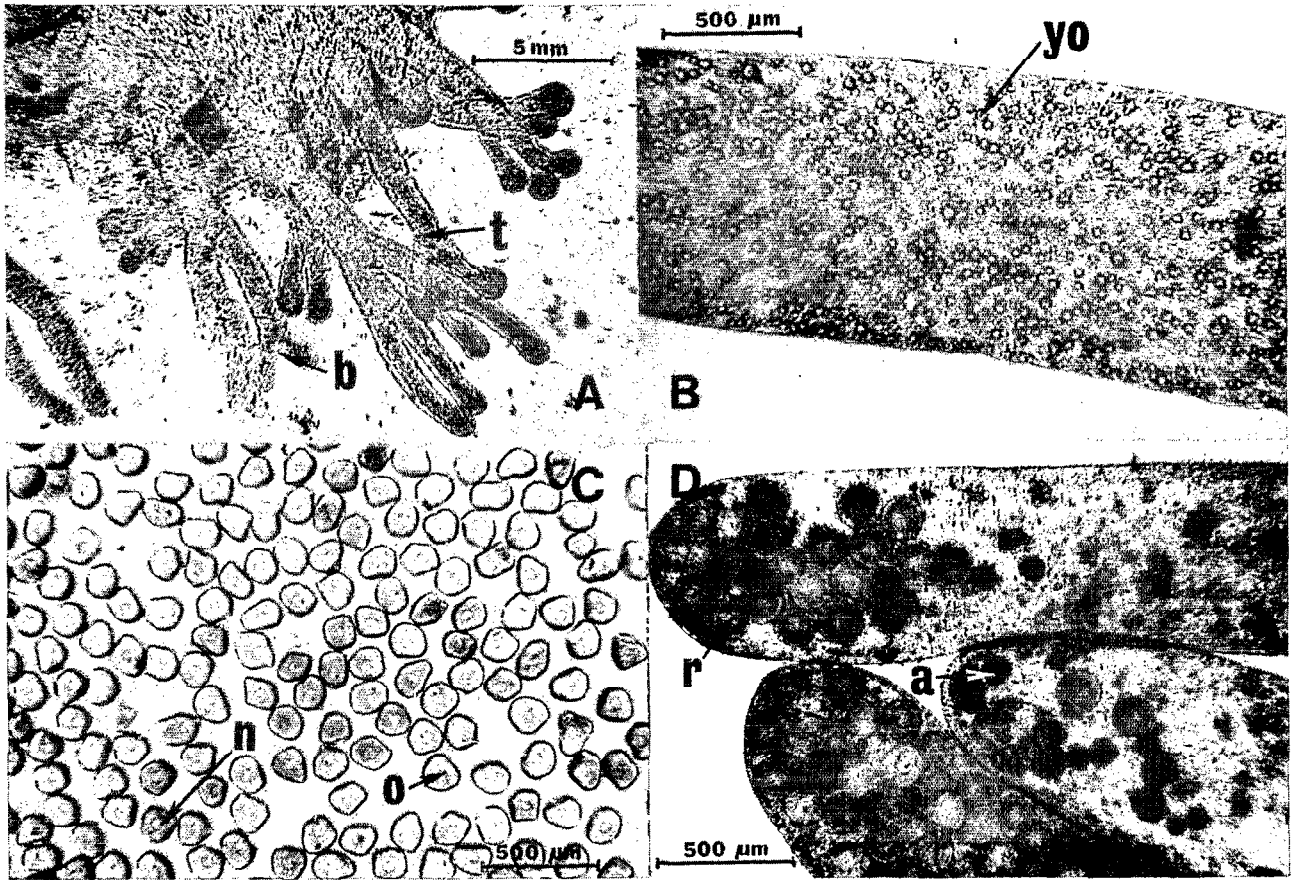


Figure 67 : Caractères microscopiques des gonades d'Holothuridés (*H. nobilis*).
 A : sexe indéterminé ; B : femelle, stade 3 ; C : femelle, stade 4 ;
 D : femelle, stade 5 ; a : follicule atrésique ; b : ramification de
 tubule ; n : noyau d'ovocyte ; o : ovocyte mûr ; r : résiduel ;
 t : tubule ; yo : ovocyte jeune (Conand 1981, Bull. mar. Sci.).

microscopiques. Le choix des bornes peut, quant à lui, demeurer un peu subjectif et variable suivant les espèces ; c'est pourquoi on s'est limité à trois stades qui présentent l'avantage d'une évolution parallèle dans les deux sexes et qui sont faciles à identifier avec un peu d'expérience, plutôt que de subdiviser les stades chez les femelles, en utilisant le diamètre des ovocytes et l'allure des distributions des diamètres.

Au stade 4, des gonades mûres, le volume des tubules et des ovocytes est maximum ; la coloration rosée ou translucide des ovaires tranche nettement avec les testicules laitieux. Les caractéristiques des gonades à ce stade sont présentées pour les sept espèces dans le tableau 29. Les valeurs sont des moyennes, calculées à partir de tous les individus au stade 4. Les valeurs maximales, beaucoup plus élevées, n'ont probablement qu'une signification anecdotique. Par exemple, le poids de gonade "record" a été 270 g chez *H. fuscopunctata* et *H. nobilis*, ce qui correspond à des RGS2 bien différents, respectivement 9,7 et 17,3. A ce stade, le dimorphisme sexuel est assez net, les ovaires étant plus lourds que les testicules et le diamètre des tubules ovariens supérieur à celui des tubules testiculaires. L'allocation des ressources pour la gaméto-génèse varie donc avec le sexe.

Tableau 29 : Caractéristiques des gonades d'Holothuridae à maturité.
PG : poids des gonades ; () : effectif de l'échantillon.

ESPECE	SEXE	PG (g)	TUBULES		RAPPORT GONADO-SOMA.	
			Longueur (mm)	Diamètre (mm.10 ⁻¹)	RGS 1	RGS 2
<i>H. nobilis</i>	M	50,6 (83)	123 (80)	11 (80)	2,5 (83)	3,5 (82)
	F	77,7 (109)	103 (109)	20 (107)	3,8 (108)	5,3 (109)
<i>H. fuscogilva</i>	M	13,8 (27)	88 (27)	9 (27)		0,8 (27)
	F	36,0 (21)	79 (21)	16 (21)		2,2 (20)
<i>H. fuscopunctata</i>	M	45,2 (52)	159 (52)	11 (50)	1,5 (52)	2,2 (52)
	F	78,5 (54)	118 (54)	19 (52)	2,7 (54)	4,0 (54)
<i>A. mauritiana</i>	M	32,2 (61)	153 (34)	10 (34)	4,9 (61)	7,1 (60)
	F	32,9 (64)	124 (64)	15 (64)	5,0 (64)	7,2 (64)
<i>A. echinites</i>	M	20,9 (96)	115 (43)	8,0 (43)	4,9 (96)	6,9 (94)
	F	28,2 (80)	106 (60)	12,2 (60)	6,5 (79)	9,0 (78)
<i>H. scabra</i>	M	23,8 (74)	82 (72)	10,3 (69)	4,3 (74)	5,4 (73)
	F	31,2 (65)	80 (62)	13,2 (61)	5,8 (65)	7,2 (65)
<i>H.s. versicolor</i>	M	45,9 (72)	137 (72)	12,9 (70)		4,0 (72)
	F	69,7 (53)	125 (53)	18,6 (49)		5,8 (53)
<i>H. atra</i>	M	5,5 (26)	67 (26)	16,0 (26)	2,0 (26)	3,3 (26)
	F	7,4 (21)	65 (21)	21,0 (21)	2,3 (21)	3,3 (21)

Parmi les espèces étudiées, les grandes espèces *H. fuscopunctata* et *H. nobilis* ont les plus gros ovaires, mais les valeurs de *H. fuscogilva* sont plus faibles, traduisant peut-être la diminution de la capacité de reproduction chez les individus âgés, observée chez des Echinides et des Astérides (in Lawrence et Lane, 1982). C'est à ce stade que les différences interspécifiques dans le nombre des tubules ou la localisation de leurs ramifications et dans la pigmentation (les gonades de *H. fuscopunctata* ont par exemple un pigment jaune caractéristique) sont le plus évidentes.

Le diamètre des ovocytes mûrs est aussi déterminé à ce stade, d'après le mode du lot le plus avancé ; la distribution est généralement plurimodale si l'on mesure tous les ovocytes d'une section de tubules, mais les ovocytes mûrs sont souvent agglomérés dans la lumière du tubule (figure 68). Chez les espèces étudiées, les ovocytes mûrs sont d'assez petite taille, laissant présager un développement avec larve planctotrophe. Le diamètre modal se répartit de 150 μm chez H. atra et H. nobilis, 165 μm A. echinites, 170 μm A. mauritiana, H. fuscogilva, 190 μm H. scabra, à 210 μm chez H. s. versicolor et H. fusco-punctata.

Aux stades 3 et 5, les glandes génitales et les tubules sont moins développés qu'au stade 4, mais la régression se distingue surtout de la croissance par la présence des ovocytes résiduels et des follicules atrésiques

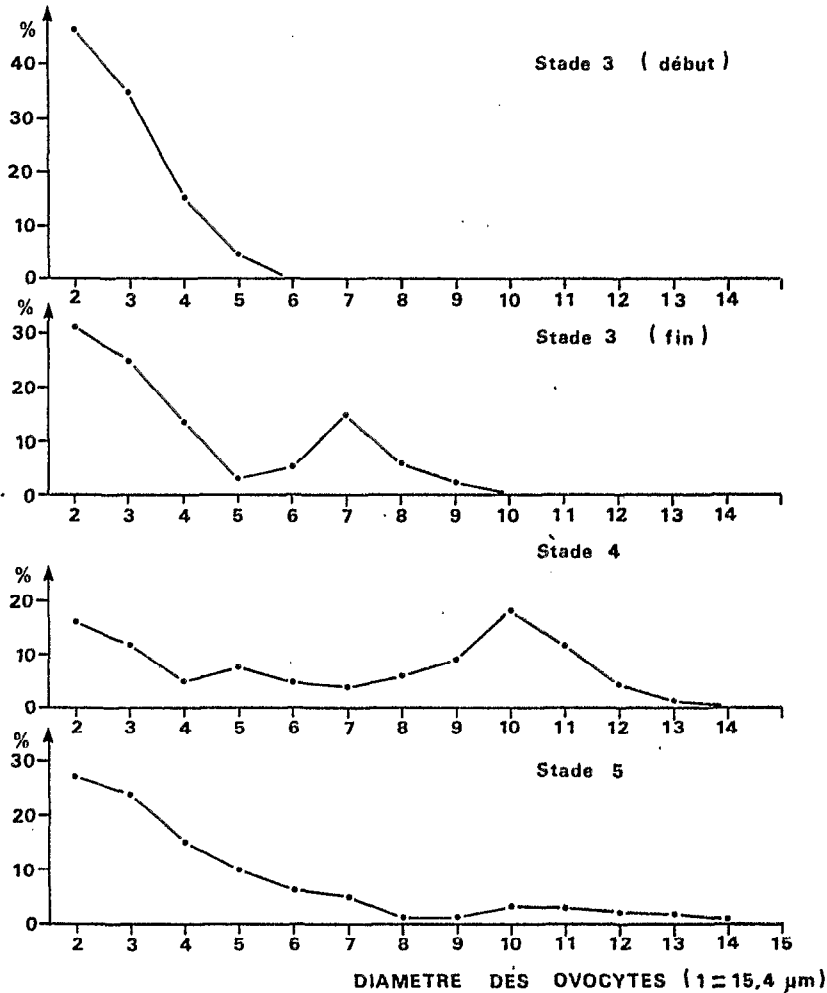


Figure 68 : Distribution des diamètres des ovocytes chez H. nobilis.

au stade 5. Cette résorption des tubules a déjà été observée par plusieurs auteurs (Theel, 1901 ; Hyman, 1955 ; Tyler et Gage, 1983 ; Smiley et Cloney, 1985). Elle se poursuit pendant des périodes assez longues, chez plusieurs espèces étudiées ici. Le tubule diminue d'abord de taille après l'expulsion des ovocytes. Dans les tubules restent quelques ovocytes non pondus qui vont être lysés. Il arrive que certains tubules à ce stade, d'après nos observations d'anatomie d'individus dont la ponte avait été observée in situ, conservent l'aspect de tubules mûrs, ce qui est un argument en faveur de l'hypothèse de pontes successives pendant une même saison de reproduction (cf. figure 67D). Chez d'autres espèces, la ponte ne serait pas fractionnée, comme par exemple Ypsilothuria talismani (Tyler et Gage, 1983) ou S. californicus (Smiley et Cloney, 1985), chez lesquelles très peu d'ovocytes persistent après la ponte. Au cours de la résorption des tubules et de l'atrésie des ovocytes, des masses pigmentées jaunes ou brunes s'accumulent dans la lumière des tubules.

3.3.2 - Anatomie des gonades de Stichopodidae

Elles présentent des différences morphologiques interspécifiques plus marquées que chez les Holothuridae. Il semble qu'on puisse définir deux groupes distincts. Chez le premier, représenté par S. japonicus (Mitsukuri, 1903) et S. californicus (Smiley et Cloney, 1985 ; Cameron et Fankboner, 1986), les tubules ont une forme comparable aux Holothuridae et suivent une évolution similaire. Chez le deuxième, la forme est plus variable ; les tubules portent des expansions qu'on nommera saccules, qui bourgeonnent au cours de la maturation sexuelle. Celles-ci peuvent être portées par des ramifications du tubule comme chez T. ananas (Conand, 1981) et S. chloronotus (Sivickis et Domantay, 1928), ou à l'extrémité distale du tubule non ramifié chez S. variegatus. La figure 69 montre cette anatomie chez T. ananas et S. variegatus, dont les caractères de l'échelle de maturité sont regroupés dans les tableaux 30 et 31. Leur évolution concerne le nombre, la longueur, la couleur et la consistance des tubules et la morphologie des saccules.

Les caractères microscopiques diffèrent peu de ceux décrits pour les Holothuridae. Il faut seulement noter l'abondance des spicules dans la paroi des gonades. Le diamètre des ovocytes du mode le plus avancé au stade 4 est de 200 μm pour T. ananas et 180 μm pour S. variegatus, après fixation au formol.

3.4 - CYCLES DE REPRODUCTION

Chez les Aspidochirotés, les cycles déjà étudiés ont révélé qu'il existe plusieurs modalités :

- 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.

Tableau 30 : Caractéristiques morphologiques des stades de maturité des gonades de Stichopodidae.

STADE	<i>T. ananas</i>	<i>S. variegatus</i>
Indéterminés Stade 1 Immature Stade 2 Repos	2 touffes de 4 à 12 tubules de 1-6 cm de longueur, sans bifurcation ; ébauches de saccules ; couleur grisâtre.	2 touffes de 4 à 8 tubules de 1-6 cm de longueur portant des ébauches de saccules sur 1-4 cm.
Stade 3 Maturation	2 touffes de tubules plus nombreux, de longueur hétérogène, 5-12 cm de long ; augmentation du nombre et volume de saccules ; consistance ferme, couleur pourpre.	2 touffes de tubules plus nombreux, de longueur hétérogène, 5-15 cm de long ; augmentation du nombre et volume de saccules ; consistance ferme, couleur crème.
Stade 4 Mûr	2 touffes de nombreux tubules, 30 ou plus, de longueur 12-25 cm ; saccules gonflées arrondies chez la femelle, allongées chez le mâle ; consistance ferme, couleur pourpre.	2 touffes d'une dizaine de tubules par touffe, de longueur hétérogène, 6-20 cm, portant des saccules sur 5-15 cm ; saccules gonflées, arrondies chez la femelle, allongées chez le mâle ; consistance ferme, couleur crème.
Stade 5 Post-ponte	Nombre décroissant de tubules dont la longueur diminue ; consistance flasque, couleur virant au violet puis au marron ; présence de sphérules d'atrésie.	Nombre décroissant de tubules dont la longueur diminue ; disparition des saccules ; consistance flasque, couleur beige virant au marron ; présence de sphérules d'atrésie.

Tableau 31 : Caractéristiques des gonades de Stichopodidae à maturité.
PG : poids des gonades ; () : effectif de l'échantillon.

ESPECE	SEXE	PG (g)	LONGUEUR		RAPPORT GS	
			SACCULES (cm)	TUBULES (cm)	RGS 1	RGS 2
<i>T. ananas</i>	M	26,1 (42)	-	16,5 (10)	-	1,1 (40)
	F	37,9 (49)	-	15,8 (14)	-	1,6 (49)
<i>S. variegatus</i>	M	34,1 (20)	11,8 (19)	16,0 (19)	2,2 (20)	2,8 (20)
	F	36,4 (32)	11,3 (32)	14,1 (32)	2,1 (30)	2,7 (31)

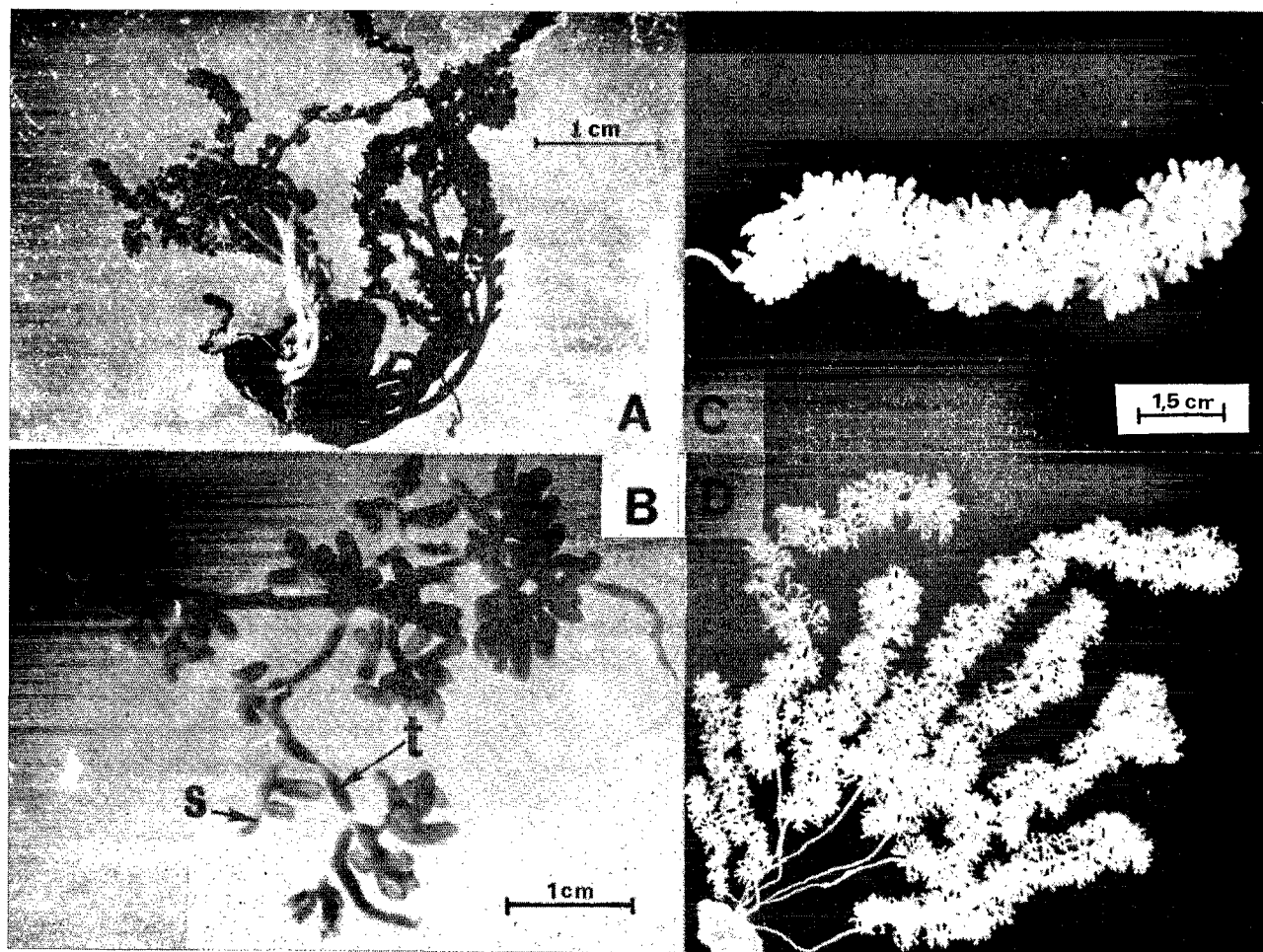


Figure 69 : Caractères macroscopiques des gonades de Stichopodidés.

- *T. ananas* = A : sexe indéterminé ; B : tubule ovarien, stade 4 ;
t : tubule ; s : saccule.
- *S. variegatus* = C : tubule ovarien, stade 4 ; D : testicule, stade 5.

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, après 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.

3.4.1 - Cycles sexuels d'après l'évolution des gonades

3.4.1.1 - Espèces des pentes

Les trois séries de résultats suivants sont présentés pour chaque espèce :

- les proportions mensuelles dans les échantillons des mâles, des femelles et des indéterminés ;
- les pourcentages des différents stades de maturité, par sexe ;
- l'évolution des RGS2.

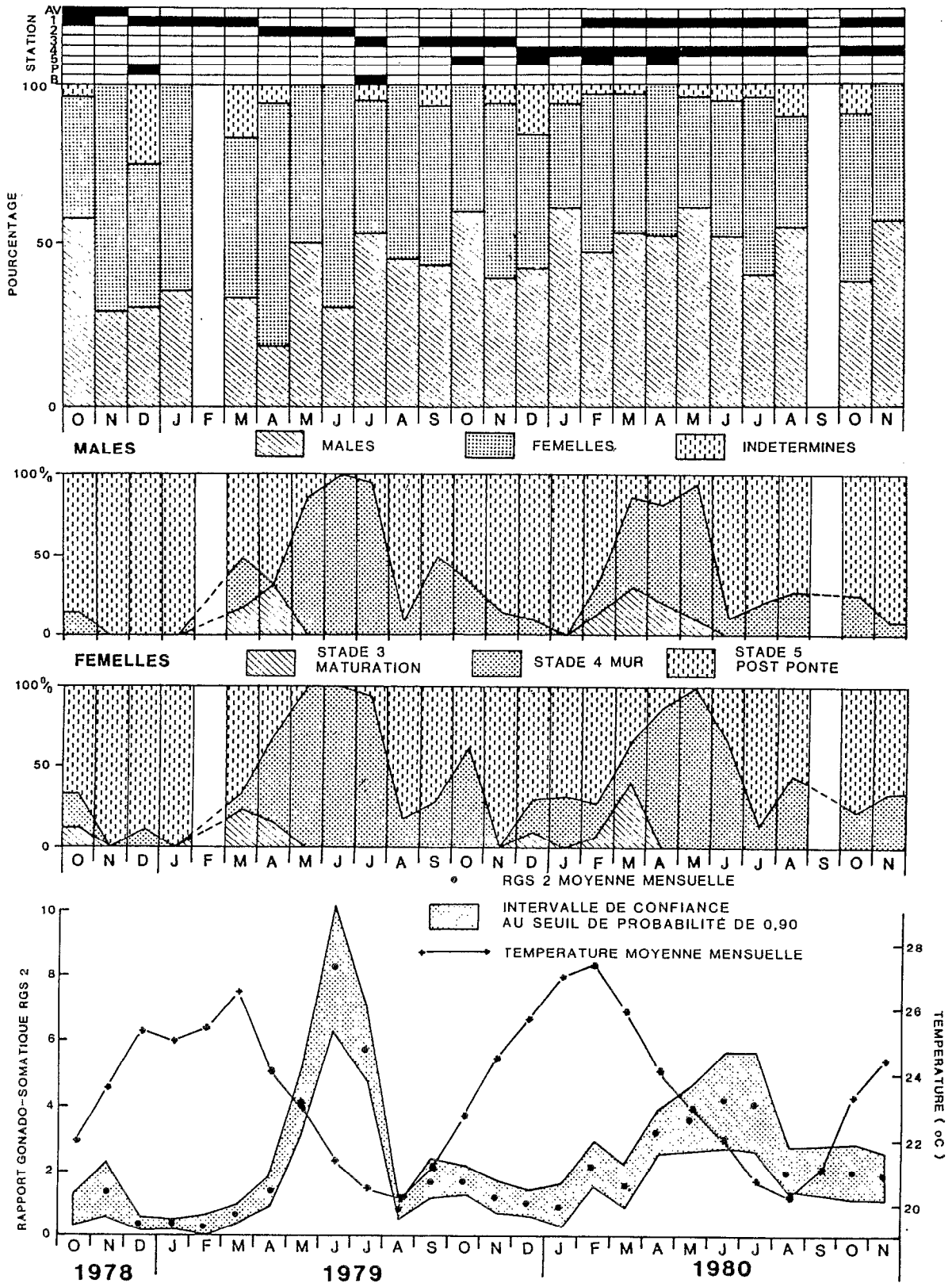


Figure 70 : Cycle de reproduction de *H. nobilis*
Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

.Holothuria nobilis

Les données obtenues grâce à la poursuite de l'échantillonnage confirment les premiers résultats sur cette espèce (Conand, 1981). La figure 70 montre que l'évolution est synchrone pour les deux sexes et régulière au cours des années successives. Les RGS2 mensuels moyens sont maximums en juin 1979 et 1980 ; ils diminuent en juillet et chutent en août. La présence de sperme dans le gonoducte, plus facile à observer que les ovocytes mûrs, laisserait admettre que la ponte se prolonge jusqu'en octobre. Quelques individus mûrs sont présents dans chaque échantillon, sauf de novembre à janvier. C'est en décembre que les indéterminés sont les plus nombreux.

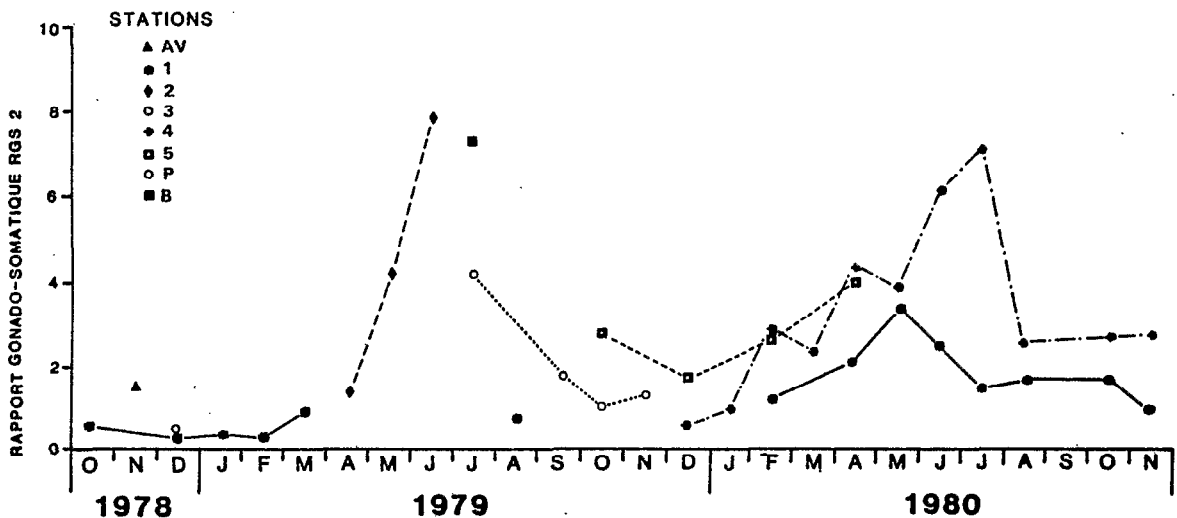


Figure 71 : Evolution des rapports gonado-somatiques de H. nobilis en différentes stations.

L'observation des RGS par station (figure 71) confirme ces traits généraux, mais montre aussi un léger décalage des pics de RGS, aux stations de platier, ainsi que des valeurs plus faibles chez ces individus de plus petite taille.

.Holothuria fuscogilva

Malgré un échantillonnage plus réduit, il apparaît que cette espèce présente aussi un cycle annuel, mais qui est inversé par rapport à celui d'H. nobilis, avec un RGS maximum de novembre à janvier et minimum en mars-avril où le taux d'indéterminés est aussi maximum (figure 72).

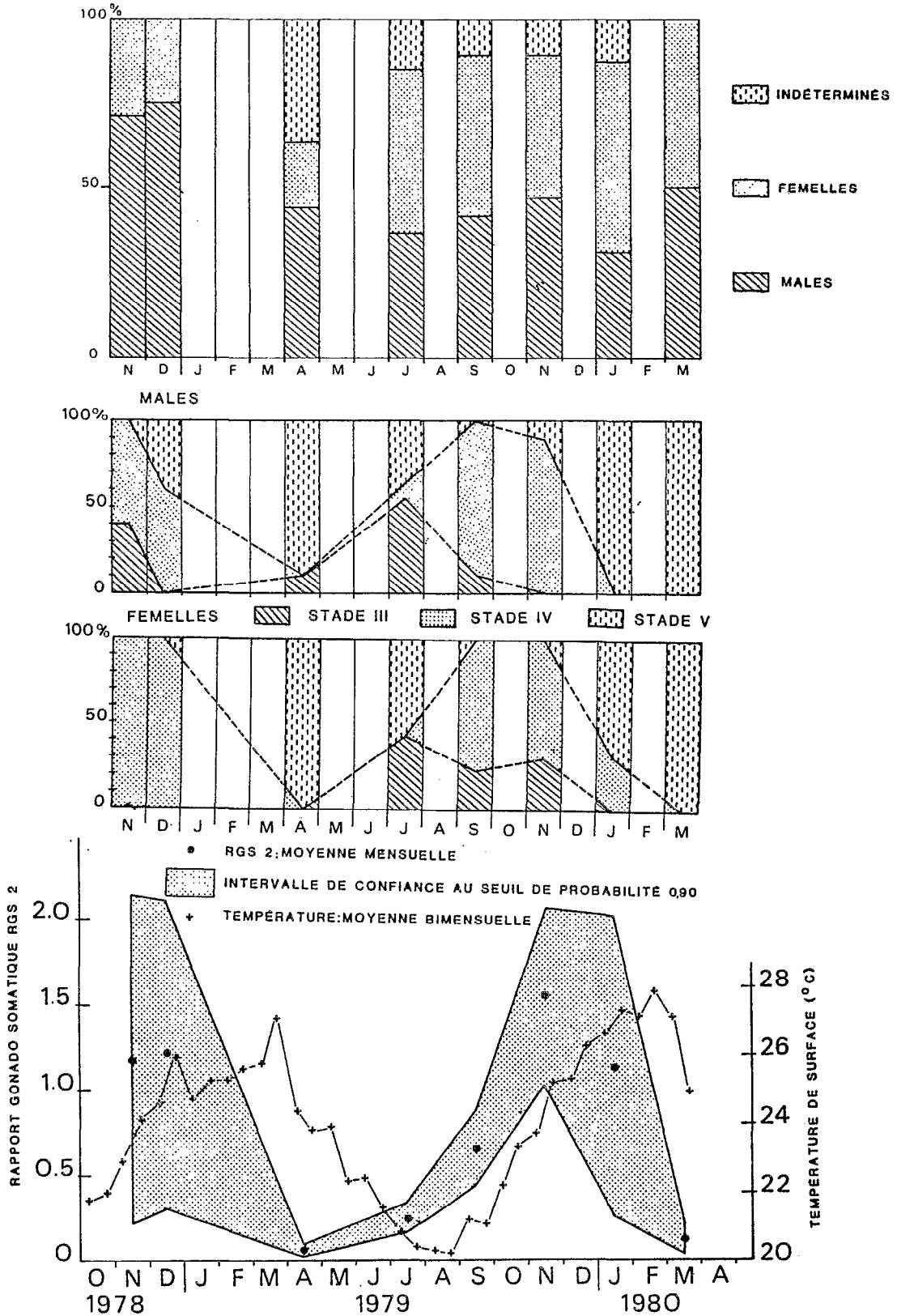


Figure 72 : Cycle de reproduction de *H. fuscogilva*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

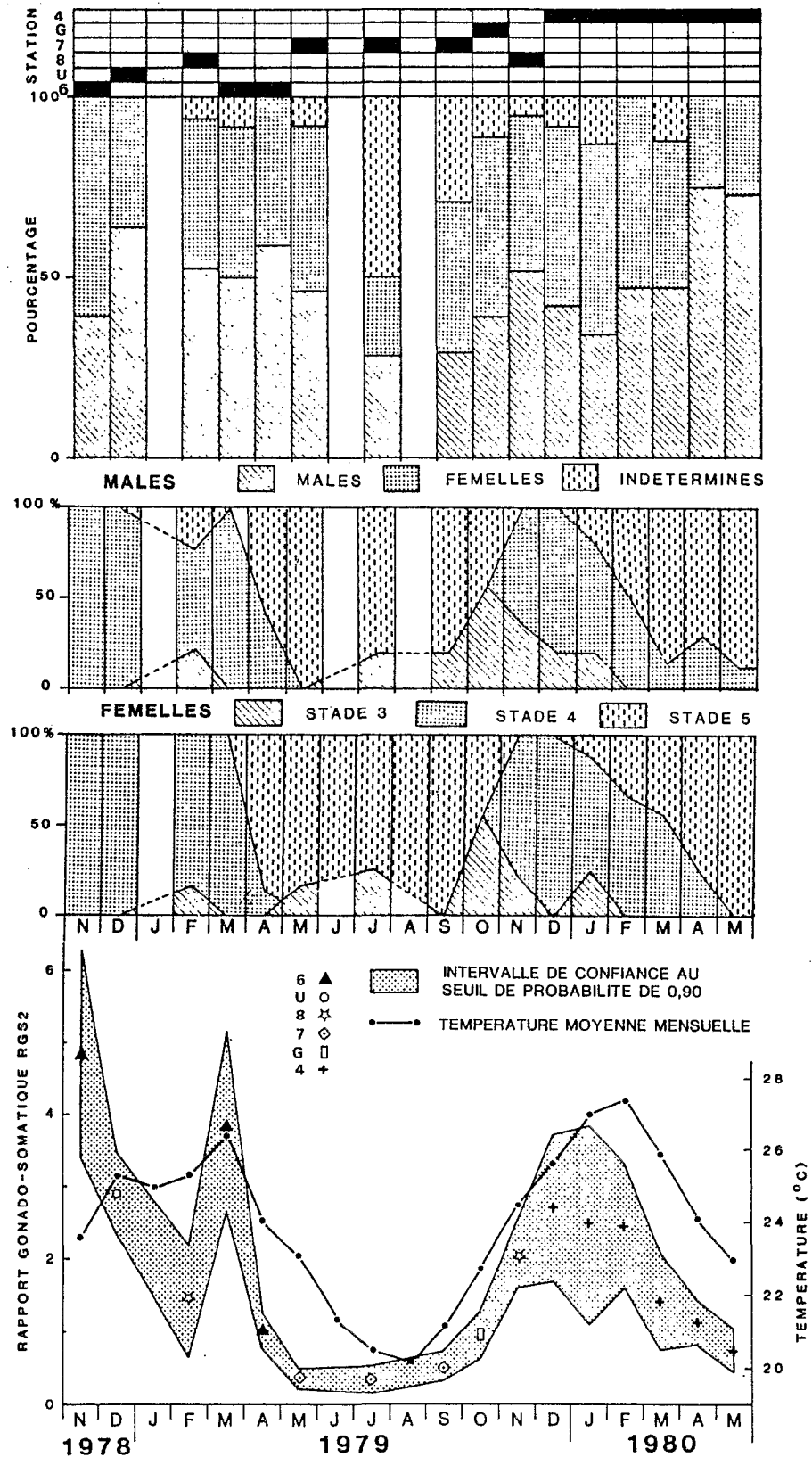


Figure 73 : Cycle de reproduction de *H. fuscopunctata*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

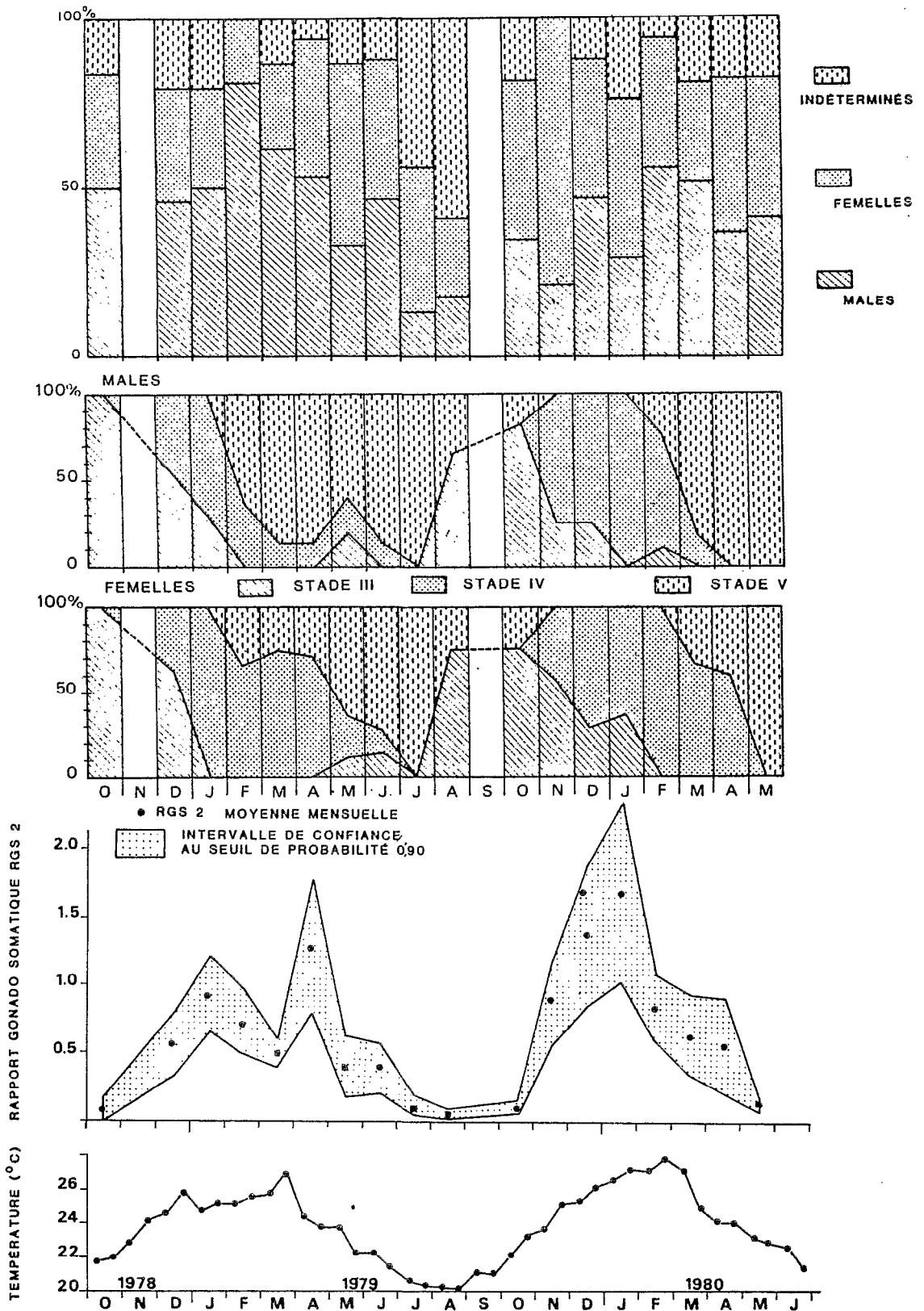


Figure 74 : Cycle de reproduction de *T. ananas*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

.Holothuria fuscopunctata

L'échantillonnage n'ayant pas toujours pu être fait à la même station, les observations sur cette espèce (figure 73) sont un peu délicates à interpréter. La période de mai à septembre correspond à la fois aux pourcentages maximums d'indéterminés, d'individus au stade 5 et au minimum des RGS ; elle constitue probablement la saison de repos sexuel. L'évolution suivie à la station 4, de novembre 1979 à mai 1980, montre une chute du RGS en mars-avril, qui se retrouve l'année précédente à la station 6. Il est par contre difficile de déterminer d'après ces données, si la faible valeur du RGS en février 1979 correspond à une première ponte ou simplement à une différence des RGS provenant de la taille des individus. Dans ce cas, le cycle est aussi annuel avec une saison de reproduction de novembre à mars et de repos sexuel de mai à septembre. Aucun renseignement sur la biologie de cette espèce n'a été trouvé dans la littérature.

.Thelenota ananas

Les observations (figure 74, d'après Conand, 1981) montrent un cycle annuel comparable aux espèces précédentes, caractérisé par une saison de reproduction de décembre à avril. La valeur élevée du RGS en avril 1979 provient de deux femelles seulement à ovaires mûrs. En période de repos sexuel, le synchronisme est très net ; tous les individus ont un RGS faible, par contre en période de maturité, les variations interindividuelles sont fortes, illustrées par la largeur de l'intervalle de confiance des RGS moyens.

3.4.1.2 - Espèces des platiers externes

.Actinopyga mauritiana

L'étude de cette espèce a été menée sur deux populations, pendant plusieurs années. A la station 12, la présence de petits individus a permis de distinguer les individus sans gonades macroscopiquement discernables, des autres indéterminés (figure 75). Les cycles se reproduisent régulièrement au cours des trois années étudiées. La faible valeur du RGS de novembre 1981 provient d'un échantillon exceptionnellement réduit où plusieurs mâles présentaient des gonades peu développées ; ce biais apparaît aussi dans le pourcentage des stades de maturité, alors que la distribution est régulière chez les femelles. Chez cette espèce, le repos sexuel est long, de février à juin-juillet, la maturation assez rapide est suivie de la ponte en décembre ; la chute du RGS étant brutale, la ponte est probablement assez complète chez cette espèce.

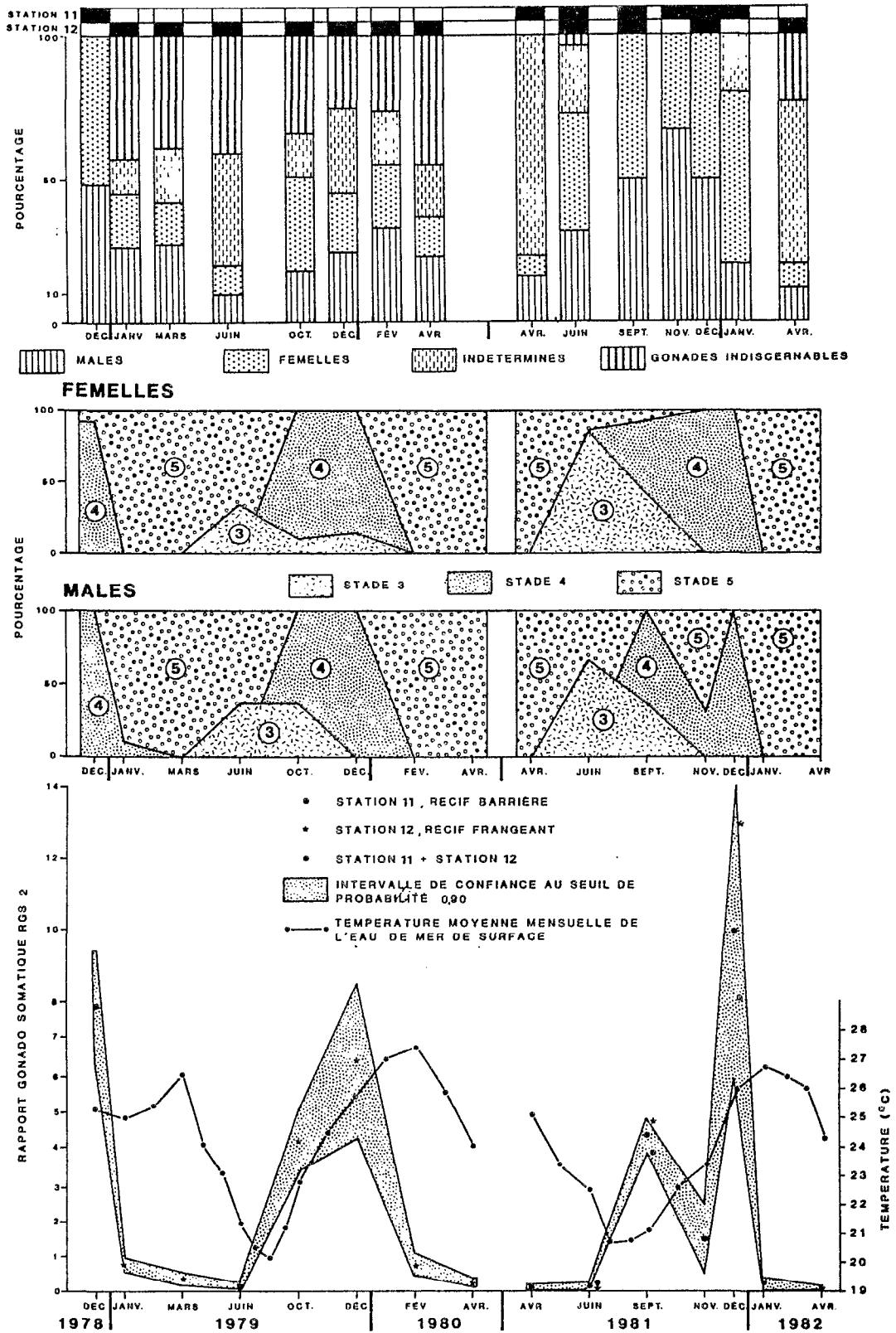


Figure 75 : Cycle de reproduction de *A. mauritiana*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

.Actinopyga echinites

Les données préliminaires (Conand, 1982) complétées par la poursuite de l'échantillonnage en Nouvelle-Calédonie et l'étude réalisée en Papouasie-Nouvelle-Guinée (Shelley, 1981) permettent de présenter le cycle de cette espèce.

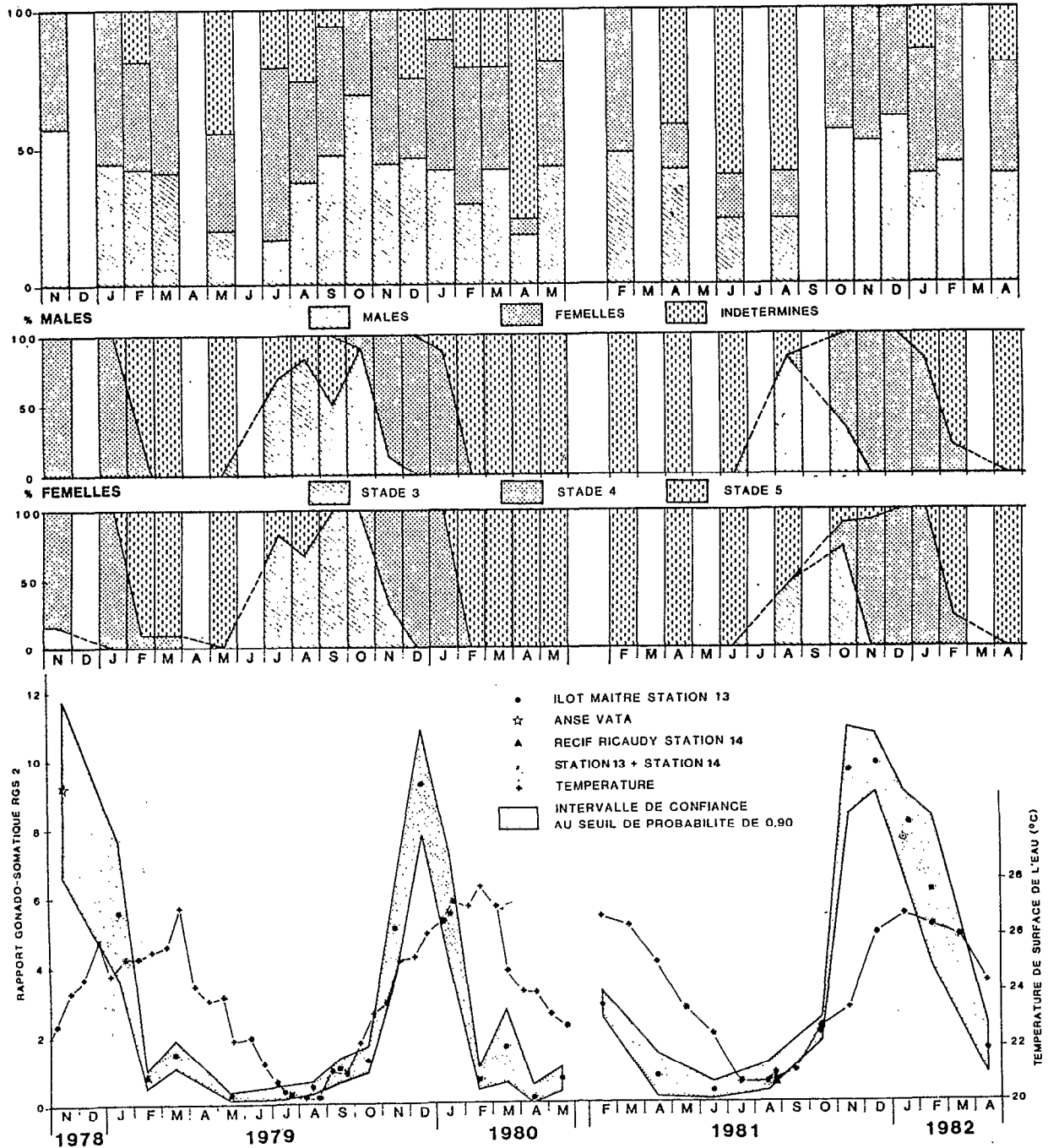


Figure 76 : Cycle de reproduction de A. echinites. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

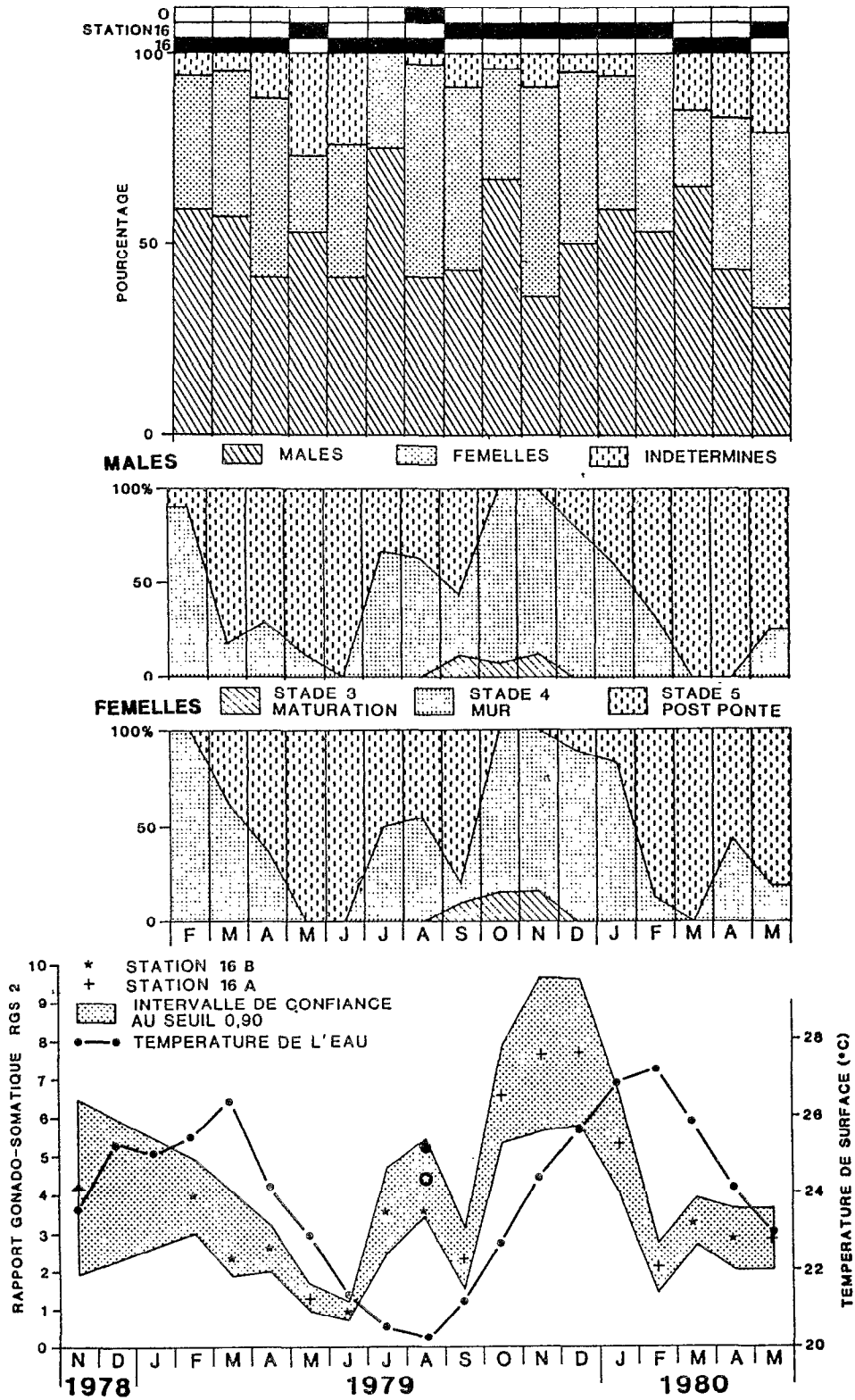


Figure 77 : Cycle de reproduction de *H. scabra*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

En Nouvelle-Calédonie, l'évolution des différents indices, suivie pendant trois années, montre une bonne régularité des phases (figure 76). Comme chez A. mauritiana, les périodes de post-ponte et repos sexuel sont longues, de février à juillet, la maturation et la pré-ponte s'effectuent d'août à novembre, la ponte en décembre-janvier.

En Papouasie-Nouvelle-Guinée, le cycle n'est pas aussi net, la période de repos sexuel n'existe pas, la maturation reprend dès juillet et la période de ponte semble variable suivant les années, certaines irrégularités provenant vraisemblablement de l'effectif des échantillons.

Les observations de ponte spontanée d'individus, en février 1979 (Conand) et en décembre 1980 (Shelley), confirment qu'elle a bien lieu en saison chaude. Les différentes phases du cycle sont peut-être mieux définies en s'éloignant de l'équateur.

3.4.1.3 - Espèces des platiers et lagon internes

.Holothuria scabra et H. scabra var. versicolor

Le cycle de H. scabra, en Nouvelle-calédonie, est assez complexe. 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 (figure 77), 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). La figure 78 illustre ces variations du RGS1, il apparaît que le pic secondaire est plus variable. En Nouvelle-Calédonie, celui-ci provient d'une fraction seulement de la population. La comparaison des trois localités présentées met en évidence la valeur plus faible, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, des RGS1 maximums, qui est comparable à celle du Golfe de Mannar en Inde. Les valeurs de Nouvelle-Calédonie, d'Australie et des Philippines sont tout à fait comparables. La ponte a été observée in situ par Shelley (1981) en décembre.

Le cycle de H. scabra var. versicolor est plus simple (figure 79). C'est un cycle annuel caractérisé par une courte phase de repos, une maturation de juin à septembre et une maturité d'octobre à décembre. En 1978, le cycle est moins net qu'en 1979, peut-être en rapport avec l'origine diverse des premiers échantillons ou avec des variations irrégulières de la température, qui n'a atteint sa valeur mensuelle maximale qu'en mars. Il est probable que la ponte se poursuive pendant plusieurs mois ; en effet, des individus en reproduction ont été photographiés en février 1980 (figure 80).

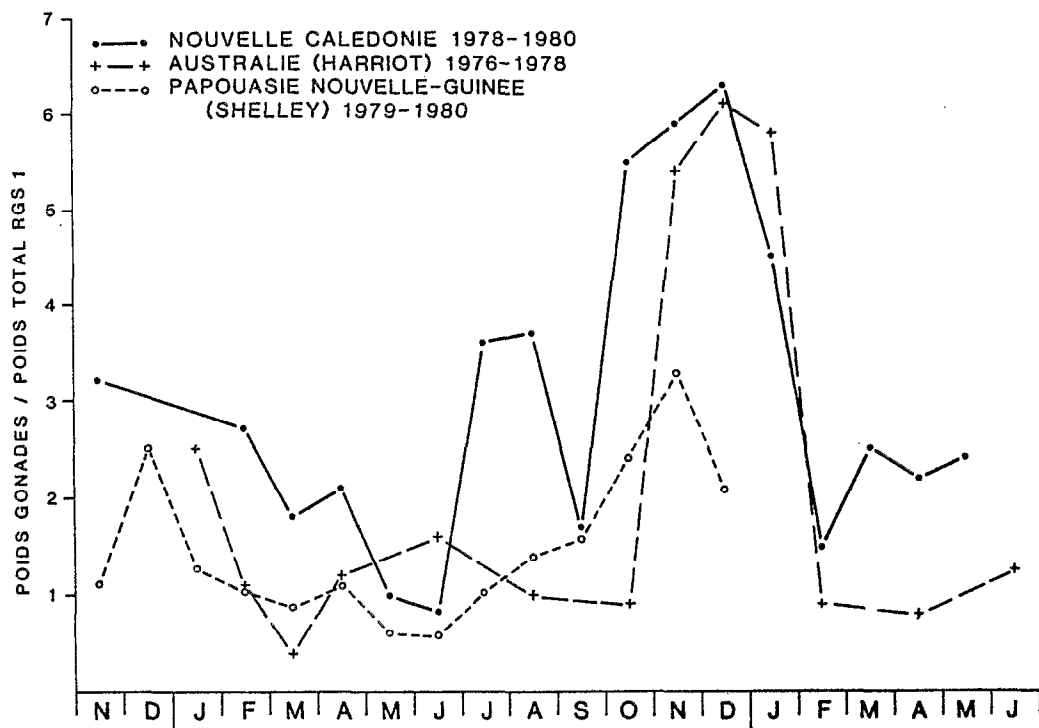


Figure 78 : Variations mensuelles du rapport gonado-somatique (RGS1) de H. scabra en différentes localités.

.Stichopus variegatus

Ces premières observations sur la biologie de cette espèce (figure 81) montrent qu'il s'agit aussi d'un cycle annuel, à période de repos longue, d'avril à septembre. La ponte se situe également entre décembre et février, où un individu a été photographié (figure 80C).

.Holothuria atra

Cette espèce ayant déjà été étudiée par Pearse (1968) et Harriot (1982), l'échantillonnage a été limité à une année, sur une population où les petits individus étaient nombreux. Il a donc été possible distinguer les individus sans gonade discernable, des autres indéterminés (figure 82). Les intervalles de confiance des RGS moyens mensuels sont toujours plus larges que chez les autres espèces, ce qui prouve un asynchronisme marqué, aussi observé par Pearse (1968). En Nouvelle-Calédonie pourtant, comme en Australie (Harriot, 1982), les valeurs élevées du RGS en novembre-décembre montrent un pic principal de reproduction. Le pic secondaire, qui a été observé en Australie, n'apparaît pas nettement en Nouvelle-Calédonie.

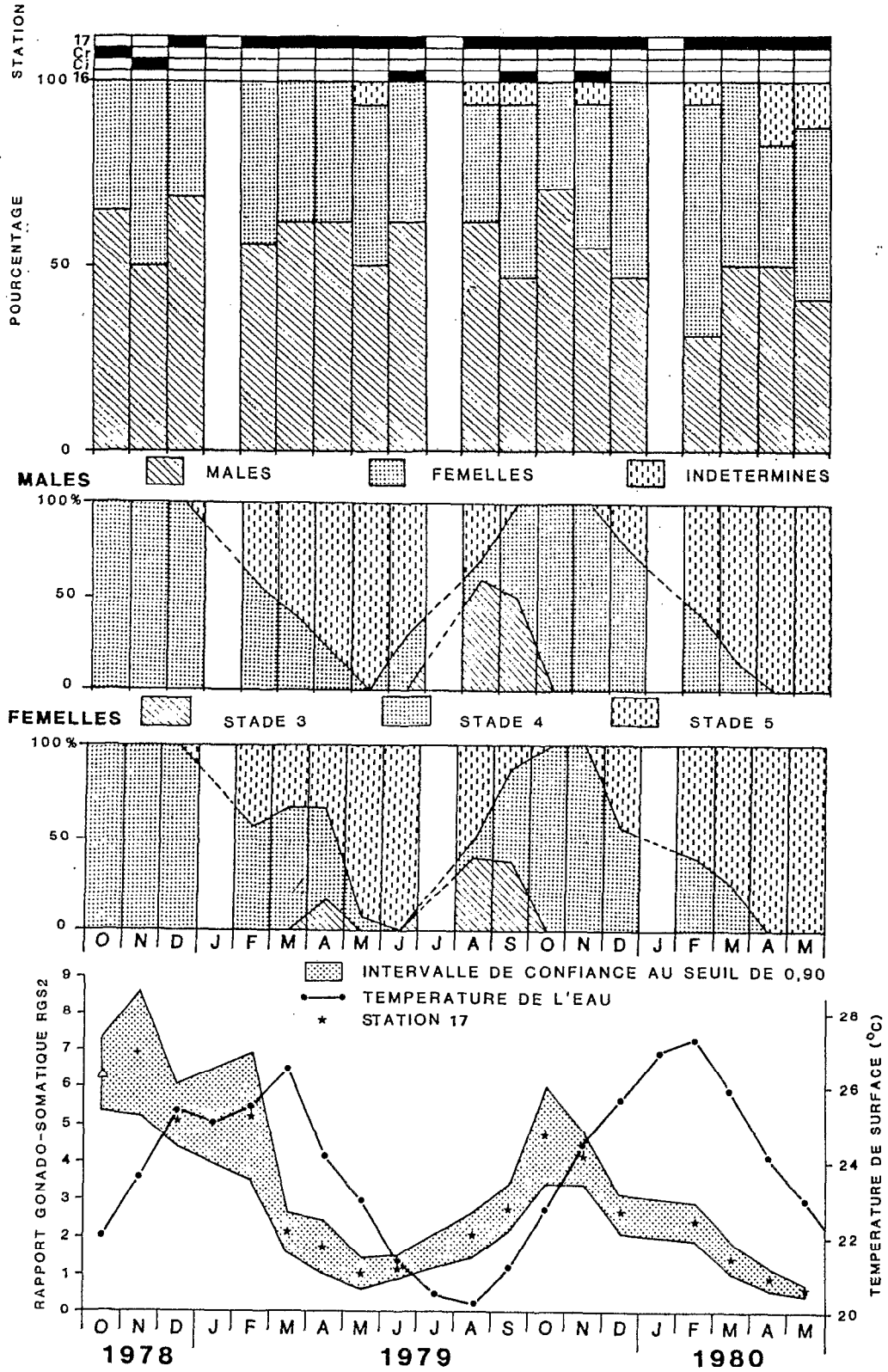


Figure 79 : Cycle de reproduction de *H. scabra versicolor*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.



Figure 80 : Ponte in situ. A : B. argus ;
 B : H. scabra versicolor ; C : S. variegatus.

Chez cette espèce, les taux élevés d'individus indéterminés proviennent en partie de la reproduction asexuée suivie de régénération des gonades (cf. - 3.7). Un échantillonnage de cette espèce, à une station où la scission est rare et où les individus sont plus grands, permettrait de mieux déterminer si elle présente réellement une seconde période de reproduction annuelle.

3.4.2 - Discussion

3.4.2.1 - Différents types de cycles de reproduction

Les résultats obtenus pour chaque espèce, à partir d'un échantillonnage parfois réparti entre plusieurs stations et sur plusieurs années, peuvent être synthétisés et représentés par une année-type. A partir des trois séries de données (stades sexuels, RGS, pourcentages d'individus indéterminés), les caractéristiques et la durée des phases du cycle de reproduction d'une espèce sont définies et mises en relation avec les paramètres de l'environnement. Ainsi, la période où le stade 4 est dominant, est subdivisée en pré-ponte pour la période correspondant au RGS maximum et en ponte pour celle qui correspond à sa chute. Par ailleurs, la période où le stade 5 domine est subdivisée en post-ponte pendant le déclin du RGS et en repos sexuel (sur le plan anatomique, mais non pas sur le plan physiologique).

Le cycle de reproduction des individus ayant atteint leur première maturité se compose donc de cinq phases : maturation, pré-ponte, ponte, post-ponte et repos. La figure 83 montre la répartition de ces phases, chez les espèces étudiées, en relation avec les saisons hydrologiques

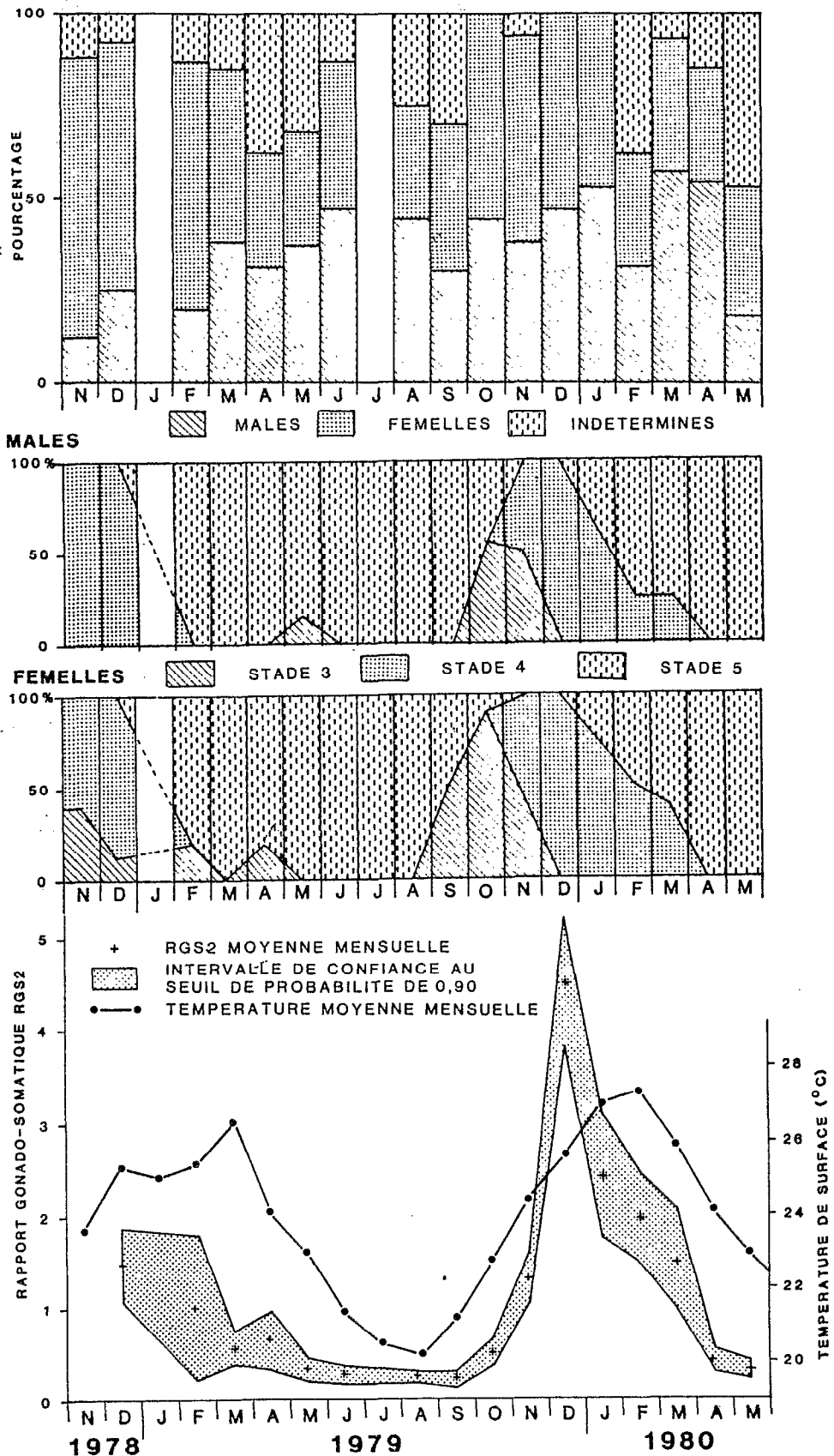


Figure 81 : Cycle de reproduction de *S. variegatus*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

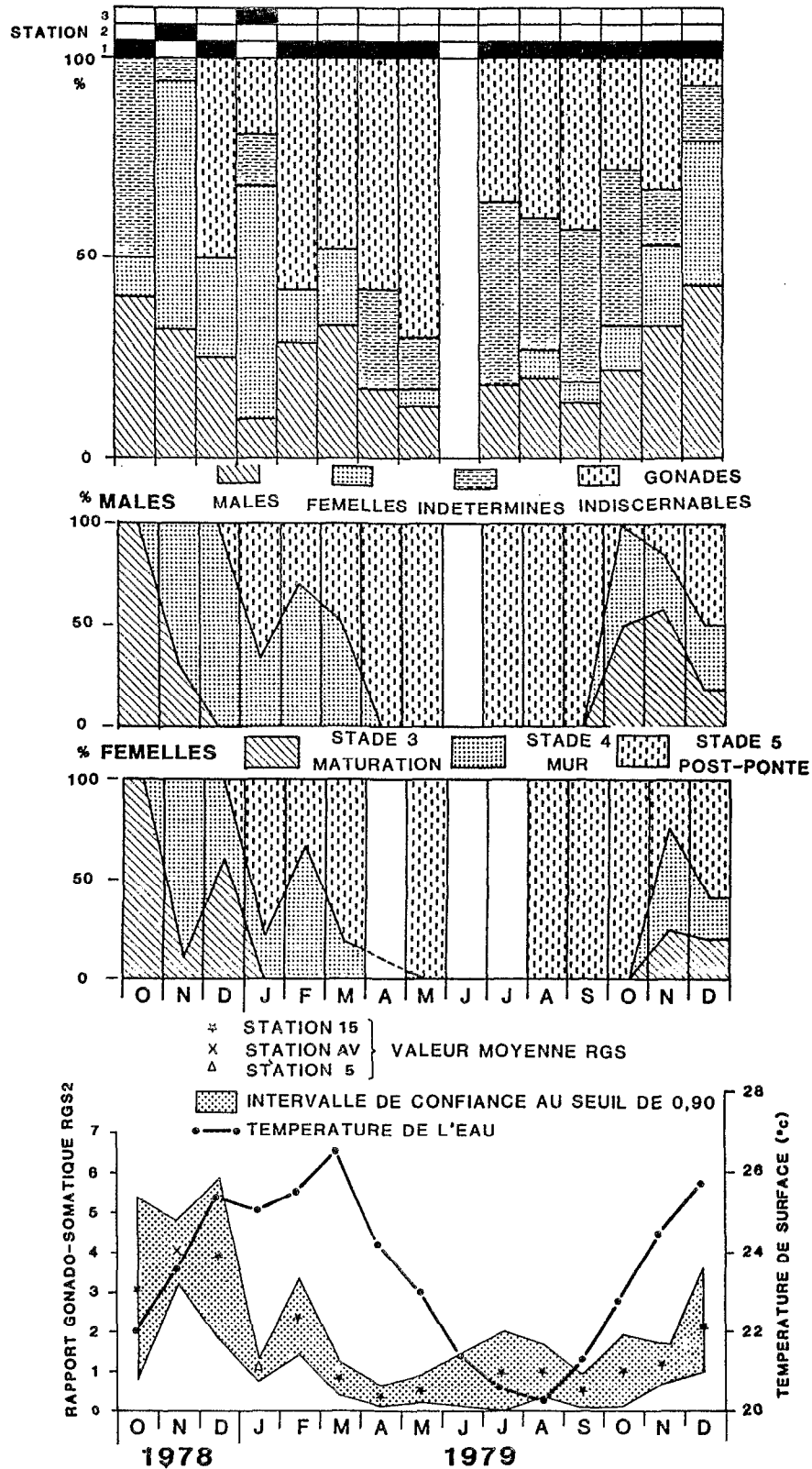


Figure 82 : Cycle de reproduction de *H. atra*. Répartition mensuelle des individus mâles, femelles et indéterminés, des différents stades de maturité selon le sexe et des rapports gonado-somatiques.

- définies par les températures de l'eau de surface (cf. chapitre 2 - 2.2.2.). Trois types principaux apparaissent :
- cycle sexuel, avec ponte en saison chaude chez H. fuscogilva, H. fucopunctata, H. scabra versicolor, A. mauritiana, A. echinites, T. ananas, S. variegatus ;
 - cycle annuel, avec ponte en saison froide chez H. nobilis ;
 - cycle semi-annuel, chez H. scabra et peut-être H. atra.

Ces résultats sont en partie basés sur l'interprétation des variations des RGS. Cette méthode quantitative, peu précise, a pour but d'estimer l'activité de reproduction d'individus d'une population. Elle se base sur l'hypothèse d'un rapport de poids des organes peu variable chez les adultes, ce qui est nécessaire pour comparer différents échantillons d'une série temporelle, ou provenant de sites distincts (Gonor, 1972 ; Giese et Pearse, 1974). La recherche d'une corrélation entre les indices gonadiques et la taille des individus a donné des résultats opposés chez les Aspidochirotés, peut-être en raison de la faible taille des échantillons et des données utilisées pour ce calcul. Ainsi, sur l'ensemble des échantillons, la corrélation entre le poids et l'indice gonadique n'est pas significative au seuil de 0,05 (Shelley, 1981 ; Cameron et Fankboner, 1986). Par contre, elle l'est, si les individus mûrs sont seuls pris en compte (Harriot, 1980 ; Franklin, 1980). En Nouvelle-Calédonie, les valeurs du coefficient de corrélation entre le poids ouvert et le RGS2, des femelles au stade 4, sont significatives au seuil de probabilité de 0,05 (tableau 32). Seules les femelles ont été utilisées puisque la différence observée entre les gonades entraîne une légère différence des RGS et peut introduire un biais, dans les faibles échantillons où un sexe domine. De manière générale, les RGS sont assez variables, mais les plus fortes valeurs sont rencontrées chez les grands individus. Lorsqu'une seule population a été suivie, les tailles sont homogènes et les

Tableau 32 : Corrélations entre le RGS2 et le poids ouvert des femelles au stade 4.

X : significatif au seuil 0,05 ; XX : au seuil 0,01.

ESPECES	d.l.	r	Seuil de probabilité
<i>A. echinites</i>	37	0,38	x
<i>A. mauritiana</i>	62	0,41	xx
<i>H. fuscogilva</i>	43	0,39	xx
<i>H. s. versicolor</i>	51	0,46	xx

valeurs du RGS peuvent être comparées. Lorsque plusieurs sites ont été étudiés simultanément, il est plus prudent d'en distinguer l'origine. En fait, des valeurs différentes des RGS maximums et de légers décalages dans la date ou la durée des phases peuvent être remarqués, mais l'ensemble du cycle concorde pour une espèce, comme par exemple *A. mauritiana* ou *H. nobilis*.

Les cycles de reproduction de la majorité des espèces littorales étudiées se conforment à l'un des trois types décrits pour les espèces de Nouvelle-Calédonie, annuel de saison chaude ou froide et semi annuel. Toutefois, chez *H. edulis*, Harriot (1985) a montré que la maturation n'était pas synchrone chez les individus d'une population et qu'il n'y avait pas de saisonnalité nette. Ce quatrième type paraît également fréquent chez plusieurs espèces d'Elasipodes appartenant à différentes familles (Tyler et al., 1985a, b, c). Néanmoins, les difficultés particulières de l'échantillonnage en milieu abyssal (effectifs variables, stations différentes) pourraient masquer une saisonnalité peu marquée.

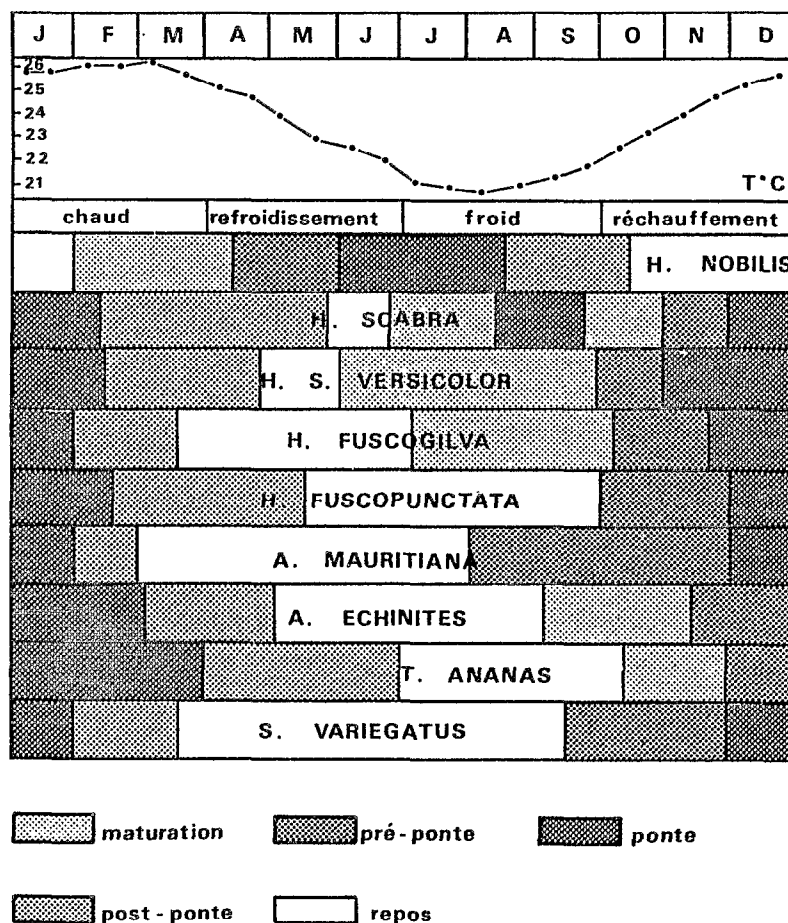


Figure 83 : Cycles de reproduction des différentes espèces, en rapport avec les saisons hydrologiques du lagon.

Le déterminisme des cycles a donné lieu à de nombreuses hypothèses sur des facteurs extrinsèques ou intrinsèques responsables de l'initiation de la gamétogenèse ou de la ponte.

3.4.2.2 - Facteurs de la régulation de la gamétogenèse

L'observation de la régularité des cycles, synchrones de variations des facteurs du milieu, a depuis longtemps amené les chercheurs à considérer ceux-ci comme facteurs responsables du déclenchement de la gamétogenèse. Toutefois, en l'absence d'expérimentation, les variations peuvent simplement être concomitantes mais non pas reliées par un effet de causalité. Il est admis que la reproduction doit coïncider avec la période la plus favorable aux larves et aux jeunes, ce qui nécessite que la gamétogenèse doive commencer beaucoup plus tôt.

La température est le facteur le plus souvent invoqué, sous l'appellation de "règle d'Orton" (Thorson, 1946). La température de reproduction est aussi reliée à la distribution zoogéographique des espèces (Giese et Pearse, 1974). Les espèces à cycle annuel étudiées ici, à l'exception de H. nobilis, commencent leur maturation pendant le réchauffement des eaux entre septembre et novembre. Il existe cependant un léger décalage entre les espèces, qui pourrait correspondre à des seuils thermiques différents. Parmi les autres Aspidochirotés déjà étudiées, la majorité des espèces suit la même stratégie de maturation des gonades, synchrones avec l'élévation des températures de l'eau. Il en est ainsi pour les espèces tempérées S. japonicus (Tanaka, 1958 ; Choe, 1963), S. parvimensis (Muscat, 1983) et S. californicus (Cameron et Fankboner, 1986) et pour les espèces tropicales, H. leucospilota (Franklin, 1980), A. echinites (Shelley, 1982), H. mexicana (Engstrom, 1980) et H. impatiens (Harriot, 1985). Chez H. nobilis, c'est le refroidissement qui peut au contraire être invoqué, tandis que chez les espèces à cycle semi-annuel ce serait les variations de température.

La salinité a été considérée par Krishnaswamy et Krishnan (1967) comme un facteur essentiel de la reproduction de H. scabra en Inde. Plus récemment, Ong Che et Gomez (1985), dans leur étude de cette espèce aux Philippines concluent que les variations de la température et de la salinité "synchronisent et régulent les pics saisonniers de reproduction" qui se produisent dans un rythme de reproduction continue au cours de l'année. En Nouvelle-Calédonie, les variations faibles de la salinité ne paraissent pas être déterminantes.

L'influence du photopériodisme n'a pas été mise en évidence clairement chez les holothuries, à la différence d'autres échinodermes, chez lesquels l'augmentation de la lumière déclenche la maturation. Chez S. californicus, Cameron et Fankboner (1986) ont mis en parallèle des observations de ponte in situ avec les périodes de grand ensoleillement et de blooms phytoplanctoniques.

D'autres facteurs liés à l'alimentation pourraient aussi intervenir dans ces mécanismes régulateurs. Enfin, en plus de ces facteurs "immédiats", les pressions sélectives peuvent intervenir au cours de l'évolution. Ainsi, Reese (1968) a relié le décalage des saisons de reproduction de deux espèces de bernard-l'hermites à la date de la reproduction d'une troisième espèce, dominante pour sélectionner les coquilles vides. L'inversion du cycle observée chez H. nobilis ne serait-elle pas liée à une adaptation analogue ?

3.4.2.3 - Ponte chez les Aspidochirotés

Les observations in situ, de ponte d'holothuries Aspidochirotés ne sont pas très nombreuses et les conditions ambiantes n'en sont pas toujours précisées. Le tableau 33 synthétise les informations de la littérature se rapportant à l'Indo-Pacifique tropical, des communications et des observations personnelles. En milieu tempéré, les observations se rapportent à S. japonicus (Levin, 1982) et P. californicus (Cameron et Fankboner, 1986), dans l'Atlantique tropical à H. mexicana (Mosher, 1982). Les conditions ambiantes, l'heure, la hauteur et l'âge de la marée, reportées dans le tableau 33 sont très variables et mettent en évidence que des conclusions ne peuvent pas être tirées avec si peu d'information. Il apparaît toutefois que la ponte de plusieurs espèces est induite simultanément puisque la plupart des observations se rapporte à deux espèces. Lors de l'observation de A. miliaris et B. similis, les étoiles Archaster typicus étaient aussi superposées par paires en pseudo-accouplement.

Les observations de ponte provoquée par stress de récolte, surpopulation dans les bacs, choc thermique, injection de chlorure de potassium, d'extrait de nerf radiaire d'astéride ou d'holothuride sont, par contre, très nombreuses et les recherches se sont développées récemment pour isoler les facteurs intrinsèques hormonaux qui permettent la reprise de l'activité meiotique dans l'ovocyte bloqué en prophase de première division (Kishimoto et Kanatani, 1980 ; Maruyama, 1980, 1985 ; Smiley, 1987). Ce schéma général de Kanatani (1973) pour les étoiles s'applique donc aux holothuries : sous l'influence de stimulus externes, les nerfs radiaires produisent un peptide (RNF ou GSS) qui induit à son tour la production d'une hormone de maturation (MIS) par les cellules folliculaires.

3.5 - PREMIERE MATURITE SEXUELLE

La première maturité apparaît à un poids très variable suivant les espèces (figures 84, 85 et 86 et tableau 34).

Tableau 33 : Observations de ponte spontanée chez les Aspidochirotés de l'Indo-Pacifique tropical.
 * : obs. en aquarium ; NL : nouvelle lune ; PQ : premier quartier ; PL : pleine lune ;
 DQ : dernier quartier ; PM : pleine-mer ; MM : mi-marée ; BM : basse-mer.

ESPECES	REFERENCE	LIEU	COMPORTEMENT	ENVIRONNEMENT
<i>B. marmorata</i>	Mortensen, 1937*	Mer Rouge	Plusieurs mâles et femelles	Soir, nuit
<i>B. marmorata</i>	Hendler et Meyer, 1982	Palau, Pacifique central	Plusieurs individus Plusieurs individus	17.07.77, 14 h, PM, NL 01.08.77, 20 h, BM, PL
<i>B. marmorata</i> et <i>H. scabra</i>	Shelley, 1981	Papouasie- Nouvelle-Guinée	Tous les individus du site	22.12.79, 16 h, NL
<i>H. scabra</i> et <i>A. echinites</i>	Shelley, 1981		Individus isolés	10.12.80 10 h et 16 h, NL
<i>H. leucospilota</i>	Franklin, 1980*	Grande Barrière	Synchronisme des individus	BM matin et soir, 2 jours avant NL
<i>B. graeffei</i> et <i>S. variegatus</i>	Silver (com. pers.)	Grande Barrière		Janvier, fin après-midi
<i>B. argus</i>	Menou, J.L. (com. pers.)	Nouvelle-Calédonie Îlôt Coco	3 individus	05.12.79, nuit, MM, NL
<i>S. variegatus</i>	Laboute, P. (com. pers.)	Nouvelle-Calédonie Îlôt Croissant		20.02.80, jour, 4 jours après NL
<i>H. s. versicolor</i>	Laboute, P. (com. pers.)	Nouvelle-Calédonie Îlôt Croissant		25.02.80, 2 jours après PQ
<i>A. miliaris</i> et <i>H. flavomaculata</i>	Conand	Nouvelle-Calédonie Plateau Devarenne	3 individus sur 15 2 individus sur 2	08.03.83, 16 h, PM, DQ
<i>A. miliaris</i> et <i>B. similis</i>	Conand	Nouvelle-Calédonie Îlôt Bailly		03.02.79, 15 h, MM, PQ

Tableau 34 : Paramètres à la première maturité sexuelle.
 LT₅₀, PT₅₀, PO₅₀ : 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

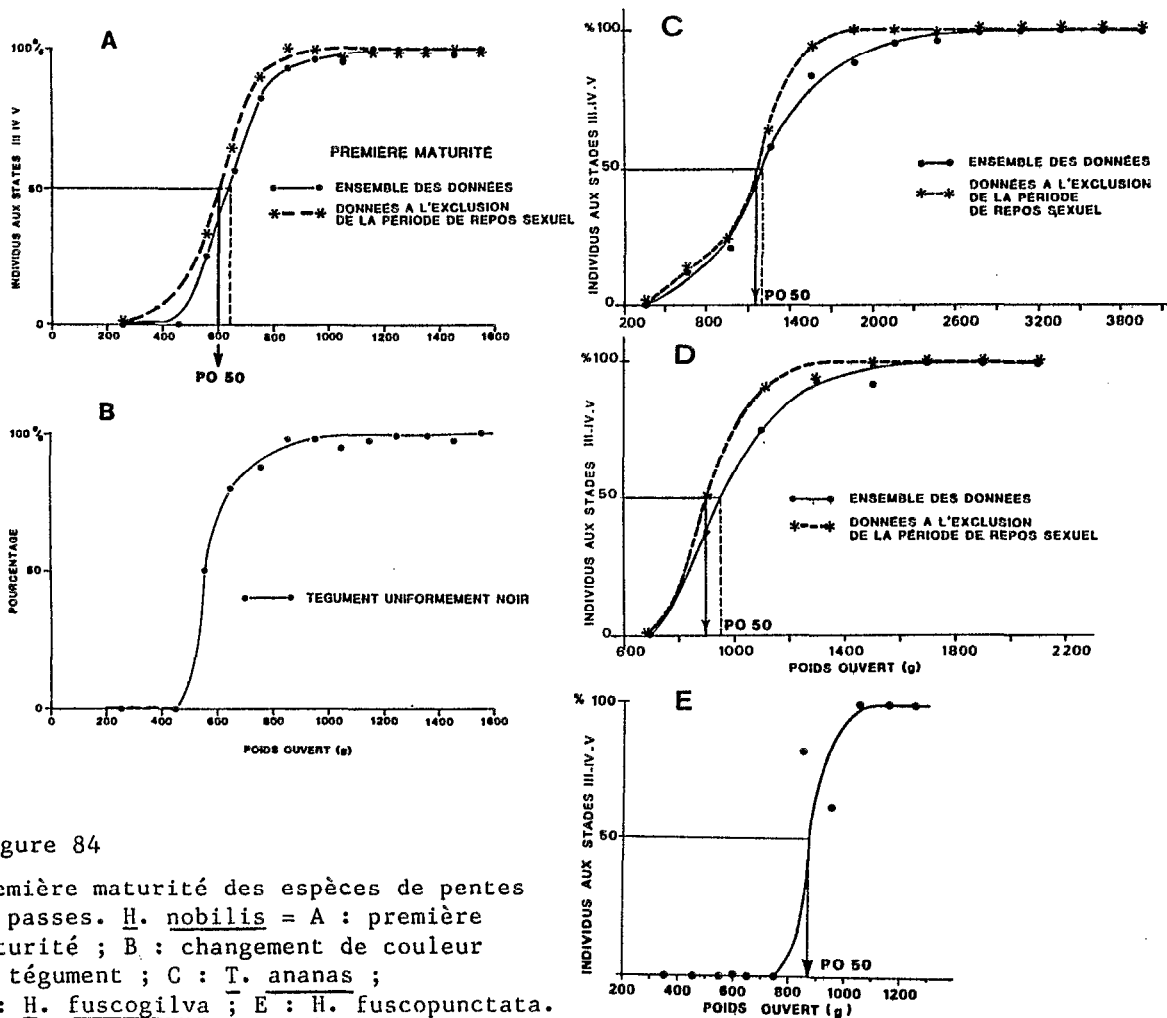


Figure 84

Première maturité des espèces de pentes et passes. *H. nobilis* = A : première maturité ; B : changement de couleur du tégument ; C : *T. ananas* ; D : *H. fuscogilva* ; E : *H. fuscopunctata*.

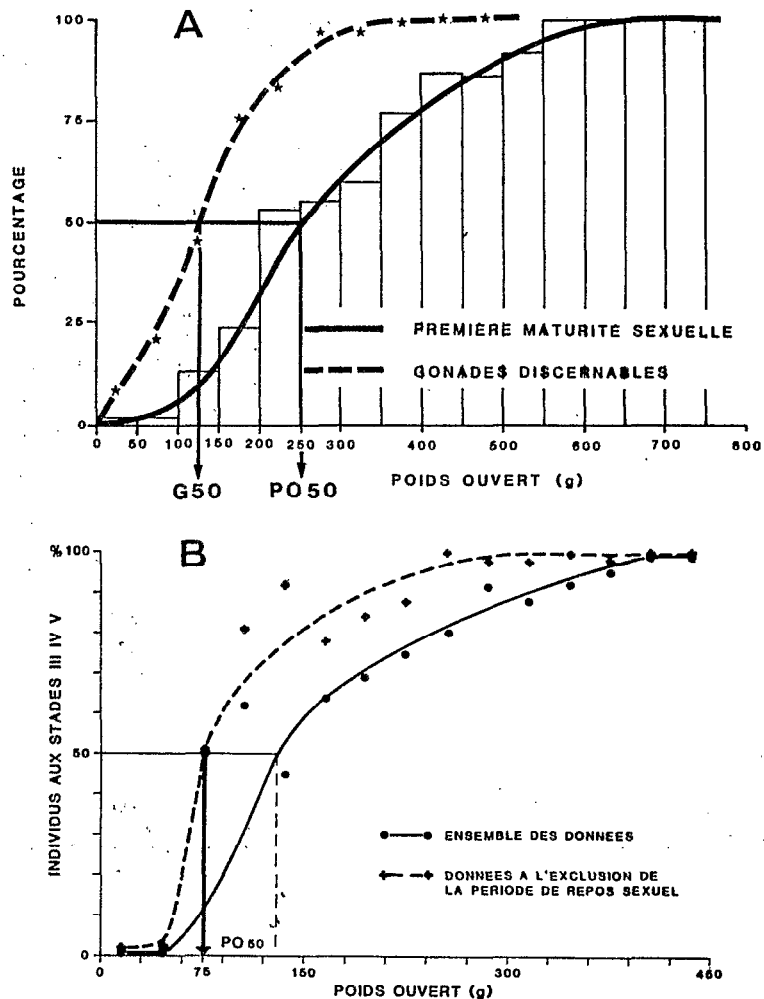


Figure 85 : Première maturité des espèces de platiers externes.

A : *A. mauritiana* ; B : *A. echinites*.

Chez les espèces des pentes et passes, les valeurs sont les plus fortes, 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 individus. Chez *H. nobilis*, la maturité est acquise de manière relativement précoce, entre 500 et 700 g de poids ouvert (figure 84A). C'est aussi à cette taille que la coloration juvénile disparaît (figure 84B), 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 85).

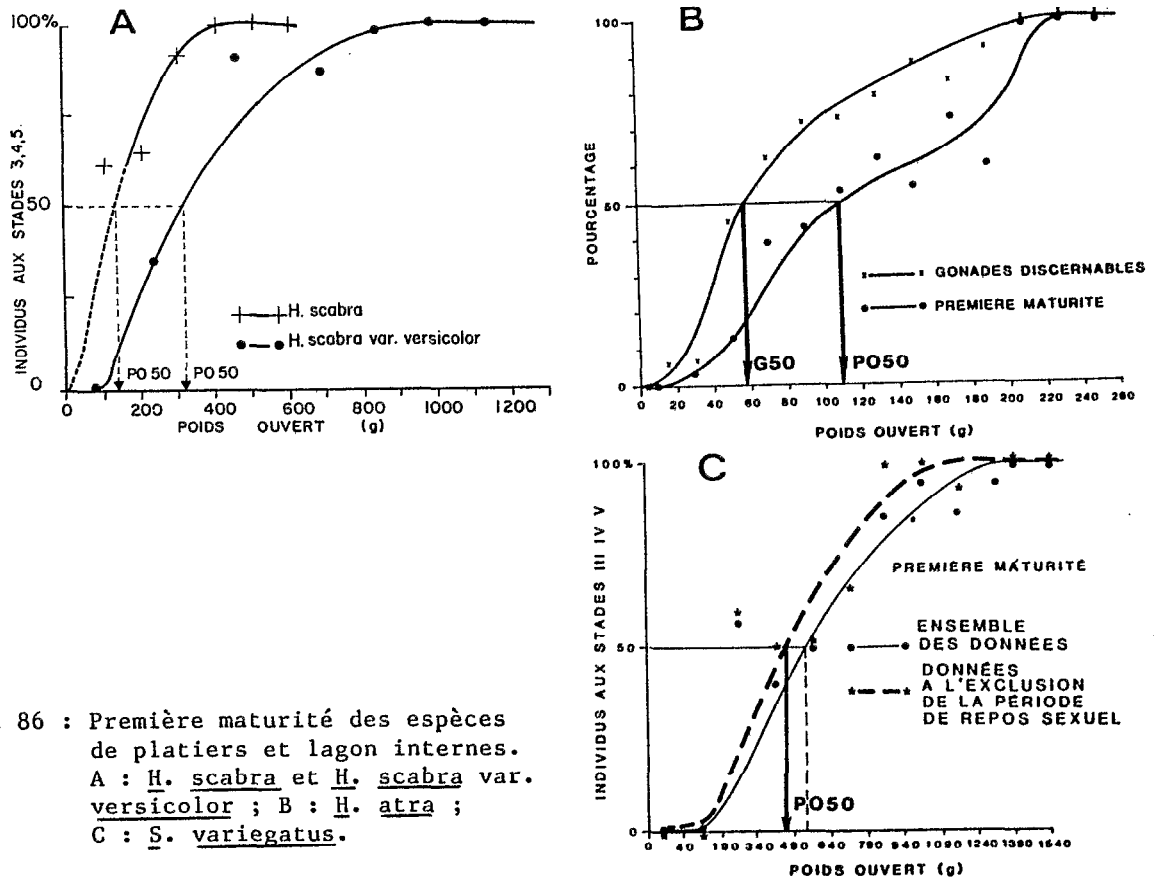


Figure 86 : Première maturité des espèces de platiers et lagon internes.
 A : *H. scabra* et *H. scabra* var. *versicolor* ; B : *H. atra* ;
 C : *S. variegatus*.

Le phénomène de scission, suivi de régénération, chez *H. atra*, complique l'interprétation, et peut être la cause de l'irrégularité de la courbe du pourcentage des individus matures en fonction du poids (figure 86B).

Les informations concernant ce paramètre sont rares. Harriot (1980) présente les valeurs des poids au-dessous desquelles "les gonades mûres étaient rarement trouvées", soit : *H. atra* = 100 g, *H. scabra* = 180 g, *H. impatiens* = 80 g et *H. edulis* = 100g. Ces valeurs correspondent bien au PT50 calculé en Nouvelle-Calédonie pour *H. atra* et *H. scabra*, malgré la rareté des immatures chez celle-ci.

Pour évaluer la position relative de la première maturité dans le cycle vital, les rapports de LT50 à la longueur maximum et de PO50 au poids ouvert maximum ont été établis (tableau 34). Leurs valeurs sont plus élevées chez *H. fuscogilva*, *A. mauritiana* et *H. atra*, que chez les autres espèces.

3.6 - FECONDITE

Les résultats obtenus sur la fécondité absolue en fonction du poids des individus sont présentés pour les espèces des pentes et passes sur la figure 87A, pour celles des platiers externes sur la figure 87B et pour celles des platiers et lagon internes sur la figure 87C.

Chez H. nobilis, H. fuscopunctata, H. scabra versicolor et A. echinites, la dispersion des points est assez forte, ce qui était prévisible, compte tenu de la variabilité des rapports gonado-somatiques.

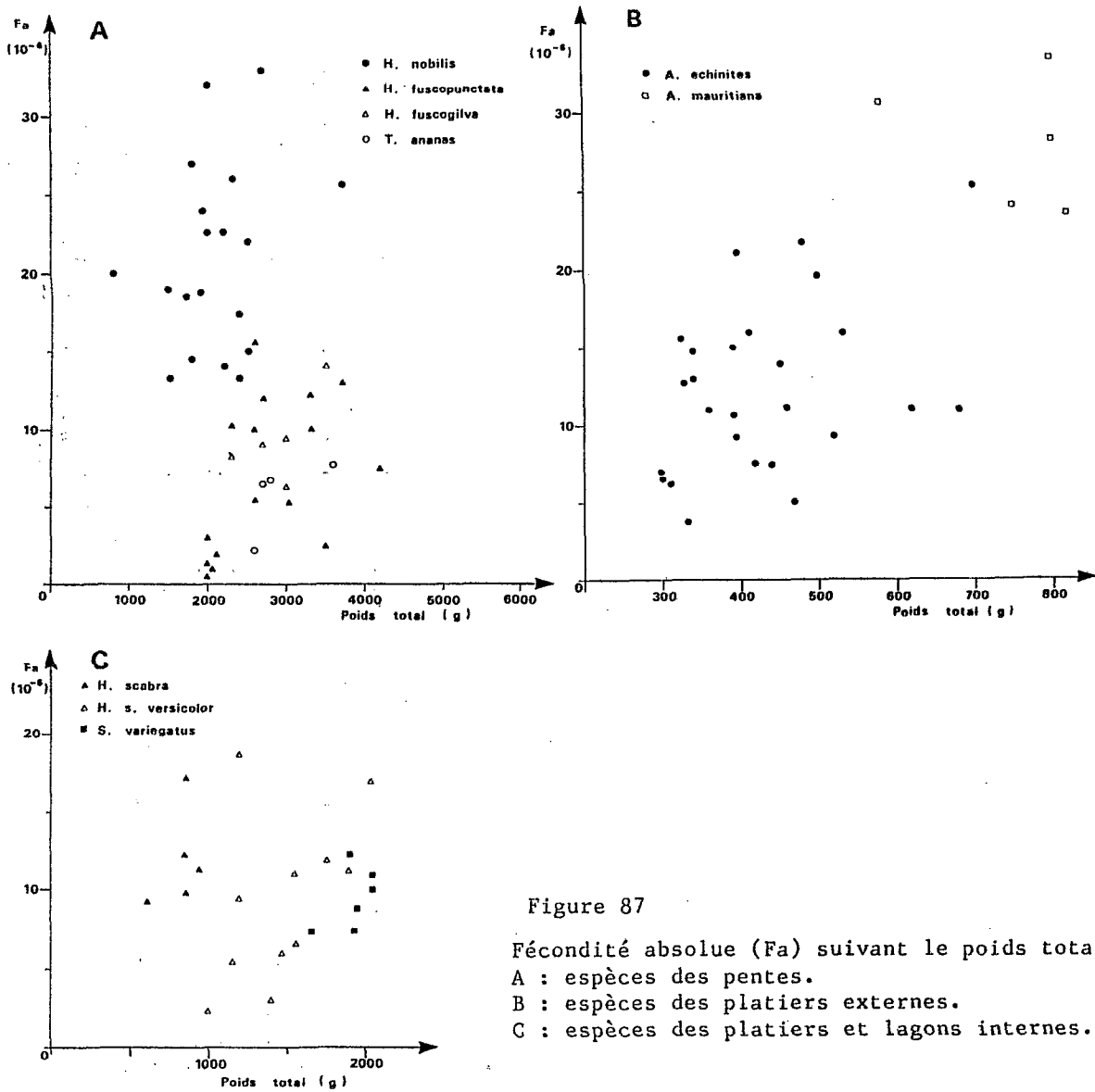


Figure 87

Fécondité absolue (Fa) suivant le poids total.
A : espèces des pentes.
B : espèces des platiers externes.
C : espèces des platiers et lagons internes.

Tableau 35 : Fécondité des holothuries.

n : effectif ; Fa : fécondité absolue ; Frg : fécondité relative par g d'ovaire ; Fre : fécondité relative par g de poids éviscéré ; m : valeur minimum ; M : valeur maximum ; \bar{m} : fécondité moyenne ; S : écart-type.

	ESPECES	n	10^{-3} Fa (ovocytes)		10^{-3} Frg (ovocytes)		10^{-3} Fre (ovocytes)	
Pentes	<i>H. nobilis</i>	24	m	13 281	\bar{m}	208	\bar{m}	28
			M	78 517	s	38	s	14
	<i>H. fuscogilva</i>	5	m	6 387	\bar{m}	128	\bar{m}	7
			M	14 210	s	22	s	2
	<i>H. fuscopunctata</i>	17	m	295	\bar{m}	44	\bar{m}	4
			M	13 172	s	15	s	2
	<i>T. ananas</i>	5	m	2 239	\bar{m}	74	\bar{m}	2
			M	7 861	s	10	s	1
Pl. externes	<i>A. mauritiana</i>	5	m	23 683	\bar{m}	389	\bar{m}	80
			M	33 790	s	57	s	13
	<i>A. echinites</i>	25	m	3 831	\bar{m}	333	\bar{m}	59
			M	25 044	s	64	s	24
Pl. lagon internes	<i>H. scabra</i>	5	m	9 207	\bar{m}	133	\bar{m}	31
			M	17 313	s	18	s	9
	<i>H. s. versicolor</i>	12	m	2 296	\bar{m}	93	\bar{m}	11
			M	18 708	s	23	s	5
	<i>S. variegatus</i>	5	m	7 423	\bar{m}	120	\bar{m}	9
M			12 585	s	17	s	2	

Pour d'autres espèces, cinq individus seulement ont été examinés et les résultats ne constituent que des données préliminaires, servant à évaluer l'ordre de grandeur de la fécondité.

Dans le tableau 35, les valeurs minimum et maximum de la fécondité absolue, ainsi que les moyennes calculées des fécondités relatives sont présentées pour chaque espèce.

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.

La fécondité relative par unité de poids éviscéré varie avec la taille des individus, si la croissance des gonades n'est pas isométrique. Or, les variations du RGS des femelles ont montré que c'était généralement le cas. Une valeur de la fécondité relative moyenne a cependant été calculée permettant un premier classement des espèces. Ce sont A. mauritiana et A. echinites qui ont les plus fortes valeurs, supérieures à 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 88).

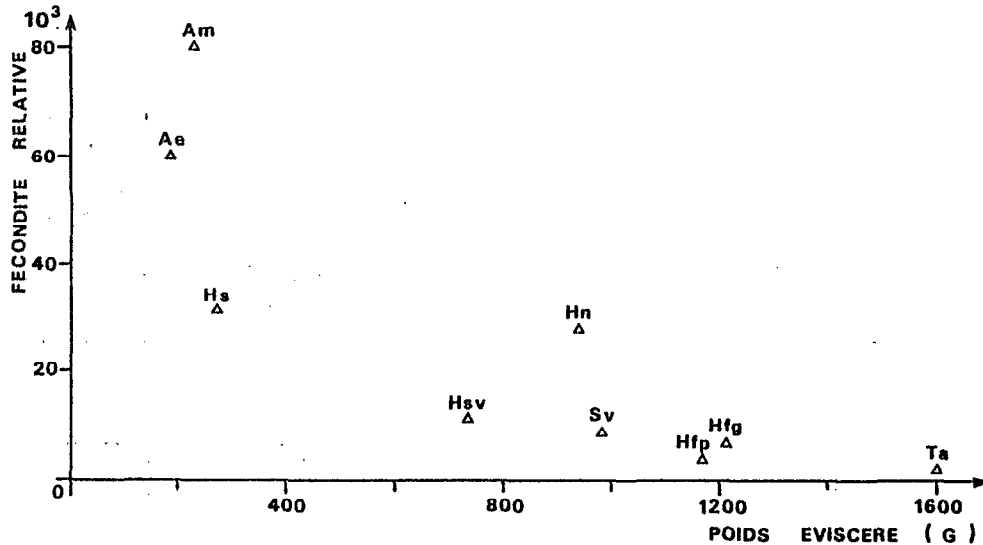


Figure 88 : Relation entre le poids éviscéré et la fécondité relative par unité de poids éviscéré, des différentes espèces.

Pour les quatre espèces dont l'échantillonnage a été suffisant, 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 36). Les valeurs des coefficients de corrélation sont très élevées, entre fécondité et poids des ovaires.

Il est intéressant, enfin, de déterminer dans une population quelles sont les classes de taille (ou d'âge) qui contribuent le plus à la reproduction, c'est-à-dire de calculer la production théorique d'oeufs des différentes classes présentes (Fontana et Le Guen, 1969). Pour ce calcul, la distribution des poids éviscérés, obtenue à partir des échantillonnages mensuels est considérée comme représentative de la structure démographique. En utilisant la répartition des sexes selon les poids, l'effectif des femelles peut être obtenu, puis à partir de la courbe de maturité sexuelle, celui des femelles matures. La régression entre la fécondité et le poids éviscéré permet de calculer la fécondité moyenne par classe de poids. Celle-ci est multipliée par l'effectif des femelles matures pour obtenir un indice de la production d'ovocytes (tableau 37). L'allure

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

Tableau 37 : Indice de capacité de reproduction de *A. echinites*.

n : effectif total ; n₁ : effectif des femelles ;

n₂ : effectif des femelles matures et % par rapport à n ;

Fa : fécondité absolue moyenne ;

C : capacité de reproduction = Fa x n₂.

PE (g)	n	%	n ₁	% mature	n ₂	%	Fa (x 10 ⁶)	C (10 ⁶)	%
0-30	2	0,4	1	0	0	0	0	0	0
30-60	0	0	0	15	0	0	0	0	0
60-90	1	0,2	0	62	0	0	0	0	0
90-120	26	5,4	13	80	10	2	4,6	46	1,4
120-150	35	7,3	17	90	15	3	7,0	105	3,3
150-180	81	16,9	40	95	38	8	9,4	357	11,3
180-210	116	24,2	58	100	58	12	11,8	684	21,7
210-240	91	18,9	46	100	46	10	14,1	649	20,6
240-270	68	14,2	38	100	38	8	16,5	627	19,9
270-300	35	7,3	20	100	20	4	18,9	378	12,0
300-330	20	4,1	11	100	11	2	21,3	234	7,4
330-360	4	0,8	2	100	2	0,4	23,7	47	1,5
360-390	1	0,2	1	100	1	0,2	26,0	26	0,8

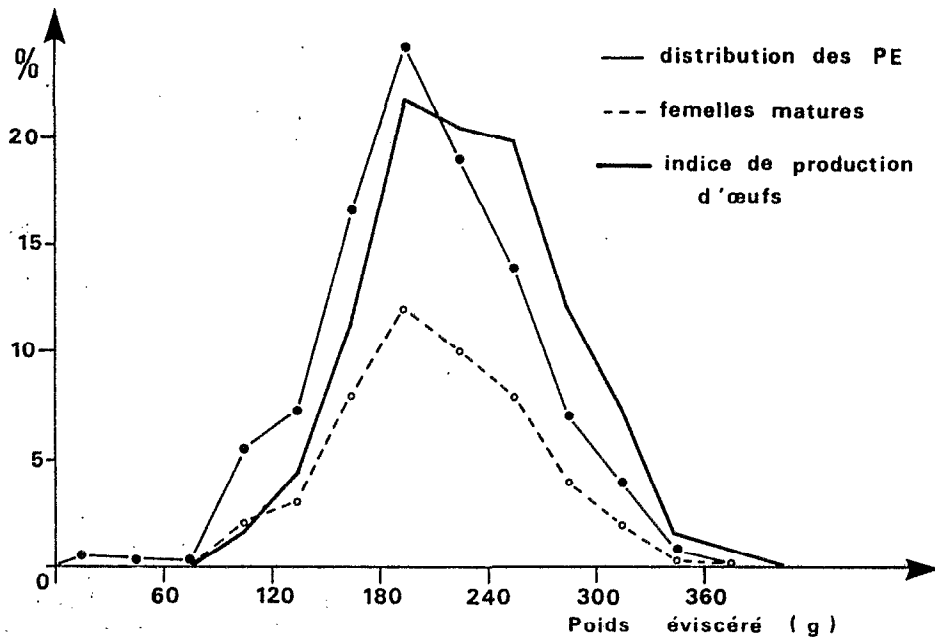


Figure 89 : Indice de production d'œufs, suivant les poids éviscérés de A. echinites.

générale de ces distributions pour A. echinites à la station 13 (figure 89) montre le décalage de la production d'œufs vers les grands individus. Ce décalage n'est pas très marqué pour deux raisons : les immatures étaient assez rares à cette station et la relation fécondité-poids éviscéré peut être considérée linéaire sans transformation des données.

Les évaluations de la fécondité ou de ses variations chez les holothuries sont encore très rares. Ainsi Choe (1963) a calculé la fécondité absolue des adultes de S. japonicus qui se situe de 18 à 26×10^6 ovocytes et la fécondité relative dont la valeur moyenne de 209×10^3 ovocytes par gramme d'ovaire, est voisine de celle de H. nobilis.

3.7 - REPRODUCTION ASEXUEE PAR SCISSION

3.7.1 - Généralités

Bien que la reproduction asexuée des holothuries soit connue depuis la description de Dalyell (1851) de la scission de Ocnus planci et O. lactea en aquarium, peu d'études ont été menées sur ce sujet. Dans leur synthèse récente sur la scission et l'autonomie chez les échinodermes en général, Emson et Wilkie (1980) ne citent que quatre espèces scissipares chez les Aspidochirotés : H. surinamensis, H. parvula, H. difficilis et H. atra. A cette liste peuvent s'ajouter H. leucospilota (Townsend et Townsley, 1973), S. chloronotus (Franklin, 1980), H. edulis et S. horrens (Harriot, 1980). Chez H. atra, ce phénomène a

récemment été étudié, de manière quantitative, par Doty à Guam (1977) et Harriot (1980, 1982) en Australie, pour en mettre en évidence les caractéristiques.

Les résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie sur les phases du processus, la vitesse de régénération, le cycle saisonnier, les rapports avec la croissance et la reproduction sexuée chez H. atra seront comparés aux conclusions de ces auteurs.

3.7.2 - Scission et régénération chez H. atra

3.7.2.1 - Différents stades

Au cours de l'échantillonnage mensuel de cette espèce, dans un quadrat de 300 m², à la station 15, on a d'abord observé des individus en cours de division transversale. Puis l'examen morphologique des individus qui paraissent plus larges que la moyenne pour une longueur considérée, a permis de les distinguer des individus simplement contractés et de les classer en plusieurs catégories d'individus en cours de régénération (tableau 38) :

- individus postérieurs, avec un anus normal, se subdivisant en individus sans région antérieure mais seulement une cicatrice (P), et individus avec une région rétrécie, en cours de régénération terminée par une bouche entourée d'un nombre réduit de tentacules (Pa) ;
- individus antérieurs avec une bouche normale, se subdivisant en individus sans anus (A), et individus en cours de régénération avec une portion postérieure plus étroite (Ap).

La portion régénérée ne dépasse généralement pas 3 cm de long. Au-delà, la distinction de la régénération est délicate sur le terrain. Elle nécessiterait une dissection pour observer le rétrécissement des bandes musculaires.

3.7.2.2 - Résultats

Le tableau 38 présente les effectifs et les pourcentages des différents stades observés lors de chaque échantillonnage et le total général.

Scission

En Nouvelle-Calédonie, les individus observés en cours de scission sont toujours assez rares, puisqu'ils ne représentent que 3,5 % de l'échantillon au maximum et 1 % en moyenne. De si faibles effectifs ne permettent pas de mettre en évidence des variations saisonnières nettes, bien que l'absence de scission en novembre et décembre 1979, correspondant à la période du RGS maximum, soit remarquable.

Les distributions de la longueur, chez les individus en scission, des régions antérieures et postérieures (figure 90) montrent que la scission se produit dans la moitié antérieure de l'individu, à 45 % environ de sa longueur totale.

Tableau 38 : Scission et régénération de H. atra sur un platier interne de Nouvelle-Calédonie.

N : individus normaux ; F : individus en cours de scission ; P + Pa : individus en régénération de la partie antérieure ; A + Ap : individus en régénération de la partie postérieure ; R = F + P + Pa + A + Ap : individus résultant de la reproduction asexuée ; () : pourcentage de l'effectif total.

DATE	EFFECTIF	N	F	P + Pa	A + Ap	R
05.79	148		2 (1,3)			
07.79	125	109	1 (0,8)	7 (5,6)	8 (6,4)	16 (13)
08.79	129	112	-	12 (9,3)	7 (5,4)	19 (15)
09.79	176	136	1 (0,6)	19 (10,8)	20 (11,4)	40 (23)
10.79	158	130	3 (1,9)	12 (7,6)	13 (8,2)	28 (18)
11.79	138	116	-	12 (8,7)	10 (7,3)	22 (16)
12.79	139	121	-	9 (6,5)	9 (6,5)	18 (13)
03.80	191	178	1 (0,5)	7 (3,7)	5 (2,6)	13 (7)
04.80	191	151	1 (0,5)	20 (10,4)	19 (10,1)	40 (21)
05.80	172	129	6 (3,5)	19 (11,0)	18 (10,5)	43 (25)
08.83	327*	244	2 (0,6)	44 (13,4)	37 (11,3)	83 (25)
TOTAL	1 894	1 426	17 (0,9)	181 (9,2)	146 (8,4)	324 (18)

La comparaison des longueurs des individus en scission, avec les longueurs dans la population échantillonnée (cf. figure 57) met en évidence que le phénomène est distribué dans les différentes classes de taille. Cette observation est en accord avec les résultats de Crozier (1917), mais en désaccord avec ceux de Deichman (1922) qui rapporte que la scission se produit plutôt chez des individus n'ayant pas encore atteint la taille adulte.

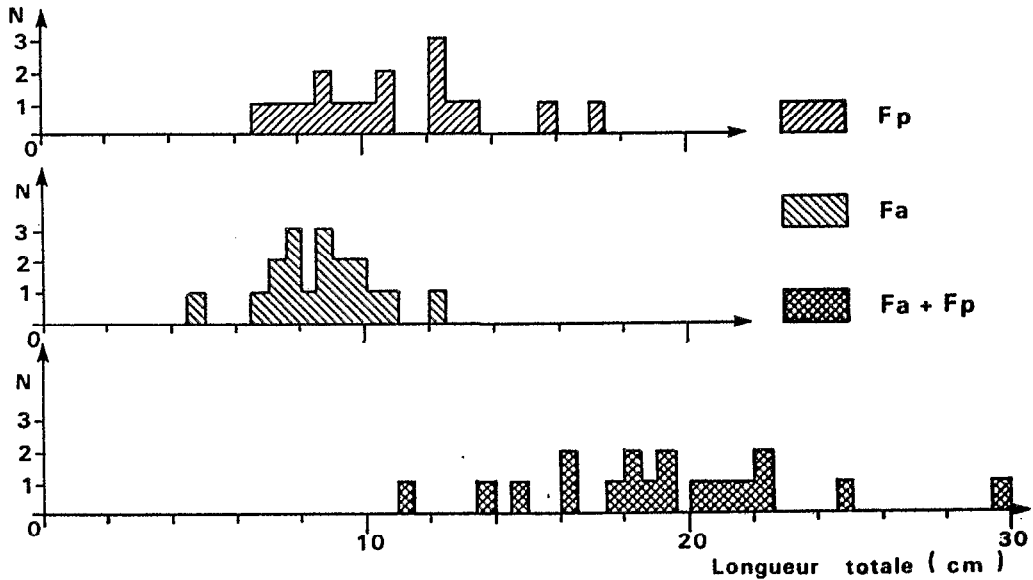


Figure 90 : Distribution des longueurs des individus en scission chez H. atra.
 Fp : longueur de la partie postérieure ;
 Fa : longueur de la portion antérieure ;
 Fa + Fp : longueur de l'individu en scission.

Des comparaisons sur les taux de scission ne peuvent être effectuées qu'avec les résultats de Doty (1977) qui a observé des taux variant de 0,3 à 1,3 % à sa station d'échantillonnage mensuel. D'après ses expériences en aquarium, qui concordent avec celles de Crozier (1917) sur H. surimanensis, la division s'effectue par constriction suivie de torsion. La séparation se fait en deux à sept jours. Crozier rapporte d'autre part que la constriction se fait au tiers antérieur de l'individu, donc un peu plus en avant que ce que nous avons observé.

Régénération

En Nouvelle-Calédonie, les effectifs de H. atra en régénération, incluant les individus en scission, représentent 7 à 25 % de la population échantillonnée et 18 % en moyenne. Il ne semble pas que les variations saisonnières soient très importantes, mais des taux plus faibles observés en mars 1980 succèdent peut-être aux faibles taux de scission de novembre-décembre 1979.

Les individus en régénération sont à peu près équitablement répartis entre les régions antérieures et postérieures, avec respectivement 8,4 et 9,2 %. Les distributions par classe de taille des individus normaux, en scission et en régénération, ont été établies pour les trois échantillons où ces derniers taux étaient élevés, soit septembre 1979, mai 1980 et août 1983 (figure 91). Elles

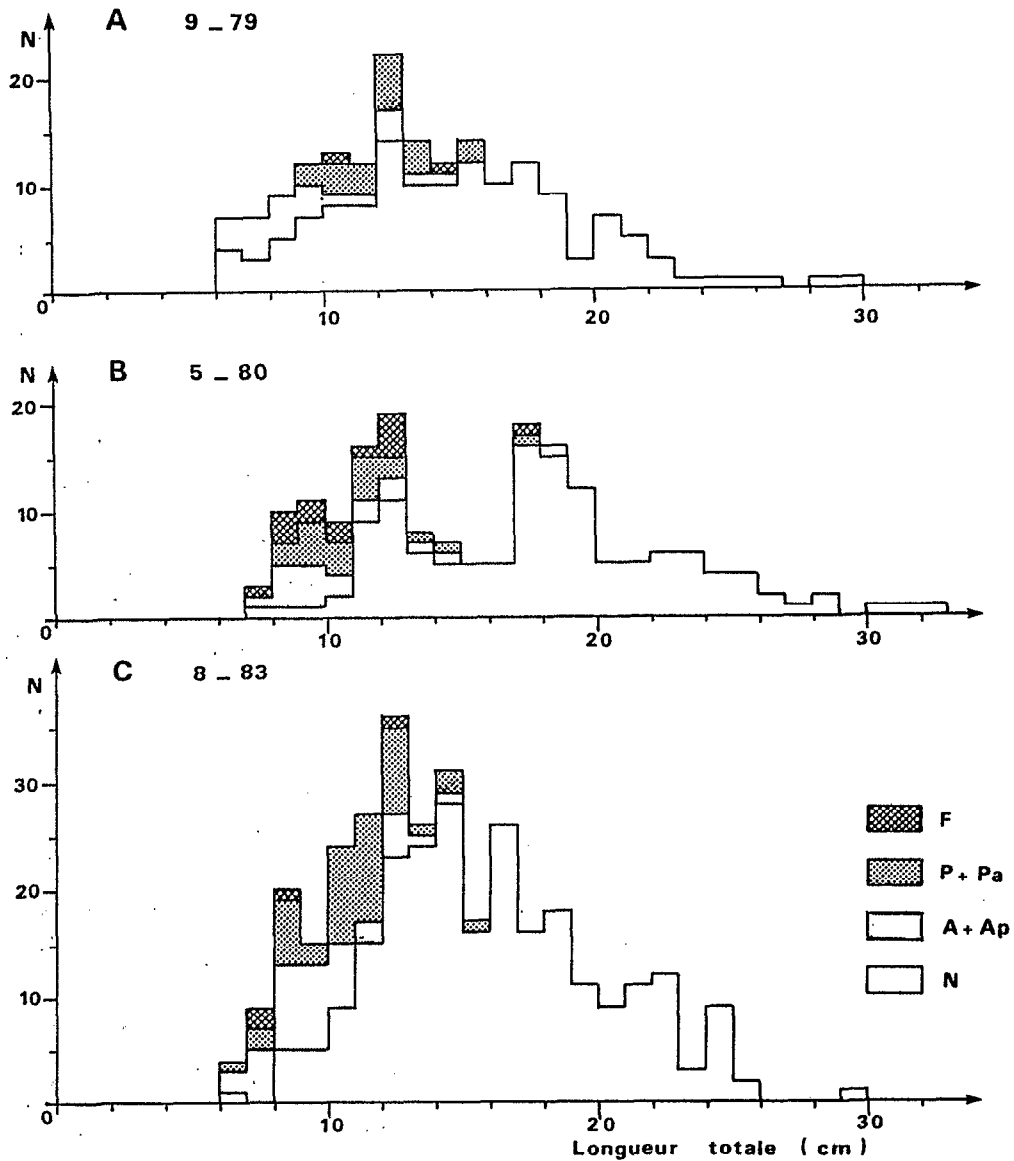


Figure 91 : Distributions des longueurs des individus normaux (N), en scission (F) et en régénération de la partie antérieure (P + Pa) ou postérieure (A + Ap), lors de trois échantillonnages.

permettent de confirmer la répartition équitable des individus en régénération dans les différentes tailles. Cette dernière observation pourrait servir d'argument en faveur d'une vitesse de régénération et une mortalité équivalentes pour les deux portions résultant de la scission. La mortalité consécutive à la scission est par ailleurs inconnue.

Les taux globaux de régénération observés ailleurs sont très variables suivant les espèces. Ainsi Deichman (1922) donne des valeurs de 65 % pour *H. parvula* et 50 % pour *H. difficilis*, à partir d'un échantillon d'effectif réduit. Pour *H. atra*, Doty (1977) présente des valeurs allant de 4 à 50 %, les variations spatiales des taux étant

importantes. Ce type de variation a aussi été observé par Harriot (1982), les taux les plus forts, 40 % à 70 %, étant relatifs à une station de platier. Chez les autres espèces, les observations sont occasionnelles et les fréquences sont toujours faibles.

Concernant la saisonnalité de la scission et de la régénération, les résultats sont souvent basés sur des données insuffisantes pour en tirer des conclusions. Ainsi Bonham et Held (1963) suggèrent que la scission se produit toute l'année, alors que Doty (1977) et Harriot (1982) concluent que les taux varient au cours de l'année, sans qu'il soit possible de définir un cycle.

Enfin, d'après les distributions de fréquences mensuelles des individus régénérant la région antérieure ou postérieure et d'après des expériences en aquarium, Doty (1977) considère que la régénération de la région postérieure se fait en deux à quatre mois, avec une plus forte mortalité que celle de la région antérieure. Les expériences de Choe (1963) sur des sections transversales de S. japonicus, à divers niveaux, montrent aussi une meilleure régénération à partir de la moitié postérieure. Après deux mois et demi, la moitié manquante est régénérée anatomiquement, mais avec une forte perte de poids, également observée par Doty.

3.7.3 - Causes et signification du phénomène

Les causes de la scission chez les holothuries sont peu connues, mais les espèces scissipares sont généralement intertidales. Or, ces biotopes sont soumis à des variations de température et parfois à un fort hydrodynamisme. De telles élévations de température se produisent en particulier à basse-mer, sur les platiers des zones tropicales et sont supposées induire la scission (Doty, 1977).

En Nouvelle-Calédonie, chez H. atra, les fréquences de scission les plus élevées coïncident avec des basses-mers de vives-eaux, se produisant au milieu de la journée. En effet, en saison chaude, de janvier à mars, les grandes basses-mers ont lieu la nuit. Chez cette espèce, la population où la scission a été étudiée est caractérisée par une faible taille modale, en comparaison avec celle d'autres stations. Cette petite taille résulte peut être de la scission comme le suppose Pearse (1968). Par contre, l'hydrodynamisme est très faible à cette station, protégée de ses effets par un très vaste platier externe.

La reproduction sexuée est également présente dans les populations de H. atra étudiées pour leur scission, en Australie (Harriot, 1982) et en Nouvelle-Calédonie. Si la reproduction sexuée n'apparaît qu'au-delà d'une certaine taille, la scission semble répartie dans toutes les classes de la population (cf. figure 91). L'existence d'un décalage temporel entre les deux phénomènes est possible, d'après les

données présentées dans ces deux études, mais un échantillonnage plus important et mieux planifié reste nécessaire pour en apporter la preuve. Ce décalage temporel serait justifié sur le plan théorique, puisque la croissance des gonades et la régénération, consomment de l'énergie.

En conclusion, l'importance relative de la reproduction asexuée dans la population de *H. atra* étudiée, peut être grossièrement évaluée à partir des observations réalisées. Sans tenir compte des variations saisonnières éventuelles, à un taux moyen mensuel observé de scission de 1 % et une durée de une semaine pour la séparation des deux nouveaux individus, correspond un taux mensuel de scission de 4 %, soit 48 % par an. D'autre part, si la régénération dure trois mois, avec un taux mensuel moyen de 18 %, le taux annuel est 54 %. Ainsi, approximativement la moitié de la population serait soumise à la scission puis la régénération, au cours d'une année. Mais il ne faut pas exclure la possibilité d'une mortalité consécutive élevée, ce qui semble probable pour expliquer en partie la stabilité de la distribution des tailles d'une population, comme l'avait observé Ebert (1978) entre deux années consécutives.

3.8 - CONCLUSION

Au terme de cette étude de la reproduction de neuf espèces d'holothuries Aspidochirotés, de taille moyenne et grande, différents résultats ont été obtenus (tableau 40) ; des études complémentaires restent toutefois nécessaires pour préciser certains paramètres.

Tableau 40 : Paramètres de la reproduction et de la fécondité des holothuries étudiées en Nouvelle-Calédonie.

Pg : poids des ovaires ; Ø ovocytes : diamètre modal des ovocytes les plus avancés ; Fa : fécondité absolue ; Frg ou Fre : fécondité relative par rapport au poids des ovaires ou au poids éviscéré ; PO50 : poids ouvert à la première maturité ; PO_M : poids ouvert maximum.

ESPECES	OVAIRES MURS			FECONDITE			PREMIERE MATURETE	
	Pg (g)	RGS2 (%)	Ø ovocytes (µm)	Fa (10 ⁻⁴)	Frg (10 ⁻³)	Fre (10 ⁻³)	PO50 (g)	PO ₅₀ /PO _M (%) ^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. ananas</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

A partir des observations des gonades et des produits génitaux une **échelle de maturité** en cinq stades a été établie. Elle doit être utilisable pour d'autres espèces qui présentent le même type de développement. Du point de vue anatomique, des différences nettes ont été observées entre les deux familles étudiées. Il existe aussi un dimorphisme sexuel très évident au stade 4, des gonades mûres, où les ovaires sont plus lourds que les testicules.

Toutes les espèces étudiées sont itéropares ; leur **cycle sexuel** est annuel ou semi-annuel. La majorité d'entre elles se reproduit en saison chaude. Seule H. nobilis se reproduit en saison froide, mais l'origine de cette différence (seuils thermiques, pressions sélectives, adaptations des larves ou des juvéniles) n'a pas été déterminée. Les caractéristiques du pic secondaire de reproduction de H. scabra (date, durée et intensité) mériteraient d'être précisées.

Des observations de **ponte in situ**, rares jusqu'à présent, montrent des conditions ambiantes très variables, ne permettant pas de définir les facteurs déterminants. Par contre, lorsque la ponte d'un, ou de quelques individus débute, il semble qu'elle puisse induire celle d'autres individus et d'autres espèces.

La **première maturité sexuelle**, définie par le poids P050, pour lequel 50 % des individus de la population échantillonnée ont des gonades qui présentent macroscopiquement une activité (maturation, ponte ou post-ponte), est acquise à des poids très variables suivant les espèces, allant de 75 g chez A. echinites à plus d'1 kg chez T. ananas.

La **capacité de reproduction**, que ce soit au niveau individuel ou à celui de la population, est un indice important bien que ses liens avec le recrutement ne soient pas démontrés chez ces espèces où les juvéniles et les jeunes individus sont toujours rares. La faible taille des oeufs, 150 à 210 μm , indique que le développement se fait vraisemblablement avec des larves planctotrophes. La fécondité relative des espèces est variable, s'étendant sur deux ordres de grandeurs ; ce sont les espèces de taille relativement petite qui présentent les plus fortes fécondités.

De nombreuses questions restent toutefois incomplètement ou même non résolues et nécessiteraient des recherches ultérieures.

- Origine des fortes variations interindividuelles du développement des gonades et des rapports gonadosomatiques des individus d'un même échantillon.
- Influence de la taille, ou de l'âge, sur la fécondité.
- Nombre d'actes de ponte, au cours d'une saison de reproduction, en rapport avec l'évolution du dernier mode d'ovocytes dans l'ovaire.
- Modalités et importance de la résorption d'ovocytes après la ponte.
- Développements larvaires.

4 - CROISSANCE ET MORTALITE

4.1 - INTRODUCTION

Croissance somatique

Son étude peut être envisagée du point de vue de l'individu, sous des aspects physiologiques ou énergétiques, et du point de vue de la population, en suivant l'évolution des classes d'âge ou cohortes. Dans ce cas, sa modélisation, suivant la formule de von Bertalanffy (1938), fournit des paramètres utilisés en dynamique des populations et pour l'établissement de bilans de production. Présentée de manière détaillée par Gulland (1969), l'équation générale pour une dimension linéaire, la longueur par exemple, à l'instant t , est :

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

Elle est exprimée pour les poids par la relation :

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-K(t-t_0)})^b \quad (2)$$

- L_∞ ou W_∞ sont les valeurs asymptotiques de la longueur ou du poids, pour lesquelles le taux de croissance est nul ;
- K est le coefficient de croissance ;
- t_0 est le temps théorique pour lequel la dimension L ou W est nulle ;
- b est le coefficient d'allométrie de la relation poids-longueur.

Chez les échinodermes, les caractéristiques générales de la croissance sont formulées ainsi par Lawrence et Lane (1982), à partir d'études réalisées principalement sur des Echinides et des Astérides : au cours du cycle vital, 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 (par exemple, Ebert, 1968 ; Guillou et Guillaumin, 1985 ; Lawrence, sous presse). La disponibilité de la nourriture permet en particulier d'expliquer certaines variations des taux de croissance ou des tailles maximales observées. Ces caractères laissent présager que l'utilisation de l'équation de von Bertalanffy ne pourra pas être étendue à tout le cycle vital d'une espèce. Ce point a du reste déjà été souvent discuté pour les populations ichthyologiques ; la prudence est recommandée pour l'utilisation du modèle et la signification biologique des paramètres (Laurec et Le Guen, 1981).

Chez les holothuries, les connaissances actuelles se limitent encore à quelques espèces et généralement à une portion de leur cycle vital. Le développement des larves et des juvéniles de certaines espèces a été étudié en aquarium ou dans le milieu naturel, depuis le siècle dernier. Les

travaux récents se rapportent à des représentants des différents ordres, comme par exemple parmi les dendrochirotes Psolus chitinoïdes (Young et Chia, 1982), les apodes Chiridota rotifera (Engstrom, 1980), les molpadidés Molpadia intermedia (Mc Euen et Chia, 1985) et les aspidochirotes S. japonicus (Levin, 1979) et S. californicus (Smiley, 1986 ; Burke et al., 1986).

La croissance des jeunes et des adultes est connue chez quelques dendrochirotes Cucumaria elongata (Buchanan, 1967 ; Fish, 1967), C. pseudocurata (Rutherford, 1973) et quelques aspidochirotes tempérées et tropicales. Les aspidochirotes tempérées, S. californicus, S. parvimensis et S. japonicus présentent un arrêt saisonnier de croissance. Les résultats obtenus par différents auteurs sur cette dernière espèce (tableau 41) montrent une importante disparité.

Tableau 41 : Données bibliographiques sur la croissance de S. japonicus.
LT : longueur en cm ; PT et PE : poids total et éviscéré en g.

AGE (années) PARAMETRES	1			2			3			4			5	6	7	
	LT	PT	PE	LT	PT	PE	LT	PT	PE	LT	PT	PE	PT	PT	PT	
Mitsukuri, 1903	25															
Choe, 1963	6	15	9	13	122	80	18	307	175	21	472	260				
Bregman, 1971		27			75			135			184		232	272	305	

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

Les méthodes utilisées pour déterminer la croissance peuvent être classées en deux groupes (Daget et Le Guen, 1975). Les méthodes directes fournissent des estimations individuelles de l'âge. On distingue principalement : le marquage expérimental, suivi de recaptures (ou bien l'observation d'individus reconnaissables, en cages ou en aquarium) et l'interprétation de marques naturelles périodiques qui peuvent apparaître dans le squelette au cours de la croissance. Les méthodes indirectes sont basées sur l'analyse des structures de taille d'une population. Plusieurs méthodes existent, qui sont dérivées de la méthode de Darcy Thomson (1848), qui a précédé celle de Petersen (1891). Elles sont basées sur l'hypothèse suivante : si la

saison de ponte est de courte durée, une seule cohorte se forme dont il est possible de suivre l'évolution dans le temps. Quand les pontes sont fractionnées pendant une période plus longue, les pics tendent à se fusionner et l'analyse est alors plus difficile.

Plusieurs méthodes ont été employées car la variabilité des paramètres rend les interprétations délicates. L'analyse des données des marquages externes, des marquages internes et du suivi de l'évolution des tailles est basée sur des hypothèses différentes dans chaque cas. Leurs biais et leurs limites étant aussi variables, les résultats obtenus dans chaque expérience sont présentés séparément.

Mortalité

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

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

$$N_t = N_0 \cdot e^{-Zt} \quad (3)$$

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.

Biomasse d'une cohorte théorique

Elle est calculée à partir des estimations obtenues sur la croissance et la mortalité et en utilisant la relation poids-longueur. En effet, pour chaque âge t connaissant le poids moyen P_t , la mortalité naturelle Z , la biomasse B_t d'une cohorte de N_t individus est donnée par la formule :

$$B_t = N_0 e^{-Zt} P_t \quad (4)$$

A partir de cette évolution est déterminé l'âge critique A_c , à partir duquel la biomasse de la cohorte diminue.

4.2 - MARQUAGES EXTERNES

4.2.1 - Méthodes

Différentes techniques ont été essayées, en aquarium et en mer, pour différencier un groupe d'individus ou donner un numéro individuel aux holothuries. Elles ont consisté en des collages sur le tégument, des scarifications, l'utilisation de colorants vitaux, des brûlures, des fixations d'étiquettes par un fil. La plupart de ces marques ont été rejetées ou ont entraîné une nécrose qui s'est plus ou moins étendue. Des effets similaires ont été observés par Shelley (1981), par contre, sur l'espèce tempérée, Parastichopus parvimensis, Muscat (1983) a réussi des marquages, lui permettant d'obtenir des résultats intéressants sur les déplacements. Les marques, conservées deux à trois ans, ne semblent pas affecter les mouvements, ni la survie. Des attaches, du type de celles utilisées dans l'industrie du vêtement, sur lesquelles sont collées une petite étiquette, sont insérées grâce à un pistolet. Cette technique ne semble pas avoir non plus perturbé S. californicus, dans les expériences de Da Silva et al. (1986). Elle a donc été

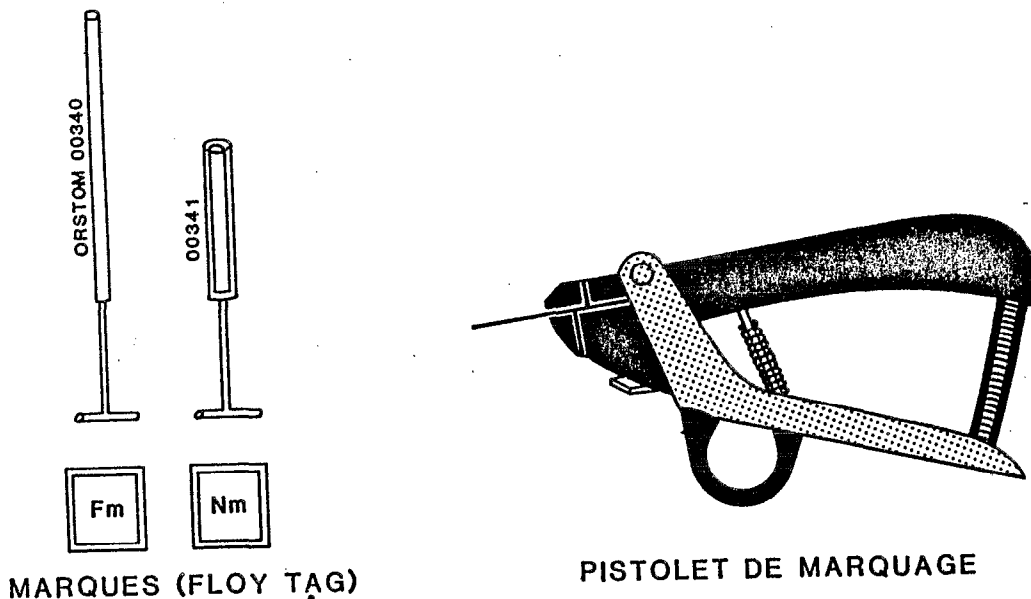
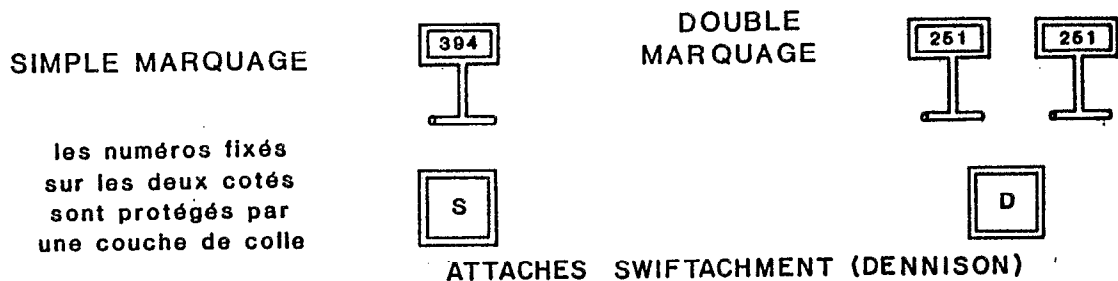


Figure 92 : Méthode de marquage.

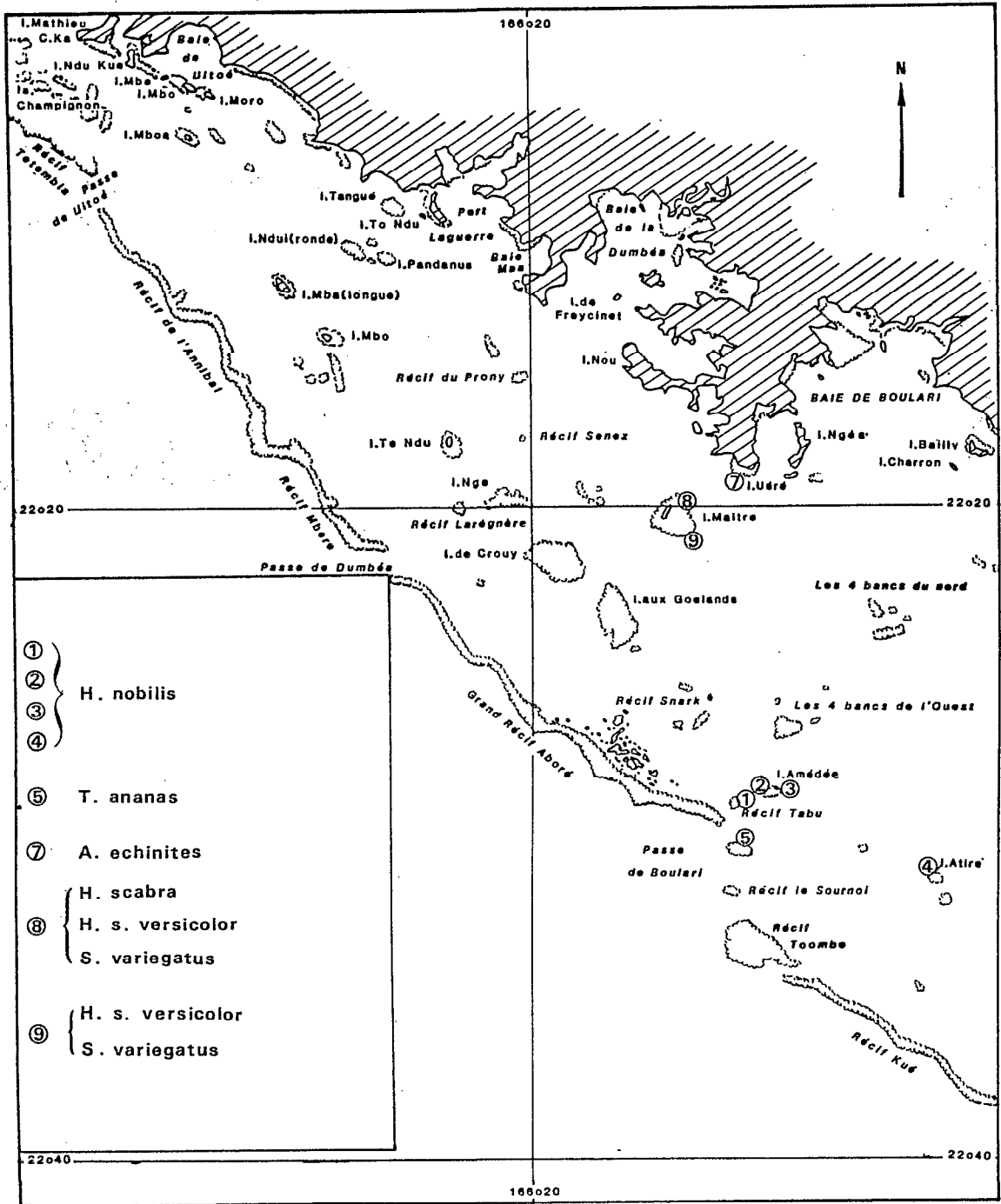


Figure 93 : Stations de marquage des espèces, dans le lagon sud-ouest.

employée en Nouvelle-Calédonie, pour marquer 3 095 individus de sept espèces différentes. Des marques Floy Tag à filament coloré, long ou court, ont également été utilisées (figure 92). Les marques ont été insérées en région latéro-dorsale, pour qu'elles pénètrent dans le muscle longitudinal de l'animal pesé au préalable (figure 94).

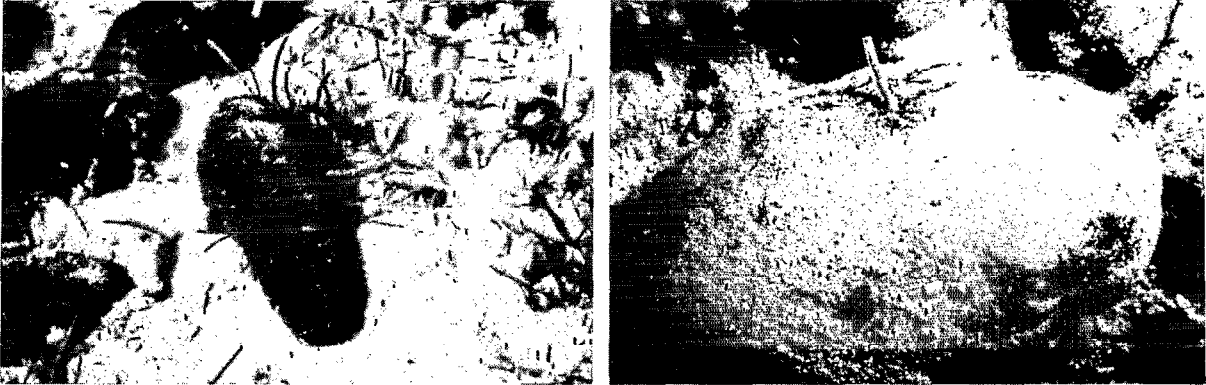


Figure 94 : Holothuriers marquées. A : A. echinites avec une double marque, station 7 ; B : H. nobilis avec une marque Floy Tag, station 1.

Suivant la disponibilité des espèces sur le terrain, deux stratégies différentes de marquage 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 (figure 93, station 7). 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'est pas délimitée précisément. Tous les individus d'une espèce sont récoltés lors d'une première plongée. Ramenés au bateau, ils sont pesés, marqués, puis remis ensuite à la station dont la position est relevée. Lors des recaptures, tous les individus rencontrés sont récoltés : ceux qui ont déjà une marque sont seulement pesés, les autres sont alors marqués, puis tous sont remis à la station. Il en est procédé ainsi à chaque recapture. T. ananas a ainsi été marquée au Récif To (figure 93, station 5) ; H. nobilis, dont les effectifs étaient faibles, l'a été en quatre stations (figure 93, station 1 à 4) ; H. scabra versicolor et S. variegatus, toutes deux abondantes à la balise de l'Îlot Maître, ont été marquées conjointement (figure 93, station 9). Lors de la dernière recapture, marquant la fin de ces opérations, un effort de recherche particulièrement intense a été déployé pour augmenter les chances de recapture et permettre d'établir une distribution des tailles avec un effectif important.

Enfin, les espèces H. scabra, H. scabra versicolor et S. variegatus ont été marquées dans deux sites proches de l'herbier du platier de l'Îlot Maître (figure 93, station 8), selon la deuxième stratégie, des marquages au cours des recaptures.

Les données concernant l'ensemble de ces opérations sont regroupées dans l'annexe 5A. Lors de chaque recapture, la présence de cicatrices sur le tégument, la perte d'une marque en cas de double marquage, ou la perte du numéro seulement, sont notées. En effet, au bout de quelques semaines, le numéro est recouvert par des algues calcaires qu'il faut gratter, endommageant parfois celui-ci. Globalement, les marques longues sont moins fréquemment recapturées et dans quelques cas, elles sont sectionnées peut-être par un prédateur attiré par leur couleur.

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. Les données obtenues tant pour l'étude de la croissance que celle de la mortalité sont assez limitées et les résultats peuvent être biaisés.

4.2.2 - Résultats sur la croissance

Différentes observations montrent les limites de cette méthode. En effet, le marquage constitue un stress d'intensité variable suivant les espèces, qui peut entraîner l'éviscération ou l'amaigrissement.

4.2.2.1 - Effets du marquage

Les observations d'éviscération à l'issue du marquage, regroupées dans le tableau 42, n'ont pas été fréquentes, sauf chez H. scabra, où elle a même été observée à retardement, une heure après le marquage. La perte de poids qui en résulte est donc importante et le poids mesuré à la recapture a alors peu de signification. Il est par ailleurs assez surprenant que les Stichopodidés, T. ananas et S. variegatus, qui présentaient un taux élevé d'éviscération lors de l'échantillonnage mensuel, ne s'éviscèrent pas lors du marquage.

Lors de recaptures, certains individus ont grossi, d'autres ont maigri. Ceci peut être un artefact provenant de la variabilité des mesures de poids relevées sur le terrain. Il a paru cependant, qu'en première approximation, le pourcentage des individus ayant grossi devrait en moyenne dépasser 50 %, pour considérer qu'il y a croissance après marquage. Indépendamment du temps de liberté, les individus ayant pris du poids entre deux recaptures sont dénombrés et les résultats globaux, par espèce, sont les suivants :

S. variegatus : 7 % - H. scabra : 9 % - H. nobilis : 12 %
T. ananas : 37 % - H. scabra versicolor : 41 %
A. echinites : 54 % - A. mauritiana : 61 %.

Tableau 42 : Eviscération lors du marquage.

M : effectif marqué ; E : effectif éviscéré après le marquage ; E/M en %.

ESPECE	STATION	M	E	E/M
<i>H. nobilis</i>	1 à 4	570	2	0,4
<i>T. ananas</i>	5	411	4	1,0
<i>A. mauritiana</i>	6	500	0	0
<i>A. echinites</i>	7	526	0	0
<i>H. scabra</i>	8	254	37	14,6
<i>H. s. versicolor</i>	8	160	3	1,9
	9	293	2	0,7
<i>S. variegatus</i>	8	58	0	0
	9	306	0	0

Le traumatisme dû au marquage est donc évident pour la plupart des espèces. L'amaigrissement est très net chez *S. variegatus*, *H. scabra* et *H. nobilis* qui sont aussi, par ailleurs, des espèces où le taux de perte des marques est très élevé. Il semble que seules les espèces *A. mauritiana* et *A. echinites* grossissent après le marquage.

La sensibilité des individus est également variable. Ainsi, à la fin des opérations, des individus marqués, de chaque espèce sauf *S. variegatus*, ont été recapturés après des temps de liberté dépassant 500 jours. Ils ont été alors disséqués : leur tube digestif était plein et les tissus entourant la marque semblaient normaux.

4.2.2.2 - Croissance de *A. mauritiana* et *A. echinites*

Les données du marquage de ces espèces 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, les taux de recapture sont élevés et malgré la variabilité des mesures, les individus qui grossissent sont plus nombreux que ceux qui maigrissent.

A partir de la méthode d'ajustement des moindres carrés d'Abramson et Tomlinson (1961), Bour et al. (1982) ont écrit et utilisé pour les trocas un programme permettant de calculer K, après avoir fixé L_{∞} , en minimisant la somme des carrés. Il est basé sur les longueurs pour trois recaptures successives.

Les données de poids ont été transformées en longueur au moyen des équations calculées précédemment. La valeur de L maximum est souvent choisie pour fixer L_{∞} . Mais L_{∞} calculé varie en fonction de l'intervalle des valeurs utilisées pour l'établissement de la courbe et son extrapolation en dehors de cet intervalle est aléatoire. Cependant, dans le cas de stocks non exploités, cas de ces deux espèces, L_{∞} se rapproche de L maximum. Le choix d'une valeur pour L maximum ne doit pas être l'individu "record" mais la moyenne de plusieurs grands individus (Pauly, 1984). Ainsi, L_{∞} a été fixé à 340 mm pour A. mauritiana et 295 mm pour A. echinites.

La figure 95A et B présente les courbes ainsi calculées. Les valeurs de K annuel, 0,09 pour A. echinites et 0,12 pour A. mauritiana, permettent d'établir les accroissements en longueur et en poids, en âge relatif puisque l'âge réel est inconnu (annexe 6).

La valeur de K pour A. echinites est beaucoup plus faible que celle obtenue par Shelley (1985) en suivant l'évolution des classes de taille.

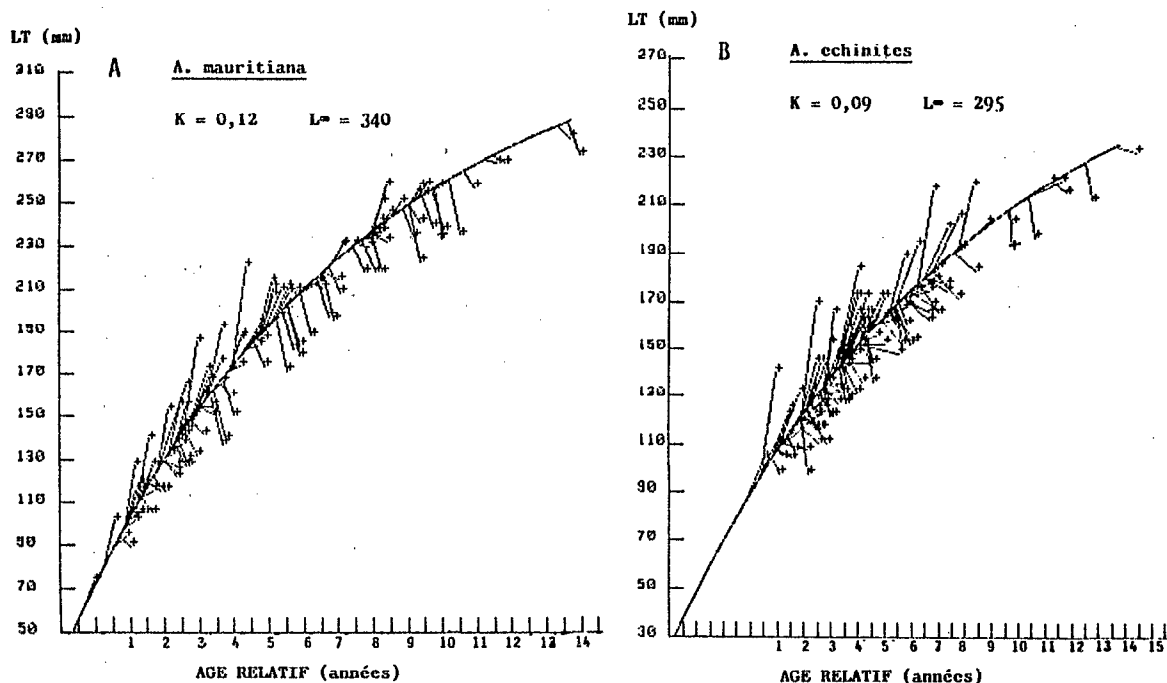


Figure 95 : Courbes de croissance en longueur.

L'évaluation présente repose 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 très prudent dans leur utilisation.

4.2.3 - Résultats sur la mortalité

Au cours d'opérations de marquages-recaptures, la disparition totale apparente des individus, ou coefficient de mortalité totale apparente, Z, a plusieurs causes. Elle peut être définie comme la somme de plusieurs coefficients instantanés :

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

M : coefficient de mortalité naturelle ;
 d : coefficient de disparition du secteur de recherche ; il comprend la migration et la dissimulation ;
 m : coefficient de mortalité due au marquage ;
 p : 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 est mise en évidence par la diminution des effectifs recapturés au cours du temps. Les résultats généraux apparaissent dans le tableau 43. Globalement les taux de recapture sont variables suivant les espèces. Les résultats sont présentés, par espèce et par opération, dans l'annexe 5B et sur la figure 96.

Tableau 43 : Résultats des marquages - recaptures.

M : effectif marqué ; r₁, r₂, r₃, r₄ : effectifs recapturés 1, 2, 3 ou 4 fois, avec une marque lisible.

ESPECE	STATION	M	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₁ /M (%)
<i>A. mauritiana</i>	6	550	220	71	5	0	40
<i>A. echinites</i>	7	520	220	97	11	1	42
<i>H. nobilis</i>	1	142	20	3	1	0	14
	2	185	36	7	1	0	19
	3	83	20	6	2	0	24
	4	161	4	0	0	-	2
	t	571	80				14
<i>T. ananas</i>	5	411	82	14	8	2	20
<i>H. scabra</i>	8	244	107	5	1	0	44
<i>H. s. versicolor</i>	8	139	36	5	0	0	25
	9	293	29	3	0	0	10
	t	432	65				15
<i>S. variegatus</i>	8	57	6	0	0	-	11
	9	306	8	0	0	0	3
	t	363	14				4

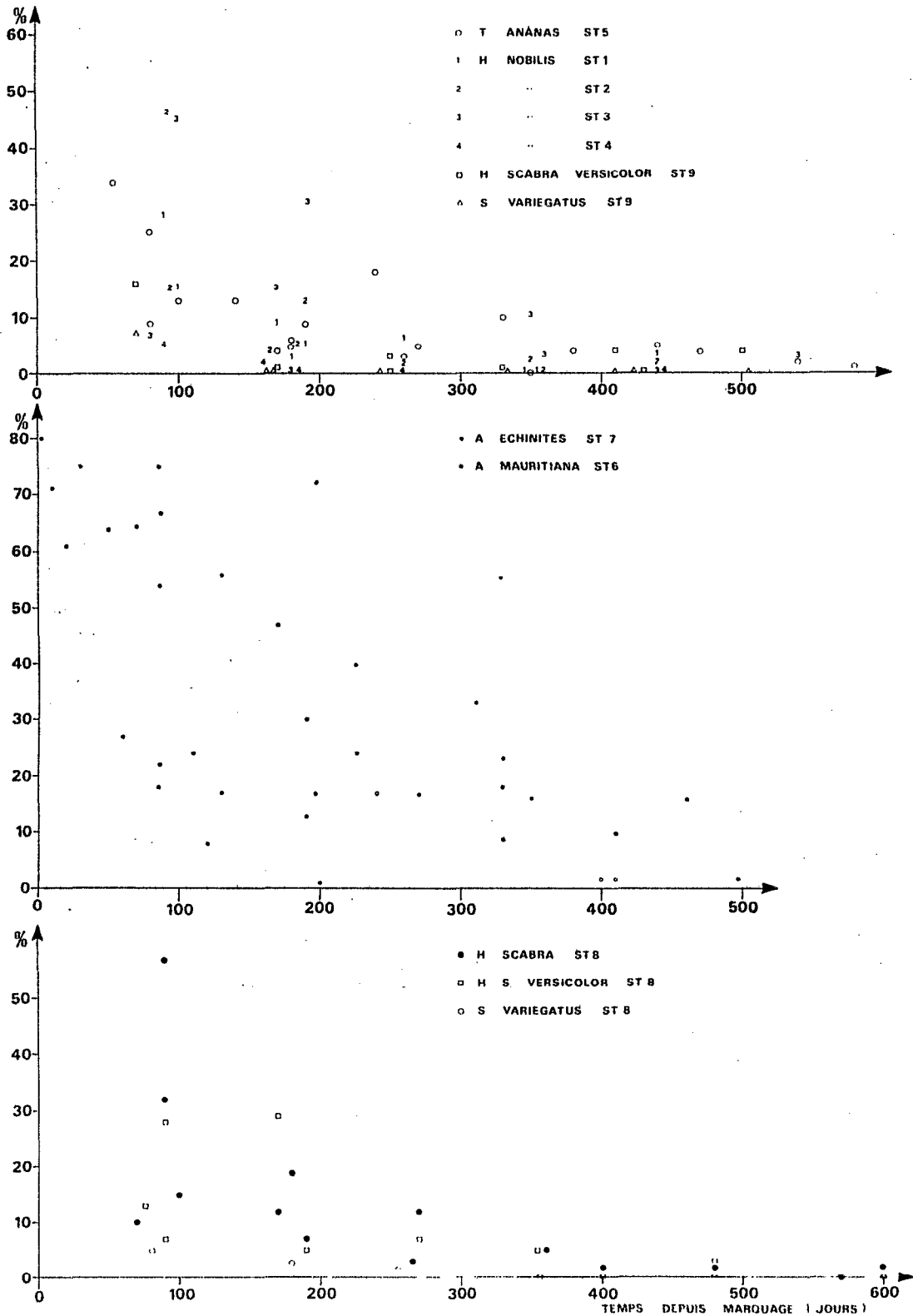


Figure 96 : Taux de recapture.

A : espèces de platier externe.

B : espèces de pente et lagon internes.

C : espèces de platier interne.

Chez A. echinites, des observations ont été faites durant le premier mois et montrent des taux très élevés qui diminuent ensuite, mais dépassent 15 % après 400 jours de liberté. Chez A. mauritiana, l'évolution est très comparable durant la première année, puis les taux deviennent légèrement plus faibles. Pour les espèces des pentes et de lagon internes, les taux de recapture sont toujours plus faibles que pour les espèces précédentes. Ils n'atteignent, par exemple, jamais 50 % dès le troisième mois et deviennent très faibles après six mois. Il y a aussi de fortes différences entre les espèces, ainsi, chez T. ananas et H. nobilis les taux déclinent progressivement, alors que chez S. variegatus, les recaptures sont nulles après trois mois. Pour les autres espèces de platier, enfin, les taux sont généralement assez faibles. Les recaptures de S. variegatus, comme à la station profonde, sont rares. Par contre, quelques individus de H. scabra versicolor sont recapturés au-delà de 400 jours.

En supposant qu'il garde une valeur constante, le coefficient de mortalité apparente totale peut être évalué par une méthode semi-graphique. Il 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 44. Elles sont assez élevées, mais laissent prévoir des valeurs plus faibles pour la mortalité naturelle, après soustraction des autres coefficients.

Tableau 44 : Coefficients 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.

ESPECE	STATION	n	r	Z
<i>H. nobilis</i>	1	8	-0,81	2,70
	2	9	-0,86	3,34
	3	8	-0,81	2,44
<i>T. ananas</i>	5	20	-0,78	1,45
<i>A. echinites</i>	7	15	-0,74	1,34
<i>A. mauritiana</i>	12	16	-0,88	2,49
<i>H. scabra</i>	8	14	-0,84	2,11
<i>H. s. versicolor</i>	8	9	-0,77	2,08
	9	5	-0,72	2,67

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. - 4.2.4) montrent 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. Globalement, celles-ci présentent des taux de recapture plus élevés. Il est possible que l'effort de recherche d'individus marqués, lors des recaptures, dans un quadrat de petite taille, soit plus efficace que la récolte en plongée, sans discrimination des individus marqués ou non.

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 (cf. annexe 5B). Il est difficile d'évaluer la mortalité consécutive, qui est souvent probablement constante. Les observations d'éviscération et d'amaigrissement 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. La perte des marques peut, elle-aussi, être progressive ou constante. Deux difficultés supplémentaires, pour l'évaluation du coefficient p , proviennent de pertes occasionnelles du numéro au cours de l'expérience qui empêchent la reconnaissance des individus et de la possibilité du rejet des deux marques. Les valeurs calculées ici sont basées sur l'hypothèse d'un taux de perte constant d'une seule marque. Elles seront donc encore probablement sous-estimées. 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 45).

La perte de marques est indirectement 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. Dans le tableau 46, les taux d'individus portant une

Tableau 45 : Coefficients 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		

Tableau 46 : Effets du marquage : évolution du nombre d'individus présentant une cicatrice.

T : effectif récolté ; C : effectif avec cicatrice ;
 j : temps en jours depuis le premier marquage.

ESPECE STATION	OPERATION (N°)	j	T	C	C/T (%)
<i>H. nobilis</i> St. 1 + 2 + 3 + 4	1	0	187	0	0
	2	97	147	7	4,8
	3	190	157	22	14,0
	4	357	134	34	23,4
	5	540	211	79	37,4
<i>T. ananas</i> St. 5	1	0	68	2	2,9
	2	56	66	2	3,0
	3	139	96	5	5,2
	4	238	41	2	4,9
	5	330	71	13	18,3
	6	468	69	5	7,2
	7	651	99	7	7,0
<i>H. scabra versicolor</i> St. 9	1	0	117	3	2,6
	2	78	81	-	-
	3	245	95	7	7,4
	4	410	188	2	1,1
	5	505	244	-	-
<i>S. variegatus</i> St. 9	1	0	111	3	2,7
	2	78	94	16	17,0
	3	245	101	29	28,7
	4	410	37	5	13,5
	5	505	48	9	18,7

cicatrices augmentent progressivement chez *H. nobilis*. Sur la photographie (cf. figure 94B), la marque est encore en place dans le tégument, mais au centre d'une dépression anormale. Le phénomène est présent chez les autres espèces, le taux est maximum vers 200 à 300 jours et il est probable qu'au-delà, les captures ayant été plus espacées, les cicatrices aient elles-même disparu. Des taux plus faibles, dans des conditions de marquage identiques, peuvent provenir d'une meilleure rétention des marques ou d'une cicatrisation plus rapide. Chez *S. parvimensis*, Muscat (1983) a observé 2 % seulement d'individus présentant des cicatrices.

Un dernier point de l'analyse des recaptures concerne l'influence de la taille des individus marqués. En effet, un biais supplémentaire existe si les petits individus sont plus sensibles au stress du marquage. Les distributions de fréquence des poids au marquage, des individus recapturés, ont été subdivisées en quatre classes, de A à D dans l'ordre croissant. Les taux des recaptures lisibles sont alors recalculés pour chaque classe (tableau 47). Il apparaît qu'ils ne sont que faiblement influencés par la taille des individus marqués.

Tableau 47 : Influence de la taille sur les taux de recapture.

CLASSES DE POIDS TOTAL	A	B	C	D
ESPECES				
<i>T. ananas</i>	< 1000 21 %	1000-2000 32 %	2000-3000 16 %	> 3000 23 %
<i>H. scabra versicolor</i>	< 500 18 %	500-1000 27 %	1000-1500 13 %	> 1500 11 %
<i>A. echinites</i>	< 100 35 %	100-200 43 %	200-300 47 %	> 300 58 %
<i>A. mauritiana</i>	< 100 47 %	100-300 52 %	300-500 53 %	> 500 62 %

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 :

<u>A. echinites</u>	M = 0,64
<u>A. mauritiana</u>	M = 1,45,
<u>T. ananas</u>	M = 0,50.

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

4.2.4 - Déplacements des individus marqués

Bien qu'elles ne concernent pas la croissance, les observations faites à l'occasion des marquages apportent quelques renseignements sur les déplacements. Les paramètres du déplacement, distance, direction, vitesse moyenne ou maximale, peuvent être étudiés à différentes échelles temporelles. La plupart des études antérieures, réalisées en rapport avec l'alimentation ou le cycle nycthéral, montrent une grande diversité des comportements, allant de la sédentarité chez certaines espèces comme H. arenicola (Hammond, 1982) et les espèces cryptiques, H. cinerascens ou H. coluber, aux migrations saisonnières des Stichopidés, S. japonicus (Levin, 1981) et S. parvimensis (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 :

- S. japonicus : 5-20 cm/heure, soit 1,4 à 4,7 m/jour (Levin, 1981) ;
- H. mexicana : 4,5 à 5,8 m/jour (Hammond, 1982) ;
- I. badionotus : 4,0 à 4,4 m/jour (Hammond, 1982) ;
- S. parvimensis, sur sable : 50 cm/heure (Muscat, 1983) ;
- S. parvimensis, sur rochers : 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).

Pour une période de plusieurs jours, le trajet total 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 au hasard.

En Nouvelle-Galédonie, les recaptures sont réalisées approximativement tous les trois mois, pendant deux ans. Pour les espèces, A. echinites et A. mauritiana, les individus étaient marqués dans des quadrats matérialisés par des piquets permanents, enfoncés dans les platiers. Lors des recaptures, une corde tendue entre eux délimitait le quadrat intérieur (I), de 100 m ; les recherches étaient ensuite menées dans la bordure (B), d'environ 100 m, puis à l'extérieur (E) sur 200 m (figure 97).

La figure 98 montre l'évolution de la répartition des individus recapturés, entre les différents quadrats I, B, E, pour ces deux espèces. Ces données montrent que les déplacements sont assez limités puisque beaucoup d'individus sont retrouvés dans le quadrat I, après 200 jours. Ceci est en accord avec les observations de Hammond (1982) qui suggère par ailleurs que la répartition hétérogène des substrats jouerait un rôle de frontière et limiterait le déplacement des individus.

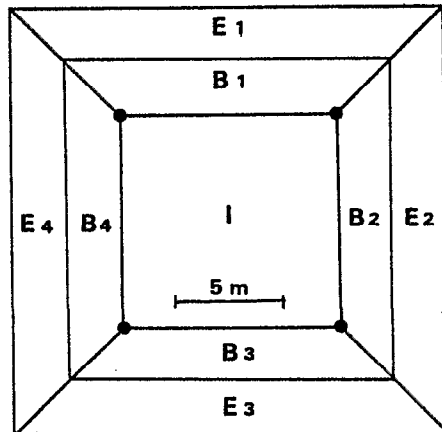


Figure 97 : Délimitation des zones repérées des quadrats de platiers externes.

Pour déterminer si les déplacements des individus marqués se font vers une direction privilégiée, quatre zones, 1 à 4, ont été repérées dans chacun des quadrats B et E (cf. figure 97). Lors des recaptures, la position des individus est rapportée à ces zones. La direction des mouvements a été testée par un χ^2 , sur les effectifs recapturés dans chaque zone.

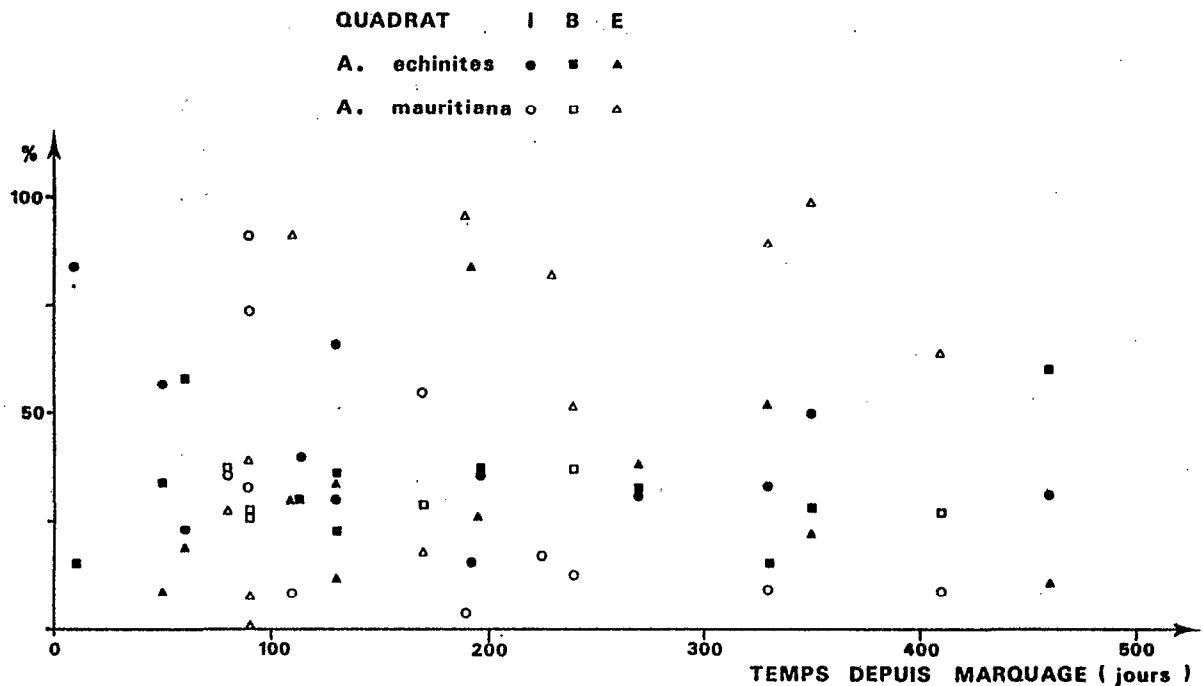


Figure 98 : Déplacements des individus marqués-recapturés.

% : pourcentages calculés dans chaque type de quadrat par rapport à l'ensemble des recaptures, pour chaque espèce.

Les résultats (tableau 48) indiquent que pour *A. echinites*, la valeur calculée ne permet pas le rejet de l'hypothèse nulle au seuil de $\alpha = 0,05$, la direction du déplacement se fait donc au hasard. Par contre, l'hypothèse nulle peut être rejetée pour *A. mauritiana*, dont les déplacements semblent se faire préférentiellement vers les zones 3 et 4, qui correspondent respectivement à un bord du platier et un chenal de houle. Ces zones de déferlement constituent le biotope préférentiel de l'espèce. Ce résultat semble en contradiction avec les observations antérieures de déplacement non-directionnel. Toutefois, une hypothèse pour l'expliquer est que les individus sont entraînés passivement par l'hydrodynamisme et compensent par un mouvement orienté en sens inverse.

Tableau 48 : Mise en évidence de la direction des déplacements chez deux espèces de platier externe, par la répartition des effectifs des individus marqués - recapturés.
1, 2, 3, 4 : directions (cf. fig. 51) ; SQ : somme des individus par quadrat ; SD : somme par direction ;
m : valeur moyenne par direction.

QUADRAT	<i>A. echinites</i>					<i>A. mauritiana</i>				
	1	2	3	4	SQ	1	2	3	4	SQ
Bordure (B)	21	23	34	22	100	9	15	29	26	79
Extérieur (E)	15	21	9	11	56	8	5	14	6	33
SD	36	44	43	33	156	17	20	43	32	112
	$\bar{m} = 39 - dl = 3$ $\chi^2 = 2,20$					$\bar{m} = 28 - dl = 3$ $\chi^2 = 15,21$				

Pour les autres espèces, les quadrats n'étant pas délimités matériellement, les recaptures prouvent seulement que les déplacements sont restreints, certains individus étant retrouvés à la station après plus de deux ans. Parmi les espèces étudiées, les Stichopodidés semblent être celles qui sont capables d'effectuer les plus grands déplacements. Aucune migration saisonnière n'a été mise en évidence par cette étude.

4.3 - MARQUAGES INTERNES

4.3.1 - Méthodes

Le squelette des holothuries est un endosquelette qui comprend les spicules, la couronne calcaire péripharyngienne et chez certaines espèces des dents anales. La morphologie de ces éléments est très utilisée en

taxonomie. La formation des spicules et leur ultrastructure a été étudiée chez des Synaptidés (Hozawa, 1928 ; Stricker, 1985) et des Phyllophoridés (Feral, 1980). L'anatomie de la couronne calcaire est décrite dans les ouvrages généraux (Cuénot, 1948 ; Hyman, 1955), certains aspects de son histologie ont été abordés chez A. mauritiana (Moss et Murchison, 1966) et sa croissance étudiée chez H. atra par marquage interne à la tétracycline (Ebert, 1978). Sa fixation dans le squelette est marquée par la présence d'une bande fluorescente en lumière ultra-violette. Cette propriété, d'abord utilisée chez des vertébrés, a été appliquée chez les Echinides par différents auteurs (Kobayaski et Taki, 1969 ; Pearse et Pearse, 1975 ; Märkel, 1976 ; Ebert, 1977 ; Régis, 1979 ...). Chez H. atra, ces marques ont permis de déterminer la croissance, en se basant sur les relations morphométriques entre la taille de l'holothurie et de la couronne calcaire.

Une expérience de marquage à la tétracycline a été réalisée en Nouvelle-Calédonie sur A. echinites, espèce qui ne présente généralement pas de scission, car ce phénomène compliquait l'interprétation chez H. atra. Dans des conditions voisines de celles décrites par Ebert (1978), 100 individus d'une zone repérée du Récif Ricaudy ont reçu, en avril 1982, une injection de 1 ml de solution d'oxytétracycline à 2 g par 100 ml. En septembre 1982, 60 individus du site ont été disséqués ; les couronnes calcaires ont été prélevées, nettoyées, trempées quelques minutes dans de l'eau de javel, séchées puis examinées au microscope à ultra-violet. Par ailleurs, la biométrie de la couronne calcaire a été étudiée chez A. echinites et A. mauritiana.

4.3.2 - Résultats sur la croissance et la biométrie de la couronne calcaire péripharyngienne

L'expérience de marquage interne par la tétracycline a échoué, aucune couronne n'a en effet montré de ligne de fluorescence vert-jaune. Il est possible que, soit la tétracycline n'ait pas été incorporée, soit les individus recapturés n'aient pas été ceux qui avaient reçu l'injection. Harriot (1980), dans une expérience similaire sur H. atra, n'a pas non plus obtenu de résultats positifs.

Les résultats sur la biométrie sont donc présentés en préliminaire à d'autres expériences de marquage, par de la tétracycline, de l'alizarine ou des produits radioactifs, qui n'ont pas encore été réalisées. Les couronnes de 131 A. echinites et 120 A. mauritiana, réparties entre les différentes classes de taille disponibles, ont été disséquées et conservées à l'alcool. Elles sont constituées de cinq radiales. Chez ces espèces, les plaques sont grossièrement trapézoïdales et la symétrie radiaire n'est pas altérée comme chez d'autres espèces, comme T. ananas par exemple. Les mesures suivantes ont été relevées :

P : poids de la couronne sèche, à 0,1 g près, sans passage à l'eau de javel qui rend les pièces trop fragiles ;

D : diamètre externe, à 0,1 mm.

Afin de déterminer le meilleur paramètre, plusieurs longueurs ont été mesurées pour chaque plaque à 0,01 mm près (figure 99).

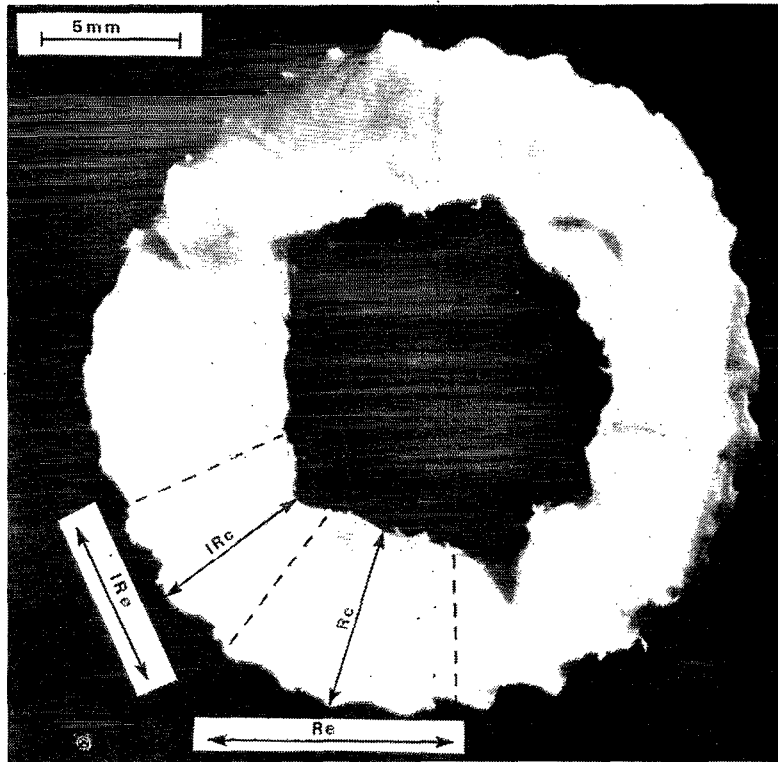


Figure 99 : Couronne calcaire péripharyngienne de A. echinites.

Rc : longueur d'une radiale.

IRC : longueur d'une interradiale.

Re : largeur d'une radiale.

IRe : largeur d'une interradiale.

Ces valeurs, généralement homogènes pour les cinq plaques d'une couronne, servent à calculer la moyenne. Certaines couronnes qui présentaient des anomalies ont été écartées. Ainsi, chez A. echinites, parmi les six couronnes anormales (5 % de l'échantillon), deux n'avaient que quatre interradiales, deux n'avaient que quatre radiales et quatre interradiales, deux étaient déformées. Chez A. mauritiana, les mêmes anomalies ont été relevées chez huit individus (7 % de l'échantillon).

Les paramètres biométriques des couronnes de ces deux espèces sont présentés dans le tableau 49. Il apparaît que les radiales sont plus longues et plus larges que les interradiales. Chez un individu de dimension moyenne, le poids de la couronne est de 5 g chez A. echinites et 12 g chez A. mauritiana.

Les corrélations linéaires, avec/et sans transformation logarithmique des valeurs, ont été calculées. Ces matrices de corrélations sont présentées dans l'annexe 7. Elles montrent que les valeurs des coefficients de corrélation de Rc avec les paramètres de la couronne P et D sont élevées, ainsi qu'avec les paramètres de l'individu.

Tableau 49 : Paramètres des couronnes péripharyngiennes.

	<i>A. echinites</i> n = 124		<i>A. mauritiana</i> n = 114	
	Moyenne	Min.-Max.	Moyenne	Min.-Max.
LT (mm)	188	58-365	229	90-370
PO (dg)	2 001	58-5 800	3 000	219-6 450
PE (dg)	1 498	49-4 050	2 370	174-5 250
P (dg)	52	3-119	117	10-384
D (mm ^{10⁻¹})	203	80-280	268	135-410
Rc (mm ^{10⁻²})	679	256-949	864	392-1 295
Re (mm ^{10⁻²})	546	210-795	732	390-1 137
IRc (mm ^{10⁻²})	531	229-733	661	393-896
IRe (mm ^{10⁻²})	441	168-667	597	308-905

Cette longueur de la radiale est donc la dimension à retenir pour étudier la croissance de la couronne calcaire et en déduire celle de l'individu. Les principales relations biométriques sont présentées dans le tableau 50. Elles pourraient être utilisées ultérieurement pour d'autres expériences de marquage interne.

Tableau 50 : Relations biométriques des couronnes péripharyngiennes. Paramètres cf. tableau 49 ; Rc(1) en mm.10⁻¹, (2) mm.10⁻².

X	Y	<i>A. echinites</i> n = 124		<i>A. mauritiana</i> n = 114	
		r	équation	r	équation
D	P	0,95	$\log Y = -11,03 + 2,80 \log X$	0,98	$\log Y = -13,85 + 3,30 \log X$
PO	P	0,81	$Y = 10,29 + 0,02 X$	0,83	$Y = -10,59 + 0,42 X$
Rc	D	0,96	$Y = 0,82 + 0,30 X$ (1)	0,95	$Y = 55,83 + 2,45 X$ (2)
PO	Rc	0,94	$\log Y = 4,43 + 0,28 \log X$	0,94	$\log Y = -3,86 + 2,63 \log X$
PE	P	0,82	$Y = 9,03 + 0,03 X$	0,82	$Y = -10,93 + 0,05 X$
LT	P	0,84	$\log Y = -6,94 + 2,06 \log X$	0,85	$\log Y = -7,49 + 2,23 \log X$

4.4 - DISTRIBUTIONS DE FREQUENCE DES TAILLES

4.4.1 - Introduction

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.

Dans le cas des holothuries, la variabilité des mesures complique la décomposition. Or, dans les cas habituels, il est courant de signaler que la méthode fait appel au discernement du chercheur et à des hypothèses sur l'ordre de grandeur des phénomènes. Ainsi "pour un stock fini de données, l'amplitude de classe sera un facteur prépondérant dans l'apparition (ou la disparition) des modes de la distribution" (Ménesguen, 1980). Quand l'ordre de grandeur des phénomènes n'est même pas connu, l'intervalle de temps choisi pour effectuer les mesures, est aussi un facteur important, pour mettre en évidence l'évolution des modes. Enfin, la rareté des juvéniles observée dans la plupart des cas étudiés et le faible niveau des connaissances sur le recrutement entraînent des difficultés supplémentaires pour l'interprétation. Ainsi, les distributions de fréquence de taille des holothuries sont considérées dans certains cas comme unimodales, dans d'autres comme plurimodales. Quelques exemples de la littérature et des observations effectuées en Nouvelle-Calédonie vont être présentés avant l'analyse plus détaillée des distributions des fréquences de T. ananas et S. chloronotus, qui permettront une première évaluation de la croissance, de la mortalité et de la biomasse d'une cohorte théorique de ces espèces.

4.4.2 - Différents types de distribution

Distributions de fréquence unimodales

Deux hypothèses peuvent rendre compte de l'aspect unimodal souvent signalé pour les distributions des longueurs ou des poids. La première hypothèse peut être ainsi formulée : le mode correspond à un seul recrutement, donc une classe d'âge évolue en un site donné. Elle est basée sur les observations de rareté des juvéniles, de recrutement sporadique et de tailles différentes suivant les stations. En théorie, les différences entre les valeurs modales de stations situées à proximité les unes des autres, si les individus proviennent d'un même recrutement, peuvent avoir pour origine soit des migrations au cours du cycle vital, soit des taux de croissance variables. Mais aucune preuve n'a été trouvée jusqu'à présent pour justifier l'une ou l'autre.

L'évolution temporelle de la valeur modale d'une distribution des longueurs de A. echinites a permis d'évaluer sa croissance (Shelley, 1985). Les valeurs calculées pour les paramètres sont $L_{\infty} = 230$ mm et K mensuel = 0,25, soit 3,0 pour K annuel. Cette valeur de K est très supérieure à celle qui a été obtenue à l'aide des marquages en Nouvelle-Calédonie, alors que l'intervalle d'étude et les valeurs de L sont assez voisines. L'évaluation de Shelley, étant basée sur une estimation visuelle des valeurs modales, la détermination graphique des paramètres de la droite de Ford-Walford et différentes hypothèses sur les données en longueur, peut avoir été surestimée. Il a d'autre part évalué la croissance moyenne de H. scabra à 0,5 cm, soit 14 g par mois. Des distributions unimodales ont été décrites par plusieurs auteurs, pour des échantillons d'espèces abyssales (Billet et Hansen, 1982 ; Tyler et al., 1985).

En Nouvelle-Calédonie, la population étudiée de H. fuscogilva (cf. - 2.2) n'est constituée que de grands individus. Aucun recrutement n'a été observé en cette station et par contre la récolte scientifique semble avoir été un facteur de mortalité puisqu'en absence d'exploitation, la prise par unité d'effort a chuté, au cours des récoltes, de 25 à 1. A Fidji, par contre, la ségrégation des tailles est très marquée chez cette espèce (Gentle, 1979) et il serait intéressant de déterminer s'il s'agit de recrutements ou de taux de croissance différents ou de migrations. Chez d'autres espèces en Nouvelle-Calédonie, particulièrement aux stations où la population ne comporte que des grands individus, par exemple A. mauritiana sur des récifs barrières, ou A. echinites à l'Îlot Maître, la distribution est unimodale.

La seconde hypothèse pour expliquer les distributions unimodales est que le mode correspond à plusieurs cohortes qui ne peuvent pas être délimitées. L'allure unimodale résulte, sur la partie gauche ascendante de la distribution, d'une disponibilité incomplète (due au recrutement ou à l'échantillonnage) et, sur le reste de la courbe, de l'addition de plusieurs distributions gaussiennes dont l'intervalle entre modes successifs est inférieur à l'écart-type.

Un exemple peut en être fourni par les distributions en longueur de H. atra (Ebert, 1978). Chez cette espèce, les marquages à la tétracycline ont prouvé indirectement qu'il s'agit d'individus d'âges différents. Par ailleurs, Muscat (1983) n'est pas arrivée à distinguer les cohortes de S. parvimensis à partir des distributions qui restent unimodales et stables, d'année en année.

Distributions de fréquence plurimodales

Ces distributions indiquent théoriquement l'existence de plusieurs recrutements, sans prouver qu'ils se succèdent régulièrement. Chez certaines espèces, H. leucopilota (Franklin, 1980) par exemple, l'absence de déplacement des modes rend l'interprétation difficile. C'est

aussi le cas des distributions obtenues en Nouvelle-Calédonie pour plusieurs espèces. Chez A. mauritiana un échantillonnage trimestriel a été mené de 1979 à 1983, mais les modes n'ont pas pu être identifiés et suivis. Chez S. variegatus, H. scabra, H. s. versicolor, les captures trimestrielles, effectuées en vue des marquages, n'ont pas non plus fourni des distributions de fréquence qui puissent être interprétées. La figure 100A et B qui illustre ces distributions chez H. s. versicolor et S. variegatus montre également la différence des poids moyens, pour chacune de ces espèces, entre deux stations proches.

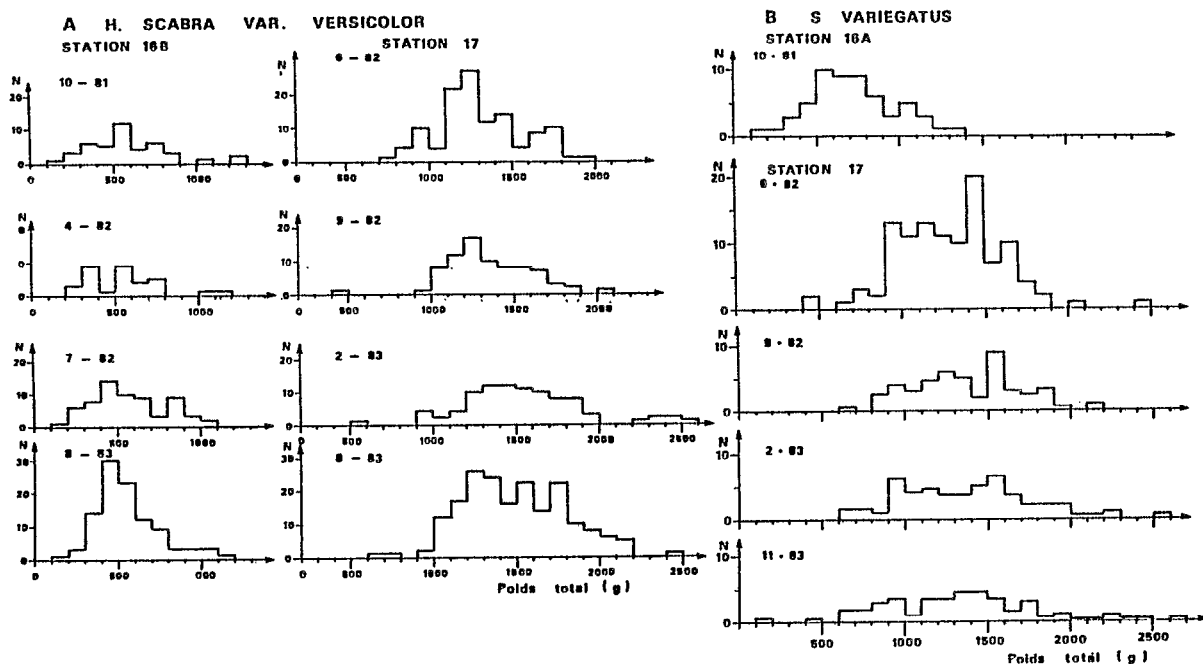


Figure 100 : Distributions de fréquence des poids totaux.

A : H. scabra var. versicolor.

B : S. variegatus.

La décomposition de distributions plurimodales a par contre permis à Bregman (1971) de calculer la croissance moyenne de S. japonicus (cf. tableau 41). A partir d'un échantillonnage régulier, pendant une longue période, Fish (1967) et Buchanan (1967) ont montré que la croissance de Cucumaria elongata est lente, son recrutement est sporadique, parfois inexistant pendant cinq années.

Enfin, les distributions de T. ananas en Nouvelle-Calédonie et de S. chloronotus de la Grande Barrière, en reprenant les données de Franklin (1980) pour cette espèce, présentent des modes suffisamment nets pour permettre de décrire leur croissance et leur mortalité.

4.4.3 - Croissance, mortalité et biomasse d'une cohorte théorique de T. ananas et S. chloronotus

Croissance

Des distributions de fréquence des poids totaux ont été utilisées puisqu'ils sont moins variables que les longueurs.

Pour T. ananas, les données sont celles des sept opérations de capture pour le marquage, réalisées au cours d'une période de 22 mois (figure 101A). Ces distributions paraissent plurimodales, avec sept modes principaux. La détermination et la séparation des modes n'ayant pu être réalisées, ni par les méthodes numériques (programme Normsep de Abramson, 1971), ni par la méthode graphique des maximums successifs (Gheno et Le Guen, 1968), elle a été visuelle. Notre essai de filiation des modes s'est appuyé 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 filiations possibles peuvent être suivies sur la figure 101A, elles permettent d'établir des couples poids - âge. Les poids sont ensuite transformés en longueur à l'aide de la relation calculée précédemment (cf. - 2.3).

Pour S. chloronotus, les données de Franklin (1980) comprennent six échantillons de grand effectif, répartis sur seize mois (figure 101B). L'auteur distingue, dans chaque échantillon, quatre à cinq modes qui peuvent être suivis. A la suite des deux reproductions annuelles, de printemps (novembre) et d'automne (mars), deux cohortes apparaissent qui fusionnent en une seule vers septembre. Nous lui avons attribué un âge moyen de huit mois et ainsi pu obtenir des couples poids-âge.

Pour ces deux espèces, l'ajustement au modèle de von Bertalanffy est obtenu avec les couples âge-longueur, par la méthode d'Abramson et Tomlinson (1961), au moyen du programme BGC3. Les hypothèses suivantes sont supposées réalisées : le modèle de von Bertalanffy décrit bien la croissance moyenne de ces populations, celle-ci ne varie pas suivant les années, la date de naissance est fixe et les cohortes sont séparées d'une année.

Les courbes de croissance en longueur et la valeur des paramètres sont présentées sur la figure 102A et B. Les accroissements théoriques en longueur et en poids sont ensuite calculés pour ces deux espèces (annexe 8A).

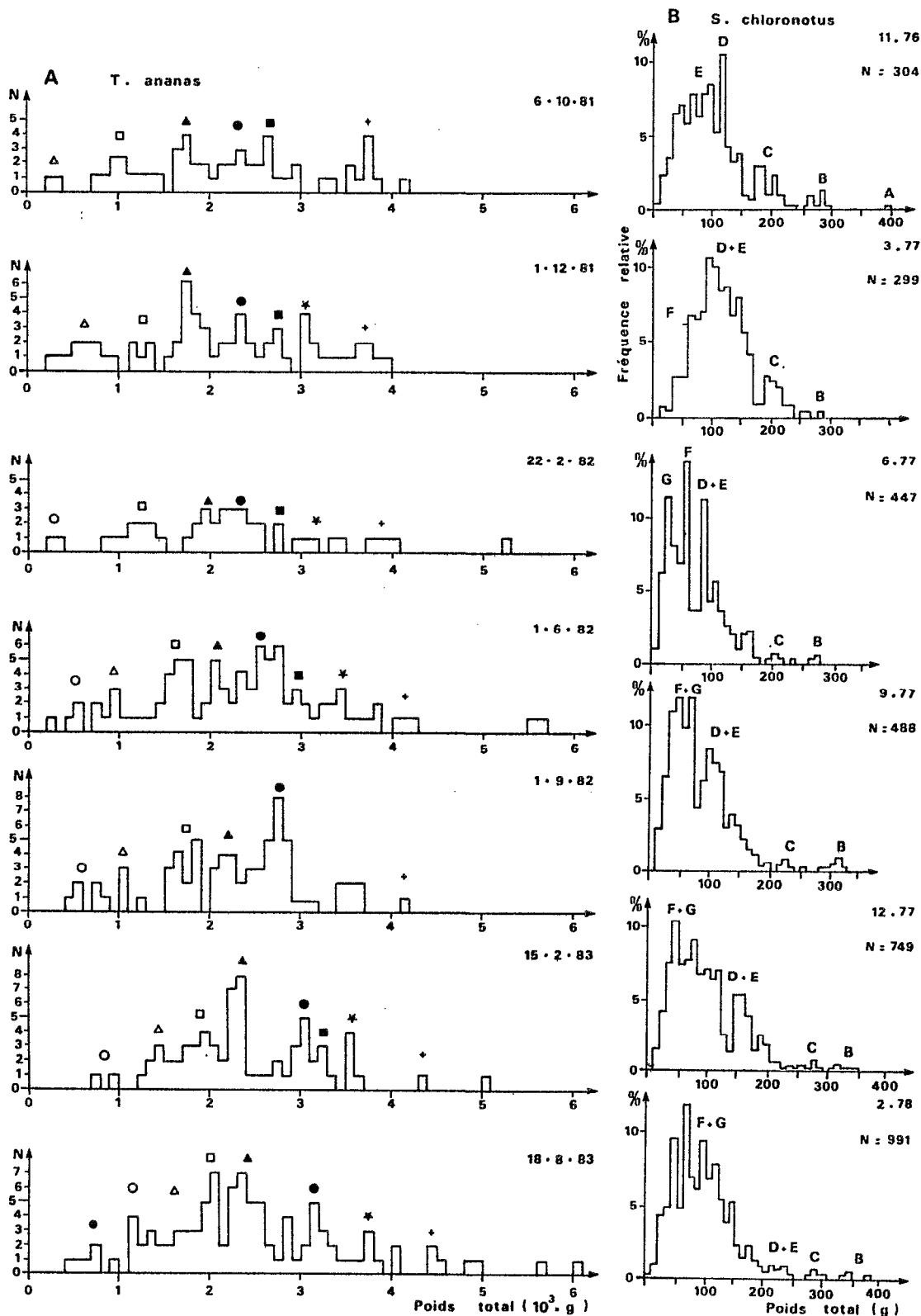


Figure 101 : Distributions de fréquence des poids totaux.
 A : T. ananas ; les sigles correspondent aux différents modes.
 B : S. chloronotus, d'après Franklin (1980) ; les lettres correspondent aux différents modes.

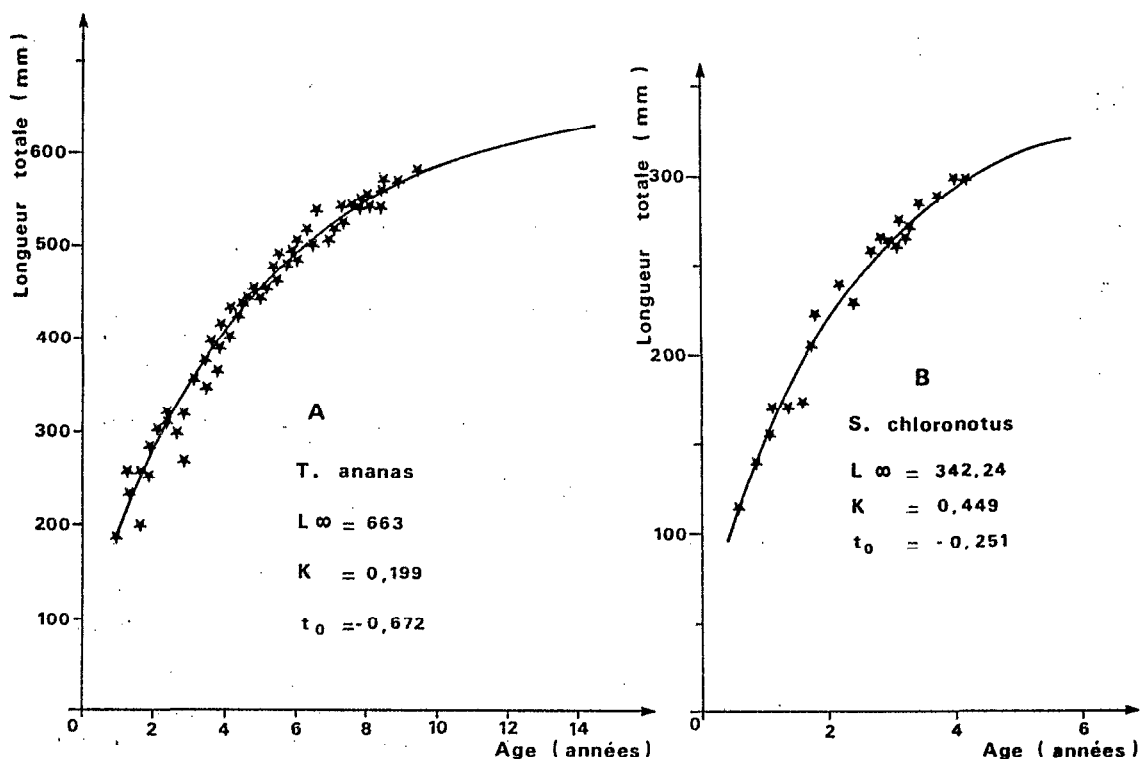


Figure 102 : Courbes de croissance en longueur et paramètres de l'équation de von Bertalanffy.

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.

Mortalité

La détermination du coefficient instantané de mortalité naturelle, Z , a été faite pour ces deux espèces, par la méthode des "courbes de capture" 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 (cf. figure 101A et B). 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. L'annexe 8B regroupe les valeurs utilisées pour établir les courbes de capture. Les captures ainsi modifiées, l'équation devient :

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

où 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 103A et B). 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 :

T. ananas : $Z = 0,63$, avec $r = 0,99$ et $\sigma = 0,02$.

S. chloronotus : $Z = 1,79$, avec $r = 0,98$ et $\sigma = 0,10$.

Les valeurs des coefficients de mortalité sont obtenues en utilisant les paramètres de la croissance, ces évaluations sont donc très liées à celles de la croissance, 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.

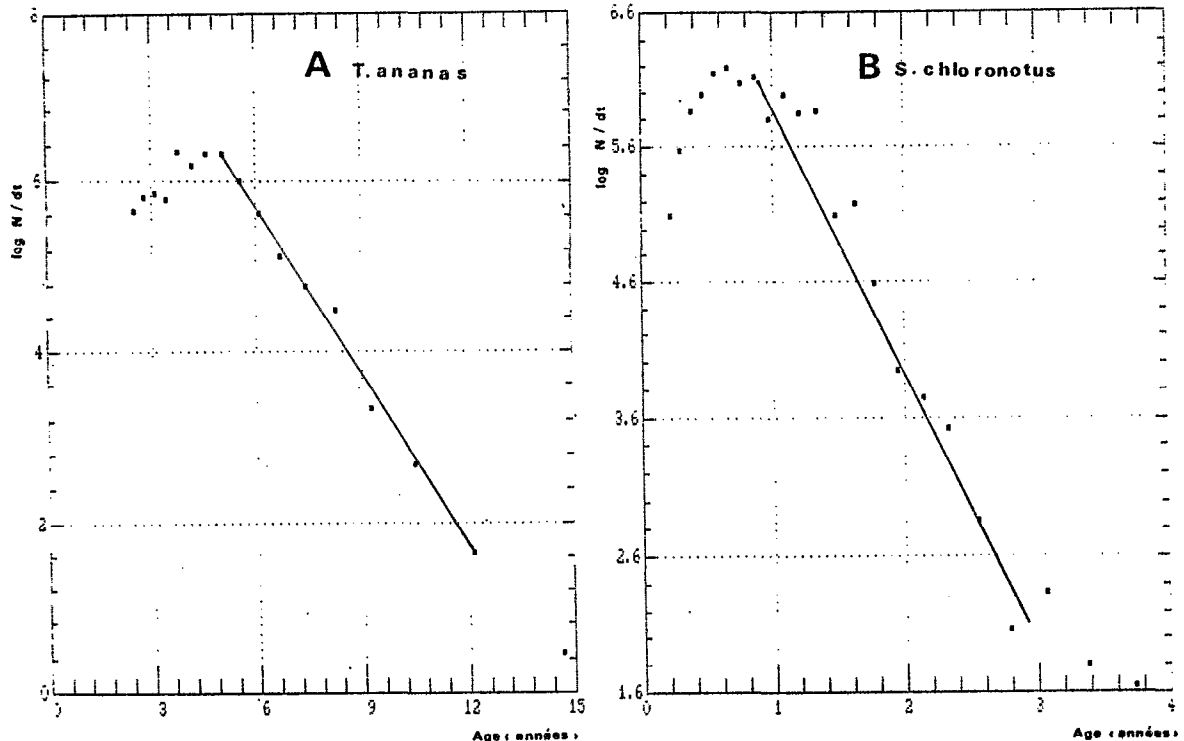


Figure 103 : Courbes de captures.

Evolution de la biomasse instantanée d'une cohorte non exploitée

Les paramètres de croissance, de mortalité et la relation poids-longueur permettent de simuler l'évolution d'une cohorte théorique. Les paramètres calculés sont présentés en annexe 8C et les courbes ainsi établies (figure 104A et B) sont utiles pour déterminer l'âge critique, A_c , pour lequel la biomasse est maximale. La longueur et le poids critique, L_c et P_c , en sont déduits et 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. - 3.5), 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.

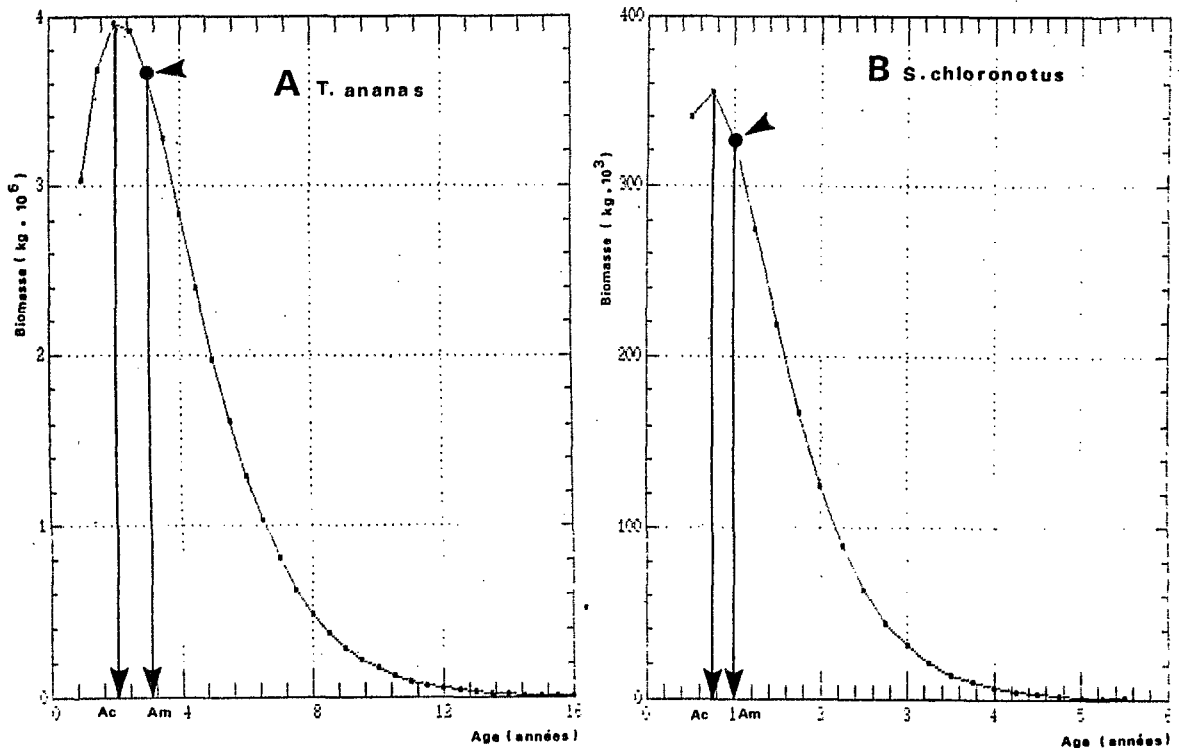


Figure 104 : Evolution des biomasses instantanées des cohortes théoriques.

- 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 à la première maturité.

4.5 - CONCLUSION

Alors que l'étude de la reproduction a apporté des résultats sur la biologie des neuf espèces étudiées, celle de la croissance s'est révélée particulièrement difficile. Etant donné la rareté des informations antérieures, plusieurs méthodes ont été essayées ; elles ont mis en évidence diverses difficultés. Les **marquages externes**, pratiqués sur sept espèces, avec plusieurs types de marques, ont fourni des résultats très variables suivant les espèces. Les effets du marquage vont de l'éviscération et du rejet des marques suivi d'une cicatrisation plus ou moins rapide, à l'amaigrissement des individus. Cet amaigrissement après marquage peut être mis en parallèle avec celui qui est généralement observé pour les individus mis en aquarium. Il serait intéressant d'en rechercher les causes, alimentaires, traumatiques ou pathologiques, avant de pouvoir envisager l'aquaculture de certaines espèces actuellement surexploitées, comme S. japonicus. Ces effets du marquage ont rendu impossible la détermination de la croissance et de la mortalité chez cinq espèces. Par contre, pour les deux espèces congénériques, A. mauritiana et A. echinites, les paramètres de la croissance ont pu être calculés, mais une sous-évaluation du coefficient de croissance reste probable.

A partir des effectifs recapturés lors de ces expériences, la mortalité peut être évaluée, en se basant sur plusieurs hypothèses. Le coefficient de mortalité totale apparente a ainsi été calculé pour les différentes espèces. Les biais de la méthode ont été discutés. La perte des marques, qui est le plus important dans ces expériences, a été évaluée pour A. echinites, A. mauritiana et T. ananas. Elle permet d'obtenir alors une estimation de la mortalité naturelle.

Le **marquage interne** du squelette n'avait été réalisé que sur H. atra par injection de tétracycline (Ebert, 1978). L'expérience renouvelée en Nouvelle-Calédonie n'a pas mis en évidence de fixation sur la couronne calcaire péripharyngienne. D'autres expériences pourraient être tentées avec des composés radioactifs (^{45}Ca) ou des colorants du squelette (alizarine). La biométrie de la couronne a été détaillée pour deux espèces, montrant que cet élément de grande taille convient pour l'étude de la croissance, mais sa structure devrait être étudiée en détail.

Les **distributions de fréquence** des longueurs ou des poids ont également montré la complexité de ces études. La variabilité des mesures obscurcit les modes et rend nécessaire l'acquisition de grands échantillons, ce qui reste difficile en absence de pêcheries importantes. La détermination du type de distribution n'est pas aisée à cause de l'absence ou de la rareté des juvéniles et des jeunes individus ; le recrutement mal connu est peut-être progressif. Enfin, chez plusieurs espèces, aucun déplacement des modes n'est visible au cours de l'étude. Pour deux espèces de Stichopodidae cependant, à condition que plusieurs hypothèses sur le recrutement soient vérifiées, il a été possible de suivre les cohortes et de déterminer les paramètres

de la croissance, de la mortalité et d'en déduire la production théorique d'une cohorte. Ces espèces montrent des stratégies différentes : *T. ananas*, espèce de grande taille, a une plus grande longévité, mais un coefficient de mortalité inférieur à celui de *S. chloronotus*, plus petite, mais dont la productivité est supérieure.

Le tableau 51 synthétise les connaissances actuelles sur les paramètres de croissance et de mortalité des Aspidochirotés. Ils ne sont valables que dans l'intervalle des tailles pour lequel ils ont été calculés et au site de l'étude. Bien que ces paramètres soient essentiels en gestion des stocks, leur étude ne fait que débiter dans ce groupe et il est nécessaire de la poursuivre. A l'issue de ce travail, la méthode qui paraît la plus appropriée semble celle des filiations modales, à partir d'un échantillonnage trimestriel, portant sur un grand effectif.

Tableau 51 : Paramètres de croissance et de mortalité des holothuries Aspidochirotés.

ESPECE	REFERENCE	L _∞ (mm)	K (annuel)	INTERVALLE DES LONGUEURS	M (annuel)
<i>H. atra</i>	Ebert, 1978	324	0,11	130 - 220	1,02
<i>A. echinites</i>	Shelley, 1985	230	3,0	100 - 300	
	Présente étude	295	0,09	90 - 240	0,64
<i>A. mauritiana</i>	Présente étude	340	0,12	70 - 280	1,45
<i>S. chloronotus</i>	Présente étude	342	0,45	40 - 300	1,79
<i>T. ananas</i>	Présente étude	663	0,20	160 - 640	0,63
					0,50

5. DISCUSSION

Cette étude de la biologie des populations de quelques espèces d'holothuries tropicales a permis de préciser certains aspects qui ont déjà été discutés, se rapportant à la biométrie (cf. - 2.4), la reproduction (cf. - 3.8) et la croissance et mortalité (cf. - 4.5). Les principales difficultés rencontrées et les problèmes qui restent à résoudre ont aussi été présentés pour chacun de ces points. La synthèse de ces observations et des résultats obtenus sur l'écologie conduit maintenant à une réflexion sur les stratégies adaptatives, en particulier le recrutement, le partage de l'énergie entre la croissance somatique et gonadique et les stratégies démographiques.

Recrutement

Le terme de recrutement sera employé non pas dans sa définition utilisée en halieutique, telle que la donnent Laurec et Le Guen (1981) "le processus par lequel la fraction la plus jeune de la population s'intègre pour la première fois à l'ensemble des poissons accessibles", mais dans celle plus générale, d'addition à une population, de jeunes individus issus de la reproduction. Dans sa revue sur le recrutement des Echinodermes, Ebert (1983) complète cette définition en précisant que les individus "are just large enough to be collected in proportion of their true abundance". Or les juvéniles sont très rarement observés dans les populations d'holothuries et il est donc bien difficile de déterminer si le recrutement est régulier chaque année ou occasionnel.

Le type de développement est le premier facteur déterminant du recrutement. Il se répartit, pour les 95 espèces d'holothuries chez lesquelles il a été déjà décrit, entre les modes suivants : 28 % de pélagiques planctotrophes avec larve auricularia, 24 % pélagiques lécithotrophes avec larve doliolaria, 3 % pélagiques à développement direct, 40 % incubatrices dont 26 % à protection externe, 12 % à incubation coelomique et 2 % à incubation intraovarienne (Mc Euen, 1986). Toutes les espèces étudiées ici ont probablement un développement avec larve planctotrophe.

Dans plusieurs groupes d'invertébrés, dont certains échinodermes, l'intérêt porté à l'étude du recrutement est démontré par des programmes comme le P.N.D.R. en France, des colloques (Chia et Rice, 1978 ; Cameron, 1986) ou des synthèses bibliographiques (Buttmann, 1987). Concernant les holothuries, les recherches ne font que débiter (Strathmann, 1978 ; Young et Chia, 1982) et il serait prématuré de tirer des conclusions d'observations souvent anecdotiques. L'existence des variabilités spatiale et temporelle est souvent supposée (Buchanan, 1967 ; Tyler et al., 1985). Elles peuvent provenir des événements survenus pendant la vie larvaire, ou lors de la métamorphose et de la fixation ; elles sont donc liées à divers facteurs de l'environnement ou biotiques, comme la densité des adultes et éventuellement la taille du stock parental.

Chez certains échinodermes, au début de la phase juvénile, on peut observer des migrations, parfois liées à des changements d'alimentation. Celles-ci, ou des taux de croissance et de mortalité différents, pourraient en partie expliquer la rareté des juvéniles dans le biotope des adultes (par exemple pour H. fuscogilva, cf. - 4.4.2). La mortalité, naturelle ou par prédation, pourrait aussi être élevée pendant cette phase, mais ce facteur reste mal connu (Bakus, 1973). La prédation préférentielle sur certaines espèces de dendrochirotes, par une étoile pourrait jouer un rôle en maintenant les populations de Cucumaria lubrica qui sont peu consommées (Engstrom, sous presse). Plusieurs observations de prédation, par les gastéropodes Charonia

variegata et Tonna perdrix, ont été rapportées pour des espèces tropicales (Kropp, 1982 ; Laboute, com. pers.). Dans nos échantillons, les Stichopodidae T. ananas et S. variegatus présentaient fréquemment des cicatrices ; la consistance molle de leur tégument en fait probablement des proies plus appréciées que les Holothuriidae.

La connaissance des modalités du recrutement est essentielle pour pouvoir interpréter les distributions de fréquence de taille en vue de déterminer les paramètres de la croissance et de la mortalité. L'allure unimodale ou plurimodale observée (cf. - 4.4) peut résulter de recrutements occasionnels ou réguliers saisonniers. Il est possible que chez certaines espèces, malgré une saison de reproduction assez courte, le recrutement soit progressif et donc les cohortes peu distinctes ou indiscernables. Par exemple, chez A. mauritiana, les petits individus de moins de 100 g (poids total) ont été systématiquement recherchés à la station 12, durant un cycle annuel ; aucune variation significative de leurs effectifs n'a été démontrée.

Effort de reproduction

Le problème du partage de l'utilisation de l'énergie entre les activités de maintien, de croissance et de reproduction, est un aspect des stratégies adaptatives qui peut être abordé sous l'angle des individus, au cours du cycle vital ou des populations. Il a été analysé chez les échinodermes, principalement sur trois espèces d'échinides pour lesquelles les données existaient, par Lawrence (1985, 1987, sous presse). L'effort de reproduction, différence entre les quantités d'énergie utilisées pour la croissance et la reproduction, augmente avec la taille, mais, même chez les grands individus, une certaine part est toujours allouée à la croissance. Des données quantitatives (en unités énergétiques) sur la croissance et la reproduction sont utilisées pour conduire ces évaluations. N'ayant pas encore les valeurs nécessaires pour établir un véritable bilan énergétique, une approche préalable a cependant été tentée en utilisant les valeurs des poids humides du tégument et des ovaires, malgré leur imprécision (teneurs en eau, éléments inorganiques et organiques). Le tableau 52 présente les productions, somatique et gonadique, moyennes annuelles, d'une part pour la phase juvénile (1) jusqu'à l'âge de première maturité, d'autre part pour la phase adulte (2), en ne tenant pas compte des variations qui peuvent survenir, ni d'une éventuelle sénilité. Ces évaluations sont, par ailleurs, soumises aux réserves formulées lors du calcul des paramètres de croissance ou de reproduction et ne fournissent que des indices utiles pour une comparaison. La production somatique apparaît plus élevée chez T. ananas que chez A. echinites et A. mauritiana, en admettant que la croissance obtenue pour celles-ci, par les marquages, n'ait pas été trop sous-évaluée. Alors que cette production baisse considérablement après la maturité chez T. ananas et A. mauritiana, elle semble se maintenir au même niveau chez

Tableau 52 : Evaluation des productions somatique et gonadique moyennes annuelles et de l'effort de reproduction.

* : poids humides ; PE50 : poids éviscérés à première maturité ; S : production somatique moyenne annuelle ; G : production gonadique moyenne annuelle ; E : effort de reproduction.

PARAMETRES	ESPECES			
	<i>T. ananas</i>	<i>A. echinites</i>	<i>A. mauritiana</i>	
1 {	PEo (g)*	0	18	13
	âge (années)	0	a	a
2 {	PE50 (g)*	955	58	194
	âge (années)	3	a + 3	a + 7
	PE max (g)*	3 700	260	395
	âge (années)	17	a + 17	a + 18
S (1) (g)	320	13	26	
S (2) (g)	264	14	18	
G* (2) (g)	38	28	33	
E = G(2)/S(2) + G(2)	0,12	0,66	0,64	

A. echinites. Si la production gonadique n'est pas sensiblement différente entre ces trois espèces, l'effort de reproduction est par contre très inférieur chez T. ananas qui est une espèce de grande taille. Il serait intéressant de pouvoir évaluer ces indices chez d'autres espèces de grande taille, par exemple H. nobilis, dont la fécondité relative est élevée. Dans le cas de H. scabra, autre espèce à forte fécondité, l'existence de deux saisons de ponte entraîne certainement un effort de reproduction considérable.

Stratégies démographiques

Les recherches sur la valeur adaptative des caractères démographiques ont suscité différentes théories, parmi lesquelles celle des stratégies "r-K" a donné lieu à une abondante littérature (Mc Arthur et Wilson, 1967 ; Pianka, 1970 ; Stearns, 1976 ...). Les travaux récents ont montré que l'évolution de -r à -K n'est pas forcément linéaire ; les pressions sélectives étant multiples, plusieurs combinaisons optimales sont possibles. Des concepts nouveaux s'appuient sur l'écoéthologie, la bioénergétique, les interactions biotiques et les paramètres de l'environnement. Actuellement, ce sont les mécanismes adaptatifs, et non plus les simples corrélations, qui sont recherchés.

Les holothuries aspidochirotés étudiées ici font partie de la faune sédentaire du lagon. Elles sont caractérisées, de manière globale, par une grande taille, une acquisition tardive de la maturité sexuelle, une itéroparité, une longévité élevée et une densité stable de leurs populations. Certains caractères cependant, comme la forte fécondité et la faible taille des larves à l'éclosion, ne correspondent pas à des populations de type -K. Par ailleurs, il semble que la prédation exercée sur les adultes soit faible, mais ce trait pourrait être le résultat d'une sélection des espèces toxiques, au cours de l'évolution (Bakus, 1981).

La comparaison interspécifique des caractéristiques démographiques montre, quant à elle, une certaine variété qui semble pouvoir être corrélée à la taille moyenne des individus (tableau 53).

Tableau 53 : Caractéristiques démographiques de quelques populations d'holothuries classées par taille croissante.

* : valeur faible ; ** : valeur moyenne ; *** : valeur forte du paramètre.

ESPECE - BIOTOPE	TAILLE (OU POIDS)	PREMIERE MATURETE	FECONDITE RELATIVE	DIAMETRE OVOCYTES	DENSITE NUMERIQUE	DENSITE PONDERALE
<i>S. chloronotus</i>	*	*		*	**	**
<i>A. echinites</i>	*	*	***	*	***	***
<i>A. mauritiana</i>	*	**	***	*	***	***
<i>H. scabra</i>	**	*	**	**	***	***
<i>H. s. versicolor</i>	**	*	**	***	**	**
<i>S. variegatus</i>	**	**	*	**	**	**
<i>H. fuscopunctata</i>	***	***	*	***	*	**
<i>H. nobilis</i>	***	**	**	*	*	*
<i>H. fuscogilva</i>	***	***	*	**	*	*
<i>T. ananas</i>	***	**	*	***	*	**

Un gradient apparaît ainsi pour les différents paramètres : taille à la première maturité, fécondité relative, diamètre des ovocytes. En outre, au classement des espèces suivant une masse croissante, pourrait correspondre un gradient de stabilité des biotopes. En effet, les platiers externes, soumis aux divers effets de l'hydrodynamisme, en particulier l'exondation, sont plus instables que les autres biotopes. A l'inverse, les passes et pentes sont relativement stables. Des corrélations ne suffisent toutefois pas à prouver les causalités et des comparaisons menées sur l'évolution de populations conspécifiques, présentes dans des environnements divers, restent nécessaires pour élucider les mécanismes adaptatifs.

EXPLOITATIONS

1 - INTRODUCTION

1.1 - RESSOURCES HALIEUTIQUES

De nombreuses espèces du lagon sont exploitées actuellement, ou pourraient l'être, pour la consommation humaine ou dans un but lucratif.

Parmi les ressources pélagiques, les petits poissons sont pêchés à l'échelle artisanale pour la consommation des populations riveraines. Ils ont aussi été employés comme appât entre 1981 et 1983 par la pêcherie thonière à la canne (Conand F., 1987).

Les poissons constituent aussi les principales ressources benthiques. La pêche côtière a été étudiée par Loubens (1978). L'absence de statistiques s'explique par la petite taille des entreprises très dispersées et l'importance des pêches plaisancière et auto-vivrière qui fournissent les quatre-cinquième des prises. Les poissons profonds de la pente externe du récif-barrière, surtout les Etélidés ou vivanos, sont pêchés à partir de l'isobathe 120 m ; ils présentent l'intérêt de ne pas être ciguatoxiques (Fourmanoir, 1980).

Parmi les mollusques, les trocas, Trochus niloticus, sont exploités pour la nacre depuis 1907. L'évolution des captures est liée à des phénomènes socio-économiques : interruption pendant la guerre et le "boom minier" et au contraire augmentation en période de crise économique. La fragilité du stock est montrée par la chute des captures qui a suivi le record de l'année 1978, soit presque 2 000 tonnes. La biologie de l'espèce, qui habite les platiers externes des récifs sur les dalles et anfractuosités, commence à être bien connue (Bour et al., 1982). Plusieurs espèces de Tridachnidés et de Pectinidés existent dans le lagon, mais les densités observées sont souvent faibles. Les pieuvres, les huîtres, en particulier celle de roche Saccostrea cucullata echinata et celle de palétuvier S. cucullata tuberculata qui avait donné lieu à des essais

ostréicoles (Bourret, 1979), sont exploitées par les populations riveraines.

Parmi les crustacés, les langoustes, les Scyllaridés ou "popinées" et les crabes de mangrove Scylla serrata sont consommés. Ces derniers sont même parfois exportés vers Tahiti. D'autres invertébrés sont récoltés pour un commerce de curio, dont l'importance n'est pas négligeable pour les populations : coquillages surtout les porcelaines et les cônes, coraux, corail-noir, gorgones, étoiles de mer (Pentaceraster et Protoreaster) et oursins-crayons (Heterocentrotus spp.).

La pêche des holothuries est pratiquée pour préparer la bêche-de-mer, destinée à l'exportation vers des marchés asiatiques. Au moment où cette étude a commencé, l'exploitation était inexistante, mais elle avait connu des périodes florissantes.

Pour mieux cerner les problèmes de la gestion de l'exploitation, il a paru nécessaire de mener des recherches historiques sur cette activité dans le Pacifique tropical et plus particulièrement en Nouvelle-Calédonie, puis sur l'état actuel et l'histoire du marché mondial, grâce aux statistiques commerciales. Ces résultats sont présentés en annexe. Avec le démarrage de l'exploitation, il a été possible d'étudier le traitement qui permet d'obtenir la bêche-de-mer et de commencer le recueil des statistiques, partiellement interrompu à notre départ. Bien que les modèles de gestion ne puissent pas encore être appliqués, les possibilités de l'échantillonnage et les perspectives d'évaluation des stocks sont présentés. Avant d'exposer les résultats obtenus sur ces différents points, l'environnement socio-économique dans lequel se situe cette pêcherie sera brièvement présenté, à partir des données de l'Atlas (O.R.S.T.O.M., 1981) et du recensement de la population d'avril 1983 (I.N.S.E.E., 1985).

1.2 - ENVIRONNEMENT HUMAIN

Population

La Nouvelle-Calédonie avait 145 000 habitants au recensement de 1983, pour une superficie d'environ 19 100 km². Cette valeur n'est pas vraiment significative car la population n'est pas répartie de manière homogène. Ainsi Nouméa (et sa périphérie) regroupe la moitié de la population du territoire. La population rurale se concentre surtout dans les vallées et le long des côtes. La côte Ouest est un peu plus peuplée. Avec 63 % de la population à l'exclusion de Nouméa, la densité y est de 4,2 habitants par km² alors qu'elle n'est que de 2,8 par km² sur la côte Est.

La figure 105 (d'après Conand F., 1987) met bien en évidence les inégalités de la répartition de la population dans les différentes communes et les variations du rapport

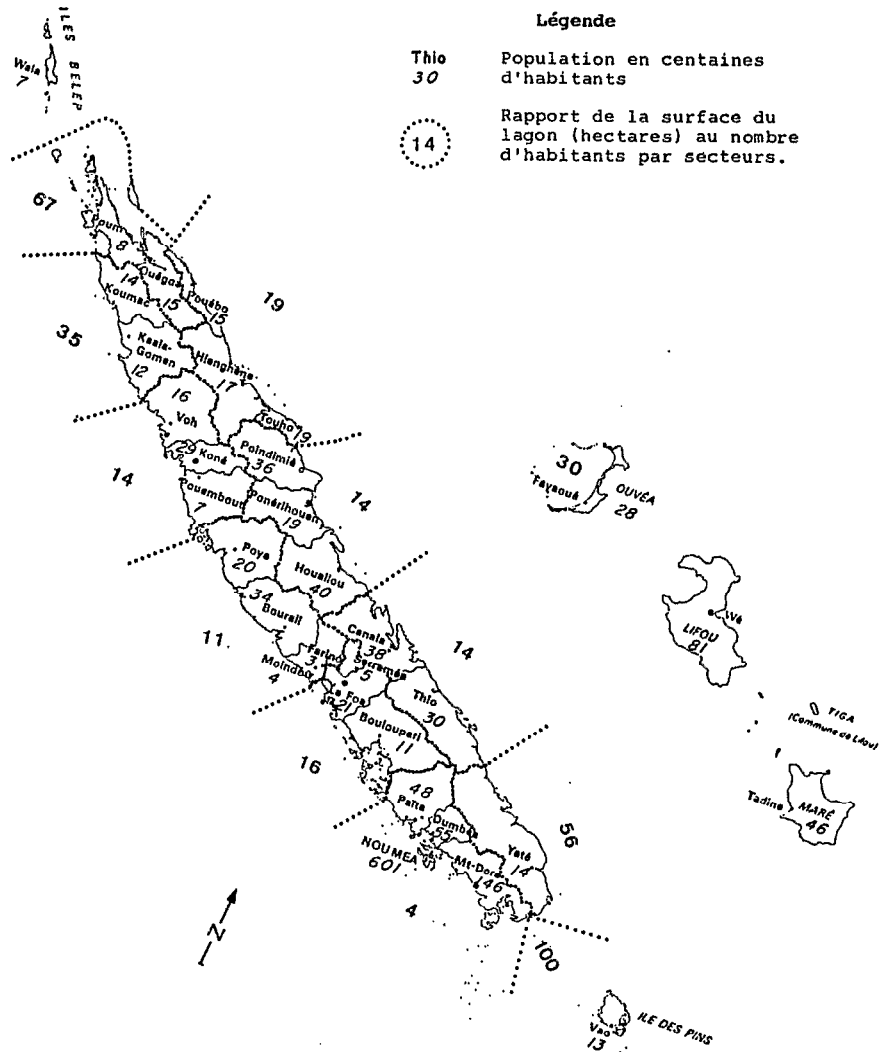


Figure 105 : Répartition de la population par commune et rapport de la surface du lagon au nombre d'habitants par secteurs lagonaire (d'après Conand F., 1987).

de la surface du lagon au nombre d'habitants, par secteur lagonaire. Ce rapport est minimal avec 4 ha par habitant dans le secteur de Nouméa, il atteint des valeurs très élevées, supérieures à 100 ha, dans le sud et le nord, là où les lagons sont étendus et la population peu dense.

Au recensement de 1983, les différents groupes ethniques étaient ainsi répartis :

- Mélanésiens : 43 %, majoritaires dans les Iles Loyauté et les communes de la côte Est ;
- Européens : 37 %, leur implantation est dans l'ensemble complémentaire de celles des mélanésiens ;

- **Polynésiens** : 11 %, les Wallisiens et les Tahitiens sont surtout dans les communes suburbaines de Nouméa et au centre minier de Thio ;
- **Indonésiens** : 4 %, ils sont au contraire plutôt implantés en secteur rural ;
- Les **autres minorités**, Vietnamiens 2 %, Ni-Vanuatu et Antillais, sont généralement à Nouméa.

Un bref rappel de la mise en place du peuplement et de son évolution, nécessaire pour mieux comprendre la situation actuelle et l'historique des exploitations, est présenté en annexe 9.

Economie

L'activité économique a souvent été évoquée pour décrire l'installation des divers peuplements (cf. annexe 9). Les données des recensements de la population permettent de suivre l'évolution des différents secteurs économiques. A celles de 1969 et 1976 qui sont présentées dans l'Atlas (O.R.S.T.O.M., 1981), ont été ajoutées celles du recensement de 1983 (I.N.S.E.E., 1985). La population active, avec 44 842 travailleurs, représente 31 % de l'ensemble de la population.

La répartition des travailleurs dans les différentes branches d'activité est présentée dans le tableau 54. Alors que l'agriculture était le secteur qui regroupait la plus grande part de la population active, lors des précédents recensements, elle a diminué assez fortement. Par contre, deux autres secteurs ont sensiblement augmenté, ce sont les services qui comprennent aussi la fonction publique et le commerce.

Tableau 54 : Répartition des travailleurs dans les différentes branches d'activité (en pourcentage).

SECTEUR ECONOMIQUE	1969	1976	1983
Agriculture, pêche	34,2	29,1	23,4
Mines	9,1	4,5	3,4
Bâtiments et travaux publics	9,6	9,6	6,1
Eau et électricité	0,6	1,2	1,2
Industries manufacturières	9,6	11,7	8,8
Transports et télécommunications	5,0	5,6	5,9
Commerce, banques, immobilier, assurance	11,5	13,8	22,2
Services non marchands	19,9	24,3	28,7
Non classés	0,5	0,2	0,3

La répartition ethnique de la population active est la suivante : Européens 45,4 %, Mélanésiens 36,5 % et les autres ethnies 18,1 %. La répartition ethnique par profession est illustrée pour les principales, par la figure 106, réalisée à partir des données de l'I.N.S.E.E. (1985), où les pêcheurs sont vraisemblablement recensés avec les agriculteurs.

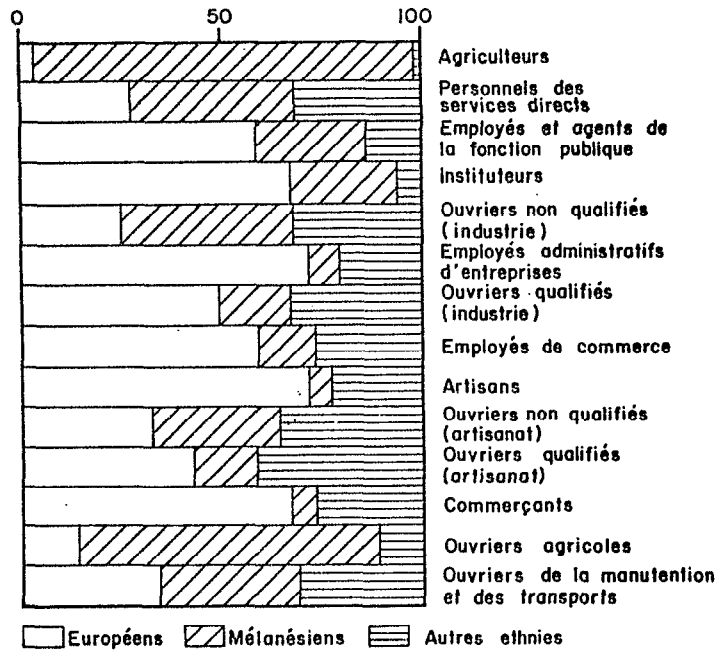


Figure 106 : Répartition ethnique de la population active en Nouvelle-Calédonie en 1983.

La pêche dépend administrativement du Service Territorial de la Marine Marchande et des Affaires Maritimes. L'analyse de la situation actuelle (Anonyme, 1988) distingue trois types de pêche. La pêche industrielle, qui a connu les expériences "Transpêche" pour la pêche à la canne des thonidés et "Polypêche" pour leur pêche à la palangre, s'est peu développée. La pêche artisanale sur la pente externe du récif-barrière est une activité nouvelle, mais son développement rencontre des difficultés financières, dues à la baisse actuelle de la demande en poissons. La pêche côtière est la principale. Deux catégories de pêcheurs sont distinguées : les pêcheurs professionnels et les pêcheurs plaisanciers. Cette dernière catégorie est très importante en Nouvelle-Calédonie puisque ceux-ci pratiquent souvent une pêche vivrière. Ainsi en 1975, d'après les estimations de Loubens (1978), la production des 5 500 bateaux de plaisance était d'environ 4 400 tonnes, donc bien supérieure à celle des 180 bateaux de pêche avec 1 050 tonnes. En 1983, le recensement mentionne 130 patrons-pêcheurs et il semble que la production totale n'ait pas

beaucoup varié, se maintenant vers 5 000 tonnes. Le développement de la pêche nécessite des efforts sur le plan de l'organisation et de la commercialisation, particulièrement pour les produits destinés à l'exportation comme les trocas, les coraux et les holothuries.

2 - EXPLOITATIONS ACTUELLES

2.1 - PECHE, TRAITEMENT ET CLASSIFICATION DES PRODUITS

Pêche

Alors que S. japonicus au Japon et S. parvimensis aux U.S.A. peuvent être récoltées par chalutage, les espèces tropicales sont généralement ramassées à la main. Les plongeurs rejoignent les zones de pêche à bord de petites embarcations, bateaux à moteur ou parfois encore pirogues à voiles, d'où ils récoltent les holothuries en plongée libre ; l'équipement et les contraintes de la plongée en scaphandre autonome ne seraient pas rentabilisés pour ce type de cueillette. D'autres espèces comme H. scabra et A. miliaris peuvent être récoltées directement à basse-mer, sur les platiers. Les holothuries doivent être conservées vivantes jusqu'au traitement, pour éviter leur éviscération. Elles sont maintenues dans de l'eau de mer.

Techniques de traitement

Les techniques ont généralement été enseignées, dans les îles, 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) et des brochures des Services des Pêches des différents pays. Les différentes étapes de la technique générale sont détaillées en annexe 10A. Elles comprennent : une première cuisson, une incision médio-dorsale, une seconde cuisson, l'éviscération puis le fumage en séchoir, suivi d'un séchage au soleil. Cette technique est utilisée pour l'ensemble des espèces, sauf les holothuries de sable, H. scabra et H. scabra versicolor, chez lesquelles l'abondance des spicules nécessite des opérations supplémentaires (Hornell, 1917 ; Adithiya, 1969), (annexe 10B).

La pêche et le traitement nécessitent peu de matériel, mais une importante main-d'oeuvre. Aussi, ces activités sont-elle rarement individuelles. Les pêcheurs ont intérêt à se regrouper soit à l'échelle de la tribu, soit en coopérative villageoise. En Nouvelle-Calédonie, les pêcheurs qui récoltent les holothuries vendent leur pêche aux commerçants qui s'occupent du traitement et des marchés d'exportation.

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. L'annexe 10C résume les résultats obtenus, pour les principales espèces d'intérêt commercial, au cours de traitements expérimentaux. Le résultat final dépend du pourcentage d'humidité du produit fini, ce qui explique les légères différences, trouvées par les différents auteurs. La longueur de la 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 10 % du poids frais.

Différentes qualités de bêche-de-mer

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 (cf. chap. 1 - 3.3). Si l'exploitation est plurispécifique, les produits sont d'abord triés par espèce. La figure 107 présente des échantillons de différentes espèces, des marchés de Hong-Kong et Singapour, seul le premier échantillon obtenu par traitement de Stichopus japonicus ne provient pas de l'Indo-Pacifique tropical. 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 (S) et très petit (XS). Chacune correspond à un intervalle de longueur ou de poids, celui-ci étant exprimé au moule (nombre 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 (Van Eys, 1986) et celui-ci peut varier suivant le marché et parfois, sur un même marché, selon les importateurs. Cette variabilité des catégories peut être illustrée par quelques exemples. Ainsi, le démarrage de l'exploitation en Nouvelle-Calédonie, basé essentiellement sur les holothuries de sable H. scabra et H. scabra var. versicolor, a été suivi chez deux commerçants. Leurs exportations, qu'elles soient destinées à Hong-Kong ou Singapour, sont classées en six catégories, d'après le moule. Les classes de poids et de longueurs correspondantes

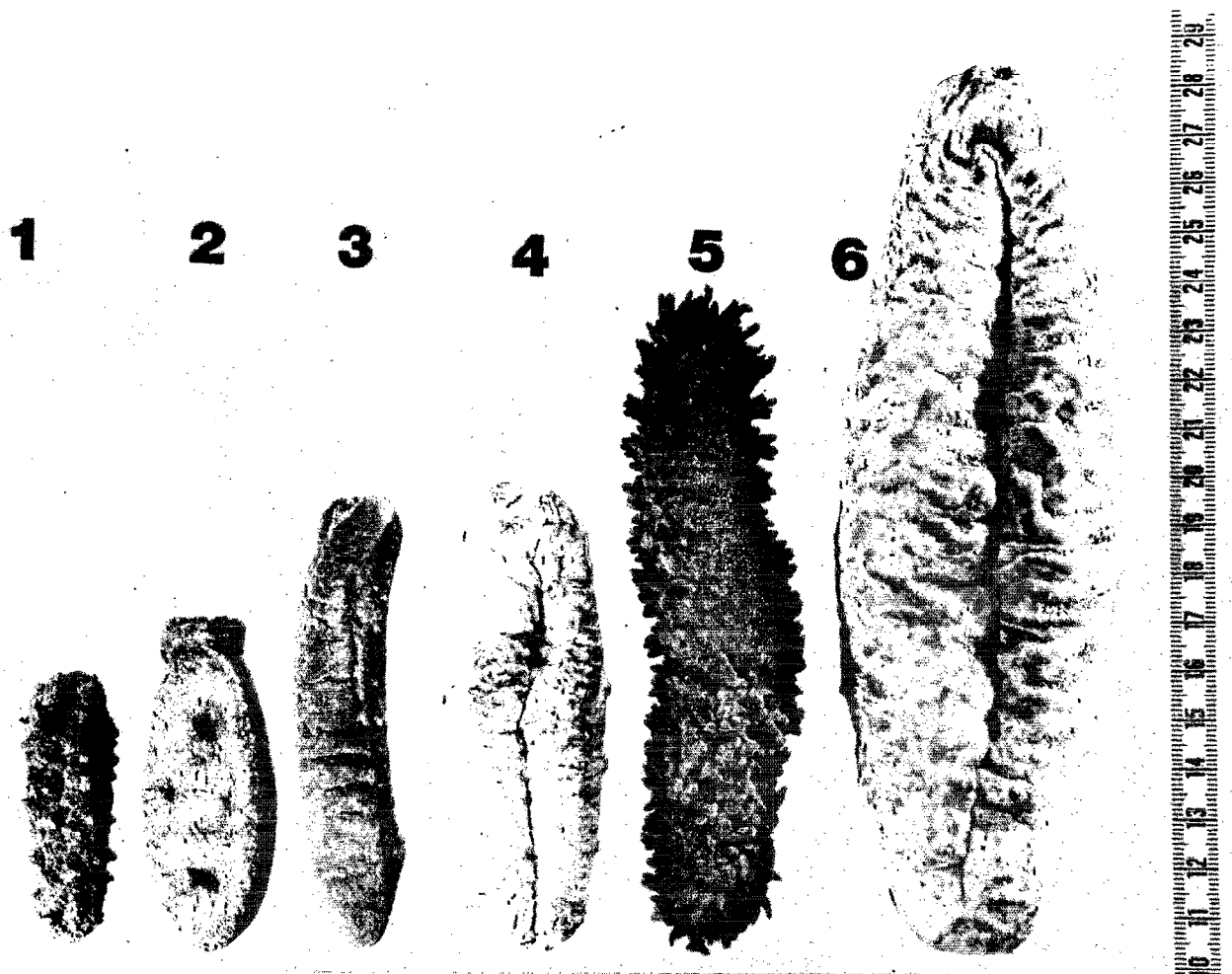


Figure 107 : Echantillons de bêche-de-mer des marchés de Hong-Kong et Singapour. 1 : S. japonicus ; 2 : redfish A. echinites ; 3 : sandfish H. scabra ; 4 : teatfish H. nobilis, cat. 4 ; 5 : prickly redfish T. ananas ; 6 : H. nobilis, cat. 2.

ont été calculées. Les informations publiées régulièrement par Infofish (1985) concernent généralement le marché de Singapour, pour des espèces de provenances diverses. Les holothuries à mamelles, H. nobilis et H. fuscogilva, sont classées d'après leur couleur, noire ou blanche, en black stone et white stone à Hong-Kong (Sachithanathan, 1972). Les catégories commerciales pour ces espèces, ainsi que des indications de prix en novembre 1985 pour H. scabra, sont portées dans le tableau 54.

Relations poids - longueur des bêches-de-mer

Dans les pays producteurs, les statistiques concernent généralement des exportations de produit traité. En effet, le recueil des statistiques des captures d'holothuries est très difficile puisque son organisation est souvent rudimentaire et son intensité extrêmement variable à la fois dans l'espace et dans le temps. Il semble

Tableau 55 : Exemples de catégories commerciales pour *H. scabra* et *H. nobilis*. n : moule ou nombre d'échantillons par kg ; p : classe de poids correspondante ; l : classe de longueur ; indications de prix au kilogramme d'après Infofish 15/11/85, en US \$, SGD \$ (Singapour), INR (roupies indiennes).

H. scabra	LIEU	NOUVELLE-CALÉDONIE				SINGAPOUR						
	INFORMATION	Exportateurs				Infofish						
	PROVENANCE	NOUVELLE-CALÉDONIE				SRI LANKA			INDE			
		Classe	n	p (g)	l (cm)	n	p (g)	USD	SGD	l (cm)	INR	USD
Catégorie	A = XL	7-11	140-90	> 13								
	B = L	12-15	85-65	13 - 11,5								
	C = L	16-20	60-50	11,5-10,5								
	D = S	21-30	45-30	10 - 9	16	62	15,15	32				
	E = ES	31-40	25-20	9 - 7,5	20	50	13,30	28	> 10	141	11,90	
	F = off	> 40	< 20	< 7	35	28	11,85	25	9,5-7	113	9,50	
						50	20	10,40	22			
						80	12	8,55	18			
					120	8	6,15	13				
					160	6	3,80	8				

H. nobilis	LIEU	SINGAPOUR			
	INFORMATION	Van Eys (1986)			
	PROVENANCE				
		Classe	n	p (g)	l (cm)
Catégorie	1	4	250	22	
	2	6	180	18	
	3	10	100	13	
	4	14	70	10	
	5	20	50	8	

donc plus facile d'effectuer un échantillonnage des bêtes-de-mer à la fin du traitement. En raison de la variabilité des critères de classement sur les marchés, il est nécessaire de disposer des relations poids - longueur, des différentes espèces, après traitement. Ces relations ont été calculées pour les espèces les plus exploitées actuellement (tableau 55) et ont permis d'obtenir les

ESPECE	RELATION POIDS - LONGUEUR		d.l.	r
	(g)	(mm)		
<i>H. nobilis</i>	P = 0,0014	L ^{1,87}	67	0,89
<i>H. scabra</i>	P = 0,000014	L ^{3,23}	104	0,94
<i>H. scabra versicolor</i>	P = 0,002	L ^{2,18}	99	0,91

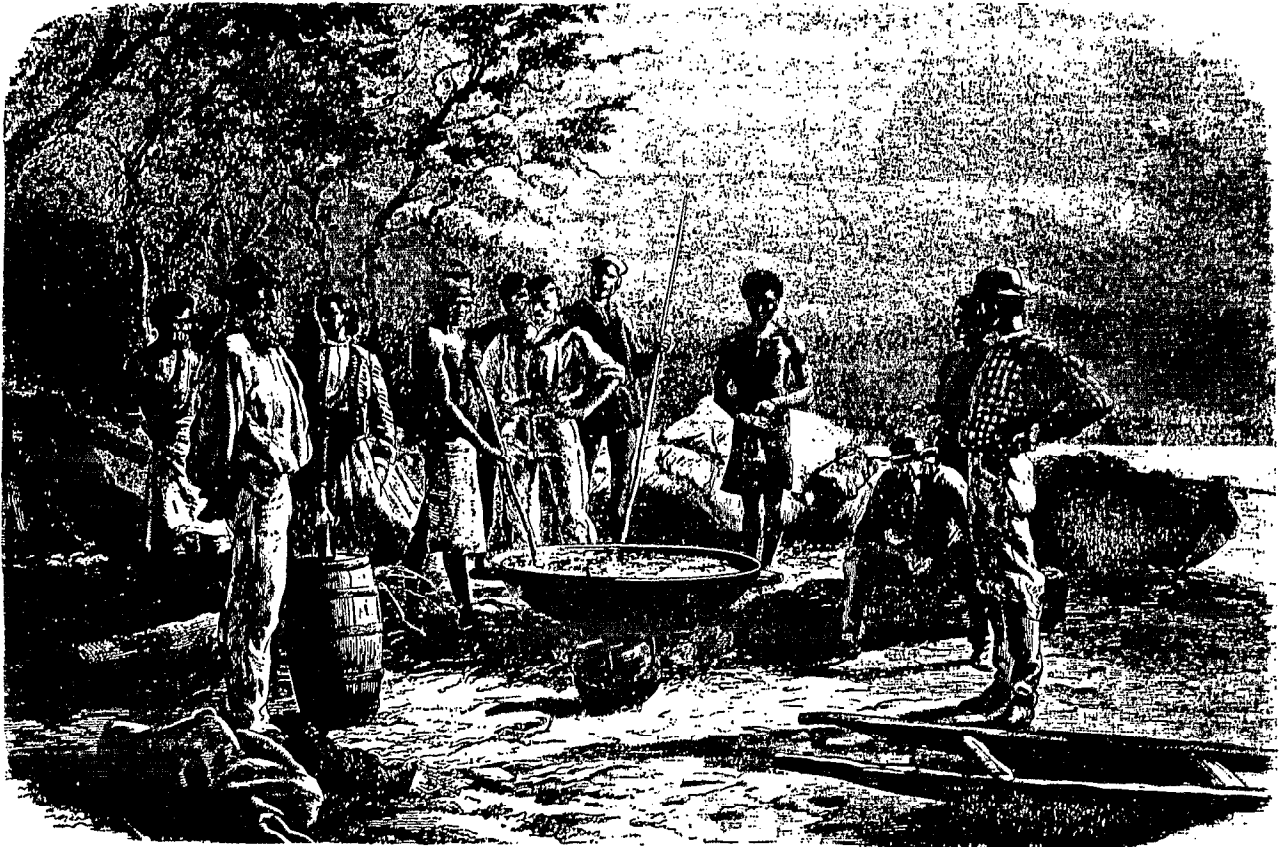
Tableau 56 : Relations poids-longueur des holothuries traitées en Nouvelle-Calédonie.
d.l. : degrés de liberté ; r : coefficient de corrélation.

longueurs correspondantes au poids des différentes catégories commerciales (cf. tableau 55). Elles seront utiles pour reconstituer, à partir des échantillons prêts pour l'exportation, des distributions grossières des tailles (ou des poids) des holothuries pêchées, connaissant l'évolution des paramètres au cours du traitement.

2.2 - EXPLOITATIONS ET MARCHES

2.2.1 - Introduction

Les exploitations du Pacifique Sud étant très diverses et souvent de faible importance, il a paru intéressant d'étudier leur historique. En effet, leur développement résulte de l'interaction de facteurs historiques et socio-économiques sur le potentiel biologique. L'analyse de leurs très larges fluctuations pourra peut-être éclairer l'état actuel et permettre d'envisager une gestion sur des bases rationnelles. Ces recherches historiques ont été menées par l'étude de documents anciens, livres, journaux et rapports (figure 108). Les résultats obtenus, qui permettent une vision globale au lieu d'une description limitée aux exploitations actuelles, sont présentés en annexe 11, en raison de leur relation indirecte avec le sujet.



Préparation du trévang. — Dossin de A. de Neuville d'après une photographie.

Figure 108 : Traitement des holothuriers au 19^e siècle (d'après "Voyages à la Nouvelle-Calédonie" par Jules Garnier, Hachette).

2.2.2 - Exploitations actuelles

2.2.2.1 - Statistiques mondiales

Il est généralement difficile d'acquérir des statistiques concernant les petites pêcheries artisanales. Or, les holothuries sont surtout pêchées dans des pays tropicaux, à technologie peu avancée, et de plus, une partie des captures est parfois consommée sur place, dans les pays où la population d'origine chinoise est importante. L'évaluation est tantôt faite sur les captures (poids frais), tantôt sur le produit traité sec ; il faut dans ce cas multiplier les données par dix, pour obtenir le poids frais approximatif. L'estimation des captures a été réalisée à partir des résultats d'une enquête menée par l'O.R.S.T.O.M., auprès des Ambassades de France et des Services des Pêches* des pays où cette activité est ancienne, et des annuaires statistiques de la F.A.O. (1978 à 1986).

Les pêcheries mondiales d'holothuries, en vue de la préparation de bêche-de-mer, peuvent être classées, suivant la zone géographique et les espèces exploitées, en plusieurs groupes (Conand et Sloan, 1988) :

- Le Pacifique centre ouest, lui-même subdivisé en Pacifique central et Pacifique tropical sud dont les principales exploitations actuelles sont menées à Fidji, aux Salomon et en Nouvelle-Calédonie ; plusieurs autres îles en produisent de petites quantités ou sont intéressées par une reprise de cette activité. Parmi les états de la zone du Pacifique central se trouvent les grands producteurs de bêche-de-mer, Philippines, Indonésie et Malaisie, mais leurs statistiques ne sont pas toujours accessibles. Plusieurs espèces y sont généralement exploitées.

- L'océan Indien est aussi une zone de pêche traditionnelle, surtout de l'espèce H. scabra. Il comprend la région de l'Afrique orientale avec Madagascar, le Mozambique, la Tanzanie et le Kenya et celle de l'Asie du sud-ouest avec l'Inde et Sri-Lanka.

- Le Pacifique nord-est, côtes de Colombie Britannique, du Washington et de Californie, connaît le développement récent d'une pêcherie de deux espèces (Sloan, 1986) ; son importance reste faible puisqu'elle ne dépasse pas 1 % des captures mondiales.

Le tableau 57 résume l'importance globale des captures par zones, au cours des dernières années.

*Il nous est agréable de remercier tous ceux qui nous ont communiqué ces informations.

Tableau 57 : Captures mondiales d'holothuries, en vue de la préparation de bêche-de-mer et répartition par zone.

ZONE	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Pacifique, sud (%)	8	4	4	2	4	4	22	6	20
Pacifique, centre (%)	54	65	68	77	75	76	66	84	67
Indien, nord (%)	11	9	10	9	9	10	7	1	3
Indien, ouest (%)	26	21	17	11	12	8	5	9	10
Total (t. poids frais)	10 860	10 540	15 370	13 300	13 600	14 450	14 140	54 000	40 000

Les captures annuelles varient entre 10 et 54 000 tonnes, elles sont en forte augmentation ces dernières années. L'examen des statistiques des marchés Hong-Kong et Singapour fournira des précisions à ce sujet, mais l'importance des tonnages de bêche-de-mer, réexportés à partir de ces centres, en complique l'interprétation. En effet, le même produit peut se trouver successivement sur plusieurs marchés.

Les pêcheries des Philippines et d'Indonésie sont largement prédominantes. Le Pacifique tropical sud représentait moins de 10 % des captures mondiales avant le développement de l'exploitation en Nouvelle-Calédonie et à Fidji, mais il dépasse 20 % actuellement.

2.2.2.2 - Exploitations dans le Pacifique Sud

Les exploitations pour préparer la bêche-de-mer ont cessé pendant la deuxième guerre mondiale. Il n'existe pas de données publiées avant le renouveau d'intérêt des années 70. A cette époque, la F.A.O. et la C.P.S., confièrent une mission de consultant à M. Sachithanathan. Ses rapports de 1971 et 1972 renferment des informations sur les productions de cette période. Les données que nous avons pu obtenir sur les captures de ces dernières années peuvent être comparées avec les statistiques d'importation de Hong-Kong et Singapour. Malgré l'absence de certaines statistiques, une assez bonne concordance apparaît entre les données d'origines diverses. Jusqu'en 1984, dans l'ensemble, les productions nationales étaient assez faibles, rarement supérieures à 50 tonnes de produit sec par an, mais elles ont beaucoup augmenté depuis cette date (tableau 58).

En Australie, plusieurs renaissances d'intérêt sont apparues (Anonyme, 1969, 1979). Bien qu'elles aient conduit à mener des études sur les techniques et les potentialités, la pêche ne s'est pas développée. Pour des raisons essentiellement socio-économiques, Harriot (1985) considère

Tableau 58 : Productions annuelles de bêche-de-mer dans le Pacifique tropical (d'après diverses sources).

PAYS	SOURCE	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987 10 m
FIDJI	F.A.O.			0	3	4	4	36	38	19	15	22	25	46	113	160	416	
	Service Pêches								15,3	10,4	16,9	15,8	34,6	32,9	53,1	66,2	229,4	670
	HONG-KONG SINGAPOUR			1		0,3	2	9	37	6				30,2	22,8	56,7	155,6	367,9 8
SALOMONS	F.A.O.		200	300	18	9	20	46	34	22	37	8	18	5	44	14	134	
	Service Pêches	5,4	35	50,8	17	9	28	39	34	10	36,5	8	17,2	4,5	44,3	13,6	134	146
	HONG-KONG SINGAPOUR					8,5	18	43	27,9	14,4				4,5	35,2 7,3	24,8 -	95,9 32	87,9 25
PAPOUASIE NOUVELLE-GUINEE	Shelley (1981)							5,7	12,8	2,2	3,2	11,1	23,0	7,1	5,0	15,2	30,0	
	Tenakanai (1988)																	
	HONG-KONG SINGAPOUR			9	1		1	5 4	13 2	1 3	4	12	5	6,3 7	1,4 5	4,3 12	17,2 53	46,9 56
NOUVELLE- CALEDONIE	Conand (non publié)								4	0	0	0	0	15,7	149,9	89,6	180	77,2
	HONG-KONG SINGAPOUR								8	-					67	107	100	34

qu'elle ne serait probablement pas viable actuellement sur la Grande Barrière. Shelley (1985) estime, qu'à condition d'effectuer une évaluation préalable, puis continue des ressources, la réintroduction d'une pêcherie artisanale dans les îles du Détroit de Torrès serait appropriée. A Fidji, la production montre un fort accroissement ces dernières années. La Division des Pêches en produit chaque année un certain tonnage et organise, en coopération avec la F.A.O./U.N.D.P. et la C.P.S., des stages et des démonstrations des techniques de traitement. Ils s'adressent aux fidjiens et aussi à des stagiaires des différents pays de la zone Pacifique Sud. Aux îles Salomon, la production montre de fortes fluctuations. L'historique de son développement a été décrit par James (1977) : une industrie protégée exista à Honiara de 1966 et 1971, mais elle ne put subsister à cause des difficultés de conservation et de transport des holothuries vivantes. A la révocation du monopole, la production se mit à augmenter. Puis la baisse de la prise par unité d'effort des pêcheurs entraîna la mise en oeuvre d'une réglementation, consistant en une alternance annuelle de "saisons ouvertes" (années 1980, 1982, 1984, 1986) et "fermées" (1981, 1983, 1985) (Bayliss-Smith, 1986). En 1986 et 1987, les exportations présentent une forte croissance. En Papouasie-Nouvelle-Guinée, la production, évaluée d'après les exportations de Port Moresby, est assez faible (Shelley, 1981 ; Tenakanai, 1988). Dans d'autres îles ou territoires, un certain intérêt pour cette exploitation est apparu, par exemple à Truk (Howell et Henry, 1977) à Tuvalu (Pita, 1979), en Polynésie française (Yen et Neagle, 1985) et à Vanuatu.

D'autre part, les holothuries sont aussi consommées ou utilisées traditionnellement. Elles sont parfois mangées crues (Samoa, Wallis, Palau), grillées (Papouasie - Nouvelle Guinée) ou cuites dans du lait de coco (Fidji). La toxicité du tégument de *H. atra* est parfois utilisée pour pêcher dans les flaques (Plessis, 1975). Récemment, sur une île du Détroit de Torrès, s'est installée une petite industrie pharmaceutique, utilisant des holothuries dans la composition d'un médicament destiné à soulager l'arthrite (Johannes, comm. pers.). A Fidji, trois espèces d'holothuries apparaissent dans les statistiques des marchés locaux. *H. scabra* ou "dairo" est la principale ; sa pêche reste généralement en dehors des circuits commerciaux, mais conserve une importance sociale. Certaines interactions pourraient apparaître entre cette pêche de subsistance et la pêche artisanale pour l'exportation.

En Nouvelle-Calédonie, les 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 (Anonyme, 1988 ; Conand, 1988).

Après des essais au début de l'année 1983, l'exportation régulière débute en juillet, en majorité à destination de Hong-Kong (tableau 59). Une croissance spectaculaire s'effectue en 1984, quatre sociétés se partageant le commerce dès juillet. En 1985 et 1986, les tonnages exportés restent très élevés, mais ils semblent en baisse en 1987. Au cours de la période 1983 à 1987, le total des exportations est répartie ainsi entre neuf sociétés différentes :

société 1 : 35,1 % ; 2 : 14,2 % ; 3 : 36,1 % ; 4 : 4,6 % ;
5 : 6,0 % ; 7 : 0,6 % ; 8 : 0,4 % ; 9 : 0,3 %.

Tableau 59 : Exportations annuelles de bêche-de-mer de Nouvelle-Calédonie.

ANNEE	TONNAGE TOTAL	TONNAGE MENSUEL	DESTINATION						NOMBRE DE SOCIETES
			Hong-Kong		Singapour		Autres		
			t	%	t	%	t	%	
1982	0	0	0	- 0	0	- 0	0	- 0	0
1983	15,7	1,3	13,8	- 88	1,8	- 12	0	- 0	2
1984	149,9	12,4	63,4	- 42	77,3	- 51	9,1	- 6	4
1985	89,6	7,4	15,6	- 17	67,4	- 75	6,6	- 7	6
1986	180,0	15,0	65,0	- 36	93,9	- 52	21,0	- 12	6
1987 (10 mois)	77,2	7,7	32,9	- 43	16,8	- 22	27,5	- 35	4

La figure 109 montre bien l'évolution qui s'est produite au cours de cette période, la part des sociétés 1 et 2 ayant par exemple beaucoup diminué en 1987, celle de la société 3 ayant au contraire augmenté. La répartition des tonnages, suivant la destination des exportations (tableau 59), est globalement, pour cette période, 50 % vers Singapour, 37 % vers Hong-Kong et 13 % vers Taïwan et les Etats-Unis pour une moindre part. Des fluctuations sont apparentes ; ainsi les exportations vers Singapour ont baissé de 94 tonnes en 1986 à 17 tonnes en 1987, tandis que les exportations vers les Etats-Unis ont augmenté. Il apparaît sur la figure 109 que la société 3 par exemple, qui avait surtout exporté vers Singapour à son démarrage, a diversifié ses destinations, au cours de sa croissance. Les données ne sont pas encore assez abondantes pour déterminer si ces fluctuations sont en rapport avec le changement des sociétés (donc des clients), ou avec l'évolution de la demande sur le marché mondial.

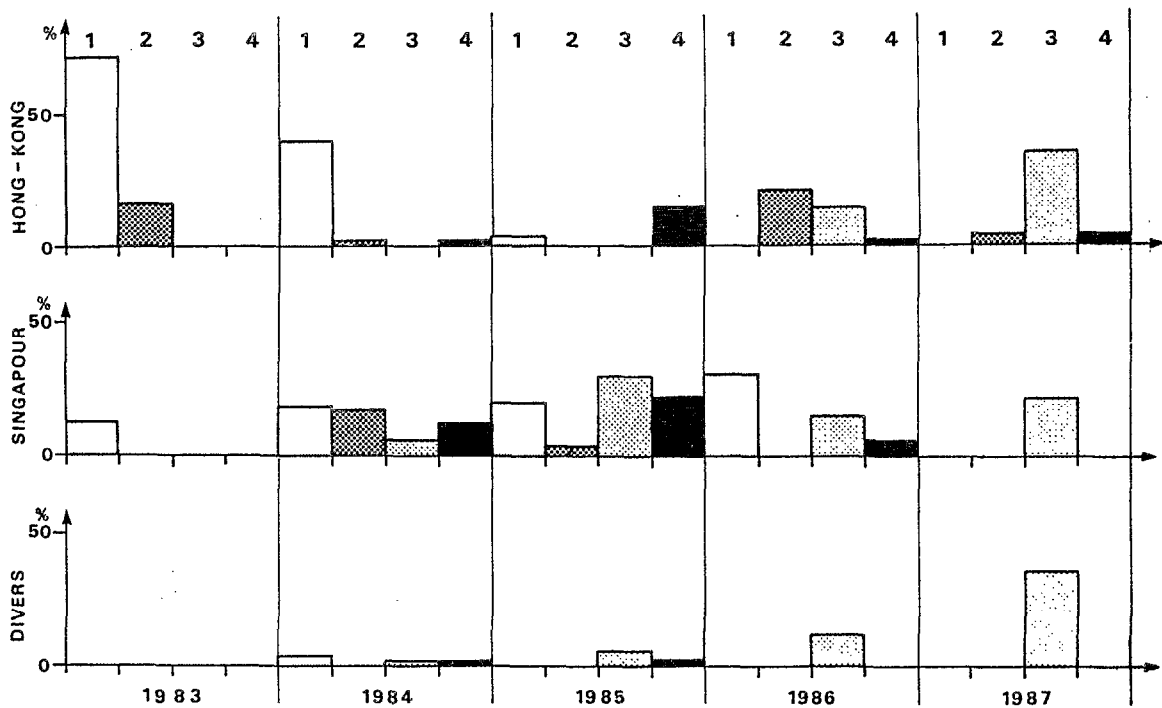


Figure 109 : Exportations annuelles de bêche-de-mer de Nouvelle-Calédonie, par société et par destination, en pourcentage du tonnage annuel. 1, 2, 3 : principales sociétés ; 4 : autres sociétés.

La figure 110, qui résume l'évolution des exportations depuis 1860, montre qu'au cours de ces cent vingt cinq 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 ? Des observations récentes (1988) mettent en évidence des changements à la fois des espèces exploitées et des zones d'exploitation. En effet, la pêcherie exploite maintenant A. miliaris, espèce de deuxième catégorie.

Après avoir récolté tous les animaux facilement accessibles dans une zone, les exploitants se déplacent vers une zone vierge. Ces faits tendent à prouver la surexploitation actuelle des stocks d'holothuries en Nouvelle-Calédonie.

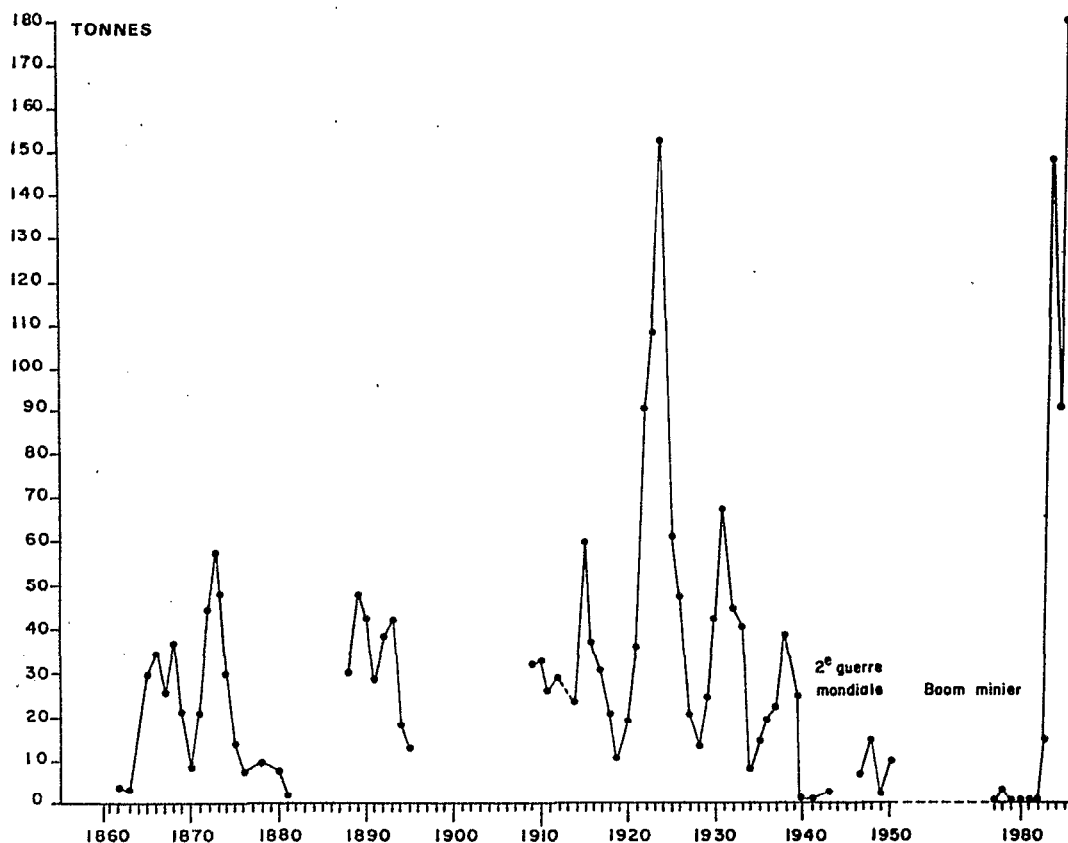


Figure 110 : Evolution des exportations de Nouvelle-Calédonie, de 1862 à 1986.

2.2.3 - Marchés de la bêche-de-mer

Le marché de la bêche-de-mer est essentiellement mené par des chinois et il en est ainsi depuis les lointaines origines de la préparation alimentaire des holothuries. 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. L'examen des exportations des producteurs révèle que la bêche-de-mer peut être expédiée à l'un ou à plusieurs des principaux marchés actuels, Hong-Kong, Singapour et accessoirement Taïwan.

Hornell (1917) avait déjà basé son étude de la pêcherie indienne des holothuries sur les statistiques de Singapour et Penang, fournissant des données sur la période de 1907 à 1916. Celles-ci ont été reprises et complétées par

les statistiques de Malaisie Britannique, Hong-Kong et de la Chine, par Sella et Sella (1940), pour la période de 1931 à 1933. Ces auteurs signalent la confusion créée par la réexportation d'un marché à l'autre. Plus récemment, Sachithanathan (1972) a analysé les statistiques de Singapour de 1962 à 1970 et de Hong-Kong en 1970. Enfin, quelques données figurent dans un article de Australian Fisheries (1979), pour l'année 1978.

Ces données historiques ont été complétées, grâce aux statistiques récentes du commerce de Hong-Kong et Singapour*. Elles comprennent d'une part, les statistiques d'importation par pays d'origine, en tonnage et en valeur, de l'autre les statistiques de réexportation par pays de destination, en tonnage et en valeur. N'étant pas des producteurs, leurs exportations sont négligeables. Malgré l'imprécision qui peut parfois exister sur ces chiffres, ce sont actuellement les meilleurs éléments disponibles pour tenter d'évaluer la production mondiale et suivre les tendances de son évolution. Les analyses de ces statistiques sont présentées en annexe 12A pour Hong-Kong, 12B pour Singapour et 12C pour les échanges entre Hong-Kong et Singapour. La figure 111 permet de résumer les points les plus importants.

Il apparaît donc que **Hong-Kong** est actuellement le principal marché de la bêche-de-mer, avec des importations s'élevant à 5 000 tonnes environ. Sa croissance, qui a été très forte depuis 1982, semble se stabiliser. Ses importations proviennent surtout d'Indonésie et des Philippines, mais la part des îles du Pacifique connaît une expansion notable, les tonnages de Fidji en particulier ayant récemment beaucoup augmenté. Ses réexportations connaissent une augmentation parallèle à celle des importations. L'évolution récente montre qu'elles sont essentiellement destinées à la République populaire de Chine avec plus de 3 000 tonnes. Le tonnage des exportations vers Taïwan a peu varié, alors que celui destiné à la République de Corée a fortement chuté.

La croissance du marché de **Singapour** est plus lente. Ses importations ont atteint 814 tonnes en 1986, en provenance de nombreux pays de l'Océan Indien, mais aussi des Philippines. Ses réexportations étaient surtout destinées à la Malaise, mais la moitié environ en est maintenant envoyée à Hong-Kong.

Les principaux autres pays importateurs et consommateurs sont la République populaire de Chine, la Malaisie péninsulaire et Taïwan. La République populaire de Chine

*Nous exprimons notre sincère reconnaissance à M. Van Eys, Expert du Commerce International à Infotish et aux personnes ou organisations qui nous ont communiqué des statistiques.

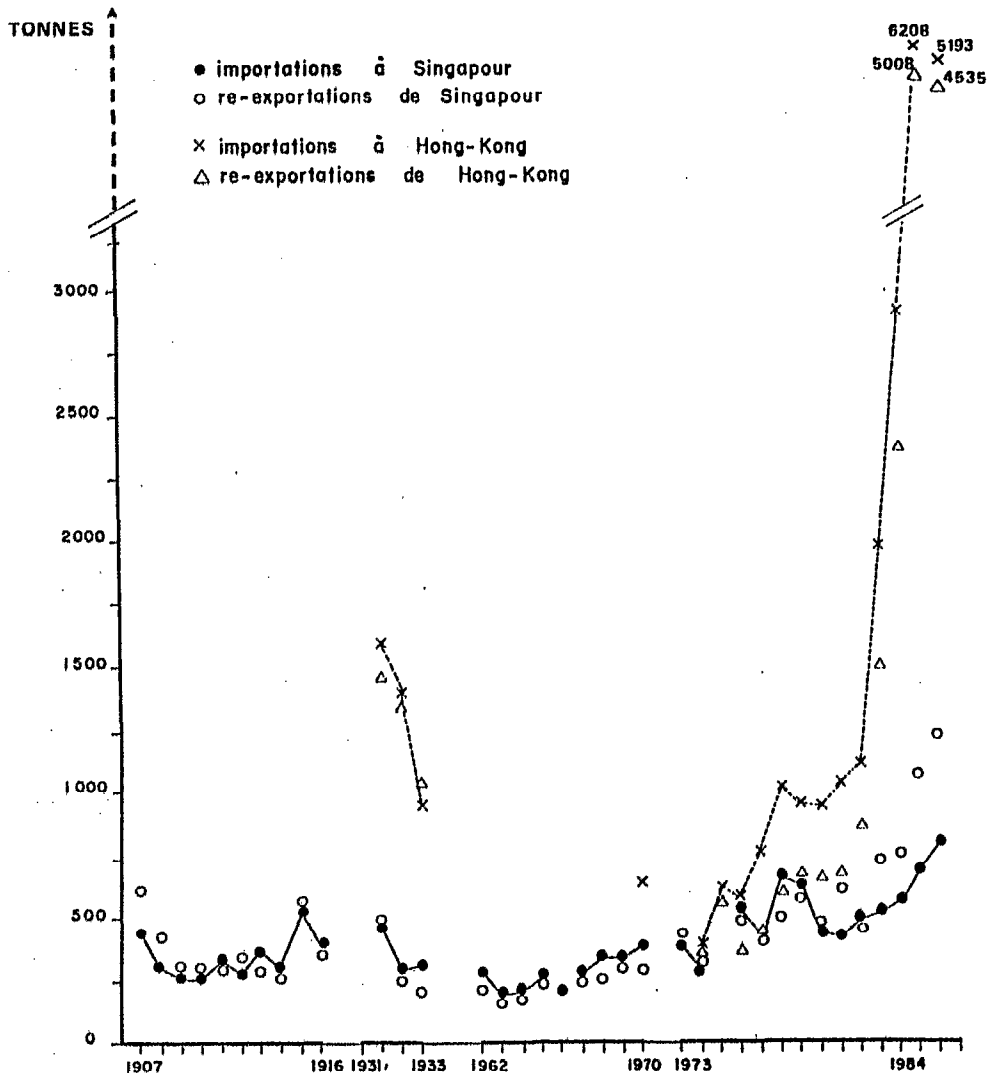


Figure 111 : Evolution du marché de la bêche-de-mer (tonnages) à Hong-Kong et Singapour.

semble stabiliser ses importations, après une croissance spectaculaire. Celles de Taïwan, aux environs de 500 tonnes, proviennent d'une douzaine de pays, au premier rang desquels se trouve l'Indonésie.

Pendant les dernières années, 1985 à 1987, la production mondiale de bêche-de-mer a certainement dépassé ses records avec plus de 6 000 tonnes, donc au moins 60 000 tonnes d'holothuries pêchées.

Les pays du Pacifique sud ont depuis longtemps fourni de faibles tonnages aux marchés de Hong-Kong et Singapour. La forte croissance des exploitations, depuis 1984, tout particulièrement en Nouvelle-Calédonie et à Fidji, a fait notablement augmenter leur participation au volume des marchés mondiaux. En raison du cours assez élevé,

dû à la qualité de leurs produits, leur contribution aux valeurs totales a encore plus augmenté, les amenant en 1986 à 11 % du marché de Hong-Kong et 24 % de celui de Singapour. Le maintien de leur part à ce niveau peut être réalisé à condition qu'ils puissent fournir régulièrement un produit dont la qualité soit bonne et constante.

Concernant la **Nouvelle-Calédonie**, la comparaison des statistiques d'exportation (cf. figure 110), avec celles des marchés (cf. figure 111), montre que les fluctuations en Nouvelle-Calédonie ne semblent pas reliées à l'évolution du marché de Singapour dont l'amplitude des variations est faible et la croissance actuelle progressive. Bien que les données du marché de Hong-Kong ne soient pas toujours disponibles, ses variations sont similaires pendant la récession de 1931 à 1933 et la forte croissance actuelle.

3 - ELEMENTS POUR UNE GESTION RATIONNELLE DES RESSOURCES

3.1 - INTRODUCTION

Avec la croissance des exploitations des ressources halieutiques, leur gestion rationnelle est peu à peu apparue nécessaire, même lorsqu'elles concernent des petites pêcheries. Dans les pays comme le Japon et la Chine, où les holothuries sont récoltées depuis très longtemps, il existe une gestion au niveau des coopératives, basée sur une réglementation des périodes et des zones de pêche et de la taille des individus, mais elle ne paraît pas suffisante pour empêcher la surexploitation (Liao, com. pers.).

Dans les pays du Pacifique tropical, les exploitations n'ont pas commencé avant le dix-huitième siècle et elles ont connu de très larges fluctuations. La pêche n'est généralement pas réglementée. Pourtant, dès le dix-neuvième siècle, des scientifiques, Saville-Kent (1893) et Koningsberger (1904), soulèvent le problème de la surexploitation des stocks, mais ils estiment qu'une législation n'est pas nécessaire ou serait trop difficile à appliquer. Ils en donnent comme raisons la diversité des tailles des espèces exploitées et la recolonisation des fonds pêchés par des individus migrant depuis des zones plus profondes. En effet, dans cette pêche, seuls les individus facilement accessibles dans les zones peu profondes sont récoltés. Ainsi, dans les zones coralliennes, de nombreux individus restent cachés. De plus, les conditions météorologiques réduisent souvent les périodes de pêche. Au contraire, Clark (1921) préconise l'intervention de l'Etat, pour la création d'un organisme de recherches sur ces pêcheries. Plus récemment, les Divisions des Pêches des organismes internationaux et des pays du Pacifique Sud, se sont préoccupés de l'aménagement de ces exploitations (Sachithanathan, 1972 ; Conand, 1979 ; Gentle, 1979 ; Harriot, 1985 ; Shelley, 1985 ; Conand, 1986).

De manière générale, l'aménagement d'une pêcherie consiste en l'élaboration de modèles de production, intégrant les trois domaines de la dynamique des populations des espèces exploitées, de la pêche et de l'économie aux différentes étapes, depuis la capture jusqu'à la consommation. Des facteurs sociaux, en particulier dans les pays du Pacifique tropical, peuvent aussi jouer un rôle important.

Les modèles mathématiques appartiennent à deux catégories principales (Laurec et Le Guen, 1981). Les modèles globaux, dont l'approche est synthétique, décrivent l'évolution des captures et du rendement en fonction de l'effort de pêche et déterminent un maximum de production. Mais dans des pêcheries aussi fluctuantes, il paraît difficile d'évaluer l'effort et la prise par unité d'effort de manière régulière et précise. Les modèles analytiques cherchent à identifier puis intégrer les phénomènes élémentaires affectant les stocks : recrutement, croissance, mortalités naturelle et par pêche.

L'établissement de modèles économiques, analogues aux modèles de production, nécessite des statistiques sur la valeur des captures (ou du produit traité dans le cas des holothuries) et sur les coûts de production. En fonction de la valeur de l'effort de pêche, seront établies les courbes de la valeur totale, du rendement économique brut en valeur brute de la production par unité de coût, puis du gain économique marginal brut et du bénéfice économique total net (Troadec, 1982). Cet indice passe par un maximum représentant l'objectif d'aménagement.

Les connaissances actuelles sur la biologie des holothuries et leurs pêcheries ne permettent pas encore d'envisager l'utilisation des modèles pour leur gestion rationnelle. Ce chapitre tente de faire le point sur l'état actuel et les perspectives concernant l'échantillonnage des pêcheries ou des productions de bêche-de-mer et l'évaluation des ressources.

3.2 - ECHANTILLONNAGE DES PECHERIES D'HOLOTHURIES

Dans les pays développés, les administrations des pêches disposent généralement de statistiques recueillies de manière suivie, bien qu'elles ne soient pas toujours précises pour les petites exploitations artisanales. En Nouvelle-Calédonie, comme dans les autres îles du Pacifique tropical, la faible dimension des états et la multiplicité des exploitations de petite taille expliquent l'absence ou la rareté des informations.

Des statistiques devraient être récoltées à la fois sur les captures, sur l'effort de pêche et sa répartition spatiale. Dans le cas des pêcheries d'holothuries, elles pourraient aussi concerner la transformation et le produit obtenu.

3.2.1 - Statistiques de pêche

3.2.1.1 - Prise, effort et prise par unité d'effort

Lorsqu'une pêcherie existe, il faut d'abord l'identifier par un recensement des bateaux et des pêcheurs, puis recueillir, de manière suivie, les statistiques sur les quantités pêchées et sur l'effort de pêche mis en oeuvre, dont on déduit ensuite la prise par unité d'effort ou P.U.E.

Dans le cas des pêcheries d'holothuries, 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 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 être réalisées par des observateurs scientifiques, en absence de possibilité de mesure de 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 provient de différentes caractéristiques du milieu, des espèces et de l'observateur.

- Les méthodes de récolte, variables, 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 seulement 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 les ethnies ou les observateurs scientifiques.
- Les conditions du milieu font varier l'accessibilité, ainsi la visibilité est excellente dans les stations de récif barrière, mais 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, et sur les sédiments nus, les individus sont bien visibles. Par contre, 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 et les individus de grande taille ou de couleur vive seront plus facilement dénombrés.

Pour pouvoir permettre 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.

3.2.1.2 - Quelques évaluations scientifiques de la "P.U.E." et leur intérêt pour l'estimation des ressources

Dans le Pacifique tropical, des évaluations ont été effectuées sur quelques espèces. Ainsi, aux Iles Salomon, Crean (1977) fournit des informations, basées sur une expertise d'une semaine dans l'atoll de Ontong-Java, l'un des plus grands du Pacifique. Parmi la quinzaine d'espèces identifiées par McElroy (1973), dans les cinq principaux biotopes, seules Holothuria nobilis et Actinopyga miliaris sont pêchées régulièrement. La P.U.E. moyenne, calculée pour H. nobilis, d'après les prises d'une vingtaine de pêcheurs, pendant une période de neuf jours, est de 11 individus. 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. D'après les observations sur le commerce, les captures se répartissaient alors entre 2/3 de T. ananas et 1/3 de H. nobilis.

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. 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 112B) sont présentés, par espèce, et peuvent être comparés avec ceux qui ont été obtenus en Nouvelle-Calédonie (figure 112A), avant d'avoir mis au point l'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 approcher 1 000.

La P.U.E. a été suivie pour H. fuscogilva, à la station 6, au cours de l'échantillonnage mensuel en 1979-1980. 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.

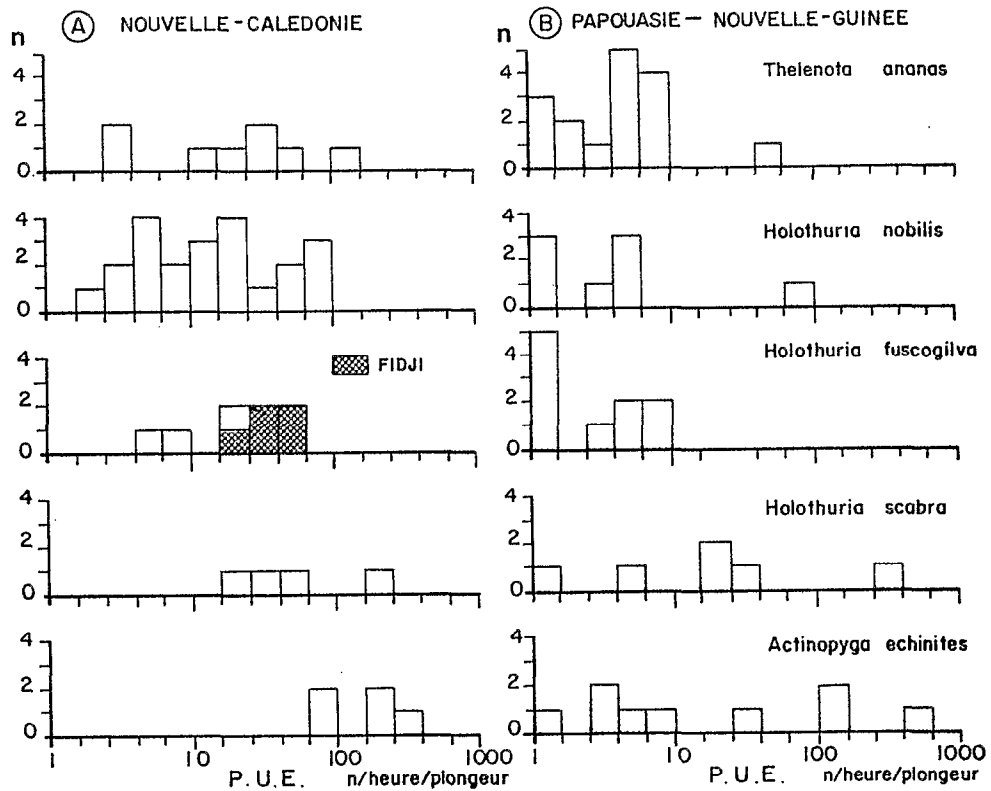


Figure 112 : Distributions des valeurs de prise par unité d'effort des principales espèces. A : Nouvelle-Calédonie (et Fidji) ; B : Papouasie-Nouvelle-Guinée (d'après Shelley, 1981).

Les valeurs de la P.U.E. et celles de la densité ont été évaluées simultanément en trois stations du lagon sud-ouest, lors de comptages d'une seule espèce. La relation entre la surface prospectée et l'effort déployé en a été déduite (tableau 60).

Tableau 60 : Relation entre la valeur de l'effort et la surface échantillonnée, en trois stations du lagon.

BIOTOPE	ESPECE	DENSITE n/ha	P.U.E. n/h	SURFACE/h ha/h
Passe	<i>T. ananas</i>	42	26,4	0,63
Platier interne (îlot)	<i>H. nobilis</i>	59	26,2	0,44
Pente externe (îlot)	<i>A. echinites</i>	462	270	0,58

La surface prospectée avoisine un demi-hectare par heure de plongée. Cette valeur est près de cinq fois supérieure à celle qu'a estimé Shelley (1981). Cette différence met bien en évidence la nécessité d'étudier les facteurs responsables des variations de la prise par unité d'effort, puis de la standardiser pour permettre d'estimer l'abondance des espèces.

3.2.1.3 - Exemple d'échantillonnage d'une pêcherie en Nouvelle-Calédonie

Grâce à la collaboration d'un commerçant qui achète les holothuries aux pêcheurs pour les traiter, une enquête a permis de suivre la première année de l'exploitation. Les plongeurs, à partir de petites embarcations, pêchent aussi les poissons récifaux, les trocas, ... 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, en particulier la météo, n'ont pas pu être recueillies avec régularité. Les résultats sont présentés dans le tableau 61. 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 plongée, l'effort de pêche d'un bateau se situe entre 8 et 15 heures par jour. Le calcul de la P.U.E. 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

Tableau 61 : Résultats de l'échantillonnage, pendant un an, de la pêcherie 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

captures. Tandis que les captures correspondaient pour la première à des poids éviscérés, elles se rapportent généralement à des poids totaux, frais pour la seconde. Les valeurs de la P.U.E., rapportées à des poids frais, varient donc de 83 à 230 kg par plongeur par heure pour H. scabra ; elles sont plus faibles pour H. scabra var. versicolor, allant de 47 à 77 kg.

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, pour suivre l'évolution de la pêche.

3.2.2 - Statistiques de production de bêche-de-mer

Les statistiques concernant le produit traité ont 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 fréquence 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 113 montre quelques exemples de distributions des poids secs de H. scabra, non triées d'abord, qui permettront de calculer directement les poids des holothuries pêchées (A) et triées par le producteur (B et C) en trois catégories de tailles. Dans ce cas (B et C), 100 exemplaires dans chaque catégorie ont été pesés et il faudrait les rapporter à leur proportion relative pour obtenir la distribution par classe de poids de la pêche. Il apparaît que les catégories se chevauchent légèrement, et 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 pêche et standardiser des procédures de recueil des statistiques.

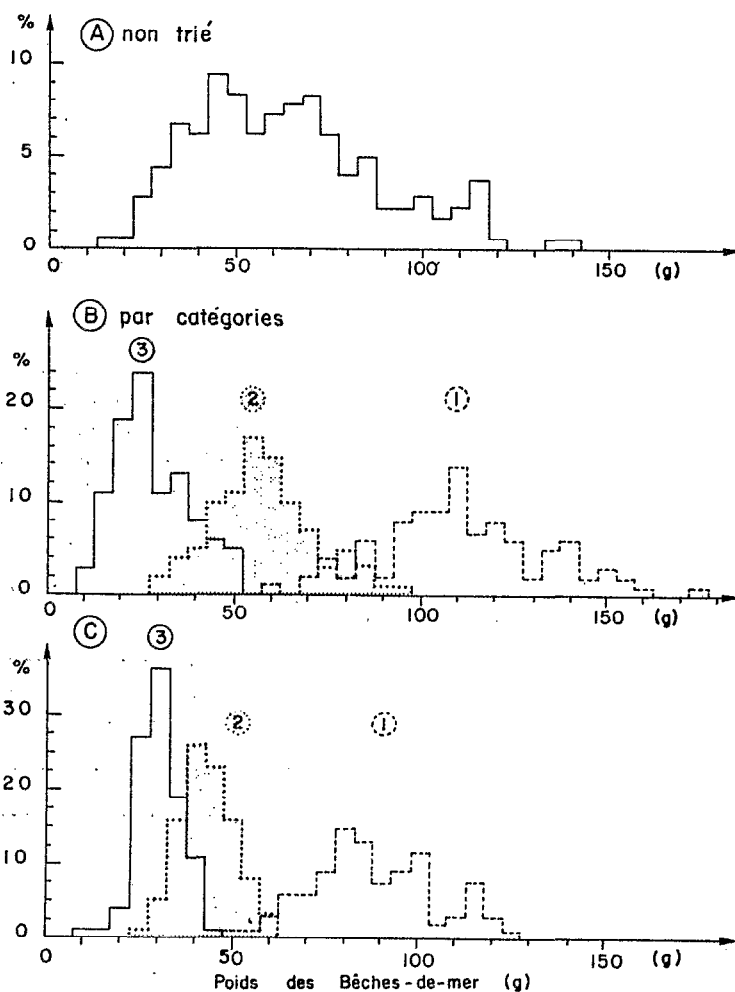


Figure 113 : Exemples d'échantillons de bêche-de-mer, *H. scabra*, en Nouvelle-Calédonie.

3.2.3 - Recueil des statistiques d'exportation de bêche-de-mer

La production de bêche-de-mer du Pacifique tropical étant destinée à l'exportation, les statistiques du commerce sont aussi un moyen de suivre l'exploitation. C'est sur ces chiffres que sont généralement établies les statistiques des pays et celles, mondiales, de la F.A.O. Elles ont l'avantage de fournir des valeurs annuelles, permettant de suivre l'évolution à long terme. Plus détaillées, elles pourraient permettre d'évaluer la structure démographique des captures. Ainsi, au démarrage de l'exploitation en Nouvelle-Calédonie, étaient mentionnés les tonnages mensuels par espèce et par catégorie de taille. Le dépouillement de ces statistiques, en particulier pour l'espèce *H. scabra*, montre que les catégories diffèrent légèrement entre exportateurs, allant de six catégories définies précédemment à seulement trois

catégories. D'après les résultats de l'échantillonnage des produits secs, il a été possible de regrouper les données en trois catégories : grandes (1) correspondant aux catégories A et B du marché, moyennes (2) catégories C et D, petites (3) catégories E et F. Le tableau 62 présente les exportations, totales et par commerçant, en 1983 et 1984, pour les différentes catégories de H. scabra. Les proportions sont très comparables à celles obtenues par l'échantillonnage des produits traités, non triés (cf. figure 113A). La seconde catégorie, celle des bêtes-de-mer de 30 à 65 g, constitue plus de la moitié des exportations. En tenant compte de la réduction de poids au cours du traitement, elle correspond à des individus dont le poids frais devait être compris entre 600 et 1 500 g. Cependant, la qualité du traitement, le soin apporté au tri par catégorie, la définition des catégories, sont autant de facteurs qui rendent ces premières estimations imprécises.

Tableau 62 : Exportations de H. scabra de Nouvelle-Calédonie, par catégorie et par commerçant.

CATEGORIES (%) ANNEES EXPORTATEURS	A	B	C	D	E	F
	1		2		3	
	140 à 65 g		65 à 30 g		30 à 10 g	
1983	28,7		42,9		28,4	
1984						
Exp. 1	6,4	17,6	37,8	21,0	13,3	4,0
Exp. 2	28,3		34,3	24,6	7,4	5,4
Exp. 3	4,9	24,7	26,9	26,5	16,6	
Exp. 4	57,0		43,0		-	
Total	27,9		56,7		15,4	

Les statistiques actuelles ne mentionnent plus que les tonnages exportés par chaque société, ainsi que les destinations (cf. figure 109). Elles ne permettent donc pas de se rendre compte d'évolutions essentielles de la pêcherie, comme le changement d'espèce exploitée ou de zone d'exploitation. Il serait donc souhaitable d'introduire, dans ces statistiques, les espèces et éventuellement les catégories de taille et zones de pêche.

Ces échantillonnages ont été réalisés au démarrage de l'exploitation des holothuries, dans la région de Nouméa, mais ont été interrompus à notre départ, après lequel seul le recueil des statistiques d'exportation est poursuivi par le Service des Douanes*. Cette étude a mis en évidence les diverses possibilités d'échantillonnage, les difficultés rencontrées pour leur réalisation et les besoins futurs pour pouvoir évaluer et gérer ces pêcheries.

*Nous remercions les personnes des Services Territoriaux qui nous ont fourni ces statistiques.

3.3 - EVALUATION DES STOCKS

3.3.1 - Biomasse potentielle 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 présentée dans le chapitre sur l'écologie. 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 Bv.

Ces biomasses ont été obtenues pour les espèces commerciales des différents peuplements (tableau 63). Pour ce calcul, les biomasses de chaque espèce sont rapportées au nombre total de stations effectuées dans un peuplement. Ces valeurs sont donc plus faibles que celles de la présentation initiale par station, mais tiennent mieux compte de l'organisation en taxocénoses et de la richesse globale. Elles permettent d'évaluer ensuite le potentiel en bêche-de-mer, en utilisant les relations obtenues précédemment (cf. - 3.2). 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.

Tableau 63 : Biomasses en poids frais et potentiel en bêche-de-mer des espèces des différents peuplements. n : nombre de stations effectuées dans un peuplement.

PEUPELEMENTS	n	BIOMASSE (kg/ha)	BECHE DE MER (kg/ha)
Passes et pentes	84		
<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	32		
<i>H. scabra versicolor</i>		32,3	1,9
Platiers internes	37		
<i>A. miliaris</i>		200,7	6,0
Platiers externes	21		
<i>A. mauritiana</i>		43,2	4,3
<i>A. echinites</i>		39,1	3,9
<i>S. chloronotus</i>		15,9	
Baies	21		
<i>H. scabra</i>		71,5	4,3

3.3.2 - Cartographie des biotopes : exemple d'utilisation de la télédétection

La cartographie générale des biotopes du lagon ne pouvait pas être envisagée dans le cadre d'une étude portant sur les holothuries. Des images satellitaires, disponibles pour deux récifs où l'échantillonnage des holothuries avait été mené de manière détaillée, ont pu être analysées et serviront d'exemple d'application de la télédétection à la cartographie thématique et à l'évaluation des ressources.

3.3.2.1 - Méthodes

Les premières photographies de la terre, prises de l'espace pendant les vols de Gemini en 1965, montraient des récifs coralliens avec certains détails topographiques. Mais l'utilisation des techniques de la télédétection, pour l'étude des zones côtières, nécessitait une forte augmentation du pouvoir de résolution. Après un exposé comparatif des performances des différents capteurs, embarqués sur avion ou sur satellites, Loubersac (1983) démontre l'intérêt des satellites à haute résolution, Landsat TM et Spot, pour les milieux littoraux à forte variabilité spatiale et temporelle. Le satellite SPOT (CNES, 1983) comprend un satellite d'observation de la terre, qui a été mis en orbite en 1986 et des stations de réception. Il permet d'obtenir des images multispectrales (3 canaux), avec une résolution au sol de 20 x 20 m et des images panchromatiques en noir et blanc, de 10 x 10 m de résolution. Au cours des simulations, réalisées avant le lancement, des données ont été acquises, grâce à un radiomètre Daedalus aéroporté. Elles ont été reformatées pour réaliser des scènes Spot, les gammes de longueur d'onde étant, en mode multispectral XSI (0,50 - 0,59 μm), XS2 (0,61 - 0,69 μm) et XS3 (0,79 - 0,89 μm), et en mode panchromatique XP (0,51 - 0,73 μm). Une campagne de simulation a été menée en Nouvelle-Calédonie, en décembre 1983, par le Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale avec la collaboration de différents organismes.

Le traitement des images a été effectué, en collaboration avec l'IFREMER et l'ORSTOM (Bour *et al.*, 1985). La méthodologie du traitement (Loubersac, 1983) comprend les étapes suivantes :

- élimination du domaine terrestre par seuillage sur le canal XS3 (proche infra-rouge) ;
- élimination des zones d'une profondeur dépassant dix mètres environ par seuillage sur le canal XSI ;
- classification par seuillage des valeurs sur l'histogramme bidimensionnel des canaux.

Lorsque leur corrélation est très forte, des pseudo-canaux sont obtenus par transformation des coordonnées cartésiennes des pixels de l'histogramme en coordonnées polaires, c'est-à-dire la distance à l'origine et l'angle

avec le premier axe (Bour et al., 1986). La distance est directement liée à la profondeur, tandis que l'angle différencie les principaux types de milieux. Ainsi les points de l'histogramme bidimensionnel de ces deux pseudo-canaux sont plus dispersés et le découpage en classes peut alors être réalisé. La superficie des classes ou thèmes est fournie en nombre de pixels. Les thèmes sont confirmés par l'observation de photos aériennes et une vérité-terrain. Les données quantitatives, des quadrats réalisés sur le terrain, sont rapportées aux différents thèmes et permettent une évaluation de la biomasse des espèces.

3.3.2.2 - Cartographie thématique d'un récif frangeant et d'un récif d'îlot

Récif frangeant : situé à l'extrémité de la presqu'île de Nouméa, le récif Ricaudy (cf. figure 46, station 14) s'étend le long de la côte sur une largeur d'environ 300 mètres. Les sept thèmes déterminés par le traitement d'images couvrent environ 64 hectares (figure 114A). Deux séries de quadrats de 10 x 2 m ont été étudiées le long de radiales A et B ; toutes les holothuries ont été déterminées, mesurées et pesées (figure 114B).

Les trois espèces, A. echinites, H. leucospilota et H. atra, sont largement dominantes. À partir de ces observations sont calculées, pour chaque espèce, la densité et la biomasse moyennes par 100 m², puis l'effectif et la biomasse totale pour chaque thème (figure 115).

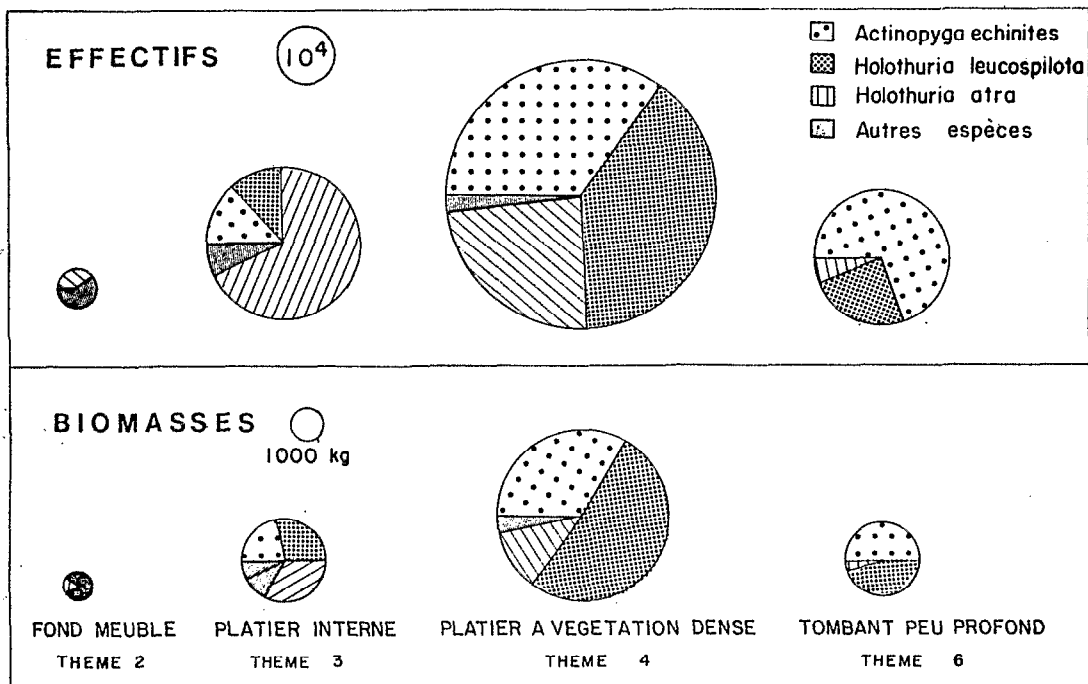


Figure 115 : Evaluation de la richesse en holothuries des différents biotopes du récif Ricaudy.

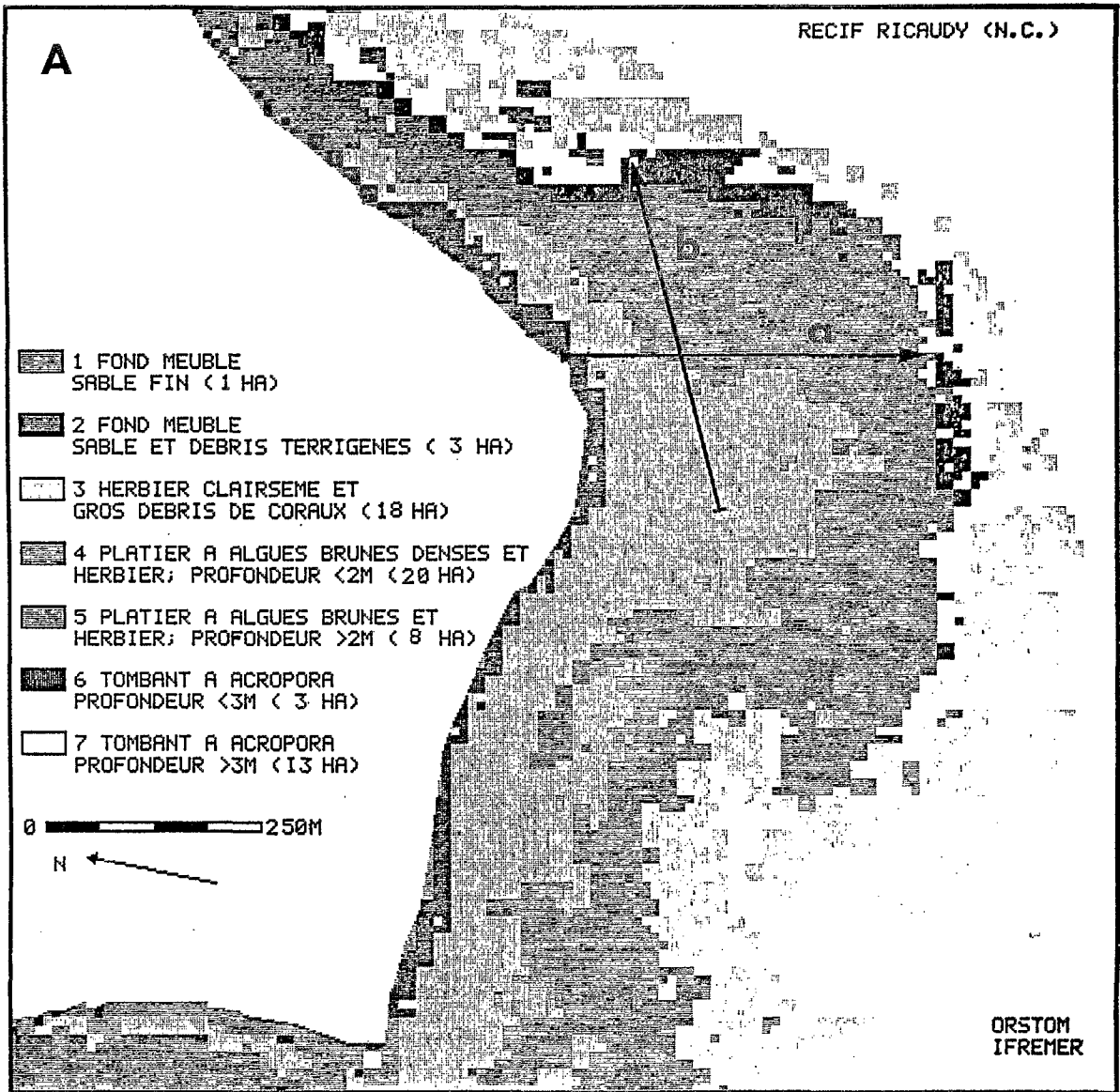
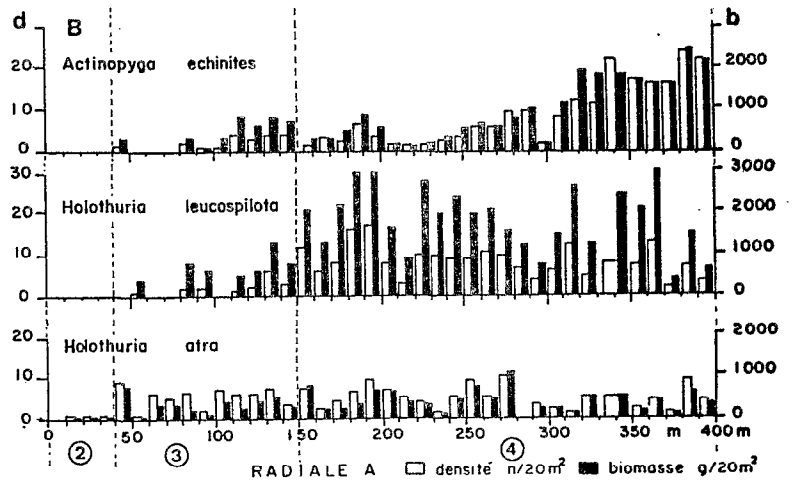


Figure 114 : Cartographie thématique d'un récif frangeant, Ricaudy, Nouvelle-Calédonie (A) et échantillonnage des holothuries (B).
a et b : radiales d'échantillonnage.



Le thème 2 est constitué de fonds meubles à débris, avec quelques rares individus de H. atra. Le thème 3 correspond au platier interne à herbier clairsemé et débris ; les densités et la richesse globale sont plus fortes. Le thème 4 est une dalle de platier, couverte d'une végétation dense d'algues brunes sur sa partie externe, avec des passées sableuses portant un herbier assez dense à Cymodocea et Halodule sur sa partie interne. Ces deux faciès n'ont pas été distingués par l'analyse thématique, mais la distribution des holothuries y est différente : la densité d'A. echinites, à l'inverse de celle de H. atra, croît vers la partie externe, H. leucospilota y est assez abondante, mais représentée par des individus de différentes tailles, ce qui entraîne des variations de la biomasse. Le thème 6 est le bord du tombant où A. echinites est très abondante.

Récif d'îlot : l'ensemble des récifs qui entoure l'îlot Maître (figure 47, station 15) est de forme grossièrement triangulaire. L'image de la simulation n'en couvre qu'une partie qui comprend, outre la caye boisée, émergée, le tombant au vent, situé le long d'un chenal à forts courants de marée, le platier et le tombant sous le vent de la caye, soit environ 340 ha. L'analyse a permis de déterminer sept thèmes, allant des sables nus de plage aux tombants (figure 116). Les trois radiales d'étude des holothuries sont réparties chacune dans des thèmes différents. La radiale A s'étend sur 300 mètres (quadrats de 10 x 1 m) de platier interne, comprenant une zone à bancs de sable (thème 2) et une zone à herbier clairsemé (thème 3). La radiale B (100 x 2 m) a été effectuée dans l'herbier dense (thème 5). La radiale C (750 x 3 m) a été réalisée en plongée libre, parallèlement au bord du tombant au vent, dans une zone qui présentait une forte agrégation de l'étoile de mer Acanthaster planci (Conand, 1985) ; les holothuries sont localisées dans les cuvettes de sable et de débris coralliens, qui existent entre les buissons et les tables d'Acropora. La figure 117 présente la composition spécifique en holothuries et leur abondance numérique et pondérale dans quatre thèmes. Le platier interne sableux est caractérisé par une population d'H. atra. Dans l'herbier dense, la diversité est forte et la biomasse élevée est répartie entre les différentes espèces. Sur le tombant, comme au récif Ricaudy, A. echinites prédomine.

3.3.2.3 - Discussion

Cette évaluation des ressources en holothuries de deux récifs est basée sur une utilisation simultanée des données "satellitaires" et d'un échantillonnage des espèces sur le terrain ; c'est un exemple de l'utilisation possible de la télédétection à haute résolution. Elle est cependant, jusqu'à présent, affectée de larges marges d'incertitude et les résultats obtenus ne fournissent qu'un ordre de grandeur. En effet, les sources de variation de chaque méthode

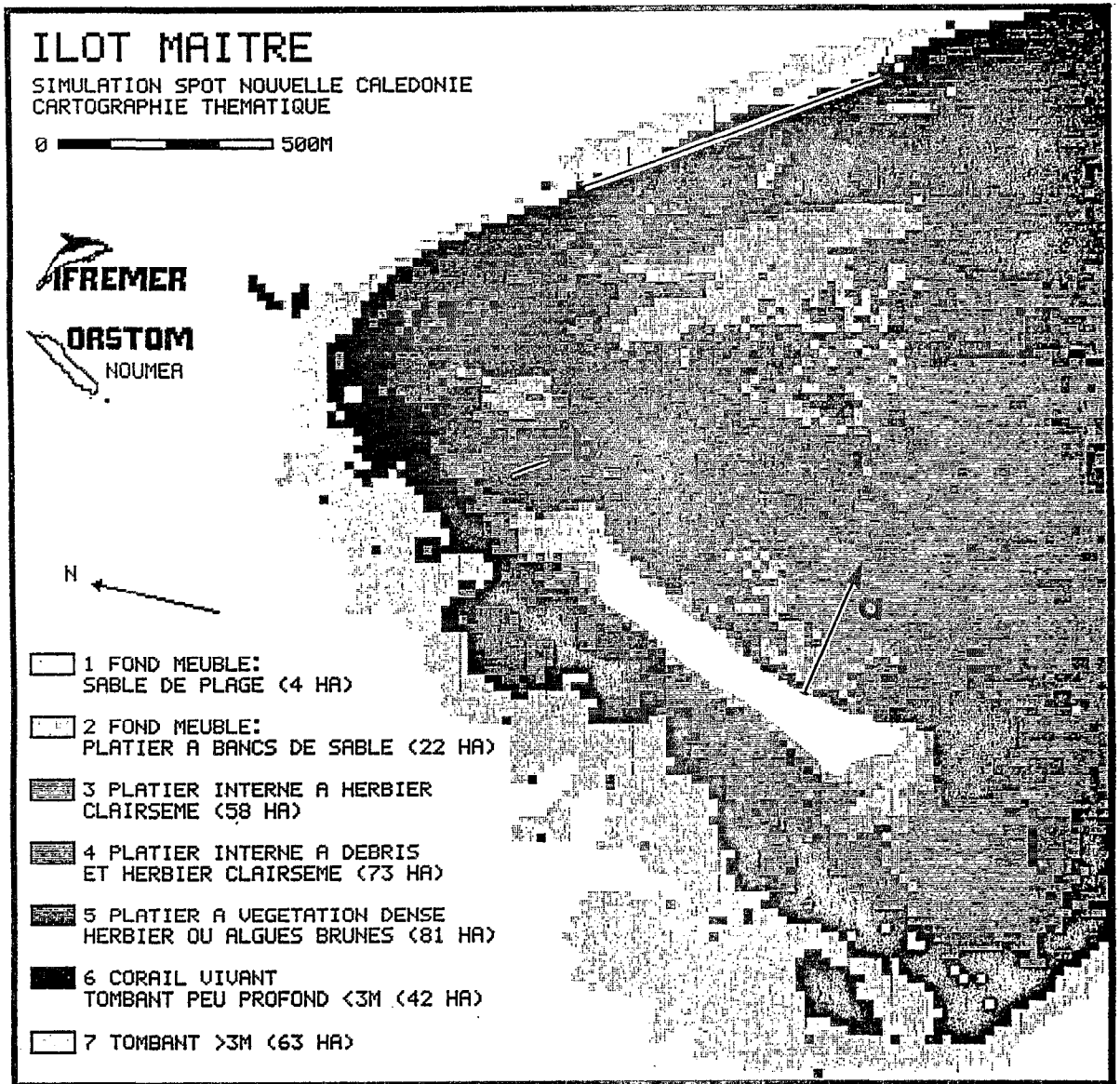


Figure 116 : Cartographie thématique d'un récif de lagon, îlot Maître, Nouvelle-Calédonie. a, b et c : radiales d'échantillonnage.

s'additionnent. Les incertitudes liées à l'échantillonnage quantitatif ont déjà été exposées (cf. chap. 2 - 3.3). L'analyse des images satellitaires a souvent été menée sur des zones intertidales, ce qui avait pour effet d'éliminer l'influence de la bathymétrie et de la transparence de l'eau. En zone corallienne, toutefois, les eaux sont assez claires pour que la partie supérieure de la zone infralittorale puisse être analysée, comme l'ont montré des

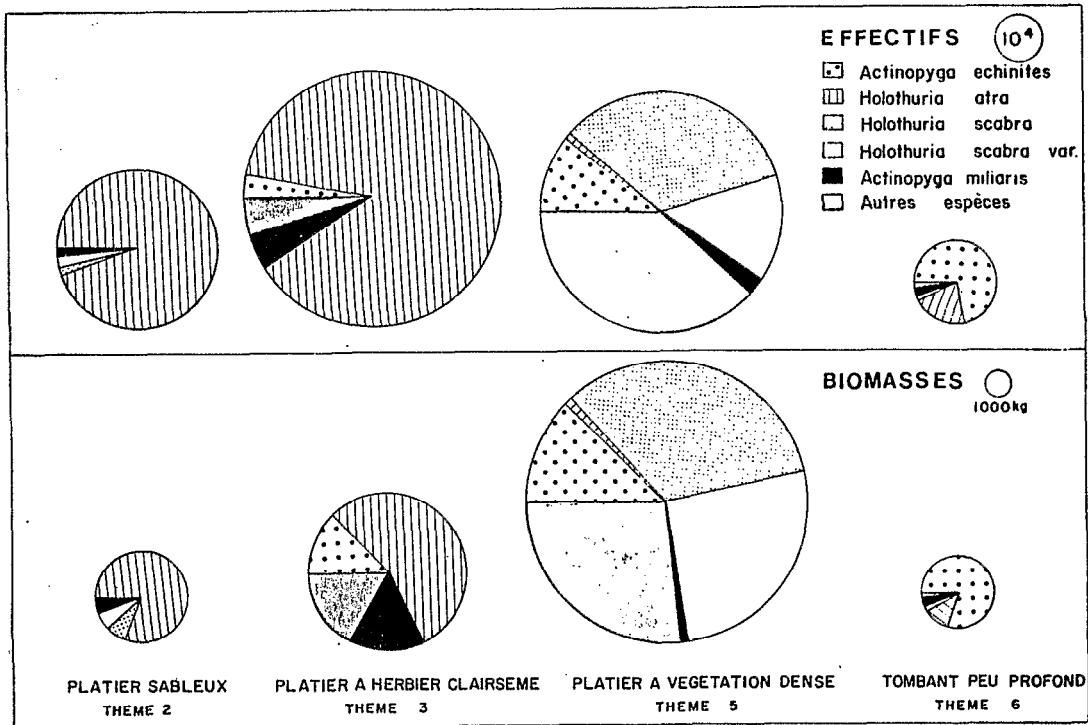


Figure 117 : Evaluation de la richesse en holothuries des différents biotopes du récif de l'îlot Maître.

études récentes (Jupps et al., 1984 ; Bour et al., 1986 ; Kuchler et al., 1986 ; Loubersac et Populus, 1986). Ces travaux montrent que les biotopes sont généralement bien discriminés. Une connaissance des réponses spectrales des thèmes identifiés reste nécessaire pour une application plus générale. Sur les platiers du récif frangeant et du récif d'îlot, il n'a pas été possible, par exemple, de distinguer les algues brunes, des herbiers, car leurs signatures sont voisines dans les bandes spectrales de Spot, bien qu'ils constituent des biotopes différents. Sur les tombants, l'effet de la bathymétrie devient rapidement prédominant sur le type de biotope. Certaines zones, enfin, présentent une forte hétérogénéité ; leur étude nécessitera l'emploi d'analyses de la texture. Une autre source d'imprécision est le repérage des radiales d'échantillonnage. Il a été effectué sur le terrain, à l'aide de détails topographiques, identifiés ensuite sur l'image du canal panchromatique dont la haute résolution, 10 m, se révèle très utile.

Malgré ces différentes difficultés, il apparaît que la cartographie thématique des zones peu profondes, en particulier récifales, peut être réalisée à partir d'images du satellite Spot et utilisée pour évaluer des ressources benthiques à l'intérieur des différents thèmes définis.

3.3.3 - Premières estimations de captures potentielles

En l'absence d'exploitation et compte-tenu des connaissances sur la dynamique des populations d'holothuries, les modèles mathématiques ne peuvent pas encore être appliqués. Quelques évaluations approximatives, fournissant seulement un ordre de grandeur, sont données en guise de conclusion. Pour des stocks vierges, l'équation de Gulland (1971) peut être utilisée :

$$P.M.E. = 0,5 \times M \times Bv \quad (1)$$

P.M.E. : la prise maximale équilibrée,
 M : la mortalité naturelle,
 Bv : la biomasse du stock vierge.

Les captures potentielles ont été évaluées en appliquant cette formule aux espèces pour lesquelles les valeurs de la mortalité M (cf. chap. 3, tableau 51) et la biomasse Bv (cf. tableau 61) ont été obtenues. Les résultats sont donnés dans le tableau 64. Cette formule a toutefois été critiquée, car le facteur 0,5 surestime généralement la valeur des captures.

Tableau 64 : 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) 0,50 (2)	20,5 20,5	6,46 5,13
<i>S. chloronotus</i>	1,79	15,9	14,23

La mortalité n'a pas pu être évaluée pour les autres espèces. Une estimation grossière est présentée par Pauly (1984), qui ne nécessite pas la connaissance de ce paramètre. 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 :

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

r^m : le taux d'accroissement annuel,
 P^m : 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 :

$$P.M.E. = (r_m \times B) / 4$$

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

$$P.M.E. = 2,3 \times P^{-0,26} \times B_v \quad (2)$$

Malgré les bases empiriques et les approximations qui mènent à cette formule, elle a été appliquée aux différentes espèces d'holothuries (tableau 65).

Tableau 65 : 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 ; B_v : biomasse du stock vierge (cf. tableau 15).

ESPECES	P max (g)	P 50 (g)	$2,3 \times P^{-0,26}$	B_v (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

Il apparaît que les captures potentielles sont faibles, atteignant au maximum quelques dizaines de kg par hectare par an. Les valeurs obtenues pour *A. mauritiana* 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 P.M.E. calculées. L'ordre de grandeur se situe donc de quelques kilogrammes à quelques dizaines de kilogrammes par hectare, par an.

4 - DISCUSSION

Cette étude des exploitations d'holothuries pour la préparation de la bêche-de-mer est composée de deux volets principaux. Le premier correspond à la description des caractéristiques de ces exploitations ; le second pose les problèmes de la gestion rationnelle de ces ressources et fournit quelques éléments pour la mettre en oeuvre.

Aspects économiques et sociaux

Les exploitations actuelles en Nouvelle-Calédonie sont tout à fait récentes, mais elles avaient existé au siècle dernier. Pour les situer dans le contexte du Pacifique tropical, des recherches historiques d'une part, économiques de l'autre, ont été menées tant en Nouvelle-Calédonie que dans les autres pays de la région. Les exploitations se caractérisent par une forte variabilité spatiale et temporelle. La bêche-de-mer étant destinée à l'exportation, l'étude des marchés mondiaux a montré leur complexité. A Hong-Kong et Singapour, les produits d'origines diverses sont centralisés, parfois triés, puis réexpédiés vers les régions où des populations chinoises les consomment. Ainsi, les captures, le traitement et le commerce sont bien liés à l'évolution de leur consommation. La période actuelle correspond à une phase de croissance très forte du marché de Hong-Kong, où le volume des importations a décuplé au cours de la décennie. Cette croissance, due en grande partie à l'ouverture du marché chinois, a donc facilité le renouveau de l'exploitation en Nouvelle-Calédonie et dans divers pays. Mais cette demande concerne des produits de qualité moyenne et elle a donc entraîné une baisse de la valeur moyenne au kilogramme des produits à Hong-Kong.

Après une période de prospérité, un ralentissement est souvent observé qui peut avoir des causes diverses. Elles sont biologiques si l'exploitation entraîne une diminution notable des stocks qui a son tour fait baisser la rentabilité. Elles peuvent être économiques si la diminution de la demande provient d'une baisse dans la qualité du traitement par le producteur, d'une chute des cours sur les marchés ou du développement, dans le pays producteur, d'une activité plus rémunératrice. Ainsi le contexte économique joue un rôle de premier plan dans l'évolution de ces pêcheries.

Les aspects sociaux concernent l'organisation de la pêche, du traitement et du commerce, ces trois secteurs étant étroitement liés. Dans les îles du Pacifique, cette activité améliore non seulement l'emploi et le revenu des pêcheurs, mais favorise aussi leur participation à la vie économique moderne. Bayliss-Smith (1986) a calculé les coûts de l'exploitation à Ontong-Java et montré que la productivité est le triple de celle du coprah.

Il existe traditionnellement dans ces pays une grande diversité d'organisations sociales et de modes de partage des ressources récifales. Mais ces traditions ont tendance à s'effacer à proximité des centres urbains (Munroe et Williams, 1985). Une concurrence peut alors naître entre diverses communautés pour l'accès à l'exploitation. Ceci s'est produit occasionnellement en Nouvelle-Calédonie où la densité de population est pourtant très faible en dehors de la région de Nouméa (cf. figure 105).

L'organisation de la pêche des holothuries diffère suivant les pays qui la pratiquent. Ce n'est qu'exceptionnellement que le pêcheur, avec l'aide de sa famille, mène seul les opérations, car si l'investissement en matériel se limite à un petit bateau et un séchoir, le traitement demande plus de main-d'oeuvre. Le regroupement des pêcheurs se fait donc soit à l'échelle du village, soit dans les coopératives. Celles-ci peuvent ensuite se regrouper pour organiser la commercialisation (Sachithanathan, 1972). En Nouvelle-Calédonie, le regroupement des pêcheurs se fait autour de commerçants, qui se chargent, avec leurs employés, du traitement et du commerce.

L'administration des pêches joue également un rôle important, en organisant des stages d'apprentissage des techniques de traitement des holothuries, en favorisant la création des coopératives ou en assurant les exportations.

Enfin, quelle qu'en soit l'organisation, la pêche et le traitement des holothuries sont rarement une activité exclusive. Les pêcheurs diversifient leurs captures et les commerçants leurs exploitations, en fonction du contexte économique local et général. Il convient donc d'envisager l'exploitation des holothuries au sein de l'ensemble de la gestion des ressources des écosystèmes coralliens.

Gestion des pêcheries

Divers résultats ont été présentés sur les paramètres biologiques des populations des différentes espèces en Nouvelle-Calédonie. Ils ont été obtenus avant le développement de la pêcherie et ont permis l'évaluation très approximative des captures potentielles, par unité de surface des biotopes. Ces valeurs sont faibles et bien inférieures à celles qui ont été calculées par Shelley (1985). Elles mettent en évidence les risques de surexploitation de ces espèces. Les surfaces exploitables, par contre, ne sont pas encore déterminées, mais la télé-détection pourra être utilisée pour les zones récifales peu profondes. L'élaboration des modèles de gestion rationnelle nécessite des statistiques de pêche dont la standardisation et la collecte restent nécessaires. La figure 118 résume les interactions entre les divers éléments de cette gestion.

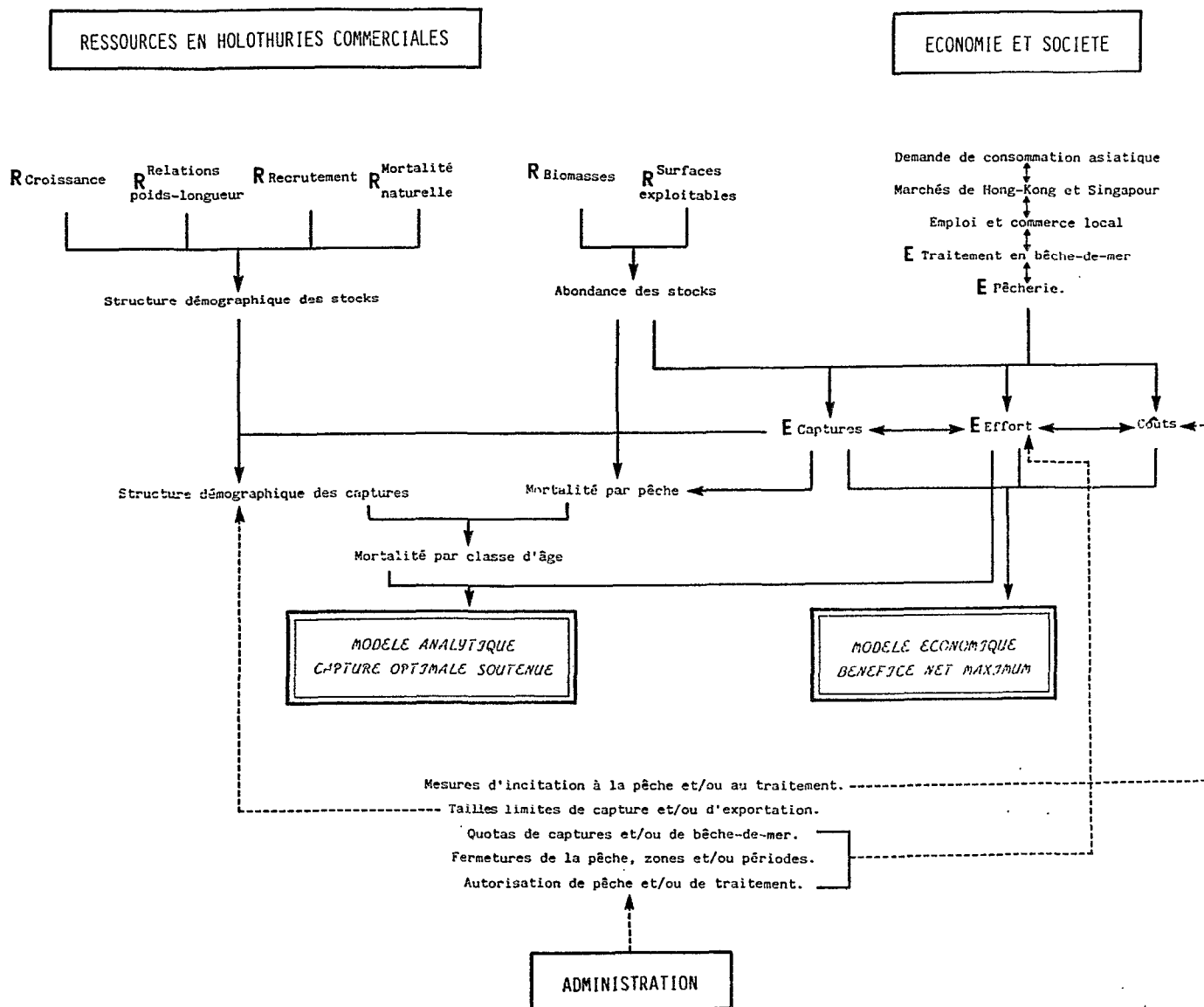


Figure 118 : Eléments de gestion rationnelle des exploitations d'holothuries. E : échantillonnage ; R : opérations de recherche.

Différentes mesures de régulation de la pêche pourraient être prises. Ainsi, l'effort total peut être fixé, soit par des quotas, soit par des périodes ou des zones de fermeture de la pêche. La répartition de l'effort peut être modifiée pour porter sur les classes d'âges postérieures à la maturité sexuelle, en fixant des tailles limites de capture ou du produit traité.

En Nouvelle-Calédonie, la pêche n'est pas réglementée. Dans d'autres pays, diverses mesures existent, mais elles ne sont généralement pas basées sur des résultats scientifiques et leur impact n'est pas évalué. Chaque méthode de régulation présente des avantages et des inconvénients, mais il est nécessaire de vérifier que les règlements sont effectivement respectés. Ainsi des quotas annuels peuvent être contrôlés par les statistiques douanières, mais leur répartition entre les pêcheurs et les commerçants reste délicate. La fermeture saisonnière de la pêche peut être préjudiciable à l'exportation, les acheteurs des marchés de Hong-Kong et Singapour ayant toujours insisté sur la régularité de l'approvisionnement. La fermeture pour une durée plus longue peut être envisagée en cas de forte chute des rendements. La fermeture de zones de pêche serait difficile à faire respecter et leur délimitation devrait respecter les coutumes locales, lorsque ces ressources non mobiles sont exploitées dans un système de propriété tribale des récifs. La limite des tailles tend à favoriser le recrutement. Elle est difficile à vérifier sur les captures, mais peut être réalisée et contrôlée sur les produits traités. La définition d'une taille réglementaire doit être fonction de la taille à la première maturité et de la croissance. Les valeurs présentées dans le tableau 66 sont obtenues en multipliant L50 et P50, longueur et poids à la première maturité sexuelle, par le facteur de réduction dû au traitement. Ces valeurs sont des minimums puisqu'il faut laisser aux individus la possibilité de se reproduire avant de les capturer.

Tableau 66 : Valeurs utilisables pour une réglementation des captures, ou du produit traité, basées sur la taille (L50) ou le poids (P50) 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

CONCLUSION

La motivation première de ces recherches a été de fournir des éléments de réponse aux Services Territoriaux de Nouvelle-Calédonie, concernant les ressources en holothuries et leur exploitation. Assez récemment encore, le faible niveau des connaissances générales sur les espèces commerciales a été souligné (Sloan, 1985), à l'exception des travaux publiés principalement en japonais ou en russe, sur l'espèce tempérée S. japonicus. De nombreux problèmes restent à résoudre sur la biologie et l'écologie des espèces tropicales en particulier, souvent remarquables par leur grande taille et la forte densité de leurs populations.

Trois directions principales ont été retenues pour une étude relativement exhaustive des holothuries aspidochirotés, des ensembles récifaux et lagonaires de Nouvelle-Calédonie. L'écologie a été envisagée, tant du point de vue des relations entre les espèces et l'environnement, que de celui des unités de peuplement en holothuries, ou taxocénoses. Une synthèse préalable des connaissances sur les peuplements benthiques a donc été nécessaire. Les aspects de la biologie des espèces, en relation directe avec la gestion des exploitations, ont été privilégiés. Enfin, l'étude descriptive du développement de l'exploitation en Nouvelle-Calédonie a été étendue aux autres pays du Pacifique Tropical Ouest et au marché mondial. Bien que ces recherches paraissent dépasser le champ d'action du biologiste, elles fournissent, en l'absence d'une étude socio-économique spécifique, de précieux éléments en vue de l'aménagement de la pêche.

Les holothuries aspidochirotés, récoltées au cours de l'étude présente, se répartissent entre quarante espèces de la famille des Holothuriidae et huit Stichopodidae. Ce travail, dont le but n'était pas la taxonomie, a permis de trouver quelques espèces nouvelles, déterminées par les spécialistes du M.N.H.N. de Paris. D'autres sont actuellement en cours de description. Il reste probablement encore des espèces de petite taille à découvrir ; il faudra alors prendre soin de les distinguer des juvéniles d'espèces déjà connues, car la morphologie des jeunes apparaît différente de celle des adultes. Par ailleurs, la variabilité observée chez H. scabra, l'holothurie la plus pêchée à l'échelle mondiale, a conduit à décrire H. scabra variété versicolor.

Si l'on estime à 120, le nombre d'espèces littorales de l'ensemble de l'Indopacifique tropical, la Nouvelle-Calédonie en héberge 40 %. Ce pourcentage, élevé si l'on tient compte de l'immensité de cette zone-là, peut s'expliquer par la proximité de la région Indo-Malaise à diversité spécifique maximale.

L'intérêt commercial des espèces dépend, pour une part importante, des propriétés du tégument. Ce compartiment est quantitativement prépondérant chez les Aspidochirotés, puisqu'il représente souvent plus de la moitié du poids frais total. Une synthèse bibliographique, complétée par des observations effectuées en Nouvelle-Calédonie, permet d'en dégager les principales caractéristiques structurales, mécaniques, gustatives et biochimiques ; en dehors de l'eau et des cendres, les protéines en sont les constituants prédominants. Un classement des holothuries en catégories commerciales est nécessaire pour caractériser la ressource. La première catégorie, celle des espèces à fort intérêt commercial, comprend les holothuries à mamelles, H. nobilis et H. fuscogilva, et les holothuries de sable H. scabra et H. scabra versicolor. La deuxième est constituée par A. miliaris, A. echinites, T. ananas, à intérêt moyen. Les troisième et quatrième catégories correspondent respectivement à des espèces d'intérêt commercial faible ou nul.

L'écologie des holothuries aspidochirotés a été appréhendée à l'échelle du lagon de Nouvelle-Calédonie. Alors que les recherches s'étaient jusqu'alors surtout concentrées sur le lagon sud-ouest, l'étude des ressources halieutiques doit avoir pour cadre le domaine géographique de l'exploitation potentielle. Ce travail concerne donc le compartiment benthique de cet ensemble corallien, caractérisé principalement par l'étendue et la diversité de ses lagons qui ceignent une île haute de grande taille. Les facteurs hydroclimatiques, sous la dépendance d'un climat tropical sous influence océanique, présentent des variations saisonnières d'assez faible amplitude.

Une synthèse sur les caractéristiques des biotopes et des peuplements récifaux et lagonaires a été tentée, en se basant sur une double classification par type d'édifice, c'est-à-dire suivant un gradient "côte - récif barrière" et par ensemble fonctionnel suivant un gradient "pente externe - platier interne". Elle met en évidence seize biotopes principaux, dont la description s'appuie sur les facteurs déterminants, hydroclimatiques et édaphiques, ainsi que sur la flore et la faune caractéristiques. L'écologie des holothuries a été abordée par une méthode visuelle directe, adaptée à cette forte diversité.

L'analyse de l'autoécologie des espèces, qui peut être utile pour l'exploitation, apporte une meilleure connaissance de leur répartition et de leur abondance, en relation avec le milieu. Un classement suivant leur abondance

numérique, ou pondérale, montre que les espèces de taille moyenne sont dominantes. Une synthèse des traits généraux de la répartition, suivant les biotopes et le type de substrat, ainsi que la distribution des densités, permet de ranger les espèces suivant leur affinité récifale ou littorale, suivant leurs affinités granulométriques et suivant la bathymétrie.

L'étude des peuplements montre que la majorité des biotopes, à l'exception de zones côtières soumises à des apports d'eau douce, héberge des holothuries. La richesse spécifique est la plus forte dans les biotopes les plus hétérogènes, comme le lagon à dalles ou les platiers internes qui offrent des microhabitats variés. La richesse en nombre d'individus, ou en biomasse, analysée sous l'angle de la double classification par type d'édifice ou par ensemble fonctionnel, indique que cette dernière est plus discriminante. La richesse décroît ainsi des platiers internes au lagon, puis aux platiers externes ; les pentes sont les ensembles les plus pauvres.

Plusieurs taxocénoses sont définies grâce aux résultats concordants de différentes analyses mathématiques qui illustrent très nettement les gradients "côte - récif barrière" et "pente externe - platier interne". Les trois taxocénoses principales correspondent respectivement aux pentes coralliennes et passes, aux lagons internes et aux platiers internes de récifs côtiers. Les trois autres, platiers externes, lagon externe et baies, comprennent des espèces à affinités doubles. Les holothuries présentent donc des peuplements distincts qui résument l'organisation générale du lagon. La nature du substrat, l'hydrodynamisme et la profondeur sont probablement les facteurs abiotiques responsables de leur macrorépartition. Des études sur la nutrition de ces espèces, ou sur la comparaison de populations d'une même espèce vivant dans des biotopes différents, permettraient d'élucider les mécanismes d'action de ces facteurs.

Ces peuplements paraissent stables, puisqu'aucune variation saisonnière, ni interannuelle, n'a été remarquée au cours de l'étude. Les six holothuries appartenant aux deux premières catégories commerciales sont des espèces caractéristiques des divers peuplements, hormis le lagon externe. Elles représentent globalement un quart des effectifs et un tiers des biomasses. Les relations interspécifiques n'étant actuellement pas connues, il est difficile de prévoir les conséquences de l'exploitation sur l'équilibre des peuplements. Des expériences de dépeuplement, conduites sur une zone assez vaste, ou le suivi d'une zone soumise à la surpêche, pourraient apporter des indications sur ce point.

L'étude de la biologie de quelques populations de neuf espèces du lagon sud-ouest permet de préciser les paramètres de leur reproduction, croissance et mortalité.

La biométrie mérite une attention particulière, en raison de la variabilité des mesures. Le poids frais éviscéré est le paramètre le plus fiable pour exprimer la masse d'un individu. Les relations biométriques entre les différents paramètres sont cependant nécessaires pour les expériences in situ et les comparaisons. Les coefficients d'allométrie entre la longueur et le poids total ont des valeurs généralement inférieures à 3. Elles peuvent être reliées à la morphologie des espèces, à l'intérieur de ce groupe taxonomique. La taille est un paramètre de très grande importance, en raison de sa relation avec le métabolisme. L'étude écologique a montré que les espèces caractéristiques des trois peuplements principaux se distinguent aussi par leur taille moyenne ; les plus grandes sont inféodées aux pentes coralliennes, les plus petites aux platiers externes.

La reproduction sexuée présente des caractères assez homogènes chez ces espèces. Elles sont gonochoriques et le dimorphisme sexuel n'est apparent que sur la masse et l'anatomie des gonades. Elles sont itéropares et le cycle sexuel est annuel, tout en présentant des saisonnalités variables suivant les espèces. La première maturité est acquise tardivement ; la fécondité absolue est élevée. La ponte, accompagnée d'un comportement particulier, pourrait être synchronisée au sein d'une population par l'émission de phéromones. Il existe toutefois des différences interspécifiques de ces paramètres qui peuvent être interprétées comme des tendances adaptatives différentes entre les petites et les grandes espèces.

La reproduction asexuée n'est fréquente que chez *H. atra*. Dans la population d'un platier interne, qui a été étudiée, elle concerne probablement chaque année la moitié de l'effectif, alors que la reproduction sexuée saisonnière est évidemment limitée aux adultes.

Les résultats obtenus sur la croissance et la mortalité naturelle restent beaucoup plus hypothétiques. Des difficultés diverses ont été rencontrées, et plus ou moins bien surmontées, pour mettre au point, ou utiliser, les méthodes classiques : marquages externes, marquage interne, évolution des distributions de fréquence des tailles. Pour quelques espèces pourtant, plusieurs approches des phénomènes donnent des valeurs des paramètres, ou plutôt leur ordre de grandeur. La croissance est généralement 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. Il peut être relié à leurs exigences écologiques. Ainsi, les platiers externes hébergent des espèces relativement petites, à croissance et mortalité fortes, présentes en populations denses, alors que les pentes coralliennes sont l'habitat d'espèces plus grandes dont la mortalité et la croissance sont vraisemblablement plus faibles, ainsi que

leurs densités. Les paramètres examinés ont, pour les espèces des platiers et lagons internes, des valeurs intermédiaires. Il reste toutefois à démontrer si la stabilité du milieu, ou sa capacité limite, en sont les facteurs déterminants.

La description des exploitations et l'estimation des stocks sont des préalables à l'aménagement des pêcheries. L'exploitation des holothuries comprend trois phases successives : la pêche, le traitement et la commercialisation. En Nouvelle-Calédonie, la récolte se fait à la main, en plongée libre ou à basse-mer ; les prises de plusieurs pêcheurs sont regroupées et traitées dans de petites unités artisanales, appartenant généralement à des commerçants chinois, qui destinent toute leur production à l'exportation. Le développement de l'exploitation, qui n'a débuté qu'à la fin des études sur le terrain, a été suivi en collectant des statistiques auprès des pêcheurs, des commerçants et du Service des Douanes. Pour tenter de comprendre l'évolution de ces activités artisanales, des recherches historiques ont aussi été menées. La principale caractéristique de la pêcherie de Nouvelle-Calédonie est sa très forte variabilité. Ceci nous a amenée à étendre ces recherches à la région du Pacifique tropical et aux statistiques du marché mondial, et à analyser la période actuelle. La variabilité temporelle des prises ou du commerce est confirmée au niveau régional et même mondial, pour lequel la région ne contribue qu'au cinquième des volumes. Les causes de la variabilité de cette production diffèrent suivant la période considérée : politiques, économiques, sociales ou biologiques par épuisement de la ressource. Le fait le plus marquant en est la très forte croissance actuelle. En effet, les prises ont triplé entre 1984 et 1987. Par ailleurs, en Nouvelle-Calédonie, l'exploitation s'est successivement exercée sur différentes espèces et s'est déplacée vers d'autres zones. Ce phénomène semble se produire aussi dans divers pays de la région. Il provient peut-être, en ce qui concerne les espèces, de la concentration des marchés à Hong-Kong et Singapour. Ce volet de l'étude a donc montré la variabilité de ces pêcheries artisanales, due à une forte interaction entre des facteurs anthropiques et la ressource biologique.

La biomasse vierge et les prises maximales équilibrées (P.M.E.) ont été évaluées pour chaque espèce, en se basant sur les résultats de la biologie et de l'écologie. Si l'exploitation est plurispécifique, il est intéressant de calculer la P.M.E. d'un peuplement. Ainsi, les pentes et passe fourniraient une dizaine de kilogrammes (poids frais) par hectare, par an et les platiers externes trois fois plus. Ces valeurs mettent bien en évidence que ces ressources sont limitées, donc fragiles. Il faut souligner l'absence de données concernant A. miliaris, espèce des platiers internes intensément exploitée, à l'heure actuelle. Les évaluations présentées se rapportent à des unités de surface

des biotopes, or les estimations du stock nécessitent la connaissance de leurs surfacès respectives. Elles ne sont pas encore disponibles, mais un exemple de leur établissement sur des récifs est donné, à petite échelle, par l'analyse d'images d'une simulation SPOT. Cette cartographie des biotopes sera obtenue dans le cadre du programme LAGON. En effet, l'idée d'un vaste programme a pris corps au Centre ORSTOM, pendant ce travail, à cause des demandes fréquentes du Territoire, concernant des ressources halieutiques variées, mais limitées, réparties sur une vaste étendue et exploitées par une faible population de pêcheurs. Ce programme permet actuellement d'obtenir des résultats détaillés sur l'organisation et le fonctionnement des chaînes trophiques et des flux d'énergie, qui permettront de résoudre plus aisément les problèmes posés par des ressources spécifiques et d'envisager leur gestion au niveau du système corallien dans son ensemble.

Les ressources en holothuries ne sont, dans l'état actuel, généralement pas gérées. Il est souvent supposé que l'inaccessibilité d'une fraction du stock doit suffire à sa reconstitution en cas de surpêche. Or, ces stocks sont fragiles et diverses options, de limitation d'accès à la ressource, ou à la pêcherie, sont utilisables, mais nécessitent une meilleure connaissance de la biologie des espèces. Parmi les options d'aménagement, l'amélioration artificielle de la production pourrait être obtenue par repeuplement ou aquaculture. Jusqu'à présent, des expériences ont été menées sur S. japonicus par les Japonais et les Chinois (Mottet, 1976 ; Conand, 1986). Plusieurs projets s'intéressent actuellement à des espèces tropicales, mais les techniques ne sont pas encore maîtrisées.

En conclusion, cette étude a montré les liens entre la biologie et l'écologie des populations d'holothuries du lagon. Cet ensemble taxonomique d'invertébrés benthiques, sédentaires et détritivores est globalement caractérisé par la grande taille des individus et la stabilité des populations. Il existe, toutefois, un gradient de stratégies adaptatives. L'exploitation de plusieurs espèces, malgré son échelle artisanale, intéresse une vaste région, pour laquelle ces résultats devraient pouvoir être utiles.

REFERENCES

- ABRAMSON N.J., 1971 - Computer programs for fish stock assessment. **F.A.O. Fish. Biol. Tech. Pap.**, 101 : 4 p.
- 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.
- 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, 1969 - Revived interest in Bêche-de-mer. **Aust. Fish.** : 11.
- ANONYME, 1975 - Bêche-de-mer of the South Pacific Islands. A handbook for fishermen. **C.P.S., Nouméa** : 29 p.
- ANONYME, 1979 - Overseas prospects for Australian bêche-de-mer. **Aust. Fish.** : 45-47.
- ANONYME, 1985 - **Infofish Trade News n° 21.**
- ANONYME, 1988 - Statistiques des pêches maritimes et de l'aquaculture en Nouvelle-Calédonie (1976-1978). **Colloque Ressources halieutiques côtières, C.P.S., IP 1.**
- AVIAS J., 1959 - Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. **Bull. Soc. géol. Fr.**, 7(1) : 424-430.
- BAGENAL T.B., 1967 - A short review of fish fecundity. In : **The Biological Basis of Freshwater Fish Production**, S.D. Gerking (ed), Blackweel Scientific Publication, Oxford : 89-112.
- BAGENAL T.B., 1973 - Fish fecundity and its relation with stock and recruitment. **Rapp. et P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer**, 164 : 186-198.
- BAKER J.R., 1929 - On the zonation of some coral reef Holothurians. **J. Ecol.**, 17 : 141-143.
- BAKUS G.J., 1968 - Defensive mechanisms and ecology of some tropical holothurians. **Mar. Biol.**, 2 : 23-32.
- 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.
- BAKUS G.J., 1981 - Chemical defense mechanisms on the Great Barrier Reef, Australia. **Science**, 211(4481) : 497-499.

- BARNES J., BELLANY D.J., JONES D.J., WHITTON B.A., DREW E.A., KENYON J.N., LYTHGOE J.N. & ROSEN B.R., 1971 - Morphology and ecology of the reef front of Aldabra. *Symp. Zool. Soc. Lond.*, 28 : 87-114.
- BATTISTINI R. et al., 1975 - Eléments de terminologie récifale indo-pacifique. *Tethys*, 7(1) : 1-111.
- 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.
- BEDFORD F.D., 1899 - Holothurians. In : *Zoological results bases on material from New Britain, Loyalty islands and elsewhere collected during 1895-1897*. A. Willey (ed), London. Part II : 141-150.
- BENZECRI J.P., 1973 - L'analyse des données. Dunod, Paris : 619 p.
- BERTALANFFY L. von, 1938 - A quantitative theory of organic growth (Inquiries in growth laws II). *Hum. Biol.*, 10 (2) : 181-213.
- BERTRAN G.C., 1936 - Some aspects of the breakdown of coral at Ghardaqa, Red Sea. *Proc. Zool. Soc. Lond.* : 1011-1026.
- BILLET D.S.M. & HANSEN B., 1982 - Abyssal aggregation of Kolga hyalina Damelssen & Koren (Echinodermata : Holothuroidea), in the northeast Atlantic Ocean : a preliminary report. *Deep Sea Res.*, 29(7A) : 799-818.
- BINET D., 1984 - Copépodes planctoniques du lagon de Nouvelle-Calédonie : facteurs écologiques et associations d'espèces. *Mar. Biol.*, 82 : 143-156.
- BLANC F., CHARDY P., LAUREC A. & REYS J.P., 1976 - Choix des métriques qualitatives en analyse d'inertie. Implications en écologie marine benthique. *Mar. Biol.*, 35(1) : 49-68.
- 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.
- BONHAM K. & HELD E.E., 1963 - Ecological observations on the sea cucumbers Holothuria atra and Holothuria leucospilota at Rongelap Atoll, Marshall Islands. *Pacific Sci.*, 17 : 305-314.
- BOOLOOTIAN R.A., 1966 - *Physiology of Echinodermata*. Wiley (ed) Interscience, New York : 822 p.
- BOULAND, C., MASSIN C. & JANGOUX M., 1982 - The fine structure of the buccal tentacles of Holothuria forskali (Echinodermata, Holothuroidea). *Zoomorphology*, 101(2) : 133-149.
- BOUR W., GOHIN F. & BOUCHET P., 1982 - Croissance et mortalité naturelle des trocas (Trochus niloticus L.) de Nouvelle-Calédonie. *Haliotis*, 12 : 71-90.

- BOUR W., CHAUME R., CONAND C., LOUBERSAC L. & RUAL P., 1985 - Cartographie thématique récifale par traitement d'images satellitaires : exemple d'un récif d'îlot du lagon de Nouvelle-Calédonie. *Rés. Comm., Coll. Fr.-Japon. Océanogr.*, Marseille : 113-114.
- BOUR W., LOUBERSAC L. & RUAL P., 1986 - Thematic mapping of reefs by processing of simulated SPOT satellite data : application to the Trochus niloticus biotope on Tetembia Reef (New Caledonia). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 34 : 243-249.
- BOURRET P., 1979 - Huîtres et essais ostréicoles en Nouvelle-Calédonie. *Coll. Utilisation ress. Mer, Territoires Français du Pacifique* : 6 p.
- BRANDT J., 1835 - Prodrômus descriptionis animalium ab H. mertensio in orbis terrarum circumnavigatione observatorum. *Petropoli*, 1 : 1-75.
- BREGMAN Y.E., 1971 - The growth of the sea cucumber Stichopus japonicus in the Troitsa Bay (Peter the Great Bay). *Biol. Morya Vladivostok*, 2 : 31-33 (en russe).
- BRIGGS K.B., 1985 - Deposit-feeding of some deep-sea macrobenthos from the Venezuela Basin : selective or non selective. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 21 : 127-134.
- BUCHANAN J.B., 1967 - Dispersion and demography of some infaunal echinoderm populations. *Symp. Zool. Soc.*, London, 20 : 1-11.
- BUESTEL D., THOMASSIN B. & MINGANT C., 1986 - Prospection "Pectinides" dans le lagon S.W. de Nouvelle-Calédonie. *Rapport IFREMER DRV/PE*, 86.04 : 69 p.
- BURKE R.D., BRAND D.G. & BISGROVE B.W., 1986 - Structure of the nervous system of the auricularia larva of Parastichopus californicus. *Biol. Bull.*, 170 : 450-460.
- BUTMAN C.A., 1987 - Larval settlement of soft-sediment invertebrates : the spatial scales of pattern explained by active habitat selection and the emerging role of hydrodynamical processes. *Oceanogr. Mar. Biol., Ann. Rev.*, 25 : 113-165.
- CAMERON J.L. & FANKBONER P.V., 1986 - Reproduction biology of the commercial sea cucumber Parastichopus californicus (Stimpson) (Echinodermata, Holothuroidea). I - Reproductive periodicity and spawning behavior. *Can. J. Zool.*, 64 : 168-175.
- CATALA R., 1950 - Contribution à l'étude écologique des îlots coralliens du Pacifique Sud. *Bull. Biologique*, 84, 3 : 233-310.
- CATALA R., 1979 - Offrandes de la mer. *Ed. du Pacifique*, Tahiti : 336 p.
- CHAMBEYRON L., 1875 - Note relative à la Nouvelle-Calédonie. *Bull. Soc. Fr. Géogr. (G)*, 9 : 566-586.
- CHARDY P. & GLEMAREC M., 1974 - Contribution au problème de l'étagement des communautés benthiques du plateau continental nord-Gascogne. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 278D : 213-216.

- CHARDY P., GLEMAREC M. & LAUREG A., 1976 - Application of inertia methods to benthic marine ecology. Practical implications of the basic options. *Estuar. and Coastal Mar. Sci.*, 4 : 1-27.
- CHARDY P., GERARD P., MARTIN A., CLAVIER J., LABOUTE P. & RICHER DE FORGES B., 1987 - Etude quantitative du benthos dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Liste taxonomique, densités et biomasses. *Rapp. Sci. Tech. ORSTOM*, Nouméa, n° 44 : 81 p.
- CHARDY P. & CLAVIER J. - Biomass and trophic structure of the macrobenthos in the south-west lagoon of New Caledonia. *Mar. Biol.* (sous presse).
- CHERBONNIER G., 1967 - Deuxième contribution à l'étude des holothuries de la Mer Rouge collectées par des israéliens. *Israel. South Red Sea Expedition. Reports Sea Fisheries Research Station Bulletin*, vol. 43 : 55-68.
- CHERBONNIER G., 1979 - Description d'*Actinopyga flammea nov. sp.*, et données nouvelles sur deux espèces connues d'Holothuries Aspidochirotés (Echinodermes). *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*, Paris, 4e ser., 1(1) : 3-12.
- CHERBONNIER G., 1980 - Holothuries de Nouvelle-Calédonie. *Bull. Mus. natl. Hist. nat.*, Paris, 4e ser., 2(3) : 615-667.
- CHERBONNIER G. & FERAL J.P., 1984 - 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., 1984 - 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.
- CHEVALIER J.P., 1973 - Coral reefs of New Caledonia. In : *Biology and Geology of Coral Reefs*. Vol. I, Biol. I. O.A. Jones & R. Endean (eds), Academic Press, New York, (Geol. 1) : 143-166.
- CHIA F.S. & RICE M.E., 1978 - Settlement and metamorphosis of marine invertebrate larvae. *Symp. on Settlement and Metamorphosis of Marine Invertebrate Larvae*, Toronto (Canada), Elsevier, New York : 290 p.
- CHOE S., 1963 - Biology of the Japanese Common Sea Cucumber *Stichopus japonicus*, Selenka. *Pusan National University*, Pusan : 226 p. (en japonais).
- CLARK H.L., 1921 - The echinoderm fauna of Torres Strait. *Pap. Dep. Mar. Biol. Carnegie Instn. Wash.*, 10 : 223 p.
- CLARK A.M. & ROWE F.W., 1971 - Holothurioida. In : *Monograph of Shallow Water Indo-West Pacific Echinoderms*. Trustees of the British Museum, London : 171-210.

- CLARK A.M., 1976 - Echinoderms of coral reefs. In : **Biology and Geology of Coral Reefs**. Vol. III, Biol. II. O.A. Jones & R. Endean (eds), Academic Press, New York : 95-123.
- CLARK H.L., 1946 - The Echinoderm Fauna of Australia. **Publs Carnegie Instn.**, 566 : 1-567.
- CLASTRES A., AHOND A., POUPAT G., POTIER P. & INTES A., 1978 - Invertébrés marins du lagon de Nouvelle-Calédonie. I. Etude structurale d'une nouvelle sapogénine extraite d'une holothurie : Bohaschia vitiensis Semper. **Experientia**, 34(8) : 973-974.
- CONAND C., 1975 - Maturité sexuelle et fécondité du Tassergal Pomatomus saltator (L. 1766). Poissons, Pomatomidae. **Bull. Inst. Fond. Afr. Noire A**, 37, 2 : 395-466.
- CONAND C., 1977 - Contribution à l'étude du cycle sexuel et fécondité de la Sardinelle ronde, Sardinella aurita : pêche sardinière dakaroise en 1975 et premier semestre 1976. **Cah. ORSTOM, Océanogr.**, 15(4) : 301-312.
- CONAND C., 1979 - Bêche-de-mer in New Caledonia : weight loss and shrinkage in three species of holothurians. **S.P.C. Fish. Newsl.**, 19 : 14-18.
- 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. Lettre d'information sur les pêches**, 26 : 33-40.
- CONAND C., 1985 - Distribution, reproductive cycle and morphometric relationships of Acanthaster planci in New Caledonia, Western Tropical Pacific. In : **Echinodermata**. B. Keegan & B. O'Connor (eds), Balkema, Rotterdam : 499-507.
- 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., 1988 - Biologie et exploitation des holothuries en Nouvelle-Calédonie. **Colloque sur les Ressources halieutiques côtières du Pacifique**, C.P.S., Nouméa, WP 5 : 11 p.
- CONAND C. & CHARDY P., 1985 - Les holothuries aspidochirotés 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. & SLOAN N.A., 1988 - World fisheries for Echinoderms. In : **Scientific approaches to management of shellfish resources.** J.F. Caddy (ed), Wiley, New York (sous presse).
- CONAND F., 1987 - Biologie et écologie des poissons pélagiques du lagon de Nouvelle-Calédonie utilisables comme appât thonier. **Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Bret. Occidentale, Brest : 235 p.**
- COSTELLOE J., 1985 - The annual reproductive cycle of the holothurian Aslia lefevrei (Dendrochirota - Echinodermata). **Mar. Biol.**, 88 : 155-165.
- COTTAM G., 1947 - A point method for making rapide surveys of woodlands. **Bull. Ecol. Soc. Am.**, 28 : 60 p.
- COUDRAY J., 1976 - Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Nouvelle-Calédonie. Contribution de l'étude sédimentologique à la connaissance de l'histoire géologique post-éocène. **Exped. fr. sur les Récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie**, Fond. Singer-Polignac (ed), 8 : 5-275, 42 pl.
- COUDRAY J., 1982 - Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie : état des connaissances et perspectives de recherche. **Mém. géol., Univ. Dijon, Livre Jubilaire Gabriel Lucas. Inst. Sci. Terre (ed) : 63-72.**
- C.P.S., 1979 - La Bêche-de-mer dans le Pacifique Tropical. Manuel à l'usage des pêcheurs. **Manuel n° 18 : 31 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.**
- CROZIER W.J., 1917 - Multiplication by fission in Holothurians. **Am. Nat.**, 51(609) : 560-566.
- CROZIER W.J., 1918 - The amount of bottom material ingested by holothurians (Stichopus). **J. Exp. Zool.**, 20 : 297-356.
- CUENOT L., 1948 - Anatomie, éthologie et systématique des Echinodermes. In : **Traité de Zoologie**, Grassé (ed), Masson, Paris, vol. 11 : 3-363.
- CURTIS V.A., 1980 - Queensland bêche-de-mer fishery summary : 1880-1980. **Queensland Fisheries Service (dact.) : 6 p.**
- DAGET J. & LE GUEN J.C., 1975 - Dynamique des populations exploitées de poisson. In : **Problèmes d'écologie : La démographie des populations de vertébrés.** Lamotte & Bourlière (eds), Masson, Paris : 395-443.
- DAHL A.L., 1981 - Coral reef monitoring handbook. South Pacific Commission, Nouméa : 21 p.
- DALYELL J.G., 1851 - The powers of the creator displayed in the creation. Vol. I, Van Voorst, London : 286 p.

- 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.
- DAVIS W.M., 1925 - Les côtes et les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. *Ann. Géogr.*, Paris, 34 : 244-269, 332-359, 423-441, 521-558.
- DEBENAY J.P., 1985 - Recherches sur la sédimentation actuelle et les thanatocoenoses des foraminifères de grande taille dans le lagon S.O. et sur la marge insulaire sud de Nouvelle-Calédonie. Thèse de Doctorat d'Etat, Aix Marseille II : 200 p. + annexes.
- DEICHMANN E., 1922 - On some case of multiplication by fission and coalescence in holothurians. *Vidensk. Medd. Dansk. Naturhist. Foren.*, 73 : 199-206.
- DEICHMANN E., 1958 - The Holothurioida collected by the Velero III and IV during the years 1932 to 1954. Part. 2 Aspidochirota. *Allan Hancock Pacif. Exped.* 11 : 249-349.
- DESSIER A. & LAUREC A., 1979 - Le cycle annuel du zooplancton à pointe Noire (R.P. Congo). Description mathématique. *Oceanol. Acta*, 1(3) : 285-304.
- DOMAIN F., 1972 - Poissons démersaux du plateau continental sénégalais. Applications de l'analyse en composantes principales à l'étude d'une série de chalutages. *Cah. ORSTOM, ser. Océanogr.*, 10(2) : 111-123.
- DONE T.Y., KENGININGTON R.A. & ZELL L.D., 1982 - Rapid, large area, reef resource surveys using a manta-board. *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 1 : 299-308.
- DOTY J.E., 1977 - Fission in Holothuria atra and holothurian population growth. *M.S. Thesis, Univ. of Guam* : 54 p.
- DOUGLAS B., 1971 - The export trade in tropical products in New Caledonia, 1841-1872. *J. Soc. Océan.*, 31(27) : 157-169.
- DUGAS F. & DEBENAY, J.P. 1978b - Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie 1/50 000, feuille "Mont-Dore". *ORSTOM, notice explicative n° 76* : 20 p.
- DUGAS F. & DEBENAY J.P., 1980 - Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie 1/50 000, feuille "Tontouta". *ORSTOM, notice explicative n° 86* : 44 p.
- DUGAS F. & DEBENAY J.P., 1981 - Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000, feuille "Prony". *ORSTOM, notice explicative n° 91* : 35 p.
- DUGAS F. & DEBENAY J.P. 1982 - Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000, feuille "Nouméa". *ORSTOM, notice explicative n° 95* : 45 p.

- EBERT T.A., 1968 - Growth rates of the sea-urchin Strongylocentrotus purpuratus related to food availability and spine abrasion. *Ecology*, 49 (6) : 1075-1091.
- EBERT T.A., 1977 - An experimental analysis of sea urchin dynamics and community interactions on a rock jetty. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 27 (1) : 1-22.
- 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.
- EBERT T.A., 1983 - Recruitment in echinoderms. *Echinoderm Studies*, 1 : 169-203.
- ELLIOTT J.M., 1971 - Some methods of the statistical analysis of benthic invertebrates. *Sci. Publ. Freshwater Biol. Assoc.*, 5 : 144 p.
- EMERY K.O., TRACEY J.I. & LADD H.S., 1954 - Geology of Bikini and nearby atolls. Part. I : Geology. United States Geological survey. Pap., 260A : 1-265.
- EMSON R.H. & WILKIE I.C., 1980 - Fission and autotomy in echinoderms. *Oceanogr. Mar. Biol., Ann. Rev.*, 18 : 155-250.
- EMSON R.H. & WILKIE I.C., 1984 - An apparent instance of recruitment following sexual reproduction in the fissiparous brittle star Ophiactis savignyi Muller and Troxhel. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 77 : 23-28.
- ENGSTROM N.A., 1980 - Development, natural history and interstitial habits of the apodous Holothurian Chiridota rotifera (Purtales, 1851) (Echinodermata : Holothuroidea). *Brenesia*, 17 : 85-96.
- ENGSTROM N.A., 1980 - Reproductive cycles of Holothuria (Halodeima) floridana, H. (H.) mexicana and their hybrids (Echinodermata : Holothuroidea) in southern Florida, U.S.A. *Int. J. Invert. Reprod.*, 2 : 237-244.
- ENGSTROM N.A., 1982 - Brooding behavior and reproductive biology of a subtidal Puget Sound sea cucumber Cucumaria lubrica (Clark, 1901) (Echinodermata : Holothuroidea). In : *Echinoderms : Proceeding of the International Conference Tampa Bay*. J.M. Lawrence (ed), Balkema, Rotterdam : 447-450.
- ENGSTROM N.A. - The role of a predator's prey preference in maintaining natural monocultures of a subtidal holothurian : sweet cucumbers, sour cucumbers, a cucumber connoisseur and pickle patches. *Proceed. Sixth Int. Echinoderm. Conf.*, Victoria, 1987 (sous presse).
- EYLER J.P., 1982 - Ion dependent viscosity of holothurian body wall and its implications for the functional morphology of echinoderms. *J. Exp. Biol.*, 99 : 1-8.
- F.A.O., 1985 - Annuaire statistique des pêches : captures et quantités débarquées en 1984. *Annu. Stat. Pêches*, Rome, (56) : 393 p.

- FAURE G., THOMASSIN B. & VASSEUR P., 1982 - Reef coral assemblages on the windward slopes in the Noumea Lagoon (New Caledonia). *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 2 : 293-301.
- FERAL J.P., 1980 - Cuticule et bactéries associées des épidermes digestif et tégumentaire de Leptosynapta galliennei (Herapath) (Holothuroidea : Apoda). Premières données. In : *Echinoderms : present and past*. M. Jangoux (ed), Balkema, Rotterdam : 285-290.
- FERAL J.P. & CHERBONNIER G. ., 1986 - Les holothurides. In : *Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie*. Guille, Laboute & Menou (eds), ORSTOM, Paris : 56-107.
- FISH J.D., 1967 - The biology of Cucumaria elongata. *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, 47 : 129-143.
- FONTANA A. & LE GUEN J.C., 1969 - Etude de la maturité sexuelle et de la fécondité de Pseudotolithus (Fonticulus) elongatus. *Cah. ORSTOM, ser. Oceanogr.*, 7(3) : 9-19.
- FOURMANOIR P., 1980 - Deep bottom fishing in New Caledonia. *S.P.C. Fish. Newsl.*, n° 20 : 15-21.
- 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.
- FREON P., 1979 - Relations taille-poids, facteurs de condition et indices de maturité sexuelle : rappels bibliographiques, interprétations, remarques et applications. *Doc. Scient. Centre Rech. Oceanogr.*, Dakar-Thiaroye, 68 : 144-171.
- FRONTIER S., 1974 - L'analyse factorielle est-elle heuristique en écologie du plancton ? *Cah. ORSTOM, ser. Océanogr.*, 12 : 77-81.
- FRONTIER S., 1983 - Stratégies d'échantillonnage en écologie. Masson, Collection d'écologie, Paris, 17 : 494 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.
- GARRIGUE C., 1985 - Répartition et production organique et minérale de macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle-Calédonie. *Thèse de Doctorat en Biologie Végétale*, Montpellier : 270 p.
- GENTLE M.T., 1979 - Population ecology of commercial bêche-de-mer (Echinodermata : Holothuroidea) in Fiji. *S.P.C. Fish. Newsl.*, n° 18 : 13-15.
- GENTLE M.T., 1979 - The fisheries biology of bêche-de-mer. *South Pac. Bull.*, 29 : 25-27.

- GHENO Y. & LE GUEN J.C., 1968 - Détermination de l'âge et croissance de Sardinella eba (Val.) dans la région de Pointe-Noire. *Cah. ORSTOM, ser. Oceanogr.*, 6(2) : 69-82.
- GIESE A., 1966 - On the biochemical constitution of some Echinoderms. In : *Physiology of Echinodermata*. Booloitian (ed), Wiley, New York : 757-798.
- GIESE A. & PEARSE J.S., 1974 - Introduction general principles. In : *Reproduction of Marine Invertebrates*. Vol. 1 : 1-49.
- GLEMAREC M. & MONNIOT G., 1966 - Répartition des ascidies des fonds meubles de la côte sud de Bretagne. *Cah. Biol. Mar.*, 7 : 343-366.
- GLEMAREC M., 1969 - Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Paris : 167 p.
- GLYNN P.W., 1965 - Active movements and other aspects of the biology of Astichopus and Leptosynapta (Holothuroidea). *Biol. Bull.*, 129 : 106-127.
- GONOR J.Y., 1972 - Gonad growth in the sea urchin Strongylocentrotus purpuratus (Stimpson) (Echinoderma : Echinoidea) and the assumptions of gonad index methods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 10(2) : 89-103.
- GROSENBAUGH D.A., 1981 - Qualitative assessment of the asteroids, echinoïds and holothurians in Yap lagoon. *Atoll Res. Bull.*, 255 : 49-54.
- GRUVEL A., 1925 - L'Indochine, ses richesses marines et fluviales. Paris : 116-119.
- GUILCHER A., 1965 - Grand récif sud. Récifs et lagons de Tuo (Nouvelle-Calédonie). *Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie*. Fond. Singer-Polignac (ed), Paris, 1 : 137-240.
- GUILCHER A., 1988 - Coral reef geomorphology. J. Wiley & sons (ed), New York : 228 p.
- GUILLE A., 1971 - Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. VI. Données autécologiques (macrofaune). *Vie Milieu*, 22 (3B) : 469-527.
- GUILLE A. & PONGE J.F., 1975 - Application de l'analyse des correspondances à l'étude des peuplements benthiques de la côte catalane française. *Ann. Inst. Océanogr.*, 51 (2) : 225-235.
- 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.
- GUILLOU M. & GUILLAUMIN A., 1985 - Variations in the growth rate of Asterias rubens (L.) illustrated by two populations of west and south Brittany (France). In : *Echinodermata*. B. Keegan & B. O'Connor (eds), Balkema, Rotterdam : 513-521.
- 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., 1981 - An analysis of grain-size modification in biogenic carbonate sediments by deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata). **Limnol. Oceanogr.**, 26(5) : 898-906.
- HAMMOND L.S., 1982 - 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., 1982 - 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.
- HAMMOND L.S., 1983 - Nutrition of deposit-feeding holothuroids and echinoids (Echinodermata) from a shallow reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 10 : 297-305.
- HAMMOND L.S., BIRTLES R.A. & REICHELTL R.E., 1985 - Holothuroid assemblages on coral reefs across the central section of the Great Barrier Reef. In : **Proc. 5th Int. Coral Reef Congress, Tahiti**, vol. 5 : 285-290.
- 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., 1982 - Sexual and asexual reproduction of Holothuria atra Jäeger at Heron Island Reef, Great Barrier Reef. **Australian Museum Memoir**, 16 : 53-66.
- HARRIOT V.J., 1985 - The potential for a bêche-de-mer fishery. **Austr. Fish** : 18-21.
- HAUKSSON E., 1979 - Feeding biology of Stichopus tremulus a deposit feeding holothurian. **Sarsia**, 64(3) : 155-160.
- HIPEAU-JACQUOTTE R., 1967 - Notes de faunistique et biologie marine de Madagascar. IV. Observations sur le comportement du poisson Carapidae : Carapus homei (Richardson, 1844) de Madagascar. **Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, Marseille**, suppl. 6 : 141-151.
- HORNELL J., 1917 - The indian bêche-de-mer industry, its history and recent revival. **Madras Fish. Bull.**, 11(1) : 119-150.
- HOWELL R.M. & HENRY M., 1977 - Dried Sea Cucumber Processing. **Marine Ressources and Development**, Trusk District, Trust Territory of Pacific Islands (dact.) : 15 p.
- HOZAWA Y., 1928 - Changes with advancing age in the calcareous deposits of Caudina chilensis J. Muller. **Sci. Rep. Tohoku, Univ.**, 4, Ser. Biol. 3 : 361-378.
- HYMAN L.H., 1955 - The Invertebrates : Echinodermata. In : **The Coelomate bilateria**, Mc. Graw Hill (ed), vol. IV : 1-763.

- IMAI M., INABA D., SATO T. & HATANAKA S., 1950 - The artificial rearing of the transparent flagellate larvae of Stichopus japonicus. *Tohoku Daigaku Nogakubu Kenkyo Iho*, 2(2) : 269-277 (en japonais).
- INABA D., 1937 - Artificial rearing of sea cucumbers. *Suisan Kenkyushi*, 35(2) : 241-246 (en japonais).
- INTES A. & MENOU J.L., 1979 - Quelques holothuries (Echinodermata) des environs de Nouméa et leur répartition. *Rap. Sci. Techn., ORSTOM, Nouméa*, 3 : 23 p.
- INTES A., 1980 - Les annélides polychètes du Golfe de Guinée central : systématique, écologie, zoogéographie. *Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Bret. Occidentale, Brest* : 264 p.
- ISHIDA M., 1979 - Studies on production of juvenile sea cucumbers. *Suisan Shikenjo*, 1977 : 1-17 (en japonais).
- JAMES R.H., 1977 - Bêche-de-mer in the Solomon Islands. *S.P.C, 9th Regional Technical Meeting on Fisheries, Nouméa*, WP 17 : 12 p.
- JAMBU M., 1981 - Fortran IV computer programm for rapide hierarchical classification of large data sets. *Computers and Geosciences*, 7 : 297-310.
- JAMES D.B., 1973 - Beche-de-mer ressources of India. In : *Proc. Symp. Living Ressources of the Seas around India. Spl. pb. Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin* : 706-711.
- JARRIGE F., RADOK R., KRAUSE G. & RUAL P., 1975 - Courants dans le lagon de Nouméa (Nouvelle Calédonie). *ORSTOM, Nouméa (dact.)* : 6 p.
- JESPERSEN A. & LUTZEN Y., 1971 - On the ecology of the aspidochirote sea cucumber Stichopus tremulus (Gunnerus). *Norw. J. Zool.*, 19 : 117-132.
- JOANNOT P., THOMASSIN, B.A. & MAGNIER Y., 1983 - Coral banks in muddy environments in the new caledonian S.W. lagoon. *Intern. Soc. for Coral Reef Studies, Ann. Meeting, Nice, déc. 83, (abstract)*.
- JUNQUEIRA L.C.U., MONTES G.S., MOURAO P.A.S. & BONETTI S.S., 1980 - Collagen - proteoglycan interaction during autotomy in the sea-cucumber Stichopus badionotus. *Rev. Can. Biol.*, 39 : 157-164.
- JUPP D.L.B., MAYO K.K., KUHLER D.A., VAN CLAASEN D., KENCHINGTON R.A. & GUERIN P.R., 1984 - The application and potential of remote sensing to planning and managing the Great Barrier Reef of Australia. *Proc. 18th Intern. Symp. on Remote Sensing in Environment, Paris*.
- KANATANI H., 1973 - Maturation-inducing substance in starfishes. *Int. Rev. Cytol.*, 35 : 253-298.
- KENCHINGTON R.A., 1978 - Visual surveys of large areas of coral reefs. In : *Coral Reefs : research methods*. Stoddart & Johannes (eds). UNESCO, Paris : 149-161.

- KENCHINGTON R.A. & MORTON B., 1976 - Two surveys of the crown-of-thorns starfish over a section of the Great Barrier Reef. **Austr. Gov. Publ. Serv.**, Canberra : 186 p.
- KHRIPOUNOFF A. & SIBUET M., 1980 - Etude de la nutrition d'Echinodermes abyssaux. I. Alimentation des holothuries. **Mar. Biol.**, 60 : 17-26.
- KISHIMOTO T. & KANATANI H., 1980 - Induction of oocyte maturation by disulfide-reducing agent in the sea cucumber, Stichopus japonicus. **Dev. Growth Differ.**, 22(2) : 163-167.
- KOBAYASHI S. & TAKI J., 1969 - Calcification in sea urchins. A tetracycline investigation of growth of the mature test in Strongylocentrotus intermedius. **Calc. Tiss. Res.**, 4 : 210-223.
- KOHN A.J., 1971 - Diversity, utilization of resources and adaptive radiation in shallow-water marine invertebrates of tropical oceanic islands. **Limnol. Oceanogr.**, 16(2) : 332-348.
- KONINGSBERGER J.C., 1904 - Tripang en Tripang visscherij in Nederlandsch - Indië. In : **Mededeelingen uit 'Slands Plantentuin, Buitenzorg**. G. Kolff et Co. (ed), Batavia, Java, 71 : 1-72.
- 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.
- KUHLER D., JUPP D., VAN CLAASEN D. & BOUR W., 1986 - Coral reef remote sensing applications. **Geocarto International**, 4 : 3-15.
- LABOUTE P. & MAGNIER Y., 1978 - Guide sous-marin de Nouvelle-Calédonie. **Hachette Pacifique**, Tahiti : 160 p.
- LAMBERTSON J.O., 1978 - Notes on the morphology, ecology and distribution of Thelenota anax H.L. Clark (Holothuroidea, Stichopodidae). **Micronesica**, 14(1) : 115-122.
- LAMOTTE M. & BOURLIERE F., 1971 - Problèmes d'écologie. L'échantillonnage des peuplements animaux des milieux aquatiques. Masson, Paris : 294 p.
- LAUNAY J., 1972 - La sédimentation en baie de Dumbéa (côte ouest - Nouvelle-Calédonie). **Cah. ORSTOM, Ser. Géol.**, 4(1) : 25-51.
- LAUREC A., 1979 - Analyse des données et modèles prévisionnels en écologie marine. **Thèse de Doctorat d'Etat**, Aix-Marseille II : 405 p.
- LAUREC A. & LE GUEN J.C., 1981 - Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1 : Concepts et modèles. **CNEXO, rapports scientifiques et techniques**, 45 : 118 p.

- LAUREC A., LE GUEN J.C. & FRONTIER S., 1983 - Collecte de l'information pour une gestion rationnelle des stocks halieutiques. In : **Stratégies d'échantillonnage en écologie**. S. Frontier (ed), Masson, Paris : 385-415.
- 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., 1985 - The energetic echinoderm. In : **Echinodermata**. B. Keegan & B. O'Connor (eds), Balkema, Rotterdam : 47-67.
- LAWRENCE J.M., 1987 - A functional biology of echinoderms. Croom Held (ed), London : 340 p.
- LAWRENCE J. - Adaptation in energy acquisition and utilization by echinoderms. **Conf. on Phylogeny and Evolution of Echinoderms**, London 1986 (sous presse).
- 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.
- LAWRENCE J.M. & KAFRI J., 1979 - Number, biomass and caloric content of the Echinoderm Fauna of the rocky shores of Barbados. **Mar. Biol.**, 52 : 87-91.
- LAWRENCE J.M. & GUILLE A., 1982 - Organic composition of tropical, polar and temperature water Echinoderms. **Comp. Biochem. Physiol.**, 72B, n° 2 : 283-287.
- LEBART L. & FENELON J.P., 1971 - Statistique et informatique appliquées. Dunod, Paris : 426 p.
- LEGENBRE L. & LEGENBRE P., 1979 - Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. Masson, Paris : 247 p.
- LEVIN V.S., 1979 - A composition of feeding particles of some aspidochirote holothurians from the upper sublittoral zone in the IndoWest Pacific. **Biol. Morya Vladivostok**, 6 : 20-28 (en russe).
- LEVIN V.S., 1979 - Aspidochirote holothurians of the upper sublittoral zone of Indo-West Pacific : species composition and distribution. **Biol. Morya Vladivostok**, 5 : 17-23 (en russe).
- LEVIN V.S., 1981 - On technique of comparasion of morphological characters with distribution of holothurians from coral reefs. **Biol. Morya Vladivostok**, 3 : 84-90 (en russe).
- LEVIN V.S., 1982 - Japanese sea-cucumber. **U.S.S.R. Academy of Sciences Vladivostok** : 191 p. (en russe).
- LEVIN V.S., KALININ V.I. & STONIK V.A., 1984 - Chemical characters and taxonomic revision of the holothurian Bohadschia graeffei (Semper) as refer to erection of a new genus. **Biol. Morya Vladivostok** : 33-38 (en russe).

- LEWIS J.B., 1981 - Coral reef ecosystems. In : **Analysis of marine ecosystems**. Longhurst (ed), Academic Press, London : 127-158.
- LIAO Y., 1984 - The aspidochirote holothurians of China. **Studia marina sinica**, 23 : 221-248.
- LINDEMANN W., 1900 - Uber einige Eigenschaften der Holothurienhaut. **Z. Biol.**, 39 : 18-36.
- LOUBENS G., 1978 - La pêche dans le lagon néo-calédonien. **Rapp. Sci. Tech. ORSTOM**, Nouméa, 1 : 52 p.
- LOUBERSAC L., 1983 - Coastal zones inventory by high resolution satellites. **Proc. Alphabach Summer School**, July 1983 : 87-94.
- LOUBERSAC L. & POPULUS J., 1986 - The applications of high resolution satellite data for coastal management and planning in a Pacific Coral Island. **Geocarto International**, 2 : 17-31.
- LOYA Y., 1978 - Plotless and transect methods. In : **Coral reefs : Research Methods**. D.A. Stoddart & R.E. Johannes (eds), UNESCO : 197-217.
- LUDWIG H., 1875 - Beitrage zur Kenntniss der Holothurien. **Arb. zool. Zootom. Inst. Würzburg**, 2(2) : 77-120.
- MCARTHUR R.H. & WILSON E.O., 1967 - The theory of island biogeography. Princeton Univ. Press : 203 p.
- MCLEROY S., 1973 - The bêche-de-mer industry : its exploitation and conservation. Findings of an exploratory bêche-de-mer resource survey at Ontong Java atoll. **Honiara, British Solomon Islands, Dept. Agriculture, Fish. Div. (dact.)** : 15 p.
- MCNAE W. & KALK M., 1962 - The fauna and flora of sand flats at Inhaca Island, Moçambique. **J. Anim. Ecol.**, 31 : 93-128.
- MCEUEN F.S. & CHIA F.S., 1985 - Larval development of a molpadiid holothuroid, Malpodia intermedia (Ludwig, 1894) (Echinodermata). **Can J. Zool.**, 63 : 2553-2559.
- MARUYAMA Y.K., 1980 - Artificial induction of oocyte maturation and development in the sea cucumber, Holothuria leucospilota and Holothuria pardalis. **Biol. Bull.**, 158(3) : 339-348.
- MARUYAMA Y.K., 1985 - Holothurian oocyte maturation induced by radial nerve. **Biol. Bull.**, 168 : 249-262.
- MARUYAMA Y.K., 1986 - Induction of sea cucumber oocyte maturation by starfish radial nerve extracts. **J. exp. Zool.**, 238(2) : 241-248.
- MARKEL K., 1976 - Struktur und Wachstum des Coronarskeletes von Arbacia lixula Linné. **Zoomorphologie**, 84 : 279-299.
- MASSIN C., 1978 - Etude de la nutrition chez les Holothuries aspidochirotés (Echinodermata). Comportement alimentaire, structures et fonctions de l'appareil digestif. **Univ. Libre Bruxelles. Thèse de Doctorat es Sciences** : 204 p.

- MASSIN C., 1980 - The sediment ingested by Holothuria tubulosa Gmel (Holothuroidea : Echinodermata). In : **Echinoderms : present and past**. M. Jangoux (ed), Balkema, Rotterdam : 205-208.
- MASSIN C. & JANGOUX M., 1976 - Ecological observations on Holothuria tubulosa, Holothuria poli and Holothuria forskali (Echinodermata Holothuroidea) and feeding behavior of Holothuria tubulosa. **Cah. Biol. Mar.**, 17(1) : 45-59.
- MASSIN C. & DOUMEN G., 1986 - Distribution and feeding of epibenthic holothuroids on the reef flat of Laing Island (Papua New Guinea). **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 31 : 185-195.
- MENESGUEN A., 1980 - La macrofaune benthique de la Baie de Concarneau. Peuplements, dynamique de population et prédation exercée par les poissons. **Thèse de 3e cycle, Univ. Bret. Occidentale, Brest** : 127 p.
- MITSUKURI K., 1903 - Notes on the habits and life history of Stichopus japonicus. **Annot. Zool. Jap.**, 5 : 1-22.
- MOKRETSOVA N.D., 1978 - Biologie de la reproduction du trépane Stichopus japonicus Selenka comme base de la biotechnique de son élevage. **Compte-rendu de thèse Vladivostok DVNT, Acad. Sc., U.R.S.S. (en russe)**.
- 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.
- 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.
- MOSHER G., 1982 - Spawning behavior of the aspidochirote holothurian Holothuria (Halodeima) mexicana Ludwig. In : **Echinoderm : Proceeding of the International Conference Tampa Bay**. J.M. Lawrence (ed), Balkema, Rotterdam : 467-468.
- MOSS W.L. & MURCHISON E., 1966 - Calcified anal teeth and pharyngeal ring in the holothurian Actinopyga mauritiana. **Acta Anot.**, 64 : 446-461.
- MOTTET M.G., 1976 - The fishery biology and market preparation of sea cucumbers. **Tech. Rep. Wash. Dep. Fish.**, 22 : 48 p.
- MOTOKAWA T., 1981 - The stiffness change of the holothurian dermis caused by chemical and electrical stimulation. **Comp. Biochem. Physiol.**, 70C, 1 : 41-48.
- MOTOKAWA T., 1982 - Rapid change in mechanical properties of Echinoderm connective tissues caused by coelomic fluid. **Comp. Biochem. Physiol.**, 73C, 1 : 223-229.

- MOTOKAWA T., 1984 - Viscoelasticity of Holothurian body wall. *J. Exp. Biol.*, vol. 109 : 63-75.
- MOTOKAWA T., 1985 - Catch connective tissue : the connective tissue with adjustable mechanical properties. In : *Echinodermata*. B. Keegan & B. O'Connor (eds), Balkema, Rotterdam : 69-73.
- MUNROE J.L. & WILLIAMS D., 1985 - Assessment and management of coral reef fisheries : biological, environmental and socio-economic aspects. In : *Proc. 5th Int. Coral Reef Congress, Tahiti*, vol. 4 : 543-578.
- 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.
- O.R.S.T.O.M., 1981 - Atlas de Nouvelle-Calédonie. Paris : 53 p.
- PANNING A., 1929 - Die Gattung Holothuria. *Mitt. Zool. St. Inst. Hamb.*, 44 : 91-138.
- PANNING A., 1934 - Die Gattung Holothuria. *Mitt. Zool. St. Inst. Hamb.*, 45 : 24-50.
- PANNING A., 1934 - Die Gattung Holothuria. *Mitt. Zool. St. Inst. Hamb.*, 45 : 65-84.
- PANNING A., 1935 - Die Gattung Holothuria. *Mitt. Zool. St. Inst. Hamb.*, 45 : 85-107.
- PANNING A., 1935 - Die Gattung Holothuria. *Mitt. Zool. St. Inst. Hamb.*, 46 : 1-18.
- PANNING A., 1944 - Die Trepangfischerei. *Mitt. Hamburg Zool. Mus. Inst.*, 49, 2 : 1-76.
- PARRISH P., 1978 - Processing guidelines for beche-de-mer. *Austr. Fish.*, 37(10) : 26-27.
- 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.
- PATOUILLET J., 1873 - Voyage autour du monde : trois ans en Nouvelle-Calédonie. Dentu (ed), Paris.
- PEARSE J.S., 1968 - Patterns of reproductive periodicities in four species of indo-pacific echinoderms. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 67 : 247-279.
- PEARSE J.S. & PEARSE V.B., 1975 - Growth zones in the Echinoid Skeleton. *Amer. Zool.*, 15 : 731-753.

- PEARSON J., 1913 - Notes on the Holothuroidea of the Indian ocean. *Spolia zeylan*, Bull. Natl. Mus., Ceylon, 9 : 173-190.
- PETERSEN C., 1981 - Fiskenes biologiske forhold i Holboek Fjord, 1890-1891. *Beret. Landbugminist. Dan. Biol. Str.* : 121-184.
- PIANKA E.R., 1970 - On r- and K- selection. *Amer. Natur.*, 104 : 592-597.
- PICHON M., 1974 - Dynamics of benthic communities in the coral reefs of Tuléar (Madagascar) : succession and transformation of the biotopes through reef tract evolution. *Proc. 2nd Int. Coral Reef Symp.*, 2 : 55-68.
- PICHON M., 1982 - Dynamic aspects of coral reef benthic structures and zonation. *Proc. 4th Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 1 : 581-594.
- PLANTE R. & LE LOEUFF R., 1983 - Le benthos marin et les stratégies d'échantillonnage. In : *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. S. Frontier (ed), Masson, Paris : 325-340.
- PLESSIS Y., 1975 - Quelques propriétés peu connues d'une holothurie tropicale Halodeima atra Jäeger. In : *L'homme et l'animal*. Premier Colloque d'Ethnozoologie. S. Frontier (ed), Masson. *Inst. Intern. d'Ethnoscience*, Paris : 231-233.
- PITA E., 1979 - The Tuvalu bêche-de-mer project : quarterly report. *S.P.C. Fish. Newsl.*, 18 : 15-17.
- 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.
- PRIM P., LAWRENCE J.M. & TURNER R.L., 1976 - Protein, carbohydrate, and lipid levels of the adult body wall of Actinopyga agassizi, Synaptula hydriformis and Pentacta pygmaea (Echinodermata : Holothuroidea). *Comp. Biochem. Physiol.*, 55(2) : 307-309.
- PRIVE M. & CORRE D., 1980 - Données graphiques et statistiques sur les stations côtières fixes de la Nouvelle-Calédonie : Phare Amédée et Anse Vata. ORSTOM, Nouméa (dact.), 19.
- REESE E.S., 1968 - Annual breeding seasons of three sympatric species of tropical intertidal hermit crabs, with a discussion of factors controlling breeding. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 2 : 308-318.
- REGIS M.B., 1979 - Etude de la croissance des plaques du test de l'échinoïde Paracentrotus lividus (Lamarck) par le chlorhydrate de tétracycline. *C.R. Acad. Sci.*, France, 288(17) : 319-322.
- REYS J.P. & SALVAT B., 1971 - L'échantillonnage de la macrofaune des sédiments meubles marins. In : *L'échantillonnage en milieu aquatique*. Lamotte (ed), Masson, Paris : 185-241.
- RHOADS D.C. & YOUNG D.K., 1971 - Animal sediment relations in Cape God Bay, Massachusetts. II. Reworking by Molpadia oolitica (Holothuroidea). *Mar. Biol.*, 2 : 255-261.

- RICHER DE FORGES B., BARGIBANT G., MENOUE J.L. & GARRIGUE C., 1987 - Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Observations préalables à la cartographie bionomique des fonds meubles. *Rapp. Sci. Tech. ORSTOM*, Nouméa, n° 45 : 110 p.
- 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.
- ROUGERIE F., 1985 - Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie : circulation, spécificité hydrologique et productivité. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congress*, Tahiti, vol. 6 : 17-22.
- ROWE F.W.E., 1969 - A review of the family Holothuriidae (Holothurioidea Aspidochirotida). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool.)*, 18(4) : 119-170.
- ROWE F.W.E. & DOTY J.E., 1977 - The shallow water Holothurians of Guam. *Micronesica*, 13(2) : 217-250.
- RUSSEL P.J., 1970 - The Papuan bêche-de-mer trade to 1900. *M.A. Thesis*, Univ. of Papua New Guinea : 64 p.
- RUTHERFORD J.C., 1973 - Reproduction, growth and mortality of the Holothurian Cucumaria pseudocurata. *Mar. Biol.*, 22 : 167-176.
- RUTHERFORD J.C., 1977 - Variation in egg number between populations and between years in the holothurian Cucumaria curata. *Mar. Biol.*, 43 : 175-180.
- SACHITHANANTHAN K., 1972 - South Pacific Islands Bêche-de-mer fishery. *F.A.O., Fi : DP. RAS*, Rome, 69, 102.11 : 32 p.
- SALVAT B., 1975 - Répartition et abondance d'Holothuria atra -Echinoderme, Holothuride- dans les lagons et récifs coralliens de Polynésie française. In : 13e Congrès des Sciences du Pacifique, C.R. 1 Récifs coralliens : 126 p.
- SAVILLE-KENT W., 1893 - The great Barrier Reef of Australia ; its products and potentialities. W.H. Allen (ed), London : 387 p.
- SCHUHMACHER H., 1977 - L'univers inconnu des coraux. Elsevier, Bruxelles : 253 p.
- SEALE A., 1911 - The fishery resources of the Philippines Islands. Part IV - Miscellaneous marine products. *Philipp. Sci.*, 6(6) : 283-289.
- SELLA A. & SELLA M., 1940 - L'industria del trepang. *Thalassia*, 4, 1 : 116 p.
- SERRA VON BUDDENBROCK E., 1963 - Etudes physiologiques et histologiques sur le tégument des holothuries (Holothuria tubulosa). *Vie Milieu*, 14 : 55-70.

- 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.
- SHELLEY C., 1985 - Potential for reintroduction of a bêche-de-mer fishery in the Torres Strait. In : **Proceedings of the Torres Strait Fisheries Conference, Port-Moresby** : 140-150..
- SHEPARD F.P., 1954 - Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journ. Sed. Petrology**, 24 : 151-158.
- SHINEBERG D., 1973 - Ils étaient venus chercher du santal. **Pub. Soc. Etudes Hist. N.-C., Nouméa**.
- SIBUET M., 1984 - Les Invertébrés détritivores dans l'écosystème abyssal. Sélection de la nourriture et régime alimentaire chez les Holothuries. **Oceanis**, 10(6) : 623-640.
- SIBUET M., 1985 - Quantitative distribution of echinoderms (Holothuroidea, Asteroidea, Ophiuroidea, Echinoidea) in relation to organic matter in the sediment, in deep sea basins of the Atlantic Ocean. In : **Echinodermata**. B. Keegan & B. O'Connor (eds), Balkema, Rotterdam : 99-109.
- SIBUET M. & LAWRENCE J., 1981 - Organic content and biomass of abyssal holothuroids (Echinodermata) from the Bay of Biscay. **Mar. Biol.**, 65 : 143-147.
- SIMMONDS, 1878 - The commercial products of the sea. New York, 2 : 105-115.
- SIVICKIS P.B. & DOMANTAY J.S., 1928 - The morphology of a holothurian, Stichopus chloronotus Brandt. **Philipp. J. Sci.**, 77 : 299-332.
- 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., 1982 - Size and structure of Echinoderm populations associated with different coexisting coral species at Aldabra Atoll, Seychelles. **Mar. Biol.**, 66 : 67-75.
- SLOAN N.A., 1986 - World Jellyfish and Tunicate fisheries and the Northeast Pacific Echinoderm fishery. In : **North Pacific Workshop on stock assessment and management of Invertebrates**. G.S. Jamieson & N. Bourne (eds). **Can. Spec. Publ. Fish-Aquat. Sci.**, 92 : 23-33.
- SLOAN N.A., CLARK A.M. & TAYLOR J.D., 1979 - The echinoderms of Aldabra and their habitats. **Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.), Zool.**, 37(2) : 81-128.

- SLOAN N.A. & 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.
- SMILEY S. & CLONEY R.A., 1985 - Ovulation and the fine structure of Stichopus californicus (Echinodermata : Holothuroidea) fecund ovarian tubules. *Biol. Bull.*, 169 : 342-363.
- SMILEY S., 1986 - Metamorphosis of Stichopus californicus (Echinodermata : Holothuroidea) and its phylogenetic implications. *Biol. Bull.*, 171 : 611-631.
- SMILEY S. - Investigation into purification and identification of the oocyte maturation hormone of Stichopus californicus (Holothuroidea : Echinodermata). *Proc. 6th Int. Echin. Conf.*, Victoria 1987 (sous presse).
- SOKAL R.R. & ROHLF F.J., 1981 - Introduction to Biostatistics. Freeman and Co., San Francisco : 859 p.
- STEARNS S.C., 1976 - Life history tactics : a review of the ideas. *Quart. Rev. Biol.*, 51(1) : 3-47.
- STODDART D.A. & JOHANNES R.E., 1978 - Coral reefs : research methods. UNESCO, *Monogr. Oceanogr. Methodol.*, 5 : 581 p.
- STRICKER S.A., 1985 - The ultrastructure and formation of the calcareous ossicles in the body wall of the sea cucumber Leptosynapta clarki (Echinodermata : Holothuroidea). *Zoomorphology*, 105 : 209-222.
- TANAKA Y., 1958 - Seasonal changes occurring in the gonad of Stichopus japonicus. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 9 : 29-36.
- TANIKAWA E., 1955 - Studies on the nutritive value of the meat of the sea cucumber (Stichopus japonicus Selenka). I. General introduction and explanation of plan of investigation. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 5 : 338-340.
- TAN TIU A., 1981 - The intertidal Holothurian fauna (Echinodermata : Holothuroidea) of Mactan and the neighboring islands, Central Philippines. *The Philippine Scientist*, 18 : 45-119.
- TAYLOR J.D. & LEWIS M.S., 1970 - The flora, fauna and sediments of the marine grass beds of Mahé, Seychelles. *J. nat. Hist.*, 4 : 199-220.
- TENAKANAI C., 1988 - The status of bêche-de-mer resource and exploitation in Papua-New-Guinea. *Colloque sur les Ressources halieutiques côtières du Pacifique, C.P.S.*, Nouméa, B.P. 108 : 4 p.
- TESTAU J.L. & CONAND F., 1983 - Estimations des surfaces des différentes zones des lagons de Nouvelle-Calédonie. ORSTOM, Nouméa (dact.) : 5 p.
- THEEL H., 1901 - Case of hermaphroditism in holothurids. *Bihang Svenska Vetensk. Acad. Handl.*, 27 .

- THOMASSIN B., 1978 - Peuplements des sédiments coralliens de la région de Tuléar (SW de Madagascar) et leur insertion dans le contexte côtier Indo-Pacifique. **Thèse de Doctorat d'Etat**, Aix-Marseille II.
- THOMASSIN B., 1981 - Etude de l'impact du Projet "Norcal" sur l'environnement marin de Nouvelle-Calédonie. III. Océanographie. **Rapport Cofremi. B.R.G.M. (dact.)** : 108 p.
- THOMASSIN B., 1984 - Les récifs coralliens dans l'Indopacifique Ouest : grands types de construction et successions des phases d'édification. **Oceanis**, 10, 1 : 1-49.
- THOMASSIN B. & COUDRAY J., 1982 - Presence of wide hardground areas on lagonal bottoms of the coral reef complex of Nouméa (S.W. New Caledonia). In : **Proc. 4th Int. Coral Reef. Symp.**, Manila, 1 : 511-522.
- THORSON G., 1946 - Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. **Medd. Komm. Havunder sg. Kbh., ser. Plankton**, 4 : 1-523.
- TOWNSLEY S.J. & TOWNSLEY M.P., 1973 - A preliminary investigation of the holothurians at Fanning Island. In : **Fanning Island expedition July and August 1972. Hawai Inst. Geophysics Tech. Rept.**, 13 : 173-184.
- TREFZ S., 1958 - The physiology of digestion of Holothuria atra Jäeger with special reference to its role in the ecology of coral reefs. **Ph.D. Thesis, Univ. of Hawaii, Honolulu** : 149 p..
- TROADEC J.P., 1982 - Introduction à l'aménagement des pêcheries : intérêt, difficultés et principales méthodes. **F.A.O., Doc. Tech. Pêches**, (224) : 64 p.
- TYLER P.A. & GAGE J.D., 1983 - The reproductive biology of Ypsilothuria talismani (Holothuroidea : Dendrochirota) from the NE Atlantic. **J. Mar. Biol. Ass., U.K.**, 63 : 609-616.
- TYLER P.A., MUIRHEAD A., GAGE J.D. & BILLET D.S.M., 1985 - Reproductive biology of the deep-sea holothurians Laetmogone violacea and Benthogone rosea, (Elasipoda : Holothurioidea). **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, 23 : 269-277.
- TYLER P.A., MUIRHEAD A., GAGE J.D. & BILLET D.S.M., 1985 - Gametogenic strategies in deep-sea echinoids and holothurians from the N-E Atlantic. In : **Echinodermata**. B. Keegan & B. O'Connor (eds), Balkema, Rotterdam : 135-140.
- TYLER P.A., GAGE J.D. & BILLET D.S.M., 1985 - Life history biology of Peniagone azorica and Peniagone diaphana (Echinodermata : Holothuroidea) from the northeast Atlantic Ocean. **Mar. Biol.**, 89 : 71-82.
- VACELET J., 1981 - Eponges hypercalcifiées (Pharétronides, Sclérosponges) des cavités des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie. **Bull. Mus. natl. Hist. nat.**, Paris, 3A : 313-351.
- VAN EYS S., 1986 - The market for sea cucumber from the Pacific Islands. (dact.) : 14 p.

- WALKER M., TYLER P.A. & BILLET D.S.M., 1987 - Organic and calorific content of the body tissues of deep-sea elasipodid holothurians in the northeast Atlantic Ocean. *Mar. Biol.*, 96 : 277-282.
- WARD G., 1972 - The pacific Bêche-de-mer trade with special reference to Fiji. In : *Man in the Pacific Islands*. G. Ward (ed), Clarendon Press, Oxford : 91-123.
- 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.
- YAMANOUCI T., 1939 - Ecological and physiological studies on the holothurians in the coral reefs of Palao Islands. *Stud. Palao Trop. Biol. Stu.*, 4 : 603-636.
- YAMANOUCI 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.
- YEN S. & NEAGLE W., 1985 - Sea-food processing in French Polynesia. *S.P.C. Fish. Newsl.*, 32 : 30-33.
- 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.
- YOUNG C.M. & CHIA F.S., 1982 - Factors controlling spatial distribution of the sea cucumber Psolus chitinoides : settling and post settling behavior. *Mar. Biol.*, 69 : 195-205.

ANNEXE 1

LISTE DES STATIONS DES CAMPAGNES HOLOT

1. Latitude Sud et longitude Est, en degrés, minutes et dixièmes de minute.
2. P = profondeur en m.
3. DC = distance à la côte en milles.
4. Biotope = symboles cf. figure 12.

RECIF	barrière	ilot	frangeant
Pente externe	□ B Pe E	○ I Pe E	△ F Pe E
Platier externe	■ B Pl E	● I Pl E	▲ F Pl E
Platier interne	⊠ B PI + PeI	⊙ I Pl I	△ F Pl I
Pente interne	▣ B Pa passe	⊕ I Pe I	

LAGON

Lagon externe	LE	◇
Lagon interne	LI	◇
Lagon à dalles	LD	◇
Chenal	CH	◇
Cotier meuble	CB	◆
Cotier rocheux	CR	

5. Echantillonnage par
 - quadrat à basse mer, Q
 - quadrat en plongée libre, L
 - quadrat en plongée scaphandre, S

A - Campagne HOLOT 1 - Région Centre-Ouest

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
101	20.09.82	Baie St Vincent	22°06'3	166°04'9	6-18	2,1	LD	S
102	20.09.82	Ilot Mathieu	22°06'0	166°06'5	0- 1	0,8	I Pl E	Q
103	20.09.82	Ilot Mathieu	22°06'0	166°06'5	0	0,8	IL	Q
104	20.09.82	Ilot Mathieu	22°06'0	166°06'5	0- 1	0,8	I Pl I	Q
105	21.09.82	Baie St Vincent	22°02'7	166°04'0	12	2,7	LI	S
106	21.09.82	Ilot Ténia	22°01'0	165°56'2	10	4,3	B Pe E	S
107	21.09.82	Ilot Ténia	22°01'0	165°56'2	20	4,3	B Pe E	S
108	21.09.82	Ilot Konduyo	21°51'8	165°47'0	0- 1	1,2	I Pl E	Q
109	22.09.82	Baie de Chambeyron	21°49'3	165°45'6	20	0,5	CB	S
110	22.09.82	Barrière	21°49'3	165°39'0	5	2,9	B Pe I	S
111	22.09.82	Baie de Bourail	21°39'5	165°26'8	25	1,2	CB	S
112	23.09.82	Baie de Poya	21°26'7	165°03'3	14	3,5	BP	S
113	23.09.82	Baie de Poya	21°26'8	165°03'7	7	3,8	LE	S
114	24.09.82	Baie de Poya	21°25'5	165°05'2	15	2,2	CB	S
115	24.09.82	Baie de Poya	21°25'5	165°05'2	3	2,2	CB	S
116	24.09.82	Baie de Poya	21°26'3	165°03'7	5-15	3,3	B Pa	S
117	25.09.82	Plateau de Koniène	21°07'0	164°45'2	13	2,0	LI	S
118	25.09.82	Plateau de Koniène	21°07'0	164°45'2	3- 7	2,0	I Pl I	S
119	25.09.82	Plateau de Koniène	21°07'5	164°45'8	1	2,4	I Pl I	L
120	25.09.82	Plateau de Koniène	21°07'5	164°45'8	1	2,4	I Pl I	L
121	25.09.82	Plateau de Koniène	21°08'0	164°44'7	2	3,1	I Pl I	L
122	26.09.82	Plateau de Koniène	21°10'0	164°47'1	12	2,6	LI	S
123	26.09.82	Moué-Nepoui	21°24'3	164°57'6	2- 6	2,9	LE	S
124	28.09.82	Cap Goulvain	21°31'6	165°13'0	1	1,2	LI	L
125	28.09.82	Cap Goulvain	21°31'6	165°13'0	2	1,2	CB	L
126	28.09.82	Cap Goulvain	21°31'4	165°11'0	1	2,1	B Pe I	L
127	28.09.82	Cap Goulvain	21°31'5	165°12'5	4	1,5	B Pe I	L
128	28.09.82	Moindou	21°48'8	165°38'4	1	4,3	B Pe I	L
129	29.09.82	Ilot Isié	21°53'3	165°49'7	6-10	1,0	LI	S
130	29.09.82	Ilot Isié	21°52'8	165°49'9	3- 7	0,6	F Le	S
131	29.09.82	Ilot Isié	21°52'6	165°50'7	1	0,5	F Pl I	L
132	30.09.82	Ilot Hugon	22°04'0	166°02'0	6- 9	0,6	LI	S

B - Campagne HOLOT 2 - Région Centre-Est

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
201	30.11.82	Baie de Nakety	21°31'1	165°05'8	1- 5	0,5	F Pe	L
202	01.12.82	Récif Laurent	21°23'4	166°00'5	3- 6	1,5	I Pl	S
203	01.12.82	Récif Ouamdemia	21°20'0	166°03'3	3-12	5,7	B Pe I	S
204	01.12.82	Récif Ouamdemia	21°20'0	166°03'3	15-20	5,7	B Pe I	S
205	01.12.82	Baie de Canala	21°27'8	165°58'0	0- 4	0,1	CB	L
206	02.12.82	Lagon	21°21'0	166°00'1	30-35	3,5	LE	S
207	02.12.82	Récif Ana	21°22'0	165°56'1	5-15	1,3	I Pe E	S
208	02.12.82	Récif Bogota	21°24'4	165°59'4	0- 2	0,4	I Pl I	L
209	02.12.82	Baie de Canala	21°25'2	165°57'6	15-20	0,6	CB	S
210	03.12.82	Ilots d'Harcourt	21°05'7	165°32'5	10-20	0,1	I Pe I	S
211	03.12.82	Plateau de Tye	20°52'9	165°20'4	20	2,2	I Pe E	S
212	03.12.82	Plateau de Tye	20°52'9	165°20'4	8	2,2	I Pl E	S
213	04.12.84	Récif Mangalia	20°43'5	165°17'8	15-30	8,6	B Pe E	S
214	04.12.82	Récif Mangalia	20°43'5	165°17'8	5	8,6	B Pl E	S
215	04.12.82	Passe	20°36'0	165°10'0	15	9,3	B Pa	S
216	06.12.82	Ilot Iehgabate	20°39'5	164°59'0	12-15	1,4	I Pe E	S
217	06.12.82	Lagon	20°41'9	165°07'5	35	3,4	Le	S
218	06.12.82	Ilot Uao	20°43'6	165°09'0	1	1,7	I Pl I	L
219	06.12.82	Ilot Uao	20°43'6	165°09'0	1- 6	2,3	I Pe E	L
220	07.12.82	Récif Mangalia	20°45'0	165°16'9	1	2,5	B Pe I	L
221	07.12.82	Ilot Sable, Poindimié	20°54'7	165°22'0	5-15	1,5	I Pe I	S
222	07.12.82	Cap Bocage	21°10'3	165°36'3	5-10	0,1	F Pe	S
223	08.12.82	Passe de Canala	21°18'1	165°57'4	5-30	4,5	B Pa	S
224	08.12.82	Grand Récif	21°19'3	165°59'7	5-16	5,1	B Pe I	S
225	08.12.82	Grand Récif	21°19'4	165°59'8	0- 5	4,9	B Pe I	S
226	08.12.82	Récif Kindé	21°31'1	166°10'0	1- 6	1,8	I Pe E	L
227	27.06.83	Ilot Gouh	21°31'5	166°09'8	5-20	0,6	I Pe I	S
228	28.06.83	Récif Ouakata Néhété	21°25'3	166°09'3	10-15	6,0	B Pe E	S
229	28.06.83	Lagon	21°25'3	166°02'9	35	3,5	LE	S
230	28.06.83	Anse Lavaissière	21°28'8	166°03'6	1	0,1	F Pl E	L
231	29.06.83	Anse Lavaissière	21°28'2	166°04'8	1- 2	0,5	I Pl E	L

C - Campagne HOLOT 3 - Région Nord-Ouest

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
301	11.01.83	Chenal de la Fine	20°35'8	164°16'4	8	1,0	LI	S
302	11.01.83	Plateau Karembé	20°38'0	164°17'2	7	2,0	I Pe I	S
303	11.01.83	Plateau Karembé	20°38'4	164°17'5	1	1,5	I Pl I	L
304	11.01.83	Plateau Karembé	20°38'3	164°18'0	1	1,5	I Pl I	L
305	12.01.83	Lagon enclavé	20°34'1	164°06'7	20	6,0	LE	S
306	12.01.83	Lagon enclavé	20°34'1	164°06'7	10	6,0	B Pe I	S
307	12.01.83	Grand Récif	20°34'0	164°06'8	1	5,5	B Pe I	L
308	12.01.83	Lagon	20°29'5	164°05'6	22	5,0	LE	S
309	13.01.83	Lagon	20°19'0	164°04'2	10	1,5	LI	S
310	13.01.83	Ilot Ouanne	20°20'9	164°02'4	1	3,0	I Pl I	L
311	13.01.83	Lagon	22°22'4	164°01'1	20	4,5	LI	S
312	14.01.83	Ilot Mouac	20°13'2	164°00'8	1	1,0	F Pl E	L
313	14.01.83	Ilot Yaba	20°08'8	163°59'8	2	1,2	F Pl I	L
314	14.01.83	Lagon	20°10'8	163°57'4	15	4,0	LI	S
315	15.01.83	Ilot Neba	20°09'5	163°55'0	1	5,0	F Pl I	L
316	16.01.83	Récif de l'Infernet	20°36'3	164°14'8	1	2,0	I Pl I	L
317	16.01.83	Récif de l'Infernet	25°35'0	164°13'9	1	2,0	I Pl I	L
318	16.01.83	Chenal de Koumac	20°41'1	84°15'8	10	4,5	B Pa	S
319	17.01.83	Grand Récif Mathieu	20°45'2	164°14'5	12	7,5	B Pa	S
320	17.01.83	Grand Récif Mathieu	20°45'8	164°14'5	1- 3	8,0	B Pe I	L
321	17.01.83	Grand Récif Mathieu	20°45'5	164°16'4	2	7,0	B Pe I	L
322	18.01.83	Récif Gérard	20°51'5	164°25'2	10	2,0	I Pe I	S
323	18.01.83	Plateau des Massacres	20°53'3	164°29'8	1	1,0	F Pl I	L
324	18.01.83	Plateau des Massacres	20°53'8	164°29'0	1	1,5	F Pl E	L
325	19.01.83	Récif de Gatope	20°58'7	164°37'0	6	2,0	B Pe I	S

D - Campagne HOLOT 4 - Région Nord-Est

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
401	01.03.83	Récif Tao	20°32'8	164°49'9	3-10	0,8	B Pe I	S
402	01.03.83	Récif Tao	20°32'1	164°48'8	3- 8	1,3	B Pe E	S
403	02.03.83	Récif de la Seine	20°24'6	164°13'8	2- 3	3,8	B Pe I	L
404	02.03.83	Récif de la Seine	20°25'0	164°44'1	4- 5	3,0	B Pe I	L
405	02.03.83	Lagon	20°25'5	164°42'4	21	3,0	LE	S
406	02.03.83	Récif côtier	20°24'7	164°40'0	1	1,2	I Pl I	L
407	03.03.83	Lagon	20°20'3	164°36'5	18	2,0	LE	S
408	03.03.83	Plateau Freycinet	20°17'2	164°31'5	3- 4	1,3	I Pe E	L
409	03.03.83	Plateau Freycinet	20°17'0	164°30'7	1	1,3	I Pl I	L
410	03.03.83	Récif côtier de Balade	20°18'0	164°31'0	1	0,5	F Pl I	L
411	04.03.83	Récif de Balade	20°12'8	164°26'7	10-25	3,5	B Pe E	S
412	04.03.83	Récif Pouma	20°13'3	164°29'4	1	4,0	B Pl E	L
413	04.03.83	Récif Pouma	20°13'4	164°30'0	1- 4	4,0	B Pe I	L
414	05.03.83	Tiari	20°14'2	164°20'5	1	0,1	F Pl I	L
415	05.03.83	Plateau d'Amos	20°13'5	164°24'4	3- 4	2,0	I Pl E	L
416	05.03.83	Plateau d'Amos	20°13'2	164°24'2	2	2,0	I Pl E	L
417	05.03.83	Ile de Pâm	20°12'8	164°16'6	1	0,2	F Pl I	L
418	05.03.83	Pâm	20°13'8	164°18'1	0,5	0,2	CB	Q
419	07.03.83	Plateau de Napias	20°11'1	164°16'8	1	1,9	I Pl I	L
420	07.03.83	Plateau de Balabio	20°11'3	164°16'5	3- 4	1,8	I Pe E	L
421	07.03.83	Chenal de l'Alcmène	20°11'6	164°14'8	20-22	2,0	CH	S
422	07.03.83	Plateau de Balabio	20°11'1	164°15'0	1	1,8	I Pl I	L
423	08.03.83	Plateau de Devarenne	20°09'0	164°08'9	1	1,8	I Pl I	L
424	08.03.83	Plateau de Balabio	20°08'9	164°09'8	1	2,0	I Pl I	L
425	08.03.83	Chenal de Devarenne	20°08'6	164°07'2	10-12	1,5	LI	S
426	08.03.83	Plateau de Devarenne	20°08'6	164°08'0	1	1,5	I Pl I	L
427	09.03.83	Balabio	20°02'6	164°07'8	2	2,3	I Pl E	L
428	09.03.83	Balabio	20°03'3	164°07'7	13	2,0	LI	S

E - Stations HOLOT 5 - Région Sud-Ouest

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
501	16.05.83	Lagon	22°12'0	166°16'9	25	0,8	LI	S
502	16.05.83	Lagon	22°11'8	166°15'8	20	0,8	LI	S
503	17.05.83	Passe de Vitoé	22°09'5	166°05'8	20-25	3,2	B Pa	S
504	17.05.83	Passe de Vitoé	22°09'3	166°06'0	6-10	3,4	B Pa	S
505	17.05.83	Ilot Mbo	22°14'8	166°13'0	10	5,0	I Pe I	S
506	09.06.83	Ilot Croissant	22°19'7	166°22'0	0- 1	3,8	I Pl E	L
507	09.06.83	Ilot Ngué	22°20'2	166°20'3	11-14	5,4	LD	S
508	09.06.83	Lagon	22°21'1	166°19'1	9-10	6,4	LD	S
509	25.07.83	Lagon	22°22'6	166°24'9	21	4,0	LD	S
510	25.07.83	Bancs de l'Ouest	22°27'0	166°28'3	2- 5	8,0	I Pe E	L
511	25.07.83	Basse Garnault	22°24'6	166°25'3	12-15	6,0	LD	S
512	26.07.83	Ile aux Canards	22°19'3	166°26'1	20-22	0,8	CH	S
513	26.07.83	Ilot Maître	22°20'3	166°25'3	1- 3	2,0	I Pe E	L
514	26.07.83	Ilot Maître	22°19'8	166°26'0	20-22	1,2	CH	S
515	27.07.83	Baie des Citrons	22°18'2	166°25'4	12	0,4	LI	S
516	27.07.83	Baie des Citrons	22°18'0	166°26'1	2	0,1	CB	L
517	27.07.83	Baie des Citrons	22°18'1	166°25'9	5- 6	0,2	CB	S
518	28.07.83	Baie de Dumbéa	22°13'1	166°21'9	15-18	0,5	CB	S
519	28.07.83	Baie de Dumbéa	22°12'2	166°22'5	0- 3	0,1	CR	L
520	28.07.83	Baie de Dumbéa	22°13'5	166°23'7	15	0,6	CB	S
521	29.07.83	Grande Rade	22°15'7	166°24'8	10	0,4	CB	S
522	29.07.83	Nouvelle	22°15'2	166°23'0	1- 3	0,1	CR	L
523	17.03.82	Récif Aboré	22°27'0	166°22'0	1	9,3	Ba Pe I	L
524	17.03.82	Récif Aboré	22°27'1	166°22'2	1	9,4	Ba Pl E	L
525	17.03.82	Récif Aboré	22°26'8	166°21'5	4	9,3	Ba Pe I	L
526	17.03.82	Forêt Coulée	22°25'2	166°22'0	8-13	7,8	LE	S
527	17.03.82	Lagon	22°25'5	166°22'4	13	7,5	LD	S
528	17.03.82	Lagon	22°24'9	166°22'7	13	7,1	LD	S
529	18.03.82	Lagon	22°24'3	166°23'0	10	6,4	LD	S
530	18.03.82	Ilot Goéland	22°23'3	166°22'1	1	6,0	I Pe I	L
531	18.03.82	Ilot Goéland	22°24'1	166°23'2	2- 6	5,8	I Pe E	L
532	22.06.82	Lagon	22°21'7	166°23'7	24	4,0	LD	S
533	22.06.82	Ilot Croissant	22°19'8	166°22'6	5- 6	3,9	I Pe E	L
534	23.06.82	Lagon	22°20'9	166°23'5	24	3,6	LI	S
535	23.06.82	Ilot Maître	22°20'1	166°24'1	2- 3	2,0	I Pe I	L
536	23.06.82	Lagon	22°18'9	166°24'2	18	1,7	I Pl I	S
537	25.06.81	Phare Amédée	22°28'8	166°27'7	1	9,5	I Pl I	L
538	26.06.81	Récif To	22°30'2	166°26'5	8-12	11,0	B Pa	S
539	25.06.81	Ilot Attiré	22°31'4	166°33'2	8-12	13,7	I Pe E	S
540	05.11.79	Ilot Maître	22°19'9	166°24'7	0- 1	2,1	I Pl I	Q
541	09.08.82	Ilot Maître	22°20'3	166°24'6	0- 1	2,4	I Pl I	Q
542	17.08.82	Récif Ricaudy	22°19'0	166°27'2	0- 1	0,2	I Pl E	Q
543	18.08.82	Récif Ricaudy	22°19'0	166°27'3	0- 1	0,1	I Pl I	Q
544	18.08.82	Récif Ricaudy	22°18'9	166°27'2	0- 1	0,1	I Pl I	Q
545	18.08.82	Récif Aboré	22°29'0	166°24'8	3	10,0	B Pe I	L
546	18.08.82	Récif Aboré	22°29'2	166°24'9	1	10,0	B Pl E	L
547	16.11.83	Lagon	22°24'9	166°25'8	20-22	6,8	LE	S
548	16.11.83	Baie Sainte Marie	22°18'4	166°27'9	10-12	0,7	CB	S

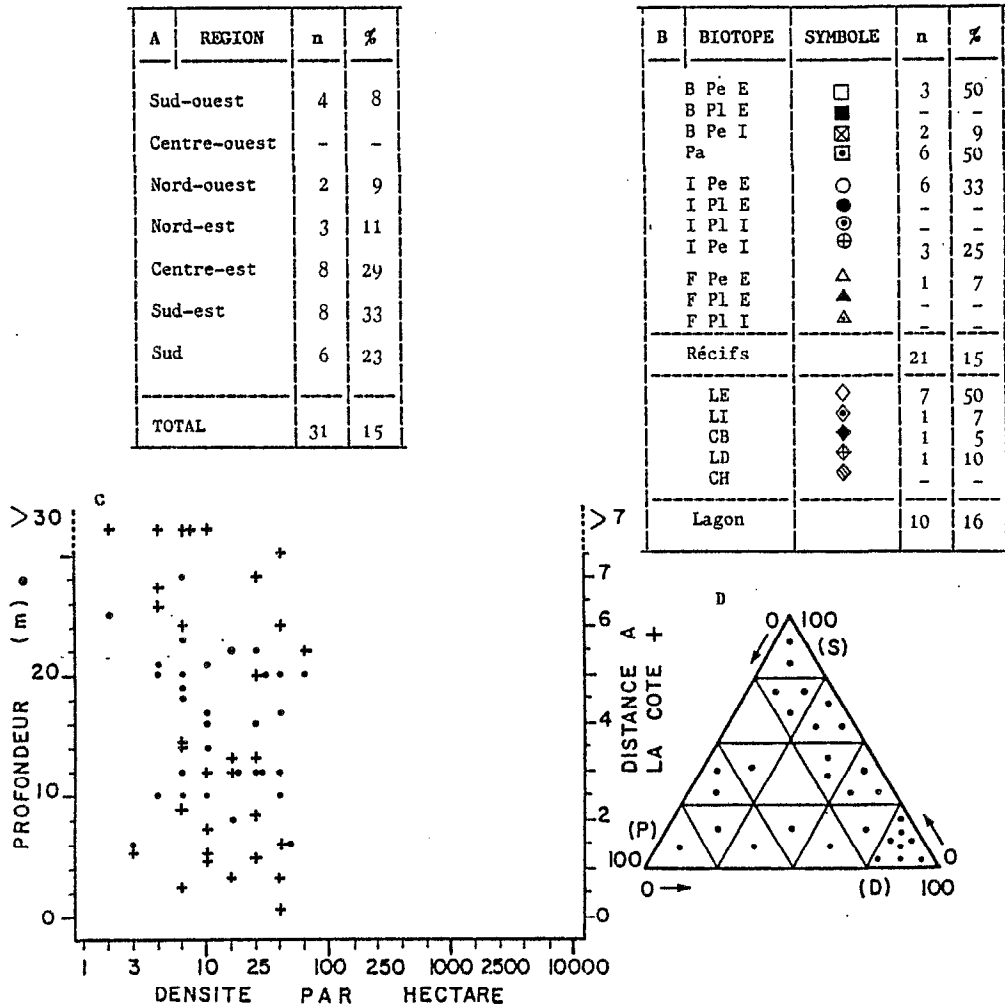
F - Campagne HOLOT 6 - Région Sud-Est

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
601	21.06.83	Grand Récif immergé	22°12'3	167°04'1	10-30	3,0	B Pe E	S
602	21.06.83	Grand Récif immergé	22°12'3	167°04'0	10-15	3,0	B Pl E	S
603	21.06.83	Récif de Yaté	22°09'7	166°57'8	5-18	0,3	F Pe E	S
604	22.06.83	Récif d'Unia	22°02'9	166°54'2	5-20	0,7	F Pe E	S
605	22.06.83	Récif Kuanne	22°01'8	166°50'9	5-25	0,3	I Pe I	S
606	22.06.83	Grand Récif d'Unia	21°59'0	166°55'2	0- 1	4,0	B Pe I	L
607	23.06.83	Kouakué	21°55'1	166°41'5	15-20	0,1	F Pe E	S
608	23.06.83	Récifs Trois Cafards	21°54'2	166°32'1	6	1,3	I Pe E	S
609	24.06.83	Récifs Ngoe	21°47'0	166°32'1	13-20	1,2	I Pe E	S
610	24.06.83	Embouchure R. Combui	21°47'3	166°30'2	2- 8	0,1	CB	S
611	24.06.83	Baie de Coetlogon	21°43'3	166°27'1	3-12	0,2	CB	S
612	25.06.83	Grand Récif Buende	21°40'0	166°31'4	10-30	5,5	B Pa	S
613	25.06.83	Grand Récif Buende	21°39'8	166°31'5	1- 3	5,5	B Pl E	L
614	25.06.83	Port Bouquet	21°40'7	166°25'0	10-15	1,0	CB	S
615	27.06.83	Baie Nenou	21°40'2	166°23'4	15-25	1,5	CB	S
616	27.06.83	Thio récif intérieur	21°36'6	166°17'2	5-20	1,2	I Pe E	S
622	29.06.83	Thio récif Trois Bras	21°32'2	166°18'2	10-30	6,0	B Pa	S
623	29.06.83	Banc Calédonienne	21°35'0	166°20'0	8-12	3,6	I Pe E	S
624	30.06.83	Goro	22°18'9	167°03'3	5-12	2,0	F Pe E	S
625	30.06.83	Goro	22°19'8	167°01'1	5	0,7	CB	S
626	21.07.82	Platier d'Unia	22°03'3	166°54'0	0- 1	0,5	F Pl E	Q
627	21.07.82	Platier d'Unia	22°03'3	166°54'0	0- 1	0,4	F Pl I	Q
628	21.07.82	Platier d'Unia	22°03'4	166°53'9	0- 1	0,3	F Pl I	Q
629	22.07.82	Platier d'Unia	22°03'4	166°53'8	0- 1	0,2	F Pl I	Q
630	22.07.82	Platier d'Unia	22°03'5	166°53'7	0- 1	0,1	CB	Q
631	22.07.82	Platier d'Unia	22°03'5	166°53'6	0- 1	0	CB	Q

G - Campagne HOLOT 7 - Région Sud

CODE	DATE	LIEU	LAT.S	LONG.E	P	DC	BIOTOPE	TYPE
701	18.10.83	Baie Tioaé	22°25'4	166°46'6	16	0,3	CB	S
702	18.10.83	Canal Woodin	22°23'7	166°48'8	10-19	0,1	F Pe E	S
703	18.10.83	Canal Woodin	22°23'2	166°49'6	2- 5	0,1	F Pa E	L
704	19.10.83	Baie du Prony	22°21'9	166°49'6	10-30	0,1	F Pe E	S
705	19.10.83	Récif du Prony	22°23'7	166°52'8	0- 1	0,6	F Pl I	L
706	19.10.83	Pointe Mekoué	22°23'4	166°53'3	6-24	0,1	F Pe E	S
707	20.10.83	Port Boisé	22°22'5	166°57'8	13-22	0,2	F Pe E	S
708	20.10.83	Port Boisé	22°22'5	166°58'1	10	0,2	F Pe E	S
709	20.10.83	Port Boisé	22°21'4	166°58'9	1	0,2	F Pl I	L
710	20.10.83	Récif Puétégé	22°22'2	167°07'7	3	6,0	I Pl E	L
711	21.10.83	Récif	22°22'9	167°07'7	1	7,0	I Pl I	L
712	21.10.83	Ilot Kié	22°23'0	167°04'7	20-25	4,5	I Pe E	S
713	21.10.83	Ilot Amérée	22°26'8	167°06'0	12-25	8,0	I Pe E	S
714	22.10.83	Récif Tani	22°25'2	167°06'5	15-25	7,0	LE	S
715	22.10.83	Ilot Ndo	22°40'9	166°58'2	12-15	15,0	I Pe I	S
716	24.10.83	Lagon	22°47'5	166°46'6	25	19,0	LE	S
717	24.10.83	Récif Néokouié	22°48'8	166°45'3	16	21,0	LE	S
718	24.10.83	Récif Néokouié	22°49'8	166°46'4	3	21,5	B Pe I	L
719	26.10.83	Récif Niagi	22°27'7	166°45'2	16-22	1,2	LI	S
720	26.10.83	Récif Niagi	22°28'4	166°44'5	0- 1	2,0	I Pl I	L
721	26.10.83	Récif Niagi	22°28'0	166°44'7	10-12	1,8	LI	S
722	27.10.83	Récif Uimé	22°37'3	166°40'0	22-25	12,0	LE	S
723	27.10.83	Récif Uimé	22°37'1	166°39'4	0- 1	12,0	I Pl E	L
724	27.10.83	Passe de Mato	22°39'7	166°38'4	18-22	14,0	B Pa	S
725	28.10.83	Lagon	22°34'0	166°39'7	15-18	16,0	LE	S
726	28.10.83	Lagon	22°30'5	166°38'1	10-12	12,0	LD	S

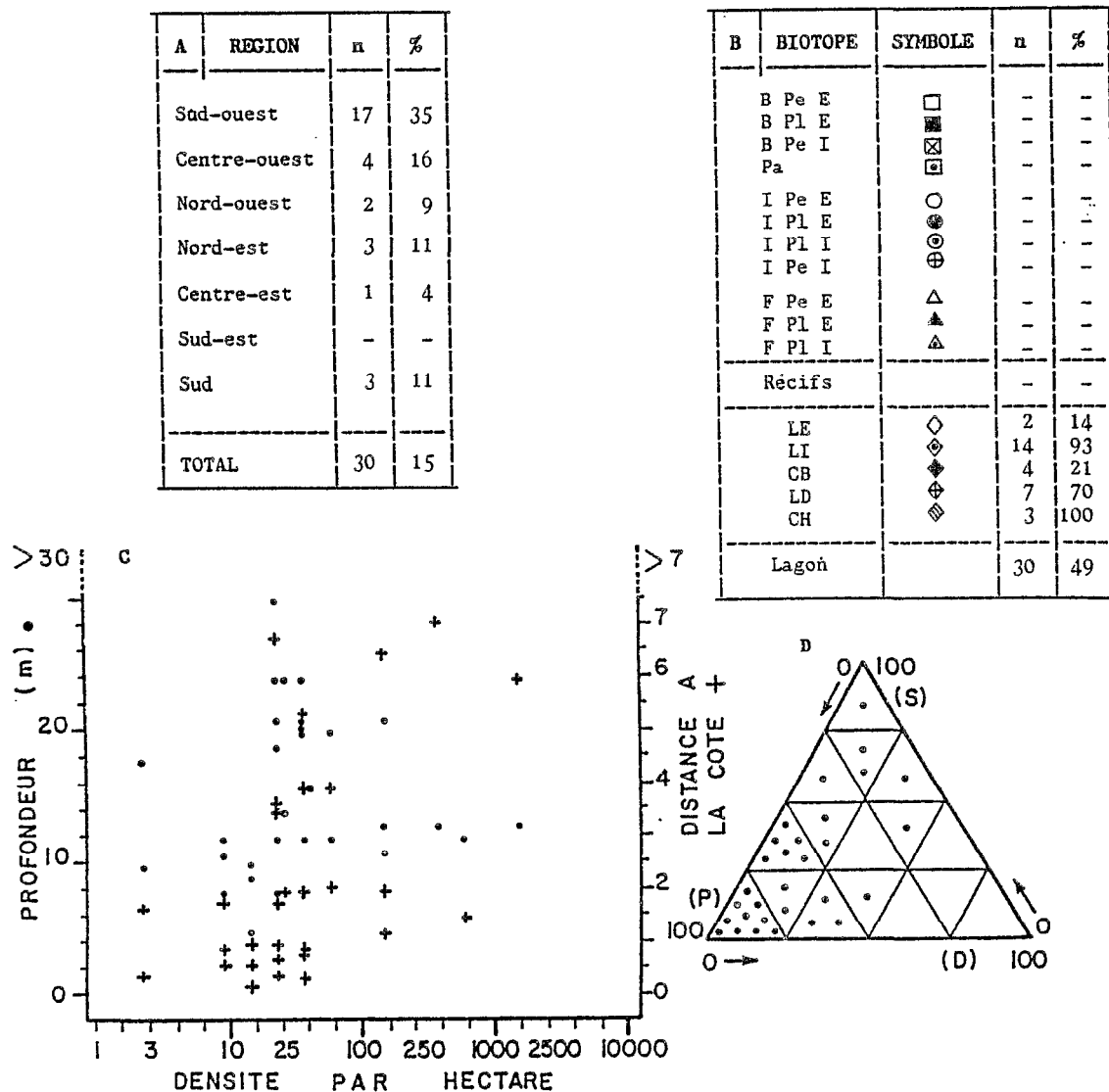
ANNEXE 2

AUTOECOLOGIE DES ESPECES PEU FREQUENTES ET REPARTITION
DES ESPECES RARES*Thekenota anax*Figure 1 - Répartition et abondance de *T. anax*

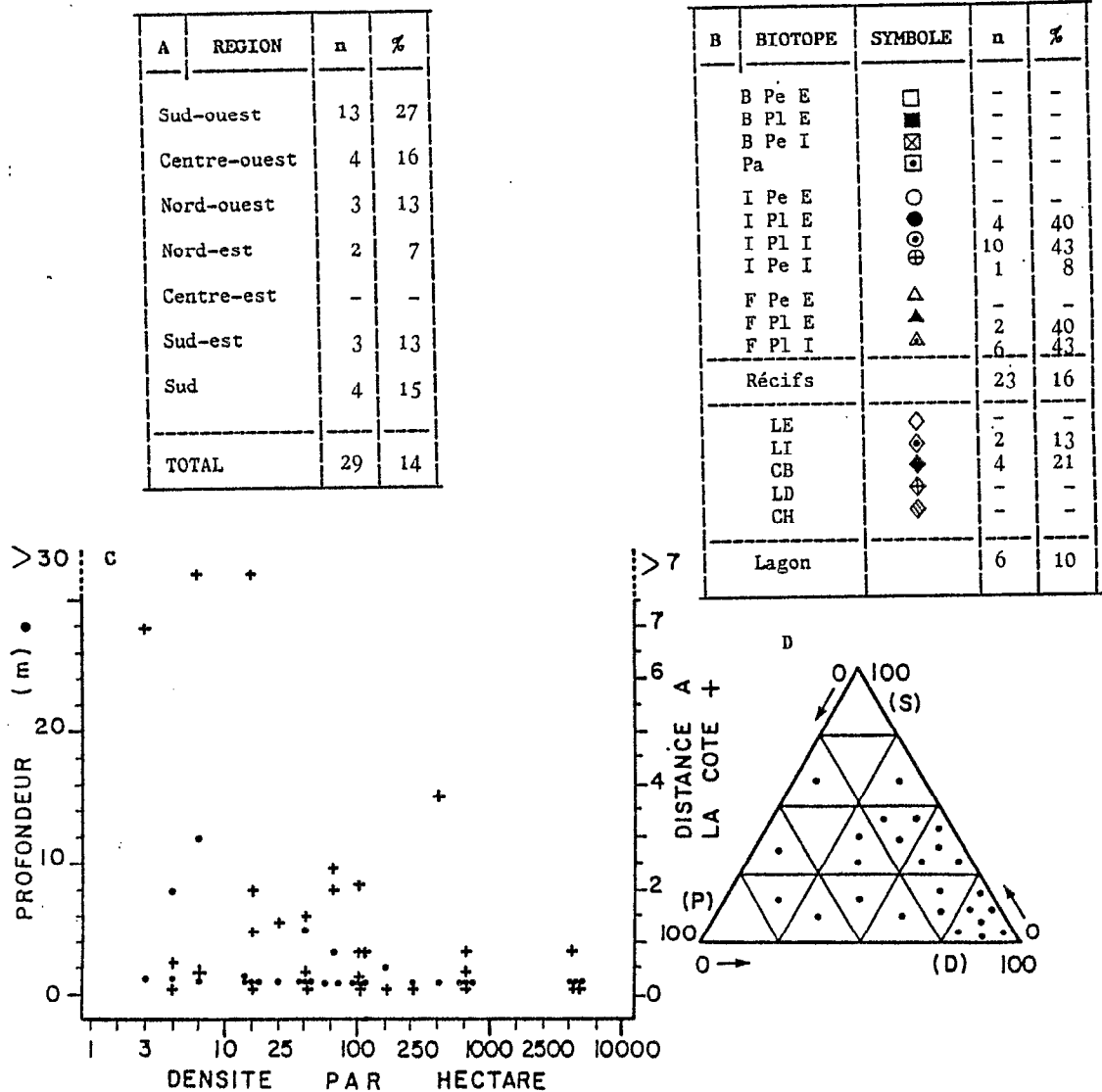
Thekenota anax est une espèce peu fréquente, répartie tout autour de la Nouvelle-Calédonie.

Son affinité récifale est un peu masquée dans le tableau par sa fréquence dans le lagon externe. C'est une espèce des pentes des récifs qui ne sont pas soumis aux influences terrigènes, et des passes. Elle est donc localisée dans des zones soumises à un fort hydrodynamisme. Jamais observée au-dessus de 8 m, elle peut se rencontrer jusqu'à 28 m de profondeur.

La densité des populations est de 14 individus par hectare en moyenne et 45 au maximum. Ses exigences vis-à-vis du substrat ne sont pas très strictes. La fraction fine est cependant souvent constituée de pélites organogènes.

Actinopyga spineaFigure 2 - Répartition et abondance de *A. spinea*

Actinopyga spinea est une espèce peu fréquente, sauf dans la région sud-ouest. C'est une espèce typiquement lagonnaire qui montre une fréquence très élevée dans les lagons internes. Sa distribution bathymétrique va de 5 à 30 m. La densité des populations, en moyenne 100 individus par hectare, peut atteindre un millier d'individus. C'est une espèce de substrat meuble, surtout lorsque la teneur en pélites est élevée ; elle peut y être enfouie dans la couche superficielle.

Holothuria (Mertensiothuria) leucospilotaFigure 3 - Répartition et abondance de *H. leucospilota*

Holothuria leucospilota est une espèce peu fréquente, en particulier sur la côte est.

Elle est tout à fait absente des récifs barrières et des pentes coralliennes, alors qu'elle est fréquente sur les platiers et dans les lagons cotiers des zones proches du rivage.

Sa distribution bathymétrique, généralement dans la zone intertidale, peut aller jusqu'à 12 m.

Les populations peuvent être localement denses, dépassant plusieurs milliers d'individus par hectare, avec une moyenne de 505 individus.

Elle est absente des fonds de sables purs et se trouve sur les substrats mixtes, avec blocs, débris et sables vaseux.

Actinopyga palauensis

A	REGION	n	%
	Sad-ouest	3	6
	Centre-ouest	3	12
	Nord-ouest	3	13
	Nord-est	1	4
	Centre-est	4	14
	Sud-est	5	21
	Sud	6	23
TOTAL		25	13

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	1	17
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊠	2	9
	Pa	▣	7	58
	I Pe E	○	8	44
	I Pl E	●	1	10
	I Pl I	⊙	-	-
	I Pe I	⊕	1	8
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	-	-
Récifs			20	14
	LE	◇	3	21
	LI	◆	-	-
	CB	⬥	1	5
	LD	⬦	1	10
	CH	⬧	-	-
Lagon			5	8

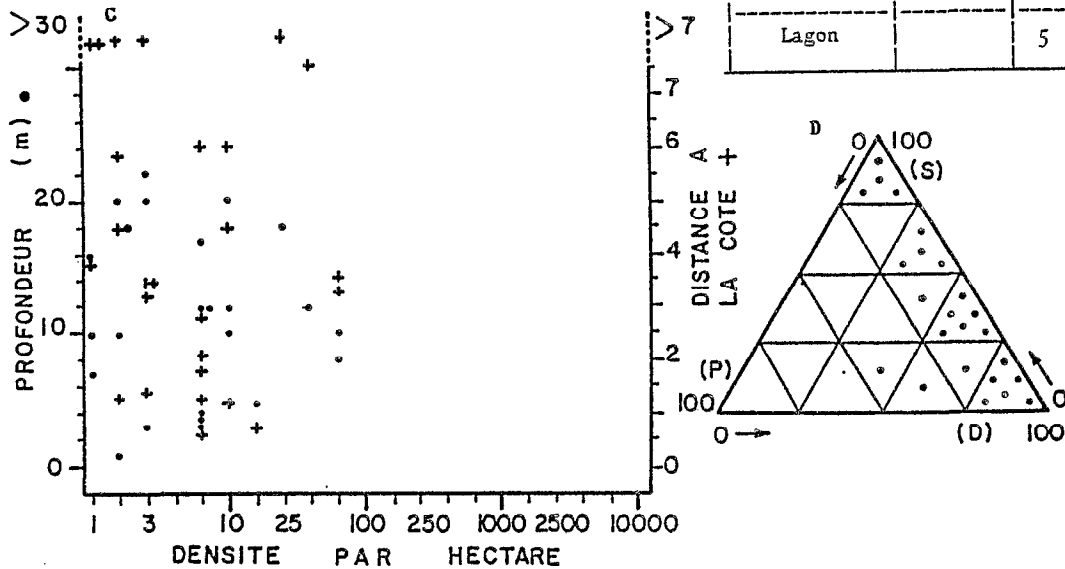
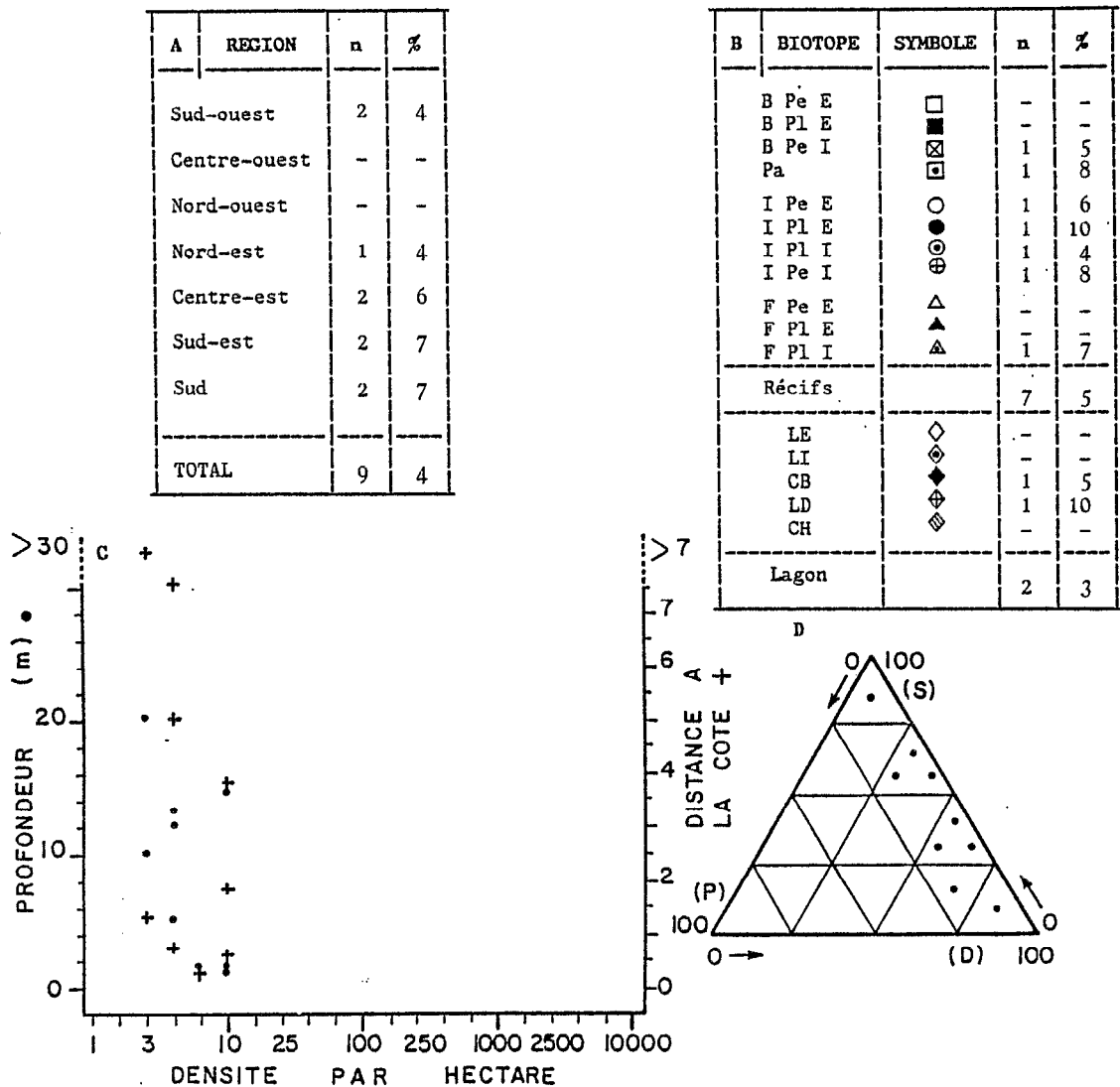


Figure 4 - Répartition et abondance de *A. palauensis*

Actinopyga palauensis est une espèce peu fréquente, mais répartie dans tout le lagon de Nouvelle-Calédonie. Son affinité récifale est assez marquée, puisqu'elle est fréquente dans les passes et sur les pentes externes des récifs barrières et d'îlots.

Elle est observée dans les zones à fort hydrodynamisme, de 0 à 22 m. La densité de ses populations, 10 individus par hectare en moyenne, n'atteint pas la centaine d'individus.

C'est une espèce des substrats durs, dalles coralliennes surtout, plus ou moins couverts de sables grossiers ou fins.

Actinopyga lecanoraFigure 5 - Répartition et abondance de *A. lecanora*

Actinopyga lecanora est une espèce peu fréquente dans ces observations, peut-être en raison de son comportement nocturne. C'est une espèce récifale, souvent cachée dans les anfractuosités des coraux ou des débris.

Sa distribution bathymétrique va jusqu'à 20 m. Sa densité moyenne est faible, de 5 individus par hectare.

Elle vit sur les substrats durs et les débris, avec du sable grossier.

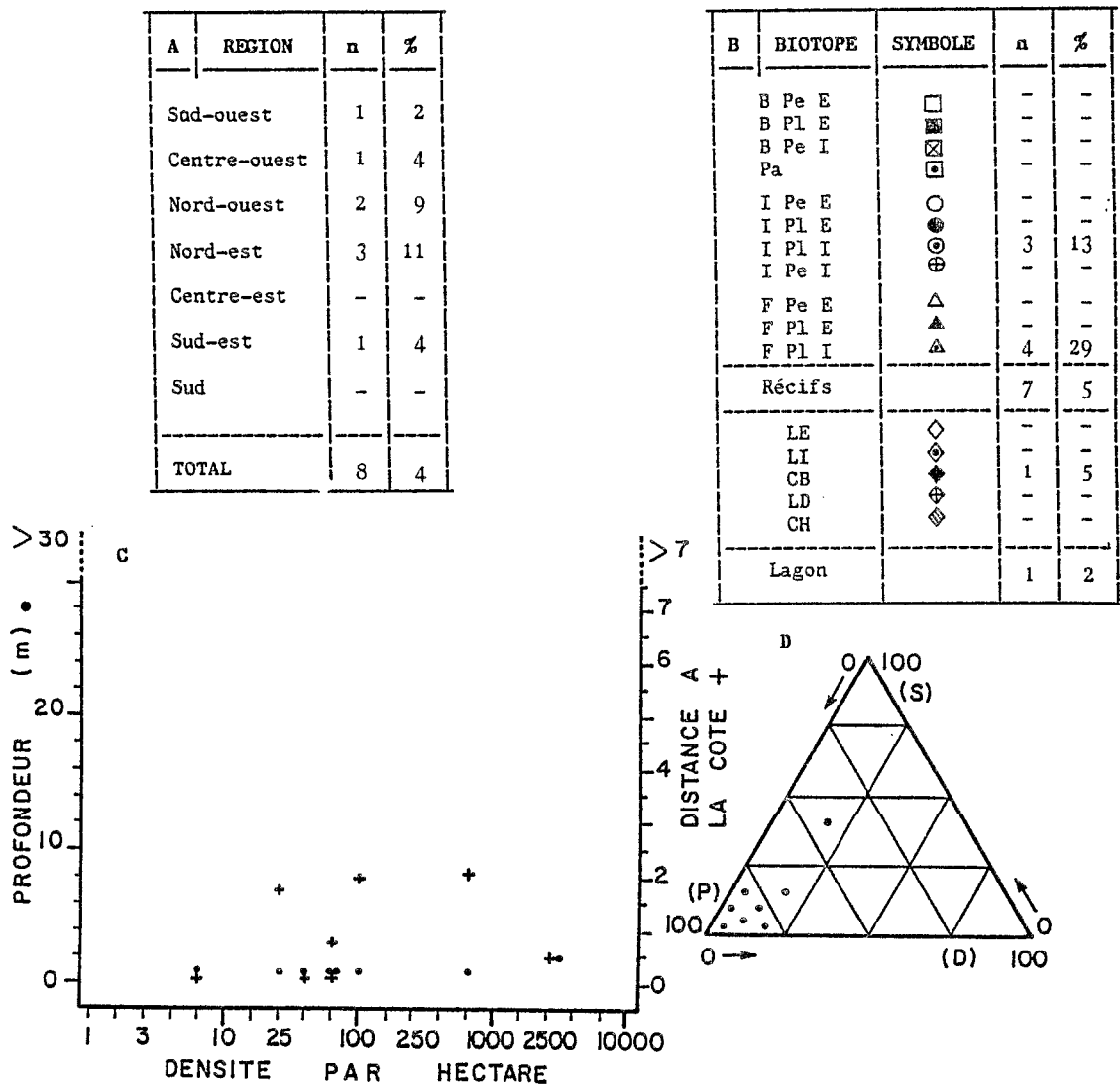
Bohadschia similis

Figure 6 - Répartition et abondance de *B. similis*

Bohadschia similis est une espèce peu fréquente, rencontrée plus souvent dans les régions nord du lagon de Nouvelle-Calédonie. C'est une espèce des platiers internes soumis à l'influence terrigène.

Ses populations peuvent être denses, la moyenne observée est de 300 individus par hectare.

Elle vit plus ou moins enfouie dans les sables vaseux.

Bohadschia tenuissima

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	6	12
	Centre-ouest	-	-
	Nord-ouest	-	-
	Nord-est	1	4
	Centre-est	-	-
	Sud-est	1	4
	Sud	-	-
TOTAL		8	4

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊗	-	-
	Pa	◻	-	-
	I Pe E	○	-	-
	I Pl E	●	-	-
	I Pl I	⊙	-	-
	I Pe I	⊕	-	-
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	-	-
Récifs				
	LE	◇	1	7
	LI	◊	3	20
	CB	◆	2	10
	LD	⬢	2	20
	CH	⬠	-	-
Lagon				
			8	13

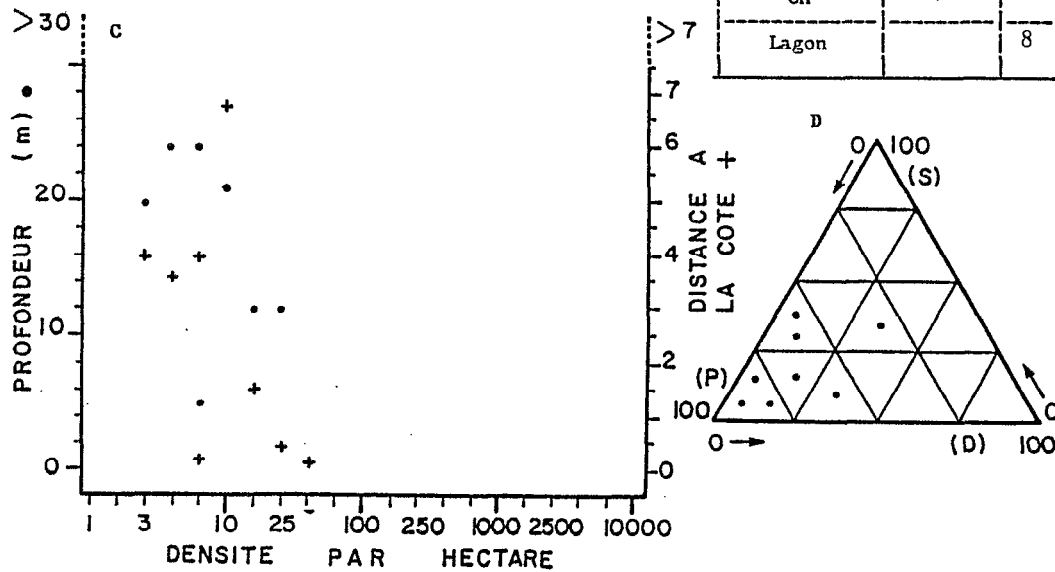
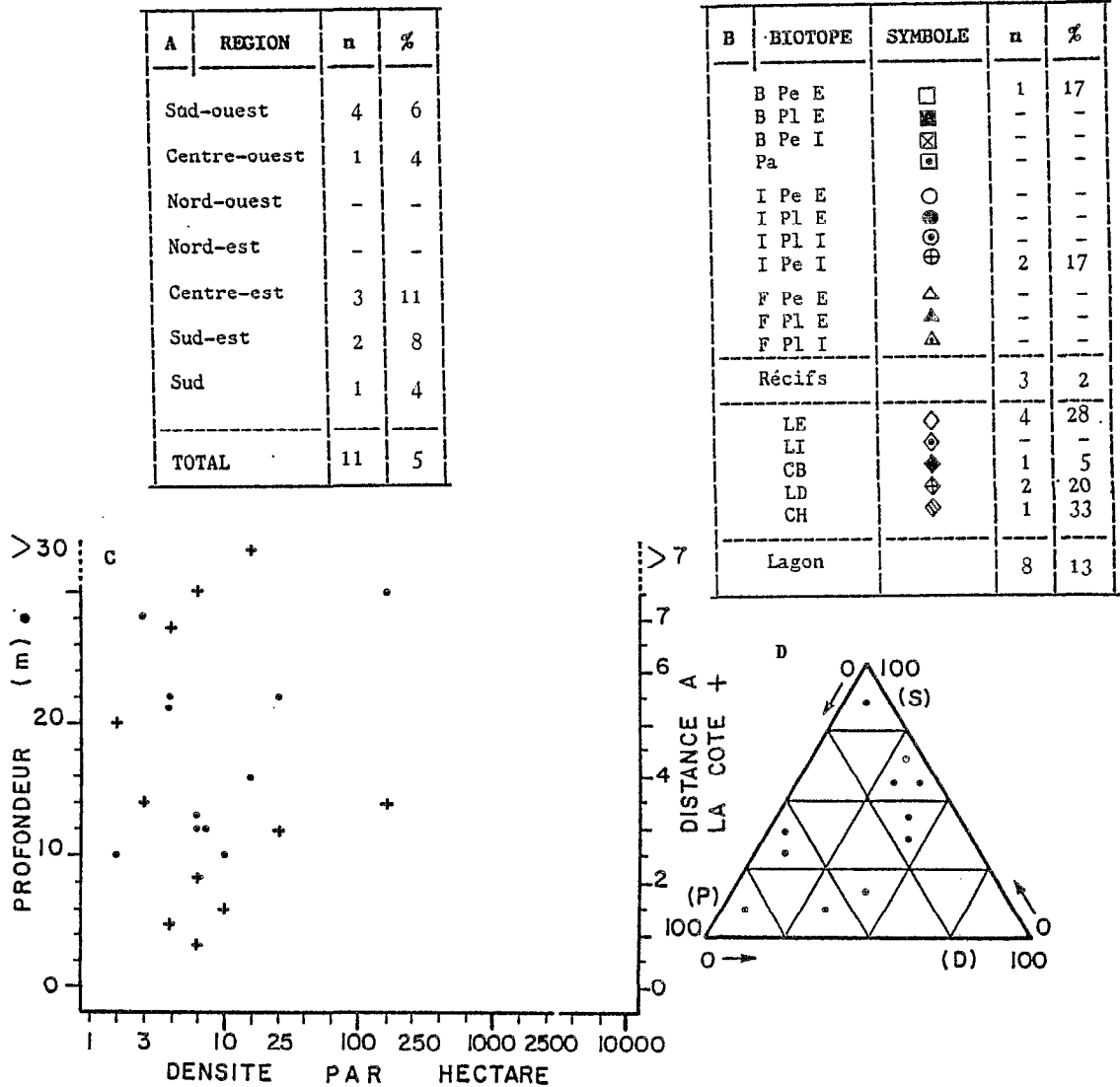


Figure 7 - Répartition et abondance de *B. tenuissima*

Bohadschia tenuissima est une espèce qui semble plus fréquente dans le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie. C'est une espèce lagonaire, rencontrée entre 5 et 20 m de profondeur, dans des sables vaseux et à débris coquilliers. Sa densité moyenne est de 11 individus par hectare.

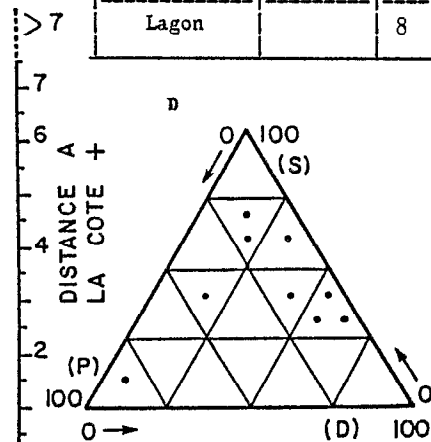
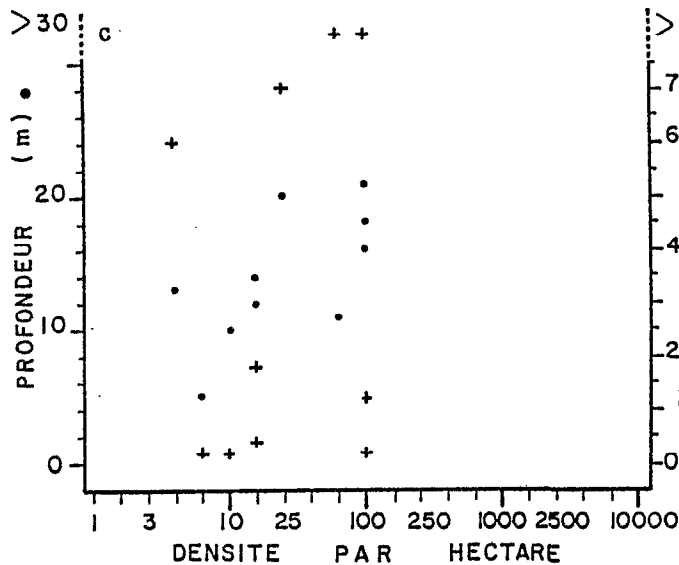
Bohadschia marmorataFigure 8 - Répartition et abondance de *B. marmorata*

Bohadschia aff. *marmorata* est une espèce peu fréquente, trouvée autour de la Nouvelle-Calédonie à l'exception du nord. C'est une espèce lagonaire, rencontrée exceptionnellement sur des pentes récifales. Elle a été récoltée entre 10 et 30 m de profondeur. La densité moyenne est assez faible, avec 20 individus par hectare. C'est une espèce des substrats meubles.

Bohadschia masculisparsa

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	4	8
	Centre-ouest	-	-
	Nord-ouest	1	4
	Nord-est	-	-
	Centre-est	-	-
	Sud-est	-	-
	Sud	5	19
TOTAL		10	5

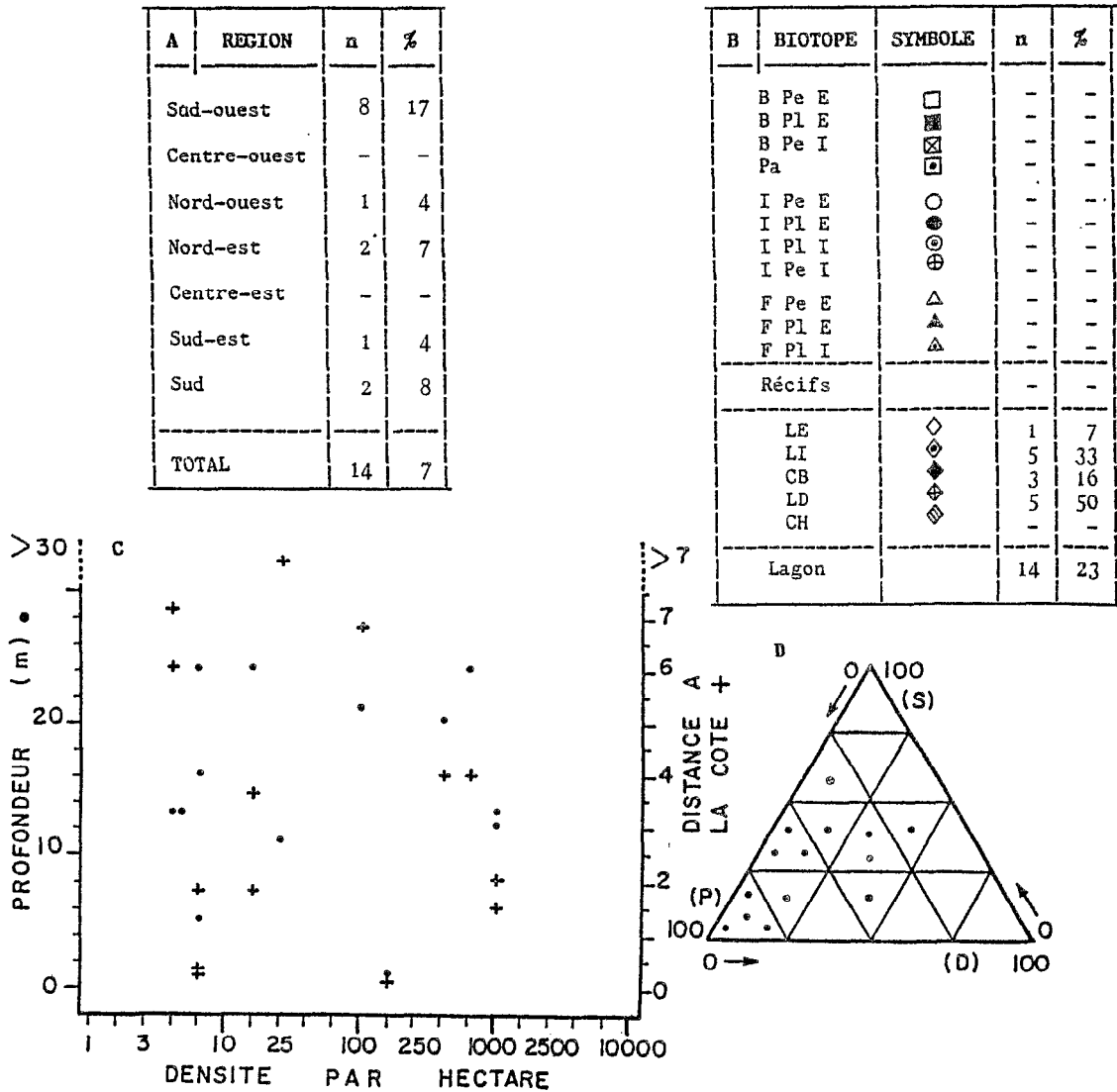
B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊠	-	-
	Pa	▣	-	-
	I Pe E	○	-	-
	I Pl E	●	-	-
	I Pl I	⊙	-	-
	I Pe I	⊕	-	-
	F Pe E	△	2	14
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	-	-
Récifs			2	1
	LE	◇	2	14
	LI	◆	2	13
	CB	◊	1	5
	LD	⊞	2	20
	CH	⊠	1	33
Lagon			8	13

Figure 9 - Répartition et abondance de *B. masculisparsa*

Bohadschia maculisparsa est une espèce peu fréquente, trouvée dans le sud et le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie.

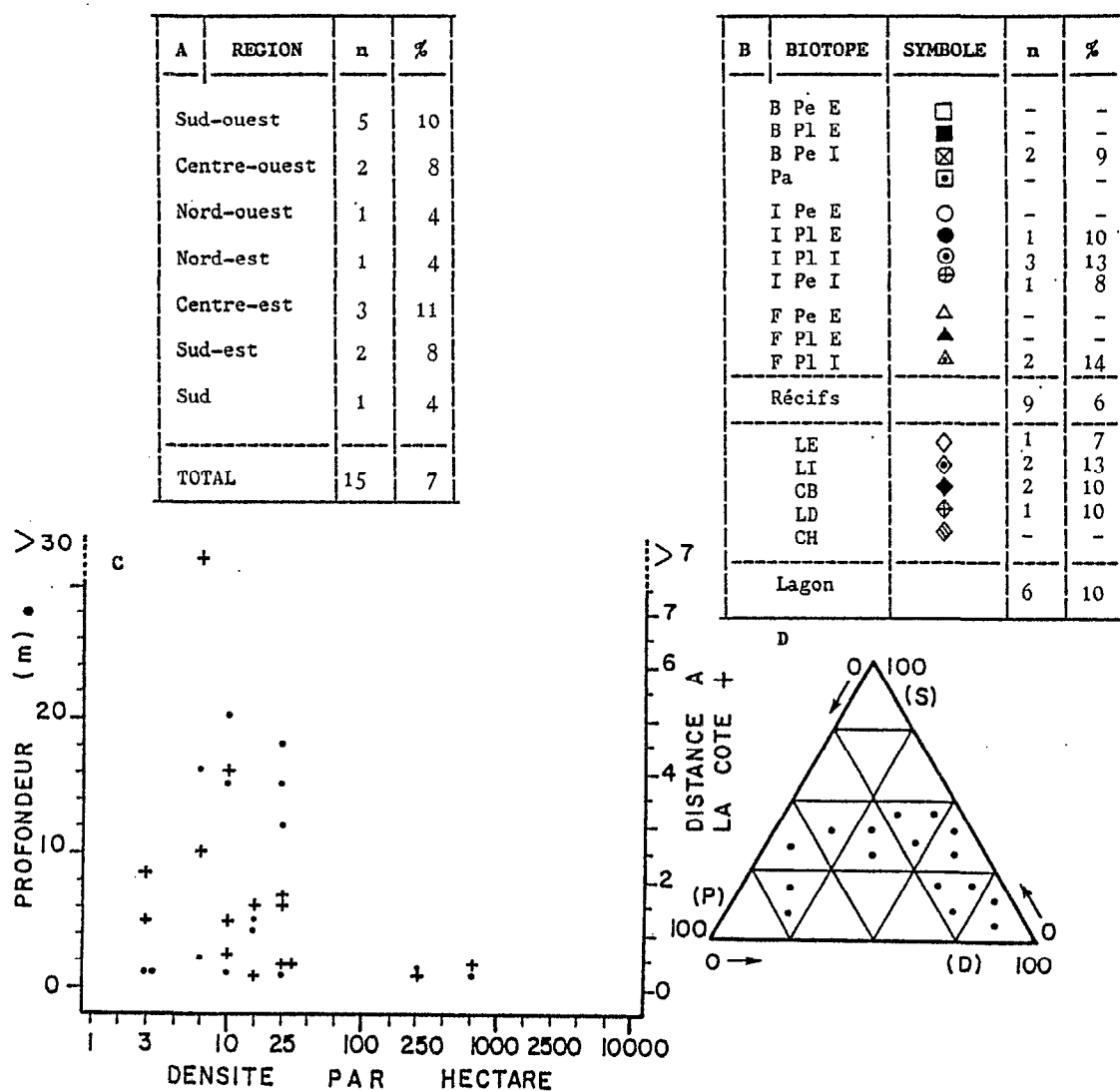
Elle a été récoltée entre 5 et 20 m de profondeur. Sa densité moyenne est de 37 individus par hectare, pouvant approcher la centaine au maximum.

C'est une espèce lagonaire qui vit plus ou moins enfouie dans du sable à débris, parfois dans des zones à courant.

Holothuria sp.2Figure 10 - Répartition et abondance de *Holothuria sp. 2*

Holothuria sp. 2 est une espèce peu fréquente, plus souvent rencontrée dans les régions sud de la Nouvelle-Calédonie. Elle est exclusivement lagonaire.

Elle a été observée jusqu'à 24 m de profondeur, en populations parfois denses, jusqu'à près d'un millier d'individus par hectare, la densité moyenne étant de 190 et pouvant être sous-estimée en raison de son comportement fouisseur. Elle vit dans les vases plus ou moins sableuses.

Holothuria (Thymiosycia) hillaFigure 11 - Répartition et abondance de *H. hilla*

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

Elle est généralement absente des récifs barrières et se trouve dans les blocs et débris des platiers d'ilots et de frangeants et dans les zones côtières.

Sa distribution bathymétrique va de 0 à 20 m mais les populations denses se trouvent sur les platiers. La densité moyenne, 60 individus par ha pourrait être sous-estimée, à cause d'un habitat parfois cryptique.

Absente des sables propres, elle semble plus fréquente dans les habitats mixtes.

Bohadschia vitiensis

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	10	21
	Centre-ouest	2	8
	Nord-ouest	3	13
	Nord-est	2	7
	Centre-est	-	-
	Sud-est	1	4
	Sud	-	-
TOTAL		18	9

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊠	-	-
	Pa	⊡	1	8
	I Pe E	○	1	6
	I Pl E	●	1	10
	I Pl I	⊕	3	13
	I Pe I	⊗	1	8
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	3	21
Récifs			10	7
Lagon			8	13
	LE	◇	1	7
	LI	◊	-	-
	CB	◆	4	21
	LD	⊠	2	20
	CH	⊡	1	33

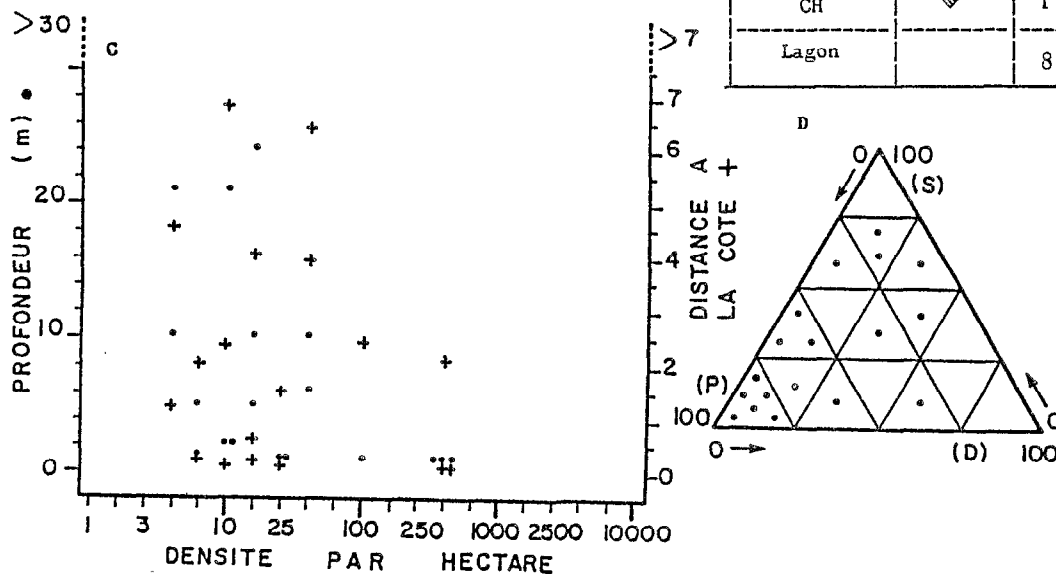


Figure 12 - Répartition et abondance de *B. vitiensis*

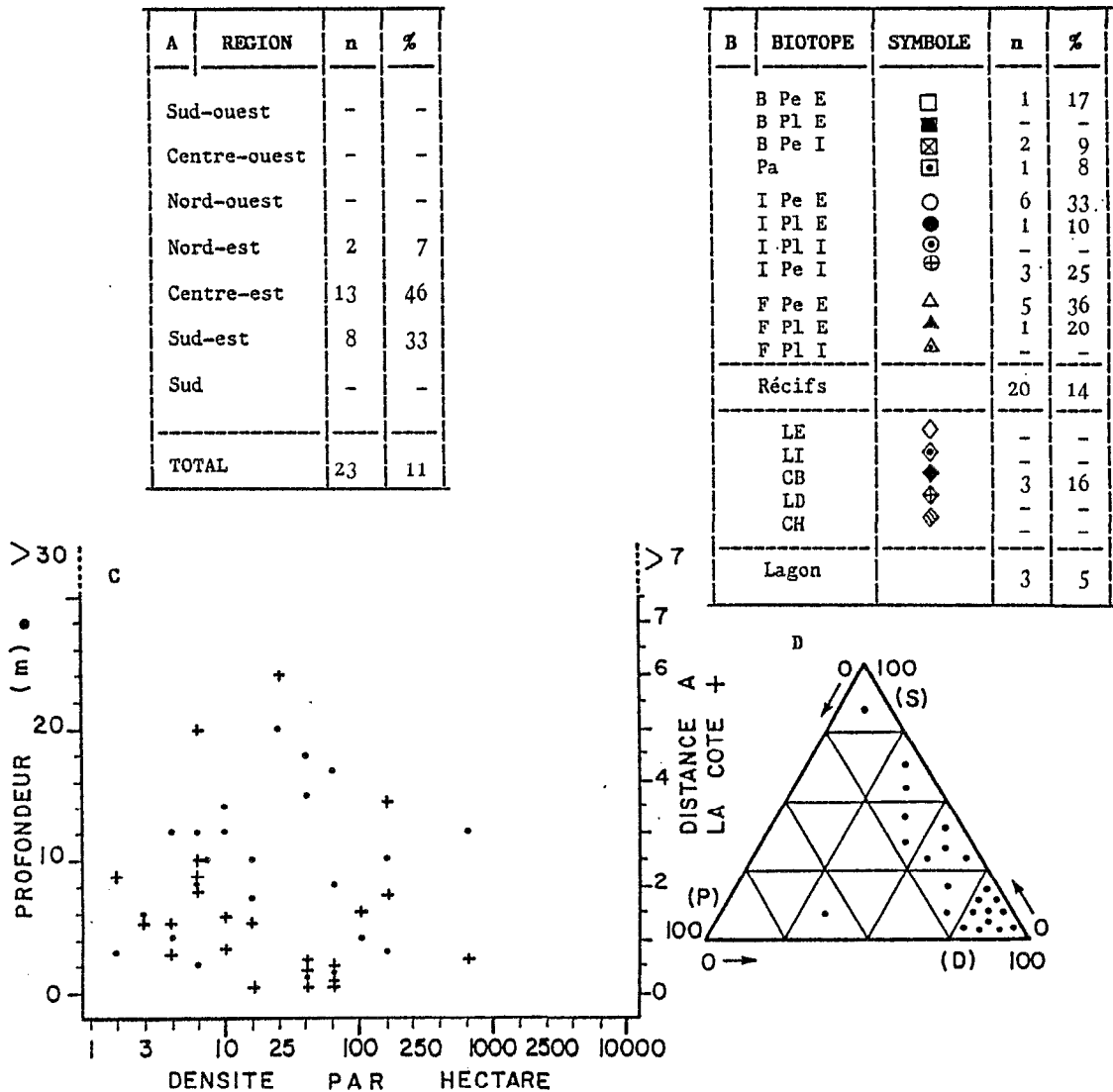
Bohadschia vitiensis est une espèce peu fréquente, plus couramment rencontrée sur la côte ouest.

C'est une espèce plutôt lagonaire et des platiers internes des récifs soumis à une influence terrigène.

Elle se trouve entre 0 et 25 m de profondeur, en deça de 7 milles du rivage.

La densité moyenne est de 70 individus par hectare, pouvant atteindre quelques centaines d'individus.

Elle vit plus ou moins enfouie dans les substrats meubles sablo-vaseux à vaseux.

Pearsonothuria graeffeiFigure 13 - Répartition et abondance de *P. graeffei*

Pearsonothuria graeffei est une espèce peu fréquente. Elle est localisée exclusivement sur la côte est, principalement dans les régions sud-est et centre-est.

C'est une espèce récifale, vivant sur les pentes, qui dans ces régions sont généralement abruptes. C'est la zone du lagon où les apports d'eau douce sont maximums. Les peuplements d'algues vertes, en particulier *Halimeda incrassata* et *H. opuntia* y sont bien développés.

Elle est répartie depuis les platiers immergés jusqu'à 20 m de profondeur environ, dans des zones situées à moins de 5 milles du littoral.

La densité des populations, 50 individus par hectare en moyenne, dépasse rarement la centaine.

C'est une espèce des substrats durs recouverts de sables, mais aussi de pélites terrigènes.

Stichopus horrens

A	REGION	n	%
	Sud-ouest	2	4
	Centre-ouest	2	8
	Nord-ouest	-	-
	Nord-est	-	-
	Centre-est	-	-
	Sud-est	2	8
	Sud	3	12
TOTAL		9	4

B	BIOTOPE	SYMBOLE	n	%
	B Pe E	□	-	-
	B Pl E	■	-	-
	B Pe I	⊗	1	5
	Pa	⊕	-	-
	I Pe E	○	-	-
	I Pl E	⊙	1	10
	I Pl I	⊕	1	4
	I Pe I	⊗	-	-
	F Pe E	△	-	-
	F Pl E	▲	-	-
	F Pl I	▴	3	21
Récifs			6	4
	LE	◇	-	-
	LI	◊	-	-
	CB	◆	2	10
	LD	◈	1	10
	CH	◊	-	-
Lagon			3	5

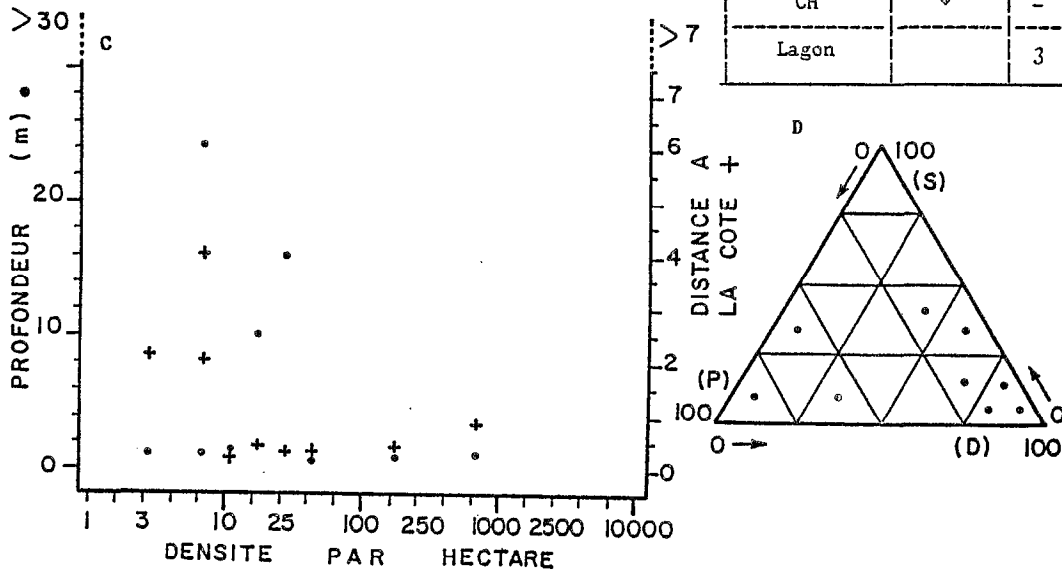


Figure 14 - Répartition et abondance de *S. horrens*

Stichopus horrens est une espèce rare dans cette étude mais en raison de son habitat cryptique dans les blocs et anfractuosités et de son comportement nocturne, elle a probablement été sous-évaluée. Sa densité moyenne est de 80 individus par hectare. C'est une espèce des substrats durs et gros débris.

Répartition des espèces rares. 31 : Stichopus sp. 1 ; 32 : H. impatiens ; 33 : H. flavomaculata ; 34 : S. pseudhorrens ; 35 : H. fuscocinerea ; 36 : H. pervicax ; 37 : H. verrucosa.

REGION	31		32		33		34		35		36		37	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
S-O	3	6	-	-	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-
C-O	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	4	1	4
N-O	2	9	2	9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4
N-E	-	-	3	11	2	7	-	-	1	3	-	-	-	-
C-E	1	4	1	4	2	7	-	-	-	-	1	3	-	-
S-E	-	-	-	-	1	4	-	-	1	4	-	-	-	-
S	1	4	-	-	1	4	2	8	-	-	1	4	-	-
TOTAL	7	3	6	3	6	3	4	2	3	1	3	1	2	1
BIOTOPE	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
B Pe E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B Pl E	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
B Pe I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pa	-	-	-	-	-	-	1	8	-	-	-	-	-	-
I Pe E	-	-	-	-	-	-	1	6	-	-	-	-	-	-
I Pl E	-	-	-	-	-	-	-	-	1	10	1	10	-	-
I Pl I	-	-	4	17	1	4	-	-	1	4	1	4	1	4
I Pe I	-	-	-	-	1	8	-	-	-	-	-	-	-	-
F Pe E	-	-	-	-	1	7	-	-	1	7	-	-	-	-
F Pl E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F Pl I	-	-	2	14	-	-	-	-	-	-	1	7	1	7
Récif	-	-	6	4	3	2	2	1	3	2	3	2	2	1
LE	4	29	-	-	-	-	1	7	-	-	-	-	-	-
LI	2	13	-	-	1	7	-	-	-	-	-	-	-	-
CB	-	-	-	-	2	10	-	-	-	-	-	-	-	-
LD	1	10	-	-	-	-	1	10	-	-	-	-	-	-
CH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lagon	7	11	-	-	3	5	2	3	-	-	-	-	-	-

ANNEXE 3

ANALYSES D'INERTIE

Analyse qualitative. Contributions absolues et contributions relatives aux trois premiers axes des barycentres des observations, des variables et des variables témoins.

BARYCENTRE OBSERVATIONS	C.A.E.	AXE 1 CR/A	AXE 2 CR/A	AXE 3 CR/A
B Pe E	1,4	3,1	0,2	0,3
B Pl E	1,6	0,7	2,3	0,8
B Pe I	4,4	11,3	1,1	2,0
B Pa	4,7	7,8	3,6	1,2
I Pe E	2,4	4,3	1,2	3,8
I Pl E	1,0	0,6	2,5	0,4
I Pl I	3,8	2,1	14,7	0,1
I Pe I	1,1	1,2	1,0	0
F Pe E	1,3	0,2	0	0,2
F Pl E	1,2	0,1	3,2	0,9
F Pl I	3,4	0,6	11,6	5,6
LE	1,9	0,4	1,9	0
LI	5,8	15,5	5,5	1,1
CB	2,9	6,9	1,0	4,0

VARIABLES	C.A.E.	AXE 1 CRE/A	AXE 2 CRE/A	AXE 3 CRE/A
<i>H. atra</i>	11,0	<i>S. variegatus</i> 18,5	<i>H. atra</i> 24,7	<i>H. atra</i> 56,8
<i>H. edulis</i>	11,0	<i>H. nobilis</i> 15,4	<i>H. edulis</i> 13,9	<i>A. miliaris</i> 13,3
<i>H. nobilis</i>	9,9	<i>B. argus</i> 15,0	<i>A. miliaris</i> 10,1	<i>H. fuscopunctata</i> 6,3
<i>B. argus</i>	9,8	<i>H. edulis</i> 14,5	<i>B. argus</i> 8,0	<i>H. scabra</i> 5,8
<i>S. variegatus</i>	8,4	<i>T. ananas</i> 5,9	<i>H. coluber</i> 7,9	<i>T. ananas</i> 4,4
<i>S. chloronotus</i>	7,6	<i>A. spinea</i> 5,7	<i>H. fuscopunctata</i> 6,2	<i>Holothuria sp. 1</i> 3,6
<i>H. fuscopunctata</i>	7,3	<i>Holothuria sp. 1</i> 5,1	<i>H. leucospilota</i> 5,5	<i>B. argus</i> 1,2
<i>T. ananas</i>	7,2	<i>S. chloronotus</i> 4,4	<i>S. chloronotus</i> 4,1	<i>H. edulis</i> 1,2
<i>A. miliaris</i>	6,7	<i>A. palauensis</i> 2,6	<i>T. anax</i> 3,1	<i>A. spinea</i> 1,1
<i>Holothuria sp. 1</i>	5,9	<i>H. fuscopunctata</i> 2,4	<i>A. spinea</i> 2,4	

VARIABLES TEMOINS	CA.E	AXE 1 CRA/E	AXE 2 CRA/E	AXE 3 CRA/E
Distance côte	6,2	1,6	0	5,5
Profondeur	6,2	1,6	0	5,5
Pente	6,2	1,6	0	5,5
Au vent	13,0	3,0	4,5	1,4
Courant	17,0	17,3	1,2	1,7
Exondation	14,0	1,2	3,9	3,1
Dalle	16,0	11,7	1,9	1,2
Blocs	16,0	0,9	0	1,6
Débris	14,0	0	1,9	1,2
Sable grossier	15,0	19,9	2,2	0,5
Sable fin	13,0	0	6,4	0
Sable vaseux	5,8	4,9	2,7	3,9
Vase	4,3	5,0	2,0	4,4
Coraux branchus	14,0	3,3	2,1	0,1
Coraux massifs	12,0	3,4	1,0	1,3
Coraux encroûtants	9,8	10,4	0,8	1,3
Coraux tabulaires	4,7	0,5	0	5,5
Coraux en lames	5,0	0	1,5	1,9
Alcyonaires	14,0	0,4	2,4	0
Eponges	11,0	7,0	4,1	0,2
Gorgones	8,2	2,2	2,2	1,7
Algues vertes	15,0	2,1	2,2	1,7
Algues brunes	12,0	1,6	5,3	0
Algues rouges	7,9	2,8	2,6	0,8
Herbier dense monosp.	0,7	0	0	1,9
Herbier dense plurisp.	3,2	3,1	13,9	4,8
Herbier clairsemé	7,4	0,4	0,2	0,1

Analyse quantitative sur les densités. Contributions absolues et contributions relatives aux trois premiers axes des barycentres des observations, des variables et des variables témoins.

BARYCENTRE OBSERVATIONS	C.A.E.	AXE 1 CR/A	AXE 2 CR/A	AXE 3 CR/A
B Pe E	0,2	2,0	0	0
B Pl E	0,2	0,4	0,3	0
B Pe I	0,5	4,4	0,4	0,1
B Pa	1,1	11,7	0,4	0
I Pe E	0,5	5,3	0	0,3
I Pl E	0,3	0	2,7	0,2
I Pl I	1,2	10,6	11,7	3,1
I Pe I	0,3	2,4	0	0
F Pe E	0,2	0,8	0	0,7
F Pl E	0,2	0	1,3	0,3
F Pl I	1,1	8,2	11,8	0,2
LE	0,5	0,9	2,4	0
LI	1,1	5,9	16,9	1,1
CB	0,4	0,7	1,1	0,8
LD	0,9	3,8	11,3	1,9
LC	0,3	1,6	3,2	0

A X E 1		A X E 2		A X E 3	
<i>S. variegatus</i>	8,3	<i>A. spinea</i>	11,5	<i>H. cinerascens</i>	18,2
<i>ii. s. versicolor</i>	6,5	<i>Holothuria sp. 2</i>	7,2	<i>H. hilla</i>	12,7
<i>ii. abra</i>	5,5	<i>A. miliaris</i>	6,6	<i>S. horrens</i>	9,0
<i>A. miliaris</i>	5,1	<i>Holothuria sp. 1</i>	6,2	<i>A. mauritiana</i>	8,3
<i>H. coluber</i>	5,1	<i>H. edulis</i>	5,9	<i>H. scabra</i>	5,7
<i>Holothuria sp. 1</i>	5,0	<i>H. leucospilota</i>	5,8	<i>Holothuria sp. 1</i>	5,5
<i>T. ananas</i>	4,6	<i>S. chloronotus</i>	5,8	<i>B. argus</i>	4,6
<i>A. palauensis</i>	4,5	<i>H. coluber</i>	5,1	<i>H. nobilis</i>	4,4
<i>H. edulis</i>	4,2	<i>H. atra</i>	4,6	<i>S. chloronotus</i>	3,4
<i>H. leucospilota</i>	4,1	<i>S. variegatus</i>	4,4	<i>B. similis</i>	3,2

VARIABLES TEMOINS	AXE 1 CRA/E	AXE 2 CRA/E	AXE 3 CRA/E
Distance à la côte	12,6	3,2	0,7
Profondeur	8,2	43,9	1,1
Pente	22,4	1,5	0,1
Au vent	1,6	7,0	0,6
Courant	12,1	0,3	0,9
Exondation	9,9	39,1	0,7
Dalle	5,9	6,4	4,7
Blocs	1,8	7,3	0
Débris	0,2	2,8	1,0
Sable grossier	7,1	6,2	3,0
Sable fin	0,4	6,0	0,7
Sable vaseux	21,7	1,9	5,7
Vase sableuse	3,2	4,1	0,6
Vase	0	0,8	0,9
Coraux branchus	1,3	5,6	0
Coraux massifs	1,2	1,6	0,2
Coraux encroûtants	6,7	1,5	0
Coraux tabulaires	2,0	0	0,1
Coraux en lames	1,3	0,6	0
Alcyonaires	6,0	0,1	0,8
Eponges	1,4	9,5	0
Gorgones	12,2	0,7	0
Algues vertes	6,8	7,0	0
Algues brunes	6,9	2,5	1,3
Algues rouges	1,1	3,1	4,8
Herbier dense monosp.	0,1	0	0,2
Herbier dense plurisp.	20,1	6,9	9,0
Herbier clairsemé	5,9	1,0	0

Analyse quantitative sur les biomasses. Contributions absolues et contributions relatives aux trois premiers axes des barycentres des observations, des variables et des variables témoins.

BARYCENTRE OBSERVATIONS	C.A.E.	AXE 1 CR/A	AXE 2 CR/A	AXE 3 CR/A
B Pe E	0,2	2,3	0,1	0
B Pl E	0,2	0,5	0,2	0
B Pe I	0,5	4,7	0	0
B Pa	1,0	10,2	2,7	0,4
I Pe E	0,5	5,8	0,3	1,0
I Pl E	0,3	0,2	2,3	0,3
I Pl I	1,1	3,7	17,7	0,8
I Pe I	0,3	1,9	0,3	0
F Pe E	0,2	0,5	0	1,2
F Pl E	0,2	0	1,8	0,5
F Pl I	1,0	3,5	16,8	0,5
LE	0,5	0,3	3,2	0,3
LI	1,2	13,0	11,3	0,4
CB	0,5	2,1	0,4	1,6
LD	0,8	6,8	8,1	1,9
LC	0,3	2,9	1,7	0

A X E 1		A X E 2		A X E 3	
<i>S. variegatus</i>	9,6	<i>A. miliaris</i>	9,6	<i>H. cinerascens</i>	16,5
<i>H. s. versicolor</i>	8,4	<i>H. coluber</i>	8,1	<i>H. hilla</i>	12,9
<i>Holothuria sp. 1</i>	7,8	<i>A. spinea</i>	7,7	<i>S. horrens</i>	8,4
<i>A. spinea</i>	7,4	<i>H. leucospilota</i>	7,5	<i>A. mauritana</i>	5,8
<i>H. edulis</i>	6,0	<i>A. echinites</i>	5,2	<i>H. scabra</i>	5,4
<i>Holothuria sp. 2</i>	6,0	<i>S. chloronotus</i>	5,2	<i>H. nobilis</i>	4,0
<i>B. tenuissima</i>	5,9	<i>H. atra</i>	5,1	<i>S. chloronotus</i>	4,0
<i>B. argus</i>	5,4	<i>Holothuria sp. 1</i>	4,3	<i>H. leucospilota</i>	4,0
<i>T. ananas</i>	4,7	<i>Holothuria sp. 2</i>	4,3	<i>A. echinites</i>	3,5
<i>A. palauensis</i>	4,5	<i>H. edulis</i>	4,2	<i>S. pseudhorrens</i>	3,5

VARIABLES TEMOINS	AXE 1 CRA/E	AXE 2 CRA/E	AXE 3 CRA/E
Distance à la côte	10,7	8,0	0,7
Profondeur	0,8	54,6	0
Pente	17,6	6,1	0
Au vent	4,0	4,6	1,5
Courant	16,3	3,2	0,8
Exondation	1,5	49,4	0
Dalle	9,5	2,5	6,5
Blocs	3,5	4,7	0,1
Débris	0	2,8	2,6
Sable grossier	11,3	2,2	4,4
Sable fin	0	7,8	1,0
Sable vaseux	23,9	0	4,9
Vase sableuse	5,1	1,4	1,7
Vase	0,3	0,3	2,3
Coraux branchus	3,1	4,2	0,2
Coraux massifs	2,5	0,7	0
Coraux encroûtants	8,6	0,2	0,2
Coraux tabulaires	1,9	0	0
Coraux en lames	0,8	1,2	0,2
Alcyonaires	6,2	0,3	1,0
Eponges	4,4	7,4	0
Gorgones	10,1	3,3	0,2
Algues vertes	11,7	3,3	0
Algues brunes	4,9	4,2	2,7
Algues rouges	2,1	1,9	4,8
Herbier dense monosp.	0	0	0,6
Herbier dense plurisp.	11,2	15,8	4,4
Herbier clairsemé	7,0	0,1	0

ANNEXE 4

 CARACTERISTIQUES DES STATIONS D'ETUDE
 DES PRINCIPALES POPULATIONS D'HOLOTHURIES

ESPECES DES PENTES ET DES PASSES

HOLOTHURIA NOBILIS

Ilot Amédée (fig. 47, station 1) : platier interne d'un îlot situé à proximité de la Passe de Boulari.

Latitude S : 22°28'8 ; longitude E : 166°27'7

Distance à la côte : 9,5 milles

Profondeur : émergé aux basses mers des vives-eaux

Hydrodynamisme : assez fort, houle et marée

Substrat : dalle de platier (3), débris coralliens (2), sable corallien (2)

Flore : algues brunes à développement saisonnier, Sargassum, Padinia, Turbinaria.

Autres espèces d'holothuries H. atra, S. chloronotus, H. leucospilota, B. argus, H. fuscopunctata.

Densité moyenne totale 1,8 individus/100 m² dont H. nobilis 0,6/100 m²

Biomasse moyenne totale 2,03 kg/100 m² dont H. nobilis : 1,3 kg/100 m².

Bancs de l'Ouest (fig. 47, station 2) : pente de récif de lagon, au vent

Latitude S : 22°27'0 ; longitude E : 166°28'3

Distance à la côte : 8,0 milles

Profondeur : 1 à 5 m

Hydrodynamisme : moyen

Substrat : coraux de pente Acropora spp. (4), sable grossier dans les sillons (2)

Faune : abondante dans les anfractuosités entre les branches des coraux, Trochus niloticus, astérides dont Acanthaster planci, oursins Heterocentrotus mamillatus

Autres espèces d'holothuries H. atra et B. argus.

Densité totale : 0,27 individus/100 m², dont H. nobilis 0,13/100 m²

Biomasse totale : 0,59 kg/100 m², dont H. nobilis 0,29 kg/100 m².

Grand Récif Aboré (fig. 47, station 3) : pente interne

Latitude S : 22°29'0 ; longitude E : 166°24'8

Distance à la côte : 10,0 milles

Profondeur : 1 à 3 m

Hydrodynamisme : assez fort, houle passant au-dessus du récif

Substrat : contrefort corallien (3), débris coralliens (3), sable grossier (3)

Flore : feutre algal très développé

Autres holothuries : H. atra, B. argus

Densité totale : 0,31 individus/100 m², dont H. nobilis : 0,15/100 m²

Biomasse totale : 0,67 kg/100 m², dont H. nobilis : 0,25 kg/100 m².

Ilot Croissant (fig. 47, station 4) : tombant sous le vent

Latitude S : 22°19'8 ; longitude E : 166°22'6

Distance à la côte : 3,9 milles

Profondeur : 5 à 6 m

Hydrodynamisme : faible

Substrat : sable fin et sable vaseux (4) et dalle à algues brunes et coraux (2)

Autres holothuries : H. atra, B. vitiensis, B. argus, H. edulis, A. miliaris, S. variegatus, H. nobilis

Densité totale : 0,46 individus/100 m² dont 0,08 H. nobilis 0,14 H. fuscopunctata

Biomasse totale : 2,12 kg/100 m² dont 0,1 kg H. nobilis et 0,3 kg H. fuscopunctata.

Récif frangeant d'Unia (station 5) : platier interne

Latitude S : 22°02'9 : longitude E : 166°57'8

Distance à la côte : 0,4 milles

Profondeur : émergé à basse mer

Hydrodynamisme : fort, houle, vagues, marée

Substrat : dalle de platier à anfractuosités (3), débris coralliens (2), sable grossier (2)

Flore : algues brunes à développement saisonnier Sargassum, Turbinaria

Faune : nombreux gastropodes dont des jeunes Trochus niloticus, échinodermes, Tripneustes gratilla, Linckia laevigata

Autres holothuries : H. atra, S. chloronotus, A. mauritiana, H. cinerascens, H. leucospilota, H. hilla, A. echinites, B. argus, A. miliaris

Densité moyenne : 106 individus/100 m² dont H. nobilis : 0,62/100 m²

Biomasse moyenne : 17,9 kg/100 m² dont H. nobilis : 0,46 kg/100 m²

HOLOTHURIA FUSCOGILVA

Passe de Uitoe (fig. 47, station 6) : bord de passe au vent

Latitude S : 22°09'5 ; longitude E : 166°05'8

Distance à la côte : 3,2 milles

Profondeur : 20 à 30 m

Hydrodynamisme : forts courants de marée

Substrat : dalle (4), sable corallien (2)

Faune : gorgones Junceela sp., alcyonaires Similaria, Sarcophyton, astérides Gomophia aegyptiaca, Thromidia catalai

Autres holothuries : T. ananas, T. anax, A. palauensis, H. coronopertusa, H. fuscopunctata

Densité moyenne : 0,64 individus/100 m² dont H. fuscogilva 0,12 /100 m²

Biomasse moyenne : 1,32 kg/100 m², dont H. fuscogilva : 0,25 kg/100 m²

HOLOTHURIA FUSCOPUNCTATA

Ilot Signal (fig. 47, station 7) : pied de pente sous le vent

Latitude S : 22°18'0 ; longitude E : 166°17'8

Distance à la côte : 5,2 milles

Profondeur : 8 à 10 m

Hydrodynamisme : faible

Substrat : sable corallien fin (5) avec herbier clairsemé

Ilot Larégnère (fig. 47, station 8) : lagon à dalles

Latitude S : 22°21'1 ; longitude E : 166°19'1

Distance à la côte : 6,4 milles

Profondeur : 9 à 10 m

Hydrodynamisme : faible

Substrat : sable corallien vaseux (4) à herbier clairsemé d'Halophila ovalis et Halodule uninervis et dalle de lagon à algues brunes

Autres holothuries : H. atra, A. spinea, H. edulis, S. variegatus, Holothuria sp.1

Densité moyenne : 8,47 individus/100 m² dont H. fuscopunctata 0,09/100 m²

Biomasse moyenne : 3,73 kg/100 m² dont H. fuscopunctata : 0,18 kg/100 m²

Ilot Amédée (fig. 47, station 9) : pied de pente.

A proximité de la station 1, cette station, plus profonde de 4 m, est caractérisée par un hydrodynamisme faible et un substrat de sable corallien avec une fraction de pélites organogènes (5).

THELENOTA ANANAS

Récif To (fig. 47, station 10) : récif immergé de passe

Latitude S : 22°30'2 ; longitude E : 166°26'5

Distance à la côte : 11,0 milles

Profondeur : 8 à 12 m

Hydrodynamisme : forts courants de marée, houle

Substrat : dalle (3), sable grossier (3), coraux et alcyonaires en particulier Sinularia flexibilis

Autres holothuries : H. nobilis, A. palauensis, B. argus

Densité totale / 0,46 individus/100 m² dont T. ananas : 0,42/100 m²

Biomasse totale : 1,65 kg/100 m² dont T. ananas : 1,1 Kg/100m²

ESPECES DES PLATIERS EXTERNES

ACTINOPYGA MAURITIANA

Grand Récif Aboré (fig. 47, station 11) : platier externe

Latitude S : 22°27'1 ; longitude E : 166°22'1

Distance à la côte : 11,0 milles

Profondeur : émergé à basse mer

Hydrodynamisme : très fort, houle et vagues s'y brisent

Substrat : dalle couverte de Mélobésiées, zoanthaires Palythoa, coraux et Millepora en formes trapues pour résister au déferlement

Les échinidés sont abondants Heterocentrotus mamillatus et Echinometra mathaei

Autres holothuries : H. atra

Densité moyenne : 0,50 individus/100 m², dont A. mauritiana 0,25/100 m²

Biomasse moyenne : 0,29 kg/100 m², dont A. mauritiana 0,19 kg/100 m²

Récif frangeant d'Unia (station 12) : platier externe

Déjà décrit pour les récoltes d'H. nobilis, le platier externe est soumis à un fort hydrodynamisme

Substrat : dalle à anfractuosités, couverte de Lithothamniées et de Palythoa, algues brunes Turbinaria, vertes Chlorodesmis

Faune abondante actinies, gasteropodes, échinidés

Seule espèce d'holothurie dans la bande la plus exposée du platier, avec une densité de 108 individus/100 m² correspondant à une biomasse moyenne de 25,5 kg/100 m².

ACTINOPYGA ECHINITES

Ilot Maître (fig. 47, station 13) : zone supérieure de la pente au vent

Latitude S : 22°20'3 ; longitude E : 166°25'3

Distance à la côte : 1,8 milles

Profondeur : 1 à 5 M

Hydrodynamisme : moyen, courants dans le chenal

Substrat : zone à Acropora (cf. chap. 1 - 3.5.2.2.), débris et blocs à Padinia et Sargassum (3), sable (3), dalle à anfractuosités (2)

Faune : les échinodermes sont particulièrement variés et cette station héberge une importante population d'Acanthaster planci dont l'évolution est suivie (Conand, 1985)

Autres holothuries : H. atra, A. miliaris, A. echinites, H. edulis, H. scabra var versicolor, S₂ variegatus

Densité moyenne : 0,27 individus/100 m² dont A. echinites : 4,62/100 m²

Biomasse moyenne : 1,98 kg/100 m² dont A. echinites : 1,59 kg/100 m².

Récif frangeant Ricaudy (fig. 47, station 14) : platier externe

Latitude S : 22°19'0 ; longitude E : 166°27'2

Distance à la côte : 0,2 milles

Profondeur : émergé à basse mer

Hydrodynamisme : moyen, vagues

Substrat et épibioses : dalles à sargasses (4), débris coralliens (3) et sable grossier (2). Parmi la faune variée, l'étoile Nardoa novaecaledoniae et l'oursin Mespilia globulus sont abondants

Autres holothuries : H. leucospilota, H. atra, A. miliaris

Densité moyenne : 154 individus/100 m² dont A. echinites : 90,5/100 m²

Biomasse moyenne : 25,5 kg/100 m² dont A. echinites : 12,7 kg/100 m².

ESPECES DES LAGONS ET PLATIERS INTERNES

HOLOTHURIA ATRA

Ilot Maître (fig. 47, station 15) : platier interne
Comme la précédente, cette station a fait l'objet d'une étude détaillée (cf. Chap. 5 - 4.3.)

Latitude S : 22°20'3 ; longitude E : 166°24'6

Distance à la côte : 2,4 milles

Profondeur : émergé à basse mer

Hydrodynamisme : faible

Substrat et épibioses : sable légèrement vaseux (3), herbier clairsemé (3), dalle avec alcyonaires (2)

Autres holothuries : H. leucospilota, A. miliaris, A. echinites, H. scabra

Densité moyenne : 74 Individus/100 m² dont H. atra : 72,7/100 m²

Biomasse moyenne : 11,54 kg/100 m² dont H. atra : 10,9 kg/100 m².

HOLOTHURIA SCABRA

Ilot Maître (fig. 47, station 16) : platier interne à herbier dense (16 A) et herbier clairsemé (16 B)

Bien que très proche de la station précédente, la physionomie de celle-ci est différente

Latitude S : 22°19'2 ; longitude E : 166°24'7

Distance à la côte : 2,2 milles

Profondeur : émergé aux basses mers de vives-eaux

Hydrodynamisme : faible

Substrat et épibioses : sable vaseux (5) couvert d'un herbier dense de Halodule uninervis et Cymodocea, quelques blocs coralliens vivants ou morts (1)

Les échinodermes variés sont en particulier représentés par des Synapta maculata, des Synaptula media fixées sur les feuilles de phanérogames et de nombreuses Pentaceraster alveolatus.

Autres holothuries : B. similis, H. scabra var versicolor, A. echinites, B. vitiensis, H. edulis, H. leucospilota, H. coluber, H. atra, S. variegatus

Densité moyenne : 31,0 individus/100 m² dont H. scabra : 10,5/100 m²

Biomasse moyenne : 16,4 kg/100 m² dont H. scabra : 4,9 kg/100 m².

HOLOTHURIA SCABRA var VERSICOLOR et STICHOPUS VARIEGATUS

Chenal de l'Ilot Maître (fig. 47, station 17) : lagon interne au pied du tombant

Latitude S : 22°19'8 ; longitude E : 166°26'0

Distance à la côte : 1,4 milles

Profondeur : 12 à 20 m

Hydrodynamisme : assez fort dû aux courants de marée

Substrat et épibioses : dalles, blocs et gros débris coralliens et débris coquillers (2), sable grossier (2), sable vaseux (3). Milieu assez hétérogène avec algues brunes et vertes, herbier clairsemé et coraux libres abondants

Autres holothuries : S. variegatus, H. edulis, A. spinea, B. tenuissima, Holothuria sp. 1, H. atra

Densité moyenne : 4,7 individus/100 m² dont H.s. versicolor 0,8/100 m² et S. variegatus 0,4/100 m²

Biomasse moyenne : 4,7 kg/100 m² dont H.s. versicolor 0,9 kg/100 m² et S. variegatus 0,8 kg/100 m².

ANNEXE 5

MARQUAGES EXTERNES

A - Données sur les opérations de marquage.

ESPECE	STATION	OPERATION	DATE	EFFECTIF
<i>H. nobilis</i>	1	1	02.82	40
		2	06.82	35
		3	09.82	31
		4	02.83	36
		5*	08.83	35
	2	1	02.82	60
		2	06.82	49
		3	09.82	51
		4	02.83	25
		5*	08.83	85
	3	1	02.82	31
		2	06.82	14
		3	09.82	20
		4	02.83	18
		5*	08.83	22
	4	1	06.82	56
2		09.82	50	
3		02.83	55	
4*		08.83	69	
<i>T. ananas</i>		5	1	10.81
	2		12.81	66
	3		02.82	45
	4		06.82	92
	5		09.82	71
	6		02.83	69
	7*		08.83	99
<i>A. mauritiana</i>	6	1	09.81	91
		2	01.82	100
		3	04.82	101
		4	07.82	112
		5	10.82	97
		6	06.83	49
<i>A. echinites</i>	7	1	09.81	93
		2	01.82	89
		3	05.82	116
		4	09.82	114
		5	04.83	112
<i>H. scabra</i>	8	1	10.81	56
		2	01.82	32
		3*	08.83	114
	8'	1	04.82	50
		2	07.82	106
		3*	08.83	158
<i>H. scabra versicolor</i>	8'	1	10.81	43
		2	04.82	31
		3	07.82	65
		4*	08.83	102
	9	1	06.82	117
		2	09.82	81
		3	02.83	95
		4*	08.83	188
		5*	11.83	244
		<i>S. variegatus</i>	8	1
2	01.82			11
9	1		06.82	111
	2		09.82	94
	3		02.83	101
	4*		08.83	37
	5*		11.83	48

ANNEXE 6

ACCROISSEMENTS THEORIQUES ANNUELS EN LONGUEUR ET EN POIDS

AGE RELATIF	<i>A. mauritiana</i>		<i>A. echinites</i>	
	LT (mm)	PT (g)	LT (mm)	PT (g)
t	75	27	89	40
t + 1	103	57	107	64
t + 2	130	100	123	93
t + 3	153	152	139	127
t + 4	175	208	151	158
t + 5	193	267	164	194
t + 6	210	328	175	231
t + 7	224	387	185	268
t + 8	237	445	194	305
t + 9	249	500	203	341
t + 10	259	551	211	377
t + 11	269	601	218	411
t + 12	277	646	225	444
t + 13	284	688	231	476
t + 14	290	727	237	506
t + 15	295	761	242	534
t + 16	301	794	246	561
t + 17	305	822	250	586
t + 18	309	849	254	610

357
ANNEXE 7

COURONNES CALCAIRES PERIPHARYGIENNES

Relations biométriques des couronnes de A. echinites et A. mauritiana. Valeurs des coefficients de corrélations linéaires.

ESPECE : <i>A. echinites</i> n = 124										
	LT	PO	PE	Pc	Dc	Rc	Re	IRc	IRe	I
LT	1	.89	.88	.73	.82	.79	.65	.78	.64	LT
PO	.93	1	.99	.81	.87	.84	.72	.81	.70	PO
PE	.92	.99	1	.82	.87	.85	.74	.82	.73	PE
Pc	.84	.92	.92	1	.87	.90	.85	.80	.87	Pc
Dc	.88	.96	.95	.94	1	.96	.84	.93	.86	Dc
Rc	.85	.93	.93	.95	.97	1	.88	.88	.88	Rc
Re	.77	.85	.86	.91	.89	.91	1	.81	.92	Re
IRc	.86	.91	.91	.90	.96	.92	.87	1	.83	IRc
IRe	.75	.84	.85	.92	.89	.90	.93	.87	1	IRe
II	LT	PO	PE	Pc	Dc	Rc	Re	IRc	IRe	

ESPECE : <i>A. mauritiana</i> n = 114										
	LT	PO	PE	Pc	Dc	Rc	Re	IRc	IRe	I
LT	1	.92	.91	.74	.83	.83	.78	.74	.76	LT
PO	.95	1	.99	.82	.90	.90	.83	.78	.82	PO
PE	.95	.99	1	.82	.89	.90	.84	.77	.83	PE
Pc	.86	.93	.93	1	.93	.90	.90	.79	.92	Pc
Dc	.88	.94	.94	.97	1	.95	.90	.88	.90	Dc
Rc	.87	.94	.94	.95	.96	1	.90	.78	.90	Rc
Re	.83	.89	.89	.96	.93	.93	1	.79	.93	Re
IRc	.81	.87	.86	.87	.91	.81	.83	1	.79	IRc
IRe	.81	.87	.88	.95	.92	.92	.95	.81	1	IRe
II	LT	PO	PE	Pc	Dc	Rc	Re	IRc	IRe	

ANNEXE 8

CROISSANCE ET MORTALITE DE T. ananas et S. chloronotus

A - Accroissements théoriques en longueur et en poids.

<i>T. ananas</i> $L_{\infty} = 662,8$; $K = 0,199$; $t_0 = -0,672$			<i>S. chloronotus</i> $L_{\infty} = 342,2$; $K = 0,449$; $t_0 = -0,251$		
Age (années)	LT (mm)	PT (g)	Age (années)	LT (mm)	PT (g)
0,5	138	147	0,50	98	34
1	188	304	0,75	124	56
1,5	233	505	1	147	80
2	273	734	1,25	168	105
2,5	310	991	1,50	186	131
3	344	1 267	1,75	203	157
3,5	374	1 543	2	217	183
4	401	1 820	2,25	231	206
4,5	426	2 099	2,50	243	230
5	448	2 364	2,75	253	250
5,5	469	2 634	3	263	271
6	487	2 879	3,25	271	289
6,5	504	3 122	3,50	279	307
7	519	3 345	3,75	285	322
7,5	532	3 547	4	292	338
8	545	3 755	4,25	297	350
8,5	556	3 936	4,50	302	363
9	566	4 105	4,75	306	373
9,5	575	4 261	5	310	383
10	583	4 402	5,25	313	391
10,5	591	4 546	5,50	316	399
11	598	4 674	5,75	319	407
11,5	604	4 786			
12	610	4 899			
12,5	615	4 994			
13	619	5 071			
13,5	623	5 149			
14	627	5 227			
14,5	630	5 287			
15	633	5 346			

B - Etablissement de la courbe de capture.

<i>Theleota ananas</i>				<i>Stichopus chloronotus</i>			
LT (mm)	N	Log e (N/dt)	Age médian (années)	LT (mm)	N	Log e (N/dt)	Age médian (années)
300-320	8	5,64	2,50	60-70	13	5,09	0,22
320-340	10	5,80	2,79	70-80	22	5,58	0,30
340-360	11	5,84	3,10	80-90	30	5,85	0,39
360-380	11	5,77	3,44	90-100	36	5,99	0,47
380-400	21	6,35	3,79	100-110	44	6,15	0,57
400-420	19	6,17	4,18	110-120	48	6,19	0,66
420-440	24	6,32	4,59	120-130	45	6,08	0,76
440-460	26	6,31	5,04	130-140	49	6,12	0,87
460-480	21	6,00	5,54	140-150	37	5,79	0,98
480-500	16	5,62	6,09	150-160	47	5,98	1,09
500-520	11	5,12	6,71	160-170	43	5,83	1,22
520-540	9	4,78	7,42	170-180	46	5,84	1,35
540-560	8	4,49	8,25	180-190	23	5,09	1,48
560-580	3	3,32	9,24	190-200	27	5,18	1,63
580-600	2	2,67	10,48	200-210	16	4,59	1,79
600-620	1	1,65	12,13	210-220	9	3,94	1,95
620-640	1	0,46	14,68	220-230	8	3,74	2,14
				230-240	7	3,52	2,34
				240-250	4	2,86	2,56
				250-260	2	2,06	2,80
				260-270	3	2,34	3,07
				270-280	2	1,80	3,38
				280-290	2	1,63	3,74

C - Evolution de la biomasse instantanée d'une cohorte théorique.

<i>THELENOTA ANANAS</i>			<i>STICHOPUS CHLORONOTUS</i>		
Age (années)	Effectif	Biomasse (kg)	Age (années)	Effectif	Biomasse (kg)
1	10 000	3 027	0,50	10 000	340
1,50	7 334	3 689	0,75	6 392	356
2	5 379	3 961	1	4 086	326
2,50	3 946	3 917	1,25	2 612	275
3	2 894	3 656	1,50	1 670	219
3,50	2 122	3 273	1,75	1 067	168
4	1 557	2 836	2	682	124
4,50	1 142	2 396	2,25	436	90
5	837	1 984	2,50	279	64
5,50	614	1 615	2,75	178	45
6	450	1 297	3	114	31
6,50	330	1 030	3,25	73	21
7	242	810	3,50	47	14
7,50	178	632	3,75	30	10
8	130	489	4	19	6
8,50	96	376	4,25	12	4
9	70	288	4,50	8	3
9,50	51	219	4,75	5	2
10	38	166	5	3	1
10,50	15	126	5,25	2	1
11	20	95	5,50	1	-
11,50	15	71	5,75	1	-
12	11	53			
12,50	8	40			
13	6	30			
13,50	4	22			
14	3	17			
14,50	2	12			
15	2	9			
15,50	1	7			

HISTORIQUE DU PEUPEMENT

La Nouvelle-Calédonie était peuplée de Mélanésiens quand elle a été découverte par les occidentaux à la fin du dix-huitième siècle seulement, en partie à cause de sa position géographique à l'écart. Jusqu'à 1840, des marins menèrent l'exploration des baleiniers, des trafiquants et des aventuriers visitèrent certaines côtes.

A partir de 1840, les contacts augmentèrent. Les missionnaires protestants anglais évangélisèrent avec succès variable, certaines tribus, tandis que les catholiques français s'installèrent à Balade et après des vicissitudes étendirent leur religion. Les baleiniers et les santaliers surtout eurent une profonde influence sur les populations locales.

La prise de possession par la France eut lieu en 1853 à Balade. Port-de-France, actuellement Nouméa, fut fondé l'année suivante. La colonisation pionnière libre commença autour de Port-de-France par de petites concessions puis s'étendit sur la côte Ouest d'abord et ensuite sur la côte Est où l'annexion des terres de mélanésiens créa un climat d'insécurité. La transportation débuta en 1864 suivie par la colonisation pénale sur un domaine pénitenciaire dont la création entraîna le mécontentement des colons libres. Malgré des résultats controversés, elle engendra une génération de paysans actifs. Au moment de l'insurrection canaque en 1878, le territoire connaissait un certain marasme. Le gouverneur Feuillet voulut favoriser l'immigration et développer la culture du café, mais vers 1900, les colons désertent la brousse. Une maladie des caféiers et la première guerre mondiale stoppèrent l'immigration. La seconde guerre mondiale fut marquée par le séjour de troupes américaines qui stimula l'économie.

A l'arrivée des Européens, 30 à 40 000 Mélanésiens étaient répartis sur la Grande Terre, en une mosaïque de groupes linguistiques. Jusqu'en 1920 leur déclin démographique fut dû au contact avec les Européens (maladies, alcoolisme, traumatisme psychique après les révoltes écrasées). Après la seconde guerre mondiale, la création des réserves, les progrès de l'hygiène, l'adaptation au "défi colonial" permit un renouveau.

Avec le développement de l'exploitation du nickel, Nouméa s'agrandit, l'exode rural augmenta. Dès le début de la colonisation, on fit appel à des Asiatiques et des Océaniens pour fournir de la main-d'oeuvre. Ainsi les Néohébridais furent recrutés pendant le dix-neuvième siècle, les Indochinois furent embauchés pour les mines, les Javanais affectés au secteur rural et les Japonais s'établirent en brousse, mais furent expulsés après Pearl Harbour. Les Polynésiens, Wallisiens et Tahitiens arrivèrent surtout vers 1950, pour les grands travaux industriels et routiers. Vers 1972, le "boom" minier a attiré de nombreux métropolitains du secteur tertiaire et des Français d'Outre-Mer (Antillais, Guyanais et Réunionnais).

ANNEXE 10

PREPARATION DE LA BECHE-DE-MER

A - Technique générale.

- Première cuisson (Fig. 1 A) :

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 (Fig. 1 B) :

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 après lesquelles 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.

- Fumage (Fig. 1 C et D) :

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 permuttées 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.

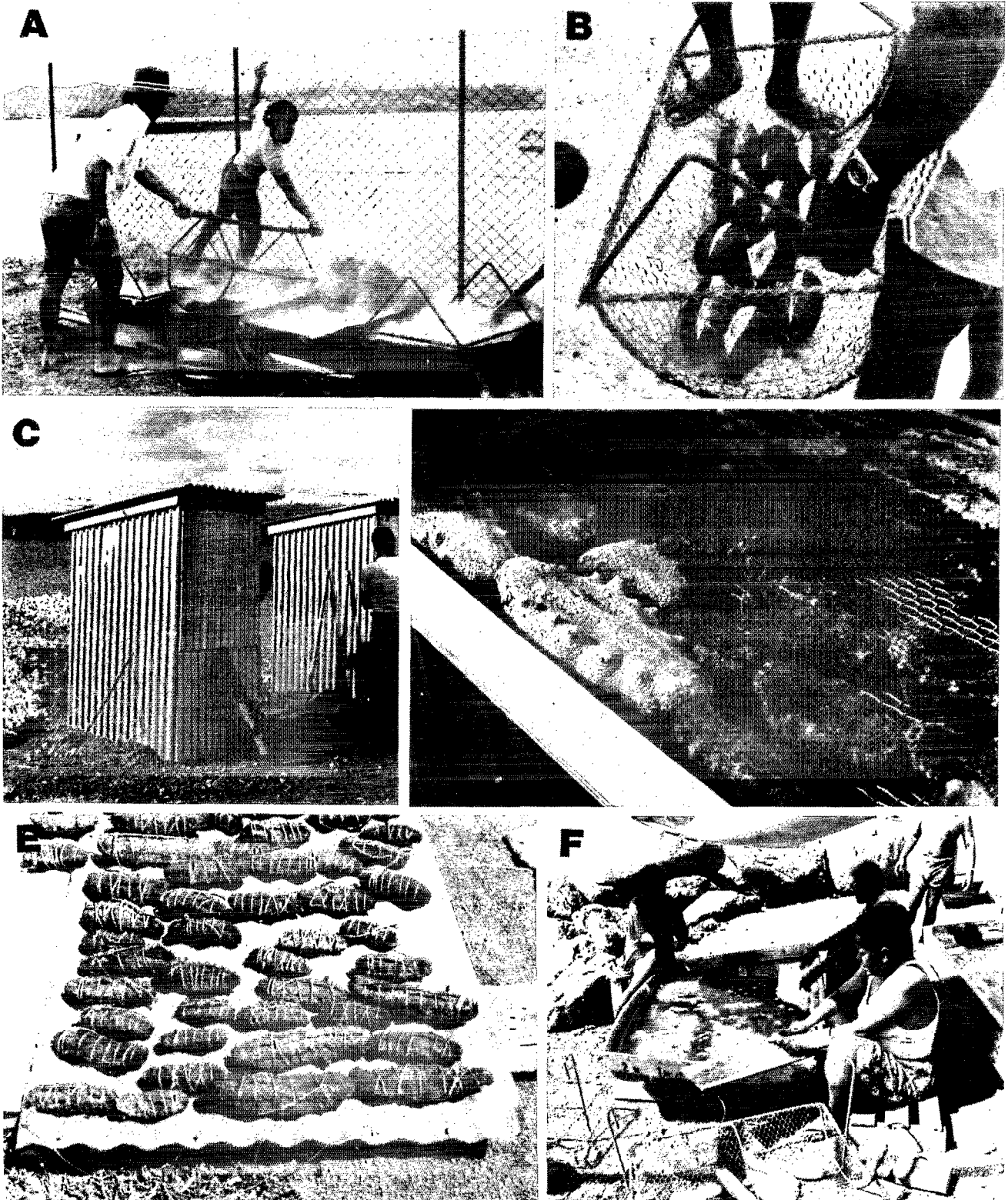


Figure 1 : Traitement des holothuriers. A : première cuisson ; B : incision médio-dorsale sur *H. nobilis* ; C : fumoir ; D : claie de fumage avec des holothuriers à mamelles ; E : séchage au soleil ; F : traitement de *H. scabra* var. *versicolor*, nettoyage avant la deuxième cuisson.

- Séchage au soleil (Fig. 1 E) :

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. La technique décrite convient parfaitement pour les holothuries à mamelles, elle est en usage à Fidji et dans plusieurs autres pays de la région.

B - Technique pour les holothuries de sable, H. scabra et H. s. versicolor.

Le traitement est un peu différent pour cette espèce, en raison de l'abondance des spicules calcaires contenus dans le tégument. La technique est celle décrite par Adithiya (1969), d'après la méthode utilisée traditionnellement en Inde (Hornhell, 1917).

- Eviscération :

Cette espèce s'éviscère spontanément (cf. Chap. 4.2.1.) 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 (Fig. 1 F) :

Après les avoir déterrées et rincées, les holothuries sont nettoyées soit par un grattage à la brosse, soit en les foulant aux pieds dans des corbeilles en feuilles de cocotier, soit en utilisant une machine, le "descummer" (Sachithanathan, 1975).

- 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.

C - Evolution des paramètres de poids et de longueur des différentes espèces au cours du traitement. 1 : état initial ; 2 : après cuisson ; 3 : fumage ; 4 : produit sec ; m : valeur moyenne du paramètre. Les pourcentages sont exprimés par rapport au paramètre à l'état initial.

Espèces	Auteurs	LONGUEUR (cm)				POIDS (g)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Microthele fuscogilva</i>	m	52	33	24	23	4220	1230	340	320
	Conand (1979) (n = 13)	%	100	63	46	44	100	29	8
<i>Microthele nobilis</i>	m	37	20	19	19	1730	223	170	150
	Conand (1979) (n = 70)	%	100	54	51	51	100	13	10
Crean (1977) (n = 5)	m					1276	404	176	87
	%	100	66	59	52	100	31	14	7
Parrish (1978) (n = 8)	m					1520			632
	%					100			41
Harriot (1985) (n = 18)	m					1900			163
	%					100			9
<i>Thelenotia ananas</i>	m	58	24	22	22	4000	290	186	184
	Conand (1979) (n = 13)	%	100	41	38	38	100	7	5
Parrish (1978) (n = 48)	m					2850			238
	%					100			8
Harriot (1985) (n = 17)	m					4300			128
	%					100			3
<i>Actinopyga echinites</i>	m	19			9	330			37
	Conand (1979) (n = 40)	%	100			47	100		11
Shelley (1981) (n = 100)	m					470	111	74	75
	%					100	24	16	3
<i>Actinopyga miliaris</i>	m					2500			76
	Harriot (1985) (N = 8)	%				100			3
<i>Holothuria scabra</i>	m					366	312	185	20
	Shelley (1985) (n = 42)	%				100	85	51	5
<i>H. scabra</i> var. <i>versicolor</i>	m	37	23	18	14	1530	325	182	98
	Conand (unpubl.) (n = 6)	%	100	62	49	38	100	21	12

ANNEXE 11

HISTORIQUE DES EXPLOITATIONS

Dans cet historique des exploitations du Pacifique tropical, la situation en Nouvelle-Calédonie est plus particulièrement analysée.

DES ORIGINES AU XIXe SIECLE

Les holothuries séchées sont consommées traditionnellement par les Chinois. Elles sont déjà mentionnées dans leurs anciennes légendes. Elles sont aussi citées dans les légendes japonaises, comme celle de la Princesse Anna à Irako qui raconte l'origine des holothuries ou celle de la course entre l'holothurie et la baleine (Choe, 1963). Depuis probablement plus de mille ans, les Chinois les recherchèrent en Inde, en Indonésie et aux Philippines. A l'occasion de leur pêche et de leur commerce, dont la zone d'action s'élargit progressivement, les Chinois enseignèrent, aux populations indigènes, les techniques de traitement, mais le commerce demeura entre leurs mains.

Pendant le XVIIIe siècle, des Macassars des Célèbes récoltèrent et préparèrent les holothuries sur la côte nord de l'Australie. Ils partaient chaque année avec la mousson de novembre, à bord de leurs voiliers "praus", de 10 à 25 tonnes, vers la côte australienne, dans la région d'Arnhem ; ils y passaient quelques mois à récolter et traiter les holothuries, avant de rentrer, poussés par les alizés. C'est là que les rencontra, en 1803, le commandant Flinders, à bord de l'"Investigator". Il estimait alors que 60 voiliers ramenaient six millions d'holothuries traitées. Mulvaney (1975) décrit les premiers contacts avec les arborigènes et les bonnes relations que les Malais entretenaient avec eux. En Afrique orientale également, cette pêche débuta à cette époque ou serait même antérieure.

A la fin du XVIIIe siècle, des commerçants européens, australiens et américains de la Nouvelle-Angleterre, commencèrent à rechercher les holothuries dans les îles du Pacifique, pour les échanger à Manille et à Canton, contre le thé, la soie et les épices qu'ils revendaient ensuite dans leur pays. Le terme "bêche-de-mer", employé aussi en anglais, est la traduction du mot portugais "bicho-do-mar" qui signifie ver de mer. Ces marchands recherchaient en même temps le santal, les perles, la nacre et l'écaille de tortue. La croissance de ce commerce eut une influence profonde sur les insulaires, avec qui s'établissaient, pour la première fois, des contacts prolongés (Ward, 1972).

XIXe SIECLE

Bien que ce soit probablement le siècle où cette activité connut son apogée, les données de production n'existent généralement pas. La Chine est le principal importateur, Simmond (1878) estime que le commerce aurait atteint entre les années 1868 et 1872 un volume de 1 000 tonnes par an, alors que pour Seale (1911), il aurait même atteint 3 000 tonnes.

Pour les îles du Pacifique, Ward (1972) fait une étude détaillée de ce commerce. Son importance a varié, à la fois dans l'espace, de l'Australie à Guam et à Fidji, et dans le temps en fonction des prix du marché chinois, de la disponibilité du santal et de la surexploitation des récifs. A partir de 1820, pendant une dizaine d'année, des bateaux espagnols, australiens et américains de Nouvelle-Angleterre, prospectèrent les récifs et chargèrent des cargaisons de bêche-de-mer. Après une baisse d'intérêt entre 1830 et 1840, pendant laquelle des navires espagnols transportaient des cargaisons de Yap et Palau, une seconde période florissante dura à nouveau une dizaine d'années. Les navigateurs opéraient dans les Carolines, les Salomon et les Fidji. Puis l'organisation changea, avec l'installation de stations permanentes qui achetaient la production des insulaires, la stockant jusqu'à l'arrivée d'un bateau. L'importance diminua ensuite, avec la diversification des produits d'exportation, Cooktown était alors le centre du commerce de cette zone. Ailleurs, des marchands de Hawaï, Guam, Tahiti et Manille, achetaient la bêche-de-mer dans toutes les îles où les holothuries étaient abondantes. Ward (1972) considère que la plus forte influence de cette activité eut lieu à Fidji. Son étude est basée sur les livres de bord des bateaux. Durant la période 1830-1835, trois à quatre cargaisons de 35 à 70 tonnes furent expédiées par an. Pendant la seconde période 1842-1850, l'exploitation semble plus difficile, un bateau passe plus longtemps à remplir une cargaison, les récifs ayant, semble-t-il, été surexploités au cours du "rush" précédent. Le déclin est amorcé après 1850 ; vers 1865, la bêche-de-mer représente encore 6 % des valeurs des exportations, puis seulement 0,13 % en 1869. Saville-Kent (1893) présente les exportations de l'Australie de 1880 à 1889 : pendant cette période, le Queensland exporta 2 724 tonnes dont 607 en provenance de la Nouvelle-Guinée. Les quantités annuelles ont varié de 162 à 259 tonnes. Russell (1970) montre dans sa thèse que l'exploitation en Nouvelle-Guinée était organisée en petites stations et que le commerce dépendait du Queensland. La période d'activité prospère ne dure que de 1873 à 1885 ; le déclin, en tonnage et en valeur, dans les exportations s'accroît dès la fin du siècle.

En Nouvelle-Calédonie, 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 témoigne 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 Port 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 Patouillet (1873) et Garnier (1867), l'ingénieur qui découvrit le nickel (cf. figure 108).

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 (tableau 1). La première mention en est, dans le N° 96 de juillet 1861 sur le brick australien "Gazelle", chargé de treize sacs de bêche-de-mer. La même année paraît un avis du ministre, demandant l'expédition d'échantillons pour l'Exposition universelle de Londres de 1862. 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 a été établi le tableau 2. Il est possible de suivre, d'après l'évolution des exportations, la modification des activités du Territoire : croissances de l'exploitation minière et de la production de coprah remplaçant l'huile de coco, développement de l'agriculture et de l'élevage. Jusqu'en 1893, la production annuelle avoisinait encore 40 tonnes, mais son importance relative avait déjà fortement décliné.

PREMIERE MOITIE DU XXe SIECLE

Les études plus nombreuses et plus détaillées sur cette période comprennent généralement les statistiques du commerce. Les ouvrages généraux de Sella et Sella (1940) et Panning (1944) décrivent les pêcheries mondiales, les différentes pratiques de la préparation et les espèces utilisées.

Tableau 1 - Cargaisons en bêche-de-mer ayant transité par Nouméa, entre 1862 et 1887 (d'après "Le Moniteur" et "le Moniteur Impérial").

x = tonnage non précisé.

* = arrivées de provenances diverses :
Nouvelles Hébrides (Vanuatu), îles Sandwich (Hawaii).

ANNEE	NOUMEA - SYDNEY		CABOTAGE	
	Nb. de bateaux	Tonnage	Nb. de bateaux	Tonnage
1862	3	3,5 t	9	2 t + x
1863	4	1,2 t + 4,5 tonneaux	9	0,2 t + x
1864	7	16 t + 2 tonneaux	16	1 tonneau + x
1865	6	28,5 t	26	22,4 t + x
1866	5	35 t	38	34,4 t
1867	7	24,5 t	20	9,9 t
1868	7	36,7 t + x	10	9,9 t + x
1869	10	21,2 t	5	3,4 t
1870	5	7 t + 8 ballots	9	6,8 t
1871	10	20,5 t + 54 sacs	15	14,7 t + x
1872	13	44,8 t	42	37,1 t
1873	9	28 t + 34 barriques	54	57,8 t
1874	1	1,5 t	22	30,2 t
1875	1	0,8 t	17	14,4 t
1876	-	-	7	7,5 t + 50 sacs
1877	-	-	-	-
1878	-	-	1	10 t*
1879	-	-	5	7 t* + 105 sacs
1880	-	-	4	1 t* + 6 sacs
1881	-	-	-	-
1882	-	-	-	-
1883	-	-	-	-
1884	-	-	-	-
1885	-	-	4	1 t + x
1886	-	-	4	x
1887	-	-	1	x

Tableau 2 - La bêche-de-mer dans les exportations de Nouvelle-Calédonie de 1888 à 1895 (d'après le "Journal Officiel").

B = bêche-de-mer.

M = minerais.

T = total.

ANNEE	BECHE-DE-MER		VALEUR DES EXPORTATIONS (milliers de francs)				
	Sacs	Tonnes	B	M	T	% B/T	% B/T-M
1888	589	30			3300		
1889	957	48			5633		
1890	839	42			7374		
1891	536	27			7512		
1892		39	50	4958	7335	0,7	2,1
1893		42	50	6938	9278	0,5	2,1
1894		18	22	5506	6371	0,3	2,5
1895		13	15	5843	7779	0,2	0,7

Tableau 3 - La bêche-de-mer dans les exportations de la Nouvelle-Calédonie pendant la première moitié du XXe siècle.

B = bêche-de-mer M = minerais T = total

- (1) A partir de 1920, les valeurs proviennent du rapport sur les exportations et B comprend aussi les poissons secs ou salés.
- (2) A partir de 1940, les tonnages comprennent aussi les poissons secs ou salés.

ANNEE	B (tonnes)	VALEURS DES EXPORTATIONS				
		B (milliers F)	M (millions F)	T (millions F)	B/T (%)	B/T-M (%)
1903	-	35	-	9	0,40	-
1904	-	3	-	11	0,07	-
1905	-	6	-	11	0,05	-
1906	-	43	7	8	0,50	-
1907	-	67	6	7	0,90	-
1908	-	45	7	9	0,50	-
1909	32,6	33	4	6	0,60	1,60
1910	32,7	35	5	8	0,40	1,20
1911	26,7	27	8	11	0,30	0,90
1912	29,3	28	8	12	0,20	0,70
1913	-	23	8	13	0,20	0,50
1914	23,1	22	9	13	0,20	0,60
1915	59,9	86	8	13	0,70	1,70
1916	36,7	41	41	10	0,30	0,80
1917	31,3	44	13	17	0,30	1,10
1918	21,1	28	11	19	0,20	0,40
1919	10,0	17	-	18	0,10	-
1920	19,3	66 (1)	20	39	0,20	0,30
1921	36,8	85	11	24	0,30	0,60
1922	91,8	173	8	18	1,00	1,70
1923	109,0	357	11	22	1,60	3,20
1924	154,3	528	14	45	1,20	1,70
1925	61,6	266	16	48	0,60	0,80
1926	49,3	136	30	63	0,20	0,40
1927	21,0	146	32	61	0,20	0,50
1928	13,4	164	43	75	0,20	0,50
1929	24,7	222	45	69	0,30	0,90
1930	42,8	123	48	67	0,20	0,70
1931	67,9	143	40	54	0,30	1,00
1932	44,7	91	23	37	0,30	0,70
1933	41,3	48	33	45	0,10	0,40
1934	3,2	24	36	46	0,05	0,20
1935	14,9	48	41	54	0,09	0,40
1936	20,2	39	39	54	0,07	0,30
1937	22,0	40	81	104	0,04	0,20
1938	39,7	93	123	146	0,06	0,40
1939	24,6	61	132	156	0,04	0,30
1940	- (2)	1	187	200	-	-
1941	1	6	218	229	-	0,05
1942	-	-	163	178	-	-
1943	3	10	181	184	-	0,30
1944	-	-	222	227	-	-
1945	-	-	165	178	-	-
1946	-	-	184	238	-	-
1947	7	84	94	195	0,04	0,08
1948	15	214	208	312	0,07	0,20
1949	3	163	340	425	0,04	0,20
1950	10	288	374	519	0,06	0,20
1951	-	-	520	688	-	-
1952	-	-	957	1 100	-	-
1953	-	-	1 226	1 394	-	-
1954	-	-	1 349	1 575	-	-

La production des îles du Pacifique ne fournit qu'une faible part du total mondial. En Australie, la pêche est pratiquée dans le détroit de Torrès et le long de la côte orientale dans la zone tropicale. Les données sur les tonnages exportés sont assez disparates : 1925, 168 tonnes ; 1928, 131 tonnes ; 1934, 409 tonnes ; 1935, 190 tonnes ; 1936, 61 tonnes. Pour la Papouasie-Nouvelle-Guinée, Shelley (1981) cite 83 tonnes en 1903, ce qui mettait ce produit en cinquième position dans les exportations. En moyenne annuelle, la Papouasie exportait 60 tonnes et le Territoire mandaté de Nouvelle-Guinée 98 tonnes. A Fidji, les quantités fluctuent en rapport avec les cours, ainsi la production de 1931 s'éleva à 143 tonnes.

En Nouvelle-Calédonie, les Bulletins de la Chambre de Commerce de Nouméa mentionnent les tonnages exportés de 1903 à 1930. Le détail des exportations figure aussi dans un rapport non publié du Secrétariat Général du Gouvernement, intitulé "l'économie 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 (tableau 3). 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.

Les importations et exportations moyennes annuelles, à Singapour et à Penang, ont été calculées par Hornell (1917), pour la période allant de 1907 à 1916. A Singapour, pour cette décade, les 363 tonnes proviennent de 18 pays, elles sont largement dominées par les Philippines, les Célèbes, les Moluques et Bornéo. L'Australie fournit un peu plus de 8 tonnes, la Nouvelle-Guinée (allemande) 2,7 tonnes et la France du Pacifique 1,4 tonnes. A Penang, dont les importations ne se montent qu'à 49 tonnes en moyenne, pour la même période, l'Australie ne fournit qu'une tonne environ. Les statistiques présentées par Sella et Sella (1940) couvrent généralement la période de 1931 à 1933. La moyenne calculée pour ces trois années montre une importation en Malaisie de 367 tonnes, toujours dominée par les Philippines et les Indes Hollandaises. L'Australie fournit en moyenne 14 tonnes. Les statistiques sont également présentées, les mêmes années, pour Hong-Kong. La

moyenne est de 1 315 tonnes provenant d'une vingtaine de pays différents. L'Australie aurait été le premier fournisseur avec 354 tonnes. La France du Pacifique exporte 1,8 tonnes, mais ses exportations de Nouvelle-Calédonie transitent par l'Australie et figurent donc dans leurs statistiques. Les pays de l'Empire britannique contribuent pour une grande part, mais la configuration des empires coloniaux rend plus difficile l'interprétation des statistiques. Enfin, les importations de la Chine proviennent surtout de Hong-Kong et de la Malaisie, montrant déjà la complexité du jeu des importations et réexportations dans les marchés intermédiaires. Les importations aux alentours de 2 000 tonnes, entre 1932 et 1934, chutent fortement en 1936, en rapport avec la crise mondiale.

L'évolution de la production de bêche-de-mer en Nouvelle-Calédonie, de l'origine à la période actuelle, a donc pu être reconstituée (cf. figure 110). Comme dans les autres pays, cette activité est caractérisée par de très fortes fluctuations.

ANNEXE 12

MARCHÉ MONDIAL DE LA BECHE-DE-MER

A - Marché de Hong-Kong

Historique

C'est actuellement le plus grand marché de la bêche-de-mer. Son évolution (cf. fig. 111) peut être suivie dès la période 1931-1933, pour laquelle Sella et Sella (1940) présentent le tonnage annuel moyen des importations qui se situe vers 1 315 tonnes. Elles proviennent d'une dizaine de pays dont les principaux sont l'Australie, suivie des Indes Hollandaises et de divers pays de l'Empire Britannique. Un faible pourcentage, 10 %, provient des réexportations de Malaisie Britannique (Singapour). Pendant cette période, un léger déclin des importations annuelles se produit. La majeure partie des réexportations, 1 260 tonnes environ, est destinée à la Chine.

En 1970, seules les statistiques d'importation sont présentées par Sachithanathan (1972) ; elles sont alors beaucoup plus faibles, avec seulement 650 tonnes de provenance diverse. Les pourcentages des différents pays sont 43 % du Mozambique, 14 % de Singapour, 11 % d'Indonésie. La valeur globale de 656.000 \$ U.S. correspond à une valeur moyenne de 1 \$ au kg. Ces valeurs sont différentes suivant les pays ; ainsi de faibles tonnages en provenance de Corée et d'U.R.S.S., qui correspondent donc à l'espèce *S. japonicus*, contribuent significativement à la valeur globale, alors que les produits des Philippines ou d'Afrique de l'Est ont des cours très bas.

Evolution récente

Les statistiques disponibles pour la dernière décennie ont été analysées et les principaux résultats sont présentés dans le tableau 1A pour les importations et 1B pour les réexportations. Ils concernent les tonnages, valeurs en \$ Hong-Kong, valeur moyenne au kg, nombre de pays d'origine ou de destination avec des tonnages supérieurs à 1 tonne pour illustrer la diversité des échanges et supérieurs à 50 tonnes pour mettre en évidence les pays importants. Pour ceux-ci d'une part et pour le regroupement des pays du Pacifique tropical de l'autre, les statistiques sont également détaillées et exprimées en pourcentages du tonnage et de la valeur annuels ; la valeur moyenne au kg est aussi présentée.

Il apparaît très nettement dans l'évolution des importations (tableau 1A) que les tonnages, très faibles en 1974 avec 405 tonnes, ont beaucoup augmenté, une première fois en 1978, les amenant vers 1 000 tonnes. Ils se sont maintenus à ce niveau jusqu'en 1982, puis une nouvelle augmentation très forte s'est produite, les faisant dépasser 6 000 tonnes en 1985. Ils semblent légèrement diminuer

Tableau 1 : Marché de la bêche-de-mer à Hong-Kong. A : importations ; B : réexportations ; V : valeur totale ; \bar{V} : valeur moyenne au kg.

A ANNEE	TONNAGE T (t)	VALEUR v(HKD. 10 ⁻³)	VALEUR/KG \bar{v} (HKD)	NOMBRE DE PAYS		P R I N C I P A U X P A Y S D ' O R I G I N E												
						> 1 t		Philippines			Indonésie			Iles du Pacifique			Autre	
				> 50 t	%	T	v	\bar{v}	%	T	v	\bar{v}	%	T	v	\bar{v}	%	T
1974	405	4 229	10,4															
1975	637	7 352	11,5	18	4	10	6	6,9	21	18	5,0	1	2	17,3	Mozambique	15	10	7,98
1976	570	7 915	13,8	18	5	15	6		19	20		4	7	27,1	Kenya	11	11	
1977	770	10 269	13,3	22	5	21	9	5,5	21	19	19,7	8	14	24,0	Corée du Nord	8	15	
1978	1 027	11 684	11,3	21	3	27	14	6,0	23	28	13,7	8	9	10,9				
1979	971	15 380	15,8	16	5	31	19	9,9	23	18	11,8	2	3	19,7	Madagascar	21	17	13,0
1980	962	20 683	21,5															
1981	1 055	24 868	22,1			37	23	14,7	28	17	14,4	4	7	44,8	Singapour	5	7	31,3
1982	1 124	28 464	25,3			25	14	13,8	35	19	13,5	5	6	30,2	Singapour	5	6	31,1
1983	1 998	43 180	21,6	18	3	43	24	12,5	30	25	14,0	3	4	33,6	Singapour	2	4	36,8
1984	2 905	50 557	17,4	23	4	47	21	7,8	36	26	12,2	5	14	50,2	Singapour	3	9	60,5
1985	6 208	89 831	14,4	22	7	47	35	10,8	39	26	9,7	1,6	3,6	32,7	Singapour	5	8	35
1986	5 193	110 947	21,3	26	10	30	19	13,5	47	31	13,8	6,7	11,3	36,1		6	11	39,7
1987 10 mois	4 193	100 191	23,5	25	6	36	17	11,1	34	26	18,2	12,9	13,9	25,5		6	13	47,7

Réexportations de bêche-de-mer de Hong-Kong.
 Années 1974 à 1987

B ANNEE	TONNAGE T (t)	VALEUR V (HKD. 10 ⁻³)	VALEUR/KG V̄ (HKD)	NOMBRE DE PAYS		P R I N C I P A U X P A Y S D E S T I N A T A I R E S												
				> 1 t	> 50 t	Chine		Républ. de Corée		Taiwan		Singapour						
						%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%
1974	305	3 500	11,8															
1975	468	7 743	16,5															
1976	372	7 005	18,8															
1977	444	9 590	21,5															
1978	621	12 205	19,6															
1979	693	16 911	24,4															
1980	680	19 546	28,7															
1981	693	19 179	27,6	7	4	8	4	12,2	24	9	10,8	28	32	31,0	26	33	35,4	
1982	873	24 119	27,6	8	4	23	12	14,4	19	9	13,6	33	40	32,9	14	20	30,9	
1983	1 517	31 817	21,0	12	5	61	32	10,6	9	24	16,4	16	7	30,2	8	22	52,6	
1984	2 404	42 678	17,8	11	5	68	35	9,0	16	15	16,2	8	14	33,6	5	19	73,6	
1985	5 008	73 460	14,7	12	3	90	70	11,3	0,5	0,6	18,0	6	13	35,0				
1986	4 535	59 822	13,2	12	4	86	54	8,2	1	10	84,0	6	15,8	31,9	3	14	56,2	
1987	3 634	42 121	11,6	12	3	85	48	6,5	1	9	97,3	9	22	27,3	2	13	73,8	

depuis, mais devraient toutefois atteindre 5 000 tonnes en 1987. Les valeurs n'ont pas suivi une telle croissance, la valeur moyenne au kg la plus élevée a été atteinte en 1982, avec plus de 25 \$. Elle a baissé ensuite, en rapport avec l'augmentation du volume des produits des Philippines et le changement d'espèces exploitées (cf. - 2.2.2). Elle remonte actuellement avec l'augmentation des produits des îles du Pacifique et du Japon. Pendant cette période, les importations sont toujours d'origines diverses, provenant d'une vingtaine de pays, mais leur importance respective a évolué. Les Philippines et l'Indonésie sont aux premiers rangs et fournissent environ 80 % du tonnage des importations. Du point de vue des valeurs, ils n'atteignent pas la moitié du montant total. La contribution des îles du Pacifique est en forte hausse, car leurs produits sont d'assez bonne qualité.

Les réexportations (tableau 1B) sont moins bien documentées jusqu'en 1980. D'après les statistiques annuelles globales, elles ont suivi la progression des importations, atteignant en 1985, 5 008 tonnes qui correspondent à une valeur de plus de 73 millions de \$. Le cours moyen, qui était légèrement supérieur à l'exportation jusqu'en 1985, est maintenant plus faible. Maximum en 1980 avec 28,7 \$ au kg, il a baissé et est en 1987 de 12 \$ environ. Le rôle de la réexportation n'est pas seulement limité au flux du produit et un tri par catégories est aussi souvent effectué. Les réexportations sont destinées à une douzaine de pays dont les trois prépondérants sont la Chine, Taïwan et Singapour. La république de Corée, qui était très importante, a beaucoup diminué ses importations depuis 1985. La Chine reçoit plus de 85 % des tonnages, Singapour est au troisième rang pour les tonnages et les valeurs et les U.S.A. se placent maintenant au quatrième.

La récente croissance du marché de Hong-Kong s'est produite parallèlement à la croissance des réexportations vers la Chine depuis 1981. Elles dépassent actuellement 3 000 tonnes. Elles consistent en produit d'assez basse qualité, il pourrait s'agir en particulier des espèces Thelenota ananas et Actinopyga miliaris.

La différence entre les importations et les réexportations devrait approximativement correspondre à la consommation locale qui se situerait donc vers 600 tonnes malgré des fluctuations annuelles assez marquées. Le suivi de l'évolution des tonnages mensuels montre que les réexportations suivent régulièrement les importations indiquant un turn-over rapide.

B - Marché de Singapour

Singapour est le second marché mondial pour les importations et les réexportations, mais son marché local, au détail, est aussi important. Les boutiques qui présentent également à leur étal des ailerons de requins, nids d'hirondelles, vessies natatoires..., sont groupées dans certaines rues de la ville. Les bêtes-de-mer y sont vendues en vrac ou emballées (figure 1). Les commerçants de détail achètent aux importateurs des lots de bête-de-mer ; cette vente se fait aux enchères, les importateurs se réservent le droit de ne pas vendre si le niveau de l'offre est trop bas.

Historique

L'évolution du marché peut être suivie depuis le début du siècle (cf. fig. 111). Pour la période de 1907 et 1916 (Hornell, 1917), les importations annuelles se situent en moyenne vers 360 tonnes, provenant surtout des Indes hollandaises, de possessions britanniques et des Philippines. Les exportations sont destinées, à parts à peu près égales, à la Chine et à Hong-Kong. Les années 1907 et 1915 présentent des tonnages bien supérieurs à la moyenne. Pendant la période de 1931 à 1933, les tonnages sont légèrement en baisse et les réexportations sont essentiellement dirigées vers la Chine (55 %) et Hong-Kong (33 %).

Pendant la période de 1962 à 1970, étudiée par Sachithanathan (1972), les importations sont relativement faibles, n'excédant pas 400 tonnes. Elles proviennent de nombreux pays, en particulier de l'Océan Indien mais aussi d'Indonésie et de territoires du Pacifique tropical. L'essentiel des réexportations se fait vers la Malaisie (80 %).

Evolution récente

Les statistiques récentes, de 1973 à 1987, sont présentées dans le tableau 2A pour les importations et 2B pour les réexportations. Une certaine imprécision des statistiques d'importations, qui apparaissent parfois paradoxalement inférieures aux réexportations, tiendrait au fait que la bête-de-mer ne paie pas de taxes douanières à l'importation, elle est parfois classée dans la catégorie "produit marin sec".

Au cours de cette période, les importations (tableau 2A) sont en augmentation. Elles ont été élevées en 1978 et 1979, puis ont baissé avant de remonter pour dépasser 800 tonnes en 1986 et probablement aussi en 1987. Mais, l'augmentation reste plus faible qu'à Hong-Kong. La valeur moyenne au kilogramme a augmenté jusqu'en 1983 et baisse actuellement. Le montant total annuel augmente légèrement. Ces importations sont toujours d'origines diverses, puisqu'en 1985 et 1986, cinq à huit pays expédient à Singapour des tonnages supérieurs à 50 tonnes. Des variations apparaissent dans l'importance relative des pays. Les Philippines, au premier rang jusqu'en 1985, passent au



Figure 1 : Bêches-de-mer à Singapour. A : sacs de différentes qualités chez un grossiste ; B : *H. nobilis* et *H. scabra* chez un détaillant.

quatrième rang en 1986, après la Malaisie, la Tanzanie, les îles du Pacifique. Divers pays de l'Océan Indien, Tanzanie, Kenya, Mozambique, Sri-Lanka, Inde occupent des rangs assez variables suivant les années. Les territoires du Pacifique sud expédient des produits de forte valeur commerciale, leur part a fortement progressé en 1984, en raison des productions néo-calédoniennes et fidjiennes. Les produits des Philippines ont toujours un cours inférieur à ceux de Sri-Lanka ou de l'Inde.

Le volume et la valeur des **réexportations** (tableau 2B) ont suivi une progression comparable à celles des importations. Elles étaient destinées, jusqu'en 1984, pour les trois quarts des tonnages à un seul pays, la Malaisie, mais sa part diminue actuellement au profit de Taïwan et surtout de Hong-Kong où la valeur au kg est supérieure. De très faibles quantités sont aussi envoyées à Sarawak, en République de Corée ou en Thaïlande.

Tableau 2 : Marché de la bêche-de-mer à Singapour. A : importations ; B : réexportations ; V : valeur totale : \bar{V} : valeur moyenne au kg.

A ANNEE	TONNAGE T (t)	VALEUR v(SD. 10 ⁻³)	VALEUR/KG \bar{v} (SD)	NOMBRE DE PAYS		PRINCIPAUX PAYS D'ORIGINE											
				> 1 t	> 50 t	Sri-Lanka			Inde			Autre			Iles du Pacifique		
						% T	% \bar{v}	% \bar{v}	% t	% \bar{v}	% \bar{v}	% T	% \bar{v}	% \bar{v}	% T	% \bar{v}	% \bar{v}
1973	397	1 324	3,3	15	3	32	54	5,6	16	16	3,4	25	Sabah 5	0,7	3	7	6,6
1974	319	1 595	5,0	11	2	50	66	6,6	28	21	3,7				1	1	4,6
1976	556	2 497	4,5	12	3	20	43	9,9	15	28	8,5	47	Sabah 14	1,3			
1977	428	2 956	6,9	13	4	22	33	10,3	18	25	9,5	28	Sabah 6	1,4	1	3	13,0
1978	670	3 797	5,7	13	3	25	34	7,8	5	9	9,8	25	Philippines 28	6,3	2	3	8,3
1979	639	4 985	7,8	11	4	29	40	10,9	10	17	13,4	19	Philippines 20	8,1			
1980	467	4 896	10,5	10	4	21	35	17,7	13	18	13,8	15	Philippines 17	12,4	2	4	20,0
1981	446	5 655	12,7	13	4	18	32	22,6	20	24	15,8	22	Philippines 20	11,6	3	3	11,2
1982	506	6 239	12,3	15	5	13	26	23,9	19	19	12,6	15	Philippines 14	11,6	1	1	11,8
1983	533	7 129	13,3	15	6	10	20	27,0	18	22	16,4	18	Philippines 15	11,1	2	2	12,0
1984	500	7 055	12,0	15	6	6	13	24,7	10	13	15,8	24	Philippines 15	7,2	13	17	15,1
1985	637	6 374	10,0	13	5	5	10	20,2	4	7	18,7	19	Tanzanie 11	5,9	19	25	13,2
1986	814	9 599	11,8	18	8	17	9,7	6,7	14	6	5,1	11	Philippines 7	7,6	23	24	12,1
1987 10 mois	726	7 833	10,8	18	5	23	11	5,5	16	10	14,1	11	Tanzanie 15	14,1	17	18	11,3

Réexportations de bêche-de-mer de Singapour.
Années 1973 à 1987.

E ANNÉE	TONNAGE T (t)	VALEUR v(SD. 10 ⁻³)	VALEUR/KG v̄(SD)	NOMBRE DE PAYS		P R I N C I P A U X P A Y S D E S T I N A T A I R E S												
						Malaisie			Taiwan			Hong-Kong			Autre			
				> 1 t	> .50 t	Z	T	Z	v̄	v̄	Z	T	Z	v̄	v̄	Z	T	Z
1973	437	603	1,4	6	1	80	47	0,8	3	2	1,2	3	7	4,1	8	Thaïlande	22	4,1
1974	324	658	2,0	6	2	69	35	1,0	15	22	2,9	6	21	7,5	6	Sarawak	12	4,4
1976	501	908	1,8	6	2	78	38	0,9	12	17	2,6	5	23	8,6	3	Sarawak	15	8,4
1977	465	1 121	2,4	6	2	62	29	1,1	25	32	3,0	5	8	3,8	4	Sarawak	15	9,9
1978	515	1 672	3,2	7	2	65	30	1,5	25	41	5,4	1	2	4,7	4	Sarawak	14	11,7
1979	608	3 272	5,4	6	4	52	17	1,7	23	37	8,5	10	29	14,8	10	Rép. de Corée	9	4,9
1980	489	2 185	4,5	5	1	69	28	1,8	10	28	13,7	4	16	15,5	13	Rép. de Corée	14	4,9
1981	630	4 032	6,4	5	2	68	37	3,5	21	42	13,1	7	11	11,1	3	Sarawak	7	15,3
1982	485	3 727	7,7	5	2	64	40	4,8	20	35	13,6	10	15	11,6	3	Sarawak	7	15,0
1983	758	3 488	4,6	7	3	68	50	3,3	15	23	7,3	7	9	6,2	2	Sarawak	9	17,8
1984	779	4 040	5,2	8	3	75	47	3,3	8	16	10,0	10	24	12,2	2	Sarawak	6	15,4
1985	1 045	5 626	5,4	9	3	65	34	2,8	27	12	8,9	24	43	9,6	1	Sarawak	4	16,8
1986	1 217	6 683	5,5	6	3	35	33	5,1	9	16	9,4	54	47	4,8				
1987 10 mois	640	5 925	9,2	5	3	38	28	6,8	16	14	8,2	43	53	11,5				

C - Echanges entre Hong-Kong et Singapour

Une part non négligeable de la production de bêche-de-mer passe successivement de l'un à l'autre de ces marchés, compliquant l'évaluation de la production totale. Le tableau 3 de leur échanges, établi pour les dernières années, permet certaines observations. La comparaison des tonnages des importations de Hong-Kong, en provenance de Singapour, suit généralement bien les réexportations de Singapour vers Hong-Kong. Par contre, les chiffres des importations de Singapour depuis Hong-Kong sont toujours très inférieurs à ceux des statistiques des réexportations de Hong-Kong, peut-être pour des raisons d'organisations douanières. Les cours à la réexportation à Hong-Kong sont supérieurs à ceux de l'importation et l'inverse est observé à Singapour. Il semble donc qu'après un tri effectué sur ces marchés, à partir de leurs importations en provenance des pays producteurs, Hong-Kong expédie des produits de plus haute qualité vers Singapour, alors que celui-ci envoie à Hong-Kong des produits de qualité plus basse.

Tableau 3 : Echanges de bêche-de-mer entre Hong-Kong et Singapour.
t : tonnage ; V : valeur en monnaie locale.

ECHANGES		1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987 (10 mois)
Hong-Kong Importations	t	52	56	51	77	308	301	269
	v	1 740	1 707	1 860	4 692	10 927	11 938	12 839
	v/kg	31,3	31,1	35,8	60,5	35,5	39,7	47,7
Hong-Kong Réexportations	t	180	122	138	103	92	152	74
	v	6 329	4 824	7 274	7 632	6 019	8 551	5 461
	v/kg	35,4	39,8	52,6	73,6	65,4	56,2	73,8
Singapour Importations	t	87	57	50	27	23	84	27
	v	1 377	577	654	615	475	1 744	492
	v/kg	15,8	10,1	13,1	22,8	20,6	20,8	18,2
Singapour Réexportations	t	42	49	51	78	253	656	275
	v	465	566	317	957	2 433	3 157	3 160
	v/kg	11,1	11,6	6,2	12,3	9,6	4,8	11,5

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	11
CHAPITRE I DIFFERENTES ESPECES D'HOLOTHURIES DE LA MACROFAUNE ET LEUR INTERET COMMERCIAL	
1 - INTRODUCTION	15
2 - ESPECES D'HOLOTHURIES ASPIDOCHIROTES RENCONTREES AU COURS DE L'ETUDE	15
2.1 - Famille des Holothuridae	15
2.1.1 - Genre <u>Actinopyga</u>	
2.1.2 - Genres <u>Bohadschia</u> et <u>Pearsonothuria</u>	
2.1.3 - Genre <u>Labidodemas</u>	
2.1.4 - Genre <u>Holothuria</u>	
2.2 - Famille des Stichopodidae	30
2.2.1 - Genre <u>Stichopus</u>	
2.2.2 - Genre <u>Thelenota</u>	
3 - CLASSEMENT DES ESPECES SUIVANT DES CATEGORIES COMMERCIALES	33
3.1 - Espèces exploitées actuellement	33
3.2 - Propriétés du tégument	33
3.2.1 - Structure	
3.2.2 - Propriétés mécaniques	
3.2.3 - Composition biochimique	
3.2.4 - Autres propriétés	
3.2.5 - Caractéristiques du tégument des holothuries de Nouvelle-Calédonie	
3.3 - Classement suivant l'intérêt commercial	37
3.3.1 - Première catégorie : espèces à fort intérêt commercial	
3.3.2 - Deuxième catégorie : espèces à intérêt commercial moyen	
3.3.3 - Troisième catégorie : espèces à intérêt commercial faible	
3.3.4 - Quatrième catégorie : espèces sans intérêt commercial	
CHAPITRE II ECOLOGIE DES HOLOTHURIES ASPIDOCHIROTES	
1 - INTRODUCTION	41
1.1 - Répartition	41
1.2 - Abondance	43

2 - LE MILIEU	45
2.1 - Présentation générale de la Nouvelle-Calédonie	45
2.1.1 - Situation	
2.1.2 - Climat	
2.1.3 - Hydrologie	
2.1.4 - Géomorphologie littorale	
2.2 - Complexes récifaux et lagunaires	50
2.2.1 - Généralités	
2.2.2 - Facteurs climatiques	
2.2.3 - Facteurs géomorphologiques, édaphiques et peuplements benthiques	
3 - ECHANTILLONNAGE	63
3.1 - Généralités	63
3.2 - Répartition de l'échantillonnage des holothuries	64
3.3 - Méthode des quadrats	67
3.4 - Acquisition des données	69
4 - AUTOECOLOGIE	70
4.1 - Méthodes d'analyse	70
4.2 - Résultats généraux sur les répartitions, les densités et les biomasses	71
4.2.1 - Fréquence	
4.2.2 - Abondance	
4.3 - Ecologie des principales espèces	78
4.3.1 - Espèces d'intérêt commercial, catégories 1 et 2	
4.3.2 - Espèces d'intérêt commercial faible, catégorie 3	
4.3.3 - Autres espèces très fréquentes et fréquentes	
4.3.4 - Espèces peu fréquentes	
4.3.5 - Espèces rares	
4.4 - Discussions des résultats	99
4.4.1 - Synthèse des résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie	
4.4.2 - Comparaison avec d'autres résultats obtenus dans le Pacifique tropical	
5 - TAXOCENOSES	106
5.1 - Méthodes d'analyse	106
5.1.1 - Richesse en holothuries des différents types d'édifices et structures récifales	
5.1.2 - Détermination de la composition faunistique par des analyses d'inertie et classification automatique	

5.2 - Richesse des différents biotopes	109
5.2.1 - Résultats généraux	
5.2.2 - Résultats suivant les classifications récifales	
5.3 - Principales taxocénoses	115
5.3.1 - Analyse qualitative	
5.3.2 - Analyses quantitatives	
5.3.3 - Variables témoins	
5.4 - Discussion	123
5.4.1 - Synthèse des résultats obtenus en Nouvelle-Calédonie	
5.4.2 - Comparaison avec d'autres peuplements en holothuries de l'Indo-Pacifique tropical	
5.5 - Facteurs de la répartition	126
5.5.1 - Facteurs de la macrorépartition	
5.5.2 - Microrépartition et sélectivité de l'alimentation	
6 - CONCLUSION	130

CHAPITRE III BIOLOGIE DES PRINCIPALES ESPECES D'INTERET COMMERCIAL

1 - INTRODUCTION	133
1.1 - But de l'étude	133
1.2 - Matériel	
1.2.1 - Choix des espèces	
1.2.2 - Récoltes	
1.2.3 - Stations d'étude	
2 - BIOMETRIE	137
2.1 - Introduction et méthodes	137
2.2 - Distributions de fréquence des longueurs et des poids	139
2.2.1 - Espèces des pentes	
2.2.2 - Espèces des platiers externes	
2.2.3 - Espèces des platiers et lagons internes	
2.3 - Relations biométriques	150
2.3.1 - Espèces des pentes	
2.3.2 - Espèces des platiers externes	
2.3.3 - Espèces des platiers et lagons internes	
2.4 - Discussion	155
2.4.1 - Caractères morphométriques	
2.4.2 - Relations biométriques	

3 - REPRODUCTION	158
3.1 - Introduction et méthodes	158
3.1.1 - Introduction	
3.1.2 - Méthodes d'étude	
3.2 - Sex-ratio	162
3.3 - Anatomie des gonades et stades de maturité sexuelle	165
3.3.1 - Anatomie des gonades d'Holothuridae	
3.3.2 - Anatomie des gonades de Stichopodidae	
3.4 - Cycles de reproduction	171
3.4.1 - Cycles sexuels d'après l'évolution des gonades	
3.4.2 - Discussion	
3.5 - Première maturité sexuelle	192
3.6 - Fécondité	197
3.7 - Reproduction asexuée par scission	201
3.7.1 - Généralités	
3.7.2 - Scission et régénération chez <u>H. atra</u>	
3.7.3 - Causes et signification du phénomène	
3.8 - Conclusion	207
4 - CROISSANCE ET MORTALITE	209
4.1 - Introduction	209
4.2 - Marquages externes	212
4.2.1 - Méthodes	
4.2.2 - Résultats sur la croissance	
4.2.3 - Résultats sur la mortalité	
4.2.4 - Déplacements des individus marqués	
4.3 - Marquages internes	226
4.3.1 - Méthodes	
4.3.2 - Résultats sur la croissance et la biométrie de la couronne calcaire péripharyngienne	
4.4 - Distributions de fréquence des tailles	230
4.4.1 - Introduction	
4.4.2 - Différents types de distribution	
4.4.3 - Croissance, mortalité et biomasse d'une cohorte théorique de <u>T. ananas</u> et <u>S. chloronotus</u>	
4.5 - Conclusion	238
5 - DISCUSSION	239

CHAPITRE IV EXPLOITATIONS

1 - INTRODUCTION	245
1.1 - Ressources halieutiques	245
1.2 - Environnement humain	246
2 - EXPLOITATIONS ACTUELLES	250
2.1 - Pêche, traitement et classification des produits	250
2.2 - Exploitations et marchés	254
2.2.1 - Introduction	
2.2.2 - Exploitations actuelles	
2.2.3 - Marchés de la bêche-de-mer	
3 - ELEMENTS POUR UNE GESTION RATIONNELLE DES RESSOURCES	264
3.1 - Introduction	264
3.2 - Echantillonnage des pêcheries d'holothuries	265
3.2.1 - Statistiques de pêche	
3.2.2 - Statistiques de production de bêche-de-mer	
3.2.3 - Recueil des statistiques d'exportation de bêche-de-mer	
3.3 - Evaluation des stocks	273
3.3.1 - Biomasse potentielle des différents peuplements	
3.3.2 - Cartographie des biotopes : exemple d'utilisation de la télédétection	
3.3.3 - Premières estimations de captures potentielles	
4 - DISCUSSION	282
CONCLUSION	287
REFERENCES	293
ANNEXES	
1 - Liste des stations des campagnes HOLOT	317
2 - Autoécologie des espèces peu fréquentes et répartition des espèces rares	325
3 - Analyses d'inertie	341
4 - Caractéristiques des stations d'étude des principales populations d'holothuries	345
5 - Marquages externes	351
6 - Accroissements théoriques annuels en longueur et en poids de deux espèces	355
7 - Couronnes calcaires péripharyngiennes	357
8 - Croissance et mortalité de <u>T. ananas</u> et <u>S. chloronotus</u>	359
9 - Historique du peuplement	363
10 - Préparation de la bêche-de-mer	365
11 - Historique des exploitations	371
12 - Marché mondial de la bêche-de-mer	379

ORSTOM Editeur
Dépôt légal : mars 1989
Impression
ORSTOM BONDY

ISSN : 0767-2888
ISBN : 2-7099-0947-2
Editions de l'ORSTOM
70, route d'Aulnay F 93143 BONDY Cedex

ET 8903
130F00